

ナレッジエンジン Wolfram|Alpha は教員を越えられるか - 人中心の数学教育への新しいアプローチ -

金光 安芸子*1・吉田 賢史*2

Email: akikok@wolfram.com

*1: Wolfram Research Asia Limited

*2: 早稲田大学高等学院

◎Key Words 知識エンジン, Wolfram|Alpha, 演習問題自動生成

1. はじめに

スマートフォンやタブレット端末などの多様なデバイスが溢れる今日において、このような情報端末を教育現場で利用するには、“情報の利用”と“人の思考”について常に議論する必要がある。

2009年に世界初の計算知識エンジンとして公開された Wolfram|Alpha は、英語の平文による質問を自然言語解析し、適切な回答とそれに関連する情報をも組み合わせた構造化された出力が可能な、人の想像力を刺激するツールである。米国では、教育・研究機関を中心に実社会においても一般的なツールとして定着してきている。

本報告では、Wolfram|Alpha を日本の中学校における数学の授業に活用した実践事例を紹介し、Wolfram|Alpha の概要を説明した後、数学教育の現場が抱える問題点と今後の課題について報告すると共に、人の思考スタイルにあわせた新しい教育スタイルの可能性について提案したい。

2. Wolfram|Alpha の概要

2.1 Wolfram|Alpha とは

Wolfram|Alpha は、計算知識エンジンとして Wolfram 社から公開された Web サイトである。単なる検索エンジンではなく、英語の平文のような自然言語で入力された質問に対し、そのものずばりの回答はもちろん、関連する情報をも表やグラフを用いて見やすいレポートのような形で返す(図1)。世界の高等教育機関や企業、研究所で広く活用されている数式処理システム Mathematica でも使われている Wolfram 言語をベースに構築されているため、数学の問題を解くことはもちろん、収集した信頼できる知識データベース(事実、数値、歴史、等々)をもとに自然科学のデータ、社会科学の各種統計データ、気象や株価などの時系列データから、芸術や音楽まで、幅広い分野の計算可能データをサポートし、出力結果の素材として使っている。

無料で Web 上から利用できるほか、モバイルデバイス用には数百円のアプリもあるため、教育現場でも利用しやすく、学生にも勧めやすい。特に、検索エンジンを使うことに慣れている若者にとっては、キーワードや簡単な英文で質問すると、自分の想定を超える面白いレポートを返してくれる

The screenshot shows the Wolfram|Alpha interface for the query 'triangle'. It displays the following information:

- Input interpretation:** triangle
- Definition:** A diagram of a triangle with sides labeled a, b, and c.
- Defining inequalities:**

$$y \geq 0 \text{ and } y(a^2 + b^2 + c^2) + x\sqrt{(a+b-c)(a-b+c)(-a+b+c)(a+b+c)} \leq c\sqrt{(a+b-c)(a-b+c)(-a+b+c)(a+b+c)} + b^2 y \text{ and } a^2 y + x\sqrt{(a+b-c)(a-b+c)(-a+b+c)(a+b+c)} \geq y(b^2 + c^2)$$
- Alternate name:** trigon
- Lamina properties:**
 - Vertices:**

$$(c, 0) \mid \left(\frac{-a^2 + b^2 + c^2}{2c}, \frac{\sqrt{(a+b-c)(a-b+c)(-a+b+c)(a+b+c)}}{2c} \right) \mid (0, 0)$$
 - Number of vertices:** 3
 - Diagonal lengths:** (data not available)
 - Height:**

$$\frac{\sqrt{(a+b-c)(a-b+c)(-a+b+c)(a+b+c)}}{2c}$$
 - Area:**

$$A = \frac{1}{4} \sqrt{(a+b-c)(a-b+c)(-a+b+c)(a+b+c)}$$
 - Centroid:**

$$x = \left(\frac{-a^2 + b^2 + 3c^2}{6c}, \frac{\sqrt{(a+b-c)(a-b+c)(-a+b+c)(a+b+c)}}{6c} \right)$$

図1. Wolfram|Alpha のインターフェイス

Wolfram|Alpha のサービスは、たとえ英語であってもあまり抵抗を感じずに利用できるツールとなってきた。Wolfram|Alpha は、英語のみの提供であるが、日本人がおかしやすい表現ミスを自動的に正しい解釈に直し、計算結果やデータなどの知識データを表示する。

2.2 WolframProblemGenerator と Step-by-step 機能

Wolfram 社では、これまでも、CDF (Computable Document Format)を使った計算可能かつインタラクティブなレポートや教科書の例を公開しているデモンストレーションプロジェクト⁽¹⁾や、IT を利用した数学教育を啓蒙するための活動の Computer Based Math⁽²⁾ など、意欲的に教育にかかわってきている。2013 年には、小型で安価なコンピュータである Raspberry Pi に Wolfram 言語およびその実行環境である Mathematica を無償でバンドルし、次世代のエンジニア、プログラマの育成にも力を入れている。

今回実践授業で活用した ProblemGenerator および Step-by-step は、Wolfram|Alpha Pro (有償版 Wolfram|Alpha) で利用できる高度なウェブサービスである。ProblemGenerator は、インターネット上でランダムに練習問題とその解答を生成し、Step-by-step は問題から解答に至る途中経過を表示する(図2)。

特徴は以下のようなものがある。

- 問題作成、採点、解説表示など全て自動化
- 四則演算から微分、積分、統計までカテゴリ一別々にさまざまな問題に対応
- 初級・中級・上級のレベル指定が可能
- 問題集(ドリル形式)の印刷が可能
- 3 回不正解すると、解説(Step-by-step 機能)が表示される
- ユーザ ID を登録することで、各人の回答履歴の保存が可能

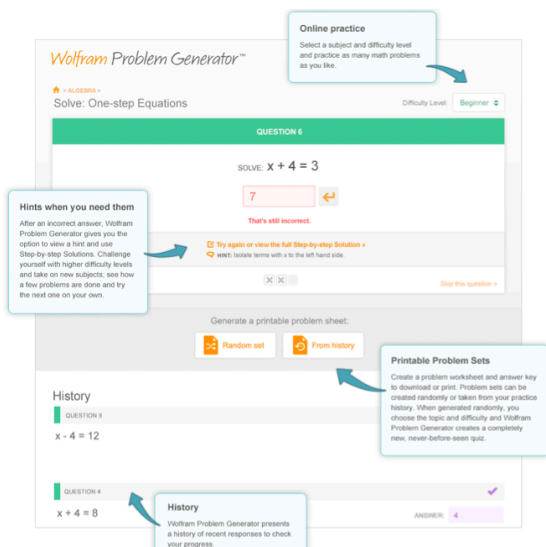


図2. ProblemGenerator の使用イメージ

3. Wolfram|Alpha を活用した授業実践

3.1 授業の対象と実践方法

早稲田大学高等学院中学部1年生121名を対象に実践した。実践中の単元は、「文字と式」および「1元1次方程式」である。Wolfram|Alpha および Problem Generator の Step-by-step 機能を利用する。

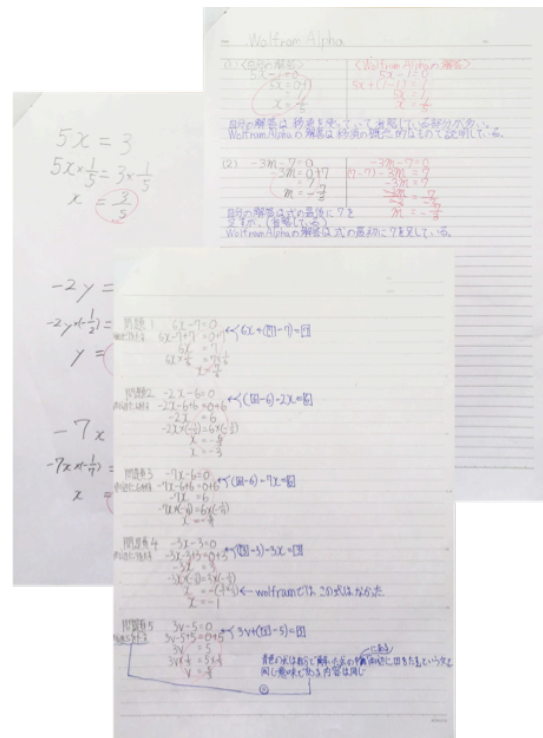


図3. 家庭学習における生徒のレポート



図4. Step-by-step 機能

また、一方向的な知識伝達に陥りやすい教員主体の伝達事項は、教科書や参考書、動画コンテンツを活用し、本実践では、対面授業において、次の4点

- 教科書に書かれている内容を教員が板書しない
- 問題の模範解答を教員が示さない
- 隣の生徒とペアで学習を進める
- 生徒のノートを共有する

に基本方針として授業を実施した。

Wolfram|Alpha の利用 ID は全員に付与し、Problem Generator などを利用した問題演習を家庭学習として課した (図 3)。

3.2 授業における Wolfram|Alpha の位置付け

Wolfram|Alpha および ProblemGenerator の Step-by-step 機能 (図 4) により、生徒は自らの解法と比較することが可能である。この機能を利用すれば、教員は解法を板書する必要はなく、生徒は教員の板書を授業中に移す必要はない。生徒は自主的に自分のペースで解き方の習得を含めた学習が進められ、理解の程度によって様々な疑問を持ち、教員はそれらに対応することによってクラス全体の習熟度を高めることが出来る。

これによって、教員が板書で示していた解答を Wolfram|Alpha が担うことが可能となる。

3.3 学習者の反応

Wolfram|Alpha は英語のみの記述であるため、日本語機能を追加して欲しいなど「日本語」をキーワードとする意見が多く見られた。

しかしながら、半数以上の生徒が今後も使用したいと回答している (表 1)。「使いたい」理由は、

- 答えだけでなく過程を見ることができるから
- 授業中にわからなかった問題を復習できるから
- 授業がより一層面白くなりそうだと思うから
- 複雑な計算の答えが図や解説付きで分かりやすく出てくるため
- 家にいるときでも分からない問題の解説をみる
ことができるため

などがあり、Wolfram|Alpha の返す出力結果に興味を持ち、Step-by-step で計算の過程を確認することで理解を深めていることがわかる。

逆に、「使いたくない」理由としては、

- やり方が分かりづらく、英語ばかりで分かりにくい
ため
- 英語だからあまりわからない。日本語にしてほしい
- パソコンをいちいち起動するのは大変
- 家族がパソコンで遊ぶので使える時間が
すくない
- コンピュータの操作が苦手だから

などが挙げられ、英語やコンピュータの操作そのものへの不満が多かった。

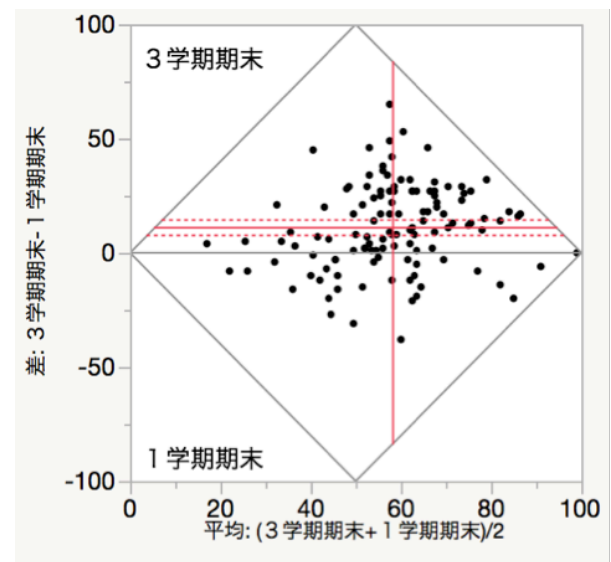
3.4 生徒の学習効果

生徒は、Wolfram|Alpha を 9 月から 3 月まで自由にアクセスできる環境で使用した。客観的な評価測度として紙媒体の定期考査 1 学期と 3 学期の成績を比較したところ、対象の学年においては、有意な差が見られた (図 5)。

定期考査は、全て記述式でおこなわれ、結果のみの答えは 0 点とし、途中経過を採点する方法で成績を算出した。

表 1. Wolfram|Alpha を今後も使いたいのか

	度数 (%)	累積%
使いたい	23 (19.0)	19.0
まあ、使いたい	50 (41.3)	60.3
あまり使いたくない	30 (24.8)	85.1
使いたくない	18 (14.9)	100.0
合計	121	



$$t(120) = 6.496, p < .05$$

図 5. 生徒の成績の変化

4. おわりに

3.3 節の生徒の感想から、Wolfram|Alpha を活用することで、演習とその解法を伝える授業は、教員の代用として機能させることができると考えられる。一方「使いたくない」と回答した理由として、英語やコンピュータ操作の不慣れによるものが多い。生徒からの聞き取り調査から、ID 登録やログインの際のメッセージが英語であるため、トラブルへの対応が難しく、使用への意欲が低下していた。今後、数学的な内容に集中できるように、コンピュータの基本操作スキルを向上させるとともに、ユーザ登録やログイン後の表示画面などユーザインターフェースに工夫を施す必要があることが顕在化した。

Wolfram|Alpha などの知識エンジンが、一般に普及し始め、人間が本来すべき活動とは何かを考えなければならない。学校教育においては、教員の役割とは何か、学校の対面授業で ICT によって代替可能な内容を展開していないかに留意し、従来の指導方法を見直す必要があると考えている。

我々は、数学の授業を、“板書による一方通行の知識伝達場”から、“思考力をトレーニングする場”に変換したい。つまり、思考のトレーニングとは、独りよがりの論理展開のトレーニングではなく、他者に伝わる論理になっているかが重要であり、対面

授業は、自分の論理が他者に伝わるかをチェックする良い場となる。思考は個人差が大きいため、知識の習得や演習について、個人のペースに合わせた取り組みも必要である。この演習部分において **ProblemGenerator** を活用することによって、問題作成と採点が自動化され、各自のペースで自宅学習が可能となる。また、**Step-by-step** により計算の過程を逐一見ることによって、基本的な思考過程のお手本を見て、生徒は自分が分からない点や、自分の考え方とお手本との違いを自分のペースで自主的に絞り込んで、他の生徒や教員とディスカッションすることができる。教員は、生徒各個人の質問に答え、生徒同士の議論をファシリテートして、生徒自らの思考やプレゼンテーションをサポートできる。

教員と生徒が上手く **Wolfram|Alpha Pro** のこれらの機能を使えば、真の目的である”思考力のトレーニング”達成のための有効なツールとなり得る。今後、多様な学校で実践し、効果的な使い方や学習効果を検証する必要がある。

参考文献

- (1) デモンストレーションプロジェクト,
<http://demonstrations.wolfram.com/>
- (2) Computer- Based Math,
<http://www.computerbasedmath.org/>
- (3) 吉田賢史, 篠田有史, 大脇巧己, 松本茂樹, **Flipped Learning** に必要な思考特性と行動特性を考慮した ICT 活用授業, *PC Conference Hokkaido*, 308-311 (2014).
- (4) 篠田有史, 岳五一, 松本茂樹, 高橋正, 鳩貝耕一, 河口紅, 吉田賢史, 好む教示方法から検討する学習者と教員とのマッチング, *PC Conference Hokkaido*, 228-231 (2014).
- (5) 吉田賢史, 大脇巧己, 河口紅, 武沢護, 篠田有史, “学習者の思考スタイルによる学習効果の差異,” in *Proc. 2010 PC カンファレンス*, pp. 249-250 (2010).
- (6) 吉田賢史, 篠田有史, 大脇巧己, 松本茂樹, 思考特性判定システムの構築, *PC Conference KYOTO*, 269-272 (2012).
- (7) 篠田有史, 松本茂樹, 高橋正, 鳩貝耕一, 河口紅, 吉田賢史, 2つの教示方法の比較で検討する学びのスタイル in *Proc. 2013 PC カンファレンス*, pp. 257-258 (2013).