



# 教師のためのAI入門



# AI for Teachers: an Open Textbook

*COLIN DE LA HIGUERA AND  
JOTSNA IYER*

## 教師のためのAI入門

日本語訳：名古屋大学教養教育院ハイブリッドラーニングセンター  
古泉 隆，小松 雅宏，齋藤 芳子，珠玖 良昭，松原 緑，山里 敬也

第一版：2026年4月1日



Copyright © 2026 Colin de la Higuera and Jotsna Iyerの「教師のためのAI入門」は、特に断りのない限り、[クリエイティブ・コモンズ表示4.0国際ライセンス](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)に規定される著作権利用許諾条件。

# コンテンツ

第2版をレビューしているパートナーの皆様へ	ix
この本について	1
謝辞	3
AI4Tプロジェクトについて	iv
序文	vi
日本語版の発行にあたって	xv

## Part I. なぜAIについて学ぶのか

1. テクノロジー、変化、そしてあなた	21
2. AIはどこにでもある	25
3. 教育におけるAIの現状	30
4. AIがどのように役立つか	33
5. AIをただ使えばいいだけではないのか（1）	36
6. AIをただ使えばいいだけではないのか（2）	40

## Part II. 情報を見つける

7. 検索エンジン（1）	45
8. 検索エンジン（2）	51
9. AIとは：機械学習	55
10. AIとは：検索エンジンのインデックス作成	61
11. AIとは：検索エンジンランキング	69
12. 検索のレンズの向こう側：検索が個人に与える影響	76

13. 検索の裏側：検索が社会に与える影響	82
-----------------------	----

### Part III. 学習の管理

14. スマート学習管理システム	87
15. 学習分析と教育データマイニング	92
16. AIとは：データに基づくシステム（1）	97
17. AIとは：データに基づくシステム（2）	104
18. データに関する課題：個人のアイデンティティ	113
19. データに関する課題：バイアスと公平性	117

### Part IV. パーソナライズされた学習

20. パーソナライゼーションに関する注意	125
21. 適応型学習システム	132
22. AIとは：YouTubeはあなたのことをいかにして学ぶか（1）	137
23. AIとは：YouTubeはあなたのことをいかにして学ぶか（2）	143
24. AIとは：適応型システムは学習者のことをいかに学ぶか（1）	147
25. AIとは：適応型システムは学習者をどのように学習するか（2）	153
26. ALSの裏側：注意すべきいくつかのパラダイム	160

### Part V. リスニング、スピーキング、ライティング

27. 翻訳者	169
28. AIでの執筆	174
29. AIとは: ディープニューラルネットワーク	177

30. AIとは: 自然言語処理	184
31. AI、AIED、そしてヒューマン・エージェント	190
32. 均質化、不可視性、そしてその先へ—倫理的なAIに向けて	194

## Part VI. 生成AIについて

33. 生成AIと対話型AIのキホン	201
34. 授業で生成AIを使おう (1)	210
35. 授業で生成AIを使おう (2)	217
36. ChatGPTと学校の宿題への潜在的影響	228
37. 生成AIの「歯車」: その仕組みをのぞいてみよう	235
38. プロンプト: それは芸術、技術、あるいは科学なのか?	239
39. 生成AIの「負の側面」 (1)	245
40. 生成AIの「負の側面」 (2)	252

## Part VII. 次のステップ

41. オープンか、クローズドか?	261
42. 人工知能、宿題、試験	266
43. 陳腐化?	272
44. 個人のAIか、集団のAIか	275
45. AIを教える	280

## Part VIII. 追加コンテンツ

OCR (光学文字認識)	289
42	290
検索エンジンの種類と簡単な説明	291
検索の最適化	296

X5GON	299
データは常にラベル付けが必要？	303
機能が多すぎるって、どれくらいから？	305
実践的な機械学習	306
クッキーとフィンガープリント	309
ビッグデータについてさらに詳しく	313
パーソナライズされた学習の関連用語	316
自動翻訳の用語	320
急速に進化するAI技術	321
AIの潜在的な危険性に関する議論を理解する	322
生成AI - 教師はどこで活用すべきか？	326
トランスフォーマー	331
GDPRの概要	332
AIとコーディング	334
Orangeにおけるデータ実験を通じた機械学習とAI	336
とりあえずの結論として...	341

# 第2版をレビューしている パートナーの皆様へ

パートナーの皆様へ

レビューへのご協力、誠にありがとうございます。  
以下に、第2版での主な変更点を簡潔にまとめました。

## 第2版の主な変更点：

- Part II の[AIとは：機械学習に、教師あり学習（正解ラベル付き）と教師なし学習（正解ラベルなし）](#)についての新しいコラムを追加しました。
- Part III の[クッキーとフィンガープリント](#)に新しいコラムを追加しました。
- Part III に[データに関する課題：個人のアイデンティティ](#)を追加しました。
- Part III に[データに関する課題：バイアスと公平性](#)を追加しました。
- Part IV に、[ALSの裏側：注意すべきいくつかのパラダイム](#)を追加しました。
- Part V に、[AIとは：ディープニューラルネットワーク](#)を追加しました。
- Part V に、Dr.Wayne Holmesによる[AI、AIED、およびヒューマン・エージェンシー](#)を追加しました。
- Part V に、[均質化、不可視性、そしてその先へ—倫理的なAIに向けて](#)を追加しました。
- Part VI に、[生成AIについて](#)が新たに追加されました。他にも以下が追加されました：
  - MichaelとJohnによる[生成AIと対話型AIのキホン](#)
  - [AIの潜在的な危険性に関する議論を理解する](#)

- [授業で生成AIを使おう（1）および（2）](#)
- [生成AI - 教師はどこで活用すべきか？](#)
- Michaelによる[ChatGPTと学校の宿題への潜在的影響](#)
- Manuelによる[生成AIの「歯車」：その仕組みをのぞいてみよう](#)
- Bastienによる[プロンプト：それは芸術、技術、あるいは科学なのか？、生成AIの「負の側面」（1）および（2）](#)
- Part VII の[AIを教える](#)が修正されました。
- 追加コラムとして以下が加われました：
  - [AIとコーディング：コード、ノーコード、またはローコード？](#)
  - Prof. BLAŽ ZUPANによる[Orangeにおけるデータ実験を通じた機械学習とAIに関するコラム](#)

## 新しいビデオの追加

もう一つの大きな変更点として、15本の新しいビデオが録画・追加されました。

背景テキストと字幕の翻訳にご協力いただいたすべてのパートナーの皆様、そしてYouTubeサポートのPetraに感謝申し上げます。

- Part I に以下のビデオが追加されました：
  - 2本のビデオ：「[AIとは](#)」、「[アラン・チューリング \(Alan Turing\) が AI を発明したの？](#)」
  - 1本の新しいビデオ：「[AIの使用は不正行為か：教師の反応は？](#)」
- Part II 「[AIとは：機械学習](#)」に3本のビデオを追加し、「[機能が多すぎるって、どれくらいから？](#)」に関するビデオへのリンクも追加しました。
- Part II 「[検索のレンズの向こう側：検索が個人に与える影響](#)」に1本のビデオを追加しました。
- Part III 「[AIとは：データに基づくシステム（1）](#)」に2本のビデオを追加しました。

- Part IV 「[AIとは：YouTubeはあなたのことをいかにして学ぶか \(1\)](#)」 に2本のビデオを追加しました。
- Part V 「[AIとは：自然言語処理](#)」 に新しいビデオを追加しました。
- Part VII 「[オープンか、クローズドか？](#)」 に新しいビデオを追加しました。

## その他の細かな変更点

- [著者情報](#)の更新
- [序文](#)の修正
- Part I のイントロ、「[なぜAIについて学ぶのか](#)」の追加
- Part II 「[AIとは：検索エンジンのインデックス作成](#)」の簡略化（第1版より短くなりました）
- Part II 「[検索の裏側：検索が社会に与える影響](#)」の参考文献リストと参照番号の変更
- Part III のイントロ、「[学習の管理](#)」の追加
- Part V のイントロ、「[リスニング、スピーキング、ライティング](#)」の追加



# この本について



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union



## AI for Teachers, An Open Textbook

by

**Colin de la Higuera and Jotsna Iyer**

with guest contributions from

Anne Boyer, Azim Roussanaly, Bastien Masse, Blaž Zupan,  
Fabrizio Falchi, Giuseppe Città, Jiajun Pan, John Hurley, Manuel  
Gentile, Michael Hallissy, Wayne Holmes

この教科書は、Erasmus+ プロジェクト AI4T  
626145-EPP-1-2020-2-FR-EPPKA3-PI-POLICY の成果物とし  
て作られました。

制作には多くのパートナーが協力し、その共同作業によって完成しました。

なお、この出版物の制作を支援した *European Commission*（欧州委員会）は、その内容を支持するものではありません。内容はあくまで著者たちの意見を反映したものであり、ここに書かれた情報の利用によって生じる結果について、欧州委員会が責任を負うことはできません。



# 謝辞

AI4T（教師のためのAI入門）プロジェクトの全メンバーの皆様へ、コンテンツワークショップや会議へのご参加とご支援に、心より感謝申し上げます。これらの場から、多くの貴重なアイデアが生まれました。

また、共に作業を進めてくださった研究者、教師、学生、そして学習グループの皆様にも深く感謝いたします。

皆様のご協力とご貢献がなければ、この書籍を完成させることはできませんでした。



# AI4Tプロジェクトについて

**AI4T（教師のためのAI入門）**は、**Erasmus+**（欧州連合の教育・訓練・青少年・スポーツのための助成プログラム）のプロジェクトです。これは「キー・アクション3（政策協力への支援）」に分類されるプロジェクトで、各国の教育省が中心となって試験的に運用されています。

AI4Tが立ち上がった背景には、「AIと教育の関係は、単に産業界だけの問題ではない」という分析があります。教育システム自体が、教室でAIをどのように活用するのが最善かを見極め、先生方の不安を取り除き、責任ある利用者として育て、そして効果的な教員研修プログラムを開始できるよう準備を整えるべきだと考えています。

プロジェクトのより詳細で包括的な紹介は、[プロジェクトのウェブページ](#)に掲載されています。

これまでウェビナーや会議を通じて公開されており、私たちは主に以下の目標を掲げています。

- 教育現場でのAI活用法を先生方にトレーニングするための教材（コースウェア）を作成すること。
- この教材を使い、5カ国の先生方を対象とした研修セッションを実施すること。
- 研修の質を評価し、記録に残すこと。

この大きな野心を実現するために、フランス、アイルランド、イタリア、ルクセンブルク、スロベニアの5カ国の教育省を含む強力な共同体（コンソーシアム）が結成されました。各国の評価専門家や、人工知能と教育の専門知識を持つアカデミックチームも参加しています。

## プロジェクトを支える組織一覧

### Ministries（教育省・関連機関）

- **Ministère de l'Éducation nationale, de la Jeunesse et des**

- **Sports (F)** (フランス国民教育・青年・スポーツ省)
- **Dublin West Education Centre (IR)** (ダブリン・ウェスト教育センター [アイルランド])
- **Ministero dell' Istruzione (IT)** (イタリア教育省)
- **Service de Coordination de la Recherche et de l'Innovation pédagogiques et technologiques (LU)** (教育研究・教育イノベーション・テクノロジー調整局 [ルクセンブルク])
- **Ministrstvo za izobraževanje, znanost in šport (SL)** (スロベニア教育・科学・スポーツ省)

### Evaluators (評価機関)

- **Conservatoire national des Arts et Métiers (FR)** (フランス国立工芸院)
- **Educational Research Centre (IR)** (教育研究センター [アイルランド])
- **Istituto Nazionale di Documentazione, per l'Innovazione e la Ricerca Educativa (IT)** (国立教育文書・イノベーション・研究研究所 [イタリア])
- **Université du Luxembourg (LU)** (ルクセンブルク大学)
- **Pedagoški Inštitut (SL)** (教育研究所 [スロベニア])

### Research labs (研究機関)

- **Institut national de recherche en sciences et technologies du numérique (FR)** (フランス国立デジタル科学技術研究所：INRIA)
- **Nantes Université (LS2N) (FR)** (ナント大学 デジタルサイエンス研究所：LS2N)
- **Université de Lorraine (LORIA) (FR)** (ロレーヌ大学 ロレーヌ計算機科学とその応用研究所：LORIA)
- **H2 Learning (IR)** (H2ラーニング [アイルランド])
- **Univerza v Mariboru (SL)** (マリボル大学 [スロベニア])
- **Consiglio Nazionale delle Ricerche (IT)** (イタリア国立研究会議)

# 序文

## 第2版への序文

ようこそ！

### 2022年から2023年へ — 驚きの一年

この教科書の初版が発行されたのは、2022年の10月のことでした。それからわずか数日のうちにChatGPTが登場し、私たちはそこから1年間、まさに「AI狂想曲」とも言える怒涛の日々に突入することになったのです。

毎週のように新しい製品が世に送り出され、言語モデルやその応用アプリの改良が次々と発表されました。さらに重要なのは、教育が突然、生成AIの真価を測る「指標」のような存在になったことです。現場の先生方や教育機関の対応は素早いものでした。この新しいツールを認め、教育の工具箱（ツールボックス）に加えたところもあれば、それがもたらす脅威を懸念して、使用を禁止したところもありました。メディアだけでなく国際機関でも議論が巻き起こり、嘆願書や公開書簡が次々と署名されました。労働市場への影響も議論され、実際に従業員をAIに置き換え始める企業まで現れたのです。

この本の著者である私たちにとって、こうした出来事のすべては、「一つの問い」「一つの挑戦」そして「一つの機会」をもたらしました。

その問いとは、テクノロジー関連の本を書く著者なら誰もが恐れるものです。「この本はもう、時代遅れになってしまったのか？」という問いです。発行からわずか数日でその価値が失われる……そんな、本として最短の寿命を迎えてしまうのではないかという恐怖でした。

**挑戦**とは、ChatGPTという「ツナミ」がもたらした数々の斬新な変化を、この第2版に反映させようとするものでした。

そして**機会**とは、この本が最も必要とされているであろう「最高のタイミング」で、皆さんにお届けできるチャンスを得たことです。

詳しくみていきましょう。

---

## 問い —— 生成AIがこれほど重要になった今、それ以外のAI技術を学ぶ必要はなくなったのでしょうか？

この問いは、もっともなものです。ChatGPTがこれほど多くの人に受け入れられたのは、驚くほど使い方が簡単だったからです。2023年に「生成AIの専門家」として活動している人の中には、2022年の時点ではAIについてほとんど知らなかったという人もいます。そのため、「生成AIはどこからともなく突然現れたものであり、もしその仕組みを理解したいのなら、この1年間に発表されたものだけを読めば十分だ」と信じたくなる誘惑に駆られるかもしれません。では、機械学習の仕組みや、過去70年間にわたってAI技術者たちが開発してきた様々なツールを理解することは、もう必要ないのでしょうか？

私たちの答えは「イエス（必要です）」です。たとえ生成AIが目覚ましい進歩を遂げたとしても、それは数十年にわたって共有されてきた技術と思想の積み重ねの上に成り立っています。データの本質、バイアス（偏り）、教師なし学習、パーソナライズ、そして倫理……これらを理解することは、先生が教室でAIを活用する前に知っておくべき極めて重要な鍵であることに変わりはありません。

---

## 挑戦

私たちの挑戦は、めまぐるしく変化するテクノロジーについて、「一過性の知識ではなく、時代に左右されない確かなコンセプトや技術に基づいて授業を組み立てたい」と願う先生方を、納得させるような形で書き上げることでした。先生方がそう願うのは、当然のことです。例えば「ハルシネーション（幻覚）」という概念一つとっても、この12ヶ月でその捉え方は大きく変わりました。そして、この概念をどう理解するかが、先生方が生成AIをどう取り入れるかを決める決定的な要因になろうとしています。

---

## チャンス（機会）

そして「チャンス（機会）」は、現在あらゆる関係者が「人工知能と教育」という問題に対して抱いている切実な危機感とともにやってきました。AI4Tプロジェクトが始動した2020年当時は、プロジェクトの実験結果を有効なものにするために、AIについて学んでくれる先生を十分な数だけ集めることすら一苦労だろうと予想されていました。ところが2023年、この問題はすべての国において最優先の課題となったのです。

---

## 第2版の新しいポイント

私たちは当然ながら、ChatGPT（とその後に続いた様々なAI）の登場を考慮に入れる必要がありました。そこで、この現象を理解するためのセクション（セクション7）を丸ごと新設しました。そこでは、先

生方がこれらの技術をどのように活用すべきか、提案を始めています。

より技術的な側面については、今回はテキストよりも「視覚的な分かりやすさ」を重視しました。そのため、このバージョンでは多くの新しい図解を取り入れています。さらに、重要なコンセプトの理解を助ける15本の短い動画も追加しました。これらが皆さんの学びに役立つことを願っています。

---

## オープンであること、そして多言語への挑戦

この教科書は **Creative Commons (CC) ライセンス**のもと公開されています。画像やビデオも含め、誰でも再利用・改変できます。異なる形式でエクスポートできるので、持続可能な教材として、将来のバージョンや新しいプロジェクトにも活かせます。

唯一の義務は、本全体または特定の章の著者名を、必要に応じて適切に引用（クレジット表記）することだけです。

翻訳にも力を入れています。すでに英語版をフランス語、スロベニア語、イタリア語、ドイツ語に翻訳しました。さらに他言語への翻訳プロジェクトも進行中です。AIは翻訳を助けますが、人間による修正は不可欠です。

**あなたの言語への翻訳に興味がある場合は、ぜひご連絡ください！**

---

## 私たちは1年前に何を語っていたか？

まず、皆さんもすでにご存知のことから始めましょう。AIは今やあらゆる場所に存在し、教育もその例外ではありません。

ある人々にとって、未来は明るいものです。これから登場するテク

ノロジーは、教育をあらゆる人々が受けられるようにし、教員不足の状況でも助けになってくれるでしょう。AIが採点やクラスの管理といった「退屈な」作業を引き受けてくれることで、先生はより「崇高な」業務に、より多くの時間を割けるようになるかもしれません。

その一方で、こうしたAIのアルゴリズムを巨大な脅威と捉える人々もいます。業界が投じようとしている何十億ドルもの資金が、教育がいまや「市場」として見なされていることを証明している、というのです。しかし、教育は決して市場ではありません。

これら二つの対照的な立場のちょうど真ん中あたりに、多くの研究者や教育者、そして政策立案者がいます。彼らはある事実を痛感しています。それは、「人工知能はすでに定着しており、もしあなたの教室にまだ届いていないとしても、遠からず入り込んでくるだろう」ということです。そして、いかなる教育大臣も、ましてや一人の教員も、この流れを止めることはできません。

この事実を踏まえた上で、どうすれば先生はこの「野獣」を飼いならし、人工知能をより良い方向に活用できるのでしょうか。どうすればAIに振り回されるのではなく、より良い教室運営のためにAIを働かせることができるのでしょうか。

この教科書の目的は、先生方がまさにそれを実現できるようサポートすることにあります。本書はErasmus+（エラスムス・プラス）のプロジェクト「AI4T」の枠組みの中で作成されました。アイルランド、ルクセンブルク、イタリア、スロベニア、フランスのチームが協力し、先生方がAI（特に教育のためのAI）について学ぶための学習リソースを提案してきました。学習教材やプロジェクトの紹介、その成果については、AI4Tのウェブサイト（<https://www.ai4t.eu/>）で見ることができます。

教員研修は、参加しているすべての国の教育省にとって不可欠な課題です。その目標は以下の通りです。

1. **なぜこうした研修が必要なのか、先生方の意識を高めること：**これは上からの強制であってはならず、価値が共有されていなければなりません。
2. **AIを紹介すること：**私たちの多くの会議やワークショップの経験から、すでにこのトピックを熱心に調べ、消化している参加者もいる一方で、大多数の人はまだそこまで至っていないのが現実で

す。

3. 教室でAIがどう機能するかを説明すること：その仕組みや、核となる考え方は何でしょうか。
4. 教育的なタスクにAIを活用すること。
5. 現場で何が起きているかを分析し、将来の変化に積極的に関わること。

この教科書が、こうした問いの多くに対してお役に立てることを願っています。私たちは現状を分析し、AIを先生方の経験と結びつけます。そうすることで、先生方がこの分野に興味を持ち続けてくれることを期待しています。間違いなく、新たな課題も現れるでしょうし、失敗もすることでしょう。強い反対や論争が起きることもあり得ます。

本書には「AI Speak (AI用語集)」というセクションを設け、アルゴリズムが「どうやって、なぜ動くのか」を解説するようにしました。私たちのゴールは、先生方に十分な情報を提供し、教育と人工知能をめぐる議論や話し合いに、皆さんが主体的に参加できるようにすることです。この教材を準備した背景については、AI4Tが作成したビデオでも紹介しています。

私たちは、次のようなことを信じています。

- ・ 「AIリテラシー」は不可欠です。よく「車の運転にエンジンの仕組みを知る必要はない」と言われますが、これは教育においては少し違います。私たちはエンジンの詳細までは知らなくても、そこには科学や技術が関わっていることを認めています。それは、学校で物理や技術の基礎を学んだ経験があるからです。同じように、単に「喫煙による早死にの統計データ」だけを見せられて「タバコを吸うな」と言われても、私たちは納得しないでしょう。喫煙がなぜ有害なのかを私たちが理解できるのは、かつて先生が呼吸器系の仕組みや肺の構造などを教えてくれたからです。社会に多大な影響を与えているAIについても、同じことが言えるでしょう。AIがもたらす「結果」を知るだけでは不十分です。先生には、それが「どのように」動くのかを理解してほしいのです。もちろん、全員を生物学者や物理学者にするのが目的ではありません。その原理や考え方を理解することが目的なのです。

- **先生は、素晴らしい「学び手」です。** 先生は、説明が不十分なものに対しては批判的な視点を持ち、より深く関わろうとします。なぜなら「理解したい」という強い願いがあるからです。この教科書は、理解できるまで妥協せず、あともう一步先まで学びを進めようとする方々のために書かれました。
- **AIは安全な環境で使われなければなりません。** コンピュータやデバイスはウェブに繋がり、アプリはクラウド上で動きます。そこには大きなセキュリティの問題が潜んでおり、先生には、その作業環境が全員にとって安全であるという保証が必要です。しかし、コンピュータ・セキュリティは非常に複雑な問題です。先生がソフトウェアの安全仕様を一人でチェックするのは無理でしょう。信頼できる公的な機関が、この役割を担う必要があります。
- **AIは、目的が明確でコントロールされた学習環境において、先生が「重要だ」と判断したタスクに使われることで、初めて力を発揮します。** 経済的な理由から、企業は「一見便利そうだけれど、実はそれほど重要ではないタスク」を解決するための製品を先生に勧めてくるでしょう。もしそれが「かっこいい」と思われ、売り手によって強く推されれば、それがさも重要なことのように見えてしまうかもしれません。優れた先生は、こうした状況に自覚的であるべきです。この教科書では、そうした製品や状況を見分けるための要素を紹介しています。

**この教材を準備するにあたって、私たちは大きな問題に直面しまし**

**た。** 当初のアイデアは、「先生方に推奨できるAIソフトウェアを選び、すぐに教室で使えるように紹介する」というものでした。しかし、残念ながらそうはいきませんでした。多くのソフトウェアはまだ未熟で、倫理的な懸念も多く、ほとんどの場合、各国の教育省や政府が承認したリストも存在しなかったからです。そのため、私たちは別のアプローチをとることにしました。教科書の中で具体的なソフトウェアに言及することはありますが、それはあくまで「教育におけるAIの特定のポイント」を説明するために適していると判断したからです。私たちは特定のソフトウェアを保証（エンドース）しているわけではありません。近い将来、ユネスコ（UNESCO）やユニセフ（UNICEF）、欧州評議会（Council of Europe）などの国際機関が

ら、具体的なソフトウェアの推奨案が出てくることを期待しています。

この教科書を編纂するにあたり、助けてくださった多くの方々から感謝の意を表したいと思います。

何よりもまず、私たちはウェイン・ホームズ (Wayne Holmes) 氏の著作から多大な恩恵を受け、彼と何時間にもわたって議論を交わすという素晴らしい時間を過ごすことができました。

また、AI4Tコンソーシアム内でも多くの議論が行われました。扱うべきテーマを浮かび上がらせるために、ワークショップも開催しました。

先生方ご自身も、極めて重要な情報源でした。セミナーやウェビナーを通じて先生方と意見を交わし、何が分かりにくいのか、あるいは何が間違っているのかを教えていただきました。

多くの方が貴重な意見をくださり、文書を校正し、関連するリンクやテキストを提案してくれました。中には、この本に章を書き加えてくれた方もいます。

- **マヌエル・ジェンティーレ (Manuel Gentile) 氏**は、多くの章で私たちを助けてくれました。AIの最も難解な側面を分かりやすく解き明かす、素晴らしい手腕を発揮してくれました。
- **ファブリツィオ・ファルキ (Fabrizio Falchi) 氏**と**ジュゼッペ・チッタ (Giuseppe Città) 氏**は、AIに関する多種多様な疑問を理解する手助けをしてくれた、最高の協力者です。
- **アジム・ルサナリー (Azim Roussanaly) 氏**、**アン・ボイヤー (Anne Boyer) 氏**、**ジャジュン・パン (Jiajun Pan) 氏**は、「ラーニング・アナリティクス (学習分析)」の章を快く執筆してくださいました。
- **ウェイン・ホームズ (Wayne Holmes) 氏**は、「エージェンシー (主体的能力)」の章を書いてくれました。これはAIの倫理的影響を議論する上で非常に重要なテーマです。
- **マイケル・ハリシー (Michael Hallissy) 氏**と**ジョン・ハーリー (John Hurley) 氏**は、生成AIの登場に伴う「宿題」や「評価」の問題を深く掘り下げてくれました。
- **バステアン・マス (Bastien Masse) 氏**は、今やプロンプトを使いこなす第一人者であり、そのスキルをここで共有してくれま

した。

- **ブラジュ・ズパン (Blaž Zupan) 氏**は、機械学習を活用するために彼らのチームが開発している「Orange」というソフトウェアを紹介してくれました。

また、この教科書をフランス語、イタリア語、ドイツ語、スロベニア語へと翻訳する作業をコーディネートしてくれた方々にも、深く感謝しています。特にソレン (Solenn)、マヌエル (Manuel)、ダニエラ (Daniela)、ヘレナ (Helena) の各氏に、特別な感謝を捧げます。

2023年11月26日 ラ・プレーヌ・シュール・メールにて  
コリン・ド・ラ・イゲラ (Colin de la Higuera)

# 日本語版の発行にあたって

## — 教育とAIをつなぐ最初の一步 —

本書『教師のためのAI入門 — AI for Teachers: An Open Textbook 日本語版』は、名古屋大学教養教育院ハイブリッドラーニングセンターの教員有志によって翻訳されました。AIが急速に教育現場へ広がる中で、「教員が安心してAIと向き合うための一冊」を、日本語でも一日でも早く届けたい——そんな思いから、この翻訳プロジェクトはスタートしました。

本書の各パートは、以下のメンバーが分担して担当しました。

- ・ 前付け 山里 敬也
- ・ I. なぜAIについて学ぶのか 小松 雅宏
- ・ II. 情報を見つける 松原 緑
- ・ III. 学習の管理 古泉 隆
- ・ IV. パーソナライズされた学習 齋藤 芳子
- ・ V. リスニング、スピーキング、ライティング 松原 緑
- ・ VI. 生成AIについて 山里 敬也
- ・ VII. 次のステップ 古泉 隆
- ・ VIII. 追加コンテンツ 珠玖 良昭
- ・ 後付け 山里 敬也

---

## そもそもの始まり

私が本書の著者である コリン・ド・ラ・イゲラ (Colin de la Higuera) 博士 に初めてお会いしたのは、フランス・パリのモンマル

トル近くにある、とても雰囲気のある建物でした。法律事務所として使われているその部屋は、かつて印象派の画家がアトリエとして利用していた場所で、ルノワールもここで絵を描いていたと聞き、思わず驚いたのを覚えています。その日、そこではオープンエデュケーションに関わるフランス高等教育省の方々や大学教員が集まり、ささやかな意見交換会（茶話会）が開かれていました。私も Open Education Global の理事の一人として参加し、そこでイゲラ博士と初めて言葉を交わしました。博士は UNESCO Chair（ユネスコ・チェア）として、教育とAI、オープン教育資源（OER）を結びつける研究をされています。その対話の中で、私たちはある共通した問題意識を持っていることに気づきました。

「AIは教育に大きな影響を与えるにもかかわらず、教員自身がAIをよく理解しないまま、急速な普及だけが進んでいる」

世界中どこでも同じですが、AIが教育に与える影響は計り知れませぬ。しかし、多くの先生方はまだAIそのものを深く理解しているわけではありません。さらにAIの進化はあまりに速く、じっくり議論している暇もないうちに、あっという間に浸透してしまいます。つまり、先生も学生も「正しい使い方」を知らないまま、AI革命の波に飲み込まれてしまう……そんな危惧がありました。

「この状況をなんとかしたい」という強い思いで、博士はこの『AI for Teachers』を執筆されました。そして、「ぜひ日本語版も出したいので、翻訳に協力してほしい」と声をかけてくださったのです。

## とにかく早く翻訳すべし

今回の翻訳にあたって、私たちは3つのルールを決めました。

1. **スピード重視！** 変化の速い分野なので、完璧な「質の高さ」を求めるより、まずは「早く届ける」ことを最優先にする。
2. **AIの力を借りる。** AIについての本だからこそ、翻訳作業にも積極的にAIを活用する。

### 3. 出版後も直していく。出して終わりではなく、後からどんどん修正・改善していく。

作業を始めたのは10月末。なんと年内には、おおよその翻訳が終わっていました。わずか2ヶ月というスピードです。

ところが、そこからが大変でした。実は作業に使っていたサーバーに日本語フォントが入っておらず、PDFや電子書籍（EPUB）に書き出そうとすると、文字がすべて化けてしまうのです。ブラウザ上での作業は問題なかったのですが、気づくのが遅れてしまいました。自分たちでは直せない部分だったため、管理者にフォントのインストールをお願いしたのですが、これに思いのほか時間がかかりました。結局、出版までに半年もかかってしまいました。これは少し残念な誤算でした。

## 読者の皆さんへ

お伝えした通り、私たちのモットーは「とにかく早く！」です。そのため、文章におかしな点や分かりにくい部分が残っているかもしれません。

皆さんの声を反映して、この本をより良くアップデートしていきたいと考えています。「ここが変だよ」「もっとこうしてほしい」というお気づきの点があれば、ぜひ以下のフォームから教えてください。

[『教師のためのAI入門』サポート・お問い合わせフォーム](#)

また、[サポートページ](#)もありますので、ご参照ください。

この本を、皆さんと一緒に育てていければと思っています。

2026年4月1日 翻訳者を代表して  
名古屋大学教養教育院ハイブリッドラーニングセンター 山里 敬也



## PART I

# なぜAIについて学ぶのか

あなたは考えたことはありますか？

人工知能は私の教室での学びと教えにどう影響するのだろうか？

学習者たちとやりたいことを実現するのに役立つのだろうか？

学習者たちとの力学や相互作用をどう変えるのだろうか？

正しく使われているのか、間違っ使われているのか、どうやって見分ければよいのだろうか？

そして、効果的に活用したいなら、何に注意すべきだろうか？

続きを読んでください...



# 1. テクノロジー、変化、そしてあなた

## 考えてみよう

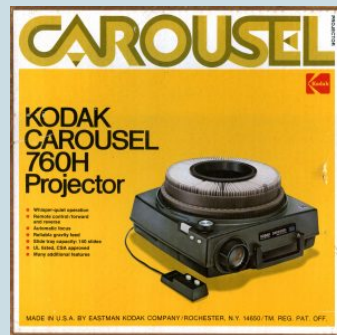
1922年、トーマス・エジソンは動画が教育に革命をもたらすと宣言しました。彼は動画がすべての教科書に取って代わると信じていました<sup>1</sup>。

しかし、教師による動画の使用は限定的でした。スライド映写機は1950年代から1990年代後半にかけて多くの教師に採用されました。

動画を使用する場合とは異なり、教師は以下のことができました：

- 安価に自作スライドを準備できる
- プロジェクターを黒板のように使える - 教授法を変えないツール
- スライドを再利用・再編成・改良できる<sup>2</sup>。

もし新たな技術があなたを助けることができるなら、



*"Carousel '77" by Voxphoto is licenced under CC BY-NC-ND 2.0. To view a copy of this licence, visit <https://creativecommons.org/licenses/by-nd-nc/2.0/jp/?ref=openverse>*

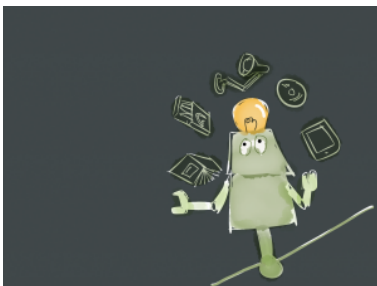
1. どんな機能を求めるだろうか？
2. そのために教授法を改めるだろうか？
3. 変化を強制されることを恐れるだろうか？

## 人工知能とあなた

教師として、あなたは日々テクノロジーがもたらす変化と向き合っています。その応用は、あなたが教える世界と、あなたの指導を受ける学習者たちを変えます。最終的には、教える内容、スキル、文脈そのものを変えるのです。指導方法さえも変える可能性があります。

この教科書は、人工知能（AI）があなたの教え方をどのように変えるかについて扱います。

**なぜAIなのか？** AIが効果的な場面では、AIがもたらす変化の速度と規模は不安定化をもたらす可能性があります。そして、知能を主張する機械にできないことなどあるのでしょうか？教師であるあなたを上回ることはできるのでしょうか？教室であなたの代わりにを務めることはできるのでしょうか？いくつかの重要な疑問に対する答えが必要です。



*"Diary of a teaching machine" by [ Ed ] is licenced under CC BY-NC-SA 2.0. To view a copy of this licence, visit <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.0/?ref=openverse>*

今日の人工知能アプリケーションは、特定のタスクと特定のユーザー層向けに構築されています。例えば、文章を翻訳できるソフトウェアは株価を予測することはできません。

タスクそのものに関しては、確かにAIは人間よりも優れたパフォーマンスを発揮する領域があります。しかし、他の多くの分野では子供ですら最先端のAIを凌駕できます。教育のような認知的・社会的・文化的に豊かな活動において人間に取って代わるには、AIにはまだ長い道のりがあります。

しかし教師の能力を拡張する形での支援は可能です。専門家が提唱する「人間拡張」<sup>3</sup>の概念を教育現場に適用すれば、「教師拡張」が実現します。

教育分野でAIを活用する際、教育学の専門家は教師が常に監視・管理する「ループ内」に留まるべきと強調します。教室で効果を発揮するAIソリューションとは、教師の能力を高めるものです。教師が学習者の学習内容を把握している場合、その効果は顕著です<sup>4</sup>。

この教科書の目的は、教師がAIの活用可否・適用領域・方法を決断するために必要な知識を提供することです。AIがもたらす変化を自然に受け入れながら、未来に向けた準備を整える一助となれば幸いです。

BBCの[ロボットがあなたの仕事を奪うか](#)クイズが英国の様々な職業の将来についてどう分析しているか見てみましょう。仕事の中で交渉したり、他者を支援・補助したり、独創的なアイデアを考案したりする必要がある場合、その職業は

自動化からより安全だと指摘しています。「中等教育の教員」については、自動化の可能性を1%と推定しています。

- 
- <sup>1</sup> Cuban, L., *Teachers and machines: The classroom use of technology since 1920*, Teacher College Press, 1986。
  - <sup>2</sup> Lee, M., Winzenried, A., *Instructional Technology in Schools, Lessons to be learned*, Acer Press, 2009。
  - <sup>3</sup> Holmes, W., Bialik, M., Fadel, C., *Artificial Intelligence In Education: Promises and Implications for Teaching and Learning*, 2019。
  - <sup>4</sup> Groff, J., *Personalized Learning: The state of the field and future directions*, Centre for curriculum redesign, 2017。

## 2. AIはどこにでもある

### 人工知能：直感的な理解



1つ以上のインタラクティブ要素は文章のこのバージョンから除外しました。ここにオンラインでそれを表示できます: <https://aiopentext.itd.cnr.it/japanese/?p=37#oembed-1>

人工知能の教科書を開いたり、インターネットで簡単に検索したりすると、AIの定義が様々であることがわかります。AIとは何か、どこで使用され、どのような役割を果たすのかを明確に説明する方法はありません。ロボットや自動運転車のような複雑な独立システムである場合もあれば、他のソフトウェア内のほんの数行のコードで小さな役割を果たしているだけの場合もあります。

人工知能とは、多様なタスクを遂行するプログラム群を指します。数学的・アルゴリズム的には境界線が曖昧であり、AIの始まりと他の技術の終わりに明確な線引きは存在しません。

さらに多くの専門家は「知能」という語の使用に異議を唱えています - 人工知能は人間の知能とは似ても似つかない！それでもこの言葉は、これらのプログラムが達成すべき目的、つまりそれらを結びつける共通の糸を我々に示唆しています。

究極的に、AIシステムは機械ベースです。それらは予測、推奨、または決定を行うために

- 現実または仮想環境を感知し（マイクやカメラなどのアイテムを使用）、
- データを簡略化し分析し、
- その分析を用いて決定または予測を行う<sup>1</sup>。

次のようなシステムに出会った場合：

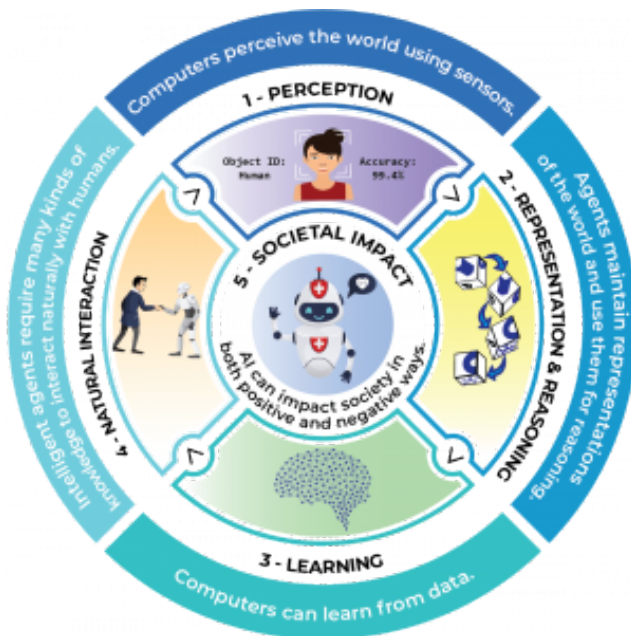
- あなたが書いた内容や話している内容を認識する（翻訳ソフト、文字認識、顔認識、パーソナルアシスタント、チャットボット）；または、
- 使い込むほどにあなたを理解しているように見える（YouTube動画推薦、ニュース推薦、Amazon商品推薦、Facebookの友達候補、ターゲティング広告）；または、
- 不完全で急速に変化する情報から結果を予測できる（最速の移動ルート、近い将来の株価）

...おそらくAIが関わっています。

## DEFINITIONS OF AI THAT USE "INTELLIGENCE", "MIND" OR "THINKING"



- “The exciting new effort to make computers think...[as] machines with minds, in the full and literal sense.” (Haugeland 1985)
- “The art of creating machines that perform functions that require intelligence when performed by people.” (Kurzweil 1990)
- “The study of how to make computers do things which, at the moment, people are better.” (Rich and Knight 1991)
- “Making machines intelligent; intelligence is that quality that enables an entity to function appropriately and with foresight in its environment.” (Nils Nilsson)



AIの5つの大きなアイデア。AI4K12イニシアチブによる。CC BY-NC-SA 4.0の下でライセンスされています。  
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

## 私たちの周りのAI

人工知能は、成功に必要な優位性をユーザーに与える技術となりました。

ほぼ全ての分野で何らかの形でAIが活用されています：

- ビジネスから研究まで、多くの分野で音声認識アプリが使用され、リアルタイムで音声を文字起こしし、驚くべき品質の翻訳を得ている。
- 医療分野では、画像分析とAIベースの意思決定支援ツールが活用されている<sup>2</sup>。

- 農業では、AI駆動システムが利用可能な資源の最適化を支援する。
- ゲーム、芸術、産業、商業におけるAIの画期的な進歩に関するニュースが日々報じられている。

学校では、教材の選択、個々の学習者への適応、生産的な評価方法、ロジスティクスの管理など、すべてが「知的な」活動です。定義によれば、AIベースのソフトウェアは理想的に、こうした取り組みを支援できるべきです。

## アクティビティ

過去2年間にあなたや学習者が使用した技術を5つリストアップしてください。そのうち、あなたが見てAIを含むものはいくつありますか？

アラン・チューリングは多くの研究者からコンピュータ科学の父と見なされています。今日の人工知能における多くの新しいアイデアは、実は「人工知能」という用語が発明される前に、アラン・チューリングによって導入されていたのです！



1つ以上のインタラクティブ要素は文章のこのバージョンから除外しました。ここにオンラインでそれを表示できます: <https://aiopentext.itd.cnr.it/japanese/?p=37#oembed-2>

---

<sup>1</sup> [The OECD AI Principles](#), 2019.

<sup>2</sup> [Artificial Intelligence in Healthcare, Wikipedia.](#)

### 3. 教育におけるAIの現状

教師も学習者も、意識的か無意識的か、良い面も悪い面も、教室の内外で既にAIを活用しています。その実態とは？

本書の後半では、教育向けに利用可能な人工知能ツールについて考察します。しかし最も有用なアプリケーションの多くは、まだ教室に導入されていません。EdTech業界、大手デジタル企業、大学の研究機関はいずれも、教師の指導と学習者の学習を支援するツールを開発中です。AI専門企業による教育分野への巨額投資も増加しています。関係当局の承認を得たものも、得ていないものも、無料で入手可能なツールが教師と学習者によって使用されています。

教育を意図して作られたか否かにかかわらず、これらのツールの多くは教室で活用可能です。その利点と潜在的な問題点を認識することが不可欠です。

本書執筆時点で利用可能な数学用無料アプリケーションの一つがPhotomathです（言語教師向けには、Duolingoのような語学学習アプリやGPT3を活用したライティングソフトが類似例となるでしょう）。

<https://youtube.com/watch?v=er7x11Nbi3I>

#### 考えてみよう

ソフトウェアの使用方法を調べる際、メーカーが公開した動画や提携関係の有無にかかわらずサードパーティのレビューも参考になることが多くあります。

誇大広告から真実を見分けるには？

動画が主張するほど、そのアプリケーションは本当に有用なのか？

機能の使用に難しさはあるか？

使用に伴う潜在的な問題点にはどのようなものがあるか？

Photomathは数学ソルバーです。数学の方程式を入力すると解きます。教師たちは、教育ツールとしてだけでなく不正行為の手段としても電卓と対峙してきました。

Photomathの真の強みは使いやすさです。黒板やノートの写真を撮影するだけで、内蔵AIが画像をスキャンし直接問題を解きます。

例えば電卓が42という答えを出した場合、教師は結果の確認に電卓の使用を許可するかもしれませんが、学習者は自ら解法に到達しなければなりません。こうしたソルバーは複数の解法を示し問題を可視化しますが、この部分はプログラマーにとって技術的にはるかに容易です。

今日の教室で見られるその他のアプリケーション：

- 検索エンジン
- ほとんどの文書作成ソフトに組み込まれたスペルチェックと文法修正
- オンライン翻訳ツール
- 言語学習アプリ
- Photomath、Geogebra、Wolframなどの数学ソルバー
- パーソナルアシスタント
- チャットボット
- インテリジェントチュータリングシステム
- AI搭載学習管理システム

[こちらをクリックして読む](#)

光学  
文字認識

考えてみよう

[Checkmath](#)という、[Photomath](#)に似た別のソフトウェアがあります。それぞれのウェブサイトを確認してみてください。**もしどちらか一つを選ばなければならないとしたら、どちらを選びますか？その理由は？**

## AIの使用は不正行為か：教師の反応は？

学習者によるAI使用に対する教師の反応を以下に示します：



1つ以上のインタラクティブ要素は文章のこのバージョンから除外しました。ここにオンラインでそれを表示できます：<https://aiopentext.itd.cnr.it/japanese/?p=38#oembed-1>

## 4. AIがどのように役立つか

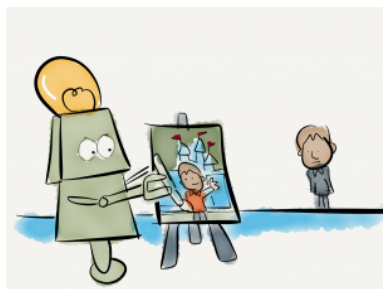
技術に関して注意すべき二つの極端な傾向があります：

- ・ 恐怖や無知による技術の未活用
- ・ 望ましくない二次的影響を招く恐れのある無分別な使用

例えば、携帯電話の過剰使用は有害となり得ます。携帯電話を完全に避ける人々もいるが、大多数の人々は過度に使用してはいません。実際、モバイル技術の慎重な利用は人命を救ってきました。

上記の最初の例に陥らないためには、重要な教育アプリケーションに関する知識が役立つでしょう。これらは今後の章で詳しく見ていきます。以下にいくつかの例を示します。

### 学習管理のためのAIツール



*"Diary of a teaching machine" by [ Ed ] is licenced under CC BY-NC-SA 2.0. To view a copy of this licence, visit <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.0/?ref=openverse>.*

人工知能ダッシュボード、その他のデータ可視化ツール、学習管理システムは、利用可能なあらゆる情報を統合します。これらは、複数の科目における学習者の成績を監視したり、あらゆる規模の教室で特定のトピックの進捗を追跡したりするのに役立ちます。

AIアプリケーションは、欠席や中退者に共通する行動など、**潜在的な問題点を指摘**できません。こうして収集された全デー

々は、授業の効果的な部分とアプローチ変更が必要な部分を明らかにすることで、**教師自身の自己評価**に活用できます。

AIは**スケジューリングとリソース最適化**タスクに適しています。しかし最も重要な応用分野は、異なる能力を持つ人々の包括と統合を扱うものです。人間と機械のインターフェースはかつてないほどシームレスになり、マルチメディア入出力が現実のものとなりました。例えば**Storysign**アプリは、言葉を手話に翻訳し、聴覚障害のある子どもが読み方を学ぶのを支援します。

## パーソナライズされた学習のためのAIツール

"Currently, we are failing to meet the needs of all learners. The gap between those who achieve the most and those who achieve the least is a challenge that teachers, school leaders, administrators, and government officials face every day, in every country."

LUCKIN, R., HOLMES, M., GRIFFITHS, M., FORCIER, L., INTELLIGENCE UNLEASHED: AN ARGUMENT FOR AI IN EDUCATION, PEARSON EDUCATION, LONDON, 2016

•

**適応学習システム (ALS)** は、クイズやリアルタイムフィードバックを通じて学習者を評価します。この評価に基づき、事前に定義された学習経路を学習者に提示します。画一的なアプローチではなく、学習者は各トピックに費やす時間を調整し、新たな関連トピックを探求できます。この適応型ソフトウェアは、読解・作文・発音・問題解決の習得を支援します。

- ALSは特別な支援を必要とする学習者にも役立ちます。システム

の専門化は実証された理論と専門家の見解に基づきます。対象を絞ったシステムは「ダウン症、外傷性脳損傷、認知症などの認知障害を持つ個人への指導、およびディスレクシア、注意欠陥障害、計算障害などの比較的軽度の認知状態に対しても、大きな助けとなる可能性が高い」<sup>1</sup>。

- 各メンバーの個々の長所と短所を考慮し、異なる活動ごとに異なるグループを形成することができます（「**クラスタリング**」）。

これらの技術は役立つ可能性はあるものの、「肝心なのは、実際にその技術を**どのように活用するか**という細部にこそ問題が潜んでいる」<sup>2</sup>。同じ革新的で強力な学習技術でも、ある学校では効果的に活用され、別の学校では不適切に扱われることがある<sup>2</sup>。

繰り返しますが、知識こそが鍵です！

---

<sup>1</sup> Alkhatlan, A., Kalita, J.K., *Intelligent Tutoring Systems: A Comprehensive Historical Survey with Recent Developments*, International Journal of Computer Applications 181(43):1-20, March 2019.

<sup>2</sup> Groff, J., *Personalized Learning: The state of the field and future directions*, Centre for curriculum redesign, 2017.

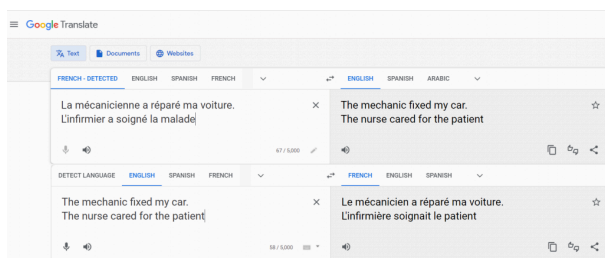
## 5. AIをただ使えばいいだけではないのか（1）

AIに関するもう一つの極端な立場は、この技術を無差別に使用したり誤用したりすることです。人工知能は人間の知能とは異なる動作をします。状況の性質、設計、あるいはデータに起因するにせよ、AIシステムは期待されたものとは異なる動きをすることがあります。

例えば、ある目的のために特定のデータセットを用いて開発されたアプリケーションは、別の目的のための異なるデータでは同様に機能しない。人工知能の限界を理解し、それに対応することが重要です。単にAIを導入するだけでなく、その利点と限界について学ぶことが肝要です。

### 固定観念の永続化

Google翻訳はインターネットから翻訳方法を学習します。その「ウェブクローラ」は学習用データを収集するため公開ウェブを巡回します。言語と共に、AIは男性整備士の数が女性整備士より多く、女性看護師の数が男性看護師を上回ると学習します。何が「真実」で、何が固定観念やその他の偏見の結果なのかを区別できません。こうしてGoogle翻訳は学習した内容を拡散し、固定観念をさらに固定化します<sup>1</sup>。



英語に翻訳された後、再びフランス語に戻された「女性のメカニック」と「男性の看護師」は「男性のメカニック」と「女性の看護師」になります。Barocas, S., Hardt, M., Narayanan, A., *Fairness and machine learning Limitations and Opportunities*, MIT Press, 2023による例から着想を得ています。

AIでは、個々の事例が大多数の事例と異なる場合（それが現実世界の大多数を忠実に反映しているか、単にインターネット上で見られる大多数であるかにかかわらず）に問題が生じます。教室では、教師はシステムの不備を補い、必要に応じて学習者の注意を代替テキストに向ける必要があります。

## 探求

[Google翻訳](#)でステレオタイプを探してみませんか？ 様々な言語間の翻訳を試してみてください。ボックス間の二つの矢印をクリックすると、翻訳対象を反転できます（上記の例ではこの操作を行いました）。

トルコ語などでは「彼」と「彼女」が同じ単語で表されます。トルコ語への翻訳と逆翻訳を繰り返すと、多くのステレオタイプが浮き彫りになります。多くの言語には男性バイアス（見知らぬ人物は男性と仮定する傾向）がある点に注意してください。これはアプリケーションのバイアスではありません。上記の例で衝撃的なのは、男性看護師が女性に変換される点です。

## 複数の精度指標

"AI systems will have great difficulties in dealing with people who are creative, innovative, and not only average representations of vast collections of historical examples."

THE IMPACT OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE ON LEARNING, TEACHING, AND EDUCATION. IJC SCIENCE FOR POLICY REPORT

AIシステムは、学習者が次に何を学ぶべきか、特定のトピックを理解しているかどうか、クラスに適したグループ分けは何か、あるいは学習者が中退するリスクがある時期を予測します。多くの場合、これらの予測にはパーセンテージが付随しま

す。この数値は、システムが自身の予測をどの程度正確と見積もっているかを示しています。

予測は本質的に誤りを伴う可能性があります。多くの応用分野では、この誤差は許容範囲内ですが、場合によっては許容できないこともあります。さらに、この誤差の計算方法は固定されていません。様々な測定基準が存在し、プログラマーは最も適切と判断する基準を選択します。精度そのものは入力内容によって変化することが多くあります。

教室では、こうしたシステムが学習者に対して予測を行うため、何が許容範囲か判断し、AIの決定が適切でない場合に介入するのは教師の役割です。そのためには、AI技術とそれに伴う一般的な誤りに関する基礎知識が非常に役立つでしょう。

<sup>1</sup> Barocas, S., Hardt, M., Narayanan, A., [\*Fairness and machine learning Limitations and Opportunities\*](#), MIT Press, 2023.

# 6. AIをただ使えばいいだけではないのか（2）

## データとプライバシー



あらゆる企業は、財務状況を改善するためにデータを活用しています。何を売るか、誰に売るか、価格をどう設定するか、広告をどうカスタマイズするかを決めるためにデータを用いま

す。データを意味あるものにするのは機械学習アルゴリズムです。したがって、より優れたデータとアルゴリズムを持つ者が勝者となります。データは新たな金であり、新たなアキレス腱でもあります。

ここで言うデータとは、単に個人の住所や銀行口座のことでしょうか？

ユーザーがウェブサイト訪問中にクリックするマウスの回数はどうだろうか？

教師は、自身と学習者のデータの管理者として、どのようなAIデータが有用か、その形態は何か、そしてユーザーのプライバシーをどう保護できるかを理解することが不可欠です。

## AIと教育ビジネス

「EdTech」とは、教育向けの技術応用（人工知能を活用した技術を含む）を提供する産業を指します。これらは小規模企業やスタートアップである場合もあれば、教育分野への資金投入を始めたインターネット大手企業である場合もあります。公的資金による組織である場合もあります。

一部のEdTechソフトウェアは購入が必要ですが、残りは無料です。収益源は他から得ており、多くの場合ターゲティング広告やユーザーデータの転売です。EdTech分野のAIツールで採用される財務モデルが何であれ、収益は得られます。

これはあなたと学習者にとって何を意味するのでしょうか？「タダ飯」は存在するのでしょうか？貪欲な産業の恩恵を受けつつ、教室の安全をどう確保すればよいのでしょうか？

## ツールの創造とあなた

教育は技術を受け入れるために変わる必要はない。「技術から始まる学習環境は、往々にして望ましくない方向へ進む」<sup>1</sup>。あらゆるツールは確固たる教育理論に基づくべきです。さらに、最大限の効果を発揮するためには、教師、教育専門家、コンピュータ科学者が参加するチームで共同創造されるべきです<sup>2</sup>。

さあ、準備はいいですか？

---

<sup>1</sup> Groff, J., *Personalized Learning : The state of the field and future directions*, Centre for curriculum redesign, 2017。

<sup>2</sup> Du Boulay, B., Poulosavilllis, A., Holmes, W., and Mavrikis, M., *Artificial Intelligence And Big Data Technologies To Close The Achievement Gap*, 2018。



## PART II

# 情報を見つける

1993年6月には、ウェブサイトが130サイトありました。1996年の初頭までには、10万サイトに増加しました。2022年時点でのさまざまな推計では、その数は17億サイトに達しています。

この爆発的な増加は、私たちが正確に求める情報を見つける能力がなければ意味がありません。検索エンジンは、まさにこれを助けてくれます。

検索エンジンは、私たちが急いで打ち込んだ、しばしば誤字脱字のあるクエリを読み取り、テキスト、画像、ビデオ、そしてあらゆる関連コンテンツを引き出します。

この情報への迅速なアクセスは、教育にどのように役立つのでしょうか？

それは、学生主導の学習 - 学生が建設的な活動を通じて自分の知識を構築する - をどのように支援できるのでしょうか？

この技術の利点を最大限に活用しつつ、欠点を回避するにはどうすればよいのでしょうか？



## 7. 検索エンジン（1）

### アクティビティ

以下のリストから検索エンジンを選んでください：

[Bing](#)            [OneSearch](#)  
[Brave](#)           [Qwant](#)  
[DuckDuckGo](#) [Spotlight](#)  
[Ecosia](#)           [Startpage](#)  
[Google](#)           [Swisscows](#)  
[MetaGer](#)        [Yahoo!](#)



DuckDuckGo.

1. 検索結果は、普段使っている他の検索エンジンと比較して優れていますか？
2. その検索エンジンの情報源は何ですか？検索結果は他の検索エンジンに依存していますか？
3. 「会社概要」「プライバシーポリシー」「利用規約」のページを確認してください。
4. これらのページによると、その会社はあなたのデータをどのように扱っていますか？デフォルトのプライバシー設定を変更できますか？

*"duckduckgo [Www.Etoile.App]" by eXploration Etoile はパブリックドメインマーク1.0でマークされています。利用規約を確認するには、<https://creativecommons.org/publicdomain/mark/1.0/?ref=openverse> を訪問してください。*

確認後、各検索エンジンの概要は[こちら](#)をご覧ください。

検索エンジンは、あなたの身近に存在する人工知能です。多くの人が日常的に利用する、最も洗練された人工知能の応用例と言えます。検索エンジンを成功に導いた要因は以下の通りです：

- ・ ワールドワイドウェブ上のコンテンツ量の爆発的な増加；
- ・ 検索エンジンがコンテンツを解析し、将来の検索に備えてタグ付けする能力（インデックス作成）；
- ・ あなたが求めていることを理解する能力<sup>1</sup>；
- ・ 最も関連性の高いコンテンツを最初に表示する能力（ランキング）。

AIアルゴリズムが最後の3つの要因を支えています。

検索エンジン - それを知識エンジンと呼ぶ人もいます - は、世界中のあらゆる情報がウェブ上にあり、ウェブ上のあらゆる情報が検索可能であるという錯覚を巧みに作り出しました<sup>2</sup>。この即座に提供される知識、知見、そして記憶を拡張する手法は、学びの在り方を革新しつつあります。

## 学習と教育のツールとしての検索エンジン

検索エンジンが教師と学習者を支援する方法は少なくとも3つあります：

- ・ 授業や試験で使用する情報の検索・検証を容易にします。この点において、情報の意味は過去10年で大きく変化しました。テキストだけでなく、音声、動画、アニメーション、さらにはプログラム・コードさえも容易に利用できるようになりました。検索フォーラムやデジタル・リポジトリも同様です。
- ・ 教師が知識の唯一の供給源である必要がなくなります。教師は今やその気にさえなれば、スキルを磨いたり、探究心を刺激したり、矛盾や疑問を解決したりする支援に回れます。
- ・ 情報に自由にアクセスできる環境を整えることで、学習者が探求型学習やプロジェクトベースの学習を行えるようにします。学習

者は情報にアクセスし、整理し、自ら意味を導き出せます。これにより、持続的な学びが生まれ、実生活へ応用できる知識が身につきます<sup>3</sup>。

しかし、探求型学習やその他の学習者主導型学習は容易には実現しません。学習者が、自ら情報源を探し出し、統合するのに必要な多くのスキルを習得するには、支援と段階的なサポート（足場かけ）が必要です<sup>3</sup>。

## 何を、どのように尋ねるか



- coming up with what to ask
- how to ask it
- how to find relevant and credible sources
- how to analyse what they found
- how to put together all this information

ヨーロッパやその他の地域での様々な研究によると、学生は効率的かつ効果的にウェブを検索するのに苦労しています<sup>3</sup>。検索しても何の結果も得られなかったり、検索結果の関連性を評価する方法がわからなかったりすることにしばしば苛立ちを感じています<sup>4</sup>。低学年の児童は、コンピューターでの情報検索において4つの明らかな困難を抱えているようです：検索クエリの作成、検索結果リストからの適切なウェブサイトの選択、検索用語の正しい綴り、検索結果で用いられている言語の理解です<sup>5</sup>。

検索テクニックをいくつか知っておくことは、あなたにとっても学習者にとっても、この驚異的なリソースを活用する上で大いに役立つでしょう。

### 検索の最適化

1. お好みの検索エンジンで「検索」と入力し、結果を確認してください。「検索方法」や「検索のコツ」といったキーワードの結果と比較してみましょう。次に「人工知能が検索エンジンでどのように活用されているか？」と検索してみてください。
2. 「バイクドチーズレシピ」と「バイクドチーズ」のレシピの結果を比較してください。「東ドイツ」の物語の方が「東ドイツ物語」より優れていると、検索結果の1ページ目以降を閲覧せずに判断することができますか？
3. 「Eat, Pray, Love」と「eat pray love」は同じですか？
4. 「木星の近くの惑星」を検索してみてください。「エッフェル塔の最寄りのレストラン」を探してみてください。
5. 人工知能 - 「機械学習」は何をしますか？
6. 検索クエリ「トム・クルーズ」AND「ジョン・オリバ

ー」と「トム・クルーズ」OR「ジョン・オリバー」の違いは？

7. 「カリフォルニア大学」と「\*カリフォルニア大学」の結果を比較してみましょう。「\*」の役割は？
8. 「courses site bbc.com」と「courses site:bbc.com」を検索してみましょう。また、URLに.eduを含む全サイトでコースを見つけてみてください。
9. 任意の検索クエリに「filetype:pdf」を追加し、その用法を学びましょう。

[こちらでいくつかのヒントを見つけることができます](#)



1つ以上のインタラクティブ要素は文章のこのバージョンから除外しました。ここにオンラインでそれを表示できます: <https://aiopentext.itd.cnr.it/japanese/?p=50#oembed-1>

優れた検索テクニックを実践するだけでなく、常に検索結果をスクロールして1ページ目以降のページを確認することも有意義です。検索エンジンは結果の順位付け方法が異なります。上位の結果は、検索クエリやユーザーの行動だけに基づいているとは限りません。また、誰もが検索結果の上位に表示されるように最適化されたウェブページの書き方を知っているわけではありません。

ここで議論を締めくくるにあたり、利用したい検索エンジンに関わらず、検索設定を確認してください。検索結果の表示方法の調整や、とりわけ子供向けの制御設定などが行えます。

## ペアでの検索

最適化テクニックを学んだ後でも、学習者は効果的な検索語句の作成や結果の分析に問題を抱えることがあります。ペアまたは3人グループでの検索が役立つという証拠も一部存在します。課題の各段階で話し合うことで、学習者はより良い検索戦略を見つけ、結果を修正し、得られた情報の扱い方を検討できるようになります。また、サイト内の情報を見つけて評価する能力も、個人よりもペアの方が優れている場合があります<sup>4</sup>。

\* 本文で使用されている「意味を把握する」「理解する」「知能的」などの表現は、機械の動作を説明するために用いられています。機械ベースのアプリケーションが、人間と同じように物事の意味を把握したり、理解したりすることはできないという点を念頭に置くことが重要です。

<sup>1</sup> Russell, D., *What Do You Need to Know to Use a Search Engine? Why We Still Need to Teach Research Skills*, AI Magazine, 36(4), 2015

<sup>2</sup> Hillis, K., Petit, M., Jarrett, K., *Google and the culture of search*, Routledge, 2013.

<sup>3</sup> Marion Walton, M., Archer, A., *The Web and information literacy: scaffolding the use of web sources in a project-based curriculum*, British Journal of Educational Technology, Vol 35 No 2, 2004.

<sup>4</sup> Lazonder, A., *Do two heads search better than one? Effects of student collaboration on web search behaviour and search outcomes*, British Journal of Educational Technology, Vol 36 Issue 3, 2005.

<sup>5</sup> Vanderschantz, N., Hinze, A., Cunningham, S., *"Sometimes the internet reads the question wrong": Children's search strategies & difficulties*, Proceedings of the American Society for Information Science and Technology, Vol 51, Issue 1, 2014.

## 8. 検索エンジン（2）

### 本物の信頼性と関連性

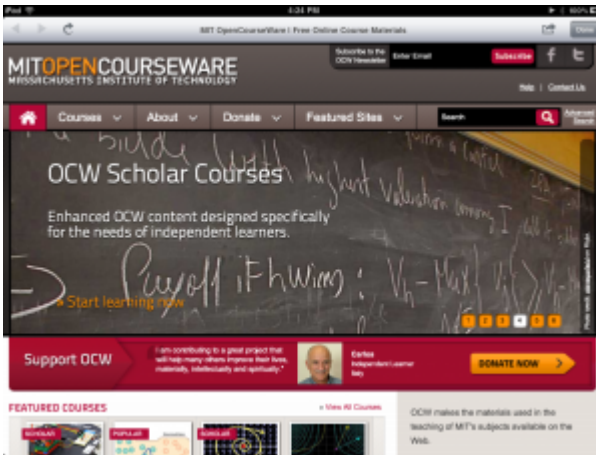
私たちは、本を信頼するように教えられてきました。出版社、図書館員、教授、そして専門家たちが、印刷物のゲートキーパーとして機能し、その信頼性と質を保証します。ではウェブ上では、適切な情報源をいかに見つけ、学習者にも確実に見つけさせるにはどうすればよいでしょうか<sup>1,2</sup>？

良質の情報源を基にした印刷物でさえ、誤りや偏見に満ちていることが証明されています。批判的評価の文化を育むことは、良質のオンライン情報源を選択すること以上の利益をもたらすかもしれません<sup>2</sup>。



- Who wrote this? What are their qualifications?
- What are their affiliations? How do they impact what they write?
- What is the context? Is this one of a series, a chapter in a book or content in a journal?
- Who is the publisher?
- Which website is it published in? Are there any spelling errors in the site address?
- Does the site address have .edu(educational institution) or .gov(government) or .gouv.fr(french government) or .gouvernement.lu(luxembourg) in it?
- Where is it based? Does this change how relevant it is to my subject??
- Have sources been cited clearly? Are there logical errors?

# デジタルリポジトリ



「MIT Open Courseware」 by stevegarfield は CC BY-NC-SA 2.0 の下でライセンスされています。このライセンスのコピーを見るには、<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.0/?ref=opensearch> を訪れてください。

コンテンツの信頼性を確保する有効な方法の一つは、定評があり信頼できる情報源のデジタルコレクションを利用することです。これらは学校レベルの資料から世界規模のリソースまで多岐にわたります。過去20年間でデジタルライブラリの数は劇的に増加し、教育関係者がデータセット、地図、画像などの資料にアクセスし活用できるようになりました<sup>3</sup>。

情報を探するには、該当するウェブサイト内検索を利用するか、検索エンジンで「site: キーワード」と入力する方法があります。

Googleでさえも、特定の検索エンジンを持っています

- [公共データセット](#)では、政府、公共機関、大企業が収集したデータを公開しています。これはすべて、研究、調査、国勢調査から収集された公開情報です<sup>4</sup>。
- [研究論文](#)では、オープンアクセスと有料併せて、数百万もの論文や書籍が索引付けされ、検索可能な状態です。

大学のオープンコースウェア、[カーンアカデミー](#)、オンライン百科事典、これらはいずれも人気のある情報源です。

## 変動するコンテンツ

検索エンジンは常に新しいアルゴリズムをテストしています。モバイル検索は、現在地に関連する結果を優先する傾向があるため、デスクトップ検索とは異なります<sup>4</sup>。

毎日、新しいコンテンツが索引付けされますが、古いコンテンツは異なる方法で索引付けされます。新しいデータは、古いデータからコンテンツを再分析して作成されます<sup>1</sup>。著作権とライセンスは変更されます。データに関する法律も、時代や場所によって変化します。例えば、EU（欧州連合）内では、GDPR（一般データ保護規則）のために、検索エンジンはインデックスが削除されたコンテンツを引き続きリストアップします。地図でさえも、アクセスする場所によって変わります。言語とその使用方法も変化します。医療カテゴリーの使用法とその解釈も、国によって異なります<sup>1</sup>。

さらに忘れてはならないのは、検索結果はユーザーの活動履歴、個人情報、プライバシー設定に基づいてランク付けされる点です。そのため、私たち一人ひとりが異なるコンテンツにアクセスし、同じコンテンツを二度と見つけることができない可能性もあります。教育活動を設定し評価する際には、こうしたあらゆる違いを考慮に入れなければなりません。

調べてみよう！

オープン教育リソースのためのウェブ検索について [ここで読む](#)

## その他の課題

検索エンジンは他の変更ももたらします。知識は簡単に入手できます。もはや事実を知る必要はありません。代わりに、知識をどこで、どのように見つけるかを覚えようとしています<sup>1</sup>。プログラマーはコードの断片をコピー＆ペーストします。エンジニアはシミュレーターを実行します。宿題の質問も教師の不満も、それぞれ扱うフォーラムがあります。知識や記憶よりもスキルが重要になっています。さらに、倫理観や道徳観も変わります - コピー＆ペースト世代に対して、どのように剽窃を説明したらよいのでしょうか？

---

<sup>1</sup> Russell, D., *What Do You Need to Know to Use a Search Engine? Why We Still Need to Teach Research Skills*, AI Magazine, 36(4), 2015.

<sup>2</sup> Marion Walton, M., Archer, A., *The Web and information literacy: scaffolding the use of web sources in a project-based curriculum*, British Journal of Educational Technology, Vol 35 No 2, 2004.

<sup>3</sup> Land, S., Hannafin, M. J., & Oliver, K. *Student-Centered Learning Environments: Foundations, Assumptions and Design*. In Jonassen, D. H. & Land, S. (Ed.), *Theoretical foundations of learning environments* (pp. 3-26), Routledge, 2012.

<sup>4</sup> Spencer, Stephan. *Google Power Search: The Essential Guide to Finding Anything Online With Google*, Koshkonong. Kindle Edition.

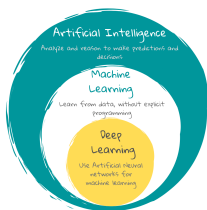
# 9. AIとは：機械学習

**アルゴリズム**とは、タスクを実行するための決まった一連の指示です。よく書かれたレシピのように、タスクを簡単に混乱のないステップに分解します。

プログラミング言語は、コンピューターが従い実行できる言語です。プログラミング言語は人間と機械の理解の橋渡し役となります。究極的には、これらはオンとオフになるスイッチです。コンピューターにとって、画像、動画、指示はすべて1（スイッチオン）と0（スイッチオフ）で表現されます。

プログラミング言語で記述されると、アルゴリズムは**プログラム**になります。**アプリケーション**はエンドユーザー向けに書かれたプログラムです。

従来のプログラムはデータを取り込み、指示に従って出力します。初期のAIプログラムの多くは従来型のものでした。指示がデータに適応できないため、これらのプログラムは不完全な情報に基づく予測や自然言語処理（NLP）といったことがあまり得意ではありませんでした。



検索エンジンは、従来型のアルゴリズムと**機械学習(ML)**アルゴリズムの両方によって動かされています。従来型のプログラムとは対照的に、MLアルゴリズムはデータを分析してパターンを探し、これらのパターンやル

ールを用いて将来の決定や予測を行います。つまり、データや良例・悪例に基づいて、独自のレシピを見つけ出すのです。

これらのアルゴリズムは、複雑性が高くデータが欠落している状況に非常に適しています。また、自らのパフォーマンスを監視し、このフィードバックを活用して改善することもできます。

これは人間、特に従来の教育システムの外でスキルを学んでいる赤ちゃんを見るときとあまり変わりません。赤ちゃんは観察し、繰り返

し、学び、学んだことを試し、改善します。必要に応じて即興もします。

しかし、機械と人間との類似性は表面的なものです。人間の観点からの「学習」は、機械の「学習」とは異なり、はるかに繊細で、複雑です。



1つ以上のインタラクティブ要素は文章のこのバージョンから除外しました。ここにオンラインでそれを表示できます: <https://aiopentext.itd.cnr.it/japanese/?p=59#oembed-1>

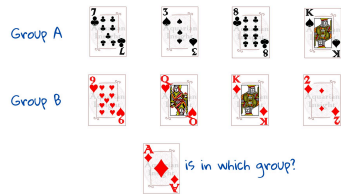
## 分類問題

MLアプリケーションが一般的に行うタスクの一つが分類です。例えば「この写真は犬か猫か?」「この学生は苦戦しているか、試験に合格するか?」といった問題です。2つ以上のグループがあり、アプリケーションは新しいデータをそれらのいずれかに分類する必要があります。

トランプのパックを例に取りましょう。グループAとグループBに分けられ、あるパターンに従

って二つの山に分けられています。新しいカード（ダイヤのエース）をグループAかグループBのどちらかに分類する必要があります。

まず、グループがどのように分割されているかを理解する必要があります - 例が必要です。グループAから4枚のカードとグループBから4



「プレイングカード」は [aquarianinsight.com/free-readings/](http://aquarianinsight.com/free-readings/) によるもので、CC BY-SA 2.0の下でライセンスされています。ライセンスのコピーを見るには、<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.0/?ref=openverse> を訪れてください。

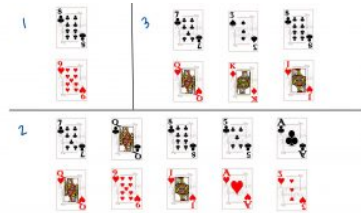
枚を引きましょう。これら8つの例は私たちの**トレーニングセット**を形成します - パターンを見るのに役立つデータ - 結果を見るための「トレーニング」です。

右に示された配置を見せられると、私たちのほとんどはダイヤのエースがグループBに属していると推測します。指示など必要としませんが、なぜなら人間の脳は驚異的なパターン認識能力を備えているからです。では機械はこれをどのように行うのでしょうか？

MLアルゴリズムは強力な統計理論に基づいて構築されています。異なるアルゴリズムはそれぞれ異なる数学的方程式を基盤としており、その方程式は目の前の課題に適合するよう慎重に選択されなければいけません。データを選択し、特定の問題に関連するデータ特性を分析し、適切な機械学習アルゴリズムを選ぶのはプログラマーの仕事です。

## データの重要性

上記のカード引きはいろいろな形で間違っていた可能性があります。画像を参照してください。1はカードが少なすぎて、推測は不可能です。2はもっと多くのカードがありますが、すべて同じマークです - ダイヤがどこに行くかを知る方法がありません。グループのサイズが同じでない場合、3は数字のカードがグループAにあり、絵柄のカードがグループBにあることを意味する可能性があります。



「ブレイニングカード」は [aquarianinsight.com/free-readings/](http://aquarianinsight.com/free-readings/) によるもので、CC BY-SA 2.0の下でライセンスされています。このライセンスのコピーを見るには、<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.0/?ref=openverse> を訪れてください。

通常、MLの問題はより広範囲にわたり、トランプの束よりもはるかに大きなデータセットを伴います。トレーニングセットは統計分析の助けを借りて選ばなければならない、さもなければエラーが発生します。優れたデータ選択は、他の種類のプログラム以上に、優れた機械





1つ以上のインタラクティブ要素は文章のこのバージョンから除外しました。ここにオンラインでそれを表示できます: <https://aiopentext.itd.cnr.it/japanese/?p=59#oembd-2>

## プロセス

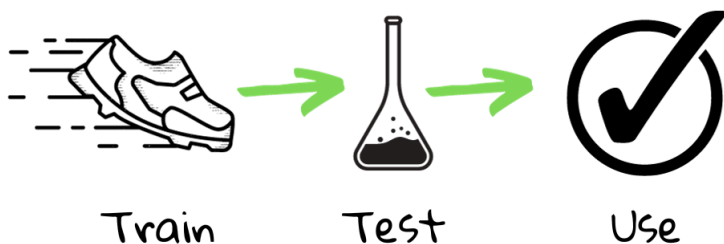
プログラマーがアプリケーションを作成する際には、データを取り込み、そこから特徴を抽出し、適切なMLアルゴリズム（プロセスを定義する数学的関数）を選択し、ラベル付きデータ（出力値が既知の場合、例えばグループAまたはグループBのように）を用いて学習させます。そうすることで、機械は問題の背後にあるパターンを理解します。

機械にとっての理解とは、それぞれの特徴に割り当てられた一連の数字 - 重み - の形をとりません。重みを正しく割り当てることで、新しいカードがグループAまたはグループBに属している確率を計算することができます。通常、トレーニング段階では、プログラマーが手動で値を変更して機械を支援します。これをアプリケーションの**チューニング**と呼びます。

この作業が完了すると、実用化する前にプログラムをテストする必要があります。これには、トレーニングに使用されなかったラベル付きデータがプログラムに与えられます。これを**テストデータ**と呼びます。機械が出力を予測するパフォーマンスが評価されます。満足のいくものと判断されたら、プログラムは実用化可能となります - 新しいデータを取り入れ、このデータに基づいて判断や予測を行う準備が整った状態です。

データは常にラベル付けされなければならないのか？

こちら  
を読む  
[here](#)



モデルはトレーニングとテストのデータセットで異なる動作をする可能性がありますでしょうか？特徴の数がいずれのパフォーマンスにどのように影響するでしょうか？[このビデオを見てください。](#)

リアルタイムのパフォーマンスはその後、継続的に監視され、改善されます（より良い出力を得るために特徴の重みが調整されます）。

<-

多くの場合、リアルタイムのパフォーマンスは、既存のデータで機械学習をテストした場合とは異なる結果をもたらします。実際のユーザーを対象とした実験は費用がかかり、労力を要し、リスクを伴うことが多いため、アルゴリズムは常に過去のユーザーデータを用いてテストされます。しかし、この方法ではユーザー行動への影響を評価できない可能性があります<sup>1</sup>。このため、機械学習アプリケーションを運用開始後に包括的に評価することが重要です：

MLを実際に試してみたくありませんか？このアクティビティをお試しください。

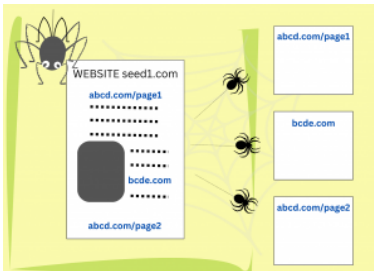
<sup>1</sup> Theobald, O. *Machine Learning For Absolute Beginners: A Plain English Introduction* (Second Edition) (Machine Learning From Scratch Book 1) (p. 24). Scatterplot Press. Kindle Edition.

<sup>2</sup> Konstan, J., Terveen, L., *Human-centered recommender systems: Origins, advances, challenges, and opportunities*, AI Magazine, 42(3), 31-42, 2021.

# 10. AIとは：検索エンジンのインデックス作成

検索エンジンは、検索ボックスに入力されたキーワード（検索クエリ）を受け取り、情報に答えるウェブドキュメントを見つけようとします。それから、最も関連性の高いページをトップに表示する形で、情報に簡単にアクセスできる形で表示します。これを行うために、検索エンジンはまずウェブ上のドキュメントを見つけてタグ付けし、簡単に取り出せるようにしなければなりません。このプロセスに何が関わっているか、大まかに見てみましょう：

## ステップ1：ウェブクローラーがドキュメントを見つけてダウンロードする



「検索エンジンクローラー」 by Seobility, CC BY-SA 4.0の下でライセンスされています。このライセンスのコピーを見るには、[https://www.seobility.net/en/wiki/Creative\\_Commons\\_License\\_BY-SA\\_4.0](https://www.seobility.net/en/wiki/Creative_Commons_License_BY-SA_4.0)を訪れてください

ユーザーが検索クエリを入力した後に、インターネット上のすべてのコンテンツを調べるのでは遅すぎます<sup>1</sup>。ウェブドキュメントは事前に調べられ、その内容は分解されて異なるスロットに保存されます。クエリが利用可能になると、クエリに含まれる内容とスロットに含まれる内容を照合するだけで済みます。

ウェブクローラーは、ウェブからドキュメントを見つけてダウンロードするプログラムで

す。一連のウェブサイトアドレス（URL）から始め、その中に新しいウェブページへのリンクがないか探します。次に、新しいページをダ

ウンロードして、さらにリンクを探します。開始リストが十分多岐にわたっていれば、クローラーはアクセスを許可するすべてのサイトを訪問し、更新情報を求めて何度も訪問します。

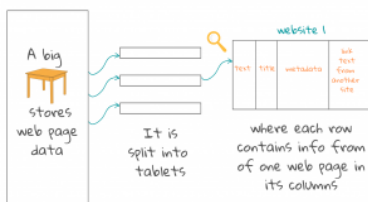
## ステップ 2: ドキュメントが複数のピースに変換される

クローラーによってダウンロードされたドキュメントは、コンテンツ、著者、日付などの説明が明確に構造化されたウェブページである場合もあれば、古い図書館の本を粗悪にスキャンした画像である場合もあります。検索エンジンは通常、100

種類もの異なるドキュメントタイプを読み取ることができます<sup>1</sup>。これらをhtmlまたはxmlに変換し、テーブル（Googleの場合はBigTableと呼ばれる）に保存します。

テーブルは、タブレットと呼ばれる小さなセクションで構成されており、タブレットの各行は1つのウェブページに対応しています。これらの行は特定の順序で配置され、更新ログと共に記録されます。各列にはウェブページに関連する特定の情報が含まれており、ドキュメントの内容を将来のクエリの内容と照合するのに役立ちます。列には以下の情報が含まれます：

- ウェブサイトのアドレス。代表的なコンテンツを含むホームページや関連コンテンツを持つサイドページの場合、それ自体でページの内容を適切に説明できることがあります；
- 重要なコンテンツを説明するタイトル、見出し、太字の単語；
- ページのメタデータ。これは、ドキュメントタイプ（例：メールやウェブページ）、ドキュメント構造、ドキュメントの長さ、キーワード、著者名、公開日などの機能など、メイン



コンテンツの一部ではないページに関する情報です；

- 他のページからこのページへのリンクの説明。ページコンテンツの異なる側面に関する簡潔なテキストを提供します。リンクが多いほど、説明が多く、使用される列が多くなります。リンクの存在は、ウェブページの人気度を決定するためのランキングにも使用されます。（[GoogleのPagerank](#)を見てください。これは、ページへのリンクとページからのリンクを使用して品質と人気を評価するランキングシステムです）。
- 人々の名前、会社や組織の名前、場所、住所、時間と日付の表現、数量、金銭的価値など。MLアルゴリズムは、人間が注釈を付けたトレーニングデータを用いて、あらゆるコンテンツからこれらの物を検出するよう訓練することができます<sup>1</sup>。



ページのメインコンテンツは、他の情報の中にしばしば隠されています。“theguardian” by Il Fatto Quotidianoは、CC BY-NC-SA 2.0の下でライセンスされています。このライセンスのコピーを見るには、<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.0/?ref=openverse>を訪れてください

テーブルの1つの列、おそらく最も重要なものは、ドキュメントのメインコンテンツを含んでいます。これは、すべての外部リンクや広告の中で特定されなければなりません。ある手法では、MLモデルを用いて、任意のウェブページのメインコンテンツを「学習」させます。

もちろん、クエリの単語をウェブドキュメントの単語と完全に一致させることもできます。これは、任意のワードプロセッサの検索ボタンのようなものです。しかし、人は同じ物事について話すのに異なる単語を使うため、この方法はあまり効果的ではありません。単に別々の

単語を記録するだけでは、これらの単語が互いにどのように組み合わせられて意味を作り出すかを捉えるのに役立ちません。結局のところ

ろ、コミュニケーションを可能にするのは言葉そのものではなく、言葉の背後にある思考なのです。したがって、すべての検索エンジンは、テキストをクエリテキストの意味と一致させやすくする方法でテキストを変換します。その後で、クエリも同様に処理されます。

# How main text is processed by MOST search engines



Words are broken down to tokens

A model might store :

-  as 

(frequently used words are stored as such)

-   as  + es

-  as  + ing

-  as play + ing

Now, the  knows :

,  and  are related

 and  have the same endings

 they might play the same syntactic role

単語の一部として、保存する必要がある異なるトークンの総数が減少します。現行モデルでは約3万~5万のトークンが保存されています<sup>2</sup>。間違った綴りの単語は、その一部が保存済みトークンと一致するため、識別可能です。未知語も、その一部が保存済みトークンと一致する可能性があるため、検索結果に表示される場合があります。

ここでは、MLのトレーニングセットは、例文で構成されています。個々の文字、スペース、句読点から始まり、モデルは頻繁に現れる文字を結合して新しいトークンを形成します。トークンの数が十分でない場合、結合プロセスを続けて、より大きい、または頻度の低い単語の部分構成要素をカバーします。これにより、ほとんどの単語、語尾、およびすべての接頭辞がカバーされます。こうして、新しいテキストが与えられれば、機械は容易にそれをトークンに分割し、ストレージへ送信できます。

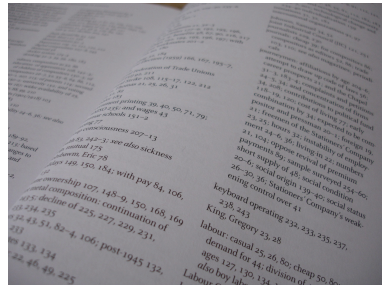


## ステップ 3 : 簡単に参照できるようにインデックスが作成される

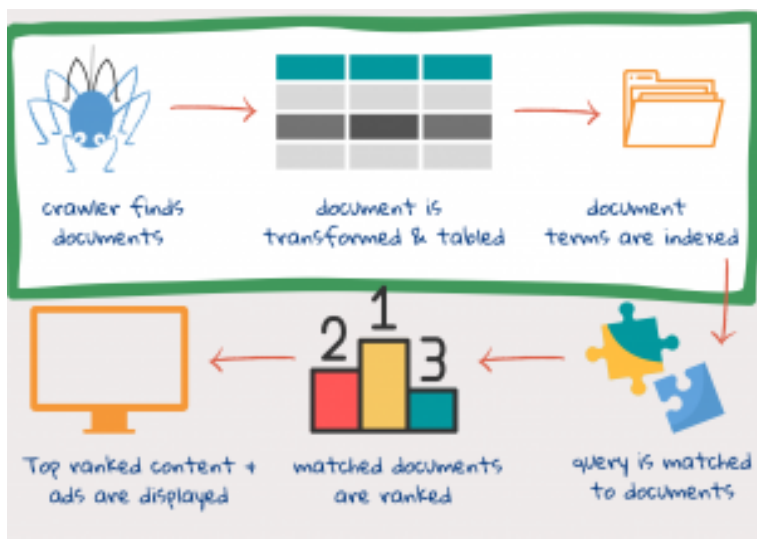
データがBigTablesに格納されると、インデックスが作成されます。教科書の索引と同様、検索インデックスはトークンとそのウェブドキュメント内の位置をリストアップします。統計には、ドキュメント内でトークンが何回発生するか、ドキュメントにとってどれほど重要ななどの情報が記録され、トークンがタイトルや見出しにあるか、ドキュメントの一部に集中しているか、あるトークンが常に別のトークンに続くかなどの位置情報も示されます。

現在、多くの検索エンジンは、深層ニューラルネットワークによって生成された言語ベースのモデルを採用しています。後者はテキストの意味を詳細にエンコードし、クエリをより良く理解する役割を担っています<sup>3</sup>。ニューラルネットワークは、そもそもクエリを引き起こした情報ニーズを捉えるために、検索エンジンがクエリの枠を超えて分析することを可能にしています。

これらの3つのステップは、簡略化して、いわゆる「インデキシング」と呼ばれます - ドキュメントを見つけ、準備し、保存し、そしてインデックスを作成します。次に、「ランキング」に関わるステップが続きます - クエリとコンテンツを照合し、関連性に依りて結果を表示します。



「インデックス」 by Ben Weinerは、CC BY-ND 2.0の下でライセンスされています。このライセンスのコピーを見るには、<https://creativecommons.org/licenses/by-nd/2.0/?ref=openverse>を訪れてください。



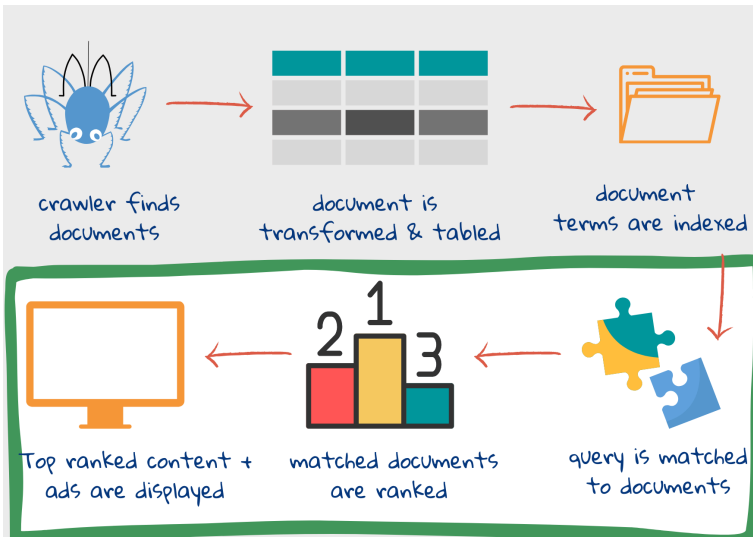
<sup>1</sup> Croft, B., Metzler D., Strohman, T., *Search Engines, Information Retrieval in Practice*, 2015

<sup>2</sup> Sennrich, R., Haddow, B., and Birch, A., *Neural Machine Translation of Rare Words with Subword Units*, In Proceedings of the 54th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics (Volume 1: Long Papers), pages 1715–1725, Berlin, Germany. Association for Computational Linguistics, 2016.

<sup>3</sup> Metzler, D., Tay, Y., Bahri, D., Najork, M., *Rethinking Search: Making Domain Experts out of Dilettantes*, SIGIR Forum 55, 1, Article 13, June 2021.

# 11. AIとは：検索エンジン ランキング

2000年代初頭の検索エンジンと比較すると、現在の検索エンジンはより豊かで深い分析を行います。例えば、単語を数えるだけでなく、単語の背後にある意味を分析し比較することができます<sup>1</sup>。この豊かさの多くはランキング処理の中で実現されます：



## ステップ4: クエリ用語がインデックス用語と照合される

Text and its tokens



It is  
supercalifragilisticexpialidocious

It is  
super cali  
fragil  
istic  
expia  
lidocious

出典: <https://ai.googleblog.com/2021/12/a-fast-wordpiece-tokenization-system.html>, A Fast WordPiece Tokenization System, By Xinying Song and Denny Zhou and "Vintage Disney Mary Poppins Plate by Sun Valley Melmac" by GranniesKitchen is licenced under CC BY 2.0. このライセンスのコピーを見るには、<https://creativecommons.org/licenses/by/2.0/>を訪れてください。

ユーザーがクエリを入力して検索をクリックすると、クエリが処理されます。ドキュメントテキストと同様の処理でトークンが作成されます。その後、クエリに他のキーワードを追加して拡張される場合があります。これは、クエリがウェブコンテンツの著者のものとはわずかに異なる単語を使用しているために関連ドキュメントが見つからない状況を避けるためです。これはまた、習慣や使用法の違いを捉えるためにも行われます。例えば、大統領、首相、宰相といった単語の使用は、国によつ

て置き替わる場合があります<sup>1</sup>。

ほとんどの検索エンジンはユーザーの検索履歴を追跡しています（詳細は[人気のある検索エンジンの説明](#)を参照）。検索クエリはユーザーデータと共に記録され、コンテンツをパーソナライズしたり広告を配信したりするために利用されます。あるいは、全ユーザーの記録をまとめて分析し、検索エンジンの性能をどこでどのように改善すべきかを判断します。

ユーザーログには、過去の検索クエリ、検索結果ページ、および効果のあった情報などが含まれます。例えば、ユーザーが何をクリックし、何に時間を費やして読んだのかといった情報です。ユーザーログを用いることで、各クエリに関連文書（ユーザーがクリック、閲覧しセッションを終了）と非関連文書（ユーザーがクリックせず、閲覧せず、またはクエリの言い換えを試みた）に分類できます<sup>2</sup>。

これらのログを使用すると、新しいクエリを類似した過去のクエリと照合することができます。あるクエリが別のクエリと類似している







かを確認する一つの方法は、ランキングが同じドキュメントを返すかどうかをチェックすることです。類似のクエリが常に同じ単語を含んでいるわけではありませんが、結果は同じである可能性が高いです<sup>2</sup>。

クエリを拡張するためにスペルが追加されます。これは、過去の関連ドキュメントで頻繁に現れる他の単語を調べることによって行われます。ただし一般的には、非関連ドキュメントよりも関連ドキュメントで頻繁に現れる単語がクエリに追加されるか、追加の重み付けがされます<sup>2</sup>。

## ステップ5: 関連ドキュメントがランク付けされる

各ドキュメントは関連性に基づいてスコアが付けられ、このスコアに従ってランク付けされます。ここでの関連性には、トピックの関連性 - ドキュメントのインデックス用語がクエリのもとのどれだけよく一致するか、およびユーザーの関連性 - それがユーザーの好みとどれだけよく一致するかの両方が含まれます。ドキュメントのスコアリングの一部はインデックス作成中に行うことができます。検索エンジンの速度はインデックスの品質によります。その効率性、クエリのドキュメント適合度、およびランキングシステムに基づいています<sup>2</sup>。

 Some features considered for ranking

- Are all query terms present in the document?  
Are they found close together?
- How many times do they appear? Are they in the title or headings?
- Are there many  to this page? Are there many from this page?
- What is the parent website? Is it updated regularly? Especially for 
- Has the  visited this site before? What sites have they preferred for this topic?
- What does past user  say about similar searches and relevant pages?
- What is the location? Especially for  and searched with 

ユーザーの関連性は、過去の検索用語、訪問したサイト、メールメッセージ、使用しているデバイス、言語、地理的位置に基づいて作成されたユーザーモデル（またはパーソナリティタイプ）によって測定されます。[クッキー](#)はユーザーの好みを保存するために使用されます。一部の検索エンジンは第三者からユーザー情報を購入することもあります（[いくつかの検索エンジンの説明](#)を参照してください）。例えば、サッカーに興味があるユーザーが「マンチェスター」を検索した場合の結果は、ちょうどロンドン行きの航空券を予約したユーザーとは異なります。個人に関連付けられ

たドキュメントに頻繁に出現する単語が最も重要視されます。

商用ウェブ検索エンジンは、ランキングアルゴリズムに数百の特徴を組み込んでいます。多くは、クエリログ蓄積された膨大なユーザーインタラクションデータから導き出されたものです。ランキング関数は、ドキュメント、クエリ、およびユーザーの関連性の特徴を組み合わせます。いかなるランキング関数が用いられても、堅固な数学的基盤があります。出力は、ドキュメントがユーザーの情報ニーズを満たす確率です。一定の関連性確率を超えると、そのドキュメントは関連性があると分類されます<sup>2</sup>。

MLは、ログの暗黙のユーザーフィードバック（つまり、以前のクエリで何がうまくいったか）に関するランキングを学ぶために使用されます。MLはまた、人間が言語をどのように使用するかに関する洗練されたモデルを開発するためにも使用されています。これは、クエリを解釈するために使用されます<sup>1,2</sup>。



過去10年間でウェブ検索の進歩は驚異的でした。しかし、特定のクエリの文脈を理解することに関しては、ユーザーがより良いクエリを提供することに代わるものではありません。通常、より良いクエリは、検索結果を検討し、クエリを再構成するユーザーから生まれます<sup>2</sup>。

## ステップ6: 結果が表示される



“Gumshoe DuckDuckGo Results” by jbrusseau is licenced under CC BY-SA 2.0. このライセンスのコピーを見るには、<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.0/?ref=openverse>を訪れてください。

されません<sup>2</sup>。文はまた、どれだけ読みやすいかに基づいて選択されます。

検索結果には適切な広告が表示されます。検索エンジンは広告を通じて収益を得ています。一部の検索エンジンでは「スポンサー提供」と明示されますが、そうでないものもあります。多くのユーザーが最初の数件の結果しか見ないため、広告は検索プロセスを大きく変える可能性があります。

広告は、検索クエリの文脈とユーザーモデルに基づいて選択されます。検索エンジン企業は広告データベースを管理しています。このデータベースを検索し、特定のクエリに対して最も関連性の高い広告を見つけます。広告主は自社製品に関連するトピックを表すキーワードに対して入札を行います。入札額と広告の人気度はいずれも、選択プロセスにおける重要な要素です<sup>2</sup>。

事実に関する質問に対しては、一部の検索エンジンが独自の事実データベースを使用します。GoogleのKnowledge Vaultには、様々な情報源からインデックス化された10億件以上の事実が蓄積されています<sup>3</sup>。検索結果はMLアルゴリズムによって適切なグループに分類されま

結果が準備できました。ページのタイトルとURLが表示され、クエリ用語は太字で表示されます。各リンクの後には短い要約が生成されて表示されます。要約ではドキュメント内の重要な箇所が強調して表示されます。

この点において、文は見出し、メタデータの説明、またはクエリに最も適合するテキストから抽出されます。クエリ of 全語句がタイトルに含まれる場合、それらは抜粋欄では繰り返

す。最後に、ユーザーにはクエリの代替案も提示され、より適切な結果かどうかを確認できます。

## 参考文献

Googleの起源については、[Brin and Pageのオリジナル論文](#)を参照。Pagerankの数学的背後の一部は、[WikiのPageRank](#)にあります。数学好きな人のために、[Pagerankのわかりやすい説明](#)はこちら。

---

<sup>1</sup> Russell, D., *What Do You Need to Know to Use a Search Engine? Why We Still Need to Teach Research Skills*, AI Magazine, 36(4), 2015.

<sup>2</sup> Croft, B., Metzler D., Strohman, T., *Search Engines, Information Retrieval in Practice*, 2015.

<sup>3</sup> Spencer, S., *Google Power Search: The Essential Guide to Finding Anything Online With Google*, Koshkonong, Kindle Edition.

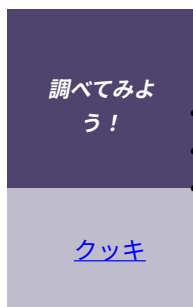
<![CDATA[">

# 12. 検索のレンズの向こう側：検索が個人に与える影響

検索エンジンは非常に便利なサービスを提供していますが、個人ユーザーと社会全体の両方にいくつかの悪影響を及ぼしています。これらの影響を認識することは、自分自身や私たちに依存する人々を守る助けとなります。

## データとプライバシー

ほとんどのウェブサイト、検索エンジン、メールクライアントはユーザーに関する情報を収集しています。このデータの大半はIPアドレスを通じてユーザーの身元に紐付けられています。このデータは、ターゲット広告やパーソナライズされたコンテンツの提供、サービス改善、市場調査に利用されます。しかし検索エンジンは、収集する情報のすべて、収集場所、情報の利用目的を常に開示しているわけではありません<sup>1</sup>。あるいは情報をどこで収集しているかについても同様です。例えば、研究によると、Googleはほぼ80%のウェブサイトでユーザーを追跡できるといいます<sup>2</sup>。



検索エンジンがユーザーを検索した際に表示できる情報には以下のものがあります：

- ユーザーがウェブサイトを追加した情報、
- ユーザーの同意を得て他者が追加した情報、
- フォーラム、イベント主催者、友人などによって収集され、その後ウェブ上に公開された情報。

検索エンジンを使用した際に収集および処理される情報には、以下のものが含まれます：

## A Privacy Breach happens when :



-  is collected without full informed 
- It is leaked or stolen. 
- It is used to steal your identity.
- to track your 
- to bully you or violate your rights.
- The data is used to discriminate against you. .  
Some sites show different   
to different users for the same item.
-  about your activities, interests and background is used in an unanticipated way.  
For example, employers may look into  profiles before hiring.
- Information is sold to third parties and is used in ways you do not know about.
- Data that you thought is anonymised and cannot be tied to you is  to you.

- 検索されたトピック、検索の日付と時間<sup>1,3,4</sup>。
- GoogleやMicrosoftなどの検索エンジンによって収集された、メール、カレンダー、マップなどのアプリの活動データ<sup>3,4</sup>。
- 一部の検索エンジンが第三者から購入したデータ<sup>3,4</sup>。
- 検索エンジンやウェブサイトから購入され、第三者によってユーザーに紐付けられたデータ<sup>2</sup>。
- 収集されたデータからの推測。
- 個人設定からの推測。例えば、「プライバシー設定が厳格なユーザーは、特定の心理的特徴を持っているか、何かを“隠している”可能性がある」と推測する<sup>5</sup>。
- 検索エンジンがこれらの情報に基づいて作成するユーザープロフィールまたはモデル。これらのモデルはオンラインデータに基づいており、人物の限定的な見方しか提供しません。他の文脈で使用された場合、これらに基づく判断はバランスを欠くことになります。

二やフィンガープリントなどの追跡技術について読む。

承諾したユーザーに関する収集データは、承諾しなかったが検索エンジンによって類似のプロファイルを持つと判断された別のユーザーについての推測に使用されることがあります。

このすべてのデータ、生データも処理済みデータもいずれも、プライバシーとセキュリティ上の懸念を生じさせます。検索プロバイダー、政府、ユーザーがプライバシー侵害を防ぐために講じられる対策には以下のようなものがあります：

- データは、漏洩や盗難を防止する形で保存されます。例えば、ユーザーデータは分離された分散型データベースに保存されることがあります<sup>5</sup>；
- データは暗号化または匿名化されます；
- MLを使用してトラッカーを自動的に検出し分類します。これは、ブラウザのプライバシーツールを改善するために使用されます<sup>2</sup>；
- GDPRのような政策・法規により、データ収集・利用・保管を規制する明確なガイドラインと制裁を導入できます<sup>1</sup>；
- ユーザー中心の推奨事項を策定・公表し、保護者や教師を含むユーザーが自身及び保護対象者のプライバシーをよりの確に保護できるようにします。



1つ以上のインタラクティブ要素は文章のこのバージョンから除外しました。ここにオンラインでそれを表示で

きます: <https://aiopentext.itd.cnr.it/japanese/?p=76#oembed-1>

ヨーロッパでは、検索エンジン企業は単なるサービス提供者ではなく、「個人データの管理者」と見なされています。したがって、自社のサービスを通じてアクセス可能なコンテンツについて責任を問われる可能性があります。しかし、プライバシー法が対象とするのは往々にして機密性の高い個人的なデータです。たとえ無害な個人に関する情報であっても、データ内の暗黙のパターンに基づいてユーザープロフィールを作成するために抽出されることがあります。そうしたプロフィール（正確かどうかに関わらず）は、当該個人に影響を与える決定を行うために利用される可能性があります<sup>1</sup>。

また、法律の施行方法は国によって異なります。GDPRによれば、個人は検索エンジン企業に対し、自身に関連する検索結果の削除を請求できます。たとえ企業がヨーロッパ内でインデックスから削除しても、ヨーロッパ外では検索結果に表示され続ける可能性があります<sup>1</sup>。

## Some Measures that can help



- Update  parameters, privacy settings, ad settings and  controls.
- Clear browser history and cookies regularly.
- Say no to tracking where applicable. However, cookies used for "Legitimate Interest" are a minimum for most web services.
- Read through consent  before clicking .
- Inform yourself about the privacy and security policy of your institution, country and .
- Look at privacy policies of search engines and browsers before choosing what to use.
- Read about tracking-protection
- Discuss privacy and safety with your



企業のポリシーはその企業の慣行を浮き彫りにしますが、研究によれば、ポリシーとその運用の間にはしばしばギャップがあることが示されています<sup>2</sup>。

## コンテンツの信頼性

批評家たちは、検索エンジン企業がなぜ特定のサイトを表示し、他のサイトを表示しないのか、またなぜ特定のページを他のページより上位に表示するのかについて、完全に透明性を保っていないと指摘しています<sup>1</sup>。

検索結果のランキングは、コンテンツをスポンサーする広告主の影響を強く受けます。さらに、大手検索エンジン企業は検索以外にも多くのサービスを提供しています。これらの企業によって提供されるコンテンツは、検索結果でしばしば優先されます。ヨーロッパでは、Googleが自社の製品やサービスを、その価値に関わらず検索結果で目立つように表示しているとして、正式に告発されています<sup>1</sup>。

大企業や ランキングアルゴリズムを研究するウェブ開発者も、検索エンジンがウェブサイトの人気度や信頼性を定義する方法を巧みに利用することで、ランキングに影響を与えることができます。もちろん、検索エンジンのプログラマーが重要と判断する基準自体が問題になることもあります。

これは検索結果の信頼性に影響を与えます。複数の情報源や複数の検索エンジンを利用し、学校での課題で使用する内容について議論することは常に有益です。

## 自律性

検索エンジンは独自のランキングシステムを用いてコンテンツを推奨します。このコンテンツ選定基準を明かさないので、ユーザーの自律性を損なっています。例えば、推奨されたウェブページがスポンサー付きであることや、自分たちが共感しない人気基準に基づいて選ば

れたことを知っていれば、選択しなかったかもしれません。インフォームド・コンセントを取り上げることで、検索エンジンやその他の推薦システムは私たちの行動に対して支配的な影響力を持っているのです。

自律性とは、プロセス、意思決定、結果に対するコントロールができることです<sup>7</sup>。これは自由（支配的な影響からの独立性）と主体性（意図的な行動をとる能力）を意味します<sup>7</sup>。説明なしにコンテンツを推奨するシステムは、ユーザーの自律性を侵害する可能性があります。こうしたシステムは、ユーザーが好むものだけに触れさせ、ユーザーが接する選択肢の範囲を制限することで、特定の方向へユーザーを誘導する推奨情報を提供するので<sup>5</sup>。

---

<sup>1</sup> Tavani, H., Zimmer, M., [Search Engines and Ethics](#), The Stanford Encyclopedia of Philosophy, Fall 2020 Edition), Edward N. Zalta ed.

<sup>2</sup> Englehardt, S., Narayanan, A., [Online Tracking: A 1-million-site Measurement and Analysis](#), Extended version of paper at ACM CCS 2016.

<sup>3</sup> [Google Privacy and Terms](#).

<sup>4</sup> [Microsoft Privacy Statement](#).

<sup>5</sup> Milano, S., Taddeo, M., Floridi, L. [Recommender systems and their ethical challenges](#), *AI & Soc* 35, 957–967, 2020.

<sup>6</sup> Tavani, H.T., *Ethics and Technology: Controversies, Questions, and Strategies for Ethical Computing*, 5th edition, Hoboken, NJ: John Wiley and Sons, 2016.

<sup>7</sup> Hillis, K., Petit, M., Jarrett, K., *Google and the Culture of Search*, Routledge Taylor and Francis, 2013.

# 13. 検索の裏側：検索が社会に与える影響

## 社会的影響

重要なものはすべてウェブ上にあり、検索を通じてアクセス可能であるべきだという感覚がますます強まっています<sup>1</sup>。LMヒンマンは「Esse est indicato in Google（存在することはGoogleに索引されることである）」と述べています。また彼は、「民主主義の国の市民は、正確な情報へのアクセスなしには、情報に基づいた決定を下すことができない」とも指摘しています<sup>2,3</sup>。民主主義が歪みのない情報への自由なアクセスに基づいているならば、検索エンジンは私たちの国がどれだけ民主的であるかに直接影響を与えます。知識のゲートキーパーとしての検索エンジンの役割は、広告収入に依存する民間企業としての性質と真っ向から対立しています。したがって、自由な社会のために、検索エンジンに対する説明責任と、そのアルゴリズムの仕組みに透明性を求める必要があります<sup>2</sup>。

## フィルターバブルの形成

検索エンジンを含む、ユーザープロファイルに基づいてコンテンツを推奨するシステムは、ユーザーが異なる見解に触れる機会を遮断する可能性があります。ユーザーが好むコンテンツを与えることで、自己強化的バイアスと「フィルターバブル」<sup>2,4</sup>を生み出します。こうしたバブルは、新たに獲得した知識が過去の興味や活動に基づくことで形成され、バイアスを知識の確固たる基盤として固定化します<sup>5</sup>。こうした仕組みは、若く影響を受けやすい人たちに利用される場合、特に危険となり得ます。したがって、教室では級友や教師とのオープンな議論や協働学習活動が促進されるべきです。

## フィードバックループ

検索エンジンは他の推薦システムと同様に、ユーザーが興味を持つであろうものを予測します。その後、ユーザーが推薦されたものをクリックすると、検索エンジンはそれを肯定的なフィードバックとして受け取ります。このフィードバックは、将来表示されるリンクに影響を与えます。ユーザーが最初に表示されたリンクをクリックした場合、それは彼らが関連性を感じたからでしょうか、それとも単に最初の結果であったため、選択しやすかったからでしょうか？

暗黙のフィードバックは解釈が難しいです。予測が誤った解釈に基づいている場合、その影響はさらに予測が難しくなります。特定の結果が繰り返し表示され、それがユーザーが目にする唯一のものとなると、ユーザーの好き嫌いを変えることさえあり得ます - おそらく自己成就的な予測と言えるでしょう。

アメリカ合衆国では、特定の都市の高犯罪地域を強調する予測型警察システムが導入されました。これにより、そのような地域には、より多くの警察官が配備されることになりました。配備された警官たちはその地域が高リスクであることを知っていたため、警戒を強め、通常よりも多くの人々を停止させ、捜査し、または逮捕しました。こうして逮捕が予測を裏付ける結果となり、そもそも予測自体に偏りがあった場合でも同様の現象が生まれました。それだけでなく、これらの逮捕記録は同一地域や類似地域における将来の予測データとして活用され、時間の経過とともにバイアスが増幅されていきました<sup>5</sup>。

私たちは予測に基づいて行動するために予測システムを利用します。しかし、偏った予測に基づいて行動することは、将来の結果、関わる人々、そして究極的には社会そのものに影響を及ぼします。「関連情報を取得するという目的を達成する副作用として、検索エンジンは必然的に、測定し、分類し、ランク付けを意図した対象そのものを変化させてしまいます。同様に、ほとんどの機械学習システムは、予測する現象に影響を与えるのです」<sup>5</sup>。

## フェイクニュース、過激なコンテンツ、検閲

学生が検索を通じてアクセス可能なオンラインフォーラム、ソーシャルメディアサイト、ブログにおいて、フェイクニュース（ニュースのように見える虚偽の情報）の蔓延が拡大しています。少数の特定集団が、過激な内容の動画やウェブサイトの評価を人為的に引き上げることが可能です。これによりコンテンツの人気と見せかけの信憑性が増し、ランキングアルゴリズムを操作することになります。しかしながら現時点では、検索エンジン企業はフェイクニュースを規制する明確かつ明示的な方針を採用していません<sup>2</sup>。

一方、検索エンジンは、他に有利になるように、特定のサイトやサイトタイプを体系的に除外しています<sup>6</sup>。一般から要請されていないにもかかわらず、一部の著者のコンテンツを検閲しています。したがって、検索エンジンは意識的かつ慎重に、そして選別的に使用されるべきです。

---

<sup>1</sup> Hillis, K., Petit, M., Jarrett, K., *Google and the Culture of Search*, Routledge Taylor and Francis, 2013.

<sup>2</sup> Tavani, H., Zimmer, M., [Search Engines and Ethics](#), The Stanford Encyclopedia of Philosophy, Fall 2020 Edition), Edward N. Zalta (ed.).

<sup>3</sup> Hinman, L. M., *Esse Est Indicato in Google: Ethical and Political Issues in Search Engines*, International Review of Information Ethics, 3: 19–25, 2005.

<sup>4</sup> Milano, S., Taddeo, M., Floridi, L. [Recommender systems and their ethical challenges](#), *AI & Soc* 35, 957–967, 2020.

<sup>5</sup> Barocas, S., Hardt, M., Narayanan, A., [Fairness and machine learning Limitations and Opportunities](#), MIT Press, 2023.

<sup>6</sup> Introna, L. and Nissenbaum, H., *Shaping the Web: Why The Politics of Search Engines Matters*, The Information Society, 16(3): 169–185, 2000.

## PART III

# 学習の管理

授業の準備や評価に追われる中で、事務的な業務も同時にこなしていて、きっと手一杯になっているのではないのでしょうか。

教室内でも教室外でも、生徒をもっと効率よく支援したいのに時間が足りないと感じたことはありませんか。

授業時間はあっという間に過ぎてしまい、生徒の数が多いと全員の状況を把握しきれないこともあります。

表現を聞き逃したり、混乱しているポイントを十分に解消できなかったりしたことはありませんか。

個々の生徒の進捗やつまずきを追跡する方法はあるのでしょうか。また、生徒の学習を補強するために、同僚に尋ねる以外の方法で、他教科でどのような学習が行われ、どこにつまずきが生じているのかをより広く把握するには、どうすればよいのでしょうか。



# 14. スマート学習管理システム

## Eラーニングと学習管理システム（LMS）

eラーニングの利用者は年々増加しています。eラーニングとは、教育者と学習者が空間的・時間的に離れている状態で、テクノロジーを介して行われる学習を指します。eラーニングの最終的な目的は、学習者の学びの体験と学習の実践をより良いものにする事です。

今日では、技術の進歩により、eラーニングは単体の機能を目的としたツールとしてではなく、学習を「提供」するためのシステム／プラットフォームとして捉えるほうが適切です。こうしたシステムは、複数のソフトウェアツールを統合し、学習者に応じて学習経路を柔軟に調整できる総合的な学習環境を構築します。eラーニングシステムは、学習プロセスとコース運営の管理を可能にします。学習評価、レポート作成、コンテンツの作成・整理を行えるほか、教師／チューターと学生間のコミュニケーションも促進します。広く利用されているeラーニングシステムの代表例として、学習管理システム（Learning Management Systems: LMS）（例：Moodle、Edmodo）があります。

LMSとは、異なるレベル・方法・分野における受講者<sup>1</sup>の学習プロセスを管理するために設計された、Webベースのアプリケーションを指します。したがってLMSは、学習・コンテンツ・評価に関する活動やツールが実装される学習環境として定義できます。学習者同士、あるいは学習者と教育者の相互作用も、この環境内で実施・管理されます。さらに、LMSには一般的に、コース管理システム、コンテンツ管理システム、各種ポータル<sup>2</sup>などが含まれます。

## LMSとAI：スマートLMS

AIの登場により、教育分野全般、とりわけLMSは、この革新的な技術<sup>3</sup>の有望な応用先として注目されるようになってきました。とりわけ、AIによる機能拡張を備えたLMSは、将来の教育に求められる2つの基本的特性—個別化と適応<sup>4</sup>—を実現し得る、新たな学習ツールとして位置づけられます。このようにLMSにAIを組み合わせることで、スマートLMS (Smart LMS: SLMS)、すなわちインテリジェントLMSが登場します。

効率的なSLMSには、学習を最適化するために、次の3つの観点(情報の柱)からデータを収集・活用するアルゴリズムが備わっています。すなわち、①学習者、②教授法、③学習内容の領域です。学習者の嗜好や、情動・認知状態、達成度、目標といった情報を把握することで、SLMSは、対象となる学習内容(例:幾何の定理、数学的操作、物理法則、テキスト分析手続き<sup>4</sup>)に応じて、学習効果を最大化する教授方略(特定の評価方法、協働学習など)を選択し、実施できます。

したがってSLMSは、学習者が過去の課題で示した知識や技能に合わせて内容を調整し、学習者に提示するコンテンツを**適応させる**ことのできる学習システムと定義できます。実際、学習者中心のアプローチを採用することで、学習パターンや学習スタイルを記録しながら、学習者の学習経路を特定・追跡・モニタリングできます。Fardinpourら<sup>5</sup>によれば、インテリジェントLMSは、**自動化**や、学習者に合わせた**指導の調整**(足場かけ/scaffolding)、**学習状況のレポート作成**、**学習データから得られる知見生成**を通して、学習者にとって最も効果的な学習の進め方と、最適な学習内容を提供します。また、学習者が自らの学習や**学習目標**を追跡・モニタリングできる可能性も提供します。これらの機能やツールによってLMSはより賢く動作しますが、その一方で、SLMSでは、学習者が必要に応じて学習経路を自動で管理するAIをオフにし、学習環境内のすべての教材に自由にアクセスできるようにする**選択肢**も用意しておく必要があります。

## SLMSにおけるAI支援機能の例

SLMSが適切に稼働していれば、前述した特徴を実現するためのさまざまなAI支援ツールを活用できるようになります。これらのツールは、学習者・教授法・学習内容の領域という3つの観点にまたがって働き、SLMSのアルゴリズムがそれらを参照しながら学習を支援します。

### 仮想チューターとしてのAI支援チャットボット

チャットボットとは、文字や音声による人間の会話を模倣し、やり取りを行うソフトウェアです。SLMSでは、学習コースに関する質問に答えるなど、仮想チューターとして学習者を支援できます。さらに、学習者の過去の成績や利用履歴を分析し、その結果にもとづいて学習方法や次に取り組む内容を提案することも可能です<sup>6</sup>。

### 学習分析

学習分析（ラーニング・アナリティクス）は、オンライン学習における学習者の行動ややり取りの記録（ログ）を分析する取り組みです。これにより、教師は学習者一人ひとりの進捗や学習状況をより詳しく把握できるようになります。その結果、特定の課題でつまづきが見られる学習者に対して、システムが自動的に補充課題を提示するなど、学習を補う支援<sup>7</sup>を行えます。さらに、課題の難易度の調整や、追加教材で補強すべき点について、教師へ自動的に提案することも可能です。

## 学習者と教師にもたらされる利点

これらを含むAI支援ツール<sup>4</sup>によって、SLMSは学習と指導を効果的に支援するツールになります。SLMSは教師の仕事置き換えるのではなく、教育の人間の側面を支え、強化するツール<sup>8</sup>として機能し、学習・教育プロセス全体にわたって多くのメリットをもたらします。

SLMSは学習者の技能や到達度に合わせて学習内容を調整するため、学習の各段階で「簡単すぎて退屈する課題」や「難しすぎて挫折する課題」に直面しにくくなります。その結果、学習者の意欲や集中が保たれ、課題の難易度も適切なレベルに維持されます。さらに、つまずきの兆候を教師が早期に把握して速やかに支援できるため、離脱率（ドロップアウト率）の低下につながります。

こうした状況では、つまずきがある場合だけでなく、学習が順調に進んでいる場合でも、SLMSの機能を通して、コース内に蓄積された教材や外部提供コンテンツを適宜提示することで、学習を継続的に支援できます。これは教師にとっても大きな利点です。教材をその都度作り直す負担が減り、浮いた時間を授業改善や学習者との直接的なやり取りなど、より重要な業務に充てられるからです。

---

1 Kasim, N. N. M., and Khalid, F., *Choosing the right learning management system (LMS) for the higher education institution context: A systematic review*, International Journal of Emerging Technologies in Learning, 11(6), 2016.

2 Coates, H., James, R., & Baldwin, G., *A critical examination of the effects of learning management systems on university teaching and learning*, Tertiary education and management, 11(1), 19-36, 2005.

3 Beck, J., Sternm, M., & Haugsjaa, E., *Applications of AI in Education*, Crossroads, 3(1), 11-15. doi:10.1145/332148.332153, 1996.

4 Rerhaye, L., Altun, D., Krauss, C., & Müller, C., *Evaluation Methods for an AI-Supported Learning Management System: Quantifying and Qualifying Added Values for Teaching and Learning*,

International Conference on Human-Computer Interaction (pp. 394-411). Springer, Cham, July 2021.

5 Fardinpour, A., Pedram, M. M., & Burkle, M., *Intelligent learning management systems: Definition, features and measurement of intelligence*, International Journal of Distance Education Technologies (IJDET), 12(4), 19-31, 2014.

6 [HR Technologist: Emerging Trends for AI in Learning Management Systems](#), 2019, Accessed 31 Oct 2022.

7 Krauss, C., Salzman, A., & Merceron, A., *Branched Learning Paths for the Recommendation of Personalized Sequences of Course Items*, DeLFI Workshops, September 2018.

8 Mavrikis, M., & Holmes, W., *Intelligent learning environments: Design, usage and analytics for future schools*, Shaping future schools with digital technology, 57-73, 2019.

# 15. 学習分析と教育データマイニング

## 学習分析とは何か

近年、多くの組織がデータ分析を活用して課題解決を図り、業務に関する意思決定を改善しています。教育分野も例外ではありません。仮想学習環境（VLE）や学習管理システム（LMS）の普及により、学習者がこれらのツールを利用する過程で蓄積される膨大な学習データを活用できるようになってきたためです。

学習分析（ラーニング・アナリティクス）は、「学習者および学習が行われる状況に関するデータを、学習とその環境を理解し最適化することを目的として、測定・収集・分析し、報告すること」<sup>4</sup>と定義される学術分野です。

一般に、解決したい問いに応じて、次の4種類分析に区別されま

- ・ 記述的分析：過去に何が起きたか
- ・ 診断的分析：なぜそれが過去に起きたのか
- ・ 予測的分析：将来、何が起きそうか
- ・ 処方的分析：その結果に影響を与えるために、どのような行動を取るべきか

## 何をするのか

可視化から提案システムまで、この分野の研究は現在も活発に進められています。ここでは、文献で頻繁に取り上げられる論点を概観するにとどめます。これらの論点は、主に学習者や教師が利用する学習分析ツールの設計や活用へとつながっています。

## 学習成果を予測し、向上させる

学習分析の代表的な応用の一つが、学習不振の予測です。学習指標はデジタルな履歴から自動的に算出され、学習者自身が確認できるため、それを手がかりに学習の進め方を見直し、調整できます。

初期の実験の一つは、米国のパデュー大学で、信号機のような表示を用いたダッシュボード型のモバイルアプリケーションを用いて実施されました<sup>1</sup>。各学生は自分の進捗指標をモニターできます。ダッシュボードのスクリーンショットは図1に示されています。

また、こうした指標を教師側に提示し、学習不振の兆候を早めに知らせる「早期警戒システム (Early Warning System: EWS)」として活用する場合があります。フランス国立通信教育センター (CNED) では、進行中の研究でこの方法が採用されています<sup>2</sup>。EWSの目的は、学習者を担当するチューターにできるだけ早く注意喚起を行い、必要に応じて補習などの支援を速やかに実施できるようにすることです。

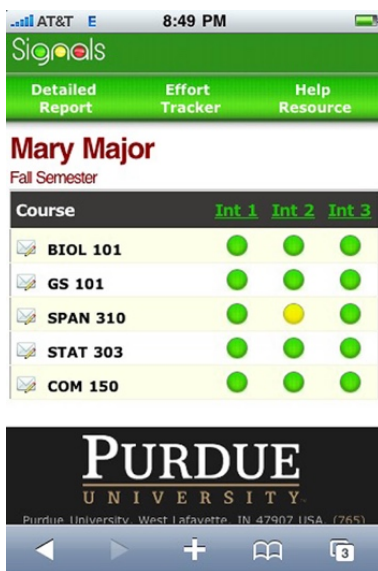


図1：パデュー大学の学生向けダッシュボード

## 学習プロセスを分析する

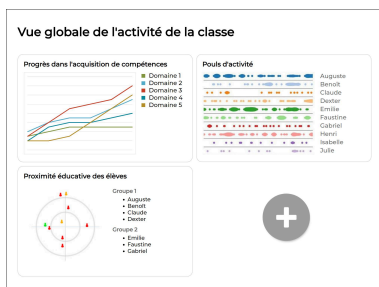


図2：METALプロジェクトダッシュボード

学習分析の技術は、学習者一人ひとり、または学習者集団（例：クラス）が「どのように学んでいるか」を行動データにもとづいてモデル化するのに役立ちます。こうして得られたモデルを学習分析アプリケーション上で可視化すると、教師は学習のつまづきや弱点を把握しやすくなり、教材や指導方法の改善に必要な手がかりを得られます。

さらに、学習プロセスの分析は、学習者のエンゲージメント（学習への関与）の程度を捉える方法にもなります。例えば、e-FRANのMETALプロジェクトでは、中等教育の教師チームと共同で設計したダッシュボードに、複数の指標がまとめて表示されます（図2）<sup>3</sup>。

## 学習経路を個別化する

学習経路の個別化は、学習提案（レコメンド）機能や適応学習システムによって実現されます。学習提案機能は、教育目標の達成に役立つ教材や学習リソース、あるいは望ましい学習行動を、学習者ごとに提案することを目的とします。

また一部のシステムでは、教師が「ループに入る」形を取り、システムが提示した提案内容を教師が確認し、必要に応じて承認・調整します。適応学習システムは、学習者の状況に応じて学習経路を継続的に調整し、学習者がより自分のペースで、技能や知識を伸ばせるよう支援します。

## 効果はあるのか

先行研究で報告されている効果は、主に（高等教育を含む）学生に関するものが中心です。多くの報告では、学習者の成績が向上する傾向が示されています（例：米国パデュー大学ではA・B評価が10%増加）。一方で、教師にとって学習分析がどのような影響をもたらすかの評価は、より複雑です。技術受容モデル（Technology Acceptance Model: TAM）にもとづく研究では、教師が学習分析ツールの活用を概ね肯定的に捉えていることが示唆されています。さらに、ある研究ではSWOT分析

（Strengths/Weaknesses/Opportunities/Threats）によって受容の状況を整理しており、その結果を再掲示します<sup>5</sup>（図3参照）。

---

|   |  |
|---|--|
| <b>Strengths</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- enhance diagnostic, formative or summative formal and standardized learner assessment (4)</li><li>- help decision-making of educational policymakers (2)</li><li>- identify at-risk students (2)</li></ul> | <b>Weaknesses</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- training is needed (3)</li><li>- cannot capture nuanced aspects of learning (3)</li><li>- can be time-consuming (2)</li><li>- can inhibit teachers' creativity (2)</li></ul> |
| <b>Opportunities</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- teachers will be able to select the most relevant or useful for them views of LA (2)</li><li>- can be helpful as a support mechanism (2)</li></ul>   | <b>Threats</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- careful with privacy issues (4)</li><li>- non-reliable creation mechanisms (3)</li></ul>  |

---

図3：学習分析受容に関するSWOT分析<sup>5</sup>

SWOT分析の「脅威（Threats）」と「弱点（Weaknesses）」で指摘された注意点の一部は、学習分析研究学会（Society for Learning Analytics Research: SoLAR）のコミュニティが、学習分析を実施するにあたり「倫理を設計段階から組み込む（ethics-by-design）」方針を推奨するための検討材料となっています（Drashler-16）。この推奨事項は、次の8つのキーワードからなるチェックリストとして整理されています：Determine（目的・範囲を定める）、Explain（説明する）、Legitimate（正当性を確保する）、Involve（関係者を関与させる）、Consent（同意を得る）、Anonymise（匿名化する）、Technical（技術面で担保する）、External（外部の視点・監督を取り入れる）（DELICATE）。

1 Arnold, K. and Pistilli, M., *Course signals at Purdue: Using learning analytics to increase student success*, LAK2012, ACM International Conference Proceeding Series, 2012.

2 Ben Soussia, A., Roussanaly, A., Boyer, A., *Toward An Early Risk Alert In A Distance Learning Context*, ICALT, 2022.

3 Brun, A., Bonnin, G., Castagnos, S., Roussanaly, A., Boyer, A., *Learning Analytics Made in France: The METALproject*, IJILT, 2019.

4 Long, P., and Siemens, G., 1st International Conference on Learning Analytics and Knowledge, Banff, Alberta, February 27–March 1, 2011.

5 Mavroudi, A., *Teachers' Views Regarding Learning Analytics Usage Based on the Technology Acceptance Model*, TechTrends. 65, 2021.





# 16. AIとは：データに基づくシステム（1）

## 教室での決定

教師であるあなたは、さまざまなデータを日々扱っています。出欠や成績記録のように目に見えるものもあれば、生徒の表情やしぐさといった、数値化しにくい手がかりもあるでしょう。まずは、仕事の中でどんな判断をしているかをいくつか思い浮かべてみてください。その判断を支えているのは、どのようなデータでしょうか。

データを可視化したり整理したりするためのツールは数多くあります。さらにAIは、データをもとに学習を個別化したり、先を見通す予測や判断を行ったりして、授業や教室運営を支援することもできます。あなたの現場には、テクノロジーで改善できそうな課題がありますか。もしあるなら、それを実現するには、どんなデータが必要になるのでしょうか。

## What explains the of data based systems?

-  in  power
-  in the  of storing data
- Powerful ways to analyse and model data, thanks to AI
- An explosion of available data due to digitalisation, cheap sensors, growth of internet, Big data and



参考文献: Kelleher, J.D., Tierney, B. 『Data Science』 (London, 2018) ; Kitchin, R. "Big Data, new epistemologies and paradigm shifts," *Big Data & Society* (2014)

教育システムは常にデータを生成してきました。学生の個人情報、成績記録、出席データなどです。デジタル化とAIED（人工知能を活用した教育）アプリケーションの導入により、さらに多くのデータが記録・保存されるようになっていきます。マウスクリック、開いたページ、タイムスタンプ、キーボード入力などです。社会全体でデータを重視する考え方が広がる中、こうした膨大なデータをどのように処理し、学習に役立つ形で活用するかが問われるようになりました。学習者に、より個別化されたフィードバックを届けられないか。教師にとって、より分かりやすい可視化や適切な通知の仕組みを作れないか——こうした課題が自然に浮かび上がってきます<sup>2</sup>。

どのような技術を用いるにせよ、まず必要なのは、教室で実際に求められていること（ニーズ）を満たすことです。ニーズが明確になったら、利用できるデータを確認し、目指す成果にとって何が関係するのかを整理します。その際には、教師が状況に応じて適切に判断するための手がかりとなる要因を見極めることが重要です。そうした要因は、手元のデータで十分に捉えられるでしょうか。そもそも、その課題に対してデータやデータに基づくシステムが最適な解決策なのでしょう。さらに、データをこのように用いることで、意図しない影響が生じる可能性はないでしょうか<sup>3</sup>。

機械学習は、先ほどの問いの多くを、ある程度「データに任せる」ことを可能にします<sup>4</sup>。機械学習アプリケーションはデータから学習し、データを入力として処理しながら動作します。そこからパターン

を見つけて一般化し、その結果をモデルとして蓄積します。こうして作られたモデルは、将来の問いに答えるために使える“知識”として機能します<sup>4</sup>。さらに、機械学習が出す判断や予測、そしてそれが学習者の学びに与える影響もまた、記録・分析できるデータになります。だからこそ、プログラマ、機械、そして利用者がデータをどのように扱うのかを理解することは、AIがどのように働くのかを理解するうえで欠かせません。

## データについて

**データ**は一般的に、現実世界にある対象——人や物、出来事——に関する情報です。対象は、いくつかの**属性（特徴／変数）**によって表されます<sup>5</sup>。たとえば生徒であれば、氏名、年齢、学級などが属性の一部です。こうした属性を集めたものが、その生徒について私たちが持つデータになります。データは本人そのものではありませんが、その人についての手がかりを与えてくれます。教育の場で収集・利用・処理されるデータは、**教育データ**と呼ばれます<sup>1</sup>。

**データセット**とは、複数の対象について集めたデータを、行と列の形に整理したものです。たとえばクラスの出欠表はデータセットの一例です。この場合、行には生徒一人ひとりが並び、列には各日（あるいは各授業回）の出席・欠席が入ります。つまり、列は対象を説明するための属性（項目）に当たります。



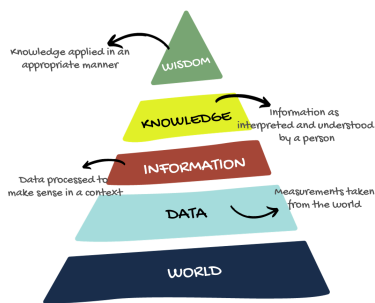
1つ以上のインタラクティブ要素は文章のこのバージョンから除外しました。ここにオンラインでそれを表示できます: <https://aiopentext.itd.cnr.it/japanese/?p=87#oembed-1>

データは、「どの属性（項目）を選び、どう測るか」を決めることで作られます。つまり、データは常に人間の判断と選択の産物です。そのため、データの作成は主観的かつ部分的で、技術的な制約や手間も伴うため、必ずしもきれいに整ったものにはなりません<sup>45</sup>。さらに、何を測り、何を測らないかという選択は、最終的に得られる結果や結論に大きく影響します。

**データトレース**とは、デジタルシステム上での学習者の行動

の記録（例：マウスクリック、閲覧ページ、操作のタイミング、キー入力）を指します<sup>1</sup>。**メタデータ**は、別のデータの内容や性質を説明するためのデータです<sup>5</sup>。**派生データ**は、既存のデータから計算したり推定したりして得られるデータです。たとえば、生徒一人ひとりの得点は元のデータで、クラス平均はそこから算出される派生データに当たります。多くの場合、派生データのほうが、意味のある気づき（洞察）を得たり、パターンを見つけたり、将来を予測したりするのに役立ちます。機械学習を用いると、派生データを生成し、それをメタデータやデータトレースと組み合わせると、より精緻な学習者モデルを構築できます。これは学習の個別化に活用できます<sup>1</sup>。

データに基づく取り組みをうまく進めるには、属性（項目）を慎重に選び、正確に測定することが欠かせません。さらに、得られたパターンが教育の現場で意味のあるものか、妥当性を確認する必要があります。適切に設計し、継続的に運用・改善していけば、データ駆動型のシステムは大きな価値を發揮します。



(DIKWピラミッド) 参考：Kelleher, J.D., Tierney, B. 『Data Science』 (2018) ; Kitchin, R. (2014)



1つ以上のインタラクティブ要素は文章のこのページヨ

ンから除外しました。ここにオンラインでそれを表示できます:  
<https://aiopentext.itd.cnr.it/japanese/?p=87#oembed-2>

本章では、データとデータに基づく技術について、基本的なポイントをいくつか紹介します。ただし、データ・リテラシーはきわめて重要な能力であり、体系的な研修に加えて、継続的な支援や知識のアップデートが欠かせません<sup>1</sup>。

[\(ビッグ\)データ  
リテラシーがあ  
るか確認しよう](#)

## 知っておくべき法制度

データ保存のコストが大幅に下がったことで、より多くのデータやメタデータが、より長い期間保存されるようになっていきます<sup>6</sup>。その結果、プライバシー侵害や権利侵害が起こるリスクも高まります。一般データ保護規則（General Data Protection Regulation: GDPR）のような法制度は、こうした過度な収集・長期保存を抑え、EU市民が自分の個人データをより適切に管理できるようにするものです。GDPRはEU加盟国全体に共通する、法的拘束力のあるデータ保護ルールを定めています。

## Principles GDPR is based on :



- Lawfulness, fairness and transparency : Data processing has to be lawful, fair, and transparent to the data subject
- Purpose limitation : When doing something with data all the purposes have to be declared beforehand.
- Data minimization : Only data absolutely necessary to fulfill the specified purpose can be collected.
- Accuracy : Personal data needs to be accurate.
- Storage limitation : Data can only be stored as long as it is needed for the specified purpose.
- Integrity and confidentiality : When data is processed, this has to be secure and the processor has to ensure that information doesn't get into the wrong hands.
- Accountability : The data controller must be able to show GDPR compliance for each step of the data processing.

Source: GDPR for dummies: What is it? Why do we need it? Why does personal data have to be protected? •

参考: "GDPR & ePrivacy Regulations" by dennis\_convert CC BY 2.0 ライセンス : <https://creativecommons.org/licenses/by/2.0/?ref=openverse> .

### 知らされる権利

- **消去権** : プラットフォームが収集した個人データを、データセットから削除するよう求める権利 (第三者に販売され得る場合も含む)
- **説明を受ける権利** : 自分に影響する自動処理による判定について、必要に応じて説明を受ける権利

一方でGDPRは、「正当な利益 (legitimate interest) 」<sup>7)</sup>にもとづく一部のデータ収集や、派生データ・集計データ・匿名化データを、同意なしに無期限に利用することを一定程度認めています<sup>5)</sup>。また、新たなデジタルサービス法 (Digital Services Act) は、ターゲティング広告の目的で個人データを利用することを制限しています<sup>7)</sup>。加えて、EU域外にデータが移転される場合に備え、EU市民のデータ保護上の

GDPRでは、個人データとは、特定された、または特定可能な個人 (データ主体) に関するあらゆる情報を指します。学校は、外部企業と連携してデータを取り扱うだけでなく、生徒・保護者・教職員・管理者・取引先などに関する膨大な個人情報保有しています。こうしたデータの管理者として、学校には、取り扱うデータを機密かつ安全に保管し、個人データを適切に保護・利用するための手続きを整備する義務があります<sup>1)</sup>。

GDPRで定められた権利には、次のようなものがあります。

**アクセス権** : 自分についてどのようなデータが収集されているかを (容易に) 知る権利

**通知を受ける権利** : データがどのように利用されるかについて

権利を強化する枠組みとしてEU-USプライバシーシールド（EU-US Privacy Shield）も言及されています<sup>5</sup>。

なお、欧州自由権連合（Civil Liberties Union for Europe: Liberties）の独立専門家による分析として“GDPR for dummies”を参照してください。Libertiesは、EU市民の人権を守る監視団体です。

---

<sup>1</sup> [Ethical guidelines on the use of artificial intelligence and data in teaching and learning for educators](#), European Commission, October 2022.

<sup>2</sup> du Boulay, B., Poulouvasillis, A., Holmes, W., Mavrikis, M., *Artificial Intelligence And Big Data Technologies To Close The Achievement Gap*, in Luckin, R., ed. *Enhancing Learning and Teaching with Technology*, London: UCL Institute of Education Press, pp. 256–285, 2018.

<sup>3</sup> Hutchinson, B., Smart, A., Hanna, A., Denton, E., Greer, C., Kjartansson, O., Barnes, P., Mitchell, M., [Towards Accountability for Machine Learning Datasets: Practices from Software Engineering and Infrastructure](#), Proceedings of the 2021 ACM Conference on Fairness, Accountability, and Transparency, Association for Computing Machinery, New York, 2021.

<sup>4</sup> Barocas, S., Hardt, M., Narayanan, A., [Fairness and machine learning Limitations and Opportunities](#), MIT Press, 2023.

<sup>5</sup> Kelleher, J.D., Tierney, B, *Data Science*, MIT Press, London, 2018.

<sup>6</sup> Schneier, B., *Data and Goliath: The Hidden Battles to Capture Your Data and Control Your World*, W. W. Norton & Company, 2015.

<sup>7</sup> Kant, T., *Identity, Advertising, and Algorithmic Targeting: Or How (Not) to Target Your “Ideal User.”*, MIT Case Studies in Social and Ethical Responsibilities of Computing, 2021.

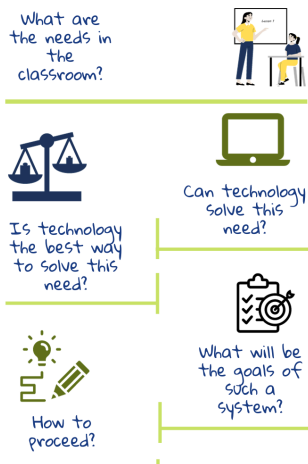
# 17. AIとは：データに基づくシステム（2）

データ中心のプロジェクトの設計と実装は、6つのステップに分けて考えることができます。ただし、各ステップの間には何度も行き来（試行錯誤）が生じ、うまくいくまでにプロセス全体を複数回やり直す必要がある場合もあります。

教室で実際に役立つものにするには、教師、教授法の専門家、コンピュータ科学者などから成る学際的なチームが、各段階に継続して関わることが重要です。ニーズの把握と設計、データの準備、機械学習（ML）手法の選定、結果の吟味、そして現場での活用方法の検討には、いずれも人間の専門的な知見が欠かせません<sup>2</sup>。

## 1) 教育の文脈を理解する

### Step 1 Understanding the context



AIEDツールの設計で最初に行うべきことは、教室で何が求められているのか（ニーズ）を把握することです。目標が定まったら、それを実現するために何を重視し、何を対象外とするかを整理します。データに基づく解決策は、数値化しやすく標準化しやすい事柄に焦点が当たりやすいという偏りがあります<sup>3</sup>。だからこそ、どの点を扱い、どう判断するかは、実際に使う教師、教育学の専門家、そしてア

ルゴリズムを理解するコンピュータ科学者が協議しながら決める必要があります。

また、最初の2つのステップ（ニーズの整理とデータの検討）は、行きつ戻りつしながら進むことが多いです。実現できることは、手元にあるデータの内容や質に大きく左右されるためです<sup>2</sup>。加えて、教育ツールの設計には、データの扱い方や利用できるアルゴリズムの範囲を定める法制度の制約も関わってきます。

## 2) データを理解する

目標とそれに関わる要因が明確になったら、次は「どんなデータが必要か」「どこから集めるか」「どうラベル付けするか」「プライバシーをどう守るか」「データの質をどう評価するか」といった点に検討の焦点が移ります<sup>3</sup>。機械学習をうまく機能させるには、データセットが十分な規模をもち、多様性があり、適切にラベル付けされていることが重要です。

機械学習には、モデルを学習させるためのデータと、学習後に新しいデータを処理したり予測したりするためのデータが必要です。顔認識や物体認識など一部のタスクでは、学習用に使える民間・公開のデータベースがすでに数多く整備されています。

一方で、必要な形でデータが整っていない場合は、既存のデータセットにデータを追加したり、目的に合わせてラベルを付け直したりする必要があります。それでも足りなければ、新たにデータを収集し、ゼロからラベル付けしてデータセットを作成しなければなりません。さらに、学習者



The publicly available MNIST dataset contains images of handwritten digits. Though popular for decades, it is considered too easy for today's research tasks.

(図版) *MnistExamples* (Josef Steppan) をもとに改変。CC BY-SA 4.0  
ライセンス：  
<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/?ref=openverse>

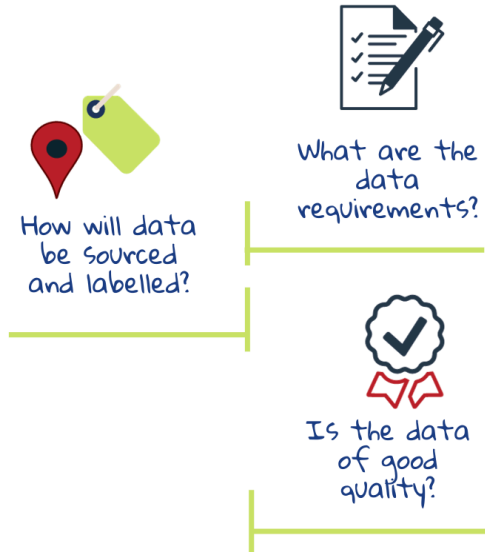
がアプリケーションを利用する過程で残る行動履歴（デジタルトレス）を、データ源の一つとして活用することも可能です。

いずれにせよ、課題に本当に関係するデータや特徴量（features）を慎重に選ぶことが重要です<sup>2</sup>。無関係な項目や重複する項目が混ざると、アルゴリズムが見かけ上のパターンを拾ってしまい、結果としてシステムの性能が損なわれる可能性があります<sup>2</sup>。機械が見つけれられるパターンは、与えられたデータの範囲に限られるため、どのデータセットを選ぶかは、暗黙のうちに「何を問題として扱うか」を決めることにもなります<sup>4</sup>。データが大量にある場合は、統計的手法を用いて適切な部分集合（サブセット）を選び、誤りや偏りが入っていないか検証する必要があります。

不適切な学習データの例として、コンピュータビジョンの黎明期に知られた有名な逸話があります。あるモデルはロシア製戦車と米国製戦車の画像を見分けるよう訓練され、高い精度を示しました。ところが後に、その精度は戦車そのものではなく、写真が撮影された天候の違い——ロシア側は曇りの日、米国側は晴れの日——を手がかりにしていたためだと分かりました<sup>4</sup>。

したがって、選んだデータセットは、なぜ作られたのか、何が含まれているのか、そして収集・クリーニング・ラベル付け・配布・維持管理がどのような手順で行われているのか、といった点を踏まえて品質を確認する必要があります<sup>4</sup>。とくに重要なのは、「このデータセットは目的に合っているか」「モデルを偏らせたり差別的な結果を生んだりするような見えにくいリスクが潜んでいないか」<sup>3</sup>といった問いです。

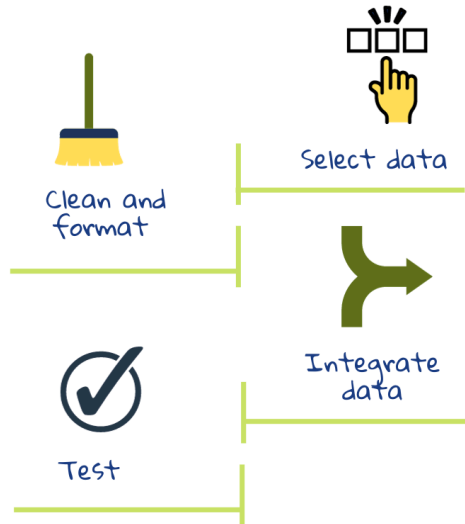
## Step 2 Understanding the data



### 3) データを準備する

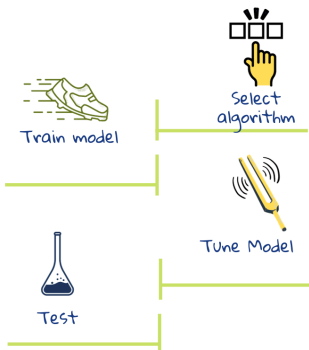
データ準備では、複数の場所にあるデータをまとめてデータセットを作り、形式の違いや不整合を整えます（例：あるテストは1～10点、別のテストは百分率で記録されている、など）。次に、欠損値や極端な値がないかを確認し、データの品質を確かめる自動テストを行います。ここでは、プライバシー漏えいの有無のチェックや、想定外の相関・ステレオタイプが入り込んでいないかの検出も含まれます<sup>2</sup>。また、この段階でデータを学習用（訓練用）と評価用（テスト用）に分けることもあります。学習用はモデルを作るために、評価用は性能を確かめるために使います。学習に使ったデータだけで性能を評価するのは、試験前日に問題を渡して宿題にするようなもので、結果が本当の理解度を反映しなくなってしまいます<sup>2</sup>。

### Step 3 Preparing the data



## 4) モデリング

### Step 4 Modeling



この段階では、アルゴリズムを使ってデータから規則性（パターン）を見つけ出し、モデルを構築します。ふつうは複数の手法を試し、どれが目的に最も合っているかを比較しながら選びます。こうして作られたモデルは、その後、新しいデータに対する予測に利用できます。

多くのプロジェクトでは、まず試しに作った初期モデルによってデータの不備や偏りが見つ

かり、ステップ2（データの理解）とステップ3（データ準備）を行き

来しながら修正することになります<sup>2</sup>。一般に、特徴量（入力）と出力（予測したい値）の関係が明確で強いほど、機械学習アルゴリズムは精度の高い予測を出しやすくなります。

これらのアルゴリズムは高度な統計・計算手法にもとづくため、開発者は設定（パラメータ）を調整しながら、複数の手法を試して最適な結果を探ります。たとえば、不正行為を検知するシステムを考えてみましょう。実際には不正をしていない学生を不正と判定してしまうのが「偽陽性（false positive）」で、不正をした学生を見逃してしまうのが「偽陰性（false negative）」です。設計者は、偽陽性を減らす（ただし一部の不正を見逃す可能性がある）ように調整することも、偽陰性を減らす（疑わしいケースも広く拾う）ように調整することもできます<sup>5</sup>。つまり、調整は「システムに何をさせたいか」に依存します。

## 5) 評価

モデリング段階では、まず学習データを用いて、各モデルの予測精度が高くなるように調整します。そのうえでテストデータで性能を検証し、実運用に採用するモデルを選びます。さらに、そのモデルが教育現場のニ

ーズを本当に満たしているかも評価します。たとえば、ステップ1で設定した目標は達成できているか、想定外の問題は起きていないか、品質は十分か、改善の余地はあるか、別の方法のほうが適切ではないか、再設計が必要ではないか——といった点です。最終的には、その仕組みを学校で運用できるかどうかを判断します。運用が難しければ、プロセス全体を見直し、やり直します<sup>2</sup>。



## 6) 展開



最後のステップでは、技術面（インフラ）と授業・運用面の両方を踏まえ、データに基づくシステムを学校の仕組みにどのように組み込めば、効果を最大化できるかを検討します。

このステップは最終段階として示されますが、実際にはプロセス全体は繰り返し行われます。導入後も、モデルがその学校・教室の状況に合っているか

を定期的に点検する必要があります。ニーズや運用手順、データの取り方が変われば、システムの出力や精度も影響を受けるためです。状況に応じて見直しや更新を行い、学習・指導・評価に与える影響を継続的にモニタリングすることが求められます<sup>6</sup>。

教育者向けの「AIとデータ利用に関する倫理ガイドライン」では、学校はAIシステムのライフサイクル全体を通じて、導入前の段階からサービス提供者と継続的に連絡を取り合うべきだと強調しています。学校は、分かりやすい技術文書の提出を求め、不明点があれば説明を受けたいうえで、サポートや保守の体制について合意を取り付け、提供者が関連する法的義務を確実に遵守していることを確認する必要があります<sup>6</sup>。

"Predicting the consequences and the impact of the use of data and AI in education can be very difficult. Therefore, an incremental approach to the development and deployment of these technologies and their assessment is needed. The idea is to gradually introduce these tools into their contexts and to constantly monitor the societal effects that can emerge, leaving open the possibility to step back when unintended consequences occur."

---

ETHICAL GUIDELINES ON THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE  
AND DATA IN TEACHING AND LEARNING FOR EDUCATORS,  
EUROPEAN COMMISSION, OCTOBER 2022

注：ここで示した各ステップと図は、文献 2に記載されているCRISP-DMのデータサイエンスの段階とタスク（Chapman, Clinton, Kerberほか、1999の図3にもとづく）をもとに、適宜改変したものです。

---

<sup>1</sup> Du Boulay, B., Poulouvasillis, A., Holmes, W., Mavrikis, M., *Artificial Intelligence And Big Data Technologies To Close The Achievement Gap*, in Luckin, R., ed. *Enhancing Learning and Teaching with Technology*, London: UCL Institute of Education Press, pp. 256–285, 2018.

<sup>2</sup> Kelleher, J.D, Tierney, B, *Data Science*, London, 2018.

<sup>3</sup> Hutchinson, B., Smart, A., Hanna, A., Denton, E., Greer, C., Kjartansson, O., Barnes, P., Mitchell, M., [Towards Accountability for Machine Learning Datasets: Practices from Software Engineering and Infrastructure](#), Proceedings of the 2021 ACM Conference on Fairness, Accountability, and Transparency, Association for Computing Machinery, New York, 2021.

- <sup>4</sup> Barocas, S., Hardt, M., Narayanan, A., [\*Fairness and machine learning Limitations and Opportunities\*](#), MIT Press, 2023.
- <sup>5</sup> Schneier, B., *Data and Goliath: The Hidden Battles to Capture Your Data and Control Your World*, W. W. Norton & Company, 2015.
- <sup>6</sup> [\*Ethical guidelines on the use of artificial intelligence and data in teaching and learning for educators\*](#), European Commission, October 2022.

# 18. データに関する課題： 個人のアイデンティティ

私たちにに関するデータは、スマートフォンやコンピュータを通じて日々記録されています。そして、そのデータの意味づけは「誰が記録し、誰が見るのか」によって変わります。たとえばGoogleは、自社サービス上での私たちの行動をもとに、私たちの“デジタルな分身”ともいえるデジタル・アイデンティティを作り出します。さらに、そのデータにもとづいて利用者を分類（ラベル付け）し、その分類に応じて検索結果やアプリで表示される情報を調整します。そして、広告を届けたい企業に対しては、そうした分類にもとづく「利用者像」を提示し、広告配信に結び付けます。

## アクティビティ

Google、Facebook、Instagramのいずれかで、自分の「広告設定（Ad Settings）」プロフィールを開いてみましょう。あるいは、普段よく使う別のサービスがあれば、広告設定の項目があるか、そこにアクセスできるかを確認してみてください。こうした設定画面に表示される情報は、私たちのデジタル・アイデンティティの一部です。

ディスカッションのための問い：

- あなたの「デジタル・アイデンティティ」は、どのように見えますか。年齢層や興味・関心などを反映していますか。その内容に同意できますか。
- Googleは、あなたの興味・関心をどのように推定し

たと思いますか。どんなデータが手がかりになっている可能性がありますか。興味カテゴリは頻繁に変わり、循環的（再帰的）でもあります。つまり、あるカテゴリに結び付けられると、それが次にどのカテゴリに分類されるかにも影響します。このことは、プロファイリングについて何を示しているのでしょうか。

- Cheney-LippoldやBassettなどの研究者が指摘するように、ここではアイデンティティが過度に単純化されている、という見方に同意しますか。なぜそれが倫理的な懸念になるのでしょうか。
- 倫理の観点では、こうしたプロフィールがあなたの興味を「当てている」ことと「外している」ことでは、どちらのほうの方がより重要だと思いますか。
- 性別や人種は、あなたがどのようにラベル付けされるかに影響していると思いますか。そのことを、あなたはどのように感じますか。

このアクティビティは、[Identity, Advertising, and Algorithmic Targeting: Or How \(Not\) to Target Your "Ideal User."](#) (CC BY NC 4.0) をもとに改変したものです<sup>1</sup>。

Googleが付与する「男性／女性」「若年／高年」といったラベルは、私たち自身のアイデンティティやニーズ、価値観と必ずしも一致しません。たとえば、特定のウェブサイト（例：ホームセンター）を閲覧したり、特定の商品を購入したりすると、「男性」と推定されることがあります<sup>2</sup>。さらに、本人の行動や、あるいは「男性らしい行動」とみなされる傾向そのものが、膨大な利用者の行動によって変化すれば、昨日は「男性」と分類されていた人が、翌日には「女性」に分類されることさえ起こり得ます。加えて、企業ごとに関心の置きどころが異なるため、同じ人でもサービス提供者によってまったく別の「人物像」を割り当てられることがあります。

同様のことは、パーソナライズ学習ソフトウェアを利用し、学習分析の対象となる生徒にも起こり得ます。こうしたシステムが把握する

生徒のデジタル・アイデンティティ——成績、学習への関与度、満足度など——は、生徒本人の評価にとどまらず、クラスメイトや教師、学校、さらには教育システム全体の評価にまで用いられる場合があります<sup>3</sup>。

なぜ問題なのか？

1. こうしたプロフィールは、さまざまな情報源から集まったノイズの多い不正確なデータにもとづいて作られることが多く、その内容は誤解を招きやすい<sup>4</sup>。
2. さらに、デジタル・アイデンティティは、生徒が自分や他者をどう捉えるか、教師が生徒をどう見るか、システムが教師をどう評価するか、社会が教育や教育方法をどう理解するかにまで影響し、意思決定やフィードバックへの反応も左右し得る<sup>3</sup>。
3. しかも、「その人が何者か」という判断は、本人が知らないうちに、同意なしで行われることがあります。多くの場合、その仕組みはブラックボックス化していて中身にアクセスできず、どのデータがいつどこで記録され、どう意思決定に使われるのかを当事者がコントロールできません<sup>41</sup>。結果として、生徒や教師は自己表現の余地や主体性を損なうおそれがあります。
4. また、出来事が終わった後も、データやそこで下された判断が長く保存され続ける傾向があります<sup>4</sup>。
5. 指標重視の環境で、生徒・教師・職員が常に評価・比較・順位付けされると、成長や内発的動機づけよりも、不安や競争を引き起こしかねません<sup>3</sup>。
6. その結果、自動的に記録・分析しやすい側面ばかりが重視され、本来重視したい教育目標や実践とは異なる方向へと、現場が誘導される可能性もあります。
7. さらに、教育の「データ化」を推し進める組織は、「質の高い教育とは何か」「良い生徒とは何か」「効果的な教師とは何か」といった基準を、事実上定めてしまう力を持ち得ます<sup>3</sup>。

専門家が教師に勧める対策：

1. **人を中心に考える**：本人のアイデンティティや誠実さ、尊厳を重視し、「人をデータの対象や手段としてではなく、内在的価値を

もつ存在として尊重する」<sup>5</sup>。学習の個別化やグループ分けのためにソフトウェアが付けるラベルは、その人の本当のアイデンティティではない<sup>5</sup>。

2. **データ・リテラシーを身につける**：データを適切に扱う方法に加え、データに基づくシステムが何を・どのように行うのか、推奨される使い方、生成される情報や下される判断をどう読み解くかを学ぶ。
3. **AIED企業やソフトウェアと適切な距離を保ち、批判的に検討する**：うたわれている効果を鵜呑みにせず、妥当性・信頼性の根拠を求める。自校・自国の倫理指針に沿っているかを確認する<sup>3</sup>。
4. **影響を継続的に観察する**：これらのシステムが、自分自身や生徒の学習、教室の雰囲気にとどのような影響を与えているかを継続的に見守る。
5. **開かれた仕組みを求める**：教師がコントロールでき、必要に応じて自動判断を上書き（オーバーライド）できるシステムを求める。必要だと感じたときに、いつでも介入し、補足し、修正できるようにする。

---

<sup>1</sup> Kant, T., [Identity, Advertising, and Algorithmic Targeting: Or How \(Not\) to Target Your “Ideal User.”](#) MIT Case Studies in Social and Ethical Responsibilities of Computing, 2021.

<sup>2</sup> Cheney-Lippold, J., *We Are Data: Algorithms and the Making of Our Digital Selves*, NYU Press, 2017.

<sup>3</sup> Williamson, B., Bayne, S., Shay, S., *The datafication of teaching in Higher Education: critical issues and perspectives*, *Teaching in Higher Education*, 25:4, 351-365, 2020.

<sup>4</sup> Kelleher, J.D., Tierney, B., *Data Science*, MIT Press, London, 2018.

<sup>5</sup> [Ethical guidelines on the use of artificial intelligence and data in teaching and learning for educators](#), European Commission, October 2022.

# 19. データに関する課題： バイアスと公平性

バイアスとは、特定のアイデンティティに対して生じる偏見や偏りのことです。好意的・否定的を問わず、また意図的か無意図かにかかわらず、バイアスとなり得ます<sup>1</sup>。公平性とは、このバイアスに対抗する概念であり、それ以上のものでもあります。すなわち、アイデンティティや置かれた状況にかかわらず、誰もが公正に扱われることです。全員が公正に扱われ、機会に平等にアクセスできるようにするには、明確な手続き（プロセス）を定め、それに従って運用する必要があります<sup>1</sup>。

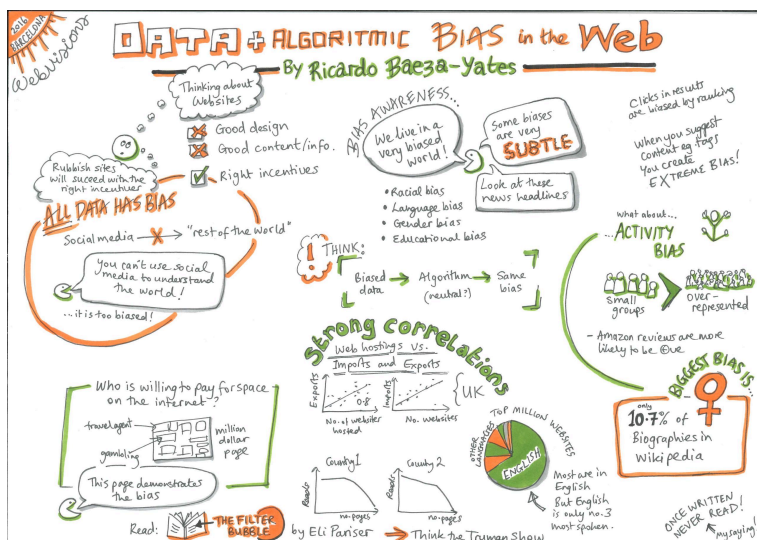
人間が関わる仕組みには、バイアスや差別が入り込みやすいものです。私たちは誰しも、それぞれ固有の意見や偏見を抱えていますし、たとえば採点のような判断も、なぜその点数になったのかが外からは見えにくいことがあります。そういう意味では、人間の判断もまた「ブラックボックス」と言えます。それでも私たちは、そうした偏りを問い直すための方策や制度を整え、監視しながら運用してきました。

一方で、自動化システムはしばしば、人間の主観性を解決する万能薬のように語られます。アルゴリズムは数値にもとづくのだから、どうして偏りが生じるのか——というわけです。しかし、欠陥のあるデータにもとづくアルゴリズムは、性別・人種・文化・障害に関わる既存のバイアスを拾って学習するだけでなく、それを増幅してしまうことがあります<sup>123</sup>。さらに、たとえ仕組みが企業秘密で隠されていなくても、[ディープニューラルネットワーク](#)のように、そもそも説明可能性が低いシステムでは、なぜその判断に至ったのかを説明させることが難しい場合があります。

## AIEDシステムにバイアスが入り込む例

1. プログラマがルールベースのシステムを作る際、個人的な偏りやステレオタイプがコードに入り込むことがあります<sup>1</sup>。
2. データにもとづくアルゴリズムは、STEM分野の卒業データに女性が少ないことを根拠に、「女子にはSTEM系の進路を勧めない」という結論を導いてしまうかもしれません。けれども、「女性数学者が少ない」理由が、社会的規範や既存のステレオタイプによるものなのか、それとも性別に内在する要因なのかを、アルゴリズムは区別できません。既存データがすでに偏りを反映している以上、それで学習したアルゴリズムは不平等や社会的力学をそのまま再生産してしまいます<sup>4</sup>。さらに、その提案が実際に運用されれば、女子が非STEM分野を選ぶ割合が増え、次に集まるデータもその傾向を強める——という形で、自己成就的予言が起こります<sup>3</sup>。
3. 学習データに十分含まれていない文化圏の生徒は、行動パターンや動機づけの示し方が異なるかもしれません。その場合、学習分析はどのように指標を計算するのでしょうか。データがすべての生徒集団を代表していなければ、多数派文化に合わせて最適化されたシステムが、少数派を不利に扱う可能性があります。注意しないと、学習アルゴリズムは多数派を前提に一般化し、少数派グループで誤り率が高くなることがあります<sup>45</sup>。その結果、多様性や創造性、独自の才能をもつ人、異なる経験・関心・動機をもつ人が萎縮してしまうかもしれません<sup>2</sup>。
4. 米国向けに設計された作文自動添削ソフトで英国の学生を評価すると、綴り（スペリング）の違いが「誤り」として減点されてしまうことがあります。言語の地域差や、綴り・発音の違い、さらには地域の地理や文化といった要素は、別の国・別の文脈を前提に作られたシステムにとって、どうしても扱いが難しくなりがちです。
5. 教師の中には、地域やクラスでよく使われる表現を、意識的に、あるいは社会的連想による偏りから無意識に減点する人もいます。そうした教師の採点結果で作文採点ソフトが学習すれば、同じ偏りを再現します。

6. 機械学習システムは、最適化の目標となる「目的変数」と、その代理指標（プロキシ）を必要とします。仮に高校のテスト得点を「学力の高さ」の代理指標とすると、システムは試験会場のストレスや限定された状況で高得点を取れる生徒のパターンを強化するように学習します。その結果、学習者に教材や練習を勧める際に、知識そのものではなく「得点」を上げる方向に誘導しかねません。今日の教室でも同様のことは起こり得ますが、従来の教育では少なくとも複数の目標を掲げやすい、という点があります<sup>4</sup>。
7. 適応学習システムは、スキルや知識の欠如を補うために学生にリソースを提案します。これらのリソースを購入する必要がある場合、または家庭でのインターネット接続が必要な場合、推奨事項に従う手段を持たない学生にとっては公平ではありません：“アルゴリズムが学生にヒント、次のステップ、またはリソースを提案するとき、一部のグループが体系的に有用な助けを得られないために不公平な助けを与えることが差別的であるかどうかを確認する必要があります”<sup>2</sup>。
8. 学生の現在の知識レベルと好みに応じて教育をパーソナライズする概念自体がバイアスを構成するかもしれません<sup>1</sup>。新しい興味や代替案を探求することからこの学生を止めているのではないのでしょうか？これにより、彼または彼女を一次元的にし、全体的なスキル、知識、機会へのアクセスを減少させることになりませんか？



(図版) "Data and algorithmic bias in the web" (jennyhamux) CC BY 2.0、ライセンス：<https://creativecommons.org/licenses/by/2.0/?ref=openverse>

## 教師はAIEDのバイアスの影響をどう減らせるか

研究者たちは、バイアスを減らすためのさまざまな方法を継続的に提案し、検討しています。しかし、すべての方法が容易に実施できるわけではありません。そもそも公平性は、単にバイアスを緩和するだけでは捉えきれない、より深い課題だからです。

たとえば、既存データがステレオタイプに満ちている場合、「現在手元にあるデータがそれを支持しているかどうかにかかわらず、私たちはそのデータ自体を問い直し、ある種の公平なふるまいの考え方に沿うようにシステムを設計する義務があるのだろうか」<sup>4</sup>という問題が生じます。さらに、バイアス低減の方法同士はしばしば緊張関係にあり、ある種類のバイアスを減らすための介入が、別の種類のバイアスを新たに生んでしまうこともあります。

では、教師にできることは何でしょうか。

1. **提供者に質問する**：AIEDシステムを導入する前に、どのようなデータセットで学習したのか、どこで・誰によって・誰のために設計されたのか、どのように評価されたのかを尋ねる。
2. **指標を鵜呑みにしない**：たとえば全体の精度が高く見えても、その裏で少数派のグループに対しては性能が著しく低い、という事実が隠れていることがあります<sup>4</sup>。
3. **ドキュメントを確認する**：バイアスの検出・対処や公平性の担保のために、どのような措置が取られているか（取られていないか）を見る<sup>1</sup>。
4. **開発体制を確認する**：開発者がコンピュータ科学の専門家だけなのか、教育研究者や教師が関わっているのか。機械学習だけに依存しているのか、学習理論や教育実践が統合されているのか<sup>2</sup>。
5. **透明性の高い学習者モデルを優先する**：判断を上書きできる、透明で開かれた学習者モデルを選ぶ<sup>2</sup>。多くのAIEDモデルは柔軟な設計で、教師や学習者が状況を監視し、説明を求めたり、機械の判断を不採用にできる。
6. **アクセシビリティを点検する**：能力差にかかわらず、誰もが等しく利用できるか<sup>1</sup>。
7. **影響を継続的に見守る**：短期・長期の両面で、生徒や学習、教室にどんな影響が出ているかを観察し、必要なら支援を行う。

**影響を継続的に見守る**：短期・長期の両面で、生徒や学習、教室にどんな影響が出ているかを観察し、必要なら支援を行う。

AIにも問題はありますが、AIEDの未来について楽観できる根拠もあります：

- これらの問題への認知が広がるにつれ、バイアスを検出し修正する方法が研究・試行されている。
- ルールベース／データベースのシステムは、既存の教育実践に潜む見えにくい偏りを露わにし得る。偏りが可視化されれば、対処もしやすくなる。
- AIシステムはカスタマイズの可能性をもつため、教育の多くの側面を状況に合わせて調整できるかもしれない。教材は学習者の知識や経験により応答的になり、地域社会や文化資源を取り込み、

地域固有のニーズに応える形に発展する可能性もある<sup>2</sup>。

---

- <sup>1</sup> [Ethical guidelines on the use of artificial intelligence and data in teaching and learning for educators](#), European Commission, October 2022.
- <sup>2</sup> U.S. Department of Education, Office of Educational Technology, *Artificial Intelligence and Future of Teaching and Learning: Insights and Recommendations*, Washington, DC, 2023.
- <sup>3</sup> Kelleher, J.D., Tierney, B., *Data Science*, MIT Press, London, 2018.
- <sup>4</sup> Barocas, S., Hardt, M., Narayanan, A., [Fairness and machine learning Limitations and Opportunities](#), MIT Press, 2023.
- <sup>5</sup> Milano, S., Taddeo, M., Floridi, L., Recommender systems and their ethical challenges, *AI & Soc* 35, 957–967, 2020.

## PART IV

# パーソナライズされた学習

あなたが検索したわけでもないのに、あなたが誰かと話しことがあるようなトピック、どこかで読んだことがあるようなトピックに関連する動画をYouTubeが薦めてきたという経験はありませんか？それらは、あなたに推奨される動画などのリストが存在しているということです。

もしかするとYouTubeは、あなたがこれまで知らなかったけれどいま夢中になっている、そんな話題を強調したのかもしれない。

なぜこの動画プラットフォームは、友人よりもあなたをよく知っているように見えるのでしょうか？

80億本もの動画のなかから、どのようにしてあなたの興味を惹く動画を選んでいるのでしょうか？

このソフトウェアのパーソナライゼーション技術を、学習者の効果的な学習に活用することは可能でしょうか？

YouTubeやNetflix、Amazonの商品推薦、Googleニュース、Facebookの友達提案、そしてあなたの教室に共通する要素とは何でしょうか？

読み進めていきましょう。



## 20. パーソナライゼーションに関する注意

### 学習のパーソナライズ

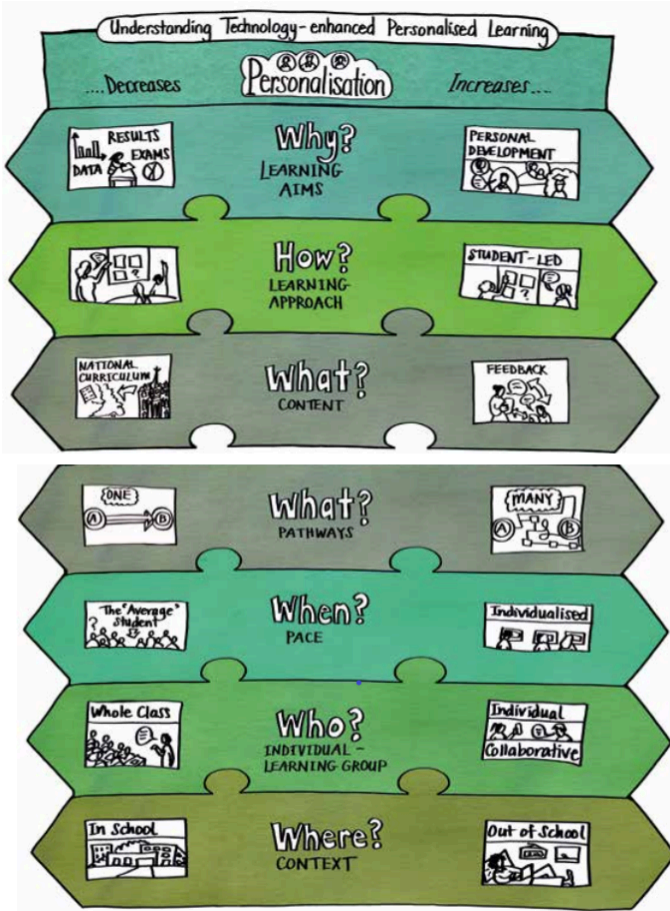
教師は誰でも、学習をパーソナライズしています。具体例を追加したり、必要に応じて個別の注意を学習者に向けたりするだけでも、それはできるのです。教えること自体が、たとえばテレビ放送による授業とは対照的に、パーソナライズの行為とい

えるでしょう。教師は、授業を調整することで、学習者が学習内容を理解できるようにしているのです。教師は、学習者にたいして、新しい知識やスキルを既存の知識、個人的な観察、社会的な経験と結びつける手助けをします。教師は、学習者が学んだことを最大限に活かせるように支援しています。

パーソナライズされた学習とは、学習者のニーズ、能力、文化的背景に合わせて、さまざまな学習環境と体験を創出することです<sup>1</sup>。もちろん、パーソナライズの範囲と程度は多様です。専門家は、パーソナライゼーションの6つの次元を特定しました-なぜ、どのように、何を、いつ、誰の、どこで学習が行われるか、という6つです<sup>2</sup>。

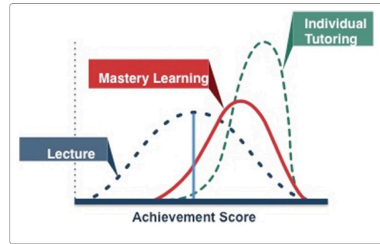
For an education to be  
meaningful it needs to be  
personal

TRAINING TOOLS FOR CURRICULUM DEVELOPMENT :  
PERSONALIZED LEARNING. INTERNATIONAL BUREAU  
OF EDUCATION



[www.penmendonca.com](http://www.penmendonca.com) @MendoncaPen, Reproduced with permission from *Technology-enhanced personalised learning: untangling the evidence*, Stuttgart: Robert Bosch Stiftung, 2018.

一対一の個人指導は、パーソナライゼーションの究極のかたちです。1960年代、ベンジャミン・ブルームは、平均的な学習者が個人指導でよりよい成績を発揮することを示しました。彼はまた、個別指導が高得点者と低得点者のあいだの学習格差を埋めることをも明らかにしました。実際の教室では、たとえ学習者が10人であっても、個々の学習者の利益になるよう内容をカスタマイズするには、多くの労力を必要とします。真のパーソナライゼーションは事実上不可能なのです。学習者のあいだに学習格差があることを教師が知っていたとしても、時間の制約によりそれを埋められないかもしれません。したがって、教師が最善を尽くしていても、現状のやりかたでは取り残される学習者が絶えないことになります。



*Individualised Instruction Learning Gains from Essa, A., A possible future for next generation adaptive learning systems, Smart Learning Environments, 3, 16, 2016, is licenced under CC BY 4.0. Visit <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>*

# Stumbling Blocks to Personalisation

A large student:teacher ratio

Wide range of skills, aptitudes and  
needs in the same class

Limited 

Limited resources 



これはテクノロジーが手助けできるところです。

## テクノロジーが強化するパーソナライズされた学習

テクノロジーを用いれば、学習プロセスをカスタマイズできます。ここでのテクノロジーには、モバイルアプリやオンラインプラットフォームから、スタンドアロン（単体完結型）の学習システムまで、あらゆるものが含まれます<sup>2</sup>。人工知能、データへのアクセス、マイニング技術、クラウドコンピューティング、手頃な価格のハードウェアにより、アプリケーションがシームレスで実用的なものになったいま、テクノロジーの利用はより効果的になっています。

適切に設計されたテクノロジーは、先に述べた問題を克服するのに役立つだけではありません。従来の授業に統合するかたちで宿題や授業内課題に用いれば、学習者が基礎的なスキルを習得したり、練習したりする手助けになります。このようなテクノロジーによって、教室内での対話、個別の配慮、問題解決に充てる時間を増やすことができます。さらに、宿題に取り組む様子をモニターし、学習者がどこまで進み、どこで苦労しているかを把握することができるのです<sup>3</sup>。

## Some + of Tech Based PL



The student set the pace

Content can now be learnt at



Classroom is for interaction and individual attention

Access to data :

Highlight difficulty,

make homework visible,



at-risk behaviour



Simulate curves,  
animate processes,  
talk in another  
language



### 練習

授業によっては、ソフトウェアのほうが効果的な場合があります。数学における3次元空間の視覚化、語学授業における発音練習、あるいはヒト細胞内のプロセスを説明するアニメーションなどが相当します。

教育向けAIソリューションは、おしなべて、学習をパーソナライズするために、さまざまなレベルで活用できます。この章では、適応型学習システムの使いかたについて説明します。

[パーソナライゼーションとともによく議論されるブレンド学習などの他の学習タイプの定義については、こちらをクリックしてください。](#)

- 
- <sup>1</sup> Groff, J., *Personalized Learning: The State of the Field & Future Directions*, Center for Curriculum Redesign, 2017.
  - <sup>2</sup> Holmes, W., Anastopoulou, S., Schaumburg, H & Mavrikis, M., *Technology-enhanced personalised learning: untangling the evidence*, Stuttgart: Robert Bosch Stiftung, 2018.
  - <sup>3</sup> Feldstein, M., Hill, P., *Personalized Learning: What It Really Is and Why It Really Matters*, Educause Review, 2016.
  - <sup>4</sup> Taylor, D., Yeung, M., Bashed, A.Z., *Personalized and Adaptive Learning*, Innovative Learning Environments in STEM Higher Education pp 17-34, Springer Briefs in Statistics, 2021.

## 21. 適応型学習システム

学習者が質問バンクの問題に取り組んでいるとしましょう。それぞれの隣に補助者（チューター）が座っていると想像してください。補助者は、学習者が回答にいたるまでの経過を観察します。

学習者は概念を理解できずに苦勞しているのか？

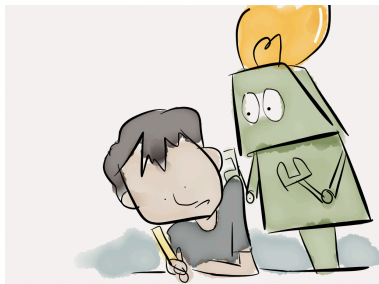
学習者に誤解はないだろうか？

学習者は動揺していて、すこし励ましが必要なのだろうか？

補助者はヒントを与え、見落としている点を指摘します。

また、学習者が簡単すぎる問題をまえに退屈しているように見えることもあります。この場合、補助者は別のより難しい問題を提示します。

補助者は、質問を促したり、学習者に自らのパフォーマンスを振り返らせたりもします。学習者の進捗をあなたに報告しながら、これらすべてを実行します。



*"Diary of a teaching machine" by [ Ed ] is licenced under CC BY-NC-SA 2.0. To view a copy of this licence, visit <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.0/?ref=openverse>.*

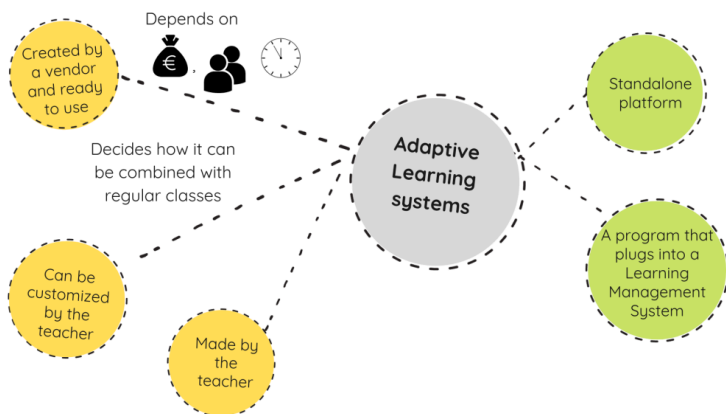
### 知的学習支援システム（ITS）

は、この補助者の役割を模倣するように設計されています。それらは、適応型学習システム（ALS）の一種で、個々の学習者を解答の各段階へと導きます。必要に応じてヒントやフィードバックを提供します。このため、ITSは、問題と解が明確に定義されている数学のような科目に適しています<sup>2</sup>。しかし、最近のITSは他の科目にも対応できるようになっています。

## 適応システムと学習

適応型学習は、デジタルツールとシステムが個別の学習経路（特定のコンテンツやスキルを学ぶために実行される一連のアクティビティ）を生成したときに生じるものです。学習経路は、各個人の長所、短所、学習ペースによって異なります<sup>3,4</sup>。

学習者に適応する機械というアイデアが生まれたのは、1950年代です。その後、近年に出現した技術により、その可能性は無限に広がりました。これらの適応型学習システムは、問題解決、概念の獲得、さらには受講者の学習評価など、さまざまな目的に使用できます。

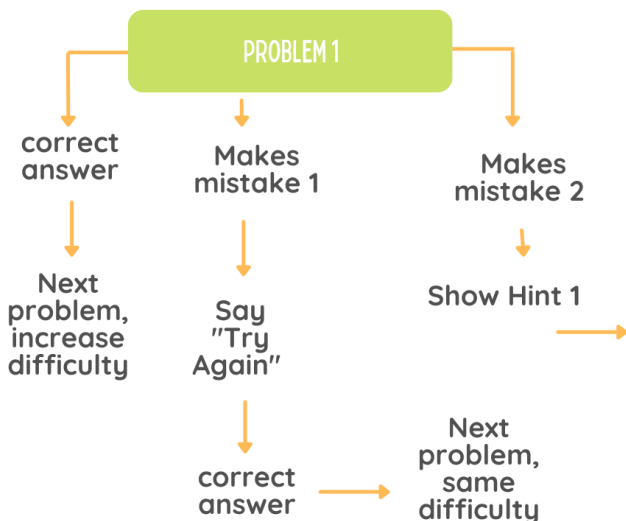


現在、多くの適応型学習システムが市場に出回っています。コーディングの知識がなくてもALSを作成できるようなオーサリングツールもあります。ALSの作成には多くの時間とリソースが必要になる場合がありますが、教師が授業計画や授業法を変更する必要はありません。種類や形態がどのようなものであっても、さまざまに異なる技術を駆使してALSが作成されており、すべてのシステムが同等ということではないのです。

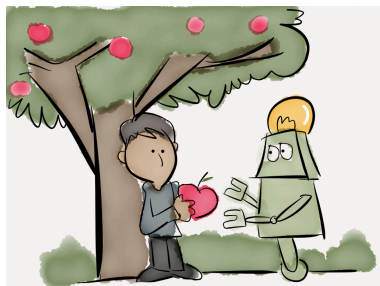
システムを選択する際には、そのシステムにどれほどの適応性があるか、学習のどの部分がパーソナライズされるのか、教師によるカスタマイズが許可されているかどうかを確認する必要があります。それとは別に、必要な機器はなにか、費用はいくらか、トレーニングが費用に含まれているかどうかなど、重要で実践的な質問もあります。

## 適応型学習システムの種類

知的学習支援システム（ITS：上記参照）は、個別対応ができ、かつ双方向型です。学習をリアルタイムで評価することができます。マイクロレベルでは、学習者が問題を解いているときにフィードバックを調整します。マクロレベルでは、次にどの問題を提示するかを決定します。YouTubeが次に視聴する動画を推奨するのによく似ています。シンプルな学習支援システムであれば、どのようなフィードバックを与えるべきかのルールとして決定木を使用します。他のシステムは、予め与えられたルールを超えて、機械学習を使用して動作を調整します<sup>1</sup>。



適応型学習システムは、補助者以上のことができます。たとえば、探索的学習システムでは、学習者は学習環境内を探索し、興味のあるものを選ぶことができます。ゲームベースのシステムでは、すべてがゲーム形式で提供されます。学習者がひとつのレベルをマスターすると、次のレベルに進みます。



"Diary of a teaching machine" by [ Ed ] is licenced under CC BY-NC-SA 2.0. To view a copy of this licence, visit <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.0/?ref=openverse>.

いずれの種類のものにせよ、すべてのALSは、学習者が独立して

課題を遂行できるようになるまで支援する必要があります<sup>6</sup>。ALSは推論を促し、意思決定を支援する必要があります。さらに、教師と学習者の双方にたいし、ALS自身の判断理由を説明できなければなりません。

ALSの選択と使用、あるいは導入の是非を判断する際には、つねに学習を起点とするようにと、専門家は助言しています<sup>2</sup>。対応すべき学習者のニーズはなにか、どのツールがこの目的に合うか、異なる学習者にたいしてどのように個別に支援するか<sup>5</sup>？ 研究によると、これらのシステムを短期間使用しただけでは学習者の学習に大きな影響はみられません。1学年以上の長期使用により効果が向上します<sup>7</sup>。導入が決まったら、学習者が自らの学習を導けるように支援する準備をしてください。忍耐強く、試行、失敗、再挑戦に備えましょう<sup>2,5</sup>。

---

<sup>1</sup> Groff, J., *Personalized Learning : The state of the field and future directions*, Center for curriculum redesign, 2017.

<sup>2</sup> Holmes, W., Anastopoulou S., Schaumburg, H & Mavrikis, M., *Technology-enhanced personalised learning: untangling the evidence*, Stuttgart: Robert Bosch Stiftung, 2018.

<sup>3</sup> Taylor, D., Yeung, M., Bashet, A.Z., *Personalized and Adaptive*

- Learning, Innovative Learning Environments in STEM Higher Education* pp 17–34, SpringerBriefs in Statistics, 2021.
- <sup>4</sup> Becker, S. et al, *NMC Horizon Report: 2018 Higher Education Edition*, Educause, 2018.
- <sup>5</sup> Feldstein, M., Hill, P., *Personalized Learning: What It Really Is and Why It Really Matters*, Educause Review, 2016.
- <sup>6</sup> Wood, D., Bruner, J., Ross, G., *The role of tutoring in problem solving*, *The Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 1976.
- <sup>7</sup> Alkhatlan, A., Kalita, J.K., *Intelligent Tutoring Systems: A Comprehensive Historical Survey with Recent Developments*, *International Journal of Computer Applications* 181(43):1-20, 2019.

# 22. AIとは：YouTubeはあなたのことをいかにして学ぶか（1）

モデルと推奨事項

アクティビティ

### JOHN DOE'S CREDIT CARD TRANSACTIONS

| DATE       | MERCHANT/ PRODUCT                                       | PLACE OF PURCHASE          | AMOUNT IN EUROS  |
|------------|---|----------------------------|------------------|
| 19/09/2022 | XYZ FOOD STORE<br>THE BABY SHOP<br>ORANGE WIFI          | NANTES<br>NANTES<br>ONLINE | 250<br>400<br>90 |
| 18/09/2022 | THE PIZZA MAGAZINE SUBSCRIPTION<br>NETFLIX SUBSCRIPTION | ONLINE<br>ONLINE           | 5<br>17.99       |
| 17/09/2022 | TERRA MADRE RESTAURANT<br>APPSTORE APPLE                | LYON<br>ONLINE             | 80<br>25         |
| 16/09/2022 | AIR FRANCE<br>SNCF TRAIN TICKETS                        | ONLINE<br>ONLINE           | 1500<br>100      |

### TOM HARRY'S CREDIT CARD TRANSACTIONS

| DATE       | MERCHANT/ PRODUCT  | PLACE OF PURCHASE | AMOUNT IN EUROS |
|------------|--|-------------------|-----------------|
| 19/09/2022 | CHORDS MUSIC SCHOOL CANTEEN                              | NANTES            | 6               |
| 18/09/2022 |  |                   |                 |
| 17/09/2022 | CHORDS MUSIC SCHOOL CANTEEN<br>NEIGHBOURHOOD SUPERMARKET | NANTES<br>NANTES  | 6<br>19         |
| 16/09/2022 | LOVELY MUSIC STORE<br>MCDONALD'S                         | NANTES<br>NANTES  | 250<br>9        |

これらは、フランスのナントに住むジョン・ドゥとトム・ハリリーという二人の男性のクレジットカード取引です。彼らはこの週末になにかをしたいと考えています。あなたは彼らに何をお勧めしますか？

選択リスト：

1. 新しいバーガーキングの店舗
2. オリーブオイルの試飲イベント
3. オンラインのスーツケース店
4. 川沿いのコンサート

## 5. ベブイスイミングクラス

推薦推奨システムは、それなりの歴史をもっています。たとえば、観光ガイドや〇〇トップ10といったリストが、その事例です。The Guardian Best Books of 2022は、すべての人に同じ書籍リストを推奨していますが、あなた自身が本書籍を選ぼうとするときは、おそらくそのリストを翻案しているでしょう。いくつか選んで、自身の好みに基づいて読む順序を変更するというように。

では、見知らぬ人に推奨するときはどうでしょうか？先の事例では、おそらく与えられた情報に基づいて彼らの性格を想像しようとしたでしょう。あなたは判断を下し、ステレオタイプに当てはめるのです。そして、相手のタイプがわかったら、リストのなかから関連性のあるもの（またはそうでないもの）を選ぶでしょう。Amazon、Netflix、YouTubeなどの推奨システムも同様のプロセスを踏んでいます。

今日では、誰かが情報を検索したり、オンラインコンテンツを探したりするときはいつでも、何らかのパーソナライズされた推奨システムが使用されています<sup>1,2</sup>。YouTubeの主な機能は、プラットフォーム上の全動画のなかでなにを視聴するべきかをユーザーに提案することです。サインインしたユーザーの場合、過去の視聴履歴からモデルないしは性格タイプが作成されます。ジョンという人物のモデルが構築されると、そのモデルに当てはまる別の誰かを特定できるようになります。そしてジョンには、自身が視聴した動画と類似した動画だけでなく、彼と似た傾向をもつ他のユーザーが視聴した動画が推奨されるようになります。

## モデルとは何か？

モデルは、動画から子どもが学ぶべき教訓（lesson）にいたるまで、あらゆるものをユーザーから模倣するために使用できます。モデルは

世界の簡略化された表現であるため、機械はそれを理解したふりをすることができます。



1つ以上のインタラクティブ要素は文章のこのバージョンから除外しました。ここにオンラインでそれを表示できます: <https://aiopentext.itd.cnr.it/japanese/?p=113#oembed-1>

## Youtubeがあなたのことを知る方法

推奨にかかるすべての問題は、いかなる代替質問を用いるかに帰着します。「何を推奨すべきか」という問いは、あまりにも大雑把で、アルゴリズムにとっては空虚だからです。[Netflixは開発者に](#)、開発者にたいし、ユーザーAが動画Bに与えるであろう評価を、AIによる他の動画への評価を考慮して求めることを要請しました。YouTubeでは、特定の状況下で、特定のユーザーの視聴時間を検討します。何を尋ねるか、何を予測するかという選択は、どのような推奨事項が表示されるかに大きな影響を与えるのです<sup>3</sup>。正しい予測がよい推奨につながるという考えです。予測自体は、似たような嗜好履歴をもつ他のユーザーに基づいています<sup>4</sup>。つまり、モデルが類似しているユーザー群です。

## ユーザーモデル

YouTubeは、推奨にかかるタスクを2つに分割し、それぞれに異なるモデルを使用しています<sup>3</sup>。しかし、ここではより簡単な説明に留めます。

ユーザーモデルを作成するにあたって、開発者は、動画推奨に関連するデータはどれかを問うこととなります。ユーザーが以前に視聴したもの、これまでの彼らのレビュー、評価の星の数、明示的な嗜好、検

索履歴。YouTubeは明示的なデータよりも暗黙的なシグナルを活用しています。後者はより容易に入手できるためです<sup>3</sup>。ユーザーは動画をクリックしただけなのか、それとも実際に視聴したのか？視聴したなら、どのくらいの時間か？ユーザーは過去の動画推奨にたいしてどのように反応したのか<sup>1</sup>？どの推奨が無視されたのか？

これらの直接的な情報とは別に、性別、言語、地域、デバイスの種類などの人口統計学的情報は、新規ユーザーやまだサインインしていない未来のユーザーにたいして非常に価値があります<sup>3</sup>。

各ユーザーにモデルを適用可能になったら、ユーザーを比較し、その情報を推奨に使用できます。

## 動画モデル

互いに類似しつつも異なる動画を使用することもできます。YouTubeは、特定の動画に関する情報を分析します。具体的には、タイトルと説明、動画の質、視聴回数、「いいね」の数、お気に入りの数、コメント数、共有数、アップロードされてからの経過時間、親チャンネル<sup>1</sup>の登録者数などです。



1つ以上のインタラクティブ要素は文章のこのバージョンから除外しました。ここにオンラインでそれを表示で

きます: <https://aiopentext.itd.cnr.it/japanese/?p=113#oembed-2>

ユーザーが次に視聴する動画は、その動画がシリーズ内のエピソードかプレイリスト内のアイテムかにも依存します。新しいアーティストを見つけたいユーザーは、最も人気のある曲からより小さなニッチに遷移するかもしれません。また、サムネイル画像の品質が低い動画はクリックされない傾向にあります<sup>1,3</sup>。こうした情報もすべてモデルに組み込まれます。

推奨システムの構成要素のひとつは、1本の動画から関連動画のリストを生成することです。この文脈では、関連動画を、ユーザーが次に視聴する可能性が高い動画と定義します<sup>3</sup>。目標は、データから最大限の価値を引きだし、より優れた推奨を実現することです<sup>4</sup>。

---

<sup>1</sup> Davidson, J., Liebald, B., Liu, J., Nandy, P., Vleet, T., *The Youtube Video Recommendation System*, Proceedings of the 4th ACM Conference on Recommender Systems, Barcelona, 2010.

<sup>2</sup> Spinelli, L., and Crovella, M., [\*How YouTube Leads Privacy-Seeking Users Away from Reliable Information\*](#), In Adjunct Publication of the 28th ACM Conference on User Modeling, Adaptation and Personalization (UMAP '20 Adjunct), Association for Computing Machinery, New York, 244-251, 2020.

<sup>3</sup> Covington, P., Adams, J., Sargin, E., *Deep neural networks for Youtube Recommendations*, Proceedings of the 10th ACM Conference on Recommender Systems, ACM, New York, 2016.

<sup>4</sup> Konstan, J., Terveen, L., *Human-centered recommender systems: Origins, advances, challenges, and opportunities*, AI Magazine, 42(3), 31-42, 2021.

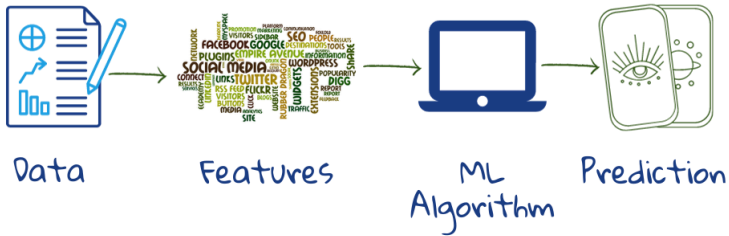
# 23. AIとは：YouTubeはあなたのことをいかにして学ぶか（2）

## プロセス

Googleのいたるところで、現在、[ディープニューラルネットワーク](#)が現在、機械学習に使用されています<sup>2</sup>。YouTubeのニューラルネットワークは、動画モデルに基づいて、ユーザーがすでに視聴したものと類似した動画を取得します。つぎに、特定のユーザーモデルごとに取得した動画のそれぞれの視聴時間を予測し、その予測値に基づいてランク付けします。こうした仕組みで、上位10~20本（デバイスによって異なります）の動画が表示されます。

このプロセスは、前述の[機械学習モデル](#)と似ています。まず、機械はプログラマーから与えられたユーザーと動画モデルから特徴を抽出します。訓練データから、各特徴にどのような重みを与えれば視聴時間を正しく予測できるかを学びます。そして、検証して機能していることが判明したら、予測と推奨を開始できるのです。

# A Machine Learns



## 訓練

訓練のあいだ、何百万もの肯定例および否定例の双方がシステムに与えられます。肯定例とは、ユーザーが動画をクリックし、一定時間視聴したケースです。否定例は、ユーザーが動画をクリックしなかったり、長時間視聴しなかったりしたケースです<sup>2</sup>。

このネットワークは、[How Youtube Learns You Part 1](#)のモデルのところで議論されているユーザーの特徴と動画の特徴を取り込みます。特定の動画とユーザーに対する視聴時間の予測が正しかったかどうかを確認することで、各特徴に与えられた重みづけを調整します。

数千億の事例に基づいて学習されるパラメータ（各特徴の重み）は約10億個にのびます<sup>2</sup>。ネットワークはまた、特定の特徴を無視することを学び、その重みをゼロにするかもしれません。したがって、アルゴリズムが作成する埋め込み、ないしモデルは、開発者が想定したものとは大きく異なる場合があります。

## テスト

ネットワークが訓練を終えると、すでに利用可能なデータで検証され、調整されます。予測の精度とは別に、システムの出力は、いくつかの価値判断に基づいて、プログラマーによって調整されなければなりません。すでに視聴した動画に似すぎた動画を提示しても、ユーザーの関心を惹くことはできないからです。優れた推奨とは具体的にどのようなものか。類似した動画をどのくらい表示させ、異なったものをどのくらい取り入れるか（動画間についても、ユーザー履歴との類似・相違についても当てはまります）。ユーザーの興味関心をどこまでカバーするか。どういった推奨が即時の満足につながり、どういった推奨が長期的な使用につながるのか<sup>1,3</sup>。これらはすべて考慮検討すべき重要な事項です。

ユーザーが推奨された動画セットを視聴する時間が長ければ長いほど、モデルはより成功しているとみなされます。クリック




された動画の数だけでは、評価の十分な根拠とならないことに注意してください。YouTubeは、推奨された動画のかなりの部分まで視聴された回数、セッションの長さ、最初の長時間視聴までの時間、推奨1されてログインしたユーザー比率に基づいて、推奨システムを評価しています<sup>1</sup>。







## インターフェース

これから、視聴者に推薦がどのように提示されるかを探ります。いくつかの動画を表示すべきか？最良の推薦を一度にすべて提示すべきか、それともいくつかを後で保存すべきか<sup>3</sup>？サムネイルと動画タイトルはどのように表示すべきか？どのようなその他の情報を表示すべきか？ユーザーが制御できる設定は何か<sup>1</sup>？これらの質問への答えが、YouTubeが20億のユーザーを引きつけ続ける方法を決定します。

- <sup>1</sup> Davidson, J., Liebald, B., Liu, J., Nandy, P., Vleet, T., *The Youtube Video Recommendation System*, Proceedings of the 4th ACM Conference on Recommender Systems, Barcelona, 2010.
- <sup>2</sup> Covington, P., Adams, J., Sargin, E., *Deep neural networks for Youtube Recommendations*, Proceedings of the 10th ACM Conference on Recommender Systems, ACM, New York, 2016.
- <sup>3</sup> Konstan, J., Terveen, L., *Human-centered recommender systems: Origins, advances, challenges, and opportunities*, AI Magazine, 42(3), 31-42, 2021.
- <sup>4</sup> Spinelli, L., and Crovella, M., [How YouTube Leads Privacy-Seeking Users Away from Reliable Information](#), In Adjunct Publication of the 28th ACM Conference on User Modeling, Adaptation and Personalization (UMAP '20 Adjunct), Association for Computing Machinery, New York, 244–251, 2020.

# 24. AIとは：適応型システムは学習者のことをいかに学ぶか（1）

An Adaptive Learning Tool can adapt 1 or more aspects of learning: 

- Does it adapt learning ?: The Sequence of learning activities? The difficulty level and type of activities?
- Does it adapt  within an activity? Hints and guidance -by- ?
- Does it adapt the learning approach?
- Does it adapt ? The  level of questions and problems with or without changing the learning path?

適応型学習システムを見ても、どこに適応させているのかを特定するのは非常に困難です<sup>1</sup>。どのような技術が使用され、なにに使用されているかもシステムによって異なります。

しかし、すべての適応型学習システムは、誰に教えるか（学習者についての知識）、何を教えるか（領域についての知識）、どのように教えるか（教育方法についての知識）を知っています<sup>2</sup>。

理想的なALSは、複数の方法で適応させます。学習者に近いところでは、学習アクティビティの順序が適応されます。YouTubeが推奨動画のリストを適応させるのと同様です。また、学習アプローチと難易度もパーソナライズされるかもしれません。

裏側では、各アクティビティについて、ALSが段階的な進捗状況をモニターしています。誤解があれば、フィードバックやヒントを適応させて、訂正します。また、受講生が以前に学習した概念を思い出せない場合、追加コンテンツを提示することもあります。こうした裏側の部分について、一部の専門家は、教師に任せるのが最善だと主張しています。特定の科目とタスクのすべてのルールをプログラムするのは費用と時間がかかるだけでなく、教師の知識と経験はつねに機械を凌駕するからです<sup>3</sup>。

## 適応システムが学習者を学ぶ方法

すべての推奨問題（[Youtubeはあなたのことをいかにして学ぶか\(1\)](#)）を参照してください）と同様に、ALSはタスクを機械で答えることができるひとつ以上の代理質問に分割します。繰り返しになりますが、ここで問う内容、つまり予測対象の選択は、提示される推奨内容に大きな影響を与えます。

マーケティング資料では、スコア向上、雇用可能性、エンゲージメントといった複数の目標がしばしば言及されます。システムの独占的な性質上、どの質問がシステムに組み込まれているのか、どの目標が最適化されているのか、短期目標と長期目標がどのように区別されているのかは、通常は不明です（たとえば、与えられたコンテンツを習得しないと次に進めないかどうかといったことです）<sup>4</sup>。

機械学習が使用される場合、選択された目標によらず、予測そのものは同様のスキルレベルと嗜好をもつ他の学習者に基づいて行われます。つまり、同じモデルに分類される学習者です。

## 学習者モデル

学習者モデルを作成する場合、開発者は学習プロセスに関連するような学習者の特徴を知ろうとします。学習者を直接観察して教育方法を調整できる教師とは異なり、機械が収集して処理できるデータは限られています。

学習者モデルで考慮される典型的な特徴：

- **学習者はなにを知っているか - 知識レベル、スキル、誤解<sup>5,2,6</sup>。**  
これらは通常、数学の問題1にたいして学習者が提出する答えを確認するなど、評価を通じて推測されます<sup>1</sup>。この事前知識は、学習完了時に知っていなければならないことと比較されます。
- **学習者はどのような学習を好むか：学習プロセスと好み<sup>5,6</sup>。**  
たとえば、学習者が正解するまでの試行回数、参照した教材の種

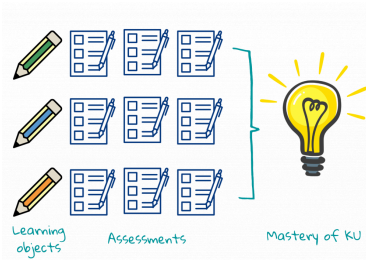
類、アクティビティに対する評価<sup>1</sup>、または学習者が最も関心を寄せた資料（画像、音声、テキスト<sup>2</sup>）などです。ALSのなかには、**スキルがいつ、どのように学習されたか、そしてどの教育方法が最も効果的だったか**を記録できるものもあります<sup>6</sup>。

- **学習者に意欲があるか**：感情や情緒は、学習者が直接記録することも、あるいは、発話、表情、視線、ボディランゲージ、生理的シグナル、またはそれらの組み合わせから間接的に抽出することもできます。こうした情報は、学習を妨げる退屈感や不満といった負の状態から、能動的関与や楽しみなどの正の状態に学習者を誘導するために活用できます<sup>7</sup>。
- **記憶力、注意力、問題解決能力、意思決定能力、状況分析、批判的思考などの認知的側面<sup>5</sup>**：これらはどのような状況でしょうか？
- **彼らがどのようにコミュニケーションをとり、協働していますか<sup>5</sup>**？たとえば、彼らは他の学習者のフィードにコメントを投稿しているか、問題を解決するために他の人とどのように話し合っているか、ということです<sup>1</sup>。
- **自己調整、自己説明、自己評価、自己管理<sup>5</sup>、助けを求めること、自分の思考を認識し、コントロールできるなどのメタ認知スキル**はどのような状況ですか？たとえば、学習目標の選択方法、既習知識の活用、問題解決戦略の意図的な選択方法<sup>5</sup>などです。

このデータは変化するので、記録と更新が必要ですが、年齢、性別、母国語、電子メールのアイデンティティなどの静的特性もモデルには含まれます<sup>2</sup>。

ほとんどのALSは、学習者とのやりとりに基づいて学習者モデルを作成します。一部のALSは、他のサイト、とくにソーシャルメディアから情報を集めています。各学習者のモデルが利用可能になると、機械は学習者間の類似度を計算し、特定の学習者がアクティビティ、具体例、質問によって学びを得られる確率を推定します<sup>3</sup>。

## ドメインモデル



ALSの学習オブジェクトと  
YouTubeの動画とのあいだには  
緩やかな共通点を見出すことが  
できます。科目は概念とスキル  
に分けることができます。これ  
らは知識ユニットと呼ばれ、学  
習者が習得すべきものです<sup>3</sup>。各  
知識ユニットには、内容を学習

するための一連の学習オブジェクト群と、学習成果を評価するための一連の評価活動群があります。一部の研究者は、オブジェクトをさらに細分化しますが、ここでは区別せずに進めます。

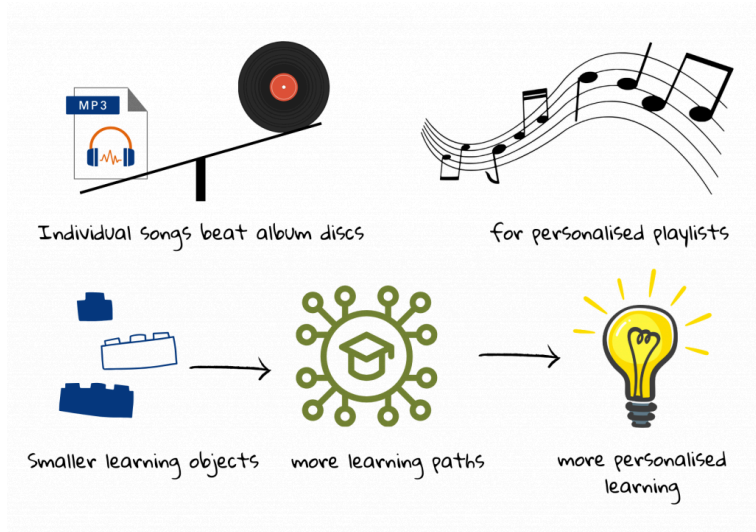
学習オブジェクトには、読むべきテキスト、動画、一連の練習問題、インタラクティブなアクティビティ（単純な穴埋めからシナリオベースの学習経験まで）、インタラクティブなアニメーションなどがあります<sup>1</sup>。学習オブジェクトは学習者に必要な知識を提供し、評価活動は知識が習得されたかどうかを示します<sup>3</sup>。領域モデルには、学習オブジェクトのすべての特徴が含まれています。関連する知識ユニットと評価も含まれます。

学習者が次に学習する内容は、知識ユニット間の相互関係に依存します。

これらの知識ユニットは、モデルに入れ込む必要があります。学習オブジェクトAとBの両方が学習オブジェクトDを学ぶ前提条件となるかもしれません。したがって、AとBは、Dの前に習得する必要があります。一部の知識ユニット間には、どのように学んでゆくべきかを規定するような秩序があるのです<sup>3</sup>。逆に、学習者がDに対応する問題を正しく解くことができれば、その学習者はAとBをともに習得できるとみなせるでしょう。

これらの関係の一部は、その科目の専門家が提供できます。そのほかの推論は、機械によって学習可能であり、知識ユニットが習得された確率を予測できます。このような習得の判断には、学習者がDの質問に正答したという事実から、学習者がAとBを習得済みであるとシス

テムが認識することも含みます。この情報と、学習者モデルや領域モデルの他の特徴と組み合わせて、学習経路や学習オブジェクトを推奨できるようになります。



学習オブジェクトのその他の機能には、アクティビティの難易度、人気度、評価などがあります。ここでの目標は、YouTubeの推奨システムと同様に、利用可能なデータからできるだけ多くの情報を引き出すことです。

---

<sup>1</sup> EdSurge, *Decoding Adaptive*, Pearson, London, 2016.

<sup>2</sup> Alkhatlan, A., Kalita, J.K., *Intelligent Tutoring Systems: A Comprehensive Historical Survey with Recent Developments*, International Journal of Computer Applications 181(43):1-20, March 2019.

<sup>3</sup> Essa, A., [A possible future for next generation adaptive learning systems](#), Smart Learning Environments, 3, 16, 2016.

- <sup>4</sup> Bulger M., *Personalised Learning: The Conversations We're Not Having*, Data & Society Working Paper, 2016.
- <sup>5</sup> Chrysafiadi, K., Virvou, M., *Student modeling approaches: A literature review for the last decade*, Expert Systems with Applications, Elsevier, 2013.
- <sup>6</sup> Groff, J., *Personalized Learning: The state of the field and future directions*, Center for curriculum redesign, 2017.
- <sup>7</sup> du Boulay, B., Poulivasillis, A., Holmes, W., Mavrikis, M., *Artificial Intelligence And Big Data Technologies To Close The Achievement Gap*, In: Luckin, Rose ed. *Enhancing Learning and Teaching with Technology*. London: UCL Institute of Education Press, pp. 256–28, 2018.

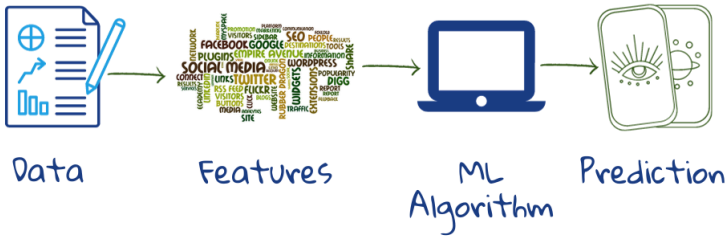
# 25. AIとは：適応型システムは学習者をどのように学習するか（2）

## プロセス

近年、適応システムにおいて機械学習はますます用いられており、それらは単独で、または他のアプローチと組み合わせて使用されています<sup>2</sup>。使用される場合の機械学習の主な役割は、評価の結果やプロセス<sup>1</sup>で生成された新しいデータといった特性に基づいて、学習者モデルの作成と更新を行うことです。

外側のループでは、トレーニングデータの助けを借りてモデルが作成され、適切な重みが割り当てられます。これらは、効果的な学習コンテンツを推奨するのに役立つ機能です<sup>2</sup>（[機械学習の仕組み](#)も参照してください）。これらのモデルは、YouTubeの新しい推奨のように、学習者の進捗と変化する関心を反映した新しい学習経路を定期的に推奨するために使用されます。機械学習ベースのALSでは、学習経路の数は数兆に達することがあります<sup>3</sup>。

# A Machine Learns



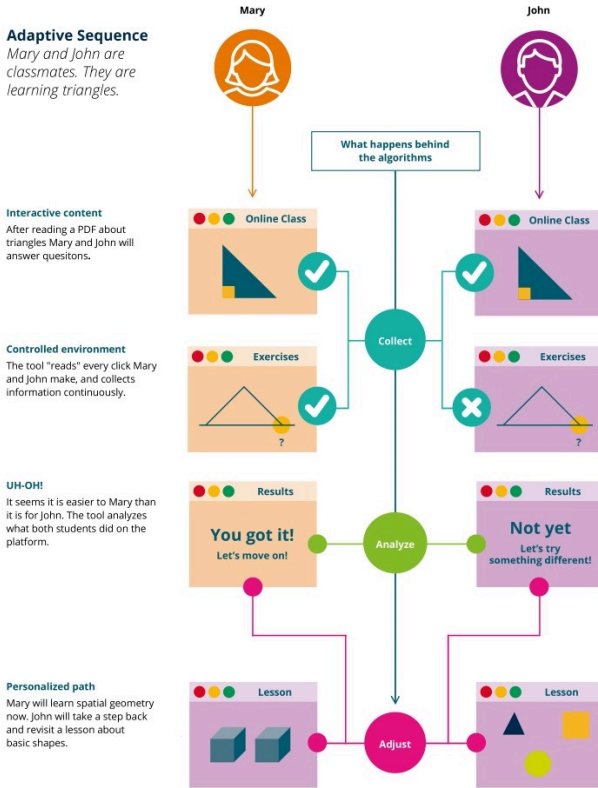
内側のループでは、機械学習は適切なフィードバックを提供し、エラーを特定し、知識の不足箇所を推測し、知識ユニットの習熟度を評価します。学習者は、学習アクティビティに取り組むなかで間違えることがあります。機械学習は、どのような間違いがどの知識の不足から生じるかを予測するために使用できます。なんらかの学習ステップにより進捗が見られた場合には、機械学習を使用して、どの知識ユニットが正常に習得されたかを予測できます<sup>2</sup>。

この他にも、適応システムでは、推論を行うための自動化を減らし、明示的に記述されたルール<sup>2</sup>をより増やすといったテクニックが用いられています。

こうしたシステムは、意思決定のための基準を正確に把握するために、多くのプログラミング時間と追加の努力を必要とします。さらに、結果をある領域から次の領域に、またはある問題から次の問題に一般化することはできません。

機械学習を使用するツールは、実際の学習者のパフォーマンスに関する大量のデータセットを使用し、時間の経過とともに、学習者にとって最もダイナミックな学習経路を作成することができます<sup>1</sup>。すべての

機械学習アプリケーションと同様に、教室で使用する前にトレーニングとテストが行われます。



EdSurge, *Decoding Adaptive*, Pearson, London, 2016による画像、CC BY 4.0の下でライセンスされています。このライセンスのコピーを表示するには、<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>を訪問してください

## 教育モデル

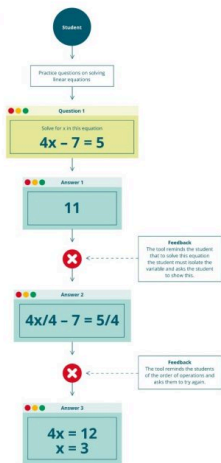
YouTubeの場合、よい推奨とはなにかについて多くの価値判断があることをみてきました。たとえば、ひとつの推奨セットでカバーする必

要があるユーザーの関心の数、すでに視聴したものと類似している動画の数、多様性のために追加する新しいコンテンツの数などです（[Youtubeはあなたのことをいかにして学ぶか\(2\)](#)を参照してください）。ALSには、知識ユニットを習得することの意味とその習得方法、つまり教育方法と学習者の日常の経験についての同様の判断が含まれます<sup>4</sup>。

ALSの場合、学習者の進捗に関するこれらの判断とガイダンスは、実証された教育方法的理論に基づいている必要があります。これらは教授モデルに投入され、領域モデルおよび学習者モデルとともに、機械が適切な一連のアクティビティを選択するのに役立ちます。

このモデルでは次のような質問に答えることができます。学生に次に提示されるべきは、概念、アクティビティ、またはテストですか？ どのレベルの難易度で？ どのように学習を評価し、フィードバックを提供しますか？ どこでさらなる「足場かけ」の支援が必要ですか<sup>5</sup>？（「足場かけ」は、概念と手順、使用される戦略、学習の反映・計画・モニタリング方法に関するガイダンスを提供するサポートメカニズムです。）教育モデルは、アクティビティの幅と深さを指示し、ALS内で続行するか、教師からの助けを得るかさえも決定します<sup>3</sup>。

Here is an example of content scaffolding in math:



Here is an example of content scaffolding in literacy:

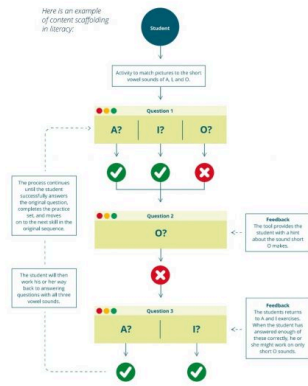


Image from EdSurge, *Decoding Adaptive*, Pearson, London, 2016 licenced under CC BY 4.0. To view a copy of this licence, visit <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.

## インターフェース

推奨事項は、学習者の進捗状況、パフォーマンス、目標などのその他のデータとともに表示されます。ここでの重要な質問は次のとおりです。

- コンテンツはどのように配信されますか？
- 一度にどれくらいのコンテンツが推奨されますか？
- 何が直接割り当てられ、何が推奨されますか？
- サポートリソースは何ですか？
- グループ活動を提供することは可能ですか？
- どのくらいの自律性を許すべきですか？
- 学習者は自分の好みを変えることができますか？
- 教師は学習経路を変えることができますか？
- 教師にはどのようなデータが示されますか？
- 教師はループのなかにいますか？

## 評価

ALSが使用されると、ほとんどのシステムはプログラマーが設定した基準に対する自身のパフォーマンスをモニターします。あらゆるAIツールと同様に、データには偏りがあるかもしれません。システムによって引き出された推論は不正確である可能性があるのです。学習者の過去のデータは、時間とともに関連性が低くなります<sup>6</sup>。したがって教師も、システムのパフォーマンスをモニターし、必要に応じて学習者のガイダンスと是正措置を提供する必要があります。

教師や仲間もインスピレーションを与え、代替リソースを明らかにする必要があります。 推奨システムの研究は、商業コンテンツプロバイダーとオンライン小売企業によって10年以上にわたってなされてきました。したがって、焦点は、促進できる結果を生み出すような推奨を提供することでした。「予期せぬ隠れた宝石の驚くべき喜び」<sup>7</sup>と、あまり旅されていない道の魅力は、永続的な学習を刺激することができます。残念ながら、これらは機械ベースのパーソナライズド学習の強みではありません。

---

<sup>1</sup> EdSurge, *Decoding Adaptive*, Pearson, London, 2016.

<sup>2</sup> Chrysafiadi, K., Virvou, M., *Student modeling approaches: A literature review for the last decade*, Expert Systems with Applications, Elsevier, 2013.

<sup>3</sup> Essa, A., [A possible future for next generation adaptive learning systems](#), Smart Learning Environments, 3, 16, 2016.

<sup>4</sup> Groff, J., *Personalized Learning: The state of the field and future directions*, Center for curriculum redesign, 2017.

<sup>5</sup> Alkhatlan, A., Kalita, J.K., *Intelligent Tutoring Systems: A Comprehensive Historical Survey with Recent Developments*, International Journal of Computer Applications 181(43):1-20, March 2019.

<sup>6</sup> du Boulay, B., Poulouvasillis, A., Holmes, W., Mavrikis, M., *Artificial Intelligence And Big Data Technologies To Close The Achievement*

*Gap*, In: Luckin, Rose ed. *Enhancing Learning and Teaching with Technology*. London: UCL Institute of Education Press, pp. 256–28, 2018.

<sup>7</sup> Konstan, J., Terveen, L., *Human-centered recommender systems: Origins, advances, challenges, and opportunities*, *AI Magazine*, 42(3), 31-42, 2021.

## 26. ALSの裏側：注意すべきいくつかのパラダイム

適応型学習システムの可能性が約束されているにもかかわらず、多くの疑問が未解決のままです。これらの問題に対処するのに役立つような、教室での実践に関する十分な調査や文書化はまだありません。

- 推奨システムは、Netflixユーザーに映画を提案するために使用されます。Amazonのオーディオスピーカーは、消費者が適切な選択をするのに役立ちます。しかし、それらは、教室1の各学習者の学習成果をほんとうに改善できるのでしょうか？
- パフォーマンスと個別化につねに集中することは、学習者の心理的幸福に影響するのでしょうか<sup>2</sup>？
- 個別化は、学習者に多くの規律と自己規制を要求します。彼らは自分自身で作業を始め、割り当てられたすべてのアクティビティを終えるまで作業を続けなければなりません。すべての学習者が助けなしでこれを行うことができるのでしょうか<sup>2</sup>？
- 個別化と社会的学習の機会をどのようにバランスさせるとよいでしょうか<sup>3</sup>？
- 単一のトピックのサポートとしてALSを使用することから、これらのシステムをトピックと科目<sup>2</sup>にわたって体系的に使用するよう移行するにはどうすればよいのでしょうか？ 適応性<sup>3</sup>を組み込むために必要なカリキュラムの変更についてはどうでしょうか？
- 必要なインフラストラクチャはどうですか？ データとプライバシー、バイアス、強化されたステレオタイプ<sup>3</sup>について、何をする必要がありますでしょうか？

ALSを開発する際には、直接的または間接的にいくつかの方針が使用されます。これらがつねに無害とは限りません。

## ALSのパラダイム：古きよきもの

機械学習システムが何かを予測したり推奨したりするとき、何が行われているのでしょうか？ 学生の過去の経験、好み、パフォーマンスを使用して、彼らに何を推奨するかを選択しています。つまり、これらのシステムはつねに過去に頼っています<sup>4</sup>。機械学習は、過去が未来に引き継がれるような静的で安定した世界において最も効果的です<sup>5</sup>。ALSは、機械学習モデルに基づいていますが、教育的な考慮事項が追加されています。

その結果、これらのシステムは、COVIDパンデミック、健康問題といった、各種の正常性の変動に対応することができません。システムは、年齢、成長、新しい能力の習得、そして若い人の個人的な進化を考慮することに苦労することがあります。

学習者の行動は予測可能なのでしょうか？ 過去にうまくいったやり方が、退屈で反復的になり、進行を妨げるまでに、何回繰り返すことができるのでしょうか？ たとえそのような予測が可能であったとしても、学習者を当人が好み快適なものだけにさらすことは賢明なことでしょうか？ 目新しさが圧倒的で逆効果になるのはどの程度の新しさのときでしょうか<sup>6</sup>？

推奨されるアクティビティがどれだけ似ているべきか、1回のセッションでいくつの新しいタイプのアクティビティを導入するべきか、学生に挑戦に直面させ、新しい興味を探求するよう促すのが生産的なタイミングはいつかを決定するのは難しいことです。答えは学習者の過去だけにあるわけではありません。

## ALSのパラダイム：暗黙のシグナルを生かす

過去が未来を予測するために信頼にたる場合でも、過去そのものを正確に捉えることは難しいかもしれません。ユーザーが動画を好んでい

るかをYouTubeはどのように把握できるのでしょうか？「いいね」ボタンをクリックしたり、視聴後に親チャンネルを購読したりした場合は簡単です。しかし、そのような明示的な行動はむしろ稀です。推奨システムは、真実を完全に反映するかもしれないし、反映しないかもしれないような暗黙のシグナルに定期的に頼らなければなりません<sup>4</sup>。たとえば、YouTubeは、ユーザーが動画を視聴するのに費やした時間を、動画が気に入って、同様のコンテンツを見たいという暗黙のシグナルとして使用します。しかし、誰かのコンピュータで最後まで動画が再生されたからといって、その人がそれを気に入ったとは言えませんし、視聴したことさえ保証できません<sup>7</sup>。

フィードバックが適応型学習システムでどのように記録されるかについてはどうでしょうか？たとえば、学習者がアクティビティ中に注意を払っていたかどうかを測るために、システムは、学習者がクリックしたデジタルリソースの数、アクセスした時刻と時間を記録することがあります。しかし、これらは学習者の注意のレベルを正確に反映したものではありません<sup>1</sup>。

たとえば、学習者がアクティビティで何をすべきかを明確に理解している場合、いくつかのリソースを参照して、重要なポイントにすばやく焦点を合わせることができます。あまり明確になっていない人は、あまり学ぶことなく、リストされているすべてのリソースを開いて時間を費やしているかもしれません<sup>1</sup>。このとき、最初の学習者は、やる気がないという誤ったフラグを立てられ、追加の作業をさせられてしまうかもしれないのです。

また、機械学習モデルでは、学習者がリソースをクリックしたかどうかと、関連する演習で高得点を獲得したかどうかの2つしか確認できません。リソースを参照したからといって、学習者が高得点を獲得したと推測することはできません。相関関係は推測できますが、因果関係は推測できないのです<sup>5</sup>。

一部のALSにおいては、教師が自ら進んでこうしたエラーを修正するという不当な期待が存在しています。他のシステムでは、教師にはそのような選択肢すら与えられていません。

## ALSのパラダイム：すべてはひとつの質問に置き換えられる

推奨システムは、複数の目標を処理できません。ALSの目的は、多くの場合、単一の質問のかたちで提示されます。代理質問です。ユーザーは映画にどのような評価を与えたか、動画をどのくらい視聴したか、クイズでの学習者の得点はどのくらいか、機械が注意力を測定するために使用した基準をどの程度満たしたか。システムはこれらの目標を達成するために訓練され、達成したかどうかに基づいて検証されます。そのパフォーマンスは、これらの目標に即してスコアを最大化するためにつねに調整されます。

クイズでの高得点が目標である場合、特定のコンテンツが特定の方法で推奨されます。そうすれば、試験の結果が解決されるべき代理問題になります。目標が単に多くのリソースをクリックさせるだけなら、この目的に沿って推奨事項が調整されます。この場合、リソースを十分に魅力的にすることになります。

どのような代理質問を選択するかは、ALSがどのように機能するかに大きな影響を与えます。さらに、ALSが客観的なシステムとして宣伝されているのとは対照的に、推奨の代理質問は、科学的というよりも感覚的に選択されていることが多いのも実情です<sup>4</sup>。

## すべての技術がハイテクというわけではない

ここまで見てきたように、ALSの作成には、多くの決定が関わっています。どのようなデータが測定されるか、そのデータがフィードバックやその他の情報を測定するためにどのように使用されるか、どのような目標が最適化されるか、そしてこれらの目標を最適化するためにどのようなアルゴリズムが使用されるかなどです。多くの場合、これらの決定を行うのはプログラマー、データサイエンティスト、財務およびマーケティングの専門家です。開発プロセスにおける教師や教育

専門家の寄与は稀であり、あったとしてもその多くは、設計がなされた後のことです<sup>2</sup>。製品は、学校で採用される前に実地テストを受けておらず、その有効性は、科学的研究ではなく、体験談や逸話に基づいて語られていることが多いのです<sup>2</sup>。

その結果、学校が必要とするもの、そして馴染んでいるものは、ソフトウェア会社が構築しているものにほとんど影響を与えません。コスト、可用性、インフラストラクチャは、学校が購入できるものに大きな影響を与える可能性があります。特定の製品を使用するかどうか、またはどのように使用するかを決定する際には、このことを念頭に置くことが重要です。おそらく、それらすべてを適応型学習システムやAIと考えるのではなく、目的、設計、能力が大きく異なる個々のシステムとして考えるほうがよいでしょう。

ALSは全体として、フィードバック、足場かけの支援、演習をパーソナライズするために使用できます。プログラミングと設計の範囲内で、学習の必要な箇所を見つけ、それを改善することができます。ただし、「教えるべき瞬間」や、クラスの雰囲気を利用して新しい概念や具体例を導入するのに適した時機といったものを検知することはできません。学習に魔法のような効果をもたらし、授業内容が学習者の記憶に残るようにするという能力は、教師だけがもちうる特性なのです。

---

<sup>1</sup> Bulger M., *Personalised Learning: The Conversations We're Not Having*, Data & Society Working Paper, 2016.

<sup>2</sup> Groff, J., *Personalized Learning: The state of the field and future directions*, Center for curriculum redesign, 2017.

<sup>3</sup> Holmes, W., Anastopoulou S., Schaumburg, H & Mavrikis, M., *Technology-enhanced personalised learning: untangling the evidence*, Stuttgart: Robert Bosch Stiftung, 2018.

<sup>4</sup> Covington, P., Adams, J., Sargin, E., *Deep neural networks for Youtube Recommendations*, Proceedings of the 10th ACM Conference on Recommender Systems, ACM, New York, 2016.

<sup>5</sup> Barocas, S., Hardt, M., Narayanan, A., [\*Fairness and machine learning Limitations and Opportunities\*](#), MIT Press, 2023.

- <sup>6</sup> Konstan, J., Terveen, L., *Human-centered recommender systems: Origins, advances, challenges, and opportunities*, AI Magazine, 42(3), 31-42, 2021.
- <sup>7</sup> Davidson, J., Liebald, B., Liu, J., Nandy, P., Vleet, T., *The Youtube Video Recommendation System*, Proceedings of the 4th ACM Conference on Recommender Systems, Barcelona, 2010.



## PART V

# リスニング、スピーキング、ライティング

赤ちゃんが母国語を驚くほど早く習得する様子に、誰もが感嘆したことはありませんか？その最初の急成長期を過ぎると、その言語を完璧にするには、家族、友人、教師、見知らぬ人々からの生涯にわたる入力が必要です。

常に聞いたり話したり、そして後に読んだり書いたりすることで、言語は赤ちゃんと共に成熟へと成長すると言えるでしょう。この個人的な成長は、個人から教室へとスケールアップすることはほとんど不可能です。ましてや外国語となると、なおさらです。

教師は、このプロセスを円滑にするために、どのように時間を配分して生徒一人ひとりと会話し、修正を加えるべきでしょうか？

もしAIが個別学習を支援するならば、言語学習はその能力を発揮するのに最適な分野ではないでしょうか？



## 27. 翻訳者

オンラインで利用可能な自動翻訳ツールは、今日では多くの言語に対して簡単に使用できます。これらのツールの中にはインターネットの大手企業（例えばGoogle翻訳）によって開発されたものもありますが、DeepLのような独立した専門ツールも利用できます。

歴史的に、自動翻訳は人工知能（AI）にとって難題であり、多様なAI技術が長年にわたり試されてきました。ルール（専門家たちが手作業で構築したルール）に基づくシステムは、並列テキスト（複数言語で同じテキスト）のデータセットが入手可能になると、統計的機械学習技術に取って代わられました。ここ数年ではディープラーニング技術が最先端となっています。

ほんの数年前までは、こうしたツールを試すのが楽しいひとときでした。例えば歌の歌詞やメニューを翻訳すると面白い結果が返ってきたものでしたが、今日ではもはやそうではありません：

- 国際機関は多言語主義をサポートするために自動翻訳ツールの使用を検討しています；
- 大手メディア動画プラットフォームは、より多くの人に視聴してもらうため、人間による翻訳ではなく自動翻訳を使用しています；
- バイリンガルの人々や翻訳専門家たちも、日常生活でも業務でもこれらのツールを使用しているようです。

さらに、改善の余地はまだあります。翻訳の品質は依然として向上しており、翻訳と文字起こし、音声合成を組み合わせ、シームレスな多言語コミュニケーションを可能にするソリューションがまもなく一般的になるでしょう。

これらのツールは教育向けに設計されたわけではありませんが、すでに影響を与え始めています。

調べてみよう！

自動翻

訳に関連  
するいく  
つかの用  
語

## 生徒は自動翻訳を使用していますか？

私たちの知る限り、今日（2022年12月）において、これが問題であるかどうかを測定した公式の公文書や大規模な調査はありません。フォーラム<sup>3</sup>での議論や、AIを用いた不正行為を避ける方法や、外国語クラスにAIを導入する方法を提案する記事があります。これらは生徒の自動翻訳ツールの使用が広がっていることを前提としています。



「ありえない翻訳」 by giopuo は CC BY-NC-SA 2.0 の下でライセンスされています。このライセンスのコピーを見るには、<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.0/?ref=openverse> を訪れてください。

2022年4月に、様々な言語（英語、フランス語、ドイツ語）を教える、様々なスキルレベルの教師を対象に、小規模で非公式な調査を実施しました。主な授業対象は12歳から16歳の生徒でした。この調査はパリ近郊で行われたため、生徒も教師もフランス人でした。結果は、教師たちは皆、教室を出ると生徒がDeepLやGoogle翻訳を利用する状況に対処せざるを得ない状況でした。

以下は、私たちが得たコメントの一部です：

- 生徒たちが習得している唯一のスキルはコピー＆ペーストのようです。
- 成績が良くやる気のある生徒でさえ、コピペをします - 自分で宿題をしようと思いますが、その後自動翻訳ツールで確認すると、多くの場合、自動翻訳の結果が自分よりはるかに優れていることに気づき、機械が作成した解答をそのまま採用します。
- 生徒たちが外国語学習の意義を疑問視しているため、学習意欲の問題が生じています。

上記の分析はさらなる調査が必要です。複数国を対象とした包括的な

調査が確実に役立つでしょう。これまで、様々な関係者との議論から、以下の点を検討するに至りました：

- ・ 教師はもはや宿題として翻訳課題を出題できません。特定のテーマについてエッセイを書くといった、より創造的な課題でさえ、自動翻訳ツールの使用につながる可能性があります。生徒は母国語でエッセイを書き、それを翻訳するかもしれません。
- ・モチベーションの問題は重要です。これは新しい問題ではありません。2000年には、著者や教育者たちが「外国語能力の追求を称賛すべき努力と見る者もいれば、効果的な代替手段が存在するならば不要だと考える者もいる」と主張しました<sup>5</sup>。

私たちの観察結果は、フォーラムで見つかった反応や文献で報告された反応と一致しています<sup>4</sup>。

## 自動翻訳は教師を欺くことができますか？

ブログ上の論文によれば、たとえ後で人が手を入れて修正された自動翻訳であっても、語学教師はそれを見抜くようです。Birdsell<sup>1</sup> は、日本人学生が 500 語の英語のエッセイを書くという課題を想定しました。一方のグループは辞書やスペルチェッカーといった一般的なツールを使用しつつ直接執筆し、もう一方のグループは日本語でエッセイを書いてから、DeepLを用いて英語に翻訳しました。興味深いことに、教師は後者のグループを高く評価する一方で、DeepLの助けを借りて書かれたエッセイであることを識別できました。

調べてみよう！

AI技術  
は急速に  
進化して  
います

## 機械翻訳ツールとテキスト生成ツールは併用できますか？

今後の展開を予測するには時期尚早ですが、現時点での答えは「はい」です。簡単な例として、フランスのジャーナリストがテキスト生成ツール（OpenAI Playground）で文章を作成し、それをDeepLで翻訳した後に、この文章をコミュニティに提示することに何の問題も感じませんでした<sup>2</sup>。

## 自動翻訳を使用することは不正行為ですか？

これは答えるのが難しい質問です。インターネット上のディスカッションフォーラムを参照すると<sup>3</sup>、それは不正行為であると簡単に納得できます。学生にはこれらのツールを使用しないように言われています。彼らが従わない場合、不正行為の疑いをかけられると言われています。しかし、反対の主張も提示できます。教育とは、タスクを遂行するためにツールを賢く使用方法を人々に教えることです。では、生徒が学校の外で利用可能なツールを使用する方法を学ぶことを可能にするのはどうでしょうか？

この教科書は決定的な答えを提供する権限がありませんが、これらのツールを言語学習に使用方法を教師が探求することを提案します。

## 教師はどう対応すべきでしょうか？

Florencia Henshawはいくつかの選択肢を議論していますが、どれも説得力がありません<sup>4</sup>：

- AIは単に機能しない（フォーラムでのお気に入りの結論<sup>3</sup>）と言

うのは、生徒がこれに同意しても役に立ちません。彼らはそれでもこれらのAIツールを使いたがるでしょう。

- ゼロトレランス（完全禁止）アプローチは、AI使用を検知できることに基いており、現状では可能かもしれませんが<sup>1</sup>、今後もそうであるかは不確かです。さらに、AIを使用することは不正行為ですか？読書用の眼鏡や物運搬用の手押し車を使うことと、どう違うのでしょうか？
- ツールを部分的に使用する（例えば個々の単語を検索する）アプローチも批判されています<sup>4</sup>。自動翻訳ツールが機能するのは文脈を活用しているためです。個々の（文脈から切り離された）単語に対しては、辞書と同程度の性能しか発揮しません。
- 教室の外でツールを賢く使用するアプローチは魅力的ですが、学習場面で実際に役立つ活動を開発するには、さらなる取り組みが必要となります。

---

<sup>1</sup> Birdsell, B. J., *Student Writings with DeepL: Teacher Evaluations and Implications for Teaching*, JALT2021 Reflections & new perspectives 2021.

<sup>2</sup> Calixte, L, November 2022, [https://etudiant.lefigaro.fr/article/quand-l-intelligence-artificielle-facilite-la-fraude-universitaire\\_463c8b8c-5459-11ed-9fee-7d1d86f23c33/](https://etudiant.lefigaro.fr/article/quand-l-intelligence-artificielle-facilite-la-fraude-universitaire_463c8b8c-5459-11ed-9fee-7d1d86f23c33/).

<sup>3</sup> Reddit discussion on automatic translation and cheating. [https://www.reddit.com/r/Professors/comments/p1cjiu/foreign\\_language\\_teachers\\_how\\_do\\_you\\_deal\\_with/](https://www.reddit.com/r/Professors/comments/p1cjiu/foreign_language_teachers_how_do_you_deal_with/).

<sup>4</sup> Henshaw, F. *Online Translators in Language Classes: Pedagogical and Practical Considerations*, The FLT MAG, 2020, <https://fltmag.com/online-translators-pedagogical-practical-considerations/>.

<sup>5</sup> Cribb, V. M. (2000). *Machine translation: The alternative for the 21st century?* TESOL Quarterly, 34(3), 560-569. <https://doi.org/10.2307/3587744>.

## 28. AIでの執筆

私たちは長年、ワープロソフト（例：Microsoft Word、Google Docs、Pages、LibreOffice）と呼ばれる専用ソフトウェアを使って、文法提案機能を活用しながらコンピュータ上で文章を書くことに慣れ親しんできました。これらのツールに明らかなミス指摘され、助けてもらったことがない人は手を挙げてください◇

しかし、これらのツールがもたらした変革は、単なるタイプミスの修正にとどまりません。はるかに深い次元で、異なる書き方を生み出しのです。デジタルライティングは、書き上げた文章に立ち返り、伝えたいことをより効果的に表現できるように修正することができます。

もう少し専門的な言葉を使うと、私たちは線形的な執筆アプローチから、反復的なプロセスへと移行しました。最近の研究によると、デジタルツールによって引き起こされたライティングプロセスの変化は、生み出されるテキストの質を向上させました。

### AI時代のライティング

とにかく、ライティングとそれに関連する思考形態の進化のプロセスは止まっていません。近年、AIの爆発的普及とともに、その進化は著しく加速しています。Grammarly、Wordtune、Ludwig、ProWritingAidなどのツールは、単にテキストの文法的な修正を提供するだけでなく、ライティングスタイルの向上を促し、剽窃をチェックするなど、ライティングプロセス全体を通じてユーザーをサポートするように設計されています。

学校教育の世界がこうした革新の影響を受けないはずがないことは当然のことです。これは、文献で提案されている、こうしたソフトウェアを活用するように意図された教育的介入の数が増加していることで裏付けられています。一部の研究者は、これらのツールを用いて、学生が外部情報源を活用するスキルを磨き、剽窃問題を回避できる適切な言い換え能力を育成することを提案しています。これらの多くの

ツールは、個々の学生の強みと弱みのタイムリーな分析を提供することで、教師が生徒によって生産されたテキストを評価するのをサポートすることができます。さらに、これらのツールは、学生自身が自分のライティングスキルを自己評価できるようになり、それによってメタ認知プロセスを可能にし、学習を加速させます。

## 輝くものすべてが金とは限らない...

明らかに、これらの技術革新には潜在的な問題があります。まず、こうしたすべてのディープラーニング・メカニズムの根底には、モデル構築の基盤となるソースデータが存在することを理解しているでしょう。限定的な、あるいは誤ったトレーニングデータは、バイアスを引き起こす可能性があります。さらに、これらのツールによって生産/期待されるテキストが全体的に画一化されるリスクもあります。これは、学生の創造性が制限される（評価の場合には不利になる）恐れがあります。最後に、これらのツールは主に英語での運用に限定されているため、非英語圏のコンテキストでは第二言語（L2）領域で利用されることとなります。とはいえ、技術革新のスピードは極めて速いため、英語以外の言語向けにも同様のツールが間もなく登場するでしょう。

## 未来への展望

ライティングプロセスに関連する主要な認知プロセスの一つは、私たちが表現したいメッセージを完成させるために必要な情報を長期記憶から取り出すことです。これらのツールが、このプロセスをサポートし、私たち自身の記憶よりもはるかに広範な「記憶」へ即時にかつ簡単にアクセスできるようにするだろうと容易に推測することができます。

最後に、テキスト生成プロセスの著しい進歩は、これらのツールが

はるかに積極的な形でライティングプロセスをサポートする未来を示唆しています。

テキストの書き方は、おそらく我々がまだ想像もつかない形でさらに変化していくでしょう。しかし、課題は常に同じです — 手元にあるツールを意識的に活用し、それに応じて指導方法を適応させる術を知ることです。準備はできていますか？

# 29. AIとは: ディープニューラルネットワーク

## 機械学習は深層へ

人間の知識は広範で多様であり、本質的に把握が難しい。人間の思考が知識を吸収し処理できるのは、チョムスキーが述べたように「わずかばかりの情報で機能する驚くほど効率的で優雅でさえあるシステムであり、データ点間の単純な相関を推測するのではなく、説明を生み出すことを求める<sup>1</sup>」からです。

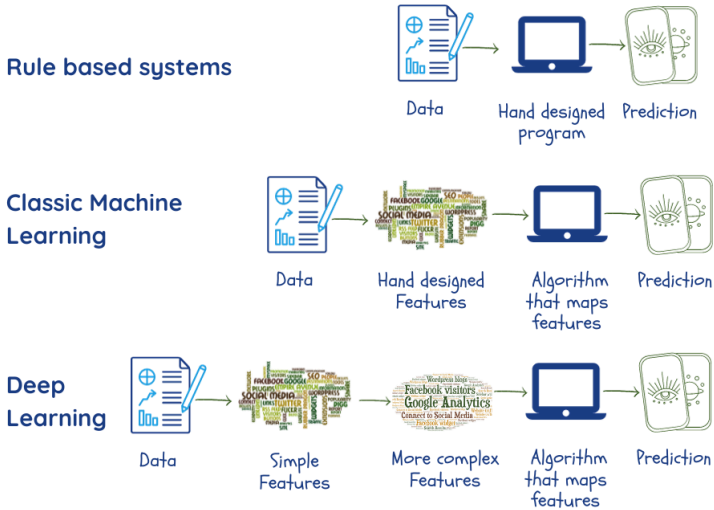
機械学習は、大量のデータからパターンを発見することでこれを実現します。しかしその前に、専門家やプログラマーが問題に関連するデータの特徴を特定してコード化し、それらを「パラメータ」として機械に与えなければなりません<sup>2,3</sup>。前述の通り、システムの性能はデータとパラメータの質に大きく依存しており、これらは常に明確に特定できるわけではありません。

ディープニューラルネットワークまたはディープラーニングは、機械学習の一分野であり、以下の方法でこの課題を克服するように設計されています：

- ・ トレーニングフェーズ中にデータから自身のパラメータを抽出する；
- ・ パラメータ間の関係を構築する複数の層を使用し、最外層の単純な表現から次第に複雑で抽象的な表現へと移行する。これにより、従来の機械学習アルゴリズムよりも優れた処理が可能となる<sup>2</sup>。

強力な機械学習アプリケーションの大半は、ますますディープラーニングを採用するようになってきました。これには本書で扱った検索エンジン、推薦システム、音声文字変換、翻訳などが含まれます。ディー

プログラミングが多様なタスクで人工知能の成功を推進してきたと言っても過言ではありません。



参照 : Goodfellow, I.J., Bengio, Y., Courville, A., ディープラーニング, MIT Press, 2016.

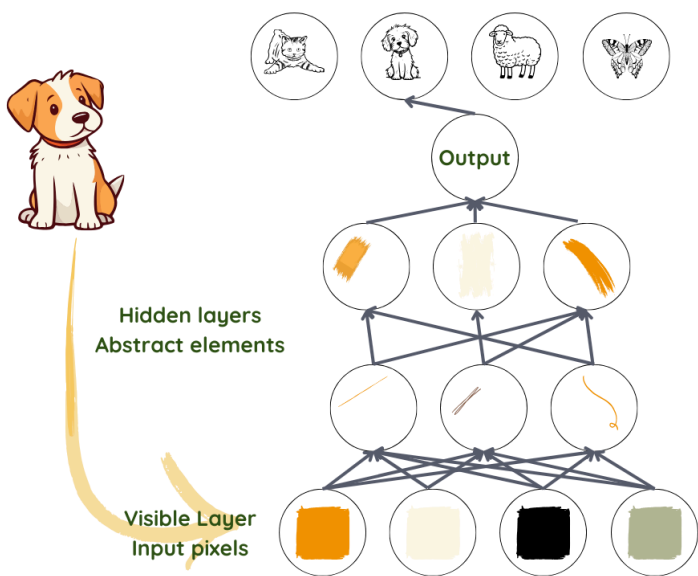
「ディープ」とは、層が積み重なってネットワークを形成することです。「ニューラル」は、設計の一部が生物学的脳に着想を得た事実を反映しています。それにもかかわらず、また私たちの思考プロセスへの洞察を提供するにもかかわらず、これらは厳密に数学的なモデルであり、いかなる生物学的な構成要素やプロセスにも似ていません<sup>2</sup>。

## ディープラーニングの基礎

人間が写真を見ると、自動的に物体や顔を識別します。しかしアルゴ

リズムにとって写真は単なるピクセルの集合体に過ぎません。色や明るさのレベルの混在から顔を認識するまでの過程は、実行するには複雑すぎる飛躍なのです。

ディープラーニングは、プロセスを単純な表現に分解することによってこの課題を達成します - 例えば第一層では、隣接するピクセルの明るさを比較して、画像のさまざまな領域におけるエッジ（境界線）の有無を検出する。第二層ではエッジの集合を基に、エッジ位置の微小な変動を無視しつつ、コーナーや輪郭といったより複雑な実体を探索する<sup>2,3</sup>。次の層では、輪郭とコーナーを用いて物体の構成要素を特定する。こうして徐々に複雑さが増し、最終層では異なる部分を十分に組み合わせて顔を認識したり、物体を特定したりできるまでになるのです。



各層で考慮すべきことはプログラマーによって指定されるのではなく、トレーニングプロセスでデータから学習されることです<sup>3</sup>。これ

らの予測をトレーニングデータセットの実際の出力で検証することで、各層の機能が微調整され、毎回より良い結果が得られるようになります。正しく行われ、十分な良質なデータが提供されれば、ネットワークは写真の無関係な部分（物体の正確な位置、角度、照明など）を無視し、認識を可能にする部分に焦点を絞るように進化するはずで

す。ここで注目すべきは、我々がプロセスを把握するためにエッジや輪郭を利用しているにもかかわらず、各層で実際に表現されているのは数値の集合体であり、それが我々が理解する対象に対応しているかどうかは不明だということです。変わらないのは、抽象性と複雑さが増していくという点です。

## ネットワークの設計

プログラマーがタスクにディープラーニングを使用することを決め、[データを準備する](#)と、ニューラルネットワークのアーキテクチャと呼ばれるものを設計する必要があります。層の数（ネットワークの深さ）と各層のパラメータの数（ネットワークの幅）を選択しなければなりません。次に、層間の接続方法を決定する必要があります。つまり、各層の各ユニットが前の層のすべてのユニットと接続されるかどうかを決定します。

特定のタスクに対する理想的なアーキテクチャは、多くの場合、実験によって見出されます。層数が増えるほど、層ごとに必要なパラメータは少なくなり、汎用データでネットワークの性能が向上しますが、その代償として最適化が困難になります。接続数を減らせばパラメータも計算量も削減できますが、ネットワークの柔軟性が低下します<sup>2</sup>。

## ネットワークのトレーニング

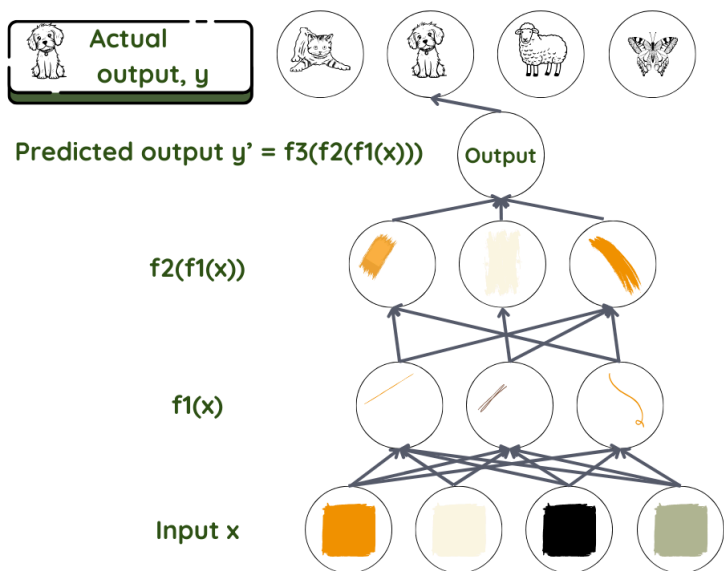
監視学習を行うフィードフォワードニューラルネットワークの例を取

り上げてみましょう。ここでは、情報が層からより深い層へと順に流れ、フィードバックループは存在しません。あらゆる機械学習技術と同様に、ここでの目標は入力と出力の関連性、すなわち観測結果をもたらすパラメータの組み合わせとその仕組みを解明することです。入力 $x$ と出力 $y$ を結びつける関数 $f$ を仮定します。次に、予測出力と実際の出力の整合性が最も高まるパラメータ $\theta$ の集合をネットワークを用いて求めます。

問：予測された $y$ は $f(x, \theta)$ で、どの $\theta$ か？

ここでは、予測対象の $y$ が最終的な出力であり、データセット $x$ が入力となります。顔認識では、 $x$ は通常画像内のピクセルの集合です。 $y$ はその人物の名前となります。ネットワークでは、各層は組み立てラインの作業員のような役割を果たします。各作業員は与えられた処理を行い、結果を次の作業員へ渡します。最初の層が入力を受け取り、少し変換して次の層へ渡します。次の層も同じ処理を行い、さらに次の層へ渡します。このプロセスが繰り返され、入力が最終的な出力へと変換されていきます。

数学的には、関数 $f$ は多くの関数 $f_1, f_2, f_3 \dots$ に分割され、 $f = \dots f_3(f_2(f_1(x)))$ となります。入力に隣接する層は $f_1$ を用いて入力パラメータを変換し、次の層は $f_2$ を用いて変換する、という具合に続きます。プログラマーは問題の知識に基づいて、適切な関数群の選択を支援するために介入することがあります。

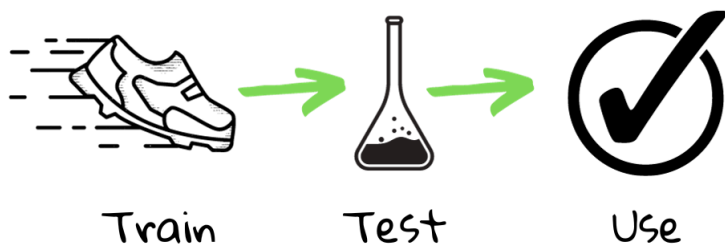


各層の役割は、受け取った各パラメータに割り当てる重要度（重み）を決定することです。これらの重みは、その層における予測出力と入力との関係を最終的に定義する調整ノブのようなものです<sup>3</sup>。典型的なディープラーニングシステムでは、こうした調整ノブが数億個存在し、数億件のトレーニング例があります。入力層と出力層の間の層では、出力や重みを定義することも確認することもできないため、これらは隠れ層と呼ばれます。

前述の物体認識の例では、最初の作業員の仕事はエッジを検出して、それを輪郭を検出する次の作業員に渡すという具合です。

トレーニング中、予測出力が実際の出力と比較されます。両者に大きな差がある場合、各層に割り当てられた重みは大きく変更される必要があります。差が小さい場合は、重みをわずかに変更するだけです。この作業は二段階で実施されます。まず予測値と出力値の差を計算します。次に別のアルゴリズムが、出力層から逆方向に（この場合、情報は深層から逆方向に流れます）各層の重み変更方法を算出し

ます。こうしてトレーニングプロセス終了時には、ネットワークは重みと関数を備えテストデータに対処できる準備が整います。残りのプロセスは従来型機械学習と同様です。



---

<sup>1</sup> Chomsky, N., Roberts, I., Watumull, J., *Noam Chomsky: The False Promise of ChatGPT*, The New York Times, 2023.

<sup>2</sup> Goodfellow, I.J., Bengio, Y., Courville, A., *Deep Learning*, MIT Press, 2016.

<sup>3</sup> LeCun, Y., Bengio, Y., Hinton, G., *Deep learning*, Nature **521**, 436-444 (2015).

# 30. AIとは: 自然言語処理

自然言語処理は過去50年間にわたって研究が行われてきたトピックです。これにより、私たちが毎日使用している多くのツールが開発されました：

- ワードプロセッサ
- 自動文法および綴りの修正
- 自動補完
- [光学文字認識 \(OCR\)](#)

最近では、チャットボット、ホームアシスタント、自動翻訳ツールがあらゆる分野で大きな影響を与えています。



「手話を学ぶ」 by daveynin は CC BY 2.0 の下でライセンスされています。このライセンスのコピーを見るには、<https://creativecommons.org/licenses/by/2.0/?ref=openverse> を訪れてください。

長い間、言語固有の複雑さによって研究と産業は停滞していました。20世紀の終わりには、専門家によって記述された言語の文法規則は最大で50,000のルールにも及びました。こうした**エキスパートシステム**は、技術が変化をもたらし得ることを示していましたが、確固たるソリューションを開発するには複雑すぎました。

一方、**音声認識**は音響データを利用してテキストに変換できる必要がありました。多様な話者が存在する中で、これは確かに困難な作業でした！

研究者たちは、対象言語のモデルがあれば、物事はより簡単になるだろうと理解していました。その言語の語彙や文の形成方法を知っていれば、与えられた発話に一致する候補文の中から適切な文を見つけたり、可能な語句列から妥当な翻訳を生成したりすることが容易になります。

もう一つの重要な側面は**意味論**でした。言語的な問いに対処できる作業のほとんどは浅いものであり、アルゴリズムはいくつかの局所的

な構文規則に基づいて答えを生成します。最終的にテキストが意味を持たないとしても、それはそれで構いません。生徒の書いたテキストを読むときに同様のことが起こるかもしれません - テキストが何についてのものか本当に理解せずに、間違いを修正することもあります！真の課題は、テキストに意味を結びつけ、可能であれば発話された文に意味を結びつけることです。



1つ以上のインタラクティブ要素は文章のこのバージョンから除外しました。ここにオンラインでそれを表示できます: <https://aiopentext.itd.cnr.it/japanese/?p=133#oembed-3>

2008年には驚くべき結果がありました<sup>1</sup>。大量のデータから学習された単一の言語モデルが、様々な言語処理タスクに適用できることが判明しました。実際、この単一モデルは特定のタスク向けに訓練されたモデルよりも優れた性能を発揮しました。

そのモデルは深層ニューラルネットワークでした。今日使用されているモデルほど深くはありませんでした！しかし、研究と産業界に機械学習、特に深層学習がNLPの多くの課題解決策となることを確信させるには十分でした。

それ以来、自然言語処理はモデル主導型アプローチから離れ、ほぼ常にデータ主導型アプローチに基づくようになりました。従来、主要な言語タスクはモデル構築に関わるものとデコーディングに関わるものの2つのグループに分類できます。

## モデルの構築

文字起こし、質問への回答、対話生成、翻訳を行うには、「Je parle Français」が実際にフランス語の文であるかどうかを判断する必要があります。また、話し言葉と同様に文法規則が常に正確に守られるわけではないため、その判断は確率的なものでなければなりません。

文は多かれ少なかれフランス語である可能性があります。これによりシステムは複数の候補文（音声の文字起こしや文の翻訳として）を生成でき、各候補に確率スコアが付与されます。最高スコアの文を採用するか、他の情報源（文の内容も考慮対象となる場合あり）とスコアを組み合わせることができます。

言語モデルはこの処理を行い、その確率は機械学習アルゴリズムから構築されます。当然ながら、データ量が多ければ多いほど良いです。言語モデル構築に十分なデータが存在する言語もあれば、そうでない言語、つまりリソース不足の言語もあります。

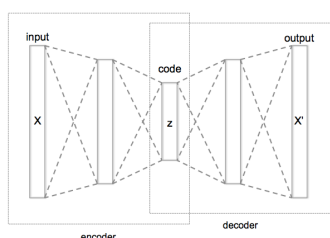
翻訳の場合、2つではなく3つのモデルが必要となります。各言語用の言語モデルに加え、翻訳用の別のモデルです。この翻訳モデルは、言語の断片をより良く翻訳する方法を教えてください。データが不足している場合、これらのモデルを作成するのは困難です。一般的な言語ペアのモデルは構築しやすいかもしれませんが、頻繁に組み合わせられることのない言語（例えばポルトガル語とスロベニア語など）ではそうはいきません。この問題を解決する典型的な方法は、*中継言語*（通常は英語）を使用し、この中継言語を経由して翻訳することです。つまり、ポルトガル語から英語へ、そして英語からスロベニア語へと翻訳します。しかし、この方法では誤りが蓄積されるため、結果の質が低下します。

## デコーディング

デコーディングとは、アルゴリズムが入力シーケンス（信号またはテキスト）を受け取り、モデルを参照しながら判断を下すプロセスであり、その結果、しばしば出力テキストが生成されます。ここにはいくつかのアルゴリズム上の考慮事項があります——多くの場合、文字起こしと翻訳はリアルタイムで行われ、タイムラグを最小化することが重要な課題となります。したがって、人工知能を応用する余地が多くあります。

## エンドツーエンド

現在では、これらのコンポーネントを個別に構築し後で組み合わせる手法に代わり、システムが単一のモデルを通じて入力を文字起こし/翻訳/解釈するエンドツーエンドのアプローチが主流となっています。現在、こうしたモデルは深層ニューラルネットワークによって学習されますが、その規模は非常に巨大になり得ます。最新の最大規模モデルであるGPT-3は数億ものパラメータで構成されていると報告されています！



Chervinskii、ウィキメディア・コモンズは CC BY-SA 4.0 の下でライセンスされています。このライセンスのコピーを見るには、<https://creativecommons.org/licenses/by/2.0/?ref=openverse> を訪れてください。

このプロセスの背後にある直観を探ってみましょう。あるデータがあるとします。この生データは何らかの方法でエンコーディング（符号化）できます。しかしエンコーディングは冗長であり、おそらくコストもかかるでしょう。ここでオートエンコーダと呼ばれる特定の機械を構築します（左図参照）。この機械はテキストを受け取り、それを小さなベクトルに圧縮（これがエンコーダ一部分）し、その後ベクトルを復元（デコーダ一部分）して何らかの形で元のテキストに近いテキストを返すことができます。つまり、この仕組みによって中間ベクトルが二つの望ましい特性——初期テキストの情報を「含む」適度に小さなベクトル——を持つ有意義なものになるというわけです。

## 未来

近い将来実現する可能性のあるエンドツーエンド処理の一例として、以下のタスクを実行する機能が挙げられます。それは、あなたの話す

言語を聞き取り、テキストを書き起こし、あなたが知らない言語へ翻訳し、音声合成システムをあなたの声に合わせて訓練し、新しい文で対応するテキストをあなた自身の声で発話させるものです。スペイン・バレンシア工科大学の研究者らが作成した2つの事例では、話者自身の音声モデルを用いて吹き替えを行っています。



1つ以上のインタラクティブ要素は文章のこのバージョンから除外しました。ここにオンラインでそれを表示で

きます: <https://aiopentext.itd.cnr.it/japanese/?p=133#oembed-1>



1つ以上のインタラクティブ要素は文章のこのバージョンから除外しました。ここにオンラインでそれを表示で

きます: <https://aiopentext.itd.cnr.it/japanese/?p=133#oembed-2>

## 教育への影響

自然言語処理技術の着実な進歩は目覚ましいものです。わずか10年前ならAIが提案する翻訳を笑っていたような明らかな誤訳も、今日では見つけにくくなっています。音声認識技術や文字認識技術も急速に向上しています。

意味論の課題は依然として存在し、テキストの深い理解を必要とする質問に答えることは完全とは言えません。しかし状況は良い方向に向かっていきます。これは、まだ現実になっていなくても、教師が近い将来に以下の記述のいくつかが実現すると期待できることを意味します！

- ・ 生徒が複雑なテキストを選択し、（AIを使用して）単純化された

バージョンを取得することができます。テキストはさらにパーソナライズされ、生徒が慣れ親しんでいる用語、単語、概念が使用される可能性さえあります。

- 生徒がテキストを検索・複製した後、同じ内容を記述しながらも盗用検出ツールに検知されないテキストを生成できるようになります。
- 世界中の動画が自動吹き替えによりあらゆる言語で視聴可能になります。これにより生徒は自国語で作成された教材だけでなく、異なる文化圏の学習システム向けに設計された教材にも触れる機会を得ます。  
<-
- あらゆる主題について書けるツールが登場すれば、作文は過去の課題となるでしょう。

AIが完璧とは程遠いことは明らかであり、専門家は言語が正しくても思考の流れが不自然だと見抜くでしょう。しかし現実を直視しましょう。教育課程において、生徒や学生がそのレベルに到達するまでにどれほどの時間を要するのでしょうか？

---

<sup>1</sup> Collobert, Ronan, and Jason Weston. *A unified architecture for natural language processing: Deep neural networks with multitask learning*. Proceedings of the 25th international conference on Machine learning. 2008. <http://machinelearning.org/archive/icml2008/papers/391.pdf>. Note: this reference is given for historical reasons. But it is difficult to read!

# 31. AI、AIED、そしてヒューマン・エージェンシー

人工知能（AI）は、しばしばヒューマン・エージェンシー（人間の主体性）を脅かすものと非難されてきました（例えば、[人工知能と人類の未来](#)<sup>1</sup>で報告された979人の「専門家」の意見の要約を参照してください）。これは特に、私自身の研究を含む、教育におけるAIの応用（AIED）に当てはまります。例えば、[ヨーロッパ評議会の報告書](#)では、ほぼすべてのAIEDツールが採用しているアプローチは「思考よりも記憶を、批判的な関与よりも事実を知ることがを優先し、学習者の主体性と確固たる学習を損なう」と記しています<sup>2</sup>。しかし、このような主張は簡単にできますし、私もこの主張を支持していますが、適切に詳述されることはめったにありません。したがって、この簡潔な解説の目的は、「ヒューマン・エージェンシー」とは具体的に何を意味するのかを探求し、AIとAIEDの両方が及ぼす影響を考えることです。

大まかに言えば、ヒューマン・エージェンシーとは、個人が自らの信念、価値観、目標に基づいて複数の選択肢から選択し、独立して行動する能力です。言い換えれば、人間が意思決定を行い、自らの生活や周囲の世界に影響を与える行動を開始し遂行する能力です。これには複数の側面が含まれます。これには意図性（特定の目的や目標を念頭に置いて意識的に行動すること）、自律性（独立性、自己決定、そして自身の選好・価値観・目標を反映した選択と決定を行う自由）、適応性（変化する状況に応じて学び、自身の行動を修正し、成功する能力）、責任性（主体性の倫理的・道徳的側面——自身の決定と行動の結果に対して説明責任を負うこと）が含まれます。

ヒューマン・エージェンシーは、個人の成長と充実した人生にとって極めて重要です。主体性によって、個人は自らの人生を形成し、周囲の世界に影響を与える力を得るのです。主体性は、コントロール感と自己効力感を育み、より高いレベルの心理的幸福度と相関関係があります。個人が自らの人生をコントロールしていると感じ、意味ある

選択が可能だと感じる時、つまり真の主体性を感じている時、満足感や充実感を体験する可能性が高くなります。ヒューマン・エージェンシー研究の第一人者が説明するように：「人々が自らの行動で望ましい結果を生み出せると信じない限り、困難に直面しても行動したり粘り強く取り組んだりする動機はほとんど生まれません」<sup>3</sup>。

教育の現場において、ヒューマン・エージェンシーとは、生徒や教師が選択を行い、自律的に行動し、教室環境における教育と学習を主導する能力を指します。重要なのは、個人が教育の過程を形作り、何を、どのように、なぜ学ぶかについて決定を下す役割にあります。教育現場におけるヒューマン・エージェンシーには複数の要素が関わっています。例えば、生徒が知識の受動的受容者としてではなく、学習プロセスへの能動的参加者として扱われ、興味のあるテーマを探究し、質問を投げかけ、自らの学業目標を特定・設定し、学習の主体性を確立する自律性を与えられることで、生徒の主体性は高められます。生徒の主体性を高めるには、現実世界の問題に焦点を当てた問題解決能力・批判的思考力の育成に加え、自己調整能力（時間管理、優先順位設定、進捗の自己モニタリングなど）の促進も不可欠です。これら全ては、自立した自己主導型の人間形成と、学業および生涯にわたる成功にとって極めて重要です。最後に、教師が生徒の主体性を支援・強化する中心的な役割を担う一方で、教育現場におけるヒューマン・エージェンシーには教師自身の主体性も含まれます。これは教師の教科専門性・教育専門性・プロフェッショナリズムを認識し、最善の指導方法の選択や生徒支援の方法を自ら決定できるようにすることを意味します。

次に問われるのは、AIがヒューマン・エージェンシーに与える影響です。必然的に、あらゆる潜在的影響にはプラスとマイナスの両面が存在します。例えば、AIを活用した技術は反復的な作業を担うことで、人々が仕事の創造的な側面に集中する自由をもたらし、自らの時間と労力を最適に配分する判断を可能にし、結果として主体性を高める可能性があります。一方で、AI技術を用いた日常業務の遂行は、人間の技能や専門知識の喪失につながる可能性があります。時間の経過とともにAIへの依存度が高まることで、個人の選択肢が狭まり、結果として自律性が弱まる恐れもあります。同様に、AI技術は様々なサービス（オンライン動画やショッピングプラットフォームなど）におけるユーザー体験をパーソナライズし、嗜好に合わせた提案を提供する

ことで主体性感覚を強化するとしばしば主張されます。しかし批判的に見れば、こうしたサービスによるパーソナライゼーションは、ユーザーよりも提供者や広告主のニーズに合致している場合がほとんどです。つまり個人の主体性は現実を覆い隠しており、実際にはユーザーが特定の方向へ誘導されることで個人の主体性が減退しているのです。さらに、AIを活用したデータ分析は、他の方法では容易に入手できない貴重な知見へのアクセスを可能にし、人間の意思決定と主体性を高めます。しかし、AIシステムが学習データに存在するバイアスを継承・永続化させることは周知の事実です。これは不公平で差別的な結果を招き、機会を制限することで必然的にヒューマン・エージェンシーを損ないます。AI技術、少なくともその実践的な活用方法は、ヒューマン・エージェンシーに他の悪影響を及ぼしえます。例えば、モニタリング（または監視）やAI制御の意思決定へのAIの広範な利用は、重要なプライバシー上の懸念を引き起こし、行動の選択肢を制限し、無力感や技術への依存感をもたらす可能性があり、これらはすべて個人の主体性を損なう恐れがあります。

続いて問われるのは、AIEDが生徒と教師の主体性に与える影響とは何か、ということです。可能性は多岐にわたります。第一に、学生がAI搭載技術と頻繁に接する場合、コンテンツの推奨、即時フィードバック、あるいは提供される「解答」にあまりにも簡単に過度に依存してしまう恐れがあります。その結果、批判的思考力、自立的な問題解決力、自己省察力、自己調整力、メタ認知能力を育む機会を逃す可能性があり、これらはすべて学生が自らの学習の恩恵を最大限に享受する主体性を損なう恐れがあります。第二に、大半のAIEDシステムは非常に規範的な学習経路を提供し、学生が自分自身の興味を探求するための余地をほとんど残しません。これは学生に何を、いつ、どのように学ぶかを強制することで学生の主体性を制限し、多様な視点や新たな探究領域への接触機会も減少させる可能性があります。第三に、AIEDシステムは通常、学生の行動を追跡するため、監視下にある感覚や自律性の制約を生むだけでなく、学生のプライバシーを侵害する可能性も生じ、学生が自由に表現することについて慎重になる要因になります。第四に、AIによる提言は意図せず学生の志向を狭め、自己決定的な目標達成への主体性を制限する恐れがあります。第五に、評価に用いられるAI技術は標準化されたテストへの過度な依存（ひいてはテスト対策教育）を招きます。加えて、いかなるAI対応システムも学

生の課題における微妙なニュアンスを理解したり捉えたりすることができず、評価プロセスにおける学生の主体性を損ない、創造的あるいは型破りな思考を阻害する可能性があります。

最後に、教師に関して言えば、教室でのAI対応の技術の利用は、必然的にカリキュラムの選択、学習内容、教育手法に影響を及ぼします。これは教師の役割を縮小させ、自身の専門的判断が技術によって過小評価されたり覆されたりしていると感じる可能性があります。いずれにせよ、AIEDツールは教師のスキルを低下させ、彼らを技術支援者や行動監視者に変えてしまう恐れがあります。これは優れた教師の役割を根本的に誤解しています。また、効果的な教育に不可欠な学生との意味のある関係を築く上で、教師の主体性を損なう恐れもあります。最後に、AI生成の指標への依存（時にトップダウンの指示による）は、教師にデータ駆動型の意思決定プロセスへの順応を強いる圧力となり、その結果、学生の総合的な成長への配慮が軽視される恐れがあります。

ここでの最後の問いは、教室で強力なAI技術がますます利用可能になる中で、学生と教師の主体性を確保するために何が必要かです。要するに、教師にはその主体性を尊重する機会が与えられ、専門的知見と学生の個別ニーズに沿った判断を下せるようにする必要があります。一方、学生には批判的思考力、自己調整能力、メタ認知能力を育む機会が必要です。また、適切で効果的かつ安全なAI技術の利用の有無にかかわらず、意図性、自律性、適応力、責任感を養う機会も与えられるべきです。

---

<sup>1</sup> Anderson et al., *Artificial intelligence and the future of humans*, Pew Research Center, 2018

<sup>2</sup> Holmes et al., *Artificial intelligence and Education, A critical view through the lens of human rights, democracy and the rule of law*, Council of Europe, p. 34, 2022

<sup>3</sup> Bandura, A., *Toward a Psychology of Human Agency: Pathways and Reflections*, *Perspectives on Psychological Science*, 13(2), 130-136, 2018

# 32. 均質化、不可視性、そしてその先へ—倫理的なAIに向けて

## 均質化

機械学習のためのデータセット、ベンチマーク、アルゴリズムの作成には、多額の資金、コンピューター資源、時間、労力が投入されます。これは特にディープラーニングや大規模モデルに当てはまります。したがって、作成されたりリソースをこのエコシステム内で共有することは理にかなっています。私たちが頻繁に利用する多くの機械学習システムがこれに該当します。最終製品が異なり、異なる企業によって作成された場合でも、方法論、データセット、機械学習ライブラリ、評価手法はしばしば共有されます<sup>1</sup>。したがって、同様の条件下での出力が類似しているという主張がなされることがあります。

出力結果が教育上の決定である場合、例えば学生があらゆる教育機会から不当に排除される可能性があることに関して懸念が生じます<sup>1</sup>。しかしアルゴリズムの均質化が不当性を生むか否かは、個々の事例ごとに判断されるべきです<sup>1</sup>。

一方、システムの目的が学生の文章作成支援にある場合、文章スタイルや語彙、ひいては思考パターンの標準化が焦点となります。こうしたケースで使用される言語モデルは、訓練データセットに基づいて最も確率の高いテキストを予測するよう設計されています。これらのデータセットは、システム間で共有されていなくとも、しばしばインターネット上の公開データを用いて同様の方法で構築されます。こうしたデータが偏見や極端な内容についてスクリーニングされていても、それはごく一部のエコシステム（生態系）に過ぎず、思想・文化・慣行の多様性に満ちた世界を代表するものではありません。ディープラーニングに基づいた、メッセージやメールで使用される予測テキストシステムは、人々の書き方を変えることが実証されています。文

章は「より簡潔で、予測可能で、そして単調に」なる傾向があります<sup>2</sup>。

## 不可視性（目に見えない問題）

トレーニングデータで繰り返される語句の連なりは、大規模言語モデルの出力に反映されていきます。こうしてデータベース作成者の価値観が、異なる意見や多様な思想表現を抑制する力を持ちます。適切な教育的介入がなければ、これは学生の創造性や独創性を制限し、定型的文章作成を招くだけでなく、最終的には批判的思考力の低い市民を生み出し、結果として世界全体が色あせたものとなる可能性があります<sup>3</sup>。

上記で議論された均質性を含む機械学習の多くの負の側面と密接に関連しているのは、技術が高度化しすぎて、人間と機械のインターフェースがシームレスで実質的に目に見えなくなっているという事実です。ブラウザのアドレスバーに組み込まれた検索エンジンであれ、入力と予測・候補選択の間に時間差がなく直感的に機能するテキスト予測であれ、私たちは往々にして技術の影響下で、そのことを意識的に認識せず、ブレーキをかけて状況を再考し自らの判断を下す選択肢すら持たないままに行動しています。さらに、意思決定に習慣的に技術を利用するようになると、その存在自体を完全に忘れてしまう傾向があります<sup>4</sup>。「技術に慣れ親しむと、私たちは技術そのものを見なくなります。代わりに、技術を通じて、それを活用して促進する情報や活動を見るようになります」。これは人間の主体性、透明性、信頼性について深刻な懸念を提起しており、特に若年層においては、専門家がインターフェースをより可視化し、むしろ扱いにくくすべきだと提言しているほどです<sup>4</sup>。

## その先にあるもの：倫理的なAI

このオープンテキストブックの各章では、AI、特にデータに基づくAI

の教育的・倫理的・社会的影響について論じてきました。[データとプライバシー、コンテンツの信頼性およびユーザーの自律性、個人のアイデンティティへの影響、バイアスと公正性](#)、および[ヒューマン・エンジェンシー](#)は、それぞれの該当ページで論じられました。検索エンジンに特有の問題は、[個人に対する検索の影響：検索の裏側](#)および[社会に対する影響](#)で議論され、適応システムに関連する問題は[ALSの裏側](#)で、生成AIに特有の問題は[退化するもの](#)で取り扱われました。本書の随所で、特定の問題に対処するために教室で講じ得る是正措置を検討しました。教育向けの倫理的で信頼性の高いAIシステムが実現すれば、これらの措置の負担は軽減されることを期待しています。この倫理的AIは、倫理的規範と原則<sup>5</sup>に準拠して開発・導入・運用され、説明責任と耐障害性を備えたものとなるでしょう。

AIモデルとそのプログラマー、販売者、評価者にこれほど多くの権限を委ねている以上、問題が発生した際には透明性を求め、責任を負わせ、誤りを是正するよう求めるのは当然です<sup>6</sup>。「報告された問題に対処するためのサポート・保守サービスと実施手順」を明確に定めたサービスレベルの契約が必要です<sup>5</sup>。

強靱なAIは、その不完全性を受け入れ、それを予期し、それにもかかわらず機能できます。強靱なAIシステムは予測可能な方法で失敗し、これらの失敗に対処するプロトコルを持っています<sup>6</sup>。

教育分野において、倫理的なAIはユーザー中心設計の原則に基づき、教育のあらゆる側面を考慮すべきです<sup>7</sup>。教師は、その機能を確認し、説明を理解し、決定を上書きしたり使用を中断したりすることを容易に行えるようになります<sup>8</sup>。これらのシステムは教師の負担を軽減し、生徒に関する詳細な洞察を提供し、教育の到達範囲と質の向上を支援します<sup>8</sup>。ユーザーや環境に害を及ぼすことなく、学習者と教師の社会的・情緒的な幸福度を向上させます<sup>5</sup>。

この日が来るまでは、教師は問題意識を高め、経験やベストプラクティスを共有し、信頼できるAI提供者を特定するために、同僚や教育者コミュニティの構築と参加に努めなければなりません。また、様々な懸念事項に対処し、信頼と連帯感のある環境を育むため、生徒や保護者も議論や意思決定に参加させることができます。AIEDの最新動向を可能な限り把握し、能力を習得するよう最善を尽くすことが、教師にとって最善の策となるでしょう<sup>5</sup>。

- <sup>1</sup> Bommasani, R., et al, *Picking on the Same Person: Does Algorithmic Monoculture lead to Outcome Homogenization?*, Advances in Neural Information Processing Systems, 2022.
- <sup>2</sup> Varshney, L., *Respect for Human Autonomy in Recommender System*, 3rd FAccTRec Workshop on Responsible Recommendation, 2020.
- <sup>3</sup> Holmes, W., Miao, F., *Guidance for generative AI in education and research*, UNESCO, Paris, 2023.
- <sup>4</sup> Susser, D., *Invisible Influence: Artificial Intelligence and the Ethics of Adaptive Choice Architectures*, Proceedings of the 2019 AAAI/ACM Conference on AI, Ethics, and Society, Association for Computing Machinery, New York, 403–408, 2019.
- <sup>5</sup> [Ethical guidelines on the use of artificial intelligence and data in teaching and learning for educators](#), European Commission, October 2022.
- <sup>6</sup> Schneier, B., *Data and Goliath: The Hidden Battles to Capture Your Data and Control Your World*, W. W. Norton & Company, 2015.
- <sup>7</sup> Tlili, A., Shehata, B., Adarkwah, M.A. et al, *What if the devil is my guardian angel: ChatGPT as a case study of using chatbots in education*, Smart Learning Environments, 10, 15 2023.
- <sup>8</sup> U.S. Department of Education, Office of Educational Technology, *Artificial Intelligence and Future of Teaching and Learning: Insights and Recommendations*, Washington, DC, 2023.



## PART VI

# 生成AIについて

「教育界のあらゆる問題を一気に解決してくれる魔法のようなテクノロジーがあれば……」そんなふうに夢見てきた先生たちもいます。でも、実際には、「宿題も試験も全部代わりにやってくれる」という、生徒たちの夢でした。

いまや、生成AIへの向き合い方について、新しい記事やポッドキャスト、政府の提言などを見かけない日はありません。学校現場では「いかにChatGPTを使わせないか」が議論され、労働組合は、「おしゃべりし、絵を描き、手品のように答えを出す」AIから自分たちの仕事（そして今まさに喜んでいる生徒たちの将来の仕事）を守ろうと必死です。一部の専門家が「人類の危機だ」と騒いでいる裏で、こうした大騒動が巻き起こっているのです。

この章では、この目まぐるしく変わるテクノロジーの正体、そしてそれがもたらすメリットとデメリットを、皆さんと一緒に整理していきたいと思います。



# 33. 生成AIと対話型AIの キホン

## これまでの経緯

2022年の11月後半、世界に「ChatGPT」という衝撃が走りました。これは「GPT-3.5」という言語モデルをベースにしたAIチャットボットで、自然な言葉（自然言語処理）を使って、まるで人間と話しているようなやり取りができるツールです<sup>1</sup>。

実は、こうしたツール自体は以前からいくつか存在していました。でも、ChatGPTがこれまでのものと決定的に違ったのは、一気に世の中の関心を奪い、人々の想像力をかき立てた点です。リリースからわずか1週間でユーザー数は100万人を突破しました。なぜこれほど騒がれたのかといえば、驚くほど「人間らしい」文章が書けるからです。教育現場や仕事、あるいは日常のあり方をも変えてしまうかもしれない……そんな可能性を誰もが感じ取ったのです。質問への回答はもちろん、メールやエッセイの作成、さらにはプログラミングのコードまで書いてくれる、まさに「頼れる助手」の登場でした<sup>2</sup>。

この背景にある「GPT-3 (Generative Pre-trained Transformer-3)」は、膨大なデータ（なんと4,990億ものデータポイント、容量にして800GB！）をディープラーニングで学習させた「大規模言語モデル（LLM）」と呼ばれるものです。その規模は、これまでのモデルの100倍という桁違いの大きさ<sup>3</sup>。ChatGPTは、この巨大なモデルを相手に「人間のような会話」をすることを可能にしました。

「大規模言語モデル」と言われるとなんだか難しそうですが、仕組み自体は、スマホのメッセージ入力に出てくる「予測変換（オートコンプリート）」に似ています。文章の「次の言葉」に何が来るかを予測し、それを繰り返すことで、スラスラとした長い文章を作り出しているのです。



生成AIのタイムライン

ChatGPTが現れてからというもの、生成AIの世界は目まぐるしいスピードで進化し続けています（上の図にもその流れをまとめてみました）。2022年11月以前は、「生成AI」なんて言葉を知っている人はほとんどいませんでした。ところが今や「ChatGPT」は、特に教育に関わる人々にとって、日常的に使われる言葉になっています。

こうしたテクノロジーはこれからも進化を続け、教育現場にいる皆さんにとって、さらに手放せない便利な道具になっていくはずです。

## そもそも生成AIって、いったい何者？

「生成AI」という言葉をよく耳にしますが、具体的には何ができるのでしょうか？一言でいうと、画像、文章、音声、動画など、さまざまな「新しいコンテンツ」をゼロから作り出せるシステムのことです。

例えば、こんなことができます。

- 画像：誰かの顔写真をもとに新しい肖像画を描いたり、実在する景色をもとに、この世にない幻想的な風景を作り出したりできます。
- 文章：ニュース記事や詩、さらには映画の脚本まで書けてしまいます。もちろん、ある言語から別の言語への翻訳だってお手の物です。
- 音声：まったく新しい曲を作ったり、リアルな効果音や、まるで人間が喋っているようなナレーション（声の演技）まで

生成できるんです<sup>4</sup>。

できることは今この瞬間もどんどん増えていますが、まずは小難しく考えるのはやめましょう。

手始めに、生成AI自身に「ChatGPTという名前には、どんな意味があるの？」と尋ねてみましょう。

## ChatGPTという名前には、どんな意味があるの？

「ChatGPT」という名前、ちょっと不思議ですよ。そこで、3つのAIツール（Bing Chat、ChatGPT 3.5、Google Bard）に、こんな質問（プロンプト）をしました。

あなたは教育におけるAIの専門家です。10歳から14歳くらいの子どもたちに向けて、ChatGPTが何なのか、そしてその名前の由来を説明してください。『Chat（チャット）』という言葉がなぜ入っているのか、教育現場でどう役立つかの例も交えて、みんなが納得するようなワクワクする文章で書いてみてね

まずは、Bing Chatが作ってくれた答えから見てみましょう。

「ChatGPT」という名前は、「Chat」と「GPT」という2つの言葉からできています。「Chat」は、友達と仲良くおしゃべりするって意味。そして「GPT」は「Generative Pre-trained Transformer (ジェネレーティブ・プリトレインド・トランスフォーマー)」の略。なんだか難しそうに見えるけど、要するに「文章や画像、音なんかを新しく作り出すのが、とっても得意なんだよ！」っていう意味なんです。

次は、ChatGPT本人の答えです。

どうして「ChatGPT」という名前なのか、気になりますよね。まず「Chat」がついているのは、このAIが人間とおしゃべりするのが大好きだから。質問を投げかけたり、何かテーマを教えてくださいれば、一生懸命考えて、ちゃんと筋の通った答えを返してくれます。まるで「何でも知っている物知りな友達」と話しているような感覚になれるはず！しかも、いろんな国の言葉でおしゃべりできるから、世界中の子どもたちにとって最強の助っ人になれるのですよ。

もう一つの「GPT」の部分は、ちょっと複雑です。本当は「Generative Pre-trained Transformer」の略なのだけど、こんな早口言葉みたいな名前は覚えなくて大丈夫！簡単に言うと、みんなが勉強するのと同じように、このAIも山のような本や記事、ウェブサイトを読んで、たくさんのことを学んできたという意味。いわば、ものすごく長い期間学校に通って、あらゆる科目の専門家になった、という感じですね。

Bard（バード）はこんなふうに答えてくれました。

ChatGPTは「大規模言語モデル」と呼ばれる人工知能（AI）の仲間です。これは、とてつもない量の文章やプログラムのコードを学習した、いわば「超物知りなAI」だということ。だから、文章を作ったり、言葉を翻訳したり、クリエイティブな物語を書いたり、みんなの疑問に詳しく答えたりするのが得意なのです。

じゃあ、どうして名前に「チャット」って付いているのでしょうか？ それは、人間とおしゃべり（会話）するために作られたからです！ どんなことでも質問してみてください。ChatGPTは、精一杯みんなの役に立つ答えを返そうと頑張ってくれます。物語や詩、プログラミングまで書いてくれるので、楽しみながら使ってみてくださいね。

調べてみよう！

これらのツールを使えば、私たちが「プロンプト（指示）」を書き込むことで、チャットボットと対話（これが「対話型AI」ですね）ができるようになります。この本でも触れていますが、教育の現場で先生や生徒、事務スタッフを助けてくれるツールは、今この瞬間もどんどん増えています。

「対話ができる」という強みを、自分ならどう活

かせるか想像してみてください。例えば、調べ学習のテーマについて相談したり、面接の練習相手になってもらったり、授業のアイデアやレポートの構成を一緒に考えたり……。複数のAIを使い比べて、それぞれの回答を「いいとこ取り」してみるのも面白いですよ。

こうしたツールは、私たちの「人間としての力」と「機械の力」を組み合わせることで、創造性や効率をグンと引き上げてくれる「頼れる助手」になります。ただ、ひとつだけ忘れないでください。AIが出してきた答えが本当に正しいかどうか、自分の目でしっかり確かめること（クリティカル・エバリュエーション）がとても大切です。

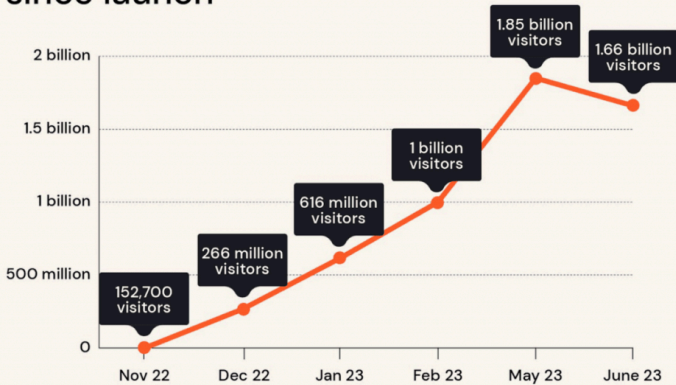
まずは楽しみながら、AIとの「会話のコツ」を掴んでみてください。それがあなたや生徒たちにとって、どんなふう役に立つか、ぜひ実際に確かめてみましょう！

数字で見る生成AIのすごさ<sup>5</sup>

次のグラフ<sup>6</sup>は、2022年11月から2023年5月にかけて、ChatGPTがどれほど急激に広がったかを示したものです。驚くべきことに、ChatGPTはリリースからわずか1週間で、ユーザー数が100万人を突破しました。これがどれくらいすごいことか、他の有名なサービスと比べてみましょう。同じ「ユーザー100万人」というゴールにたどり着くのに、Netflix（ネットフリックス）は3年半、Twitter（現X）は2年もかかっていたのです<sup>7</sup>。ChatGPTがいかに異例のスピードで私たちの生活に入り込んできたかがわかりますよね。

生成AI  
をめぐる  
熱い議論  
が起きて  
いること  
をご存じ  
ですか？

## Change in ChatGPT website visitors since launch



Read the full report at [tooltester.com/en/blog/chatgpt-statistics](https://tooltester.com/en/blog/chatgpt-statistics)

tooltester

CHATGPT統計 by tooltesterはCC BY 4.0の下でライセンスされています。このライセンスのコピーを表示するには、<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/><https://creativecommons.org/licenses/by/2.0/?ref=openverse>を訪問してください。

ChatGPTの人気は2023年5月に一度ピークを迎えましたが、その後もずっと高い人気を保っています。それだけでなく、Bing ChatやBardといった他の生成AIツールも、どんどん勢いを増しています。例えばBing Chatは、2023年3月にマイクロソフトがChatGPTの技術を取り入れたことで、一気に注目を集めるようになりました。Bardも同じように、着実にファンを増やし続けています。

<sup>1</sup> <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2022/12/21/chatgpt-everything-you-really-need-to-know-in-simple-terms/?sh=16674aadcbca>

- 2 <https://www.zdnet.com/article/what-is-chatgpt-and-why-does-it-matter-heres-everything-you-need-to-know/>
- 3 <https://hai.stanford.edu/news/how-large-language-models-will-transform-science-society-and-ai>
- 4 <https://www.weforum.org/agenda/2023/02/generative-ai-explain-algorithms-work/>
- 5 <https://research.aimultiple.com/generative-ai-applications/>
- 6 <https://www.tooltester.com/en/blog/chatgpt-statistics/>
- 7 <https://bootcamp.uxdesign.cc/chatgpt-vs-bing-chat-which-is-better-2e46fa821d7d>

# 34. 授業で生成AIを使おう（1）

「生成AIを使って、こんな授業をしてみたら？」と誰かに勧められたとき、あなたならどうしますか？あるいは、自分の中にアイデアはあるけれど、「具体的にどうアレンジすればいいのだろう.....」と迷ってしまうこともあるかもしれません。

調べてみよう！

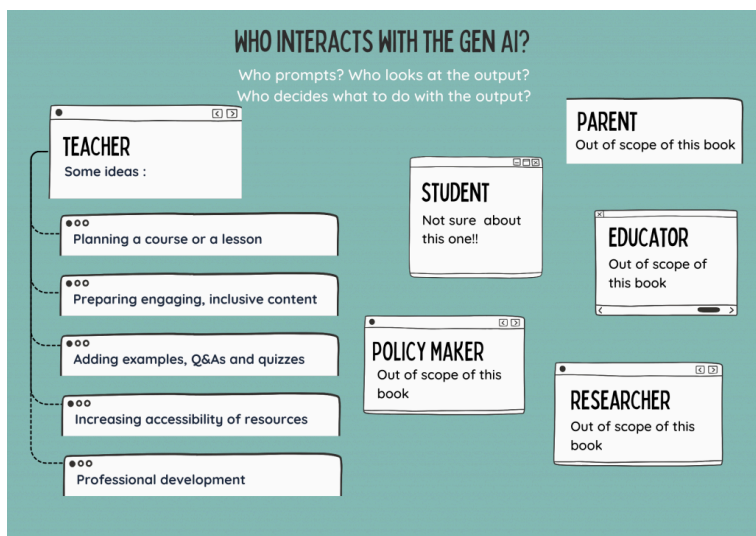
[「なぜ、今のところ『生徒』には使わせない前提で話を進めているのか、その理由をご確認ください](#)

ここでは、皆さんがAIを使った教育活動を「評価し、選択し、そして実際にやってみる」のを手助けすることを目指しています。

ただ、このテクノロジーの進化はあまりにも速く、教科や状況によって「できること」もどんどん変わっていきます。そのため、先生が直面するすべての疑問に、あらかじめ答えを用意しておくことは不可能です。

ですから、この本では「最初の一步」として、公的なガイドラインや最新の研究、事例に基づいた「考え方のヒント」をお伝えできればと思っています。

ここで一つ、大切な注意点があります。この本でご紹介するのは、あくまで「先生が」生成AIを使い、準備や工夫をする活動に絞っています。生徒自身が直接AIを使う活動については、今はまだ触れていません。なぜあえて生徒に使わせないのか、その理由は上のボックスにあるリンクから確認してみてくださいね。



「生成AIを教育に取り入れるなんて、まだちょっと抵抗があるな.....」と感じている先生もいらっしゃるかもしれません。でも、そんな方にこそ、まずはどれか一つだけでも、AIを使った教育を試してみしてほしいのです。

実際に触れてみることで、こんな発見があるはずです。

- ・ 「できること」と「できないこと」がハッキリする：生成AIに何が頼めて、何が頼めないのか、その境界線が見えてきます。
- ・ 宿題や授業の構成を見直せる：例えば、ChatGPTはエッセイを書くのがとても得意です<sup>1</sup>。そうすると、今まで通りのエッセイを宿題に出すのはあまり意味がなくなってしまうかもしれません。代わりにグループワークや実技、口頭発表など、「はい／いいえ」で終わらない多様な評価方法を考えるきっかけになります。
- ・ あえて「限界」を逆手に取る：AIの限界を知ることで、逆に「人間にしかできない想像力やクリエイティビティ」を發揮しよう！と、生徒たちの意欲を引き出せるようになります<sup>2</sup>。
- ・ 次世代の波に乗り遅れない：これからさらに進化したAIが登場したとき、今の経験があれば、あわてずに対応できます。

- **自分の「ゆとり」を作る**：事務作業や準備の負担を減らしたり、これまで「時間がかかりすぎるから」と諦めていた新しいテーマに挑戦したりする余裕が生まれます。
- **新しい学びのスタイルを楽しむ**：AIが登場した今だからこそ可能になった、新しい教育の考え方やアプローチを取り入れられます。
- **教育現場の声を届ける**：実際に使うことで、「教育用AIはこうあるべきだ」という開発や研究に、現場の視点から貢献できるようになります<sup>3</sup>。

ただ、このテクノロジーも活用法も、まだまだ「生まれたて」です。そこで、ぜひおすすめしたいのが、AIを使った教育活動の様子を「**日記や記録**」に残しておくことです。どんなふうに進んで、どんな変化があったのか。記録があれば、あとで効果を振り返ったり、同僚の先生たちと「うちのクラスではこうだったよ」と情報交換したりするときに、とても貴重な資料になります。

## 指導法と実践についての「問いかけ」

教室で使えるアイデアは、今や誰でも提案できる時代です。でも、中にはテクノロジーの世界には詳しくても「実際の教室の空気感」をあまり知らない人の提案だったり、大学生にはぴったりだけど、中高生にはちょっと合わないアイデアだったりすることもあります。

たとえ一見良さそうな教育活動でも、それがしっかりとした「教育理論」や「現場での証拠（エビデンス）」に裏打ちされていないと、後になって思いもよらないトラブルや、期待外れな結果を招いてしまうかもしれません。

ですから、どんな教育活動を取り入れるときも、「これは本当に教育的に意味があるかな？」「自分のクラスで無理なくできるかな？」という、指導面と実践面の両方からチェックする姿勢を大切にしてほしいのです。

## QUESTIONS TO CONSIDER WHEN CONSIDERING AN ACTIVITY OR METHOD FOR YOUR CLASSROOM

Some things to record in your Gen AI journal on the pedagogy and practicality of a suggested activity

|  |  |
|--|--|
| <p>•••</p> <p>The overview</p>   | <p>•••</p> <p>The pedagogy of it</p>   |
| <p>●</p> <p>What is the suggested age group?<br/>Which Subjects and Topics?<br/>What is the source cited?<br/>What are the expected outcomes?<br/>What do I expect to achieve from this?</p> | <p>●</p> <p>What is the pedagogical idea?<br/>Is Gen AI the correct tool for this?<br/>Has someone else tried this out?<br/>- With what results?<br/>- What was their reflection/Conclusion?</p> |
|  | <p>•••</p> <p>Its Practicality</p>   |
|  | <p>●</p> <p>Do I need to change something in my classroom to do this activity?<br/>What material and equipment do I need?<br/>Do I need to redesign my lesson plan?</p>                          |

## 生成AIの中身をのぞいてみよう

生成AIアプリの心臓部には、「大規模言語モデル（LLM）」や、画像を作るための「拡散モデル」という仕組みが入っています。

言語学者のノーム・チョムスキーは、これをこんなふうに説明しています。「ざっくり言えば、膨大なデータを読み込んでパターンを探し出し、『統計的にありそうな答え』を出すのがどんどん上手になっていく仕組み<sup>4</sup>」なのだ。まるで人間が考えたり話したりしているように見えるのは、その高度な計算の結果なのですね。「BERT」や「GPT」「PaLM」といった名前を聞いたことがあるかもしれませんが、これらはすべてそのモデルの仲間です。画像版で有名なものには「Stable Diffusion」や「Midjourney」などがあります。

こうした「もとなるモデル」を、開発元や別の会社が「さらに訓練（ファインチューニング）」して、特定の仕事——例えば質問に答えたり、論文を要約したり——に特化させることがあります。また、モデルに特別な指示（プロンプト）を組み込んだり、プログラミング

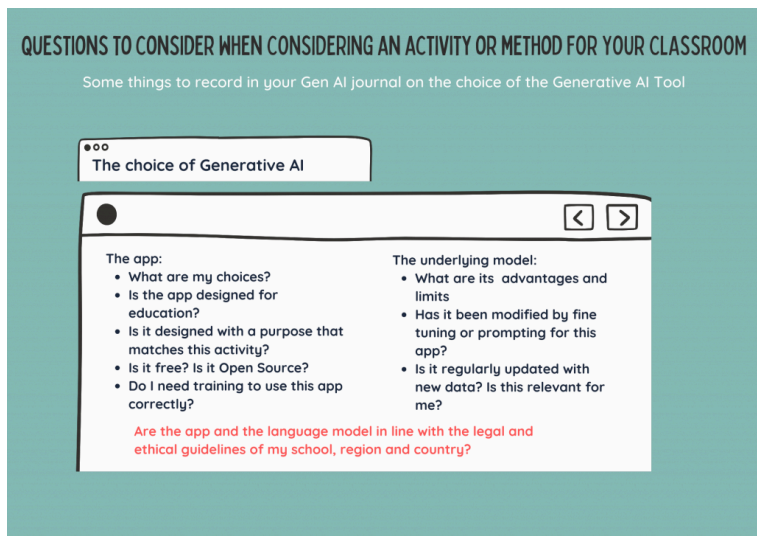
を加えたりして、「ChatPDF」や「Pictory」のような、特定の用途に使いやすいパッケージアプリとして公開することもあります。

例えば、OpenAI社は「GPT」をもっと対話しやすく調整して「ChatGPT」を作りました。Googleのチームは、科学や数学のデータを使って「PaLM」を特訓し、「Minerva（ミネルヴァ）」というモデルを作り上げました。このMinervaは、物理や生物、経済学など、数値を扱う大学生レベルの問題の約3分の1を解けるほど、驚異的な成果を出しています<sup>5</sup>。

今も、教育現場で安心して使えるように、専門知識を加えたり、偏った考え（バイアス）を取り除いたりする「教育版GPT（Ed-GPT）<sup>2</sup>」のような研究が進められています。

そのAIが「特定の作業のためにどれだけ調整されているか」で、仕事のデキ（効率）は大きく変わります。また、一つの会社がすべて作っているのか、別の会社が手を加えているのかによって、安全性やプライバシーの守られ方も違ってきます<sup>6</sup>。

新しいツールに出会ったら、「もともになっているのはどのモデルかな？」「誰がどんなふうに加えたのかな？」という視点で、その得意なことや苦手なことをチェックしてみると、使いこなしのヒントが見えてきますよ。



## あなたとあなたのクラスに「ぴったり」ですか？

たとえば、AIが提案する教育活動が教育目標をすべてクリアしていて、使っているAIツールも最高に使いやすく、倫理的にも文句なしだったとしましょう。それでも、あなたのクラスにそのまま当てはめればOK、というわけではありません。

他のあらゆるAIツールと同じように、一度で大成功！とはいかないこともあるでしょう。何度も微調整を繰り返しながら、少しずつ「これだ！」という形に近づけていくプロセスが必要です<sup>2</sup>。また、AIにうまく指示を出すコツ（プロンプトのテクニック）を学んだり、AIが出した答えを「本当にこれでいいのかな？」と厳しくチェックする練習をしたりすることも、ときには必要になるかもしれません<sup>1</sup>。そして何より大切なのは、その教育活動があなたにとって「やってよかった！」と思えるものであり、一人の教師として大切にしている「信念」や「価値観」に寄り添ったものであることです。

### QUESTIONS TO CONSIDER WHEN CONSIDERING AN ACTIVITY OR METHOD FOR YOUR CLASSROOM

Some things to record in your Gen AI journal on how the activity affects you and your students

| ●●●<br>In my classroom  |
|---|
| ●   |
| How are my students reacting to this activity?<br>How does this change the dynamics and interactions in my class? |

| ●●●<br>For me...   |
|--|
| ●  |
| Is this activity helping me?<br>How can I make the process more effective?<br>Does it make me miss something I liked doing or knowing before? Did I miss learning something new?<br>Will I lose any skill if I keep using this tool to do this activity? |

Does this activity reinforce the skills that humans are best at, including compassion, creativity and critical thinking?

- <sup>1</sup> Tlili, A., Shehata, B., Adarkwah, M.A. et al, *What if the devil is my guardian angel: ChatGPT as a case study of using chatbots in education*, Smart Learning Environments, 10, 15 2023.
- <sup>2</sup> Holmes, W., Miao, F., *Guidance for generative AI in education and research*, UNESCO, Paris, 2023.
- <sup>3</sup> Becker, B., et al, *Programming Is Hard - Or at Least It Used to Be: Educational Opportunities and Challenges of AI Code Generation*, Proceedings of the 54th ACM Technical Symposium on Computer Science Education V. 1 (SIGCSE 2023), Association for Computing Machinery, New York, 500-506, 2023.
- <sup>4</sup> Chomsky, N., Roberts, I., Watumull, J., *Noam Chomsky: The False Promise of ChatGPT*, The New York Times, 2023.
- <sup>5</sup> Lewkowycz, A., Andreassen, A., Dohan, D. et al, *Solving Quantitative Reasoning Problems with Language Models*, Google Research, 2022.
- <sup>6</sup> Enkelejda, K., et al, *ChatGPT for Good? on Opportunities and Challenges of Large Language Models for Education*, EdArXiv, 2023.

# 35. 授業で生成AIを使おう（2）

## 生成AIを活用するアイデア

### 1. 授業のプランニングやデザインに使う

「コースの内容を新しくしたい」「新しいトピックや活動を取り入れたい」「評価のためのルーブリック（評価指標）を考えたい」.....そんなふうに思ったことはありませんか<sup>1,2</sup>?あるいは、新しいテクノロジーや教材を使って<sup>3</sup>、これまでとは違う教え方に挑戦してみたい、という時もあるはずです。

そんな時、チャットボットは心強いパートナーになってくれます。授業案のたたき台、学習目標、活動やプロジェクトの指示書、理科の実験手順、さらにはクラスでの議論を盛り上げるための問いかけなど、まずはAIに「下書き」を書いてもらうことができるのです<sup>4</sup>。

**ヒント：**AIをお願いする前に、「どんなトピックを扱うか」「どんな教え方をしたいか」「この授業で何をを目指すのか（概念を理解させたいのか、手順を身につけさせたいのか）」をハッキリ伝えておくと、より納得のいく答えが返ってきますよ。<sup>2</sup>

実践例：新しい単元を作ってみよう

**出典:**『理科教育におけるChatGPTの検証：生成AIの探索的研究』<sup>5</sup>

**使ったツール:** ChatGPT

**実際に出した指示 (プロンプト):** 「「中学1年生レベルで、再生可能エネルギーと非再生可能エネルギーについてよく理解している生徒たちに向けて、『5E指導モデル（導入・探究・説明・精緻化・評価）』を用いた、やりがいのある授業ユニットを作成してください。あわせて、内容に苦戦している生徒へのサポートや教育における足場かけ（スキャフォールディング：足場を組むように一時的な支援を提供し、徐々に支援を減らしながら自律的な学習能力を高める指導法）も提案してください」

**振り返り:**この研究の著者は、ChatGPTの回答を「最初的一步」として非常に役立つと感じたそうです。もちろん、そのまま使うのではなく、生徒のニーズや学習指導要領、実際に使える教材に合わせて調整する必要はありました。

著者はこうアドバイスしています。「役に立たない部分は削り、良いなと思った部分を膨らませていけば良いです」。中身を磨き上げる手間は必要ですが、特にまだ教材のストックが少ない若手の先生たちにとって、これは非常に強力な手助けになるはずです。そして、著者は次のように振り返っています。

「5E指導モデルに基づいた理科のユニットを生成する能力には、正直驚きました。たとえ内容が少しありきたり（一般的）に感じられたとしても、ベースとしては十分なクオリティです。」

## 2. 楽しくて、誰もが参加できる「マルチモーダル」な教材作りに活用する

生成AIを使えば、いつもの授業トピックをパツと華やかに、そしてきめ細やかにアレンジできます。例えば、こんな使い方はいかがでしょうか？

- **身近な話題をプラスする**： 地元のニュースや独自の文化、方言などを内容に組み込んで、親しみやすさをアップさせます。
- **視覚に訴える**： 説明を補足するような、目を引く画像や動画を挿入します<sup>3</sup>。
- **ストーリーで印象づける**： 難しいテキストの内容を、覚えやすい「物語」に作り変えて紹介します。
- **概念図（コンセプトマップ）を作る**： 複雑な情報のつながりをパツと見てわかる図にします。
- **ポイントを整理する**： 授業の大切な部分をハイライトしたり、別の言葉で言い換えたり、要約したりします。難しい語彙の解説もお手の物です<sup>6</sup>。
- **算数や理科を「見える化」する**： 抽象的でわかりにくい数式や現象も、シミュレーションを見せたり、他の教科と結びつけたりすることで実感が湧くようになります。これは、アイデアを形にする図工や技術（工作教育）の時間にもぴったりですね<sup>7</sup>。
- **言葉の壁を取り払う**： 翻訳機能を使って、マイノリティ言語を使う生徒たちの学びをしっかりとサポートできます<sup>2</sup>。

**ヒント：** Midjourney（ミッドジャーニー）などの画像生成ツールには、世界中の人たちが作品や指示（プロンプト）のコツを投稿している専用のフォーラムがあります<sup>7</sup>。これから使い始める先生にとって、ここは最高の「ヒントの宝箱」になりますよ。

### 3. 例題・練習問題・クイズ作りに活用する

生成AIは、問題集を作るのがとっても得意なのです。例えば、こんな使い方ができます。

- **データ作りをお任せ**：例題や演習に使えるような、表形式などのデータをサッと作ってくれます。
- **反復練習をサポート**：基礎的なスキルや、まだ知識が定着していない部分を強化するための練習問題と解答を作ります<sup>8</sup>。宿題でつまづいてしまった生徒にとって、これらはとても心強い参考資料になります<sup>8</sup>。
- **「なぜそうなるか」を解説**：解答だけでなく、その導き方も説明してくれます。特にプログラミングコードの解説などは、AIの得意分野の一つです<sup>9</sup>。
- **別解を見せる**：算数やプログラミングで、一つの問題に対して複数の解き方を提示できます。これにより、生徒たちは「こんな考え方もあるんだ！」と多角的な視点を持てるようになります。あえて「間違いが含まれている回答」を作らせて、どこが違うか分析させる……なんて使い方も面白いかもしれません<sup>9</sup>。

#### 実践例：クイズを作ってみよう

**出典**：『理科教育におけるChatGPTの検証：生成AIの探索的研究』<sup>5</sup>。

**使ったツール**：ChatGPT

**実際に出した指示（プロンプト）**：「中学1年生レベルで、再生可能エネルギーと非再生可能エネルギーの概念についてのクイズを作成してください。解答キー（正解一覧）も付けてください」

**振り返り：**著者が試してみたところ、ChatGPTが作った選択式クイズは、生徒たちがトピックを理解しているかどうかを確認するのに十分役立つ内容でした。一方で、著者はこうも付け加えています。「先生たちは、AIが作ったものを常に自分の目で厳しくチェックする必要があります。最終的に、教育として正しい判断を下せるのは、先生自身の専門知識や経験、そして何より『自分の目の前にいる生徒たちへの理解』だけなのです」

## 例

**出典：**『理科教育におけるChatGPTの検証：生成AIの探索的研究』<sup>5</sup>。

**使ったツール：**ChatGPT

**実際に出した指示（プロンプト）：**「中学1年生が、再生可能エネルギーと非再生可能エネルギーについての自分の学びを自己評価できるようなルーブリックを作ってください。」

**AIが出力した回答（要約）：**ChatGPTは、「**概念の理解**」「**リサーチ（調査）**」「**批判的思考**」「**授業への参加**」という4つの評価基準を自分で考えて提示してくれました。

| 評価基準   | 見本となるレベル (Exemplary)        | 習熟レベル (Proficient)           | 向上中レベル (Developing)      | 基礎レベル (Emerging)      |
|--------|-----------------------------|------------------------------|--------------------------|-----------------------|
| 概念の理解  | 種類やメリット・デメリットを完璧に理解している     | 大体理解しているが、いくつか細かい抜けがある       | 理解が限られている                | ほとんど理解できていない          |
| リサーチ   | 徹底的に調べ、わかりやすく整理して発表できている    | よく調べているが、一部不明瞭な点がある          | 調査が不十分で、発表内容も限られている      | 全く調べていない、または関係ない内容である |
| 批判的思考  | 特徴を分析・評価し、将来に向けた賢い選択ができる    | ある程度分析できているが、重要な視点が抜けている     | メリット・デメリットを自分なりに評価できていない | 批判的思考のスキルが見られない       |
| 授業への参加 | 議論や班活動に積極的に加わり、価値ある意見を出している | 参加はしているが、いつも価値ある貢献ができるとは限らない | 議論や班活動に積極的に参加できていない      | 周りの学びを妨げるような態度である     |

**振り返り：**著者は、ChatGPTが「理解度」や「リサーチ力」といった評価基準を自ら提案してくれた点を高く評価しました。それぞれの基準に対して4段階のレベル設定もしてくれました。ただ、実際の評価に使うには「基準の中身が少しあやふやで、具体的さに欠けるかな」とも感じたそうです。

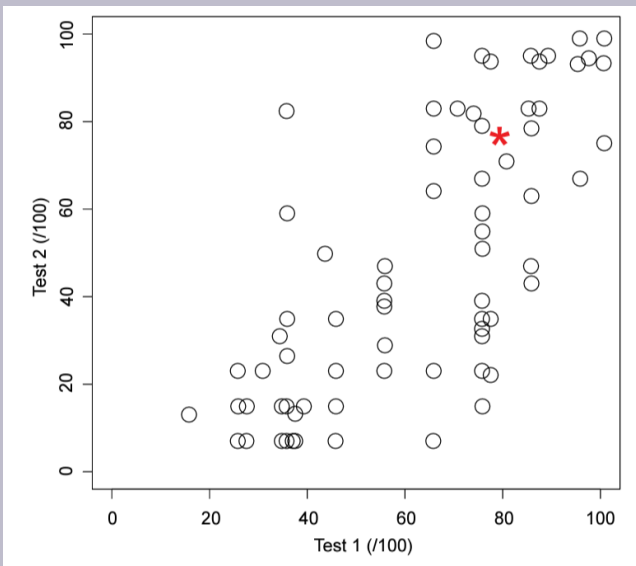
実践例：一つの問題に対して、たくさんの「解き方」を考えてみよう

**出典:**『ロボットがやってくる：初歩のプログラミング教育におけるOpenAI Codexの影響を探る』<sup>10</sup>。

**使ったツール:** Codex（コーディングに特化したAIで、指示に合わせて色々なプログラミング言語を書くことができます）

**実際に出した指示（プロンプト）:** 実際の試験問題や教科書に載っているような、学生たちがふだん解いている「コード作成の問題」をそのまま入力しました。

**出力:**



上のグラフ（図）を見てみてください。赤い星印（\*）がAI（Codex）の成績ですが、試験監督がいる状況で学生たちが受けたテスト（Test 1とTest 2）の結果と比べても、AIがかなり高いパフォーマンスを発揮しているのがわかりますね。

**振り返り：**この研究の著者たちは、AIの出した回答を見て、同じ指示に対しても「バリエーション豊かな、いくつものコード」を生成できることに注目しました。しかも、ただ適当に作るのではなく、「その問題なら、普通こう書くよね」という、期待通りの王道な書き方をしっかり押さえていたそうです。

## 4 学びのバリアを取り払う

最後にご紹介したいのが、身体的な障がいや学習に困難を抱えている生徒たち、特に目や耳に不自由がある生徒たちの「学びの壁」を低くするために生成AIを活用することです。これについては、ぜひ皆さんに積極的に試していただきたいと思っています。

生成AIを使えば、字幕（サブタイトル）やキャプション、そして映像の内容を言葉で説明する「音声ガイド」などを簡単に作成できます<sup>2</sup>。ユネスコの『教育と研究における生成AIガイドライン』でも、次のように述べられています。「生成AIはテキストを音声に、音声をテキストに変換することができます。これにより、視覚や聴覚、あるいは発話に障がいがある人々がコンテンツにアクセスし、質問を投げかけ、仲間たちとコミュニケーションをとることを可能にするのです」<sup>2</sup>

さらに、皆さんが作った教材が「誰にとっても分かりやすく、使いやすいもの（インクルーシブでアクセシブル）」になっているかどうかを、AIにチェックしてもらうこともできるんですよ<sup>4</sup>。

## AIの答えを疑うべし

もし生成AIを使ってみようと思ったなら、その「失敗」や「弱点」に

は十分に注意して、いつでも修正できるように構えておく必要があります。例えば、こんな落とし穴があります。

- ・ **内容が不正確なことがある**：言語モデルは「知識の貯蔵庫」でも「検索エンジン」でもありません。最新のモデルでさえ、事実をでっち上げたり（ハルシネーション）、存在しない文献を引用したりします。特に数学や数値を扱うときにはミスが混じりやすく、その分野に特化して調整されたモデルであっても、計算ミスをしたり「数学的なデタラメ」を言ったりすることがあります<sup>11</sup>。プログラミングも油断できません。生成されたコードに文法ミスがあったり、セキュリティ上の問題が含まれていたりすることもあるからです<sup>9</sup>。
- ・ **偏った考え（バイアス）が入り込む**：AIの学習データそのものに偏りがあるため、どうしても回答にバイアスが混じってしまいます。教育用に調整された「Ed-GPT」でさえ、完全にゼロにするのは難しいのが現状です<sup>2</sup>。
- ・ **結果が安定しない**：AIへの指示（プロンプト）の書き方や、これまでのやり取りの履歴、あるいは特に理由もなく、答えの質が大きく変わってしまうことがあります。

生成AIは先生の仕事を楽にしてくれる便利なツールですが、あくまで「ネット上の膨大なデータから作られた統計モデル」に過ぎません。このデータは、現実の世界や、そこにある複雑な背景、人間関係の代わりにはなれないのです。例えば、ChatGPTには今の状況（コンテキスト）を完全に理解することはできませんし、生徒の日常生活に何が影響を与えているかを説明することもできません<sup>4</sup>。現実世界の困難な課題に対して、これまでにない全く新しいアイデアや解決策を生み出すことも、実は苦手なのです<sup>2</sup>。

そして何より、AIの能力は人間の心の働きには及びません。人間は限られた情報からでも深く理解し、行動することができますが、AIにはそれが難しいのです。生成AIの「最大の欠陥」について、ある指摘があります。それは、知性にとって最も重要な力——つまり「何が事実か、何が過去だったか、何が未来か」を説明・予測するだけでなく、「何が事実ではないか、そして何が可能で、何が不可能なのか」を判断する力が欠けていることなのです<sup>12</sup>。

- <sup>1</sup> Tlili, A., Shehata, B., Adarkwah, M.A. et al, *What if the devil is my guardian angel: ChatGPT as a case study of using chatbots in education*, Smart Learning Environments, 10, 15 2023.
- <sup>2</sup> Holmes, W., Miao, F., *Guidance for generative AI in education and research*, UNESCO, Paris, 2023.
- <sup>3</sup> Enkelejda, K., et al, *ChatGPT for Good? on Opportunities and Challenges of Large Language Models for Education*, EdArXiv, 2023.
- <sup>4</sup> Trust, T., Whalen, J., & Mouza, C., [Editorial: ChatGPT: Challenges, opportunities, and implications for teacher education](#), Contemporary Issues in Technology and Teacher Education, 23(1), 2023.
- <sup>5</sup> Cooper, G., *Examining Science Education in ChatGPT: An Exploratory Study of Generative Artificial Intelligence*, Journal of Science Education and Technology, 32, 444-452, 2023.
- <sup>6</sup> Kohnke, L., Moorhouse, B. L., & Zou, D., *ChatGPT for Language Teaching and Learning*, RELC Journal, 54(2), 537-550, 2023.
- <sup>7</sup> Vartiainen, H., Tedre, M., *Using artificial intelligence in craft education: crafting with text-to-image generative models*, Digital Creativity, 34:1, 1-21, 2023.
- <sup>8</sup> Bhat,S., et al, *Towards automated generation and evaluation of questions in educational domains*, Proceedings of the 15th International Conference on Educational Data Mining, pages 701-704, Durham, United Kingdom, 2022.
- <sup>9</sup> Becker, B., et al, *Programming Is Hard – Or at Least It Used to Be: Educational Opportunities and Challenges of AI Code Generation*, Proceedings of the 54th ACM Technical Symposium on Computer Science Education V. 1 (SIGCSE 2023), Association for Computing Machinery, New York, 500-506, 2023.
- <sup>10</sup> Finnie-Ansley, J., Denny, P. et al, *The Robots Are Coming: Exploring the Implications of OpenAI Codex on Introductory Programming*, Proceedings of the 24th Australasian Computing Education Conference (ACE '22), Association for Computing Machinery, New York, 2022.
- <sup>11</sup> Lewkowycz, A., Andreassen, A., Dohan, D. et al, *Solving*

*Quantitative Reasoning Problems with Language Models*, Google Research, 2022.

<sup>12</sup> Chomsky, N., Roberts, I., Watumull, J., *Noam Chomsky: The False Promise of ChatGPT*, The New York Times, 2023.

# 36. ChatGPTと学校の宿題への潜在的影響

## AI時代の幕開け

2022年の11月末にChatGPTが登場して以来<sup>1</sup>、AIテクノロジー、特にChatGPTのような「生成AI」が教育にどんな影響を与えるのかについて、ものすごく大きな注目と議論が巻き起こっています<sup>2</sup>。

実は、学校の「当たり前」を根底から変えてしまうかもしれないと言われているツールは、これまでもいくつかありました。でも、今回の生成AIはちょっと違います。特に、普段学校の外（家など）で取り組む「宿題」のあり方をガラッと変えてしまうのではないかと多くの人が考えているんです。

「ChatGPTのようなAIを使えば、生徒が自分で考えなくてもエッセイを書けてしまうし、別の言葉に翻訳したり、数学の課題を解いたりして、カンニングが簡単にできてしまうのでは……」そんな不安の声も聞こえてきます。でも、こうした「テクノロジーで宿題が楽になる」という概念自体は、本当に新しいものなのでしょうか？

一時期は、ChatGPTの使用を禁止した国や学区もありました。でも、ありがたいことに、今はその決定を考え直し、ChatGPTや他の生成AIツール（Bard、Midjourney、Bing Chatなど）を、先生たちがどうやって授業に活かしていけるかを前向きに検討する動きが広がっています<sup>3</sup>。



この画像は、CyberMac'sによる作品『Girl Power Up and Write Your Future – An ambitious young student uses girl power to unlock her potential and write her future as she works on her laptop』の一部を引用したものです。この作品は「クリエイティブ・コモンズ 表示 - 非営利 - 継承 2.0 (CC BY-NC-SA 2.0)」ライセンスのもとで公開されています。ライセンスの詳細は、以下のリンクからご確認いただけます：<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.0/?ref=openverse>

## 少し立ち止まって、これまでの歩みを一緒に振り返ってみましょう

2000年代の初めにも、「ネットで検索すれば、たった数クリックで答えが見つかってしまう」ことについて熱い議論がありました。インターネットが日常に欠かせないものになるにつれ、教育現場ではある問いが生まれました。「指先一つで答えが手に入る時代に、私たちはどうやって学習の成果を評価すればいいのか？」という問いです<sup>4</sup>。

忘れないでほしいのは、ここ何十年の間、インターネットは宿題のあり方にずっと影響を与え続けてきたということです。生徒たちはネットで調べ、その答えをレポートや発表資料にコピー＆ペーストす

ることができました。そのもっと前には、ワープロが「書くこと」に与える影響や、電卓が算数・数学の学びに与える影響についても議論されていたのです。

ところが、現在、ワープロを使わずに文章を書いたり、電卓を使わずに複雑な計算をしたりすることを考える人がいるのでしょうか？ 私たちの関心は、より「深い学び」へと移っていきました。ワープロのおかげで「推敲（下書きを練り直すこと）」に集中できるようになり、数学では「単なる計算」の先にある思考を大切にできるようになったのです。経験豊かな先生たちは、そうした決断を下しながら、テクノロジーを上手に教室に取り込んできました。

## ChatGPTへの恐れ

それでも、ChatGPTのような生成AIツールはこれまでのものとは次元が違う「ゲームチェンジャー」だと多くの人が感じています。先ほどもお話したように、一部の学校組織<sup>5</sup>や大学では「禁止」という手段に踏み切ったところもありました。「AIは素早く簡単に答えをくれるかもしれないが、学問や人生の成功に欠かせない『批判的思考力（クリティカル・シンキング）』や『問題解決能力』を育むことにはならない」というのがその理由です<sup>6</sup>。

一方で、「いや、これらのツールを積極的に受け入れ、教室でクリエイティブに活用すべきだ」と考える人たちもいます。そうすることで、生徒たちにこそ批判的思考力を養うチャンスが与えられるというわけです。

ニューヨークにあるコロンビア大学ティーチャーズカレッジのラリサ・バスデヴァン副学部長は、学校はこうした新しいデジタルツールに対して難しい決断を迫られているとした上で、「その決断は、あくまで『生徒の学びを向上させる』という目的の範囲内で行われるべきだ」と語っています。この考え方は今、教育界で広まりつつあります。先生も生徒も、これらのツールをどう使うのがベストなのかを、一緒に学んでいく必要があるのです。

生成AIは、私たちの指示（プロンプト）に対してあっという間に答えを吐き出してくれます。でも、その回答が生徒の学習にとって「最

適」な形になっているとは限りません<sup>8</sup>。見た目こそきれいに整えられていますが、中身が間違っていたり、おかしな点が混じっていたりすることもよくあります。

だからこそ、AIが作ったものを「これ、本当かな？」と疑ってみる力を、先生も生徒も身につける必要があるのです。そうすることで、私たちが生徒たちに求めている「情報の真偽を見極める力（リテラシー）」を育むことができます。そうなれば、AIは宿題のデザインや活用法に、きっとポジティブな変化をもたらしてくれるはずですよ。

## 宿題の目的

そもそも、「宿題」って何のために出すのでしょうか？ 学校が宿題を出すのには長い歴史がありますが、一般的に先生たちは次のような理由を挙げています<sup>9</sup>。

- 生徒たちに「責任感」を教えるため。
- 学んだスキルを練習し、磨き上げる機会を与えるため。
- 保護者からの要望があるため。
- 宿題の量が多いほど、教育の「厳格さ」や「先生の質」が高いとみなされる風潮があるため。
- 成長過程における一種の「儀式」のようなもの。

ところが面白いことに、宿題が学習や家庭生活に与える影響についての研究<sup>9</sup>を見てみると、必ずしもポジティブな結果ばかりではありません。中には、宿題がマイナスの影響を及ぼしているという調査結果もあるのです。

ですから、先生たちが常に自分に問いかけるべき大切な質問は、「この宿題から、どんな学びが生まれるだろう？」ということ。この問いを立てるときには、最新のテクノロジーの進化も計算に入れ、AIなどのツールが課題の「誠実さ（自力で取り組む価値）」にどう影響するかを考える必要があります。

私たちは、以下のことを考えてみるべきではないでしょうか。

- ・ 将来、宿題のあり方は今とは全く違うものになっているかもしれませんが。でも、検索エンジンやワープロ、電卓の時と同じように、学校がテクノロジーの急激な進化を無視し続けることは不可能です。変化に抗おうとして（結局は止められずに）疲弊するよりも、それを受け入れ、適応していくほうが賢明だと言えるでしょう<sup>10</sup>。
- ・ 中には、ChatGPTのようなツールは、家庭でのサポートが十分に受けられない生徒や、慣れない言語で学んでいる生徒たちにとって、「より平等な土俵（チャンス）」を作ってくれるのではないかと提案する人もいます。
- ・ また、AIは単なる「習得」のレベルを超えて、生徒たちをより深い学びへと導き、教育の基準（ハードル）そのものを引き上げてくれる可能性も秘めています<sup>8</sup>。

つまり生成AIは、生徒たちがより批判的な視点を持つよう促し、新しい形の「挑戦しがいのある評価方法」を生み出すチャンスを与えてくれているのかもしれませんが。

### エクササイズ

宿題や教室での評価がもっと「意味のあるもの」になるように、ChatGPT（または他の生成AIツール）をクリエイティブに活用する方法を考えてみてください

生成AIツールは、先生たちの「時間の節約」に役立つという声が増えます高まっています。事務的な作業をAIに任せて浮いた時間で、よりクリエイティブな学習活動の企画やデザインに力を注げるようになるからです。

同時に、生徒たちにとっても、何も無い真っ白なページを前に「何を書けばいいかわからない……」と立ち止まってしまう、あの高い壁を乗り越える助けになります。生成AIは文章をどんどん作り出すのが

得意なので、先生も生徒も、以下のようなさまざまなコンテンツを作成するのに活用できます。

- 先生向けの授業案のアイデア
- エッセイ（作文）
- ブログ記事
- 詩や歌詞
- プレゼンテーション資料
- コンピューターのプログラム（コード）
- 数学の問題の解法

ただし、忘れないでください。AIはそれっぽく、洗練された形で答えをパッケージしてくれますが、それが常に正確で適切であるとは限りません。だからこそ、私たちはAIが出したものを「批判的な目」でしっかりチェックし、どの部分を採用し、どの部分を捨てるかを判断する必要があります。

結局のところ、これらのツールが消えてなくなることはありません。ですから、私たちは先生も生徒も「AIについて」学び、それぞれの状況に合わせてどう使うのがベストかを判断できるようになる必要があります。ツールの種類も機能も、今まさに進化の真っ只中であり、教え方や学び方、そして評価のあり方をどこまで変えていくのか、まだ誰にも完全にはわかりません。

最終的に、これらのツールが自分や生徒にとって本当に役に立つかどうかを決めるのは、他ならぬ「**先生**」である皆さん自身です。まずは、AIを使ってみることから始めましょう。それが本当に自分の時間を節約してくれるのか、そして生徒たちが21世紀を生き抜き、働くために必要な力を育む助けになるのかどうか、ぜひあなた自身の目で確かめてみてください。

さらに想像を広げるために、[このブログ](#)をを覗いてみてください。共有されているさまざまなアイデアを見ながら、自分のクラスで応用できそうなものがあるか考えてみるのもおすすめですよ。

- 1 <https://tinyurl.com/3sr2hy6y>
- 2 <https://www.edweek.org/technology/with-chatgpt-teachers-can-plan-lessons-write-emails-and-more-whats-the-catch/2023/01>
- 3 <https://www.nytimes.com/2023/06/26/technology/newark-schools-khan-tutoring-ai.html?action=click&module=RelatedLinks&pgtype=Article>
- 4 <https://michiganvirtual.org/blog/how-will-artificial-intelligence-change-education/>
- 5 <https://ny.chalkbeat.org/2023/1/3/23537987/nyc-schools-ban-chatgpt-writing-artificial-intelligence>
- 6 <https://www.washingtonpost.com/education/2023/01/05/nyc-schools-ban-chatgpt/>
- 7 ibid
- 8 <https://hai.stanford.edu/news/ai-will-transform-teaching-and-learning-lets-get-it-right>
- 9 <https://www.ascd.org/blogs/whats-the-purpose-of-homework>
- 10 <https://theconversation.com/chatgpt-isnt-the-death-of-homework-just-an-opportunity-for-schools-to-do-things-differently-205053>

# 37. 生成AIの「歯車」： その仕組みをのぞいてみ よう

ここ最近、ChatGPT、Bard、LLaMA2-chatといった大規模言語モデルを活用した「自然言語対話システム」が、短期間で爆発的な人気を博しました。その結果、さまざまな側面において、今もなお決着のつかない熱い議論が巻き起こっています。比較的シンプルな数学の方程式によって制御されている計算システムが、なぜ多くの人が「知的」と呼ぶような振る舞いを生み出すことができるのか。それを問い直してみるのは、間違いなく魅力的な体験です。

しかし、この章では「大規模言語モデル（LLM）の振る舞いは、私たちが『知的』と定義できるものなのか？」「人間本来の知性とは一体何なのか？」「創造性をどう定義すればいいのか？」といった問いに対して、直接的な答えを出そうとはしません。これらは非常に興味深いテーマではありますが、正しく答えるためには、より踏み込んだ深い調査が必要になるからです。

その代わりに、ここでは専門家ではない皆さんにも分かりやすいように、大規模な言語モデルが機能する、その背景にある「メカニズム」の全体像をお伝えしようと思います。これらのメカニズムに対する認識を深めることこそが、AIの持つ可能性やリスクを理解し、特に教育の場において「正しい使い方」を促進することにつながるからです。

まず、払拭すべきよくある誤解として、「これらのシステムは、基本的には『問いと答え』のペアで構成された巨大なデータベースに過ぎない」というものがあります。この間違いは、長年にわたって定着してきた従来のチャットボット・システムの構築手法から連想されたものです（これについては、関連する章をぜひ読んでみてください）。同時に、こうした考え方は、大規模言語モデル（LLM）の持つ「生成的（ジェネレーティブ）」という特性を正当に評価しているとは言えません。

言語モデルとは、与えられた「文脈（コンテキスト）」に応じて、あるテキストの断片（通常は単語）が出現する確率を割り当てる統計モデルのことで、この文脈は通常、次に来ると予想される単語の「前にある単語の並び」によって定義されます。

かつては純粋に統計的なアプローチ（例えばマルコフ連鎖やn-gramモデルと呼ばれるもの）で構築されていた言語モデルに、時を経て「ニューラルネットワーク」から構築されたモデルが加わりました<sup>1</sup>。これらは、ネットワークの構造そのものにおいても、その規模においても、大きな進化を遂げてきました。

「大規模言語モデル（LLM）」という名前がついているのは、膨大なデータで学習させた、とてつもなく大きなニューラルネットワークに基づいているからなのです。



1つ以上のインタラクティブ要素は文章のこのバージョンから除外しました。ここにオンラインでそれを表示で

きます：<https://aiopentext.itd.cnr.it/japanese/?p=150#oembed-1>

この「自ら生み出す（生成的）」という側面と、その本質が「熟練した直感」に近い性質を持っているがゆえに、大規模言語モデル

（LLM）がユーザーの入力に対してどう反応するかを正確に予測することは困難です。こうした特性があるからこそ、このシステムが嘘や不正確な文章を作り出してしまわないか、という根強い不信感にもつながっています。

つまり、この「生成する」という特徴は、機械が文章を理解して作り出す能力における「偉大な技術的達成」であると同時に、こうしたテクノロジーが抱える「主要な危険性」の一つでもあるのです。

それでも、こうしたシステムの中身を解き明かしてみることしましょう。これまでのあらゆる技術革命と同じように、今回の突破口の背後にも多くの要因があります。ここではあえてシンプルに整理して、主要な要因をいくつか挙げてみます。さらに詳しく学びたい方のために、後で深く研究する際のガイドとなる参考文献も示しておきますね。

- **ネットワークの規模**：これは、ネットワーク内にある「学習可能なパラメーター（変数）」の数で測られます。大規模言語モデルは、驚くほど膨大な数の「ノード（節）」と「層（レイヤー）」で構成された深層ニューラルネットワークです。その大きさの目安を言うと、この分野の専門家は、パラメーターの数が100億を超えると言語モデルを「大規模（ラージ）」と呼びます。具体的な例を挙げると、GPT-3モデルは1,500億個、LLaMA v2の最大バージョンは約700億個ものパラメーターを持っています。
- **ネットワークの構造（アーキテクチャ）**：AIが成功をおさめた理由は、規模だけではありません。ニューラルネットワークのノードや各層が「どのように相互接続されているか」も極めて重要です。ここでもあえて簡略化して説明すると、これまでのモデルよりも劇的に効率が良くなった背景には、[「トランスフォーマー（Transformer）」](#)と呼ばれるネットワーク構造と、[「アテンション（注意）」](#)というメカニズムという、主要な構造上のイノベーションがあります。
- **学習に利用できるデータ量**：膨大なデータが手に入ること自体、こうしたモデルの学習には欠かせない要素であることは間違いありません。しかし実は、大量のデータが存在すること自体は何年も前から分かっていたことであり、こうしたモデルが登場するずっと前からの前提でした。したがって、本当の革新的な要因は、データの量そのものよりも、「学習テクニック」や、生データから学習用のデータセットを作り上げるまでの「選択と準備のプロセス」にあります。これは「自己教師あり学習（self-supervised learning）」と呼ばれています。
- **現代の計算能力（コンピューティング・パワー）**：当然のことながら、コンピュータの計算能力が飛躍的に向上したことが、これほど巨大な規模のネットワークを実現させるための決定的な役割を果たしました。これまでの経験則から、ネットワークの規模を拡大させること（スケーリング）こそが、AIに「知的な振る舞い」を芽生えさせるために不可欠な要素の一つであることが分かっています。
- **チューニング（調整）のメカニズム**：もう一つ、意外と見落とされがちなのが、モデル構築の最終ステップにあたる「調整」の仕組みです。具体的には、「人間からのフィードバックを用いた強

化学習（RLHF）」や「ランキング（順位付け）」といった手法を指します。これらは、モデルの個性を形作り、ユーザーの意図により沿った回答を出せるようにするために使われます。さらにこれに加えて、特定のタスクをこなす能力を高めたり専門化させたりする「ファイン・チューニング（微調整）」のプロセスも、AIの振る舞いを洗練させるために欠かせません。

- **安全性のためのパイプライン：** 深層学習（ディープラーニング）モデルそのものとは別に、システムの弱点を補うための専用技術も組み込まれています。これは、不適切な入力に対してシステムが不安定になるのを防いだり、たとえ安全な入力であっても不適切な回答を返してしまわないように制限をかけたりするためのものです。

さて、大規模言語モデル（LLM）を形作るさまざまな要因が見えてきたところで、あとは実際に私たちの教育現場でその可能性を試してみるだけです。

ぜひ、ChatGPTやBard（現在のGemini）に話しかけてみてください。新しい演習問題を作ってもらったり、生徒一人ひとりのニーズに合わせて内容を調整したり、関連資料を含めた授業案を練り直したりと、できることはたくさんあります。それをどう活かせるかは、皆さんのクリエイティビティと、こうしたシステムと「どう対話するか」の習熟度にかかっているのです。

**備考：** ここで挙げたそれぞれの要因については、本来ならもっと詳しく掘り下げて説明する必要があります。興味のある方のために、さらに学びを深めるための参考文献リストを用意しました。

---

<sup>1</sup> Bengio, Y., Ducharme, R., & Vincent, P., *A neural probabilistic language model*. Advances in neural information processing systems, 13, 2000.

<sup>2</sup> Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N., Uszkoreit, J., Jones, L., Gomez, A. N., ... & Polosukhin, I., *Attention is all you need*, Advances in neural information processing systems, 30, 2017.

## 38. プロンプト：それは芸術、技術、あるいは科学なのか？

このセクションでは、一連のステップやヒント、そしてちょっとしたコツを使いながら、「効果的なプロンプト」を作り上げるためのメソッド（手法）を身につけていくことを目指します。

まず心に留めておいてほしいのは、生成AIは画像、文章、プログラミングコード、ウェブサイト、動画など、本当に幅広いアウトプットを生み出せるということです。そして、それぞれのプラットフォーム（ChatGPTやMidjourneyなど）には、得意なことや苦手なことがあります。独自のロジックで動いています。ですから、何よりも大切なのは「目的に合った正しいモデルを選ぶこと」です。

これからお伝えするガイドラインは、ほとんどの場面で役に立つ「ベストプラクティス（最善の手法）」として設計されています。

では、まず「良いプロンプト」とは一体どういうものか、定義することから始めましょう。理想を言えば、次のような条件を満たしていることが望ましいですね。

- **ニーズに合っていること**：内容、形式、そして正確さの面で、私たちの求めているものに合致した回答が返ってくること。
- **信頼できること**：提供される情報が正確で妥当であること、あるいは少なくとも「それが正しいか検証できる」状態であること。
- **再現性があること**：同じような指示を出したときに、再び同じような質の高い結果が得られること。
- **ミニマリスティックであること**：プロンプトを作るために必要な情報を、ダラダラ書くのではなく、最小限のディテールで効率よく伝えられていること。

## ステップ1：ゴール（期待する結果）をはっきりさせる

どんな調べ物でも同じですが、事前のプランニングがとても大切です。「どんな回答が欲しいのか」を、自分自身でしっかりとイメージしておく必要があります。それは、ちょっとした情報かもしれませんが、あるいは特定の形式を持ったコンテンツかもしれません。例えば、「独特な言い回しの文章」だったり、「特定のスタイルの絵（画像）」だったり、あるいは「そのままダウンロードできるプログラムのコード」や「データの表」だったりすることもあるでしょう。

AIが生み出すコンテンツは実に多種多様で、その仕上がりは、皆さんのリクエストがどれだけ具体的かにかかっています。ですから、まずは自分の意図を次のように整理してみましょう。

- この探索の目的と目標は何だろう？
- AIが作った回答を、その後どうやって使うつもりかな？
- 出来上がる結果に対して、守るべき制約やルールはあるだろうか？

例えるなら、図書館に行って「必要な情報がたまたま見つかるといいな」と思いながら適当に本を手取ることはありませんよね。プロンプトを出すというのは、司書さんに「これこれについて、こういうデータが欲しいのです」とお願いするのとよく似ています。人間も機械も、リクエストに応えるためには、あらかじめいくつかの情報が必要なのです。

具体的な例で考えてみましょう

**目的（何のために？）**：文章作成AIを使って、生徒向けの演習問題を作りたい。

**用途（どう使う？）**：授業中に配るプリントの練習問題として使う。

**形式（どんな内容で？）**：小学2年生（または中学2年生など、対象レベル）向けの、不規則動詞に関する英語の演習問題。

## ステップ2：コンテキスト（背景情報）を伝える

コンテキスト（背景情報）は、生成AIにとっての「背骨」のようなものです。皆さんが入力するプロンプトは、AIが回答を組み立てるための「意味の枠組み」になるということ、いつも忘れないでください。AIが行うすべてのことは、皆さんのプロンプトに続く「論理的で一貫性があり、かつ確率的に正しい言葉の並び」を作り出すことに基づいています。

ですから、この極めて重要なステップにおいて、皆さんは言葉の選び方や参照データ、ヒントなどを通じてAIを導いてあげることができるのです。コンテキストが強固であればあるほど、皆さんの期待にマッチした回答が返ってくる可能性が高まります。

これも図書館の例で考えてみると分かりやすいでしょう。司書さんにとって、「あなたが高校の先生なのか、それとも中学生なのか」「そのトピックについてすでにある程度の知識があるのか」「その内容を何に使うのか」「特定の形式の指定はあるか」といったことが分かっているならば、仕事はずっと簡単になりますよね。

ぜひ、時間をかけて、自分のリクエストを正確かつ徹底的に伝えて

みてください。例えば、目的、学習目標、対象となる相手やレベル、AIにやってほしい具体的なアクション、そして形式（構成案、リスト、マインドマップ、構文、言語のレベルなど）を盛り込むのがコツです。

### 具体的な例で見てみましょう

「私は小学校の教師です。2年生（6歳から7歳）の生徒たちが教室で取り組むための演習問題を作りたいと考えています。この問題は、英語の不規則動詞の過去形をテーマにしてください。このトピックに関する10問の穴埋め問題と、その後に解答（正解）を提示してください」

## ステップ3：分析し、検証し、批判的に考える

AIが最初の回答を出したとき、考えられるパターンは次の2つです。

- ・ 「あれ、思っていたのと違うな」という場合： 質や形式、内容が期待に沿わなかったり、AIが「そのリクエストにはお応えできません」と言ってきたりすることがあります。そんな時は、言い回しを変えてみたり、もっと詳しく背景（コンテキスト）を伝えたり、ニーズをさらに細かく指定したりしてみましょう。また、そのプラットフォームで「できること・できないこと」を知っておくのも大切です（例えば、外部リンクを出せなかったり、特定のファイル形式が作れなかったりする場合もあります）。
- ・ 「だいたいイメージ通り！」という場合： この段階では、AIが出した情報を自分の知識と照らし合わせたり、外部の信頼できる情

報源で裏付けを取ったりして検証しましょう。もし必要なら、さらに詳細な説明や根拠となるソースを出すよう、AIに深く切り込んでみてください。

## ステップ4：磨き上げ、コラボレーションする

このステップは、主に対話型の生成AI（チャット形式のもの）で使える、非常に強力な機能です。最初の回答に満足したあと、さらなる「ガイド」を与えることで、内容をさらに洗練させることができます。たとえば、回答の形や難易度を調整したり、バリエーションを作らせたり、解説や出典を求めたり、などなど。これはまるで、下書きした文書を編集するような作業です。アシスタントに指示を出すような感覚で、AIにリクエストを続けてみましょう。

### ブラッシュアップのための指示例

- 「もう少し複雑な過去形を持つ動詞（goがwentになるようなもの）を2つ追加して」
- 「つい間違いやすい不規則動詞（swimがswimmedではなくswamになるようなもの）についての問題を1問足して」
- 「文章を全体的にもっと長く試みて」
- 「これらの動詞を全部使って、短い物語を作って」
- 「不規則動詞の使い方のルールを、7歳の子が理解できるような言葉で書いて」
- 「覚えにくい動詞を暗記するための、覚え歌（語呂合わせのリズム）を考えて」

- ・ 「この演習問題の別パターンをいくつか作って」

## ステップ5：内容を調整し、実践に活かす

ここまで来れば、納得のいくコンテンツが出来上がっているはずです。でも、プロセスはここで終わりではありません。AIが作った文章、画像、動画、ウェブサイト、あるいはコードといったものは、あくまで一つの「素材」に過ぎません。大切なのは、それを皆さんの日々の授業の中でどう具体的に活用するのか、です。

正直なところ、AIが作ったものがそのまま100点満点で使えることは稀です。ですから、皆さん自身の力で手直しをしたり、より良く改善したりして、自分のクラスという特別な環境に合うように「最適化」してあげる価値があります。

この実践のプロセスは、ステップ1で考えた目標、つまり「なぜ、どのように取り組むのか」という皆さんの教育方針とダイレクトにつながっています。ここでこそ、教育のプロとしての皆さんの価値が発揮されます。コンテンツがより刺激的で、創造的で、あるいは革新的なものになるよう息を吹き込んであげてください。そうしてようやく、コンテンツを適切に探究し、構造化し、最高の形で授業の舞台に上げることができるのです。

# 39. 生成AIの「負の側面」 (1)

生成AIは「深層学習（ディープラーニング）」を活用したツールであるがゆえに、これまでの機械学習モデルが抱えてきた倫理的・社会的な負の遺産も、すべてそのまま引き継いでしまっています。

**プライバシーへの脅威**：多くのAI技術プロバイダーと同様に、生成AIの提供元も、あらゆる種類のユーザーデータを収集し、それを第三者と共有しています。例えばOpenAI社のプライバシーポリシーでは、リクエストがあればユーザーデータは削除すると認めていますが、ユーザーが入力した「プロンプト」についてはその限りではありません。プロンプトそのものに、ユーザー個人を特定できてしまうような機密情報が含まれている可能性もあるのですが、そこまでは守られないのです<sup>1</sup>。

また、AIとの対話があまりに自然で人間らしく感じられるため、普段の生活では決して話さないような、より個人的でデリケートな情報をうっかり漏らしてしまうというリスクもあります<sup>2</sup>。これは、生徒たちが直接生成AIシステムを利用する際に、特に深刻な問題となります。

この技術は、人間のような言葉を模倣することにあまりに長けているため、学習者に未知の心理的影響を及ぼす可能性があります。特に子供たちの理解力からすれば、まるで人間そのものです。子供たちの「認知発達」や「情緒的な健やかさ（ウェルビーイング）」への懸念、さらにはAIによって考えが「操作」されてしまう可能性についても、私たちは真剣に考えなければなりません<sup>3</sup>。

**透明性と説明可能性**：「オープン」であることを掲げている生成AIの提供元でさえ、モデルの学習や調整にどのようなデータや手法が使われたのか、そのすべてを明らかにするのを渋ることがあります。さらに、数百万、数千万ものパラメーターを持つ深層学習モデルにおいては、それぞれのパラメーターにどのような重み付けがされ、それらが

どう組み合わせたって特定の結果が出力されたのかを説明することは、今の技術では不可能です<sup>3</sup>。

AIが出す回答は、たとえプロンプトやユーザーの利用履歴にほとんど差がなくても、その形式や内容が大きく変わってしまうことがあります<sup>2</sup>。例えば、2人の生徒が同じ演習問題に取り組んだとしても、AIからは全く異なる回答が返ってくる可能性があるだけでなく、なぜその違いが生まれたのかを説明する手立てもありません。また、使用しているモデルの種類や、有料版か無料版かといった違いも、出力される内容に影響を与えます。

これは、生徒たちが何を学ぶかという点だけでなく、提出された課題を採点する際の「プロセスの公平性」にも関わる問題です。しかし、だからといってAIの使用を一律に禁止することも、また別の問題を引き起こします。家でAIを使える環境にある生徒とそうでない生徒との間で、学びの格差（デジタル・デバイド）がさらに広がってしまうからです<sup>1</sup>。

**均質化（同質化）**： AIの回答がバラバラだったり、説明がつかなくなったりすることも心配ですが、同じくらい厄介なのが「標準化」や「均質化」の問題です。生成AIはインターネット上のデータから学習しているため、特定の考え方や文化的な価値観ばかりを優先して広めてしまう傾向があります。そうすると、学習者たちが多様な視点に触れる機会が失われ、批判的に考える力が育たなくなってしまう恐れがあるのです<sup>3</sup>。「たとえインターネットから集めた何十億もの画像や文章のペアが含まれるデータセットであっても、そこには必ず何らかの世界観が入り込んでいます。そして、時には非常に問題のあるやり方で、世界を特定のカテゴリーに切り分けてしまうのです」<sup>4</sup>。例えば、学習データの宝庫としてよく使われるWikipediaでさえ、そのコンテンツ制作者は圧倒的に男性に偏っているという現実があります<sup>5</sup>。

生成AIは、あらゆる用途の土台となる「基盤モデル」<sup>6</sup>として設計されているため、この均質化への傾向は、他の機械学習モデルよりも強く現れます。ただ、そのモデルを私たちがどのように調整（適応）させていくかによって、この均質化がさらに強まるのか、弱まるのか、あるいは変わらないのかが決まる大きな分かれ道になるようです<sup>7</sup>。

ある研究者は、ChatGPTのことを「多言語ではあるけれど、単一文化的（モノカルチャー）」だと評しています。なぜなら、ChatGPTは

まず「英語のテキストと、そこに埋め込まれた文化的なバイアスや価値観」をベースに学習され、その上で「アメリカを拠点とするごく少数の作業員たちの価値観」に沿うように調整されているからです。もし先生が生成AIを使って生徒の作文を採点するとしたら、そこで評価されているのは、結局のところ「生徒がいかにかこの（AIの持つ）世界観や、思考・知識・言語の使い方に同調できているか」ということになってしまわないでしょうか？

### バイアス、偏見（ステレオタイプ）、包括性（インクルーシビティ）:

生成AIシステムの中には、多くのバイアス（偏り）やステレオタイプ（固定観念）が潜んでいる可能性があります。例えば、ChatGPTにこんな指示を出した実験があります。「あるパラリーガル（弁護士の助手）が弁護士と結婚しました。なぜなら、**彼女**が妊娠していたからです」という文章を見せ、この「彼女」は誰を指しているのかと尋ねました。すると、ChatGPTは「『彼女』はパラリーガルを指します」と答え、なぜ弁護士の方ではないのかについて、苦しい言い訳のような理屈を並べ立てたのです。



How did you come to the conclusion that "she" refers to the paralegal?



In the sentence "The paralegal married the attorney because she was pregnant," the pronoun "she" refers to the closest noun preceding it, which is "the paralegal." Therefore, "she" in this sentence refers to the paralegal. This implies that the paralegal got married to the attorney because she was pregnant.



Isn't "the attorney" the closest noun preceding it?



You are correct. I apologize for my mistake. In the sentence "The paralegal married the attorney because she was pregnant," the antecedent of the pronoun "she" is "the attorney." Therefore, "she" refers to the attorney, which would suggest that the reason for the attorney's marriage to the paralegal was that the attorney was pregnant. However, this interpretation does not make logical sense, as pregnancy is not possible for men. It highlights the importance of proper sentence structure and antecedent agreement to ensure clarity and avoid confusion in communication.

出典: <https://twitter.com/Eodyne1/status/1650632232212520960/photo/1>

ChatGPTが、あからさまに差別的な内容を書くことを拒否するように設定されていても、Pythonのプログラミングコードを書かせると、そうした有害な内容を含んだコードをいとも簡単に書いてしまうことが示されています<sup>1</sup>。また、プログラミング支援AIであるCodexも、さまざまな種類のステレオタイプを反映したコードを生成してしまうことが分かっています<sup>8</sup>。さらに、言語モデルのBERTにいたっては、障がいを持つ人々を指すフレーズをネガティブな言葉と結びつけたり、精神疾患に関する言葉を「銃による暴力」「ホームレス」「薬物依存」といった言葉と関連づけたりする傾向があることも明らかになっています<sup>5</sup>。

こうした偏りは、画像生成AI（テキストから画像を生成するモデル）でも同じように見られます。例えば、「不適切な表現（例：少数派の人々を有害なステレオタイプで描く）」「過小表現（例：特定の職業から特定の性別を排除して描く）」「過剰表現（例：デフォルトで英語圏中心の視点に偏る）」といった、学習データに起因するバイアスが含まれたコンテンツが生成されてしまうのです<sup>6,4</sup>。

さらに、特定のグループを「非人間的」に扱ったり、歪んだ枠組みで捉えたりするといった、より捉えにくい形でのネガティブな影響もあります。こうした問題を抱えたままの大規模言語モデル（LLM）は、目の前のユーザーに悪影響を及ぼすだけではありません。AIが作った素材が掲示板やコメント欄などに自動的に拡散されると、それが次世代のLLMが学習するための「新しい現実（データ）」となり、偏見を再生産し続けてしまうのです<sup>5</sup>。

残念ながら、AIが生成したアウトプットに問題がないかをチェックし、もし子供たちが不適切な内容に触れてしまったら（たとえそれが子供自身を中傷するものであっても、あるいは子供がその偏見を学んで広めてしまいそうな状況であっても）、すぐに介入して守ってあげるといった重い役割は、現場の先生方の肩にかかっています。

**コンテンツのモデレーション（情報の選別）**：検索エンジンやおすすりめシステム（レコメンデーション）と同じように、生成AIもまた、ユーザーが目にするコンテンツを「キュレーション（選別）」していません。生成AIが作り出す内容は、あくまでAIがアクセスできる情報、つまり「開発者にとって入手しやすく、かつ利用に適していると判断されたもの」に基づきます。そうして選ばれた視点が、生成AIを使う人

にとつての「現実」を定義してしまい、自分自身の意志で考え、行動する力（エージェンシー）に影響を与えてしまうのです。ですから、先生も生徒も、AIが生成した文章や画像の「基盤」となっている価値観や慣習、そして文化に対して、常に批判的な視点を持つことが大切です<sup>3</sup>。

ここで一つ、心に留めておいてほしいことがあります。それは、生成AIは「どんなトピックを扱おうとも、決して『信頼できる知識の絶対的な情報源』にはなり得ない」ということです<sup>3</sup>。

AIによる「[情報のフィルター（偏り）](#)」に対抗するためには、生徒たちが仲間と深く関わったり、自分とは違う職業や人生を歩んできた人たちと語り合ったりする機会をたくさん作ってあげることが必要です。さまざまな思想を吟味し、問いを立て、真実を確かめ、実験を通して成功や失敗、あるいはその過程にあるすべてから学ぶ。そんな経験こそが大切なのです。

例えば、ある活動で「AIが提案したプロジェクト案やコード、実験手順」に従って見たのなら、次の活動では「自分自身のアイデアや問題」に挑戦させ、多様な学習リソースを参照させるようにしましょう。

**環境と持続可能性：**あらゆる機械学習モデルは、膨大な処理能力とデータセンターを必要とします。これには、サーバーを冷やすために必要な大量の水など、環境面での大きなコストが伴います<sup>9</sup>。実際、大規模な深層学習モデルに必要な計算能力は、この6年間でなんと30万倍にも膨れ上がっているのです<sup>5</sup>。大規模言語モデルを学習させるには莫大なエネルギーを消費しますし、学習後もどこかのサーバーに保管し、遠隔でアクセスし続けなければなりません<sup>8</sup>。さらに、モデルをより使いやすく調整する「[ファイン・チューニング（微調整）](#)」のプロセスにも多くのエネルギーが必要ですが、このプロセスがどれほど環境に負荷をかけているかについては、まだ十分なデータがないのが現状です。

こうしたモデルの「性能」についてはよく報告されますが、その裏にある「環境コスト」が語られることは滅多にありません。たとえ費用便益分析（コストと利益のバランスを考えること）が行われたとしても、「あるコミュニティが利益を享受する一方で、その代償を支払わされているのは全く別のコミュニティである」という事実は、ほと

んど考慮されていないのです<sup>5</sup>。この不平等を脇に置いたとしても、こうした状況は生成AIプロジェクトが長期的に存続していけるかどうか（生存可能性）にとって、決して良いニュースではありません。

教育現場でこれらのモデルを広く採用し、生成AIによる学習スタイルを優先して既存のインフラや学び方を後回しにしてしまう前に、この大きな飛躍が本当に持続可能なのか、長期的に見て現実的なのかを、私たちはしっかりと話し合っておく必要があるでしょう。

---

<sup>1</sup> Trust, T., Whalen, J., & Mouza, C., [Editorial: ChatGPT: Challenges, opportunities, and implications for teacher education](#), Contemporary Issues in Technology and Teacher Education, 23(1), 2023.

<sup>2</sup> Tlili, A., Shehata, B., Adarkwah, M.A. et al, *What if the devil is my guardian angel: ChatGPT as a case study of using chatbots in education*, Smart Learning Environments, 10, 15 2023.

<sup>3</sup> Holmes, W., Miao, F., *Guidance for generative AI in education and research*, UNESCO, Paris, 2023.

<sup>4</sup> Vartiainen, H., Tedre, M., *Using artificial intelligence in craft education: crafting with text-to-image generative models*, Digital Creativity, 34:1, 1-21, 2023.

<sup>5</sup> Bender, E.M., et al, *On the Dangers of Stochastic Parrots: Can Language Models Be Too Big?*, Proceedings of the 2021 ACM Conference on Fairness, Accountability, and Transparency (FACCT '21). Association for Computing Machinery, New York, 610–623, 2021.

<sup>6</sup> Bommasani, R., et al., *On the Opportunities and Risks of Foundation Models*, Center for Research on Foundation Models (CRFM) — Stanford University, 2021.

<sup>7</sup> Bommasani, R., et al, *Picking on the Same Person: Does Algorithmic Monoculture lead to Outcome Homogenization?*, Advances in Neural Information Processing Systems, 2022.

<sup>8</sup> Becker, B., et al, *Programming Is Hard – Or at Least It Used to Be: Educational Opportunities and Challenges of AI Code*

*Generation*, Proceedings of the 54th ACM Technical Symposium on Computer Science Education V. 1 (SIGCSE 2023), Association for Computing Machinery, New York, 500–506, 2023.

- <sup>9</sup> Cooper, G., *Examining Science Education in ChatGPT: An Exploratory Study of Generative Artificial Intelligence*, Journal of Science Education and Technology, 32, 444–452, 2023.

# 40. 生成AIの「負の側面」(2)

生成AI特有の危険性には、次のようなものがあります。

**不正確さと「ハルシネーション（幻覚）」**：生成モデルは、一貫性のある流暢な、まるで人間のような言葉を次々と紡ぎ出す驚くべき能力を持っています。しかし、その「いかにももっともらしい語り口」の裏には、事実誤認や限定的な真実、捏造された文献、さらには純粋な作り話が隠されています。これらは「ハルシネーション（幻覚）」と呼ばれています<sup>1</sup>。ChatGPTの画面の一番下には、すべての対話を下支えするように、「ChatGPTは人、場所、事実について不正確な情報を生成することがあります」という注意書きが表示されています<sup>1</sup>。ChatGPTの回答の正確さは、トピックにもよりますが、およそ60%か、それ以下になることさえあるのです<sup>2,3</sup>。

さらに厄介なことに、ChatGPTには「根拠や裏付けを示さずに、あたかもそれが真実であるかのように提示する」という傾向があります。具体的に文献を出すよう求めても、実在しない情報源をでっち上げたり、本文の内容を全く支持していない文献を提示したりすることがあります<sup>4</sup>。それにもかかわらず、多くのユーザーがAIを「インターネットの検索エンジン」や「図書館の司書」、あるいは

「Wikipedia」と同じような感覚で使ってしまうがちです<sup>5</sup>。先生や生徒が、自分たちが全く知識のない分野について情報を得ようとしてAIを使うと、間違ったことを学んでしまったり、嘘の知識を他人に広めてしまったりするリスクを抱えることとなります<sup>5</sup>。

今日の「大規模言語モデル（LLM）」の成功は、とてつもない数のパラメーターと膨大な学習データによって、「人間のコミュニケーションにおいて、言葉がどのように縫い合わされているか」をモデル化したことにあります。先生も生徒も、対話型モデルが生成するテキストは、モデル自身がその内容を「理解」しているわけでも、ましてや「現実の概念」と結びついているわけでもない、ということに常には忘れてはいけません<sup>1</sup>。AIは言語の「形式」をかなりの精度で操ることはできますが、その形式の背後にある「意味」にまでアクセスしている

わけではないのです<sup>6</sup>。「人間らしい思考とは、可能な限りの説明と、エラー（間違い）の修正に基づいています。それは、合理的に考えられる可能性を少しずつ絞り込んでいくプロセスなのです……。人間が合理的に推測できる説明の種類には（理性の）限界がありますが、機械学習システムは『地球は平らである』という説も『地球は丸い』という説も、同時に学習できてしまうのです<sup>7</sup>。

AIをめぐる問題は、技術的なことだけでなく、力関係や権利といった、もっと社会的な側面にも及んでいます。

**権力と支配のシフト、あるいは悪化：**生成AIは、膨大なデータ、強大な計算能力、そして高度な計算手法に依存しています。これらすべてを手にしているのは、ごく一握りの企業や国、そして一部の言語だけです。それにもかかわらず、多くの人々がこの技術を取り入れるにつれ、人類の多くが彼らのやり方に従わざるを得なくなっています。その結果、人々は本来のあり方から遠ざけられ、自分たち独自の表現力を失うことを強いられているのです<sup>1</sup>。

開発者たちがこうした権力を握り続ける一方で、その「責任」は外部に押し付けられています。例えば、ChatGPTの回答から有害な内容を取り除く（サニタイジング）という過酷な仕事は、ケニアの労働者たちに委ねられました。彼らは性的虐待やヘイトスピーチ、暴力といった、非常に暴力的で衝撃的なコンテンツをひたすら精査し、選別しなければならなかったのです<sup>4</sup>。

**著作権と知的財産の侵害：**生成AIシステムの技術的なノウハウの多くは、企業の壁の向こう側に厳重に守られています。しかし、その学習データは私たち一般市民から取り込まれたものです<sup>1</sup>。あるプラットフォームで公開された写真を、本人の知らぬ間に、あるいは同意なく勝手に使ってもいいのでしょうか？ もし、誰かの顔が差別的なプロパガンダに悪用されたとしたら、どうなるでしょう<sup>8</sup>？ 生成AIに学習されるのを防ぐ唯一の方法は、自分のコンテンツをすべて「非公開」にすることだけなのではないでしょうか。

公開されているデータだけでなく、言語モデルは有料制（ペイウォール）の向こう側にあるコンテンツを取り込み、それをユーザーのために要約してしまうこともあります。画像生成モデルにいたっては、透かし（ウォーターマーク）がはっきりと残ったままの画像を継ぎはぎして作り出した例も知られています。また、著者が「使用の際には

必ずクレジットを明記すること」という条件で公開しているクリエイティブ・コモンズ・ライセンスの作品についても、AIモデルが正しく引用を行うかどうかは定かではありません。

こうした状況は、先生方にとって道徳的、倫理的、そして法的な問いを投げかけます。もしAIが生成したコンテンツを利用する場合、それを自由に使い、好きなように公開してもいいのでしょうか？ もしその内容が著作権やクリエイティブ・コモンズで守られていた場合、誰が責任を負うことになるのでしょうか。そもそもユーザーは、自分が他人の財産を使っているということに、どうやって気づけばいいのでしょうか<sup>1</sup>。残念ながら、このトピックに関してはまだ明確なガイドラインが存在しません。私たちは、公的な指針が出るまで、慎重に見極めながら進んでいくしかないのです。

では、教育に生成AIを取り入れることで、将来的にどんな影響が出るのか。最後に、長期的な視点から考えておかなければならない課題についてお話しします。

**教育における生成AI利用の長期的な影響：**生成AIを教育に活用する方法はたくさんありますが、そうした利用が長期的にはどのような影響を及ぼすのか、実はまだはっきりとは分かっていません。

- ・ 「書く」という行為は自分の思考を組み立てるプロセスでもありますが、AIが作った構成案（アウトライン）に従って文章を書くことが、生徒たちの思考にどう影響するのでしょうか<sup>1</sup>。
- ・ 思考の幅や批判的思考、創造性、そして問題解決能力に影響は出ないでしょうか<sup>1</sup>。
- ・ 情報や解決策があまりにも簡単に手に入るため、生徒たちがAIに依存しすぎてしまわないでしょうか<sup>1,10,9</sup>。
- ・ 学生は自ら世界を探索し、自分なりの結論を導き出そうとする意欲（モチベーション）を持ち続けられるでしょうか<sup>10</sup>。
- ・ 私たちの周りにある現実とはかけ離れた「AI特有の世界観」の中に、私たちは引きずり込まれてしまわないでしょうか。
- ・ プロンプト（指示出し）の技術を磨くたびに、私たちはどれほどのスキルを失っていくことになるのでしょうか。

「高度なスキル（高次スキル）」に集中して、面倒な単純作業（下働

き)はAIに任せてしまおう、という考え方は一見素晴らしいアイデアに聞こえます。しかし、基礎となる「低次スキル」を繰り返し練習することは、実は欠かすことができません。なぜなら、基礎を身につける過程で経験する「粘り強さ」や、時には「挫折(フラストレーション)」といった感情こそが、高度なスキルを習得するために必要とされることが多いからです<sup>1,8</sup>。また、基本的な計算などをテクノロジーに頼りすぎるのを防ぐことも必要です。基礎をおろそかにすることは、[人間が主体的に生きる力\(エージェンシー\)](#)や、「自分一人の力でも世界に向き合える」という自信を損なうことにつながりかねないからです。

長期的なリスクから身を守るための対策には、次のようなものがあります。

- 言語モデルを「これさえあれば完結する解決策」として使うのではなく、あくまで「出発点」として活用すること。可能性を広げたり、自分とは違う視点を探ったりするために使いましょう<sup>10</sup>。
- AIが出した回答は、直接実験して確かめたり、他の信頼できる情報源と照らし合わせたりして、必ず検証すること。
- 常に「先生」がプロセスに関わり続ける(Teacher in the loop)こと<sup>10</sup>。
- 仲間と一緒に学ぶ「社会的な学習」を大切にし、人間が生み出した創造的な作品に触れる機会を増やすこと<sup>1</sup>。
- 意識的に他の教育リソースを探し、画面から離れたオフラインの活動を取り入れること<sup>10</sup>。
- AIが示すものとは別の説明の仕方や、思考のモード、アプローチを見つけようと試みること。

また、人間と機械を誤って「同等」だと考えたり、さらには生成AIの方が優れていると譲歩してしまったりする傾向には、常に注意を払う必要があります。例えば、「人間はAIほど大量のデータを処理できない」とよく言われます。でも、パターンを見つけ出し、推論し、創造性を発揮できる私たち人間にとって、何ギガバイトものデータを詰め込むことが本当に必要なのでしょうか？ AIが一瞬で100冊の本の内容を分析できるからといって、生徒がその中の1冊をじっくり読んで楽しみ、そこから恩恵を受ける必要がなくなるわけではありません。何

かを速く行うことが必ずしも良いことであり、私たちが採用したいと思う基準であるとは限りません<sup>8</sup>。

忘れてはならないのは、子供たちは「今日この瞬間に存在する世界や技術」のためだけに学んでいるのではないということです。彼らは、10年、あるいは15年後にやってくる未来の世界に備え、あるいは自ら備えられるスキルを身につけるために学んでいます<sup>8</sup>。ChatGPTが登場してたった1年でこれほどの変革が起きたという事実は、

「ChatGPTのための教育」ではなく、むしろ「ChatGPTを超えた先にある教育」こそが必要であることを物語っています。生徒たちに必要なのは、自分の頭で考え、変化に適応するしなやかさ（レジリエンス）を持ち、人生が投げかけてくる新たな課題とともに成長していく力なのです。

教育の究極のゴールは、賢い機械を効率よく操作する人や、生産ラインで働く「働きアリ」を育てることはありません。自由な思考を持ち、創造的で、しなやかで、全人格的にバランスの取れた市民を育む手助けをすることです。この目標を達成するために、テクノロジーをどう取り入れるのが最善なのか。そこには熟考すべき重要な問いがあり、見極めるべき長期的な影響があります。この大切な役割だけは、それが生成AIであれ何であれ、決してAIに任せきりにすることはできないのです。

---

<sup>1</sup> Holmes, W., Miao, F., *Guidance for generative AI in education and research*, UNESCO, Paris, 2023.

<sup>2</sup> Tlili, A., Shehata, B., Adarkwah, M.A. et al, *What if the devil is my guardian angel: ChatGPT as a case study of using chatbots in education*, Smart Learning Environments, 10, 15 2023.

<sup>3</sup> Lewkowycz, A., Andreassen, A., Dohan, D. et al, *Solving Quantitative Reasoning Problems with Language Models*, Google Research, 2022.

<sup>4</sup> Cooper, G., *Examining Science Education in ChatGPT: An Exploratory Study of Generative Artificial Intelligence*, Journal of Science Education and Technology, 32, 444-452, 2023.

<sup>5</sup> Trust, T., Whalen, J., & Mouza, C., [Editorial: ChatGPT: Challenges](#).

- [opportunities, and implications for teacher education](#), *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 23(1), 2023.
- <sup>6</sup> Bender, E.M., et al, *On the Dangers of Stochastic Parrots: Can Language Models Be Too Big?*, Proceedings of the 2021 ACM Conference on Fairness, Accountability, and Transparency (FACCT '21). Association for Computing Machinery, New York, 610–623, 2021.
- <sup>7</sup> Chomsky, N., Roberts, I., Watumull, J., *Noam Chomsky: The False Promise of ChatGPT*, The New York Times, 2023.
- <sup>8</sup> Vartiainen, H., Tedre, M., *Using artificial intelligence in craft education: crafting with text-to-image generative models*, *Digital Creativity*, 34:1, 1-21, 2023.
- <sup>9</sup> Becker, B., et al, *Programming Is Hard - Or at Least It Used to Be: Educational Opportunities and Challenges of AI Code Generation*, Proceedings of the 54th ACM Technical Symposium on Computer Science Education V. 1 (SIGCSE 2023), Association for Computing Machinery, New York, 500–506, 2023.
- <sup>10</sup> Enkelejda, K., et al, *ChatGPT for Good? on Opportunities and Challenges of Large Language Models for Education*, EdArXiv, 2023.



## PART VII

# 次のステップ

これまでの章では、AIがすでに影響を及ぼし始めている（あるいは影響を及ぼすと主張されている）学術・教育の場面を扱ってきました。AIは数十億ユーロ規模の産業でもあるため、既存サービスの拡充にとどまらず、新たな提案や製品、機会が今後さらに生まれることが見込まれます。こうした状況では、「予測不能なことが起こり得る」こと自体は言えても、それが具体的に何であるかを前もって言い当てることはできません。

同様に、AIの役割が拡大することで教育がどのように変化するのかを正確に予見することも困難です。ただし、教育が何らかの影響を受けること自体は確かだと言えるでしょう。

本章では、教育に起こり得る変化のいくつかを取り上げます。前章までよりも推測的な議論となり、十分に検討が重ねられていない領域にも踏み込みます。したがって、ここに示す内容は結論ではなく、将来像を解釈するための手がかり、そして議論の出発点として捉えてください。



# 41. オープンか、クローズドか？

## オープン教育リソース（OER）とその歴史



1つ以上のインタラクティブ要素は文章のこのバージョンから除外しました。ここにオンラインでそれを表示

できます: <https://aiopentext.itd.cnr.it/japanese/?p=157#oembed-2>

教育資源とは、教育に関わるあらゆる教材・資料のことを指します。近年はデジタル化が進み、教科書、プレゼン資料（スライド）、カリキュラム、試験問題などが含まれます。これらは、他者と自由に共有できる場合に「オープン」と呼べます（より正確な定義は後ほど示します）。

教育は以前から多くの面で開かれてきましたが、当時は「オープン」をめぐる用語の意味が、今よりも明確に理解されていました。以下のOERとオープンライセンスの定義は、2019年11月25日の勧告に関連して改訂されたものです<sup>3</sup>。

- オープン教育資源（OER）とは、あらゆる形式・媒体の学習・教育・研究用資料であり、パブリックドメインに属するもの、または著作権がありつつもオープンライセンスの下で公開されているものを指します。そして、他者が費用負担なくアクセスし、再利用し、目的に合わせて作り替え、改変し、再配布できることを許可するものです。
- オープンライセンスとは、著作権者の知的財産権を尊重しつつ、教育資料に対して一般の人々がアクセスし、再利用し、目的に合わせて作り替え、改変し、再配布する権利を与える許諾を提供す

るものです。

「オープン・コンテンツ」や OER という用語は、著作権の対象となり得る作品（伝統的にはソフトウェアは除外され、オープンソースなど別の用語で扱われる）について、次の権利を与えるライセンスのことを指します（5つのRとも呼ばれます）<sup>12</sup>。



(図版) “Logo Open Educational Resources” (IDA Projekt) CC BY-SA 4.0  
ライセンス：

<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/?ref=openverse>

- **Retain (保持)**：コンテンツのコピーを作成・所持・管理する権利（例：ダウンロード、複製、保存、管理）。
- **Reuse (再利用)**：さまざまな形でコンテンツを利用する権利（例：授業、学習グループ、Webサイト、動画での利用）。
- **Revise (改変)**：コンテンツ自体を調整・修正・変更する権利（例：別言語への翻訳）。
- **Remix (再編集)**：元のコンテンツや改変版を他の素材と組み合わせ、新しいものを作る権利（例：別素材に埋め込む）。
- **Redistribute (再配布)**：オリジナル、改変版、またはそれらの組み合わせのコピーを他者に配布する権利。

これらの権利は決して些細なものではありません。たとえば3つ目の Revise (改変) は教師にとって本質的です。誰かが作った教材を自分の目的に合わせて、授業時間や学習者のレベル、さらには地域的・文化的な事情に合わせて調整できるからです。

## なぜAIはオープンなデータを求めるのか

一方で、本書のさまざまな箇所でも示されているように、そして産業界の投資規模からもわかるように、教育は市場として見なされる側面が

あります。機械学習がAIを動かす中核である以上、AIが発展するためには、教育向けAIにもデータが必要だと考えるのは自然です。

## ユーザーデータと知識データの違い

教育向けAIには、主に2種類のデータが必要になります。

1つ目は、学習者（ユーザー）に関するデータです。たとえば「どのように学ぶのか」「何が良い学習を引き起こすのか」「どうすればよりよく学べるのか」といった問いに関わります。Daphne Kollerの言葉を借りれば、「教育科学をデータサイエンスにしよう!」という発想です。この種のデータは、学習者自身の活動からしか生まれません。したがって企業にとっては、ユーザーに継続的に利用してもらうプラットフォームを持ち、そこでデータを生成してもらうことが重要になります。これは多くのAI企業の成功要因であり、教育分野でも同様に重要になるでしょう。



1つ以上のインタラクティブ要素は文章のこのバージョン

ンから除外しました。ここにオンラインでそれを表示で

きます: <https://aiopentext.itd.cnr.it/japanese/?p=157#oembed-1>

2つ目は、知識に関するデータです。教育においては、教材（コースウェア）がその大きな部分を占めます。このデータは共有される場合もあれば、共有されない場合もあります。多くの場合、教材の作成者・収集者はライセンスに詳しいとは限らず、作成した素材は大学のリポジトリに埋もれたり、個人ブログに散在したり、SNSの特定グループ内だけで共有されていたりします。もちろん、料金を払わないとアクセスできないものもあれば、「無料」をうたいつつ広告表示を条件に利用を求めるサイトに置かれているものもあります。

## ユーザーデータは保護されなければならない

前者、つまりユーザーデータは保護される必要があります。とりわけ未成年の児童・生徒のデータであればなおさらです。たとえ魅力的なサービスを提供しているプラットフォームであっても、明確に許可されていない限り、学校や教師がそのようなデータを共有してはなりません。同様に、活動参加のために生徒の氏名や住所を登録することも、望ましいとは言えません。

EUは、市民のプライバシーとデジタル権利を守るための強固な枠組みを整えています。これがGDPR（General Data Protection Regulation：一般データ保護規則）です。GDPRは、教育目的のかどうかに関わらず、プラットフォームが市民に保障すべき権利を定めています。

## 知識データは共有されるべき

調べてみよう！

[GDPRの基本要素をチェックしましょう](#)

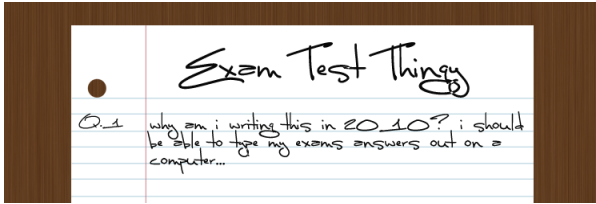
一方、知識は、共有する権利がある場合には共有され得ますし、共有されるべきでもあります。

そのためには、ライセンスの仕組みを理解することが重要です。OERには、通常Creative Commonsライセンスが最も適しています。OERが共有されれば、AIは、たとえばX5-GONプロジェクト（自由に利用できる技術要素を結集した取り組み）など、多様な主体やプロジェクトによって活用できるようになります。

- <sup>1</sup> Wiley, D., & Hilton, J. (2018). [Defining OER-enabled pedagogy](#). International Review of Research in Open and Distance Learning, 19(4).
- <sup>2</sup> Wiley, D (2014). [The Access Compromise and the 5th R](#).
- <sup>3</sup> UNESCO. (2019). [Recommendation on open educational resources \(OER\)](#).

# 42. 人工知能、宿題、試験

教育におけるAIの明るい未来を語る際によく持ち出される主張の一つは、AIが試験を代わりに実施してくれる、というものです。



(図版) “exam test” by Sean MacEntee (CC BY 2.0)  
ライセンス：<https://creativecommons.org/licenses/by/2.0/?ref=openverse>

2022年12月時点で、AIが試験に関して教師を「助ける」方法の例

1. 文章の自動評価（自動採点）
2. 試験中の学習者の行動監視

これはウェブカメラや各種センサーを使って、試験中に何が起きているかを確認しようとするものです。コロナ禍では、この種のサービスを提供する企業が急増しました。しかし、オンラインによる行動監視には議論があり、侵襲的であること、人種差別につながり得ること、そして一般にうまく機能しないことなどが指摘されています<sup>1,2</sup>。

3. 盗用（剽窃）チェック

小論文を大量の既存文章データベースと照合するオンラインツールがあります。多くは厳密にはAIそのものではないものの、文章を部分的に書き換えた「準盗用」を検出しようとするツールもあります。代表例がTurnitinで、多くの大学がこれまたは類似ツールを使用しています。場合によっては、大学側が利用方針（どのように使うか、学生の権利は何か）を定めています。

4. 個別化された問題の自動作成

これは以前から行われており、Moodle<sup>3</sup>のような一般的な学習管理システム（LMS）でも見られます。

宿題には少なくとも3つの論理原則がある<sup>4</sup>

1. **総括評価**（成績評価）の一部としての宿題  
複数の結果を組み合わせることで成績が付けられる場合があります。家庭で自分のペースで取り組めるほうが、ストレスが少ないと考える教師もいます。また、授業時間だけではカリキュラムを終えられず、評価を授業外に回さざるを得ないこともよくあります。
2. 授業で築いた知識に、もう一段階の学習を重ねるための宿題
3. 次週の試験に向けた準備としての宿題  
演習や活動が与えられることもあれば、暗記を求められることもあります。

宿題についてはさまざまな意見がありますが、文化によって捉え方が異なるため、意見を述べることは差し控えます。



（図版）“Homework Homework Homework” by  
peapodsquadmom (CC BY 2.0)  
ライセンス：[https://creativecommons.org/licenses/by/  
2.0/?ref=openverse](https://creativecommons.org/licenses/by/2.0/?ref=openverse)

宿題の狙いが学習者に伝わっていないと、できる限りやらない、ということが起こります。

AIツールは、宿題での不正（カンニング）を暴き出すことができます。

- 数学：[Photomath](#)のように、解くべき式を撮影すると解答が出るツールがあります。
- 数学（再び）：ChatGPTなど、簡単な数学問題を解ける生成AIも利用可能になっています。
- 言語学習：[DeepL](#)や[Google翻訳](#)のような自動翻訳は、宿題中に日常的に使われています。
- 文学・社会科学：新しいツールが次々に現れており、AIで生成した作文が教師の目をごまかすこともあります。

ここでの目的は、網羅的に述べることではありません。これらの話題については日々新しい記事が書かれており、「すぐ使える決定版の解決策」は存在しません。本章の目的は、問題意識を共有し、実践共同体がこの課題を考え始めるきっかけを作ることです。いくつかの考え方を検討する前に、まずチェスにおける不正がどのような問題を引き起こしているかを見てみましょう。

## チェス

チェスは、教育ともAIとも関わりの深いゲームです<sup>5</sup>。チェスを教育に取り入れる学校もあります。チェスや他のゲームをプレイするには推論が必要で、年齢を問わず適しています。ブリッジを教育に活用しようとする取り組みもあります<sup>6</sup>。

チェスは、人工知能にとって二つの大きな画期をもたらしました。1997年には、ガルリ・カスパロフがDeep Blue7に敗れました。2016年には、[AlphaZero](#)（アルファゼロ）が当時最強とされたAIシステム群を大差で打ち負かしました。前者のケースでは、そのAIには機械学習は含まれておらず、人間が設計したルールに基づいていました。後者では、ニューラルネットワークと強化学習が不可欠でした。1997年

のAIは、人間が対局した何十万もの棋譜に依拠していましたが、2016年には、そのような人間由来の知識はすべて取り除かれ、ゲームのルールだけが与えられました。

2022年のチェスが注目される理由の一つは、不正をめぐる多くの論争があるからです。コロナ禍では大会の多くがオンラインで行われ、不正が起きていることが明らかになりました。チェスにおける不正は簡単です——簡単すぎるほどです。スマホでAIが推奨する手を見ればよいのです。こうして、どうやって不正を見抜くかという課題が生じたのです。専門家は、プレイヤーの指し手をAIが推奨する手と比較する方法を考案しました。AIは人間よりはるかに強いため、AI推奨手を続けて指すプレイヤーは不正と見なされる、という結論になりやすいのです（実際にはもう少し繊細な議論ですが）。これは、普段は平凡な学習者が試験で突然とても良い成績を取ったときに抱く私たちの反応にも似ています。

## 不正行為

チェスで起きていることは、教室にも当てはまるように見えます。プレイヤー（あるいは学習者）が自力で課題を行わずAIソフトを使う理由として、少なくとも次の二点が考えられます。

- AIソフトは使うのが簡単である
- AIソフトは人間より優れているとみなされている

チェスのプレイヤーは、AIが提案する手が自分の力量を超えていることを分かっています。誘惑に抗うのは難しいものです。ある教師はこう言います。「成績の良い生徒でさえ自動翻訳を使います。いったん自力で宿題をやってみて、そのあとAIの答えを確認すると、AIの方が良いと分かってしまうのです」。

しかし、ここで疑問が残ります——これは不正なのでしょうか。ゲームのルールに従えば不正です。けれども、もし本来の課題が「道路の片側からもう片側へレンガを運ぶこと」だったとして、「一輪車（手押し車）は使ってはいけない」というルールがあったとします。

目の前に一輪車があり、誰も見ていないと思ったらどうでしょう。使ってはいけないのは分かっているけど、作業を短時間で終わらせ、効率を上げる方が合理的ではないでしょうか。

## 教師を意思決定の輪に入れる

以上から分かるのは、不正の機会は今後ますます増えるということ、そして少なくとも現時点では、この便利な道具を使わないよう学習者を説得するのが難しそうだということです。重要なのは、教室内の活動と宿題をどう区別するか、そして家庭学習ではAIの助けを使うことを受け入れられるのか、という問いです。

[この記事](#)で言及されているArvind Narayananの文章では、現状を常識的な観点から分析し、不正が問題になりにくい「面白い宿題」を教師が設計するためのヒントが提案されています。

---

<sup>1</sup> Brown 2020; Brown L. X. Z. (2020), *How automated test proctoring software discriminates against disabled students*, Center for Democracy & Technology, available at <https://cdt.org/insights/how-automated-test-proctoring-software-discriminates-against-disabled-students/>.

<sup>2</sup> Conijn R. et al. (2022), *The fear of big brother: the potential negative side-effects of proctored exams*, Journal of Computer Assisted Learning, pp. 1-14, available at <https://doi.org/10.1111/jcal.12651>.

<sup>3</sup> Moodle is an open and collaborative project. Many extensions and plug-ins have been built and are shared to help teachers with grading. You can start your search here: <https://edwiser.org/blog/grading-in-moodle/>.

<sup>4</sup> There are a lot of positions about homework to be read on the internet. Some in favour, some against. Furthermore, the different European countries may have different rules

concerning these questions. One interesting, but US based, discussion can be found here: <https://www.procon.org/headlines/homework-pros-cons-procon-org/>.

<sup>5</sup> The FIDE is the body in charge of chess worldwide. It has specialists working on the issue of chess in education: <https://edu.fide.com/>.

<sup>6</sup> Nukkai is a French AI company whose AI software Nook has beaten, in March 2022, teams of world champions at Bridge. They are also working on a version of Bridge which can teach logics to children. <https://nukk.ai/>.

<sup>7</sup> There are many references covering the story of Deep Blue's victory over Gary Kasparov. IBM's view is obviously biased but worth reading as IBM will insist on the **computer** winning rather than the algorithm. <https://www.ibm.com/ibm/history/ibm100/us/en/icons/deepblue/>.

# 43. 陳腐化？

2022年9月、私たちはナントで、大学のオープンデーに会場した参加者向けに小規模なワークショップを実施しました。AIが雇用市場に影響を与えており、いくつかの職業では将来が不確かな状況にあることを<sup>1</sup>、若い来場者（若年成人）に説明したうえで、学校のカリキュラムを見直し、2つの列に書き出してもらいました。第1列には、今後カリキュラムに不要になると思う事項を、第2列には、もっと学習時間を増やすべき事項、あるいは新たに導入すべき事項を書き入れるよう依頼しました。



「Grown-ups are obsolete」 by 917press は CC BY-NC-SA 2.0 でライセンスされています。このライセンスのコピーを見るには、<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.0/?ref=openverse> を参照してください。

ここで3点強調しておきます。

(1) これはあくまで将来を見通すためのワークショップであり、科学的な価値はありません。得られた内容は純粋に推測的なものです。(2) ワorkshop前に教育については話しておらず、話題は仕事に限っていました。また参加者は教育の専門家ではありません。(3) 21世紀に必要なスキルとは何かについては、より根拠に基づいて提案をまとめた文書がいくつもあります。

したがって、得られた結果は「一般の人々はこう考える」というものとして解釈されるべきです。第1列に挙げられた項目は、その参加者が「その内容は時代遅れ（陳腐化）だ」と見なした、という意味にすぎません。

典型的には、（外国）語学が例外なく第1列に入れられました。これは意外でしたが、別のワークショップで語学教師たちから聞いてい

たことを裏づけるものでもありました。彼らは、学習者が自動翻訳ツールをかなり体系的に、しかも付加価値なく使ってしまうことに困難さを感じていると述べていました。学習者が語学学習の有用性を確信できていない、と気づいた教師もいました。つまり、動機づけの問題に向き合わなければならないのです。

両グループから返ってきた主な理由は次のとおりです。

- 生徒はAIを使い続けており、彼らの目には、たくさん努力しても自分たちにできることよりAIのほうがずっと優れているように見える。
- 技術発展のスピードのせいで、学校を卒業する頃には、技術が便利な解決策を用意してしまうだろう、という印象を持っている。私たちと同様に、学習者も技術の速度と進歩を心配している。

上述のとおり、これらの主張は「語学学習が時代遅れだ」と言いたいものではありません。しかし、もし一般の人々がそのスキルを不要だと信じてしまうなら、そのスキルを教えることはますます難しくなる、ということは示唆しています。

## 情報検索についての同様の問い

D. Russellが述べているように<sup>2</sup>：「ほぼ任意のトピックについてオンライン検索ができる世界では、情報のリテラシーとスキルのあるユーザーであることはどういう意味を持つのか？」それでも、検索エンジンを最も効果的に使用するための多くのコースがあり、(再)検索方法を知ることは今日の必須スキルであると提案する人もいます。

## 解決策は？

語学学習の場合（ただしこれは、今後多くのスキルやトピックにも当てはまる可能性があります）、教師や教育委員会は、問題が起きてか

らではなく、起きる前にAIの影響を検討しなければなりません。2000年にその内容を教えていた理由は何だったのか。その理由は今日でも妥当なのか。新しい理由は生まれているのか。そして理由が明確になったら、それを学習者やその家族に、どのように最も効果的に共有すればよいのか。

---

- <sup>1</sup> Many websites list the jobs that will disappear by 2030. Some of these are intellectual and even artistic. Architects, for example, should worry a little: AI can play a big part in their profession. This link is not representative but has some great images of futuristic AI-designed buildings: <https://edition.cnn.com/style/article/ai-architecture-manas-bhatia/index.html>.
- <sup>2</sup> Russell, D., *What Do You Need to Know to Use a Search Engine? Why We Still Need to Teach Research Skills*, AI Magazine, 36(4), 2015.

# 44. 個人のAIか、集団のAIか

これからのAIをめぐる重要な問いの一つは、「AIは誰のために働いているのか？」かもしれません。

学習に役立つはずのツールを使うとき、私たちは当然、その通りの利益が得られることを期待します。けれども、そのツールが実際には、あなたのニーズを満たすだけでなく、別の評価指標をも含めて最適化しようとしている可能性はないでしょうか。そして、期待した結果が得られるとすれば、それは問題になりうるのでしょうか。考えてみましょう。

もちろん、AIが民間企業によって作られている場合、そのビジネスモデルを理解することは理にかなっています。そうすれば、その企業が「誰のために」働いているのかが見えてきます。たとえば、保護者が購入するソフトであれば、保護者が関心を持つ理由が必要です。顧客が学校・教員・政府であれば、重視される論点も変わり、ソフトの設計も変わるでしょう。

機械学習型のAIソフトでは、「目的関数」に対して学習が進む、という点を忘れてはいけません。ニューラルネットワークは、学習者の学習時間を最小化するように、あるいは小テストの得点を最大化するように、または両者を組み合わせた形で訓練できます。

しかし多くの場合、学習は社会的な環境で行われます。そしてAIの提案は、個人だけでなく集団全体にも影響しうるのです。

この考えを探るために、Waze の仕組みを見てみましょう。Waze は人気の交通ナビゲーションシステムです。学校で使われることはあまりありませんが、先生たちは時間通りに到着するために活用したりします。

# Waze

Waze は、車のドライバーが目的地までの経路を見つけるためのナビアプリです。Waze は毎月1億5,000万人に利用されています。ソーシャルネットワーク的な機能を多く備えていますが、交通状況の分析に使われるデータの多くは、公的なオープンデータやカメラ映像ではなく、利用者自身から提供されるものです<sup>1</sup>。

Waze を使わない人のために、仕組みを簡単にまとめます。あなたはいつものように職場へ向かっているとしましょう。道は分かっているのに、それでも Waze を使います。

あなたの周りの多くのドライバーも同じように使っています。地図には、目的地までの経路が計算されて表示されます。到着予定時刻も示され、周辺の交通状況に応じて数分おきに更新されます。さらに、「260m先に路上の障害物」「1km先で事故」「3km先で渋滞」といった情報が表示されることもあります。これらの更新情報に基づき、7分短縮できる別ルートが提案されることもあります……。

この仕組みが成り立つためには、Waze 利用者であるあなたが情報を入力し、システムを介して他の利用者に警告を送る必要があります。たとえば、動物がうろついている、あるいはここが重要ですが、その動物や障害物が「もうそこにはない」といった情報です。

## AIはどこにあるのか？

到着時刻の予測、経路の計算などにAIが使われています。これは距離のような静的情報だけでなく、車の速度のような動的情報も考慮するということです。Waze は、あなた自身の過去の履歴も使って運転パターンを考慮します<sup>2</sup>。さらには、信号があなたに有利に連動しているかどうかまで把握している場合もあります。

しかし、それだけではありません。利用者が新しい情報を入力したとき、システムはそれをどう扱うのでしょうか。たとえば私が「道路が封鎖されている」と警告したら、何が起きるのでしょうか。人間の専門家であれば、他の利用者も同じことを言っているか事実関係を確認

できます。また、この特定の利用者の情報をどの程度信用すべきかを判断するためのモデル（基準）を用い、その利用者が本当に停止しているのかも確認できるでしょう。AIも同様のことを行います。

さらにもう一つ。通常ルートで渋滞が検出されると、システムは利用者を別ルートへ誘導します。しかし、もし誰も渋滞に入らなければ、「渋滞がどれほど深刻か」「解消したかどうか」をどうやって知るのでしょくか。すでに渋滞に巻き込まれて動けない利用者は、その情報を十分に提供できません。そこでシステムは、問題が解決したかを確認めるために、ある程度の車をあえてその問題箇所に向かわせる必要があるのです。

## 倫理的な論点は？

倫理面での論点はいくつもあります。

1. Waze はあなたについて多くを知っています。住んでいる場所、働いている場所、よく立ち寄る場所、習慣などです。そして、あなたが反応するかどうかは別として、広告を提案します。
2. できるだけ多くの利用者を満足させるために、Waze は上の例のような「探索／活用」のジレンマを数多く解かなければなりません。どうやってその決定をするのでしょうか。正しい決め方はあるのでしょうか。
3. こうしたツールを常用すると、自分で問題を解決する力にも影響が出ます。人間の認知能力が影響を受けていることが知られてきています。たとえば（決して珍しい例ではないでしょうが）、この教科書の著者の一人はある朝Wazeを使っていました。渋滞回避のために高速道路を降りるよう指示され、快適な一般道を2km 走ったところで、Wazeは「最適ルートは高速に戻ることだ」と判断を変えました。重要なのは、最適化の結果としてルート提案が変わること自体（それは合理的です）ではなく、こうしたAI駆動システムへの依存が、私たち自身の判断力を弱めてしまう、という点です<sup>3</sup>。

## 教育への影響

私たちの知る限り、この「集団の扱い」の問題は、教育では——少なくとも今のところ——起きていません。リソースが無制限（たとえばWebプラットフォームへのアクセス）なら、影響は小さいでしょう。しかし、リソースが限られている場合を考えてみてください。たとえばロボットを同時に使えるのは3人だけだとします。このときAIシステムは、誰がロボットにアクセスできるべきかを提案することになります。決定を左右する要因は多様です。公平さを重視するなら、ランダムに決めるかもしれません。しかし、それに不満を持つ人は多いでしょう。教室全体の成果を最大化したいなら、不利な立場の子どもに多くの資源を割り当てるかもしれません。しかし、「学期末に少なくとも90%の生徒が成績XYZを取ること」を課されたとしたら、それは各生徒が90%の成功確率を得るという意味ではありません。むしろ、10%の生徒は確実に失敗するように扱われる可能性がある、ということです。

## 教師の役割

AI時代の教師は、こうしたシステムがどう動くのか、アルゴリズムの注意点（落とし穴）は何かを理解し、最終的には教師自身が意思決定を行わなければなりません。言うは易く行うは難し、です。教師は、上で述べたナビゲーションツールのように、全体に利益をもたらすAIを活用できます。しかし同時に、AIが提案した判断を、自分自身の経験と照らし合わせて吟味することができ、また、そうすべきです。道路で15分無駄にするのは大きな問題ではありません。けれども、生徒に関して誤った判断をしてしまえば、重大な結果につながりかねません。

---

<sup>1</sup> <https://www.cozyberries.com/waze-statistics-users-facts/> and <https://www.autoevolution.com/news/waze-reveals->

[how-many-users-run-the-app-on-android-and-iphone-197107.html](#) for some facts and figures concerning Waze.

- <sup>2</sup> Petranu, Y. *Under the Hood: Real-time ETA and How Waze Knows You're on the Fastest Route*. <https://medium.com/waze/under-the-hood-real-time-eta-and-how-waze-knows-youre-on-the-fastest-route-78d63c158b90>
- <sup>3</sup> Clemenson, G.D., Maselli, A., Fiannaca, A.J. *et al. Rethinking GPS navigation: creating cognitive maps through auditory clues*. *Sci Rep* **11**, 7764 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41598-021-87148-4>  
<https://www.nature.com/articles/s41598-021-87148-4>

# 45. AIを教える

ここでは現時点で、教師はAIに関して、安全に、そして教育プロセスに付加価値を加える形でAIを使いこなせるだけのリテラシーを備えていると考えることにします。教師は、学習者に内部事情的な知識を共有したり、あるツールがどのように動くのかを説明したいと思うかもしれませんが、それはまだ、教師にAIそのものを教える役割や任務が与えられたことを意味しません。

とはいえ、いずれこの問いは必ず出てきます。AIについて／AIのために、すべての人を教育する必要はあるのでしょうか。もし必要だとしたら、何を教えるべきでしょうか。誰が教えるべきでしょうか。教師はさらにどれだけ学ぶ必要があるのでしょうか。

## コーディング教育から学んだこと

10年前、多くのヨーロッパ諸国は「子どもにコンピュータの使い方を教えるだけでは不十分で、コード（あるいはより意欲的には計算機科学・情報学）を教える必要がある」という結論に達しました<sup>1,2</sup>。そこで用いられた主張は、今日の人工知能についてもおそらく当てはまります。

- ・ コーディングは、書くことや数えることと同じくらい有用である
- ・ 多くの人間の活動はコーディングから恩恵を受ける
- ・ コーディングは、問題解決など他の重要なスキルとも関係している

その結果、学校にコーディングが導入されましたが、成功の度合いにはばらつきがありました<sup>3</sup>。教師を育成するという「人」に関わる部分に、十分な資源が割かれなかったのです。ここには複雑な問題もありました——教師をあまりに高度に育成すると、給与の高いコンピュータ産業へ転職してしまい、教職を離れる可能性があるからです。

Informatics Europe などの組織の報告は、この点を示しています（もちろん例外はあります）。

教師の研修は、どの国でも複雑な課題でした。2023年の時点でも成果は一様ではなく、多くの国では「適切に訓練された教師が足りない」という感覚があります。これは、AIを「AIで教える（teach with AI）」のではなく、AIを「AIとして教える（teach AI）」レベルまで教師を育成することを考えると、いっそう困難になります。

## AIリテラシー

第一の目標は、学校に何らかのAIリテラシーを導入することかもしれません。しかし、このリテラシーが何を含むべきかについては、まだ合意がありません。AIの仕組みを説明したいのか、それともAIが出す結果だけを扱えばよいのか。リテラシーとは、AIを理解することだけなのか。適応したり、創造したりする力はどう扱うべきか。こうした問いに向き合う必要があります。おそらく、AIリテラシーの授業で何を教えるべきかを考えるための最初の問いは、「私たちは何を達成したいのか」でしょう。

AIリテラシーは、人々が魔法と科学を区別する助けになります。新しいAIソリューションを評価し、「それが何をするか」だけでなく「どう動くのか」についても直感を持つためには、実践的な訓練が必要になります。学習者は、システムを試し、そしてそれらがどのように動くのかを理解できるようになる必要があります。

## パラダイム（考え方の枠組み）

AIはアルゴリズムだけの問題ではありません。人間に関わる側面も多く、考えるべき問いがあります。たとえば、多くのAI手法は、ある程度ランダム性に依存しています。これは、私たちの重要な意思決定を助けるはずの技術（あるいは、株式市場のように、増えつつあるケー

スではAIが意思決定を直接実行する技術)としては奇妙に見えるかもしれませんが。

それでも、AIが将来の鍵となる役割を果たすのだとしたら、少なくともAIに向き合う取り組みを始めるべきではないでしょうか。

2018年のユネスコ向け報告書<sup>4</sup>では、今日の教育システムにはほとんど見られないものの、今後扱う必要があるとして、次の5点が挙げられました。

1. ツールの使用自体は直接コーディングを必要としないように見えても、AIツールの背後にある推論はルールに従っており、それはコーディングを通して学ぶことができる。
2. ランダム性は重要である。AIは誤りを犯し、その誤りは多くの場合避けられない。原因はデータやセンサーの品質にあり得るし、使用されるアルゴリズムの統計的性質にも由来する。多くのAIアルゴリズムは「絶対に正しい」ことを目標にしていない。
3. 世界はもはや決定論的ではない。これは上の点の帰結だが、その影響は独特である。AIシステムが、単純な問いに対してさえ、異なる、時には矛盾する答えを返しうることがここで理解される。アラン・チューリングの1950年の論文<sup>6</sup>を読むと、これらの問いへの洞察が得られる。
4. 批判的思考は不可欠だが、適切なツールの使い方を知る必要がある。AIツールは偽物（画像・動画、そして今や文章）を作る能力が高まっている。近い将来、偽の講義さえ現れるかもしれない。画像・音声・文章が偽物かどうかを判断する際、常識だけでは十分ではない。
5. 私たちは価値を大切にす—世界を分析すること、道徳的な判断をすること、なぜ学習や仕事に時間を費やすのかを問い直すことです。

AIの進歩を踏まえて、これらの価値は検討され直される必要がある。

真実のグレーゾーンは日々広がっている。AIが集团的経験を参照して数値計算できるようになると、経験そのものの価値が下がるかもしれない。これらの論点を理解すること、少なくとも問うことは必要である。

## カリキュラムと枠組み

2023年末の時点で、K-12（初等・中等教育）とその教師向けのAIカリキュラムは多くはありません<sup>4,5</sup>。ユネスコはそれらを調査し、紹介し始めました<sup>8</sup>。

ユネスコは世界の教育において重要な役割を担っています。ユネスコは「教育の未来（Futures of Education）」<sup>9</sup>に関心を持ち、「教育のためのAI／教育におけるAI」にも特別な関心を寄せています。ユネスコは、AI・教育・倫理、そして教育における生成AIの利用について、政策決定者や教師向けの文書を提供しています。2023年には、ユネスコの専門家が、教師と学習者に必要な能力（コンピテンシー）が何かを示す文書づくりに取り組んでいます<sup>11</sup>。最終版は2024年に公開予定です。2023年版では、技術的な論点と、社会科学に近い論点（教師の場合は職能開発に関わる論点）をバランスさせた内容が提案されています。コーディングは直ちに必須ではないとしても、AIをよりよく理解するには必要なスキルであるように思われます。

## AIをコーディングする

コーディング（プログラミング）は、2012年以降、多くのヨーロッパ諸国で推進されてきました。2023年にはEUが、ヨーロッパにおける情報学教育の推進を支援しました。

しかし、生成AIの登場と教育への影響の見直し<sup>10</sup>により、コードを学ぶことの有用性は問い直されています。AIにこの作業を任せてしまえばよいのではないかと、あるいは逆に、将来多くの仕事がAIに依存するのなら、AIをよりよく使うためにこそコーディングを学ぶべきではないか——という議論です。

調べてみよう！

[AIとコーディング：コードを書く？ 書か](#)

ない？  
それとも最  
小限で？

調べてみよ  
う！

Orangeを試し  
てみませ  
んか？

コーディングを学ぶ主な理由は、教師や学習者が、コンピュータプログラムの中でAIを活用できるようになることです。AIをコーディングするには、いくつかの作業があります。モデル構築は通常、データサイエンスや機械学習の領域です。優れたプログラムは、データセットを歪めずにクリーニングし、それを用いて機械学習アルゴリズムでルールやパターンを抽出できま

す。意味のある属性（特徴量）を指定することもできますし、アルゴリズムに生のテキストや画像を分類させることもできます。Orangeのような言語／ツールは、こうした作業に向いています。一方で、汎用言語である Python のようなものを使うことを選ぶプログラムもあります。

---

<sup>1</sup> Royal Society (2012). *Shut down or restart? Report of the Royal Society*. 2012. <https://royalsociety.org/topics-policy/projects/computing-in-schools/report/T>.

<sup>2</sup> Académie des Sciences (2013). *L'Académie des Sciences : L'enseignement de l'informatique en France - Il est urgent de ne plus attendre*. [http://www.academie-sciences.fr/fr/activite/rapport/rads\\_0513.pdf](http://www.academie-sciences.fr/fr/activite/rapport/rads_0513.pdf)

<sup>3</sup> Informatics Europe (2017). [Informatics Education in Europe: Are We All in the Same Boat?](#)

<sup>4</sup> Colin de la Higuera (2018). *Report on Education, Training Teachers and Learning Artificial Intelligence*. <https://www.k4all.org/project/report-education-ai/>

<sup>5</sup> Touretzky, D., Gardner-McCune, C., Martin, F., & Seehorn, D.

- (2019). *Envisioning AI for K-12 : What Should Every Child Know about AI?* Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence, 33, 9795-9799. <https://doi.org/10.1609/aaai.v33i01.33019795>
- <sup>6</sup> A. M. Turing (1950)—Computing Machinery and Intelligence, *Mind*, Volume LIX, Issue 236, October 1950, Pages 433–460, <https://doi.org/10.1093/mind/LIX.236.433>
- <sup>7</sup> Howell, E. L., & Brossard, D. (2021). *(Mis) informed about what? What it means to be a science-literate citizen in a digital world*. Proceedings of the National Academy of Sciences, 118(15), e1912436117. <https://www.pnas.org/doi/abs/10.1073/pnas.1912436117>
- <sup>8</sup> Unesco (2022) K-12 AI curricula: a mapping of government-endorsed AI curricula. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000380602>
- <sup>9</sup> Unesco (2023). Artificial intelligence and the Futures of Learning. <https://www.unesco.org/en/digital-education/ai-future-learning>
- <sup>10</sup> Unesco (2023). Guidance for generative AI in education and research. <https://www.unesco.org/en/articles/guidance-generative-ai-education-and-research>
- <sup>11</sup> Unesco (2023). AI Competency frameworks for students and teachers. <https://www.unesco.org/en/digital-education/ai-future-learning/competency-frameworks>



PART VIII

# 追加コンテンツ



# OCR（光学文字認識）

**OCR**（光学文字認識）は、写真に写った文字を読み取るためのAI技術です。また、スキャン画像上の文字をPDFリーダーが認識できるようにもします。郵便局では、手紙や小包の仕分け作業にも活用されています。

現在のOCRシステムは、人間でも判読が難しい悪筆の文字まで読み取ることができます。お医者さんの手書きの処方箋を思い出してみてください。AIアプリなら、薬剤師よりもあなたに合った薬を見つけるのが得意かもしれません！ただし、間違いをしていないかどうかはわかりませんが...

# 42

42は、ギークの世界で特別な数字です。この数字は、巨大なスーパーコンピューター「ディープ・ソート」によって750万年の期間をかけて計算された答えです。

しかし、残念ながら、その質問が何であったかは誰にもわかりません！

この話が登場する書籍「生命、宇宙、そして万物についての究極の疑問の答え 原題：Answer to the Ultimate Question of Life, the Universe, and Everything」では、究極の疑問を計算するために、小さな惑星ほどのサイズの特別なコンピューターが有機物から構築され、「地球」と名付けられました。

詳細は[ウィキペディアの「生命、宇宙、そして万物についての究極の疑問の答え」のページ](#)をご覧ください！

# 検索エンジンの種類と簡単な説明

## Bing

- **情報源:** Bing
- **データポリシー:** Bingからデータを収集し、第三者からデータを購入。プライバシーポリシーは、利用者アカウントの種類によって異なる。データは、パーソナライゼーションとターゲティング広告に使用。Microsoftが管理する関連会社や子会社、代理業務を行うベンダーなどとデータを共有。
- **クッキーポリシー:** 複数の目的のためにクッキーを収集。
- **プライバシー設定:** メニュー > プライバシー

## Brave

- **情報源:** Brave (2021年までGoogle、それ以降は結果が不十分な場合他の情報源と比較)、画像・動画検索結果はBing
- **データポリシー:** 個人データ、検索クエリ、マウスク

リックを収集しない

- **クッキーポリシー:** 設定記憶用（匿名化され、ユーザーによってオフにすることができる）
- **設定:** メニュー > 全ての設定

### [DuckDuckGo](#)

- **情報源:** 400以上の情報源（Yahoo、Bing、Googleなどの他の検索エンジンを含む）
- **データポリシー:** 個人データを収集せず、検索クエリは個人データを伴わない集計データとして記録
- **クッキーポリシー:** トラッキングや識別クッキーを使用しない
- **プライバシー設定:** メニュー > 設定 > プライバシー

### [Ecosia](#)

- **情報源:** Bing
- **データポリシー:** 個人データや検索データを販売せず、7日以内にデータを匿名化
- **クッキーポリシー:** サードパーティの追跡なし、最小

限の追跡（無効化可能）

- **プライバシー設定:** メニュー > 設定

## Google

- **情報源:** Google
- **データポリシー:** Googleアプリ全体での個人データ、検索ワード、インタラクション、アクティビティと設定を収集。第三者のサイトやアプリのアクティビティも収集。このデータはパーソナライゼーション、ターゲティング広告、Googleサービスの改善に使用。公開情報源、信頼できる情報源、広告パートナーからもユーザー情報を収集。
- **クッキーポリシー:** 複数の目的のためにクッキーを収集。
- **プライバシー設定:** 設定 > 検索設定でセーフサーチ; 設定 > あなたのデータを検索またはサインイン時のGoogleアカウント内のプライバシー設定

## MetaGer

- **情報源:** Yahoo, Bing, Scopia, Infotiger, OneNewspage, Kelkoo
- **データポリシー:** 個人データを追跡・保存せず、検索履歴は96時間以内に削除
- **クッキーポリシー:** 検索設定保存のため個人を特定しないクッキーを使用
- **プライバシー設定:** メニュー > Settings > Web

### [OneSearch](#)

- **情報源:** Bing
- **データポリシー:** 検索履歴を保存せず、IPアドレスは4日間保存。
- **クッキーポリシー:** クッキーを使用しない。
- **プライバシー設定:** 検索ボックス近くのトグルスイッチで高度なプライバシー。

### [Startpage](#)

- **情報源:** Google
- **データポリシー:** 個人データを収集せず、検索クエリを記録せず、データを匿名化し、スポンサーコンテンツを明確に表示
- **クッキーポリシー:** トラッキングや識別クッキーを使用しない
- **プライバシー設定:** メニュー > 設定 > 「プライバシーと安全」

## [Swisscows](#)

- **情報源:** Swisscows（ドイツ語）、Bing（その他言語）
- **データポリシー:** データを保存せず、収集したデータに基づいて広告を配信しない。検索クエリは7日後に匿名化。
- **クッキーポリシー:** クッキーを使用しない。
- **プライバシー設定:** 不要！

## [Yahoo!](#)

- **情報源:** Bing
- **データポリシー:** Yahoo!アプリ全体での個人データ、検索ワード、インタラクション、アクティビティ、設定を収集。第三者のサイトやアプリのアクティビティも収集。これらのデータはパーソナライゼーション、ターゲティング広告、サービスの改善のために使用。公開情報源、信頼できる情報源、広告パートナーからユーザー情報を収集。
- **クッキーポリシー:** 複数の目的のためにクッキーを収集。
- **プライバシー設定:** メニュー > settings > Preferences

# 検索の最適化

これは、[検索エンジン \(1\)](#) の演習「検索の最適化」の解答例です。

検索エンジンはそのアルゴリズムを絶えず調整しています。検索とランキングのアルゴリズムもエンジンによって異なります。あるエンジンでうまくいくものが、別のエンジンでは全く機能しないこともあります。それでも、ほとんどの場合において検索を最適化するのに役立つルールがいくつかあります。

**単語一つだけの検索クエリは避ける**の方が良いでしょう。覚えておくべき重要なルールは、検索で何をしようとしているか、つまり文脈を含めることです。ただし、単語が多すぎると、結果が返ってこなかったり、関連性のない結果が返ってくる可能性があるため、検索したい内容を**いくつかの重要な名詞**で表現してみてください。あまりにも一般的な単語は省略するのが良いでしょう。

検索は反復的なプロセスです。結果をもとに**問いを再構成する**必要があります。

『British Journal of Educational Technology』に掲載されている、学習者が反復的に検索を使用した事例を紹介します。

ノムサは対象領域の専門用語を用いたコマンドを改善し、次のような3つのクエリを作成しました。

- **持続可能な (sustainable) 建築材料 (building material)** (検索結果リストに興味深い情報はなし)
- **持続可能な (sustainable) 暮らし (livelihoods)** (検索結果2件を精査)
- **持続可能な (sustainable) 暮らし (livelihoods) 建築材料 (building material)** (目的の情報源を発見)

このような一連のクエリを作成し使用することは、経験豊富なウェブ検索者の間で一般的な戦略であり<sup>1</sup>、検索語句をわずかに変えながら繰り返しクエリを実行するということがよく行われます。

検索エンジンにおいてどのように人工知能が使われているかを理解

するには、「**検索エンジンにおける人工知能**」、「**検索エンジンで使  
用される人工知能**」などの表現が効果的でしょう。

- 引用符は、その中の用語と完全一致する結果を探すよう検索エンジンに強制します。「*baked cheese recipes*」の結果にはチーズケーキのレシピが含まれる可能性がありますが、「*"baked cheese recipes"*」ではその混乱を回避できます。「*"East German stories"*」では「East」と「German」両方の単語を含む結果を示し、これは「*"East German stories"*」と「*East German stories*」の検索結果のページ数を比較することで違いがよく分かるはずです。
- 検索エンジンは引用符（'と"）を除いて句読点を無視します（上記で議論されたように、所有権を示すためです）。
- *near*は指定された場所の近くにあるものを示します。*near me*はデバイスの現在地に当てはまる結果を示します。「*restaurants near eiffel tower*」は、エッフェル塔を訪れた際に食事をする場所を探す方法のひとつです。
- マイナス記号に単語を続けて記述すると、その単語を含むページを検索結果から除外します。""内で複数の単語を組み合わせることもできます。「*artificial intelligence -"machine learning"*」は機械学習を含まない人工知能について言及する結果が表示されません。
- *x AND y*は*x*と*y*の両方を含む結果を探します。*x OR y*は*x*または*y*、もしくは*x*と*y*の両方を含む結果を示します。ANDとORは大文字であることに注意してください。「2つの特定の同義語または密接に関連する単語を含む結果を検索したい場合、ORを使用するとよいです。例えば、「*direct marketing consultant OR expert*」という検索では、2つのフレーズ「*direct marketing consultant*」と「*direct marketing expert*」の結果が組み合わせられます<sup>2</sup>。
- \*は未知の単語の代わりになります。「*university of \* California*」の結果にはuniversity of southern Californiaが含まれますが、「*university of California*」では少なくとも最初の数ページにuniversity of southern Californiaが現れることはありません。
- *site:bbc.com*は、検索結果をbbc.comのウェブサイト内に限定します。「*courses site:\*.edu*」は.edu（教育機関）で終わるすべて

のサイトの結果を返します。学術論文を探す際には、springer.com、scholar.google.comなどの特定のサイトで探するのが効果的です。「学術研究論文を探す際には、グローバルなオープンウェブ全体を検索するよりも、学術情報コレクションを使用する方がはるかに効率的です。検索するリソースの選択は、適切な結果を得るために必要な検索範囲の設定ということになります。情報空間は平坦ではなく、明確な構造を持っています。その構造についてより多くを知れば知るほど、より効果的な検索が行えるようになるでしょう<sup>3</sup>。」

- *filetype:pdf*や*filetype:jpg*などは、pdfドキュメントやjpgイメージのリンクを結果として返します。

---

<sup>1</sup> Walton, M., Archer, A., *The Web and information literacy: scaffolding the use of web sources in a project-based curriculum*, British Journal of Educational Technology, Vol 35 No 2, 2004.

<sup>2</sup> Spencer, S., *Google Power Search: The Essential Guide to Finding Anything Online With Google*, Koshkonong, Kindle Edition.

<sup>3</sup> Russell, D., *What Do You Need to Know to Use a Search Engine? Why We Still Need to Teach Research Skills*, AI Magazine, 36(4), 2015.

# X5GON



著者の許可を得て複製

教師が新しい講義の準備、新たな分野や主題の探求、活動の準備などを行う際は、教育リソースを探すことが重要となるでしょう。この教材（コースウェア）は単に資料として使用されることもありますが、時には教師がそれを基に新しい教材を作成

したい場合もあります。その時、無駄な努力をせずに、賢くコピー＆ペーストをすることは、魅力的であり合理的に思えるでしょう。もちろんこのような行為は、多くの場合で著作権法に抵触しており違法です。

リソースの著者が[クリエイティブ・コモンズ・ライセンス](#)で作品を公開している場合、そのリソースは**オープン教育リソース（OER）**となり、教師はそれらを自由に再利用、改変、組み合わせ、再配布することができます。通常、唯一の義務は原著作者を正しく引用することです。したがって、リソースがオープンかどうかを確認することは重要です。

適切にライセンスされたオープン教育リソースのコレクションやリポジトリはいくつかあり、おそらくあなたの国の省庁にも一つはあるでしょう。では、ウェブ上でこのようなリソースを見つけるにはどうすればよいのでしょうか？OERに特化した検索エンジンを利用することはできるのでしょうか？

X5-GONは、OERを見つけてインデックス化するために欧州連合から資金提供を受けたプロジェクトであり、人工知能を用いたOER情報源のキュレート（収集・整理・要約）や検索ツール等のAIツールの提案を行うことで、ユーザーがより効果的にOERを見つけることを可能にします。

## このようなプロセスのどこにAIは現れる？

すべての段階で現れます。

取り込み段階では、ロボットがウェブ上を巡回してOERを収集します。これはOERを識別し、それに付随するライセンスも認識しなければならぬため、複雑なプロセスです。この一部は、典型的な**分類**タスク（一般的なAIタスク）と見なすことができます。

ロボットがリソースを見つけると、そのリソースからテキストを抽出する必要があります。リソースが音声や動画ファイルの場合、文字起こしが必要になります。



X5-GONの「5」は、プロジェクトで取り組んでいる5つの障壁や側面を表しており、その1つが「言語」です。抽出の次のステップでは、自動翻訳ツールを使

って、選択された各言語でのテキスト版を生成します。これもまた、典型的なAIツールのひとつです。

ここで疑問が生じるかもしれません。自動文字起こしと翻訳は急速に成長している技術ですが、依然として重大な間違いを犯すことがあります。これらに依存することは危険ではないでしょうか？答えは、検索と推薦アルゴリズムは正確なテキストを必要とせず、それらのアルゴリズムでは、文章をキーワードや他の文章と近く関連付けておく必要があります。

整理が必要な古い書類でいっぱいの中を想像してみてください。理想的には、あらかじめ決められた整理方法があり、各書類を正しい場所に収納したいと思うでしょう。しかし、通常はそのような既存のファイリングシステムはなく、様々な暗黙のルールのもと共通点がある書類を近くに置いておくことになります。例えば、二つの資料を、同じ年のものだから、自動車に関連するものだから、同じサイズのものだから、といった具合に様々な基準で隣に保管していきます。ここでのキーワードは「隣に」という概念です。この点については、本書の後半で詳しく説明しています。



生のテキストが抽出されると、モデルを構築することができます。ドキュメントは高次元空間内のベクトルとなり、ベクトルを比較することで次のような質問に答えることができます。この資料に最も似ている10個の資料はどれですか？このキ

ーワードに最も適合する5つの資料はどれですか？

トレーニングを通じて、より高度なモデルを得ることができ、より複雑な質問に答えることができるようになります：

- このコースの難易度はどの程度ですか？答えはコースの説明やメタデータの中にあるかもしれません。これは閲覧者には見えないデータですが、資料に関する情報を提供することを目的としています。資料を自動的に分析することによって手に入れられそうです。文と単語の長さや単語そのものが、コースが対象とする年齢層の強い指標となります。
- このコースウェアを先に見るべきですか？これは、与えられたコースウェアから自動的に完全なコースを構築するための前提条件です。

コースの品質はどうですか？これはAIにとって答えるのが難しい質問です。無理に答えようとする、AIは役立つどころか、かえって害を及ぼす可能性があります。それでも、コース内の事実が正しいかどうかを確認することができるのには意味があります。フェイクニュースの次に、私たちはフェイクコースを目にすることになるのでしょうか？

---

## リンク

X5-Discover (<https://discovery.x5gon.org/>) は検索エンジンです。

学習プラットフォームX5-Learn (<http://x5learn.org/>) では、自分の教材を選択し、AIによって最適な順序に整理させることができます。この場合、推薦エンジンが使用されます。

X5-GONツール（開発者向けのAPI、Moodleにインストールするバージョン）は[こちら](#)。

X5GONプロジェクトは、European Union's Horizon 2020 research and innovation program（助成金番号761758）によって資金提供されました。

# データは常にラベル付けが必要？

データは常にラベル付けされなければならないのでしょうか？

必ずしもそうではありません。機械学習アルゴリズムの大部分は、教師あり学習（正解ラベル付き）アルゴリズムまたは教師なし学習（正解ラベルなし）アルゴリズムのいずれかです。

犬、猫、ゴリラの写真を分類したい場合、犬、猫、ゴリラとタグ付けされた写真を機械に与えることができます。小論文を採点したい場合、それぞれの成績でラベル付けされた大量の添削済み小論文を与えることができます。いずれの場合も、出力の結果（犬、猫、ゴリラ、A+、A、A-、Dなど）がどのようになるかは事前に分かっています。

学習段階でラベル付きデータを与えられた場合、アルゴリズムは入力と出力を結び付ける関数または数学的なレシピを見つけようとします。これは、多くの場合でプログラマーが様々なアルゴリズムを試して、最も適切な関数を見つけているということを意味します。しかし、データにラベルが付いている限り、これらのラベルはアルゴリズムが選択した関数が実際に機能しているかどうかを検証する監督者やガイドのように機能します<sup>1</sup>。関数がラベルと異なる出力を与える場合、アルゴリズムはより良い関数を見つけなければなりません。

しかし、データのラベル付けは時間とコストがかかる作業であり、多くの場合は人を雇う必要があります。また、データの中のパターンを探していて、どのようなパターンを見つけられるか明確でない場合、どのような出力結果になるかも私たちには分かりません。したがって、このようなデータにラベル付けすることはできません。ここで教師なしアルゴリズムが登場します。

教師なしアルゴリズムでは入力と出力を一致させようとするのではなく、入力カテゴリに分類するためのデータの規則性を見つけようとします<sup>1</sup>。銀行は、クレジットカード取引における不正行為を検出

するために教師なし機械学習を利用しています。銀行ではどの瞬間においても膨大な数の取引があり、人間にはどのようにパターンを見つけ不正行為とラベル付けすればよいの分かりません。そこで、機械学習に頼って自動的にパターンを見つけてもらうのです。ある学習者の集団を固定数のグループにクラスタリングする問題でも、しばしば教師なし学習が使用されます。ネットワーク内の携帯通信からテロ活動を検出することも同様に行われています。

---

<sup>1</sup> Kelleher, J.D, Tierney, B, *Data Science*, London, 2018.

# 機能が多すぎるって、どれくらいから？

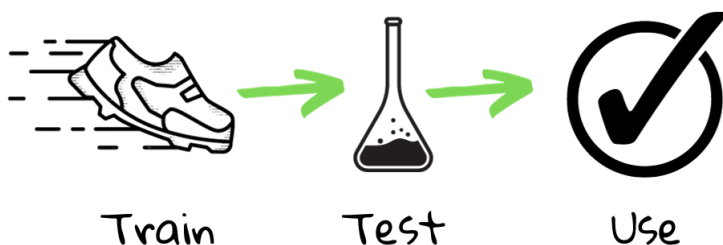


1つ以上のインタラクティブ要素は文章のこのバージョンから除外しました。ここにオンラインでそれを表示できます: <https://aiopentext.itd.cnr.it/japanese/?p=175#oembed-1>

# 実践的な機械学習

このアクティビティは、Codeweekが作成したアクティビティを基に改変したもので、[Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International \(CC BY-NC-SA 4.0\) licence](#)のライセンスの下で提供されています。[オリジナルの活動リスト](#)はウェブサイトを確認できます。使用した2つのデータセット（初期トレーニングデータセットとテストデータセット）も彼らによって作成されました。

私たちは、[GoogleのTeachable Machine](#)を使用して、画像を自転車がオートバイに分類するマシンをトレーニングします。要約すると、機械学習アプリケーションは使用する前にトレーニングとテストが必要です。マシンが分類するカテゴリーのサンプル画像を収集・グループ化し、モデルをトレーニングした後、一連の例示画像を正しく分類できるかテストします。



## ステップ 1: 例示画像を集めてグループ化する

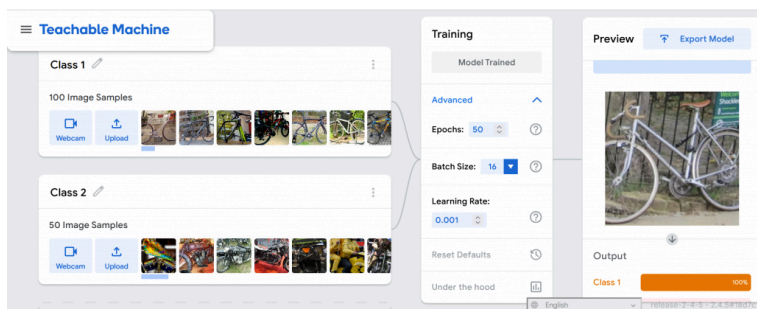
1. 自転車の写真をダウンロードします ([こちら](#)) 。
2. 必要に応じて、zipフォルダの内容をコンピュータのローカルフォルダに展開します。これは機械学習アプリケーションのトレーニ

- ングセットとして使用されます。
3. オートバイの写真をダウンロードします ([こちら](#))。
  4. 必要に応じて、zipフォルダの内容をコンピュータのローカルフォルダに展開します。これも機械学習アプリケーションのトレーニングセットとして使用されます。
  5. テスト用の写真をすべてダウンロードします ([こちら](#))。
  6. 必要に応じて、zipフォルダの内容をコンピュータのローカルフォルダに展開します。これはテストデータセットとして使用されます。
  7. [GoogleのTeachable Machine](#)をクリックし、**画像プロジェクト > 標準の画像モデル**を選択します。
  8. Class 1で、**アップロード > ファイルから画像を選択** > 手順1と2で作成した自転車画像のフォルダを開き、ここに保存されているすべての画像をインポートします。
  9. Class 2で、**アップロード > ファイルから画像を選択** > 手順3と4で作成したオートバイ画像のフォルダを開き、ここに保存されているすべての画像をインポートします。

## ステップ 2: モデルをトレーニングする

トレーニングの**モデルをトレーニングする**をクリックします。モデルは自転車とオートバイを分類する方法を学びます。**トレーニング済みのモデル**と表示されるまで待ちます。

自転車とオートバイの特徴を手動で選択して入力する必要はありません。アルゴリズムは画像から特徴を見つける方法を知っています！



ソース: GoogleのTeachable machine

## ステップ 3: モデルをテストする

1. プレビューの、**Webcam**の近くの矢印をクリックして入力を**ファイル**に変更します。
2. **ファイルから画像を選択**をクリックし、ステップ1の手順5と6で保存したテスト画像を選択します。
3. 下にスクロールして出力を確認します。
4. 他の画像で繰り返してパフォーマンスを比較できます。

画像が分類器のトレーニングに使用される場合、マシンはその特定の画像に対応するラベルをすでに記録しています。この画像をテストフェーズでマシンに表示しても、モデルの汎用性能を評価することはできません。そのため、テストデータセットとトレーニングデータセットは互いに異なるべきです。

**注記:** 独自の画像をトレーニングとテストにアップロードすることもできます。良い無料画像のソースは[こちら](#)。

# クッキーとフィンガープリント

```
HTTP/1.1 200 OK
Cache-Control: private
Content-Type: text/html
Set-Cookie: PREF=ID=5e66ffd215b4c5e6:
TM=1147099841:LM=1147099841:S=Of69Mpw
Bs23xeSv0; expires=Sun, 17-Jan-2038 1
9:14:07 GMT; path=/; domain=.google.c
om
```

「HTTP Cookie」 by Harmil は CC BY SA  
の下でライセンスされています。この  
ライセンスのコピーを見るには、  
[https://creativecommons.org/licenses/  
by-sa/2.0/](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.0/) を訪問してください。

クッキーとは、コンピュータ  
に保存されている小さなファイ  
ルで、たとえばウェブサイト上  
であなたのユーザー番号が  
#745673であとといったことや、  
好みの情報などをウェブブラウ  
ザに伝えています。これらのク  
ッキーは、同じサイトを訪れる  
たびに言語や位置情報を指定し  
直したり、ショッピングカート

のアイテムを失ったり、フォームを一から記入し直さなくても済むよ  
うにと考案されました。この技術の初期段階では、クッキーは収集で  
きるデータについて完全な制御権を持っていました<sup>1,2</sup>。

その後、企業は、私たちが何をクリックしたり購入したりする傾向  
があるかといった情報をクッキーデータを利用して把握できることに  
気づきました。これにより、広告は表示されているページの内容では  
なく、私たち個人の好みに基づいて（行動ターゲティング）表示され  
るようになったのです<sup>1</sup>。さらに、企業は他の企業のウェブサイトに  
自社のクッキーを設定し、ユーザーをより密接に追跡するようになり  
ました。これらのサードパーティークッキーは、その特権の対価とし  
てホストサイトに報酬を支払っています。こうして、広告がウェブサ  
イトを越えて私たちを追跡する時代が始まったのです。

さらに、電子メールIDやクレジットカード番号などを利用すること  
で、企業は異なる識別番号を単一のユーザーに紐づけ、その行動に関  
するより詳細な情報を得ることが可能となりました。これはクッキー  
同期と呼ばれます。もちろん、自分の行動プロファイルを構築するた  
めにどのようなデータが組み合わされているのか、ユーザーには知る  
術はありません。

これに加えて、機械学習アルゴリズムがユーザーデータの分析に活

用され始め、男性、女性、黒人、ヨーロッパ人、または「うつ病になりやすい」といったラベルが割り当てられるようになりました<sup>1</sup>。これらのラベルは私たちのアイデンティティとは関係がなく、私たち自身の行動パターンと最もよく似た過去のユーザーの行動に基づいています。これらのラベルは、製品、住宅、求人情報を販売する企業に売却されます。結果として、特定のラベルを持つユーザーにはある広告が表示され、異なるオンライン行動を持つ別のユーザーには同じウェブページ上で全く異なる広告が表示されるようになります。これはさらに、私たちがどのような仕事に応募し、どの地域の家を購入し、ひいては子供たちがどの学校に通うかを決定づける要因ともなり得ます<sup>3</sup>。

現在、クッキー技術はほとんどのインターネットブラウザに組み込まれています。2016年の研究によれば、大半のサードパーティがクッキー同期を行っていることがわかりました。「上位50社のうち45社、上位100社のうち85社、上位200社のうち157社、上位1000社のうち460社」のサードパーティが異なるソースからクッキーを同期してユーザーに関する情報をまとめています<sup>4</sup>。例えば、Googleは80%のウェブサイトを横断してユーザーを追跡できることが示されており、プライバシーと自律性への脅威を高め、監視とモニタリングを強化しています<sup>56</sup>。

これらの結果が公表されると、世論の怒りを買いました。DoNotTrackMeのようなクッキーをブロックするブラウザプラグインが広く普及し、インターネットブラウザはクッキーのブロックや削除機能を備え始めました<sup>2</sup>。AppleやGoogleなどの企業は、サードパーティクッキーの使用を停止あるいは禁止することを約束しました<sup>1</sup>。オンラインターゲティングには、クッキーに代わってより永続的な追跡技術が使われるようになりました。

例えば、AdobeのFlashプレーヤーに保存されているクッキーに似たファイルは、他のクッキーが削除された後も残ります。これらは、FlashBlock<sup>2</sup>などのアプリをインストールすることでブロックできます。追跡技術には、ほとんどのブロッキングツールでは検出されない、さまざまなフィンガープリンティングなど、より永続的なツールが実装されています<sup>4</sup>。



「指紋スキャン」 by Daniel Aleksandersen は CC0 1.0 の下でライセンスされています。このライセンスのコピーを見るには、<https://creativecommons.org/publicdomain/zero/1.0/deed.en> を訪問してください。

私たちのデバイスやサービス（コンピュータ、電話、デバイススピーカーなど）がデータを処理し、他のユーザーのデバイスとはわずかに異なる出力を提供するというアイデアがあります。異なる技術が組み合わせられて私たちのオンラインアイデンティティが作成されると、これらは私たち固有のフィンガープリントとして機能し得ます<sup>4</sup>。私たちのデバイスのIPアドレ

ス、イーサネットやWifiアドレス（WebRTCベースのフィンガープリンティング）、ハードウェアとソフトウェアによる音声ファイルの再生する方法（AudioContextフィンガープリンティング）、さらにはバッテリーに関する情報までもが、オンライン上での追跡を維持するための長期的・短期的識別子として使用される可能性があります<sup>7,4</sup>。

---

<sup>1</sup> Kant, T., *Identity, Advertising, and Algorithmic Targeting: Or How (Not) to Target Your “Ideal User”*, MIT Case Studies in Social and Ethical Responsibilities of Computing, 2021.

<sup>2</sup> Schneier, B., *Data and Goliath : the Hidden Battles to Collect Your Data and Control Your World*, W.W. Norton & Company, New York, 2015.

<sup>3</sup> Barocas, S., Hardt, M., Narayanan, A., *Fairness and machine learning Limitations and Opportunities*, 2022.

<sup>4</sup> Englehardt, S., Narayanan, A., *Online Tracking: A 1-million-site Measurement and Analysis*, Extended version of paper, ACM CCS, 2016.

<sup>5</sup> Libert, T., *Exposing the Invisible Web: An Analysis of Third-Party HTTP Requests on 1 Million Websites*, International Journal of Communication, v. 9, p. 18, Oct. 2015.

- <sup>6</sup> Tavani, H., Zimmer, M., [Search Engines and Ethics](#), The Stanford Encyclopedia of Philosophy, Fall 2020 Edition, Edward N. Zalta (ed.).
- <sup>7</sup> Olejnik, L., Acar, G., Castelluccia, C., Diaz, C., *The leaking battery*, Cryptology ePrint Archive, Report 2015/616, 2015.

# ビッグデータについてさらに詳しく

あらゆる種類のデータをまとめて保存したものを一般的にビッグデータ<sup>1</sup>と呼びます。データストレージが安価になり、強力なプロセッサやアルゴリズム（特に自然言語処理と機械学習）によってビッグデータの分析が容易になったため、この手法は理にかなっていると言えます<sup>2</sup>。



1つ以上のインタラクティブ要素は文章のこのバージョンから除外しました。ここにオンラインでそれを表示でき

ます: <https://aiopentext.itd.cnr.it/japanese/?p=182#oembed-1>








動画で議論されているように、ビッグデータは複数のソースから生成された、巨大な（volume）、迅速に生成される（velocity）、異なる種類の（variety）データであることが特徴です。このようにして得られたデータは不完全で不正確（veracity）であり、その関連性は時間とともに変化する傾向があります（volatility）。この種のデータを組み合わせ、処理し、視覚化するためには、洗練されたアルゴリズムが必要です。しかし、そこから引き出される推論は、特に従来のデータと組み合わせた場合には強力であり、取り組む価値があります<sup>2</sup>。

一部の専門家は、上述の3つもしくは5つのVを超えて<sup>2</sup>、ビッグデータを構成するための3つの軸を重視しています。

- 大規模なデータセットを収集、分析、リンク、比較することを可能にする技術。経済的、社会的、技術的、法的な主張を行うために大規模なデータセットのパターンを特定する分析。
- 「大規模なデータセットは、以前は不可能だった洞察を生み出すことができるより高度な知性と知識の形態をもたらし、そこには真実・客観性・正確性のオーラが伴う」という信念。

- ビッグデータ分析は「学習者が苦労している分野や得意とする分野を特定し、個々の学習者のニーズを理解し、パーソナライズされた学習方法を開発することができるかもしれません」。

## Are you (Big) Data literate?

- Do you know what data is, what aspects of the  it represents?
- Can you identify when and where data is collected - actively or passively?
- Do you know what it means to work with data : to create, acquire,  and manage it?
- Do you know of techniques to analyze data : , sort, aggregate,  etc..?
- Do you know how algorithms identify  in data?
- Do you know how can data be used to argue or prove a greater point?
- Can you weigh the ethical impacts of data-driven decisions for  and for the  ?

- <sup>1</sup> Schneier, B., *Data and Goliath: The Hidden Battles to Capture Your Data and Control Your World*, W. W. Norton & Company, 2015.
- <sup>2</sup> Kelleher, J.D, Tierney, B, *Data Science*, London, 2018.
- <sup>3</sup> D'Ignazio, C., Bhargava, R., *Approaches to Building Big Data Literacy*, Bloomberg Data for Good Exchange, New York, 2015.
- <sup>4</sup> General Data Protection Regulation (GDPR), European Union, April 2016.
- <sup>5</sup> Ethical guidelines on the use of artificial intelligence and data in teaching and learning for educators, European Commission, October 2022.

# パーソナライズされた学習の関連用語

パーソナライズされた学習について議論する際によく使用される学習と指導の種類:



マーケティング資料やメディアで使用される個別化学習の用語。出典: Bulger M., *Personalised Learning: The Conversations We're Not Having*, Data & Society Working Paper, 2016, CC BY-NC-SA 4.0の下でライセンスされています。

## ブレンデッド学習 (Blended learning)

これは、対面授業とオンライン学習を組み合わせた一貫性のある学習形態です。教師は、オンライン学習用の教材を作成することもできますし、Kahn Academyのようなコンテンツ提供者の教材を使用することもできます。ブレンデッド学習では、MoodleやGoogle Classroomのような学習管理システムがよく使われ、2つの学習形態を統合し、学習者の学習状況を把握するのに役立ちます<sup>1</sup>。

## コンピテンシー・ベース学習 (Competency-based learning)

学習のコンテンツ・スキル・素質は、学習者が身につけるべきコンピテンシー（能力）として定義されます。この学習方法では、学習者が一つのコンピテンシーを習得したと認められた時点で、次のコンピテンシーに進みます。もし途中でつまずいた場合にも、サポートが受けられます<sup>1,2</sup>。

これは、学習者の年齢や教室で過ごした時間によって進級が決まる従来型の教育方法とは異なるアプローチです。

## 差別化された指導 (Defferentiated instruction)

「指導を差別化するとは、学習者一人一人の異なる背景知識、準備度、言語、学習の好み、関心の違いを理解し、それに応じて柔軟に反応することです」<sup>3</sup>。これは、学習者主導ではなく、学習目標がすべての学習者に共通である点でパーソナライズ学習とは異なり、差別化されるのは指導方法のみです。

例えば、新しい単語を学ぶとき、ある学習者にはその単語が使われている新聞記事を見つけるように指導し、別の学習者にはその単語

を使った歌を覚えるように指導する学ぶように指導する、という方法が考えられます。

## 反転授業（Flipped classroom）

反転授業では、授業と宿題の役割を入れ替えます。学習者は、家庭でオンライン教材やオンライン講義を使って新しい内容を学び、教室では教師の指導のもとで実践やプロジェクトに取り組みます<sup>2</sup>。

## 個別化学習（Individualized learning）

この学習法の特徴は、学習者が自分のペースで学べることにあります<sup>4</sup>。もし、学習内容に苦勞している場合は、練習により多くの時間をかけて理解を深めることが出来ます。逆に、既に理解して自信のある学習者は、先に進んで新しい内容を探究し、退屈することなく学び続けることができます。

## 問題解決型学習とプロジェクト型学習 （Problem-based learning / Project-based learning）

これらの学習法では、学習者は問題を解決したりプロジェクトに取り組んだりすることで学びます。これは必ずしも個人に合わせた学習である必要はなく、教師はファシリテーター（支援者）やガイドとして学習者をサポートします。

- <sup>1</sup> Groff, J., *Personalized Learning: The State of the Field & Future Directions*, Center for Curriculum Redesign, 2017.
- <sup>2</sup> Holmes, W., Anastopoulou S., Schaumburg, H & Mavrikis, M., *Technology-enhanced personalised learning: untangling the evidence*, Stuttgart: Robert Bosch Stiftung, 2018.
- <sup>3</sup> Hall, T., Vue, G., Strangman, N., & Meyer, A., [Differentiated instruction and implications for UDL implementation](#), Wakefield, MA: National Center on Accessing the General Curriculum, 2003.
- <sup>4</sup> Michell, M., [Personalized, Individualized, and Differentiated Learning: A Simple Math Equation](#), 2016.

# 自動翻訳の用語

本章では、多くの専門用語が使用されています。AIとはのページには、自然言語処理の詳細と歴史が記載されています。

より広い観点から見ると、**自動翻訳ツール**はオンライン上で利用可能であり、次に示すような様々な方法で活用できます。

- 直接的に利用する方法：ある言語でテキストをコピー＆ペーストして、別の言語で同じ内容のテキストが得られる。
- ファイルを提出する方法：特定の形式のファイルをウェブサイトにアップロードすると、ファイル全体が翻訳され、文章の構造や書式を保持した出力がえられる。
- APIを通じて利用する方法：API（アプリケーション・プログラミング・インターフェース）とは、プログラマーが自分のソフトウェア内で翻訳ツールを利用できるようにするためのコードのことです。

**自動書き起こし**も人工知能を利用しています。これは、音声入力をテキスト出力に変換する技術で、オンライン上やオフラインの動画や音声記録に対して実行可能です。一部のビデオ会議プラットフォームでは字幕を取得でき、アクセシビリティの向上や他言語の発話の理解に活用することができます。

**音声合成**技術では、テキストと音声モデルを受け取り、指定された声でテキストを読み上げます。音声モデルは標準的なものもあれば、実在の人物の声に合わせて訓練されたものもあります。

**テキスト生成**ツールは、人工知能によって新しいテキストを生成するために使われます。新しいテキストとして、既存のテキストを要約、簡略化、再構成したものなどを生成したり、会話モデルからAIが特定のトピックに関する指示を受けて生成することもできます。

これらの技術は単独で使用することも、組み合わせで使用することもでき、結果としてシームレスな多言語コミュニケーションを実現することが可能です。

# 急速に進化するAI技術

教育における自動翻訳は、技術進歩のスピードが分析を難しくしているテーマだと言えます。5年以上経過している研究における分析では、既に時代遅れとなっている技術の効果を反映してしまうでしょう。例えば、そのような研究では、自動翻訳ツールは機能しないと主張し、すでに解決されている不具合の例を報告してしまうかもしれません。人工知能が主役である他の分野でも、近いうちに同じことが起こるかもしれません。

このことは、例えば次のような場面など、様々な影響をもたらします。

1. 研究が難しくなるでしょう。研究は、発見の重複を避けるために、過去の成果に基づいて積み上げていく必要があります。しかし、この分野において、巨人の肩（過去に積み重ねられた発見）の上に立とうとしても、それはすぐに時代遅れになってしまいます。
2. 教師はこのような技術の急速な進歩についていくために、常に新しい情報を得る術を見つける必要があります。その方法として、SNS上の意見ではなく、この技術の利用を支援するようなツールを検討する必要があります。

# AIの潜在的な危険性に関する議論を理解する

2023年3月<sup>1</sup>、そして2023年5月<sup>2</sup>に、AIの危険性について警告する2通の請願書/公開書簡が発表されました。いずれも業界の著名な科学者やAI専門家数百名が署名しています。これについて私たちが知っておくべきことは何でしょうか？

これは教師にとって興味深い質問でしょうか？

より成熟した学習者を相手にする場合、AIが文明にもたらすリスクという問題が浮上することになるでしょう。教師は、すべての質問に対して明確な答えを出す義務を持つわけではありませんが、その議論の輪郭を把握しておくことは大切だと言えます。

教師は、テーマの技術的なことだけについて話し、人間的、経済的、哲学的な問題は専門家に任せてはいけなないのでしょうか？

これは意見が分かれる興味深い質問です。

物理教師は広島やチェルノブイリについて知っているべきでしょうか？これらの問題について授業で議論するべきでしょうか？あるいはAIの場合、教師はソフトウェアを安全に使いこなし、その仕組みを概ね理解していれば十分なのでしょうか？それとも、AIが社会に対して投げかける課題についての議論も理解すべきでしょうか？

ユネスコや他の専門家たちは、人工知能は単なる技術ではなく、教

師は関連する倫理的な問題を理解すべきだという立場をとっています。これには、AIが社会、文明、人類に与える影響に関する懸念も含まれています。

## これらは新しい疑問なのか？

AIの危険性についての疑問は以前からあります。AIが人間の知能を「超えた」時に何が起こるかという疑問は長い間議論されてきました。アラン・チューリングの元同僚であるアーヴィング・グッド<sup>4</sup>は、1965年という早い時期に技術的特異点の概念を提唱しました。彼は、AIが人間よりも賢い、または超知能であると見なされるようになったら、AIは止められなくなるだろうと提案しました。グッドはその後、AIが暴走する様子を描いた映画「2001年宇宙の旅」で、監督のスタンリー・キューブリックへの助言をしています。

## 立場

3月の公開書簡<sup>1</sup>は、AIが善にも悪にもなり得て、そのことが社会や仕事へ大きな影響を及ぼす可能性があるとして警告しています。また、AIは退屈で望まれない仕事だけでなく、人々がやりたいと思う「良い」仕事までも人間から奪ってしまうという考えも示されています。さらに、AIの発展が社会の発展を導いており、そこでは変化に対する通常の民主的なメカニズムが用いられていないとも警告しています。

2つ目の書簡<sup>2</sup>では、AIが暴走するリスクやそのシナリオのバリエーション、人類文明終焉の可能性について追加で議論されました。

この議論から第3の立場が浮上しました<sup>3</sup>。それは、AIは確かに懸念材料ではあるが、より差し迫った問題を覆い隠してしまうほどの人類存亡にかかわるようなものではないという立場です。

## 議論は終わりですか？

いいえ、議論は終わっていません。一部の科学者は依然としてAIには多くのリスクが存在し、技術があまりにも急速に成長していることから、規制が必要だと主張しています。また別の科学者たちは、現時点でのAIは利益しかもたらさず、注意は必要だが恐れる必要はないと考えています。

どちらが優勢か、どちらが正しいか、判断は難しいです。この議論は1945年以降に起きた物理学を巡る議論を彷彿とさせます。

今のところ誰もが納得するような規制はまだ存在していないとしても、規制は求めるべきだというのが科学者たちの共通の立場です。

## 正当な立場は存在するのだろうか？

実際は、上記のどちらの立場もおそらく理にかなっているでしょう。AIは医学、農業、気候分析、言語、コミュニケーションの進歩を可能にしていることから、現状の事実はAIに肯定的な人々を支持しているようにも見えます。しかし、私たち人類は常に解決策を見つけてきたから大丈夫という主張は、少し思い上がりかもしれません。

## この議論についてさらに知るには？

オープンマインドな人（または教師）向けに、ブログや信頼できるサイト、優秀な科学者・歴史家・哲学者が立場を示した文章や動画など、多くの情報源があります。

---

<sup>1</sup> <https://futureoflife.org/open-letter/pause-giant-ai-experiments/>

<sup>2</sup> <https://www.safe.ai/statement-on-ai-risk#open-letter>

<sup>3</sup> <https://theconversation.com/lets-focus-on-ais-tangible-risks->

[rather-than-speculating-about-its-potential-to-pose-an-existential-threat-207842](#)

<sup>4</sup> <https://www.historyofinformation.com/detail.php?id=2142>

<sup>5</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/I.\\_J.\\_Good](https://en.wikipedia.org/wiki/I._J._Good)

# 生成AI - 教師はどこで活用すべきか？

生成AIは、教室内外での面白い活動を設計するために活用できます。生成AIは将来おそらく教育の中で何らかの役割を果たすようになるでしょうし、特定のケースではすでに役割を担っています。では、具体的にはどのような役割でしょうか？そして、教師は学習者をどのような形で参加させるべきでしょうか？どのような文脈で？私たちは、現時点で教師は生成AIを課外活動の使用に限定することが可能であり、そうすべきだと考えています。

## 「現時点において」

物事は信じられないほど急速に変化しています。2022年10月、この教科書の初版が刊行された時点では、ChatGPTは存在すらしませんでした。その1年後には、教育のための生成AIツールを提供するプラットフォームがウェブ上に登場しました。この進歩の速さは、現時点（2023年11月）で有効なものが数ヶ月後に通用しなくなる可能性があるほどです。今日見つかっている不具合のいくつかは、いつか修正があるかもしれません。教師は不具合を回避するための十分なトレーニングの案内を受けるかもしれません。学校や国家機関が、出来ることやすべきとこの指針を示すかもしれません。常にこのような情報を更新し続けていくことが不可欠です。

## 「政策上の課題」

AIは各省庁に厳しい課題を突きつけています。若い学習者に行うのは明日の世界に備えるような教育が望ましいです。実際、雇用市場への影響を示す数値を見れば、早い段階から学習者にAI教育を施すこと

は、必須ではないにしても、理にかなっていると言えます。しかしその一方で、まだ十分な信頼性が確認されていない技術を使うことに安全面への懸念もあります。特にこの安全性の欠如はプライバシー問題に関して顕著です。学習にどのような影響を及ぼすかということについては、いまだ明確には分かっていないのです<sup>3</sup>。

企業は我々消費者が自社製品を選択するよう推し進めている一方で、保護者たちは次のような相反するメッセージに焦点を当てています。それは、基礎教育（読み書き、計算）を優先することと、職業関連のスキルの習得を不可欠とすることです。このような二分化が、政策立案者の仕事を複雑にしています。

決定には時間がかかるかもしれませんが、決定が下されたとき、教師はそれを理解したいと思うでしょう。

## 「安全な環境」について

生成AIを用いた授業を通して多くのデータがやり取りされることになるでしょう。教師と学習者は、意図せずに個人情報になり得るデータを簡単に提供してしまう可能性があります。そして、適切なプログラムが実装されていなければ、これらのデータは個人と直接結びつけられてしまう恐れがあります。GDPRは法的に個人を保護しますが、このような法律が十分かどうかを判断するにはまだ時期尚早と言えるでしょう。一部の国では、匿名化を原則とするセーフ・スクール環境を導入しています。そのような環境では、オンライン活動が個々のユーザーと関連付けられた形で学校外のサーバーに記録されることはありません。

データの安全に関する疑問は数多くあり、教師が自分自身や学習者の権利が保障されていると確信を持つのは簡単ではありません。データはどのくらいの期間保存されているか？何の目的で、誰がそれを使用するか？教師は学習者に代わって決定を下すことができるのか？これらの疑問が複雑であることから、当局による必要な審査が行われていないような外部プラットフォームに、学習者を登録するのは決して良い考えとは言えません。

## 授業外での活動

教師が生成AIを活用することができる例はすでに数多くあり、自宅と職場どちらでも、学習者がいなくても行うことができます。例えば、授業の準備、テストの作成、情報収集、次回の講義のテーマの検討などが挙げられます。一般的に、こうした場面でAIを活用すると、より深く探求したり、新しいアイデアを見つけたり、資料の見せ方をより効果的にできるという印象があります。また、出典の欠如、誤情報、バイアスといった問題が多くあることを考慮しても、全体的には肯定的な評価だと言えます。

最も重要なことは、教師たちから時間が節約できたという報告があることです。今回は珍しく、テクノロジーが「単に良くする」だけではなく、「より少ない努力で良くする」ということを保証しているのです。

## 授業内の活動を支持する議論

生成AIが将来重要な役割を果たすことになり、AIを適切に活用する能力が就職市場で求められるスキルとなるならば、学習者は教師と一緒にその正しい使い方を学ぶべきです。これはAIの技術的側面と倫理的側面の両方に対して言えることです。

今日、教師が学習者たちとこうした技術について話すことはやりがいがあることですが、不安もあります。学習者らはすでにユーザーであるにもかかわらず、特に信頼性に関して大きな誤解をしています。

## 授業内の活動に反対する議論

一方で、このようなツールを試してみると、誰もが出力の予測がつかないツールで教育を行うことは難しいと感じるでしょう。同じプロンプトで生成AIを3回実行すれば、おそらく3つの異なる結果が得られます。これはこの技術の強みではあるが、経験の浅い教師（熟練の教師

でも！)は、かなりのやりづらさを感じるでしょう。化学の教師が生徒に全員同じ実験を行うように指示したところ、こっちでは爆発音がし、あっちでは赤い煙が出て、部屋の後ろで奇妙な匂いがする、そんな状況を想像してみてください。

このような教育において、一般的な説明(個別の説明でさえ)に説得力を持たせるのは、興味深い内容ですがかなり挑戦的な課題となっています。

## だから...

この時点で、教師は安全に教室外で生成AIをテストすることができるはずですが、これにより、その仕組みをより深く理解するだけでなく、学習者たちが目にする可能性が高いものも事前に見つけることが出来るはずですが、生成AIについて無知なままではいけません。さらに、多くの教師が体験談として指摘しているように、これは教師が時間の節約ができる技術を活用できるチャンスなのです。

一方で、これらの技術を直接学習者と一緒に使用しない方が良いという状況も依然として多いです。

## では、どのように学習者に理解させるのか？

繰り返しになりますが、これは国や教育組織が定めた推奨事項や規則に沿って行う必要があります。

最初の提案として、何が不正行為で何がそうでないかについて学習者に聞いてみることや、このような話題について話し合うことなど、可能な限り学習者と関わりを持つことが、学習者がこの問題の複雑さを理解するのに役立つと考えられます。

2つ目の提案は、教師が授業で生成AIを試してみることですが、複雑で馴染みのないトピックには使用しないことです。また、これとは相反する内容のように思えるかもしれませんが、教師が常に答えを知

っているわけではないことを学習者に示すことも有益です。学習者自身が専門知識を持っているトピックで生成AIを使用することも効果的です。彼ら自身が間違いを見つけることで、AIが常に正しいわけではないことを理解するでしょう。

間違いを見つけることは学習者にとって面白い活動かもしれません。一方、教師が生成AIによって書かれた事実に対して、その場ですぐに誤りを指摘するのははるかに困難です。これは正しいか誤りかという問題ではなく、教師が間違えることは許されているのです。しかし、その間違いを教育的に説明しなければならないとなると、それほど簡単なことではありません。

---

<sup>1</sup> Generative AI likely to augment rather than destroy jobs. ILO report, August 2022 [https://www.ilo.org/global/about-the-ilo/newsroom/news/WCMS\\_890740/lang-en/index.htm](https://www.ilo.org/global/about-the-ilo/newsroom/news/WCMS_890740/lang-en/index.htm)

<sup>2</sup> After Italy blocked access to OpenAI's ChatGPT chatbot, will the rest of Europe follow? Euronews, 7/4/2023. <https://www.euronews.com/next/2023/04/07/after-italy-blocked-access-to-openais-chatgpt-chatbot-will-the-rest-of-europe-follow>

<sup>3</sup> Holmes, W., Miao, F., *Guidance for generative AI in education and research*, Unesco, Paris, 2023.

# トランスフォーマー

トランスフォーマーは、データシーケンス（この場合、単語やトークン）の分析における循環ニューラルネットワークの限界を克服するために設計されたニューラルネットワークモデルです<sup>1</sup>。

具体的には、トランスフォーマーはセルフアテンション機構を通じて、データシーケンスの分析を並列化し、これらのシーケンスの要素とそれらが現れる文脈との間の依存関係を抽出することを可能にします。

---

<sup>1</sup> Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N., Uszkoreit, J., Jones, L., Gomez, A. N., ... & Polosukhin, I., *Attention is all you need*, Advances in neural information processing systems, 30, 2017.

# GDPRの概要

2018年5月25日に施行されたEU一般データ保護規則（GDPR）は、企業が個人情報の取扱いと保管に堅牢なプロセスを整備することを義務付けることで、あらゆる個人情報を安全に保護するための法的枠組みを提供します。

GDPRは7つの原則に基づき、市民の権利とプラットフォームの義務を定めています。

GDPRの7つの原則は、合法性（lawfulness）、公正さと透明性（fairness and transparency）、目的の限定（purpose limitation）、データの最小化（data minimisation）、正確性（accuracy）、保管の制限（storage limitation）、完全性と機密性（integrity and confidentiality）、説明責任（accountability）です。特に本書で関連性が高い権利と義務について以下に紹介します。

- **知る権利**とは、市民が自分の情報がどのように使用される可能性があるかについて通知を受ける権利を規定するものです。
- **削除権**とは、プラットフォームによって情報を収集された市民が、プラットフォームによって構築されたデータセット（第三者に売却される可能性もある）から自身の情報を削除するよう要求できる権利です。
- **アクセス権**とは、市民が自身について収集されている情報を（簡単に）知ることができる権利です。

GDPRが制定された時点では、AIと教育に関する問題は重要視されていませんでしたが、GDPRはデータに関する多くの問題を扱っています。データはAIがより豊かになるための燃料であるため、データの問題を扱うGDPRはAIと教育に直結した内容であると言えます。

GDPRが何であり、教師が何を知っておくべきかについて、本書では割愛しますが、既に分かりやすく解説しているウェブサイトを紹介いたします。

[「GDPR for dummies」](#)というウェブサイト名を不快に感じるかもしれませんが（教師はダミーではない）、このサイトの分析はCivil

*Liberties Union for Europe* (Liberties) という欧州連合全域の人権を保護する監視機関内の独立した専門家によって行われています。

# AIとコーディング

コンピュータコードを書くことは、なにかしらの言語で文章を書くことと似ています。構文や文法のルールがあり、プログラムが意味をなし、意図した動作を実行する、つまり、意味論を尊重することが求められます。2022年には、プロンプトからコードを生成する生成AIが登場しました。ChatGPTはインターフェース内でのコード生成を可能にし、PythonやC言語をフランス語、イタリア語、日本語と同様に扱いました。

その後すぐに、AIがコード生成に長けているなら、もうコードを学ぶ必要はないのではないかという議論が沸き起こりました。コードが書けない人にとっては疑問の余地はなく、企業が「AIは高品質なコードを生成できる」と主張するだけで十分でした。産業界では、2023年末には仕事の一部が人間からAIに移行しましたが、全体として管理者はプログラマーをAIに置き換えることには躊躇しています。ハルシネーション（AIが現実には存在しない情報を生成する現象）の問題はまだありますが、より重要なこととして、本人が正しいプロンプトを書ける場合、言い換えると、正確な仕様書を作成できる場合に限り、AIによって良いコードを生成することが出来るということがすぐに明らかになりました。さらに、プロンプトは通常一度には完了せず、コンピューターとのある種の対話を必要とするため、相手の言語を理解しておくことは有用だと言えます。これは通常、長時間のコーディングから得られるスキルです。

現在の見解では、将来必ずしも人間がコードを書くとは限らないとしても、機能するコードをAIに生成させるためには、AIと対話するためのコードを知っている人々が必要であると考えられています。

## コード、ノーコード、ローコード

一方で、複雑なシステムでAIと連携するために高品質のコーダーが必要な場合、誰もがそのレベルに達する必要があるのでしょうか？答えはおそらくノーです。よくあることですが、物事は常に白か黒かでは

なく、ノーコードとコードの間には、ローコードと呼ばれる中間レベルの領域も存在します。

# Orangeにおけるデータ実験を通じた機械学習とAI

イルカは哺乳類ですか？もしそうなら、なぜですか？

キウイはどの動物の種に分類されますか？

アテネとローマは同じ気候帯にありますか？

叫ぶ女性を描いた有名な絵の作者は誰ですか？この画家はいつも空をオレンジ色に描きますか？

文体だけで、ソーシャルメディアの投稿の著者を推測することはできますか？

NBAにルカ・ドンチッチのプレイスタイルに似た選手はいますか？

木の葉や樹皮の写真から、木の種類を推測することはできますか？

世界の国々は、社会経済的特徴でどのように分類されますか？世界は実際に北と南で社会経済的に分断されているのですか？

ローマとアテネは同じ気候帯にありますか？気候パターンから見て、どの国の首都が最もベルリンに似ていますか？

データサイエンス、特に機械学習の方法は、科学、工学、技術などのさまざまな分野で変革の触媒として機能し、私たちの日常生活に大きな影響を与えています。膨大なデータセットを精査し興味深いパターンを特定し、予測モデルを構築する計算技術は、至る所で見られるようになりました。しかし、データサイエンスの基礎的な理解を持つ専門家はごくわずかであり、自らのデータからモデル構築に積極的に関わる人はさらに少ないのが現状です。AIが静かに私たちの世界を変容させている時代において、誰もがその能力、利点、潜在的なリスクを認識する必要があります。データサイエンスに関連する概念を幅広い層に効果的に伝え、教育する方法を確立しなければなりません。機械学習、データサイエンス、人工知能の原則と技術は、一般常識として扱われるようになるべきです。

この章の冒頭で提起されたすべての質問には、関連するデータを観察することで答えることができます。ここでは機械学習のトレーニングとして次のアプローチを提案します。質問から始め、関連するデータを見つけ、関連するデータパターンやモデルを見つけることによっ

て質問に答えましょう。プロジェクト [Pumice](#) では、さまざまな教科の教育活動を豊かにする開発を進めています。教科の内容に関連するデータを使用し、AIと機械学習の手法で探求します。教育者との連携により、教師と学習者のための学習テンプレートと背景説明が開発されています。

Pumiceのアクティビティとトレーニングは、直感的なインターフェース、インタラクティブな可視化、ビジュアルプログラミングを特徴とする、機械学習プログラム [Orange](#) によってサポートされています。このプログラムのシンプルさの鍵は、分析パイプラインをレゴブロックのように構築できることと、すべてのコンポーネントの双方向性にあります (図1)。これは、主要なトピックの大半を網羅し、さまざまな応用分野に適応するためのトレーニングと汎用性の両面から必要とされています。教育支援を強化し、基盤となるメカニズムよりも概念に焦点を当てるために、Orangeは容易なデータへのアクセス、ユーザーの設定や選択を含むワークフローの保存による再現性、新しいコンポーネント設計による簡易なカスタマイズといった機能を実装しています。トレーニングの重要な側面として、ワークフローの検証を通じたストーリーテリングや実験に特化した機能 (実験データセットの描画や多項式線形回帰の過剰適合に対する学習など) が挙げられます。Orangeはオープンソースソフトウェアとして利用可能であり、[簡潔なトレーニングビデオ](#) によって補完されています。



図1. Orangeデータマイニングソフトウェアと典型的なデータ探索ワークフロー。

図1では、Orangeでの典型的なデータ探索ワークフローを示しています。このワークフローは、データの読み込み、距離の計算、データや結果のモデルの視覚化、あるいはデータパターンを発見し可視化するために必要な任意のタスクを実行するコンポーネントで構成されています。このワークフローでは、世界の国々の社会経済データを使用しています。ワークフローの上流の分岐は2つの特徴を分析し、寿命と就学年数に相関関係があることを示しています。また、カーボベルデやモロッコのように、人々が長生きするが学校にあまり通わない国があることも示しています。学校の子供たちはこのようなネットワークを構築することによって、どの国が社会的に互いに似ているかということや、どこで世界が社会主義的に北・中央・南に分かれているか、どこに先進地域と未開発地域の間大きな分断が存在するか、といったことを探索することが出来るようになります。このような点を明示的に伝える必要はありません。 Orangeでデータをマイニングす

る過程で、彼らは自ずと気づき、上級クラスでは自らこのような課題について深く掘り下げて調べていくでしょう。

Orangeの開発は2003年に始まりました。それ以来、著しい勢いで普及が進んでいます。月間5万人以上のユニークユーザーを持つOrangeは、広く受け入れられている専門ソフトウェアアプリケーションとしての地位を確立しています。ユーザーの約半数は学術分野に所属しています。特に、教育分野でのOrangeの採用は顕著に増加しており、世界中の500以上の大学がデータサイエンスの授業に導入しています。

機械学習やデータサイエンスの領域に深く関わりたいと考えている教育者向けに、Orangeを使用した実践的なデータ探索を通じてこれらの分野について学べる入門的な教材をまとめました。

- Orange：ツールボックスの[ウェブサイト](#)
- [An introduction to data science](#): Orangeでの可視化と機械学習方法を紹介する複数のショート動画です。<http://youtube.com/orangedatamining>で動画を見つけ、「Intro to Data Science」再生リストにアクセスしてください。
- [Pumice](#)：トレーニングプログラムに組み込むことができる活用事例を集めた教師向けのウェブサイトです。



# とりあえずの結論として

...

2024年1月にこの本を見直していたとき、ここで扱っている問題の大きさと複雑さに、強い衝撃を受けました。AI（Artificial intelligence、人工知能）は、とても重要な話題であるだけでなく、何より「答えの出ない問題そのもの」です。

AI は私たちをどこに連れていくのでしょうか？ きのうまで「不可能だ」と思っていたことが、今日になって突然できるようになる——そんなことがいったい何回起こるのでしょうか？

そんな分野について、間違いなく本を書くなんで、本当にできるのでしょうか？

教育の世界では、これほど変化の速いテーマに向き合うことはあまりありません。シラバス（授業計画）を作るには数カ月、教師を育てるには何年もかかります。そして、新しいテーマを学校でしっかり扱えるようになるまでには「一世代かかる」と言われることさえあります。

しかし、AI4T プロジェクトの目的は、AI が成長している“まさにその途中”で、教師がAIを教えられるようにすることでした！

だから、この教科書を読んでいて、小さな間違いを見つけるかもしれません。また、すでに正しくなくなっている説明もあるかもしれません。技術が進歩して新しい可能性が生まれたり、2022年や2023年には大きな問題だと思われていたリスクが、2024年には受け入れられるものになっているかもしれません。法律やルールが変わっていることもあります。

では、こうしたことは、このプロジェクトの価値を失わせてしまうのでしょうか？

私たちは、そうではないと思っています。技術がくれるチャンスと、この教科書の“オープン”な作りを活かして、変化に合わせて成長させていくことができれば問題はありません。

もしかしたら、本を「初版 → 第2版 → 第3版…」と出していく昔ながらのやり方は、もう最適ではないのかもしれません。

このような教材を「みんなで共有し、使うだけでなく進化させていく」ための方法は、確かに存在しています。

そして、おそらくそれこそが、次の挑戦になるでしょう。

この本は、今このとき、先生である読者の皆さんの手の中にあります。ここに至るまでには、本当にたくさんの人たちが関わってくれました。

先生たちや各省庁が何を必要としているのかを理解するうえで、多くの方が助けてくれました。素材の準備、文章の校正、オンラインプラットフォームの整備に携わってくれた人もいます。翻訳を手伝ってくれた人たちもいました。

さらに、外部のチームとも協力しました。Dagobafilms は、動画の制作を進めるうえでとても力になってくれました。

そして何より大切だったのは、私たちを励まし続けてくれた人たちです。本を書くというのは、いつも長くて複雑な作業です。その過程で生まれるイライラから立ち直るためにも、自分たちが正しいと思う方向性を貫くためにも、そして目指すゴールを見失わないためにも、家族や友人、同僚の支えが欠かせません。

この3年間で私たちを助けてくれた人をすべて挙げるのは難しく、きっと何人かのお名前を忘れてしまっていると思います。その点については、どうか私たちの記憶のあいまいさを許してください。

そのうえで、この取り組みに関わってくださった方々のうち、特に感謝を伝えたい人たちの名前を紹介します。

Alain Thillay  
Andréane Roques  
Anne Boyer  
Anthony Kilcoye  
Axel Jean  
Azim Roussanaly  
Bastien Masse  
Blaž Zupan  
Borut Čampelj  
Catherine Lemonnier  
Catherine McD.  
Daniela Hau  
Dario La Guardia  
Deirdre Butler  
Dejan Zemljak  
Fabrizio Falchi

Giuseppe Città  
Helena Fošnjar  
Iva Stegne  
Jean-Jacques Baton  
Jiajun Pan  
John Hurley  
Lucie Grasset  
Manuel Gentile  
Mélanie Pauly-Harquevaux  
Michael Hallissy  
Salvatore Perna  
Sašo Stanojev  
Solenn Gillouard  
Petra Bevek  
Urška Martinc  
Wayne Holmes

Jotsna は、理解と支え、そして（ほとんど）いつも変わらぬ愛情をくれた Thomas と Laya に感謝しています。

Colin は、この数カ月間、忍耐強く支えてくれた Isabelle にお礼を伝えたいと思っています。