

算数科の学習を支援する絵文字 Mathema-Pictoの提案と実践

田中 典昭¹ 上出 吉則² 辰己 丈夫³

概要：筆者らは日本語での学習理解に課題をもつ外国人児童らの支援に、絵文字が効果的だと考えている。しかし、見えない「思考」を絵文字で表現することは難しい。そこで、「手の動き」や「矢印との組み合わせ」に着目した。実践と検証によって、今までより「すぐに分かる」「正しく理解できる」ようになった算数の学習を支援する絵文字 Mathema-Picto を提案する。

キーワード：理解支援, 算数, 絵文字, ピクトグラム

A Proposal of pictograms for elementary mathematics

Abstract: We devised Emoji "Mathema-Picto" to support learning elementary mathematics. This time, we verified from the viewpoint of "understand immediately" and "understand correctly". and, we propose new designs.

Keywords: Learning support, mathematics, Emoji, pictogram

1. はじめに

我が国では、日系人を中心とした外国人家族の受け入れが進んでいる。「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 [1]」によると、平成18年度から28年度の10年間に、全国公立小学校で日本語指導が必要な割合が37.0%から45.1%へと8.1%上昇している(図1)。筆者(田中)の前任校でも、7年間で外国人児童の在籍率が5%から10%へと上昇した。これも、外国で生まれて来日する「日本語ゼロ」児童が増加傾向にあることを示していると考えられる。

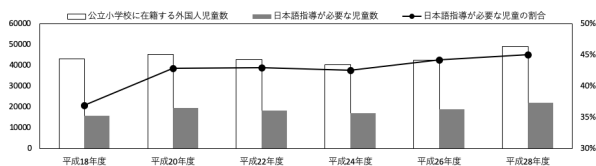


図1 全国公立小学校に在籍する児童数と日本語指導を必要とする児童数

外国人児童は国際教室で2~3カ月間の日本語の初期指導を受け、算数学習は早期に教室での学習に加わることが多かった。国語学習よりも日本語能力の負荷が少ないと考えられる算数でも、「どちらが、大きいですか。」「○は、□の何倍ですか。」「まず、～. 次に、～. 最後に、～.」などの日本語が十分理解できずに学習につまずく児童がいた。

日本語力は、生活言語力(Basic interpersonal Communication Skills)と学習言語力(Cognitive/Academic Language Proficiency)に分けられるが、学習言語力の習得には5~7年はかかると言われる[2]。ゆえに、十分でない学習言語力を支援する手立てが必要だと考える。

視覚言語の誕生は1936年哲学者オット・ノイラートとイラストレーターのゲルト・アルンツによるアイソタイプである。公共空間における標識などに多大な影響を与えた。しかし、学習理解支援での進展は小さいと考える。そこで、算数科を対象に「計算」や「思考」を表現するために有用なデザインをリサーチし、日本人児童にとっても算数科の学習を支援する絵文字として提案する。

¹ 三重県桑名市立多度度中小学校, 放送大学大学院博士後期課程

² 大阪教育大学

³ 放送大学

の6つに分類している。(図2)

2. 先行研究

2.1 先行研究からの仮説

稲葉ら [3] によれば、次のことが示されている。

- 子供は絵文字を組み合わせることで、単体では意味しない新たな意味を見出している。
- 子供はコミュニケーションで絵文字を「語彙」の置き換えに利用するだけでなく、ひとつの「絵」として捉えている。

藤森ら [4][5] によれば、次のことが示されている。

- 差異情報により、ピクトグラム単体での認識向上が十分見込める。

北神ら [6] によれば、次のことが示されている。

- ピクトグラムは具象性が高いため学習も進みやすい。
- 「欲しい」「知っている」などの概念は観察不可能であり、そもそも視覚的典型性を高めること自体が困難である。

工藤ら [7] によれば、次のことが示されている。

- 目にする頻度が低いピクトグラムは、グラフィック要素をひとつ加える必要がある。(動きや音、場所を象徴する人物、その場所での行動もしくはその行動を表す人物)

これらの先行研究から、「計算」と「思考」を表現する絵文字について次の3つの仮説を立てた。

- (1) 組み合わせることで、新たな意味を表現できる。
- (2) 差異情報で、認識向上につながる。
- (3) 観察不可能な思考なども、それに伴う身体表現で表現できる。

2.2 絵文字デザインの方針

JIS T 0103[8] によると、次のように絵記号の作図原則が示されている。

- 絵記号の組合せ 絵記号をデザインする場合、あらかじめ意味を定めた図材を共通シンボルとし、カテゴリを横断的に用いる(例：人物・職業+家の外・街/施設・学校=教師)

そこで、人物(上半身)を共通シンボルとし絵文字を作成する。また、文を表現するときは、太田 [9] や Universal Picture Language[10] の絵文の取組を参考に、絵文字と数字を横方向に配列することにする。

3. 対象領域と矢印

3.1 対象とする算数領域

算数は、昭和33年学習指導要領で「数と計算」「量と測定」「数量関係」「図形」の4領域に整理統合された。また、ALAN J.BISHOP(1988)[11] は、算数概念を「counting」「measuring」「locating」「designing」「playing」「explaining」

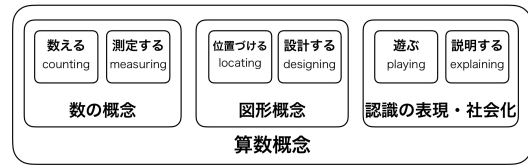


図2 算数概念

また、本研究の対象である「counting (数と計算)」は、5つの領域に具体化できる。(図3)[12].

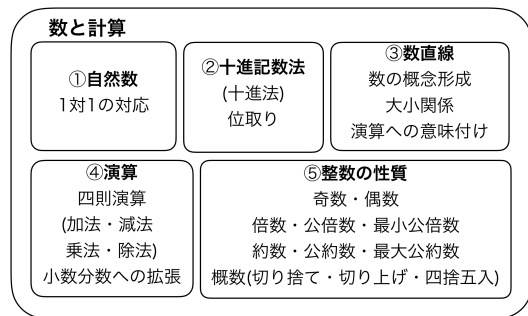


図3 数と計算

この「数と計算」領域の中から、大小関係・四則演算(加法・減法・乗法・除法)・小数分数への拡張・四捨五入を作成する絵文字の対象とした。

3.2 矢印の意味

矢の絵が刻まれたのは大昔の洞窟壁画である。しかし、それらの意味は矢そのものであったり、男女を区別する記号であったりした。また、中世においては十二宮記号(図4左上)として火星を表したり、紋章(図4左下)に取り入れられたりしていた[13]。現在の矢印(指し示す)の意味で使われた最も古い絵文字は、古代エジプト文字ヒエログリフだろう(図4右)[14]。

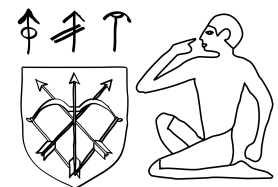


図4

この指し示す意味の絵文字が、産業革命によって工業製品の使用説明書が一般化して矢印になった。また、大衆化で矢印の意味も多様化していった。「矢印の力[15]」では、矢印の多様性を7種類に分類している。

この指し示す意味の絵文字が、産業革命によって工業製品の使用説明書が一般化して矢印になった。また、大衆化で矢印の意味も多様化していった。「矢印の力[15]」では、矢印の多様性を7種類に分類している。

- (1) 動きの向き(椅子の背もたれのなどの動く方向)
- (2) 物理的な変化・変容(ディスプレイの点滅などの変化)
- (3) デイメンションの提示(距離などの寸法を記す)
- (4) 連結関係を示す(組み合わせる部品どうしを結びつける)
- (5) 注意を喚起(図の見るべき場所を示す)
- (6) 連続性を示す(一連の手順を示す)

(7) 特定の意味を持つ(リサイクルマークなど)

4. 絵文字の検証

4.1 学習効果

小学校3年生(日28人, 外2人)を対象に, 絵文字(図5)を用いた授業実践を行った。



図5 最初に考案した絵文字

「1学期まとめ復習テスト」と「大きな数のテスト」では絵文字を用いて学習した実験群と対照群の間に有意差は得られなかったが, 3ヶ月ほどの授業実践の結果, 「かけ算のひっ算のテスト」では, Exact Wilcoxon rank sum Testで $p\text{-value} < 0.05$ の有意差を得た。

その要因の分析(表1)では, アニメーション教材について「声に出して言ったこと」と「黒板に絵を貼ってせつめいを聞いたこと(絵文字の活用)」が同程度に高い得点上昇を示した。このことから, 絵文字の活用が学習意欲を喚起して学習理解を後押しした可能性があると考えられた。

表1 1位2位評価者の得点変化

	人数(外)	評価者	非評価者	差	順位
教科書の説明	2	6.00	4.44	1.56	4
友だちの説明	8(1)	-0.75	6.57	-7.32	7
声に出して言う	9	6.78	3.55	3.23	2
マゼマピクト	7(1)	7.00	3.77	3.23	3
アニメーション	14(1)	7.21	2.07	5.15	1
ドリルで練習	8	2.25	5.43	-3.18	6
教えてもらった	10(1)	2.90	5.42	-2.52	5

4.2 差異情報による意味の推測

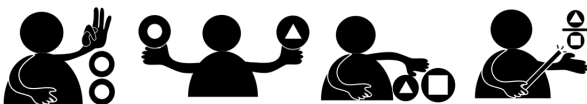


図6 絵文字(左から, 数える/大きさを比べる/並べる/分数にする)

「数と計算」領域の「思考」に関する絵文字(図6)を, 学習指導要領[16]を分析して, あらかじめ意味を定めた図材と共通シンボルの身体表現を組み合わせた絵文字を43種類作成した。そして, それらがランダムに出題される択一式問題にして, 大学生7名で検証を行った。[17][18]

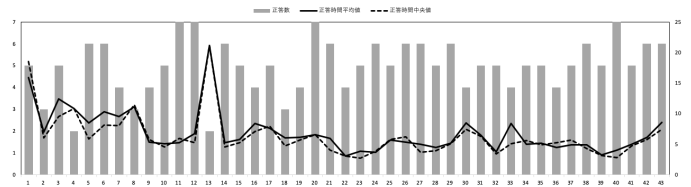


図7 正答数と正答平均時間

得られたデータ(図7)では, 13問目に正答時間(平均: 実線, 中央値: 破線)の高い山ができています。被験者に出題された絵文字(表2)は, 7つであった。正答した2名のうち1名が37.16秒だったため山になったと分析した。(N: わからなかった, F: 誤推測)

表2 13問目と正答時間

問題	絵文字	時間
関係に着目する		N(7.5)
等しい分数にする		N(4.81)
単位で分ける		F(6.19)
文にする		37.16
工夫して計算する		N(8.58)
反対の計算をする		N(19.21)
図にかく		5.12

そこで, 外れ値を平準化し, 全体の傾向を見るために, 第1問から4問ずつ(最後は3問)の平均をとり再度グラフ化した(図8)。

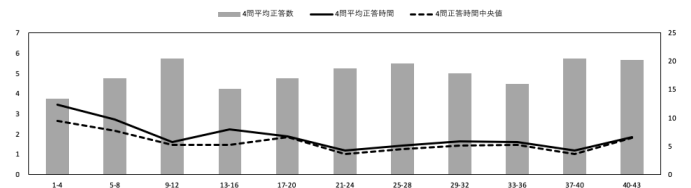


図8 正答数と正答平均時間(4問平均)

正答時間(平均: 実線, 中央値: 破線)は, およそ12秒から6秒へと波打ちながら減少した。正答数(棒グラフ)もおよそ3.5問から5.5問へと波打ちながら増加した。解答を重ねることで, 差異や類似から意味を推測できるように傾向が見られた。

また, 正答率が低かった7つの絵文字(図9左上から, 反対の計算をする/変える/計算する/関係に着目する/仕組みや単位に着目する/工夫して計算する/数える)には, デザインの具体性が低い傾向が見られた。



図9 正答率が低かった絵文字

意味が推測しにくい絵文字への解決策として、椎名[19]は、どこに置かれているかでわかりやすさが向上するであろう。場所という背景の文脈が意味を助ける場合があることを忘れることはできない。と、絵文字の限界と可能性を分析している。意味の推測しやすい絵文字にするには、デザイン的具体性を高めると同時に、算数の学習という「時間・場所」的文脈の助けをかりる必要がある。

4.3 矢印の効果

小学2年生(日28人)を対象に、絵文字で書かれた算数問題を2回実施した(図10・図11)。間は2日、2回とも実施後に正答は伝えていない。



図10 第1回問題(左から、 $5 + 3 / 5$ と3で大きい方は/ $2 \cdot 5 \cdot 1 \cdot 8$ を小さい順に)



図11 第2回問題(左から、 $8 - 5 / 7$ と3で大きい方は/ $6 \cdot 4 \cdot 2 \cdot 9$ を大きい順に)

絵文字「どちらが大きいですか」の正答が6人から15人に大きく上昇した(図12)。正答率は0.26から0.71への変化である。この差は、絵文字に「小さな矢印」を追加したことが、「注意喚起」になったからだと考えられる。また、記号「？」は注意喚起としての効果は弱かった。

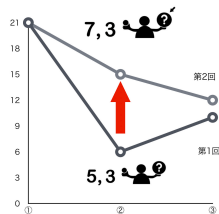


図12

4.4 加減法と矢印

計算の概念が「+」などの演算記号と結びつけられるのは、学習によってである。それ以前に、計算の概念の理解には、身体表現などのイメージが存在するはずである。そこで、「動きの向き」や「注意喚起」の矢印と組み合わせる

ことで、加減法の絵文字化を試みた。まず、たし算とひき算について、算数教科書[20]から主要な文章問題を拾い出した(表3・4)。

表3 文章問題(たしざん) あたらしいさんすう1東京書籍

単元	番号	文章題
たし	1	ゆかさんは、どんぐりを9こ、ひろしさんは4こひろいました。あわせてなんこひろいましたか。
ぎ	8	たまごはあわせてなんこですか。
ん	10	おやのぺんぎんが7わいます。こどものぺんぎんが8わいます。ぺんぎんは、ぜんぶでなんわいますか。
	11	めだかを6ぴきかっています。7ひきもらいました。めだかは、ぜんぶでなんびきになりましたか。

たし算のキーワードは、「あわせて」が2問、「ぜんぶで」が2問であった。

表4 文章問題(ひきざん) あたらしいさんすう1東京書籍

単元	番号	文章題
ひき	1	どんぐりが13こあります。9こつかいました。どんぐりは、なんこのこっていますか。
ぎ	8	おかしが12こあります。3こたべると、のこりはなんこですか。
ん	10	いろがみが13まいあります。6まいつかうと、のこりはなんまいになりますか。
	11	はとが15わ、すずめが7わいます。どちらがなんわおいでしょうか。

ひき算のキーワードは、「のこりは」が3問、「どちらがどれだけおい」(ちがい)が1問であった。

加法は、合併(あわせて)と添加(ぜんぶで)、減法は、求残(のこり)と求差(ちがい)に分類できる。合併と求残は「動きの向き」の矢印、求差は「注意喚起」の矢印で絵文字化(図13)した。

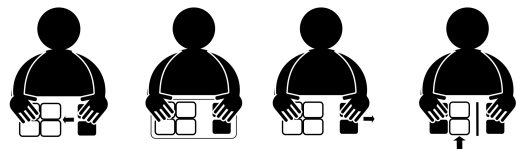


図13 「+」「-」を使わない絵文字

前回とは異なる小学2年生(日25人)を対象に問題(図14)を実施した。



図 14 今回の問題 (左から、 $8 + 5 / 7$ と 3 で大きい方は $6 \cdot 4 \cdot 2 \cdot 9$ を大きい順に)

2 回目問題と比較すると、絵文字「大きい順に並べる」で正答者が 12 人から 17 人へ増加した (図 15)。正答率は、0.43 から 0.68 への上昇であった。矢印が小さくなったにもかかわらず正答率が上がったのは、身体表現として、視認性がはっきりした手が「動きの向き」を伝えたからだと考えられる。また、「+」をなくして表現した加法を表す絵文字、「?」を使わずに白抜きで表現した大小を比較する絵文字には大きな差は見られなかった。

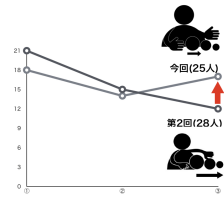


図 15

次に、絵文字 (表 5) のデザインの相応しさを大学生 7 名で検証した。

表 5 絵文字選択アンケート

問題	1	2	3	4
たします	0	6	0	1
ひきます	4.5	1.5	1	0
かけ算でもとめます	0	2.5	0	4.5
わり算でもとめます	0	3	3	1
大きい順にならべます	0.5	0	0	6.5
大きい方はどちらですか	3.5	0.5	1	2
四捨五入します	1.5	1	1.5	3
分数にします	3	1	1	2
小数にします	3	1	1	2
計算します	0	0	1	6

アンケートでは、問題の意味にいちばん相応しいと思え

る絵文字を 1 つ、迷った場合は 2 つ選択してもらった。そして、1 択の場合は 1 点・2 択の場合は 0.5 点とカウントして各観点ごとに合計して評価した。

表 6 矢印の有無

		ある	なし
たします	矢印+手の動き	6	1
	矢印 (○→○)	7	0
わり算	矢印 (分配)	6	1
	矢印 (単位量)	7	0
大きい順	矢印 (方向)	7	0
大きい方	矢印 (注意喚起)	6	1
四捨五入	矢印 (5→1 0)	4.5	2.5
合計		40.5	8.5

表 7 手の動きの有無

		ある	なし
ひきます	保持する手	4.5	2.5
大きい方	持ち上げる手	3	4
合計		7.5	6.5

表 8 囲みの有無

		ある	なし
かけ算	まとまりの囲み	7	0
	全体の囲み	4.5	2.5
合計		11.5	2.5

表 9 白い玉の有無

		ある	なし
大きい順	白い玉	0.5	6.5
大きい方	白い玉	3.5	3.5
合計		4	10

表 10 人のデザインの有無

		ある	なし
四捨五入	・人のデザイン	6	1
分数に	・人のデザイン	5	2
小数に	・人のデザイン	4	3
合計		15	6

表 11 鉛筆の先の有無

		ある	なし
計算します	鉛筆の先のデザイン	6	1
合計		6	1

この結果、絵文字デザインの有用性として以下の仮説を得た。

- 矢印は、無い場合より約 5 倍の効果がある。(表 6)
- 保持する手は、持ち上げる手より識別される。(表 7)

表 12 「～します」デザイン

	魔法の棒	鉛筆	指差し
四捨五入します	1.5	1.5	1
分数にします	3	1	1
小数にします	2	1	1
合計	16.5	3.5	3

- かけ算では、まとまりの囲みが必要である。(表 8)
- ならべ順を表現するとき、玉の色を同じにした方がよい。(表 9)
- 人のデザインは、行為の主体としてあった方がよい。(表 10)
- 鉛筆の先には、具体的なデザインが必要である。(表 11)
- 「～にします」の絵文字では、魔法の棒がイメージしやすい。(表 12)

4.5 改良絵文字の検証

人物のデザインは、情報に強弱をつけるために黒色から網掛けにトーンを落とした。また、半円だった上半身を四角にした。上半身と手の重なりがなくなり、手の動きがはっきりとした。

新しいデザインについて、たし算とひき算の絵文字「あわせて」(図 16)「ぜんぶで」(図 17)、「のこりは」(図 18)「ちがいは」(図 19)の 4 種類を小学校 2 年生で検証した。4 種類の文章問題をシンハラ語に翻訳し、2 グループに分け、正しい絵文字をヒントとした A テスト(図 20)と加減を違えた絵文字をヒントにした B テストを実施した。

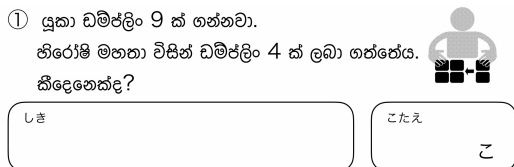
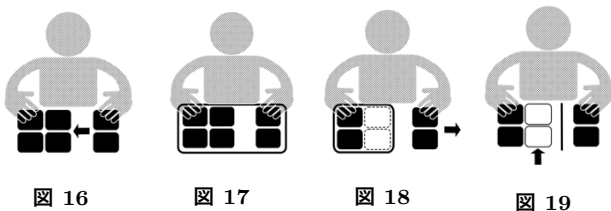


図 20 シンハラ語 A テスト

検証では、絵文字のブロックの影響を受けて「4 + 2」「4 - 2」などと解答した児童もあった。そこで、たし算かひき算のどちらで立式したかで評価した。

第 1 問(表 13)と第 2 問(表 14)の「あわせて問題」「ちがいは問題」で絵文字を入れ替えた問題では、絵文字をヒントにたし算やひき算で立式する傾向が強く見られた。絵

表 13 第 1 問

絵文字	たし算	ひき算	合計
A テスト あわせて	13	0	13
B テスト のこりは	0	11	11
合計	13	11	24

表 14 第 2 問

絵文字	たし算	ひき算	合計
A テスト のこりは	3	10	13
B テスト あわせて	11	0	11
合計	14	10	24

文字に含まれる矢印が効果的に意味を推測させたと考えられる。

表 15 第 3 問

絵文字	たし算	ひき算	合計
A テスト ぜんぶで	9	2	11
B テスト ちがいは	9	1	10
合計	18	3	21

表 16 第 4 問

絵文字	たし算	ひき算	合計
A テスト ちがいは	3	8	11
B テスト ぜんぶで	5	5	10
合計	8	13	21

ところが、第 3 問(表 15)と第 4 問(表 16)の「ぜんぶで問題」「ちがいは問題」では、絵文字「ちがいは」を見て A テストで 11 人中 3 人・B テストで 10 人中 9 人がたし算で立式をした。白いブロックの外にデザインした矢印が「注意喚起」でなく、「動きの向き」をイメージさせたことが原因だと考えられる。

また、絵文字「ぜんぶで」を見て、ひき算の立式をしたのが A テストで 11 人中 2 人・B テストで 10 人中 5 人であった。ブロックのスペースがひき算をイメージさせた可能性が考えられる。

検証の結果、絵文字「ちがいは」と「ぜんぶで」は、矢印の向き(有無)やスペースに配慮して、さらに改良することにした。

5. Mathema-Picto の提案

情報の優先順位をつけるために網掛けにした人のデザインが、手とブロックが透けて重なっていた。それを改良するため、単色グレー(40%程度)で重なりを明確にした。また、加減法ではブロックを、乗除法では丸と囲みを使うことで区別を試みた。

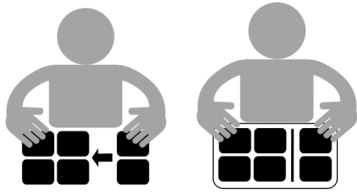


図 21 たし算

ブロックどうしの隙間をなくし、ラインを引いた。(図 21)

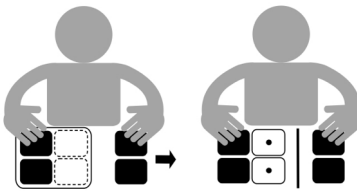


図 22 ひき算

矢印の代わりに、白いブロック中心に小さな点を置いた。(図 22)そして、再度検証(表 17)を行うと、わずかな改善が見られた。

表 17 再検証

絵文字	たし算	ひき算	無答	合計
あわせて(図 21 左)	23	0	1	24
のこりは(図 22 左)	1	22	1	24
ぜんぶで(図 21 右)	11	11	2	24
ちがいは(図 22 右)	7	15	2	24

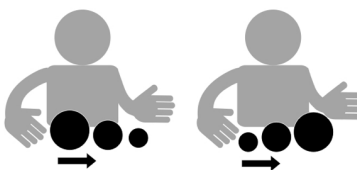


図 23 順にならべる

左手と矢印によって方向がはっきりした。(図 23)

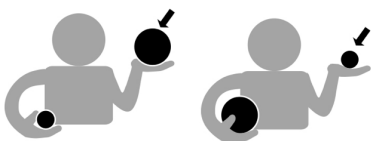


図 24 どちらが

保持する右手と持ち上げた左手に矢印で、着目する対象がはっきりした。(図 24)



図 25 ~に変える

「~にする」を魔法の棒でデザインした。(図 25)

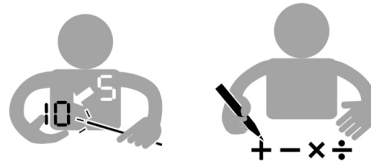


図 26 四捨五入・計算する

鉛筆の先には、現段階ではあえて四則演算記号をデザインした。四捨五入の絵文字では、5 から 10 に向けての矢印を加えた。(図 26)

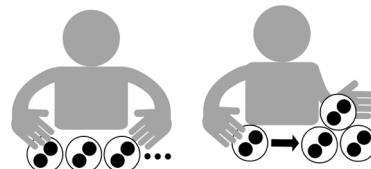


図 27 かけ算

丸を 2 つずつ囲んだ。右は、何倍にするをイメージさせるために 2 囲みを縦方向に積んだ。(図 27)

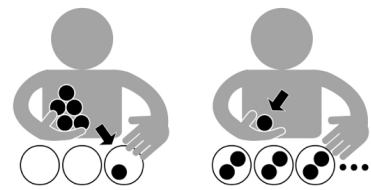


図 28 わり算

わり算には「包含除」と「等分除」、そして「あまり」の概念がある。矢印の位置を変えることで区別を試みた。(図 28)

6. おわりに

筆者らは、初期に考案した絵文字 [22][23][24] を再検証し、思考を表現するために、「手の動き」などの身体表現や「矢印」「魔法の棒」との組合せをデザインに取り入れた。そして、差異表現からの推測しやすさを試みた。

3つの仮説について振り返ってみる。

まず、「組み合わせることで、新たな意味を表現できる。」

である。人のデザインと「矢印」の組み合わせが有用であった。また、「鉛筆」や「魔法の棒」も思考をイメージさせるためにも有用であった。それは、私たちが考えをまとめるための道具であったり、想像の世界で願い事を叶えるための魔法の道具であったりすることに関係があると考えられる。

次に、「観察不可能な思考なども、それに伴う身体表現で表現できる。」である。私たちが好みなどの「思考」を伝えるために「手や腕」を使ったり、「指差し」を使ったりすることに関係があるのだろう。ゆえに、指差しの絵から生まれた「矢印」との相性が良かったと考えられる。

そして、「差異情報で、認識向上につながる。」である。思考には「大きい順」と「小さい順」のように「対の思考」が存在する。また、分数を小数にするなど「一部を置き換える思考」も存在する。未知の絵文字であっても、いくつかを比べて見ているうちに「何となく意味が推測できるようになっていくこと」は、私たち人間が生まれもつ能力だと考えられる。

マイケル・トマセロ [21] は、

- ・ヒトの乳児は視覚的パターンを発見することにお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。
- ・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。

と述べている。

さて、本論文では学習効果の検証以外では、外国人児童が対象となっていない。そのため、グローバルな視点の絵文字の提案であったとは言いきれない。例えば、演算記号や○×などは世界共通ではない。また、算数的思考として日本人の多くはお釣りをひき算で処理するが、たし算とする文化もある。私たちの思考が、生まれ育った文化や学習や母語によって変わるのか、共通する概念があるかはグローバルな絵文字にとって根源的な課題である。なお、乗除法の絵文字については今後の実証が必要である。

7. 謝辞

研究過程で、絵文字について、青山学院大学伊藤一成先生と放送大学伏見清香先生にご助言をいただいた。シンハラ語については Edirisinghe Chathurika さんに翻訳していただいた。また、アンケートには大阪教育大学の学生さんにご協力いただいた。ここに記して感謝いたします。

参考文献

- [1] 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
- [2] Jim Cummins：Second language acquisition - essential

- information,
<http://esl.fis.edu/teachers/support/cummin.htm>
- [3] 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)
- [4] 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)
- [5] 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)
- [6] 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)
- [7] 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)
- [8] 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)
- [9] 太田幸夫：ピクトグラム [絵文字] デザイン普及版, 柏書房 (1999).
- [10] Wally Flint：Universal Picture Language,
<https://sites.google.com/site/universalphicturelanguage/>
- [11] ALAN J. BISHOP：MATHEMATICS EDUCATION IN ITS CULTURAL CONTEXT, Educational Studies in Mathematics(1988)
- [12] 数学教育研究会：新訂算数教育の理論と実際, 聖文新社, 初版 (2015)
- [13] ジョルジュ・シャン：記号の歴史, 創元社, 第1版 (1996)
- [14] Stephane ROSSINI：古代エジプト文字ヒエログリフ入門, 河出書房新社, 初版 (2015)
- [15] ワールド・ムック 655：矢印の力, ワールドフォトプレス, 第1版 (2007)
- [16] 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
- [17] 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)
- [18] 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)
- [19] 椎名健：情報のデザイン, 知覚と感性, 第11章 p263-293, 現代の認知心理学1, 北大路書房, 初版 (2012)
- [20] 新しい算数：1年～6年, 東京書籍 (平成22年検定)
- [21] 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)
- [22] 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)
- [23] 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)
- [24] 田中典昭, 辰己丈夫：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, 研究報告コンピュータと教育 (CE), 情報処理学会, 2018-CE-146, Num.7, pp.1-10(2018)