

算数科学習を支援する視覚言語 (Mathema-Picto) の 外国語との比較検証等による絵文の提案

田中 典昭^{1,a)} 辰己 丈夫²

概要：筆者らは先の報告で計算手順を表すマゼマピクトが児童の興味関心と結びつくこと [1], 思考を表すマゼマピクトの意味理解を二次元合成によって短期化できる可能性があること [2] を示した。本報告では、そこから得られた知見と新たな検証をもとに、絵文による算数的まとめ文を提案する。

キーワード：学習理解支援, 算数, 絵文字, 絵言葉, 絵文, ピクトグラム

Proposal of picture-sentences by comparing Mathema-Picto visual language supporting mathematical learning with foreign language(Sinhala).

TANAKA NORIAKI^{1,a)} TATUMI TAKEO²

Abstract: In the previous report, the authors showed the possibility of Mathema-Picto learning support effect representing the calculation procedure, and the possibility of shortening the meaning understanding of Mathema-Picto, which represents thinking.

In this report, based on the obtained findings and new verification, we propose some picture-sentences for understanding mathematics.

Keywords: Understanding support, mathematics, Emoji, picture word, picture sentences, pictogram

1. はじめに

我々が試みた思考表現の絵文字表現化 [2] では、意味学習期間を短くするために基本マゼマピクトの二次元合成によって思考マゼマピクトを構成した。プレ検証で、被験者はランダムに出題される 43 の思考マゼマピクトの共通点や差異を手がかりに意味を理解しようとした。出題が進むにつれて正答までの時間が短くなる傾向が見られた。被験者数も少ないため、思考マゼマピクトの有用性を結論づけることはできないが、私たちが共通点や差異情報からパターンを発見して意味を理解する認知能力を持っていることを示している。

マイケル・トマセロ [3] も、

- ・ヒトの乳児は視覚的パターンを発見することに於いて発達の初期から秀でていることが以前から知られている。
- ・人間言語の進化において、霊長類に共通なさまざまな種類のパターン発見やカテゴリー化の能力が、語用論的推論や自動化のようなものと組み合わせ、歴史的時間の中で文法化と統語構造化のプロセスにおいて働いて、さまざまな言語共同体でさまざまな異なるタイプの文法構文を生み出したのであって、文法に対する生物学的な適応など存在しなかったのである。
- ・意図理解のスキルはおそらくヒトに特有のものであり、ヒトの進化において比較的最近になって出現したものである。

¹ 三重県桑名市立多度中小学校, 放送大学大学院

² 放送大学

^{a)} nori-tanaka@nifty.com

と、人間が言葉を学習する能力を分析している。二次元合成マゼマピクトの意味理解にも「ヒトに特有の意図理解スキル」がはたらいたのである。そのため、正解をフィードバックしなくても「カテゴリー化の能力」によって正解を見出し続けていくことになる。このことは、文字のように地域化・抽象化されずに絵としての具体性をもつ絵文字・絵言葉・絵文なら、言語の違いを超えて意味を推測しやすい存在となる可能性を示唆している。

一方、その能力をを使っても被検者が理解できない偽マゼマピクトがあった、パターンを認識できても、意味が存在しないか、想像しにくいために全く理解できなかったのである。このことは、単体の絵文字が絵言葉そして絵文へと複雑になるにつれ、その「組み合わせ」や「並び順」が意味を理解するために重要になることも示唆している。

本報告において提案する絵文も、多くの言語が歩んできた文法化と統語構造化の過程を避けられない。そこで、「パターン発見」「カテゴリー化」「意味理解」の能力が最大限に発揮されるよう、絵文の構成はシンプルで「構文パターン」が発見しやすいデザインを工夫した。

2. 27 文型のシンプル化

まず、先に提案した「27 文型」の分類を少なくし、絵文がより少ない文法で表現できるように試みた。絵文を構成するにあたっては自然演繹の論理証明図 [26] も参考にした。

旧分類では、「定義（4 文）」、「計算（13 文）」、「性質（10 文）」の 3 分類としながらも、全体で 27 の文型に分類していた。しかし、その中には「性質」と分類していたのに「定義」や「計算」とみなせるもの、「計算」に分類していたが「定義」とみなせるものがあることに気づいた。また、「性質」の中には、条件がつくものとつかないものがあった。「計算」には計算手順を表すものと解を求めるものがあった。この見直しで、新分類は 27 文を「定義（10 文）」「計算手順（10 文）」「性質（7 文）」に「問題（計算・思考）」を加えた 4 文型でシンプルに分類することができるようになった。そして、「定義」と「問題」の絵文を横方向に関連させる文法で、「計算手順」と「性質」の絵文を縦方向に変化させる文法で試案した。

2.1 定義（表 1）の絵文案



図 1 一辺が 1 m の正方形の面積を 1 平方メートルといいます

（旧分類→新分類）

○を△といいます/書きます/読みます。(No.1, 3, 4)+性質 (19)

○を表すには、△を単位として使います。(No.2)
(文法) 横方向の関係づけで表す。(図 1)

2.2 計算手順（表 2）の絵文案

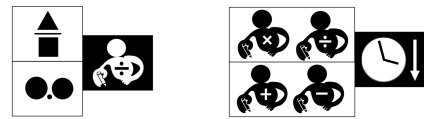


図 2 分数は、わり算で小数に直せます（左）かけ算とわり算は、たし算とひき算より先に計算します（右）

（旧分類→新分類）

○は△と同じ計算です。(No.5, 6)+性質 (No.20, 21) → * 定義

○するには△します。(No.7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16)

まず○をして、次に△をします。(No.11)

○は△に直せます/変換できます。(No.17) → * 定義

(文法) 縦方向の推移で表す(—○) * ○は計算マゼマピクトと手順マゼマピクト (図 2)

2.3 性質（表 3）の絵文案

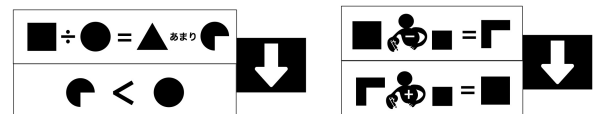


図 3 あまりのあるわり算では、あまりはわる数より小さくなります（左） ひき算の答えにひく数をたすと、ひかれる数になります（右）

（旧分類→新分類）

(□において) ○すると△になります。(No.18, 22, 23, 24, 25, 26, 27)

○は△で決まります。(No.19) → * 定義

○は△でも成立します。(No.20, 21) → * 計算

(文法) 縦方向の矢印で表す(—↓) (図 3)

2.4 問題（思考・計算）の絵文案

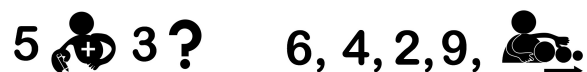


図 4 5 たす 3 は？（左） 6, 4, 2, 9 を大きい順に並べましょう（右）

(文法) ? マークや思考マゼマピクトを文末に置くことで、問題を表す。(図 4)

表 1 まとめ文 (定義)

	新型	旧型	No.	文型	例文	数
定義	○を△といいます/書きます/読みます。	定義A	1	○を○といいます	3本の直線でごこまれた形を三角形といいます。	39
		定義A	3	と書きます	同じ大きさに4つに分けた1つ分を、もとの大きさの四分の一といい、1/4と書きます。	16
		定義A	4	と読みます	2116800000000は、「二兆千六百六十八億」と読みます。	1
		性質B	19	が(で)決まります	角の大きさは、辺の長さにかんけいなく、辺の開きぐあいだけで決まります。	2
	○を表すには、△を単位として使います。	定義B	2	単位とします	教室のように広いところの面積を表すには、1辺が1mの正方形の面積を単位にします。	3
		計算方法A	5	求めることができます	6×4の答えは、6+6+6+6の計算でもとめることができます。	31
	○は△と同じ計算です。	計算方法B	6	○算の式になります	1人分の数をもとめるときも、何人に分けられるかをもとめるときも、どちらもわり算の式になります。	8
		性質C	20	が成り立ちます	整数のときに成り立った計算のきまりは、小数のときも成り立ちます。	1
		性質D	21	を表しています	小数も整数と同じように、10倍、または1/10ごとに位をつくって表します。	5
	○は△に直せます/変換できます。	計算方法G	17	なおすことができます	小数は、10、100などを分母とする分数になおすことができます。	2

表 2 まとめ文 (計算手順)

新型		旧型	No.	文型	例文	数
計算	○するには△します。	計算方法C	7	○の位で計算します	四捨五入して一万の位までのがい数にするには、千の位で四捨五入します。	2
			8	0をはぶいて計算します	終わりに0のある数のかけ算は、0をはぶいて計算し、その積の右に、はぶいた0の数だけ0をつけます。	1
			9	じゅんに計算します	ひき算の筆算は、3けたになっても、位をそろえて、一の位からじゅんに計算します。	3
			10	そろえて計算します	分数と小数のまじった計算は、どちらかにそろえて計算しますが、分数を小数になおせないときは、分数にそろえて計算します。	2
			12	計算します	分数を小数になおすには、分子を分母でわります。	3
		計算方法D	13	便利です	和や差を見積もるときには、がい数にして計算すると便利です。	8
		計算方法E	14	○を使います	2.5倍、1.5倍のように、何倍かを表すときにも小数を使うことがあります。	1
			15	○算を使います	何倍かをもとめるときは、わり算を使います。	4
		計算方法F	16	○は○にそろえます	小数のわり算であまりを考えると、あまりの小数点は、わられる数の小数点にそろえてうちます。	2
		まず○をして、次に△をします。	計算方法C	11	先に計算します	式の中のかけ算やわり算は、たし算やひき算より先に計算します。

表 3 まとめ文 (性質)

新型		旧型	No.	文型	例文	数
性質	○すると△になります。	性質A	18	○は○になります	小数のわり算では、1より小さい数でわると、商はわられる数より大きくなります。	11
		性質E	22	小さくなります	小数のかけ算では、1より小さい数をかけると、積はかけられる数より小さくなります。	3
			23	小さくします	わり算のあまりは、わる数より小さくなるようにします。	1
			24	大きくなります	小数や整数を10倍、100倍、……すると、位はそれぞれ1けた、2けた、……上がります。	2
			25	同じになります	たされる数とたす数を入れかえて計算しても、答えは同じになります。	21
			26	反対になります	yがxに反比例するとき、xの値が1/2倍、1/3倍、……になると、それにとまってyの値は2倍、3倍、……になります。	1
		性質F	27	表すことができます	0、1、2、3、4、5、6、7、8、9の10この数字を使うと、どんな大きさの整数でも表すことができます。	9

3. 絵文の検証

問題文については児童を対象に、まとめ文については教員を対象にアンケートを行った。

外国人児童を含まない小学2年の児童29名を対象とした。絵文が算数の問題であることを伝え、分からないところは空欄でもよいことと・感想があれば書くことを伝えて2回実施した。

3.1 問題文の検証



図 5 1回目問題



図 6 2回目問題

た、どちらも実施後に正解は知らせていない。問題は3種類。1回目と2回目で比較するために類似の問題を設定した。1回目実施後、2番の正答率が低いと感じたため、2回目にはデザインを改良した。

結果は、以下(表4)・(図7)のようになった。

表 4 結果 (対応ある21人)		
問題番号	第1回	第2回
1	21	21
2	6	15
3	10	12

1回目(図5)と2回目(図6)の間隔は2日間であつ

記名のなかった児童と欠席で比較できない児童を除いた1回目と2回目で対応のある21名について、1問目と3

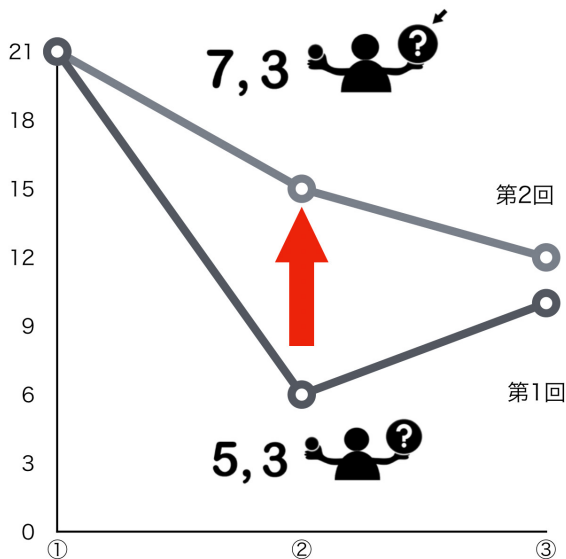


図 7 正解数の変化 (対応ある 2 人)

問目に大きな違いはなかった。1 問目は、たし算とひき算であることがイメージしやすく全員正解であった。また、3 問目は並べかえの問題であり、1 回目小さい順であるのを 2 回目は大きい順とした。2 回目の方が若干正答者が増えたが、ほぼ同様の正答率と考えられる。

ところが、2 問目は正答者が 6 名から 15 名と大きく 2.5 倍となった。2 問目だけが正答者が増えたのであるから、その原因は「矢印」だと考えられる。その「矢印」がどのような効果で、絵文字を「見て分かりやすく」したかは、今後の研究での課題としたい。

また、それでも 3 分の 2 しか正答できなかった理由は、●の中に配置した「？」が余分な情報を付加し、かえって意味理解を妨げた可能性が考えられる。

3.2 まとめ文の検証

アンケートでは、教員 (内国際対応教員 2 名: ス語、ポ語ら (表 5)) を対象に、絵文とシンハラ語と対応させ、「算数のまとめ文を絵文で表したことを伝えた上で、その意味を想像してもらった。シンハラ語 (スリランカの共通語) と比較したのは、日本語を母語とする者にとって「外国人児童が日本を見たときに感じるであろう分かりにくさ」を感じられる未知の文字のひとつだからである。また、絵文とシンハラ語が同じ内容を表していることを伝えた上で、その意味を自由記述してもらった。そして、絵文とシンハラ語の分かりやすさを 1 (全くわからなかった) から 5 (よく分かった) の五段階で評価してもらった。シンハラ語への翻訳は、グーグル翻訳アプリを使った。

3.2.1 第 1 問 (図 8)

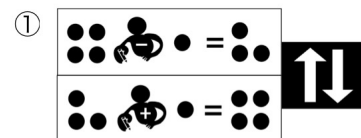
正答者 17 / 20 名

●の数が、具体的な数での記述と結びついた。4 - 1 = 3 という具体的な数での回答が多かった。たしかめ算・けん

表 5 アンケート対象者内訳

	人数	備考
外国人児童生徒教育係教員	18	内 2 名国際対応教員
その他の教員	1	
元教員	1	
合計	20 名	

算と回答したのが 2 名なので、本来の意味での正解は 17 名から 2 名に減る。「ひき算の答えにひく数をたすと、ひかれる数になる」という一般化したまとめ文を想像させるには、(図 3 右) のように面積図で表現した方がよいかもしれない。●が具体的な数と結びつくことは小学 1 年生にとっては数の概念獲得のために重要であるが、絵文を「数字」ではなく「言葉」に置き換えるときには適当ではない。思考を絵文字で表現するのと同様に、文として一般 (抽象) 化した内容を表現することは難しい。右に配置した上下や印は、上段と下段の相互変換として理解できたようだ。「4 + 1 = 3, その 3 に 1 を加えると 4」という上下を結合させた回答があり、たし算とひき算の絵文字は「+」「-」の算術記号を素直に用いたほうがよいと考える。



ඔබ අඩු කිරීමේ ඊර්මාණයෙන් අඩු කළහොත් එය අඩු කළ යුතු අංකය වේ.

図 8 ひき算の答えにひく数をたすと、ひかれる数になる

3.2.2 第 2 問 (図 9)

正答者 11 / 20 名

分数と小数の関係を表していることは伝わったが、それをどう文章に表すかが難しい。「分数を小数 (有理数) として表せる」も正答とすれば、正答数は 11 から 16 に増える。絵文では、「分子を分母でわる」という手順情報は含まれていないが、それを回答に含んだ者が 3 名あった。このことから、絵文字を理解するときにも「既得知識や思い込みの影響」を受けるといえる。

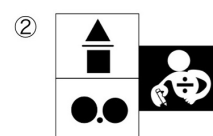


図 9 分数は (分子を分母でわると) 小数に直せる

3.2.3 第3問 (図10)

正答者19／20名

この絵文において正答率が高いのは「あまり」という文字と「欠けた円」「不等号」の影響である。これらから判断し、正答は容易に導き出せたであろう。けれど、誤回答として「わる数の1／3があまりになる」があった。これは、「 $16 \div 3 = 5$ あまり1」と数を当てはめた上での回答であり、●と欠けた●の形に影響を受け、先入観を排除して回答してくれたものとする。この回答から、下向きの矢印は上段が条件・下段が性質「になる」と理解させるために有効であったといえる。

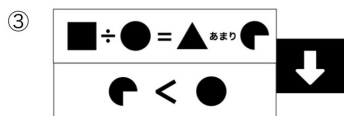


図10 あまりのあるわり算は、あまりはわる数より小さくなる (します)

3.2.4 第4問 (図11)

正答者8／20名

無回答が8名であった。左から右への矢印は、計算手順としてより計算結果としてとらえやすいのかもしれない。また、誤答の「かけ算とわり算は、時間をかければたし算とひき算でできる」はその通りで、右向きの矢印と時計が「時間をかける」を連想させたと考えられる。時計の下に右向き矢印が「未来に向かう時間」逆に、左向きの矢印は「過去に遡る時間」を想像させる。矢印は上下左右の方向や組み合わせる絵によって様々な意味を表せるが、使い方には気をつけなければならない。



図11 かけ算とわり算は、たし算ひき算より先にします

3.2.5 第5問 (図12)

正答者0／20名

正解はゼロであり、無回答も12名と一番多かった。誤答の「わり算をかけ算に直すには、どうすればよいでしょうか?」は、「?」が疑問文を連想させること、右項のわり算が時計の左向き矢印で遡って左項に向かっていることから、出題者が意図したより納得させられる回答となっている。この場合「(何倍か) 比べる」を表す絵文字の「×」が単にかけ算として理解されたと考えられる。また、「わり算の前にかけ算をするとは限らない」「わり算よりもかけ算をする」の回答があり、それぞれ絵文字の分かりやすさを、2・4・3と評価している。絵文には出題意図と異なる

解釈によって「別解釈効果」があるともいえる。このことから、絵文はできる限り別の解釈が生じないようにシンプルで分かりやすい構造を適用しなければならない。



図12 何倍か求めるときは、わり算をつかいます

表6 理解率

	シンハラ語	マゼマピクト	比	正答率	理解率
1	1.1	4.0	3.64	0.85	3.09
2	1.1	3.5	3.18	0.55(0.8)	1.75(2.54)
3	1.0	4.4	4.40	0.95	4.18
4	1.0	2.4	2.40	0.40	0.96
5	1.0	1.6	1.60	0.00	0.00

今回検証した5問を理解率(表6)*1で比較した。第2問の正答数を16とすると、理解率は1.75から2.54に上がる。結果、第1・2・3問と第4・5問とでは理解率に大きく開きが生じた。この原因として、まず「矢印」と「時計」の絵文字が適切な意味を表していなかったように、絵文字に原因があったことが考えられる。しかし、それよりも3問までは絵文の「上下」配置、4問5問は「左右」配置としての違いも大きく関係していると考えられる。

4. 絵文による算数的まとめ文

これらの検証結果から明らかになった絵文を表すときの配慮事項をまとめる。

- 文型として、定義・計算・性質(条件ありなし)・問題の4文型とする。
 - 「矢印」を使うときは、「組み合わせるもの」と「方向(上下左右)」に配慮する。
 - 「?」は疑問文ではなく、「いくつになりますか? (解答)」等の意味で使う。
 - 絵文にするときには、上段と下段(縦方向)に配置する。
 - 定義・計算・思考・性質を表す絵文字は、原則右中央に配置する。
 - 算術記号などはそのまま使い、絵文字の多用は避ける。
 - 一般(抽象)化した文では、●(数)よりも■(面積)で表す。
 - 別解釈ができないように、シンプルに構成する。
- これらの考察を踏まえて、絵文を再提案する。

4.1 定義の絵文 (図13)

左上から順に、

*1 理解率を、マゼマピクト分かりやすさ平均 ÷ シンハラ分かりやすさ平均 × 正答率 と定義する。

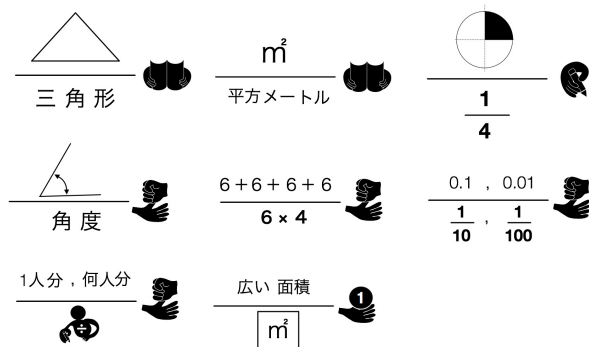


図 13 まとめ文 (定義)

- 3本の直線でかこまれた形を三角形といいます。
- 2は平方メートルと読みます。
- 同じ大きさに4つに分けた1つ分を、もとの大きさの四分の一といい、 $1/4$ と書きます。
- 角の大きさは、辺の開きぐあいだけで決まります。
- $6+6+6+6$ は、 6×4 の計算でできます。
- 0.1 と 0.01 は、 $1/10$ と $1/100$ に直せます。
- 1人分や何人分かは、わり算で求められます。
- 広い面積は、 m^2 を単位として表すことができます。

4.2 計算(手順・思考)の絵文(図14)

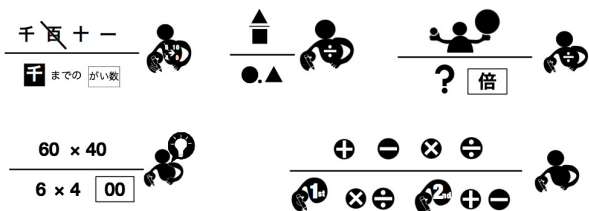


図 14 まとめ文 (計算)

左上から順に、

- 千までのが数にするときは、百の位を四捨五入します。
- 分数は、わり算で小数に直せ(るものがあります)。
- 何倍か求めるときは、わり算をします。
- 60×40 の計算は、 6×4 をして0を2つつけると便利です。
- たし算ひき算かけ算わり算の混じった計算は、かけ算とわり算を先に計算します。

4.3 性質の絵文(図15)

左上から順に、

- あまりのあるわり算では、あまりはわる数より小さくなります。
- ひき算の答えにひく数をたすと、ひかれる数になります。

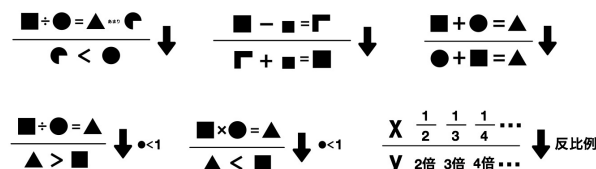


図 15 まとめ文 (性質)

- たされる数とたす数を入れかえても、答えは同じになります。
- わる数が1より小さいとき、商はわる数より大きくなります。
- かける数が1より小さいとき、積はかけられる数より小さくなります。
- 反比例では、 X が $1/2 \cdot 1/3 \cdot 1/4 \dots$ になるとき、 Y は2倍・3倍・4倍…になります。

4.4 問題の絵文(図16)

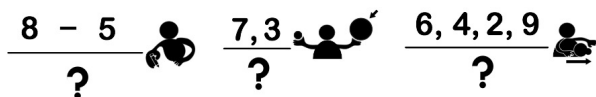


図 16 まとめ文 (問題)

左上から順に、(?に解を当てはめると、まとめ文にもなる)

- $8-5$ は幾つになりますか?
($8-5$ は、3です.)
- 7と3で大きいのは、どちらですか?
(7と3で大きいのは、7です.)
- 6, 4, 2, 9を大きい順に並べかえましょう。
(6, 4, 2, 9を大きい順に並べかえると、9, 6, 4, 2です.)

4.5 絵文の再検証

先に問題文の被験者である児童29名と教員ら5名(まとめ文の被験者2名含む)を対象に、児童らが既学習である内容の絵文を、三択肢から正答を選ぶ形式で再検証を行った。絵文と選択肢は以下の10問である。



図 17 絵文問題1

- (1-ア)のこりとちがいはちがいます。
- (1-イ)のこりからちがいはひけます。

(1-ウ)のこり や ちがい をもとめるときは ひきざんをし
ます。(図 17)

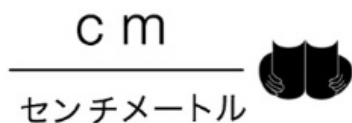


図 18 絵文問題 2

(2-ア)cm とセンチメートルは 本で読めます。
(2-イ)cm を センチメートルと 読みます。(図 18)
(2-ウ)cm の下に センチメートルを 書きます。

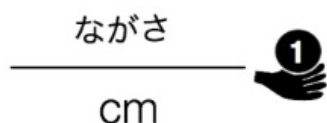


図 19 絵文問題 3

(3-ア)ながさは cm を たんい とします。(図 19)
(3-イ)ながさは 1cm です。
(3-ウ)ながさを ひとつもつと cm になります。

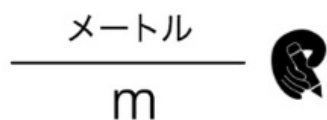


図 20 絵文問題 4

(4-ア)m の上に メートルと 書きます。
(4-イ)メートルは m と書きます。(図 20)
(4-ウ)メートルの下に m を書きます。

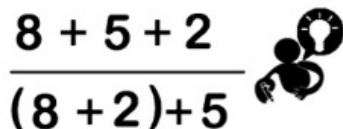


図 21 絵文問題 5

(5-ア)8 + 5 + 2 は 8 + 2 を さきにすると ベんり (よい)
です。(図 21)
(5-イ)8 + 5 + 2 や (8 + 2) + 5 をすると かしこくなり
ます。
(5-ウ)8 + 5 + 2 も (8 + 2) + 5 も けいさんできます。

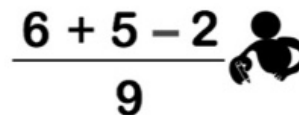


図 22 絵文問題 6

(6-ア)6 + 5 - 2 をけいさんすると 9 になります。(図 22)
(6-イ)6 + 5 - 2 の下に 9 をかきます。
(6-ウ)6 + 5 - 2 を 9 回 かきます。

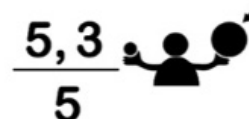


図 23 絵文問題 7

(7-ア)5 と 3 を 5 つ分大きくします。
(7-イ)5 と 3 で 大きい方は 5 です。(図 23)
(7-ウ)5 と 3 から 5 を とります。

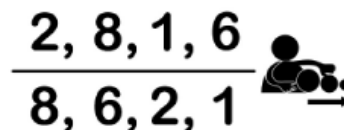


図 24 絵文問題 8

(8-ア)2, 8, 1, 6 を 8, 6, 2, 1 にします。
(8-イ)2, 8, 1, 6 を大きいじゅんにすると 8, 6, 2, 1 で
す。(図 24)
(8-ウ)2, 8, 1, 6 の下に 8, 6, 2, 1 と書きます。

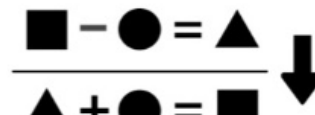


図 25 絵文問題 9

(9-ア)ひきざん の下に たしざんを 書きます。
(9-イ)ひきざん を たしざんに かえます。
(9-ウ)ひきざんのこたえに ひく数をたすと ひかれる数に
なります。(図 25)
(10-ア)12 と 3 は ひきざんですか？
(10-イ)12 から 3 をひくと いくつですか？(図 26)
(10-ウ)12 と 3 から いくつを ひきますか？
検証の結果(図 27・図 28), 児童の正答数の平均は 4. 2

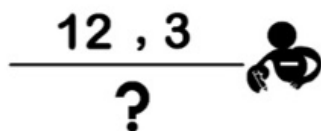


図 26 絵文問題 10

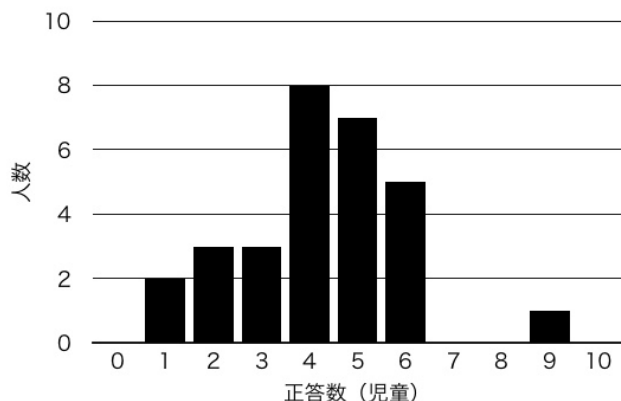


図 27 児童正答数分布

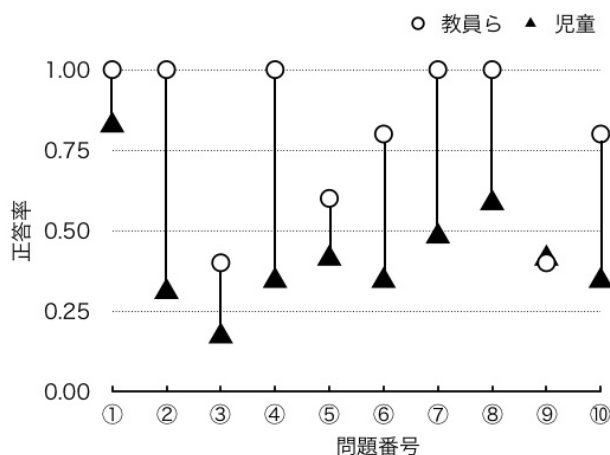


図 28 問題別正答率 (児童・教師ら)

問, 中央値は 4.0 問となった. 10 問中で 9 問正答した児童が離れ値となっているので, これを除くと平均は 4.1 問になる. 9 問正答した児童が正答できなかったのは, 第 3 問であった. これは, 教師らの正答率の低さと一致している. 教師らは経験として選択式回答に慣れていると考えられるから, 「単位とします」を意味するマゼマピクトは改良の余地は大きいだろう. 同様に, 第 5 問「便利です」にも改良の余地があるといえる. ただ, 第 9 問については, 正答をウとしたが, イの「ひきざんをたしざんにかえます。」も検算という意味では正答であった. 教師らと児童の正答率が一致したのも, そのためだと考えられる. イも正答に含めると, 正答率 (意味を理解した) は教師らが 1.00, 児童が 0.66 になる.

表 7 正答率の変化 () 内は第 2 回問題

	児童	教師ら
児童 (問題) 教師 (記述)	0.59 (0.76)	0.55
児童 (選択) 教師 (選択)	0.42	0.80

さて, 今回の再検証は, 前回の問題文の実施から 3 ヶ月経ている. 前回実施後にも絵文字を授業で活用していないし, 正答もフィードバックしていない. しかし, 第 1 問と第 8 問の正答率が 5 割を超えたのは, 第 1 問では「のこり・ちがい」が選択肢からウを選びやすくしたこと, 第 8 問では前回問題との類似性が大きいことが理由として考えられる.

児童に実施した 2 回の問題と選択問題, そして教師に実施した記述式アンケートと教師らに実施した選択問題の正答率 (表 7) を比較することはできない. しかし, 問題ではなく絵文の意味を問う選択式問題で, 平均正答率が児童 0.42 (第 9 問のイを正答とすると 0.45), 教師らが 0.8 (0.86) という結果となった. 一連の検証による絵文字・絵言葉・絵文の改良が, ほぼ学習のない場合においてどれだけ「見て分かりやすい」方向へと向かっているかどうかという点では, 選択肢問題における正答率が児童は 45%・教師は 80% に近づきつつあるといえるだろう. しかし, 記述問題としての正答率は, 教師が 55% である. 今後もさらなる改良をめざしたい.

5. まとめ

研究の第 1 ステージでは, 日本語を学習言語として十分に身につけていない児童の算数科学習を支援するために黒板に絵文字を掲示したり, アニメーション教材に絵文字を取り入れたりすることが, 日本人児童を含めて学習の支援となることを検証した. また, 第 2 ステージでは「パターン発見」と「カテゴリー化」が絵言葉の意味理解期間を短期化させる可能性に言及した. そして, 本報告第 3 ステージでは「絵文」を提案した. 中国で発明された漢字が, 象形文字という「絵文字」から始まり, 色や感情などの絵では表しにくい概念をも表現できる「言葉」になり, 出来事や思考を表現できる「言語」として成長してきたように, 算数学習を支援する視覚言語 (Mathema-Picto) もこれらの研究ステージを経て, ようやく小学校算数科・計算領域の一部の「まとめ文」を絵文で表現できるようになった.

しかし, 文字から文へと伝える情報量が増えるにつれて「カテゴリー化をして意味を推測しなければならない」

「構文 (文法) などの独自の約束事に当てはめて理解しなければならない」など

意味を理解するために, より多くの学習が必要になっていくことにもあらためて気づかされた.

長い歴史を持つ漢字の成立に比べれば, 算数学習を支援する視覚言語 (Mathema-Picuto) は, まだ洞窟壁への落書

きの段階ともいえる。世界の言語がそうであったように、抽象化と複雑化によって数年間の学習が必要となれば、「見て分かる絵文字」ではなく車輪（変わった文字）の再発明になってしまう。今後、被検者数など十分でなかった検証を含めて検証していかなければならないのは、やはり「見て分かる」との距離の近さである。そのためには、逆説的ではあるが「洞窟の絵」とどまることも大切かもしれない。しかし、洞窟を出て多くの人に理解されなければ、学習支援としての目的を果たせない。算数的まとめ文にとって、演繹証明図との出会いは水を得た魚であったが、一方で「どうしても、分数に見えてしまう。」という貴重な指摘もいただいた。このように、絵文の第4ステージは、洞窟から出て大海で揉まれてより分かりやすく変化することだろう。

さて、研究半ばにおいて外国人児童が多く在籍した勤務校から、説明的文章による論理的思考の育成を研修とする現任校に移動することになった。そこでの研修は「日本語を母語としない外国人児童の日本語の分かり難さ」への支援と「（日本語を母語としていても）説明的文章の分かり難さ」への支援が似ているという視点を与えてくれた。算数的まとめ文のように単刀直入な表現ではなく、説明的文章にはレトリックなどの修辭的表現も含まれ、情報量も多い。その上、日本語は長い歴史の中で漢字や外来語と混ざり合い、近代化の中で独自の文法を獲得した、世界の中でも学習が難しい言語の一つと言われている。しかし、「はじめに・つぎに・このように」などの「接続語」と「事実」の関係に着目すれば、論理的にとらえることができるかもしれない。算数科学習を視覚的に支援しようとして考案した絵文字・絵言葉・絵文が、説明文理解支援の土台となりうるかもしれない。絵文研究を、今後も増え続ける日本の学校で学ぶ外国人児童だけでなく、文章読解に視覚的支援が必要な子どもたちも支援する研究に発展させたいと考える。

最後に、現研究段階での「マゼマピクト文法」をフローチャート（図 29）にまとめた。

参考文献

- [1] 田中典昭：ユニバーサルな視点で学習理解を支援する視覚言語（マゼマピクト）の考案，研究報告コンピュータと教育（CE），情報処理学会，2018-CE-143，Num.3，pp.1-9(2018)
- [2] 田中典昭：意味学習期間を短期化する算数科学習支援のための視覚言語（マゼマピクト）の再考案，研究報告コンピュータと教育（CE），情報処理学会，2018-CE-145，Num.2，pp.1-8(2018)
- [3] マイケル・トマセロ：ことばをつくる～言語習得の認知言語学的アプローチ，慶應義塾大学出版会，第3版（2014）
- [4] 文部科学省：日本語指導が必要な児童生徒の受入状況等に関する調査，http://www.mext.go.jp/b_menu/houdou/29/06/1386753htm
- [5] Jim Cummins：Second language acquisition - essential information，<http://esl.fis.edu/teachers/support/cummin.htm>
- [6] 新しい算数：1年～6年，東京書籍（平成22年検定）。
- [7] 太田幸夫：ピクトグラム〔絵文字〕デザイン普及版，柏書房（1999）。
- [8] Wally Flint：Universal Picture Language，<https://sites.google.com/site/universalpicturelanguage/>
- [9] 文部科学省：小学校学習指導要領，http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/1384661.htm
- [10] 稲葉 利江子，高崎 俊之，森 由美子：絵文字コミュニケーションにおける類型の比較，情報科学技術フォーラム一般講演論文集，Vol.5 No.3(2006)
- [11] 藤森誠，伊藤一成，橋田浩一，Dürst Martin J：差異表現に基づくピクトグラムの主題提示と認識向上，日本感性工学会論文誌，日本感性工学会，Vol.8 No.3(2009)
- [12] 北神慎司：動画形式の視覚シンボルの視覚的典型性に関する調査，日本教育工学論文誌，Vol.30 No.0(2006)
- [13] 工藤真生，山本早里：ユニバーサルに配慮したピクトグラムの諸条件に関する研究，デザイン学研究，Vol.60 No.6(2014)
- [14] 藤森誠，伊藤一成，橋田浩一，Dürst Martin J：ピクトグラムの群配置における感性的認識に関する検証，日本感性工学会論文誌，Vol.8 No.1(2008)
- [15] 波頭 亮：思考・論理・分析「正しく考え，正しく分かること」の理論と実践，産業能率大学出版部，初版第11刷（2004年）
- [16] 石田亨，山下直美，稲葉利江子，高崎俊之，神田智子：絵文字解釈における人間の文化差判定，ヒューマンインターフェース学会論文誌，Vol.10 No.4(2008)
- [17] 大野森太郎，原田利宣，宗森純：動画表現を用いたピクトグラムにおけるデザイン指針の提案，デザイン学研究，Vol.60 No.1(2013)
- [18] 大野森太郎，原田利宣，宗森純：“動詞”の情報量分析に基づくピクトグラムデザイン支援システム，デザイン学研究，Vol.58 No.2(2011)
- [19] 竹ノ山圭二郎：心理学実験における Excel VBA を活用した刺激呈示と反応および反応時間の測定法，（2010）
- [20] 日本工業標準調査会：コミュニケーション支援用絵記号デザイン原則 JIS T 0103：2005，日本規格協会（2014）
- [21] 久本博行：心理学における Excel VBA の利用 その1，関西大学社会学部紀要，Vol.38 No.1(2006)
- [22] 国本温子，緑川吉行&できるシリーズ編集部：Excel VBA できる大事典，株式会社インプレス，初版（2017）
- [23] 村越愛策：絵で表す言葉の世界～ピクトグラムは語る～，交通新聞社，第1版（2014）
- [24] Rudolf Modley：ピクトグラフィ・ハンドブック，産調出版株式会社，第2版（2006）
- [25] 柴亜季子，高橋かおる，及川さえ子，藤本邦治，パメラ・ミキ，スー・ハーバート：ピクトグラム&アイコングラフィックス，ピエブックス，第1版（2002）
- [26] N.W. テニント，藤村龍雄訳：自然演繹の論理学，八千代出版，第3版（1987）

