

# 数学教育とテクノロジー

— 普遍的な価値を求めて —



早稲田大学高等学院  
前学院長 武沢護

---

1980年～

神奈川県立平塚江南高等学校 教諭

神奈川県立長後高等学校 教諭

神奈川県立教育センター 指導主事

算数・数学担当 → 情報教育担当

神奈川県立厚木南高等学校 教諭

早稲田大学高等学院 教諭

早稲田大学教職大学院 客員教授

早稲田大学高等学院 学院長

現在(2025年4月～)

大磯町教育委員会 教育委員 津田塾大学学芸学部 非常勤講師

教科書執筆

三省堂(数学) 数研出版(情報)

# 『2001年宇宙の旅』 2001: A Space Odyssey

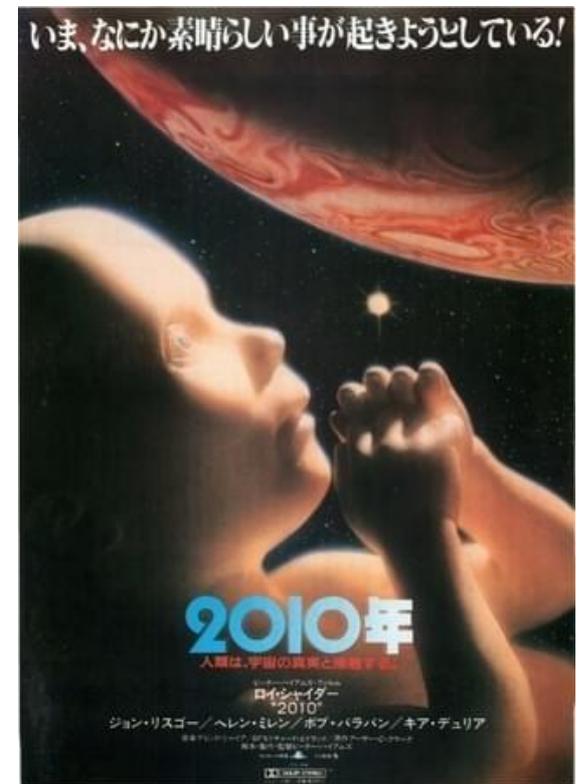
1968年：公開

監督：スタンリー・キューブリック

原作：アーサー・C・クラーク

テーマ

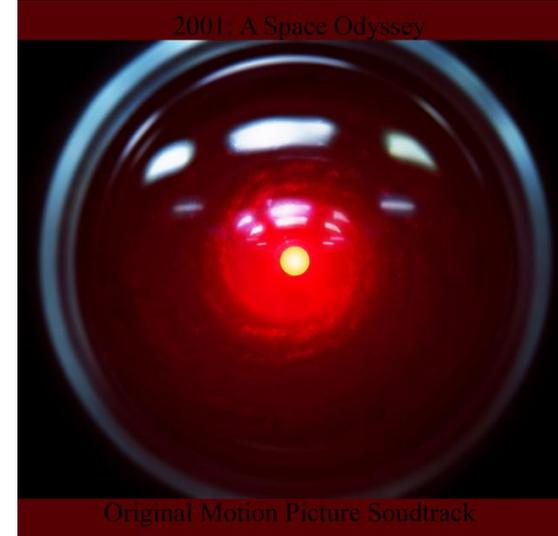
- ・人類の進化、人工知能、地球外生命体
- ・未知の存在モノリスを発見した人類
- ・人工知能を持つコンピュータ



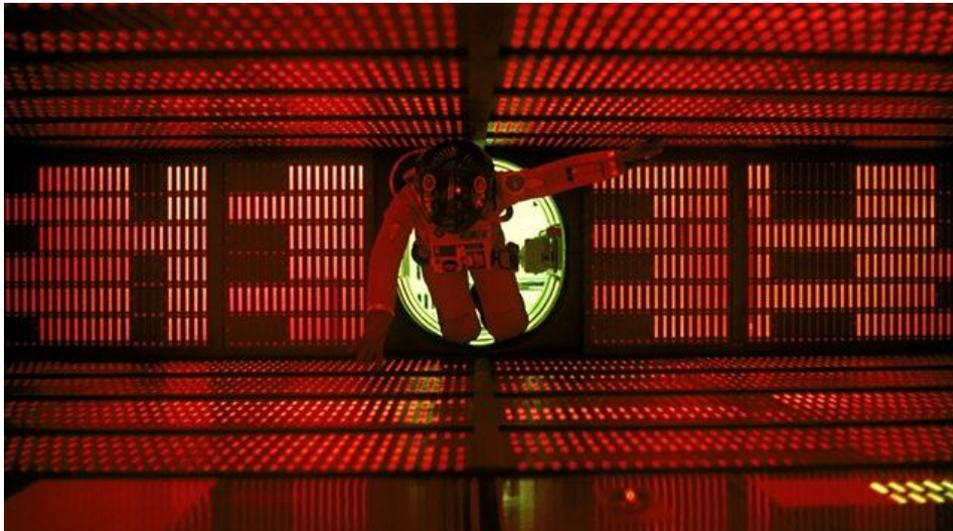
# 人類とテクノロジー



HALの異常に気づくボーマンとプールの密談

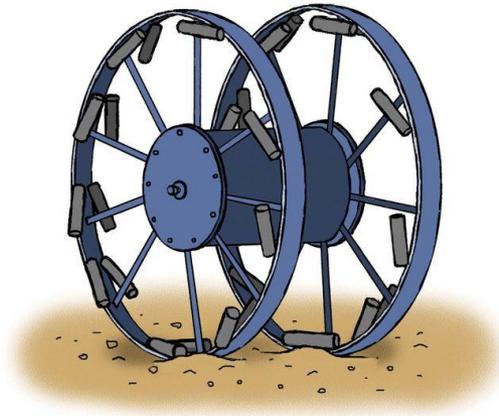
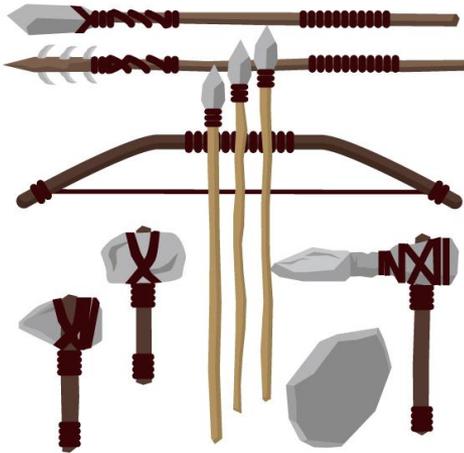
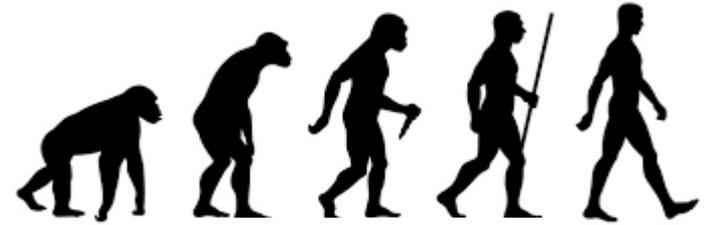


密談を読唇術で聞くHAL



HALのユニットを破壊するボーマン。  
HALは思考停止する。

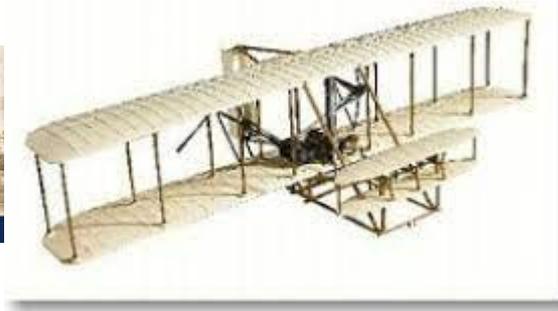
## 人類とテクノロジー（歴史）



©DESIGNALINE



開業当初の鳥居鉄道。1号機関車が2階客車を牽引する



© JAXA

人類とテクノロジー (AI)

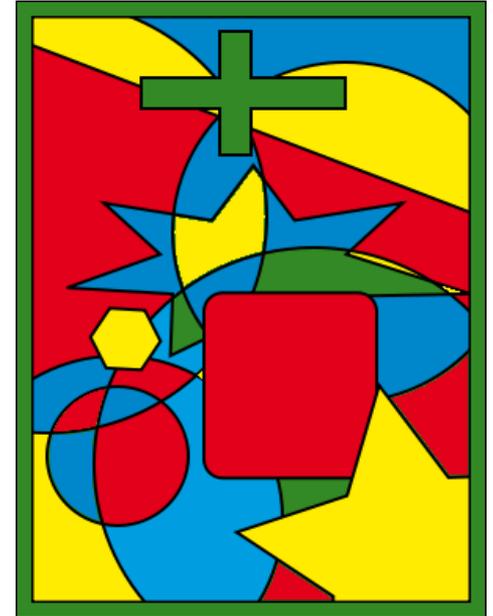


## コンピュータによる数学問題解決

### 四色問題:

1976年にケネス・アッペルとヴォルフガング・ハーケンは、コンピュータを利用して約2000個の(後に1400個あまりに整理された)可約な配置からなる不可避集合を見出し、四色定理を「証明」

2004年にはジョルジュ・ゴンティエ(英語版)が定理証明系Coqを用いて、確証。



## コンピュータの教育への活用

- プログラミング言語の利用  
BASIC, LOGO, Pascal など
- 数式処理システム  
Derive  
Mathematica  
Maple など



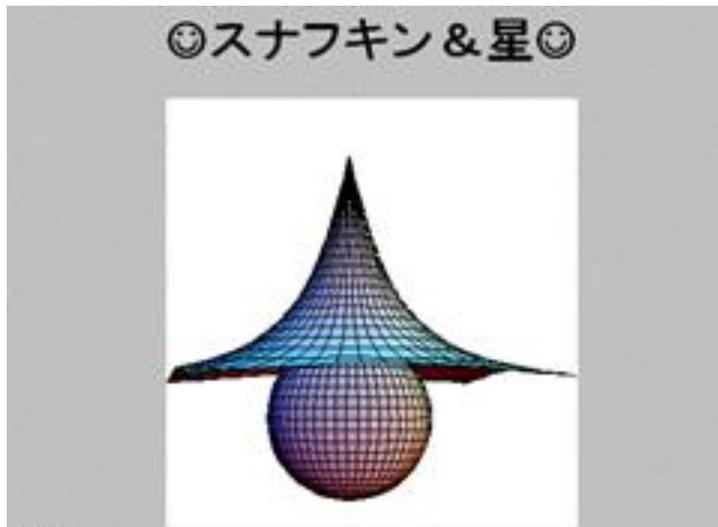
1991年代

BASICを用いて一次変換, 区分求積法の可視化 (FM-TOWNS)

1992年

Mathematica2.0を用いた3次元グラフィックス描画や教材作成

## 3Dグラフィックスの作成 (高等学院SSH)



```
3D:  
a[v] Cos[u], Sin[v] Sin[u], Cos[v]], {u, -Pi, Pi}, {v, 0, Pi}, ViewPoint  
Boxed -> False, Axes -> None, DisplayFunction -> Identity];
```

```
a[v] Sin[u] / 2, Tan[v] Cos[u] / 2, 2 v - 3], {u, -Pi, Pi}, {v, Pi / 2 - 0.01,  
3.1, -0.224}, PlotPoints -> {50, 25}, Boxed -> False, Axes -> None, Display
```

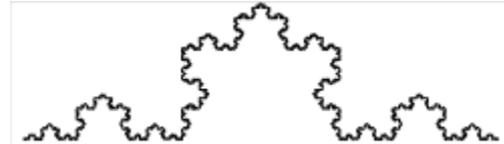
鶴になりきれなかった蛇



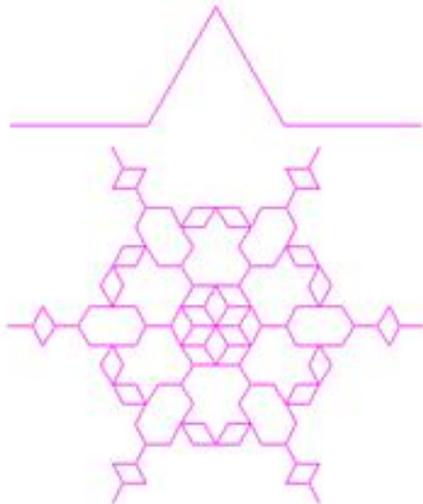
```
b = ParametricPlot3D[{Tan[Sin[s]], Cos[Tan[s - t]], s t}, {t, 3, Pi}, {s, 0, 2}, Boxed -> False, Axes -> False,  
ViewPoint -> {5, -5, 2}, ViewVertical -> {0.01, -0.1, 0.03}, ImageSize -> 500];
```

コメント  
折り紙で蛇から鶴に変形してるとこだよ。

## 再帰的プログラミングの作品 (高等学院SSH)

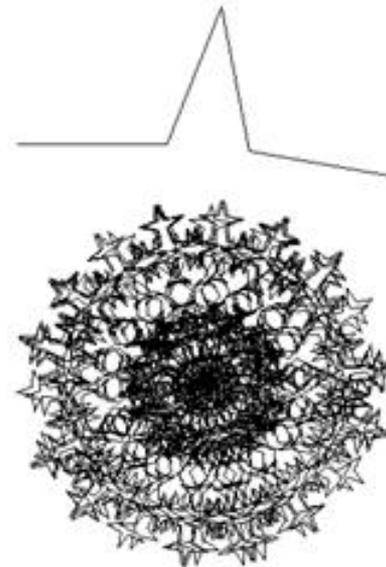


原石の結晶??



コメント  
このグラフは原石の結晶をイメージしました。

つぶらな瞳



コメント  
目ですよ。目!!!

## Web コンテンツの作成

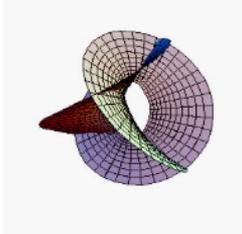
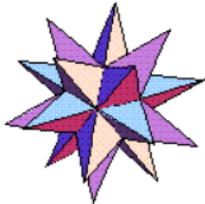
### Waseda Live Math

Waseda University | Takezawa Lab

- Home
- Plane Curves
- Surfaces
- (Pi)
- cipher
- School Math
- Information Study

Welcome to Waseda Live Math

**NEW!** What's New!



Museum



Text Books



Lectures

数学博物館（茨城大：卜部東介氏らと）

## 生成AIと数学

### ChatGPT 5.2 (有料版)

大規模言語モデル (LLM) をベースとする対話型AIサービス  
(2026年1月現在)

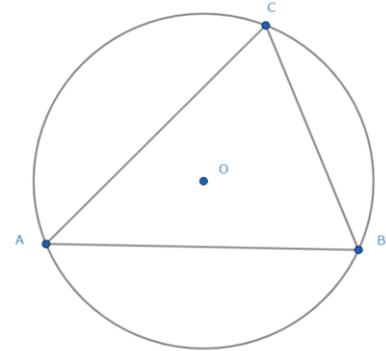
大規模言語モデルにもとづく統計的手法

チャットGPT、6科目満点 共通テスト解答、AI学力向上 2026 0120 共同通信

17、18日実施の大学入学共通テストを、対話型生成人工知能 (AI) 「チャットGPT」の最新モデルに解かせると、6科目で満点を取ったことが20日、AIベンチャーのライフプロンプト (東京) の分析で分かった。解答した12科目の得点率は97%だった。満点科目が出たのは初めて。満点になったのは「数学IA」「数学2BC」「化学」「公共、政治・経済」「情報I」など。

## 例題1

点Oを中心とし、半径が5である円Oがある。この円周上に2点A, Bを $AB=6$ となるようにとる。また、円Oの円周上に、2点A, Bとは異なる点Cをとる。このとき、



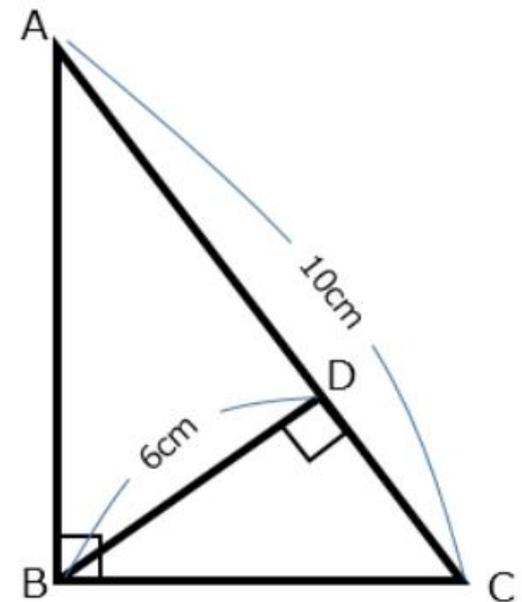
- (1)  $\sin \angle ACB$ を求めよ。
- (2) 点Cを鈍角となるようにとるとき、 $\cos \angle ACB$ を求めよ。
- (3) 点Cを $\triangle ABC$ の面積が最大になるようにとる。点Cから直線ABに垂直な直線を引き、直線ABとの交点をDとするとき、 $\tan \angle OAD$ と $\triangle ABC$ の面積を求めよ。  
(2023年大学入学共通テスト数学I・数学Aより)

ChatGPT5.2 正解 2026年1月20日現在  
( ChatGPT4o は不正解だった2024年8月)

## 例題 2      2026年1月20日現在

直角三角形ABCがあり、点Dを点Bから辺ACへの垂線の交点とする。 $\angle B = 90^\circ$  とし、 $AC = 10$ 、 $BD = 6$  のとき、三角形ABCの面積をもとめよ。

回答 (ChatGPT5.2) : 面積 = 30.    ■



対話：球面幾何学で考えて下さい

## 回答（ChatGPT5.0）：

### 結論（重要）

球面幾何学では、この問題は条件不足で解けません。

### 理由：

球の半径  $R$  が不明， $AC=10$ ， $BD=6$  が弧長なのか、平面距離なのか不明  
球面三角形の面積は角度で決まるため、辺長・高さの情報だけでは不足。

### 補足（もし解ける形にするなら）：

例えば次のような追加条件があれば解けます。球の半径  $R$  を与える  $AC$  を中心角（ラジアン）で与える3つの内角  $\alpha, \beta, \gamma$  を与えるその場合は

$$S=R^2(\alpha+\beta+\gamma-\pi) \text{で計算できます。}$$

## 例題 3 : Collatz問題 (離散数学)

数列として自然数 $n$ に対して、 $n$ が偶数ならば $n/2$ 、 $n$ が奇数ならば $3n+1$ と定義する。このときの漸化式を作りなさい。

$$f(n) = \begin{cases} 3n + 1 & (n : \text{odd}) \\ n / 2 & (n : \text{even}) \end{cases}$$

## 例題 4 : 条件付き確率 (問題作成)

## 生成AIと数学処理システム (Mathematica)

### ChatGPT 5.2 (有料版)

大規模言語モデルをベースとする対話型AIサービス (2026年1月現在)

### Wolfram Alpha

ChatGPT 4のプラグインとして2024年4月9日に提供が終了。  
新たなインターフェースとしてWolfram GPTという名前で登場。

これによりChatGPTにはWolfram AlphaおよびWolfram言語を使った強力な計算機能が追加された。

大規模言語モデルにもとづく統計的手法

V S

記号計算的手法

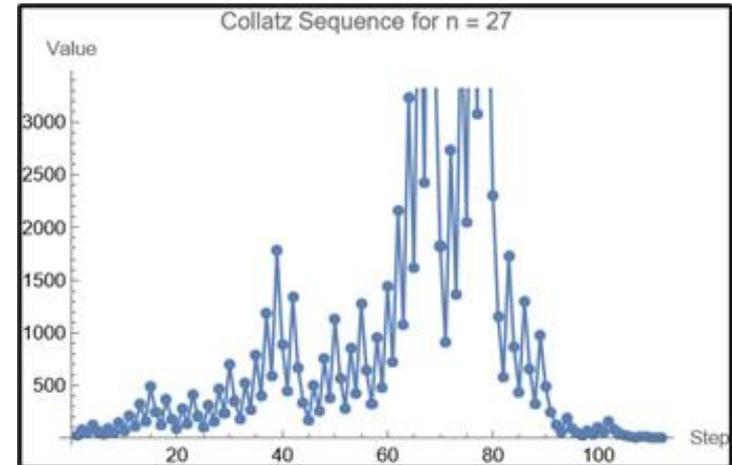
## 例題 3 : Collatz問題 (離散数学)

数列として自然数 $n$ に対して、 $n$ が偶数ならば $n/2$ 、 $n$ が奇数ならば $3n+1$ と定義する。このときの漸化式を作りなさい。

$$f(n) = \begin{cases} 3n + 1 & (n : \text{odd}) \\ n / 2 & (n : \text{even}) \end{cases}$$

回答 (Wolfram GPT) :

```
Collatz[n_Integer] :=  
Module[{sequence = {n}, current = n},  
While [current != 1,  
If [EvenQ[current],  
current = current/2,  
current = 3*current + 1  
];  
AppendTo[sequence, current]  
];  
sequence  
]
```



```
VisualizeCollatzSequence[n_Integer]:=  
Module[{seq = Collatz[n]},  
ListLinePlot[seq,  
PlotMarkers -> Automatic,  
PlotLabel -> "Collatz Sequence for n = " <> ToString[n],  
AxesLabel -> {"Step", "Value"} ] ]
```

```
VisualizeCollatzSequence[27]
```

## ChatGPTをMathematicaで解析する

○言語モデルGPT 2のニューラルネットの取得

```
In[1]:=model = NetModel[  
{"GPT2 Transformer Trained on WebText Data", "Task" -> "LanguageModeling"} ]
```

○そのあとに続く単語を確率順に検索する

```
In[2]:= model[ "Mathematics is very useful for", {"TopProbabilities", 5}]  
Out[2]= {  
  "making" -> 0.0165166, "many" -> 0.0184672, "solving" -> 0.  
0209098, "the" -> 0.0306945, "understanding" -> 0.053919}
```

○繰り返す (7回)

```
In[4]:=  
NestList[StringJoin[#,model[#, "Decision"]] &, "Mathematics is very useful for", 7]  
Out[4]= {"Mathematics is very useful for",  
"Mathematics is very useful for understanding",  
"Mathematics is very useful for understanding the nature", (中略)  
"Mathematics is very useful for understanding the nature of the",  
"Mathematics is very useful for understanding the nature of the universe." }
```

と次に続く語を推測して出力する様子がわかる。

## 生成AI (統計的手法:LLM)と記号計算手法の連携

### 定理証明支援言語

- Coq(2006年~, 四色問題証明完成など),
- Lean (2013年~, MathLibライブラリ) など

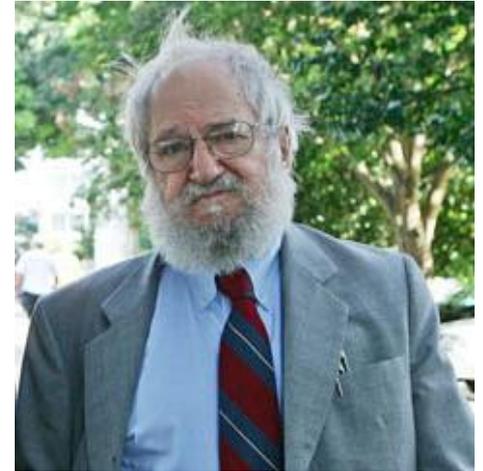
### 数式処理システム

- Wolframなど

### 生成AI

Gemini, ChatGPTなど

シーモア・パパート (Seymour Papert)  
(1928年 - 2016年)



アメリカの数学者、計算機科学者、教育者  
マサチューセッツ工科大学 (MIT) 教授。

構築主義学習を提唱し、プログラミング言語LOGOを設計。  
コンピュータ教育の礎を築き、発達心理学者ジャン・ピアジェや  
人工知能の父マービン・ミンスキーとの共同研究もした。

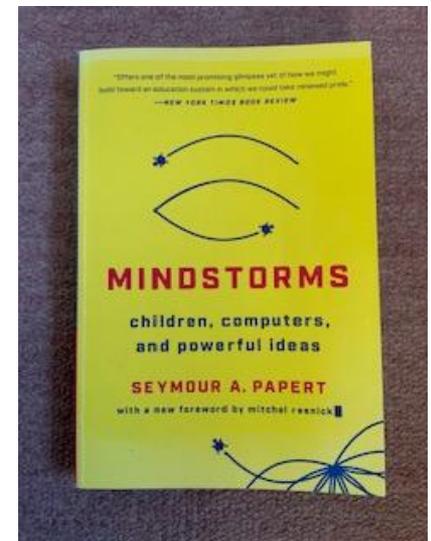
## MIIND STORMS (1980)

コンピュータの存在が人間の思考過程に寄与してきた。

私の関心は、人はどのようにして考えるのか、また、どのようにして考えることを学ぶのか、という普遍的な問題にある。

AIが目指すことは、いままで抽象的、形而上的と思われてきた人間の思考に関する概念に具体的な形を与えることである。

子どもたちにもAIを教え、彼らが思考過程について、より具体的に考えられるようにすべきであると提案する。



## プラトン「パイドロス」から

文字を発明したエジプトの神テウトは、別の神タモスに向かってこう述べた。

「王様、この文字というものを学べば、エジプト人たちの知恵はたかまり、もの覚えはよくなるでしょう。私の発見したのは、記憶と知恵の秘訣なのですから」しかし、タモスは答えて言った。

「たぐいなき技術の主テウトよ、技術上の事柄を生み出す力をもった人と、生み出された技術がそれを使う人々にどのような害をあたえ、どのような益をもたらすかを判断する力をもった人とは、別物なのだ。・・・

（中略）・・・人々がこの文字というものを学ぶと、記憶力の訓練がなおざりにされるため、その人たちの魂の中には、忘れっぽい性質が植え付けられることだろうから。それは他でもない、彼らは、書いたものを信頼して、ものを思い出すのに、自分の力以外のものに彫りつけられたしるしによって外から思い出すようになり、自分の力によって内から思い出すことをしないようになるからである」

## 読書について



勿論暇さえあれば吾輩は書物を読む。

学究先生が書物本位の読書法は、ややもすると**実際**にかけ離れて、**空疎迂遠の弊**に**流れる**傾きがある。

「我輩の智識吸収法」

大隈重信演説談話集より

## 読書について

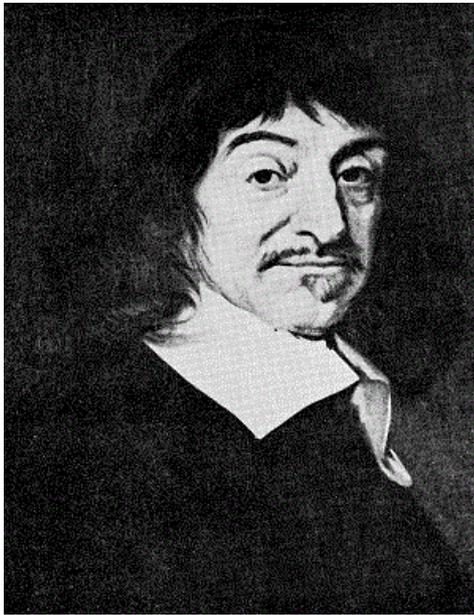


学問はただ読書の一科に非ずとのことは、既に人の知るところとなれば今これを論弁するには及ばず。

学問の要は活用にあるのみ。  
活用なき学問は無学に等し。

「学問のすゝめ」十二編より

## 読書について



すべて良書を読むことは、著者である過去の世紀の一流の人びとと親しく語りあうようなもので、しかもその会話は、かれらの思想の最上のものだけを見せてくれる、入念な準備のされたものだ。

「方法序説」より

## 読書について



数学をやるには書物は必要でなく、すべて自分の頭で発見し、発明しうる。

デカルトは本を読んで問題にさしかかると先に読むことをやめて自分で答えを見つけようとし、発見の喜びを自己から奪われぬようにした、と言っています。

「デカルト」野田又夫（岩波新書）

## AI時代の教育に向けて－光と影－

- ・ AI活用の視点とは

- ・ AI時代の基礎学力とは

考える力（国語・数学を核にして）

## 次期学習指導要領の方針

文部科学省の次期教育課程部会（算数・数学ワーキンググループ）にて次のような方針が示された。（2025年12月22日）

- ・ 数学A, B, Cをまとめて1科目に
- ・ 数学Iに「社会を読み解く数学」と「数学ガイダンス」科目の設置

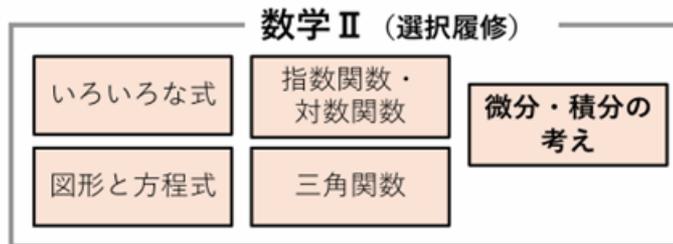
数学Iには「社会を読み解く数学」と「数学ガイダンス」（仮称）の2項目を新設する。

そして「社会\*\*\*」には行列や確率などの基礎を実生活の事象と関連づけ、AIやデータサイエンスの学びの入り口とする。

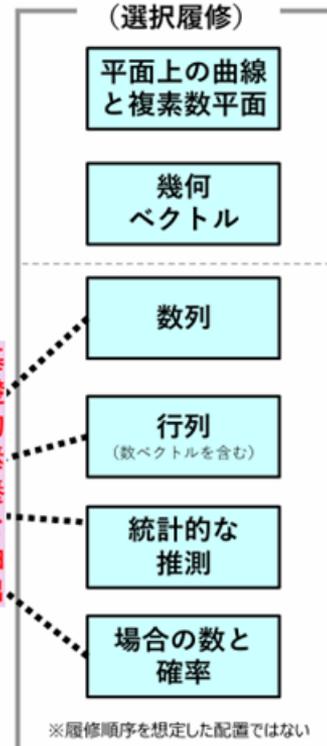
また、生徒の関心を高めるため、「ガイダンス」で数学の学習内容の全体像や社会での活用状況を示す方向でも検討されている。

## 次期学習指導要領

### 第2回WGの御議論を踏まえた科目構成の見直しイメージ（たたき台）



①ABCの区分けをなくし、必要な学習内容の選択を容易化してはどうか



議題 1  
議題 2  
議題 3

▶学習内容の実質的増加につながらないように、全体の学習内容について必要な精選を図るべきではないか。