

生成AI時代の数学研究・勉強の仕方

宮部賢志 (明治大学理工学部数学科)

理工学部附属中学連携行事

2025年3月25日(火)

次の時代を担う子どもたちとその先生へ

人工知能（AI）の進歩がすごい！

すでに起こった変化・これから起こるであろう変化を話せばきりがない。
今日は数学研究の仕方・勉強の仕方について話す。

この講演で話すこと

1. 私が研究で生成AIをどうやって使っているか
2. 計算機ができることの進化
3. 数学の勉強に生成AIをどう使うか

メッセージ

No: 「AIがあるから勉強しなくて良い」

Yes: 「AIによって早く楽しく勉強できるようになった」

数学, 国語, 英語, プログラミングなど, どんな科目にも言える

将棋AIができて, 勉強しなくなったのではなく, 勉強しやすくなった.

自己紹介

- 宮部賢志 (みやべけんし)
- 明治大学理工学部数学科 准教授
- 岐阜県岐阜市出身
- 京都大学で学部4年, 修士2年, 博士3年, ポスドク3年過ごす
- 野球部キャプテン, キャッチャー, 5番
- 中学生の頃にWindows95が発売され, インターネットが普及始めた
 - タブレット, スマホはなかった
 - インターネットはテキストベースで, 使う時間も制限されていた
 - 情報は新聞かテレビが主流の時代

(1) 私が研究で生成AIをどうやって使っているか

AI=Artificial Intelligence=人工知能

何らかの知的営みを機械に行わせるための技術

生成AI=Generative AI

文章・画像・音声・動画などを作るAI

文章の場合は**LLM=Large Language Model=大規模言語モデル**と呼ばれる

主要な生成AIサービス：ChatGPT, Claude, Gemini

2022年11月30日， ChatGPTが登場した歴史的日

これ以降， 様々なことが変わっていく。

数学の研究とは

数学の勉強と研究は違う。

では数学の研究とは何をするのか？「なぜ？」に答える

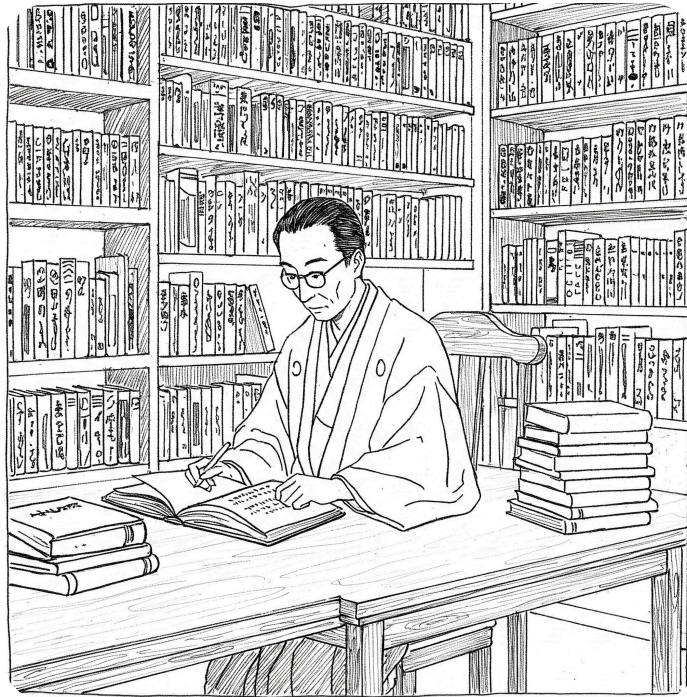
現実の現象	観察して数字に	規則から定理を発見
星・天気・人の動き	観測データ	数学を使って予測を行う
知能	ニューラルネットワーク	なぜうまく動くのか？

数学研究の流れ

- (a) 探す：知りたいことに関係する論文や書籍を探す
- (b) 読む：論文・書籍を読んで理解する
- (c) 考える：問題に取り組む，証明を考える
- (d) まとめる：結果を論文にまとめる
- (e) 発表する：スライドを作成して発表する

分野によってやり方は異なる。私の場合，実験もプログラムを書くこともない。

(a) 探す



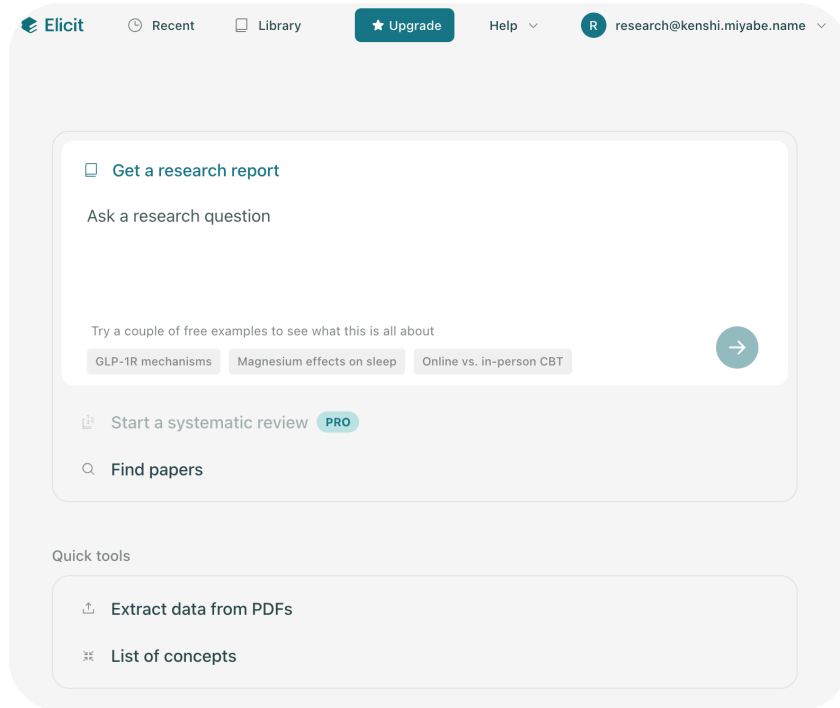
昔の探し方：図書館で本を読んで探す。私が高校生の頃まではこれが主流。
ひたすら読んで探す。

(a) 探す



2000年代：インターネットで検索する。Googleとか。
検索できるものには限界がある。特に数式の検索は難しい。

(a) 探す



生成AI時代：生成AIに聞く。膨大な論文から関係ありそうな論文を探して、読んで、提示する。候補を絞ってくれるだけでも有り難い。探すのに何ヶ月もかかっていたものが一瞬で見つかったりする。

(b) 読む

1000本：概要(abstract)だけ

100本：イントロダクション(introduction)だけ

10本：一通り目を通す

1本：全部丁寧に読む

読み方にはいろいろある

- 要約させる
- 知らない言葉を解説させる
- どこにあるか探させる

(c) 考える

一番の鍵だが、今のところ生成AIの役目はない

(d) まとめる

- 英語の添削をさせる.
- $\text{L}^{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ のコマンドを聞く.
- 図を描かせる.

(e) 発表する

- 話の流れを検討する.
- 挿絵を描かせる.

人間ができることを，生成AIにやってもらうと時間が短縮できる.

人間はそれを評価する必要があり，その能力はつける必要がある.

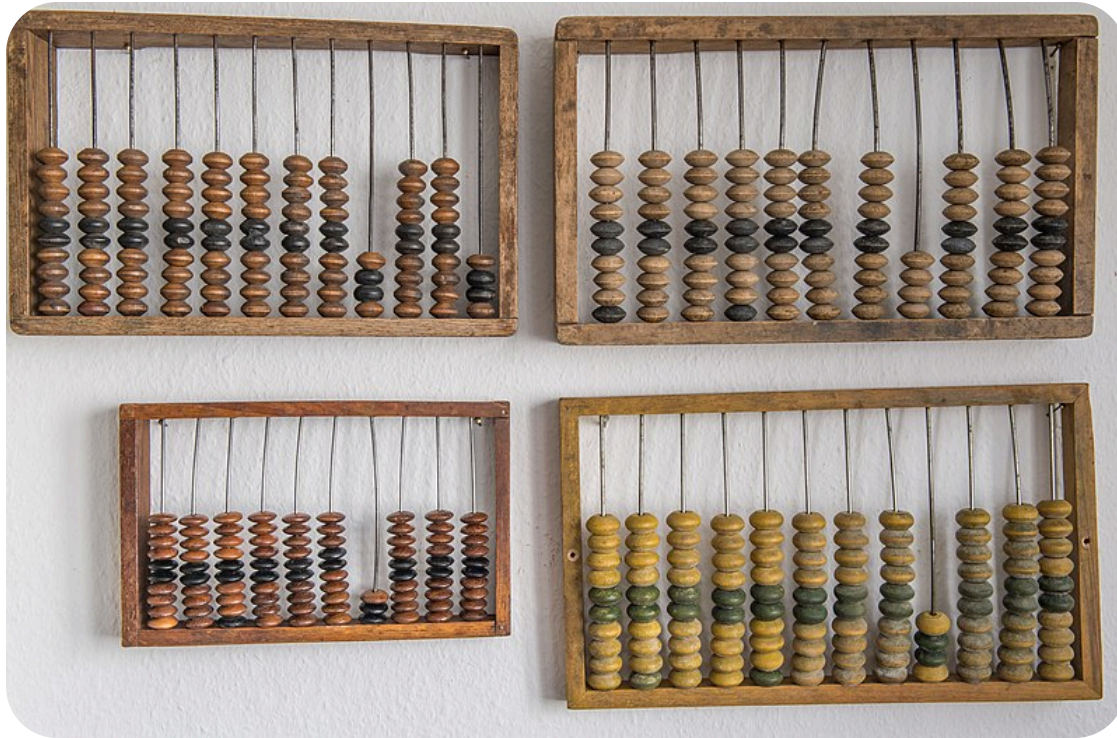
(2) 計算機ができることの進化

AI (artificial intelligence) = 人工知能

何がしたいか

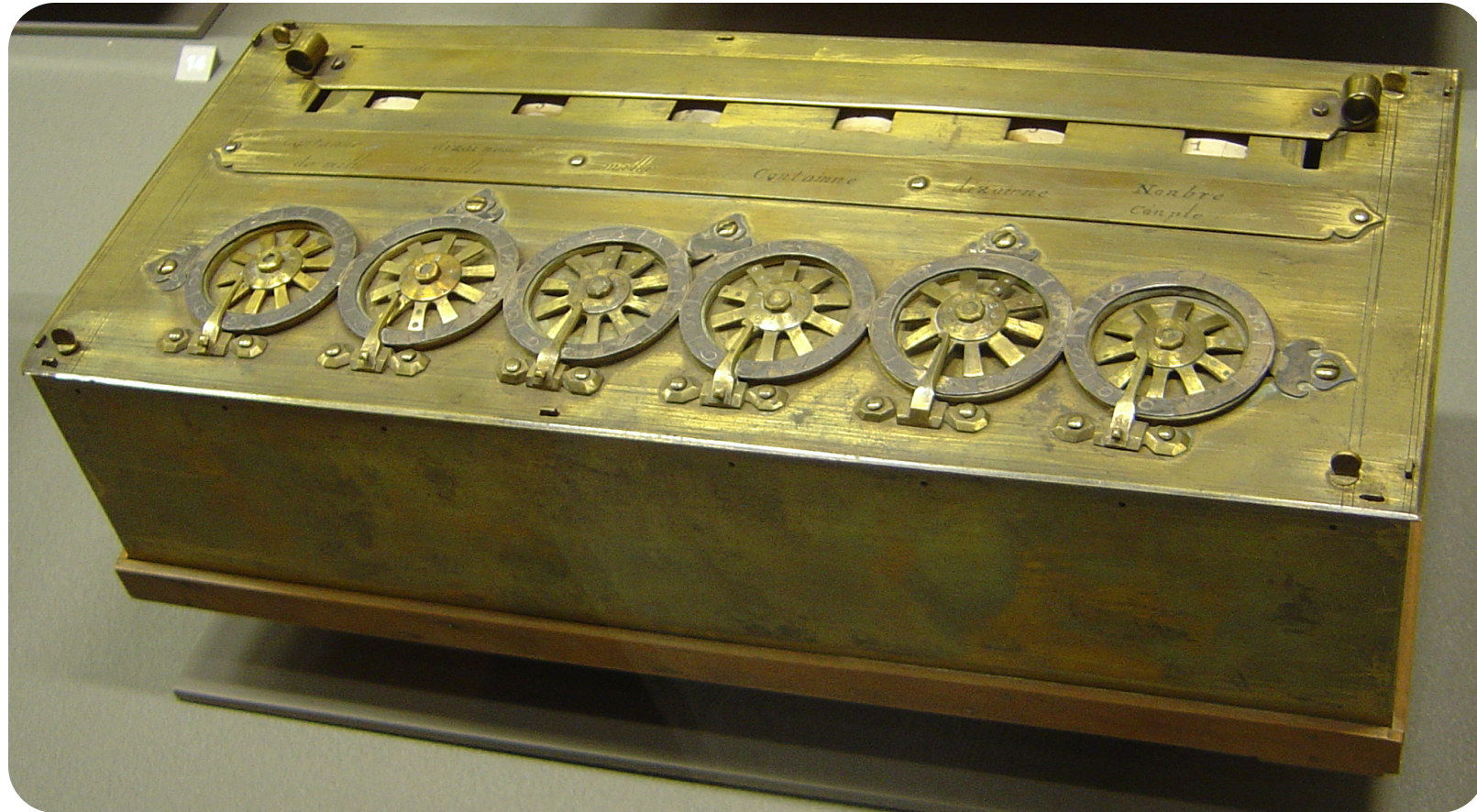
「人間が行う知的営みを計算機にさせたい」

- 人類の長い格闘の歴史
- ここでは数学的な説明を試みる



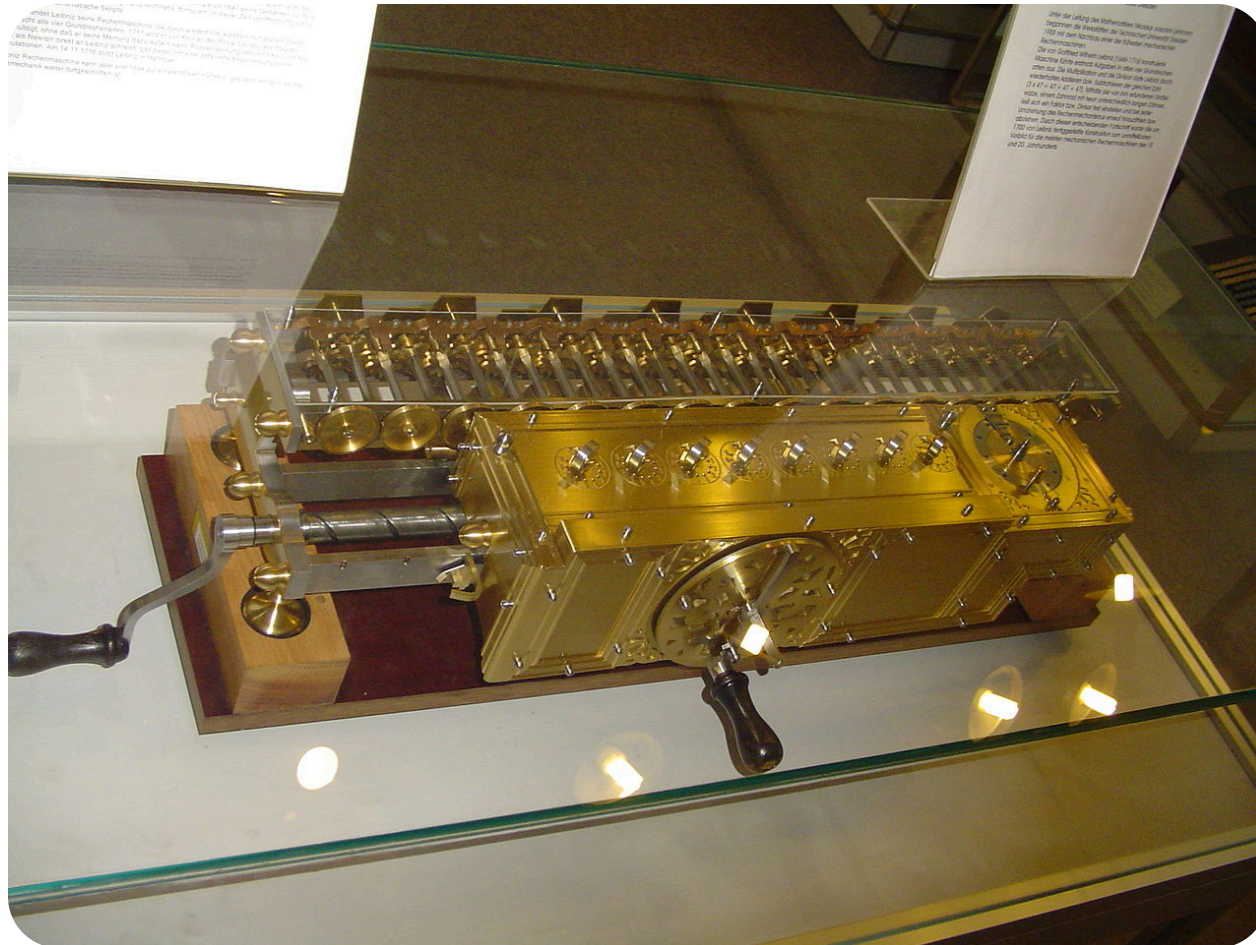
Hannes Grobe, CC BY-SA 4.0, via Wikimedia Commons

Pascaline

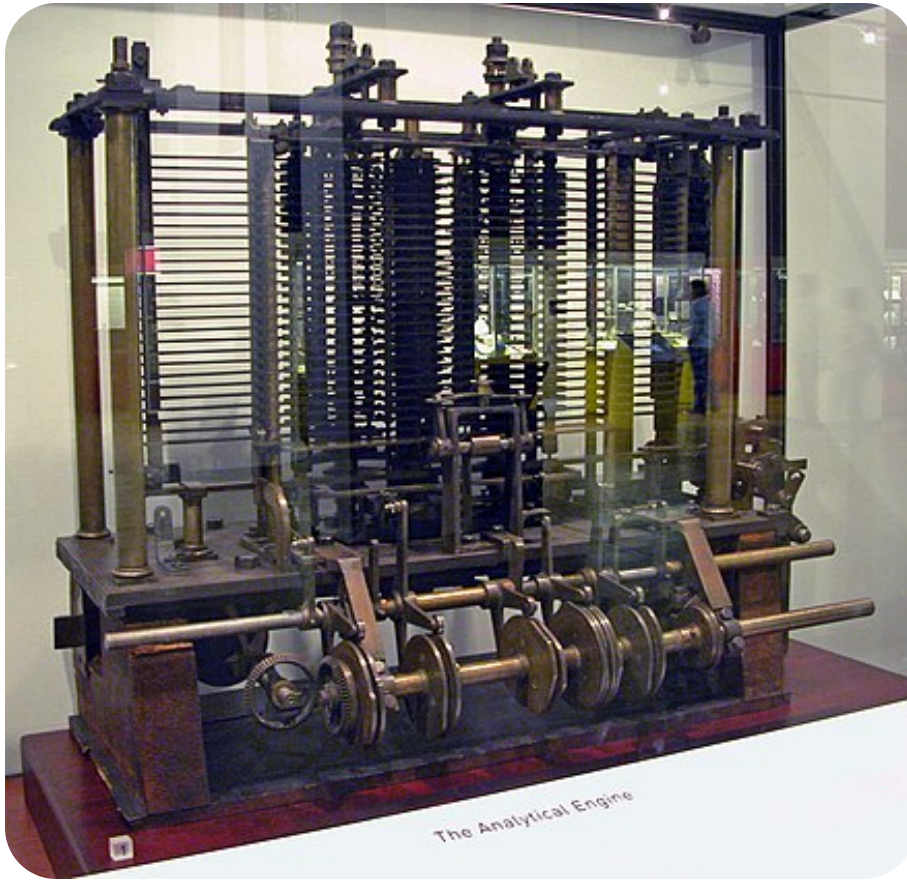


HB, Public domain, via Wikimedia Commons

Leibniz, Stepped Rockoner

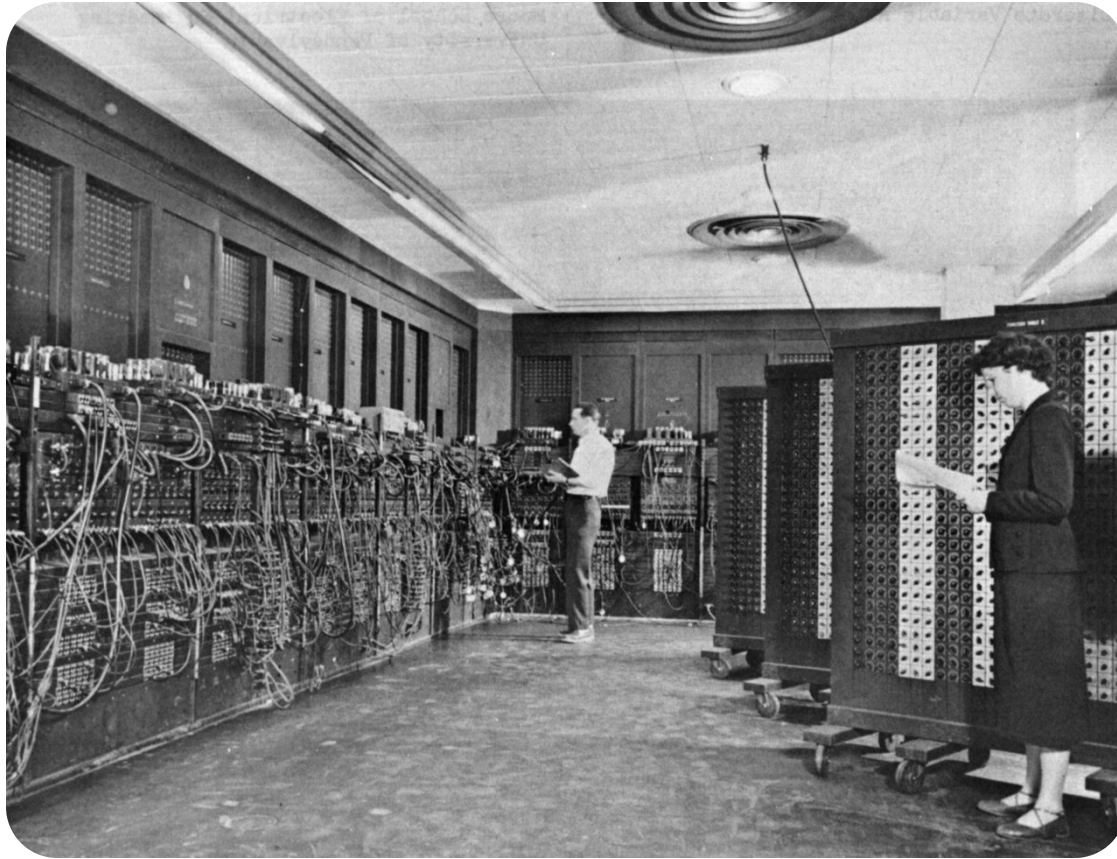


Kolossos, CC BY-SA 3.0, via Wikimedia Commons



バベッジの解析機関の一部(1800年代)

Bruno Barral (ByB), CC BY-SA 2.5, via Wikimedia Commons



ENIAC(1940年代)

U.S. Army Photo, Public domain, via Wikimedia Commons

Step 0: ルール通りに実行する計算機

- 例:
 - $3 + 5$
 - $8 \times 7 + 2$
 - $9 \times 9 \div 3$
- 四則演算(足し算, 引き算, 掛け算, 割り算)などを計算機に命令すると, その通りに計算する
- 人間にもできるが, 代わりにやってもらえると嬉しい
- 主に1900年頃まで, さまざまな計算機(電卓のようなもの)が作られた

Step 1: 全探索する計算機

- 計算機が早く計算できるようになると、全探索をさせられるようになる
- テンパズルの例
 - $1358 \rightarrow 8 + (5 - 3) \times 1 = 10$
- 考えられるパターンを全部試す。計算機なら非常に高速に行える
- パターンが多すぎる場合は計算を省略する工夫が必要
- 人工知能の**第一次ブーム**(1950～60年代)に行われた研究

Step 2: 専門知識を教える

- 病気の診断問題など，専門家の知識を計算機に教える
 - 「この症状ならこの病気」という知識を大量に登録しておき，そこから推論させる
- 専門知識を計算機に教え，推論させる「エキスパートシステム」
- 人工知能の**第二次ブーム**(1980年代)に活発だった分野

Step 3: データから規則を見つける

- 問題と答えのペアだけを与え, 「どういうルールか」を計算機が自動で発見
 - 例: 答えだけを見て, テンパズルのルールを見つける
- 子どもが言葉を覚えるように, データから自力で学習する
- **深層学習(Deep Learning)**が鍵
- 莫大な人とお金で急激に進歩
- 人工知能の**第三次ブーム(2010-)**の原動力

(3)数学の勉強に生成AIをどう使うか

数学の勉強に生成AIをどう使うか

- 「面倒だから代わりにAIにやってもらう」のではなく、「AIによって自分の能力をより伸ばす」ことを考えてほしい
- 授業：主，全体に向けて，AI：副，個別に向けて
- 車・自転車があるからこそ，意識して歩くようにする。
AIがあるからこそ，意識して手を動かすように。

Step0の問題

計算してみよう.

- $1 + 3 + 5 + 8 = ?$
- $1 - 3 + 5 + 8 = ?$
- $1 - (3 - 5) + 8 = ?$

もしかしたら、負の数の足し算引き算が怪しい人がいるかも...

AIに聞いてみよう

実演

- 私は中学1年生です。数学は得意です(or苦手です)。
- 負の数の意味が分かりません。
- 具体例で教えてもらえますか？
- なぜ負の数が必要なのですか？
- 誰が発明したのですか？
- どんなときに使いますか？

ChatGPTとの会話例

<https://chatgpt.com/share/67975912-e1c8-8013-a3d2-91c665bb222e>

Step1の問題

全探索してみよう。「1,3,5,8で10を作ろう。」まずは、全部の数式のパターンを
列挙してみよう。

(a) 順番はこのまま, マイナスなし, ()なし, \times, \div なし, $+, -$ のみ

(b) 順番はこのまま, マイナスなし, ()なし, \div なし, $+, -, \times$ のみ

(c) 順番はこのまま, マイナスなし, ()あり, \div なし, $+, -, \times$ のみ

考え方「簡単なパターンから調べてみて, だめなら難しいパターンを試す」

問題(a)

(a) 順番はこのまま, マイナスなし, ()なし, \times, \div なし, $+, -$ のみ,

- $1 + 3 + 5 + 8$

- $1 + 3 + 5 - 8$

- $1 + 3 - 5 + 8$

- $1 + 3 - 5 - 8$

- $1 - 3 + 5 + 8$

- $1 - 3 + 5 - 8$

- $1 - 3 - 5 + 8$

- $1 - 3 - 5 - 8$

問題(a)

全部10にはならない

数えるコツ 「1箇所を固定して、それ以外の場所を全部調べてから次に行く」

デカルト 「困難は分割せよ」

面倒くさいから工夫しよう！これが知能の出発点.

問題(a)

気づき「足したら増える, 引いたら減る」

もし -8 を使うなら, 他が全部足し算でも, $1 + 3 + 5 - 8 = 1$ で10より小さい. だから $+8$ のはず. ということは, $1, 3, 5$ で2を作れば良い.

同じ理屈で -5 にはならないので, $+5$ のはず. よって, $1, 3$ で -3 を作れば良い.

これは不可能. つまり, (a)のパターンでは解がない.

こういう気づきを**アハ体験**(aha moment)といい, AIにはつい最近まで難しかった!!

問題(b)

「1,3,5,8で10を作ろう」

(b) 順番はこのまま, マイナスなし, ()なし, ÷なし, +, -, ×のみ

×がないなら, (a)のパターンだから, 解がない.

×が1個のときを考える

$5 \times 8 = 40$ はありえない, $3 \times 5 = 15$ もありえない, $1 \times 3 = 3$ と5,8で足し引きして10を作ろうとすると, $-1 \times 3 + 5 + 8 = 10$ ができるが, 「マイナスなし」なのでこれはダメ.

×が3個のときはもちろんダメ.

問題(b)

「1,3,5,8で10を作ろう」

(b) 順番はこのまま, マイナスなし, ()なし, ÷なし, +, -, ×のみ

×が2個のときは,

$$1 \times 3 \times 5 \pm 8,$$

$$1 \times 3 \pm 5 \times 8,$$

$$1 \pm 3 \times 5 \times 8$$

どれもダメ.

問題(c)

「1,3,5,8で10を作ろう」

(c) 順番はこのまま, マイナスなし, ()あり, ÷なし, +, -, ×のみ

- 1と(3, 5, 8)で分かれる,
- (1, 3)と(5, 8)で分かれる
- (1, 3, 5)と8で分かれる, のどれか.

3, 5, 8で9を作れないか? $\rightarrow 3 \times (8 - 5) = 9$

順番を合わせるためにひっくり返して, $-3 \times (5 - 8) = 9$ つまり,

$$1 - 3 \times (5 - 8) = 10$$

が解. できた!!

テンパズル(難)

÷を使わないと解けないパターン：3, 4, 7, 8で10を作る
順番は入れ替え良い， マイナスなし， (), ±, ×, ÷全部あり

テンパズル(難)

÷を使わないと解けないパターン：3, 4, 7, 8で10を作る
順番は入れ替え良い， マイナスなし， (), ±, ×, ÷全部あり

8に $\frac{5}{4}$ をかけると10なので， 3, 4, 7で $\frac{5}{4}$ をつくれなにか？

÷4となりそうだが， 3, 7で5は作れそうにない

3と7/4で5/4は作れるか？ $3 - 7/4 = 5/4$ できた！

$$\left(3 - \frac{7}{4}\right) \times 8 = 10$$

テンパズル(難難)

2, 4, 9, 5から10を作る

テンパズル(難難)

2, 4, 9, 5から10を作る

2 × 5で10ができる. 4, 9で1はつくれるか?

2, 4, 9なら $9 - 2 \times 4 = 1$ ができる. つまり,

$$2 \times 5 = 10 \times (9 - 2 \times 4)$$

1の部分は右でも左でも良いが, 2を2回使っているので, 右と左に分けた. 全体を2で割ると,

$$5 = 10 \times \left(\frac{9}{2} - 4 \right)$$

テンパズル(難難)

さらに, ()を左側に持っていくと,

$$5 \div \left(\frac{9}{2} - 4 \right) = 10$$

テンパズル(類題)

1, 1, 5, 8で10を作る

AIに「答え教えて」ではなく「どう考えたら良いか」を聞く

「AIがなくても自分でできるようにする」ことが目的

古人曰く「魚を与えるのではなく、魚の釣り方を教えよ」

思いつくのは習得可能な技術(才能も多少必要)

ChatGPTによる解説

<https://chatgpt.com/share/67982494-8f6c-8013-ad02-3e471dd19e97>

User: 将来バレーボール選手になりたいと思っている中学生向けに、それを題材にして数学の単元の一つである「方程式」の練習問題を作って

ChatGPT:

<https://chatgpt.com/share/67985356-0ae0-8013-8026-2ad3b263c41e>

バレーボールを題材に「方程式」の単元の説明をしてというのもあり.

- 生成AIを使いこなすには、質問が大事。質問のパターンを増やすこと。
- 質問しようと思うには、やりたいこと知りたいことがあるのが大事。面白いという感覚を大切にしてほしい。

最後に例え話。

海は泳げる人にとって楽しい場所だが、泳げない人にとっては恐ろしい場所。

人生もルールを知れば楽しいが、分からないと報われない苦しい場所。

小学校・中学校はそのルールの一部を教わる場所。

早く楽しいと思えるようになると良いですね。