

数概念の発達を促進するための 認知心理学に基づいた訓練ソフトの開発

鶴川 直樹[†] 縄手 雅彦^{†a)}

Development of Training Software Based on Cognitive Psychology for Promotion
of Numerical Concept

Naoki TSURUKAWA[†] and Masahiko NAWATE^{†a)}

あらまし 本研究では認知心理学を取り入れた数概念の訓練ソフトを作成し、知的発達に遅れのある児童の協力の下訓練ソフトの有効性について検証した。協力者は訓練開始前は足し算が苦手な「2集合の和」を用いて計算していた。そこで、訓練ソフトを用いて協力者の発達段階に合わせた訓練を行った。その結果、数を操作する能力、3つの数の足し算や繰り上がりのある足し算の能力、5や10のまとまりの理解に向上が見られた。そして、計算方略も「2集合の和」から「数え足し」、「10の補数関係」を用いた方略へと変化していった。このことから、訓練ソフトを用いた訓練によって数概念が向上したと考えられる。

キーワード 数概念, 認知心理学, 心的数直線, ストラテジー, 足し算, PC

1. ま え が き

知的発達に遅れのある子どもたちは、抽象能力や論理的思考力に劣るため数概念の獲得に困難を示すことがあり、数概念の発達が遅れることが多く見られる [1]。そして、その数概念の中でも、足し算や引き算は重要な基礎となるが、知的発達に遅れのある子どもたちにとっては1桁の足し算、引き算でさえも容易なことではない [2]。

算数の学習が苦手な児童は、数を数えることや数を比較すること、それぞれができるにもかかわらずその両者を結合できないということが多く見られる。そのため、足し算を行う際に二つの数のうち大きい数をまず数え、その後、そこからさらに数え上げていく方法である「数え足し」の方略を使うことができない事や

基本的な数事を見出して長期記憶に保存できないということがある。また、数えるときや比較するとき子どもたちが用いる表象を「心的数直線」という。「心的数直線」とは認知研究によって明らかにされ、初期の数技能における中心的概念構造であり、「数え足し」の方略を促進し、子ども達に概念的な知識を与え、その知識によって基本的な数技能を理解したり、意味理解をともなったものとして適用することができるというものである [3]。

算数の学習では、ある段階の課題を習得できなければ次の段階の課題の習得は期待できないということが少なくなく、算数の学習の指導では数の理解に関する発達順序にあった指導が重要である [2]。特に、知的発達に遅れのある児童は繰り上がりのある場合の計算能力の獲得につまずくことが多く見られる [4]。そのため、繰り上がりのある加法計算の指導においてはストラテジーの形成が重要である。知的発達に遅れのある児童が足し算の計算を行う時に用いる方略として、「2集合の和」や「数え足し」といった方略を多く用いている。そして、そこから「10の補数関係」を用いた方略を身に付けていき、この方略を用いることにより2位数や3位数の演算へ発展させることができる [5]。

現在では、web上でFlashゲームの学習教材集が

[†] 島根大学大学院総合理工学研究科, 〒 690-8504 島根県松江市西川津町 1060

Department of Electronics and Control System Engineering, Graduate School of Shimane University, 1060 Nishikawatsu, Matsue 690-8504, Japan

^{††} 島根大学総合理工学部, 〒 690-8504 島根県松江市西川津町 1060 Interdisciplinary Faculty of Science and Engineering, Shimane University, 1060 Nishikawatsu, Matsue 690-8504, Japan

a) E-mail: nawate@ecs.shimane-u.ac.jp

公開されていたり、算数の学習が苦手な知的発達に遅れのある人たちに対する数の概念の獲得の研究がなされている [6]~[9]。しかし、このような Flash ゲームを用いた訓練では使用者に合わせた難易度や表示方法に変えることが難しく、具体物を使った訓練では手指の巧緻性に問題のある児童に対する訓練や動的なものを取り入れた訓練等には向いていない。また、PC を使った数概念に関する訓練支援の研究も行われている [10], [11]。しかし、これらの研究では実際に問題を解くものがほとんどで協力者への負担が大きく興味も引きにくいと考えられる。

そのため、本研究ではこれらの認知心理学を参考にし、数概念の発達を助けるような動的な効果を取り入れ、協力者の発達段階に合わせたゲーム形式の訓練ソフトを開発し、そのソフトを用いた訓練を行い、その訓練効果についての検証を事例研究として行った。

2. 方法

2.1 協力者

本研究は島根県内の特別支援学校に通う、脳性麻痺を持つ児童に協力してもらい行った。訓練開始時は小学1年7歳であった。協力者は、車椅子で移動している。知的な面での特徴として、会話は出来るが読み書きや足し算が苦手で、数概念の発達に遅れがみられた。WISC-III の検査から、VIQ84, PIQ64, FIQ71 で、特に下位検査項目の算数の評価点が2点と低く、数の

表 1 加減算検査の結果
Table 1 Result of addition and subtraction.

問題	実施日					
	2010 1/24	2010 7/5	2010 8/24	2011 3/10	2011 8/18	2012 2/13
2 + 3						-
3 + 4	×	×				-
6 + 2	-	×				-
3 + 8	-	×	×	×		-
5 + 7	×	-	-	-		-
6 + 8	-	-	-	-		-
17 + 8	-	-	-	-	-	補助
14 + 12	-	-	-	-	-	×
2 + 1 + 2	×	補助	補助			-
3 + 2 + 4	-	-	補助	×		-
4 + 2 + 5	-	-	×	×	×	
5 + 3 + 6	-	-	-	-	×	×
14 - 3	-	-	-	-	-	×
13 - 4	-	-	-	-	-	×

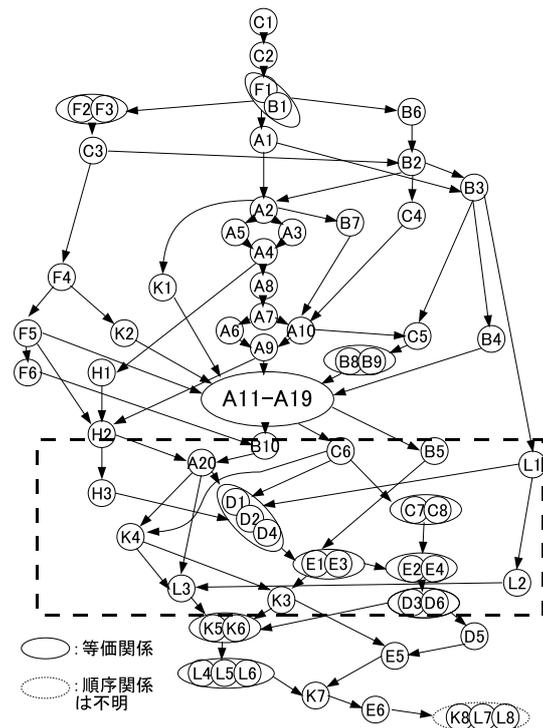


図 1 項目ネットワーク [2]
Fig. 1 Item network [2].

表 2 項目ネットワークの問題 [2]
Table 2 Question of Item network [2].

番号	問題	解答
A20	数詞 20 を答える	正解
C6	30 まで数唱	正解
C7	40 まで数唱	正解
C8	50 まで数唱	正解
D1	2 ~ 5 順唱	正解
D2	5 ~ 8 順唱	正解
D4	4 ~ 10 順唱	正解
E1	5 ~ 2 逆唱	正解
E2	8 ~ 5 逆唱	正解
E3	9 ~ 3 逆唱	7 が言えなかった
E4	10 ~ 4 逆唱	正解
K3	2 + 6 =	7 と答えた
K4	5 + 4 =	8 と答えた
L2	5 - 3 =	正解
L3	6 - 2 =	3 と答えた

操作に関する能力に苦手さがある可能性があるという結果であった(検査時年齢6歳3ヶ月)。また、協力者の訓練開始時の足し算の能力を検査するために、紙に書いている加減算を解く検査を2010/1/24に行った。その結果を表1に示す。2 + 3は「2集合の和」を用いて計算し正答できたが、3 + 4, 5 + 7は不正解だった。

さらに、協力者が発達順序のどの段階の能力であるかを検査・分析した。発達段階の検査には、Ordering analysis を用いて就学前児における数概念の発達順序性を検討し、さまざまな数の概念の獲得から加減算習得にいたるまでの発達の連関をモデル化した 9 課題 75 項目からなる図 1 に示す項目ネットワークを用いた [2]。今回は協力者の能力に見当をつけて図 1 の点線の四角で囲まれた周辺の項目について検査をした。検査を行った 6 課題 15 項目の問題と結果を表 2 に示す。この結果から、協力者は 2 つの手でないと表すことのできない 6 以上の数が含まれる加減算は問題の数を自分の手だけでは表すことができず不正解だった。また、協力者は分割順唱まではできており、発達段階は分割逆唱から「数え足し」の方略を身につけるところであるということがわかった。さらに、「心的数直線」を表象できていないことがわかった。

2.2 実験環境

本研究では 1 週間に 1~3 回程度訓練を行い、訓練時間は 1 回につき 20 分程度である。訓練を行う際は、協力者の隣に実験者が座り必要に応じて補助を行なった。また、訓練にはタブレット PC を用いた。

なお、本研究では PC の OS は WindowsXP を使い、ツールの開発には Ruby/SDL を用いた。

3. 結果と考察

3.1 「すごろくゲーム」の概要

発達段階検査の結果から、協力者が「心的数直線」を表象できていなかったため、図 2 に示すような「心的数直線」の理解を促すように横に多くマス配置した双六形式の「すごろくゲーム」を作成した。「すごろくゲーム」はルーレットを回し、そのルーレットの目の数だけ先の画面上のマスをクリック

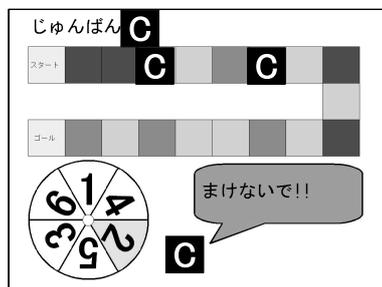


図 2 「すごろくゲーム」

Fig. 2 “Sugoroku” game(Japanese backgammon).

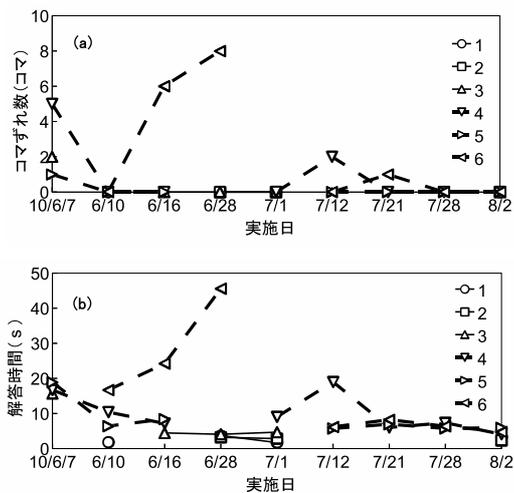


図 3 「すごろくゲーム」の結果 (a) コマずれ数, (b) 解答時間

Fig. 3 “Result of“Sugoroku” game (a)Position misses and (b) answer time .

クしてコマを進めていくゲームである。コマを移動させる際に正解でないマスをクリックすると不正解音が鳴り、正解のマスをクリックしたときにだけコマが正解のマスまで移動する。また、マスの色によって足し算の問題を解くイベントやある秒数が立つとボタンを押すというようなイベントが発生し、そのイベントの結果により続けてもう一度ルーレットを回し、コマを進めたり戻したりして興味を引けるようにした。また、キーボードのあるキーを押すことによって任意のルーレット目が出るように細工をしており、コマずれが大きくなると考えられる大きな目を多く出せるようにした。また、ルーレット目を操作することにより協力者が勝てるようにして楽しめるようにした。さらに、図 2 に示す黒い四角に白文字で C と書いているものはプレイヤーのコマを示しており、コマは協力者の好きなアニメのキャラ等を使用している。

3.2 「すごろくゲーム」での訓練結果

「すごろくゲーム」を用いた訓練を 2010 年 6 月 7 日から 2010 年 8 月 2 日にかけて協力者に行ってもらった結果を図 3 に示す。図 3 (a) に示すコマずれ数はコマを進める際にクリックしたマスが正解のマスから何マスずれているかを 1 ターン平均でルーレット目ごとに表している。図 3 (b) は、実施日ごとにルーレットを止めてから正解のマスをクリックするまでの 1 ターンの平均解答時間をルーレット目ごとに示している。

図 3 に示すように 6 月はコマずれ数も多く、解答時間も 15 秒程度であったが、ルーレット目が 6 や 4 といった大きな数字でない数字はコマずれ数が 0 になり、解答時間も 10 秒を切るほど短くなった。しかし、ルーレット目が 6 や 4 といった数字は数え間違いや間違ったコマをクリックすることがよくみられ、他の数字よりもコマずれ数が多くなり、そのため解答時間も多くなっていった。しかし、訓練を続けていくと最終的にはルーレット目が 6 や 4 でもコマずれ数が 0 になり解答時間も 5 秒程度になった。

3.3 加減算検査 1

協力者の「すごろくゲーム」での訓練効果の検証のため、紙に書いてある加減算を行う検査を 2010 年 7 月 5 日と 2010 年 8 月 24 日に行った。その結果を表 1 に示す。「すごろくゲーム」での成績に向上が見られる前の 2010 年 7 月 5 日に実施したときの結果は前回の 1 月に検査を実施した時と同様に「2 集合の和」を使用して計算しており、足し算をする数の片方でも一つの手で表せない 6 以上の数になると足し算をすることができなかった。しかし、「すごろくゲーム」で向上が見られた後の 2010 年 8 月 24 日の検査では $2 + 3$ 、 $3 + 4$ は指を使って正解することができ、 $6 + 2$ では指を 6 本立て、さらにそこから 2 本立て 1 から数え直すという方略を用いて正解した。この結果より、「すごろくゲーム」を行うことにより協力者の足し算の能力に向上が見られた。しかし、協力者は繰り上がりが理解できておらず、3 つの数の足し算もヒントがないと答えることができなかった。

訓練前にはできていなかった 6 以上の数がある足し算ができるようになり足し算の能力に向上が見られたのは、「すごろくゲーム」で数直線に見立てたマップでマス为数えコマを操作することが「心的数直線」を操作する理解につながったためだと考えられる。

3.4 「すごろくゲーム (両替)」の概要

「10 の補数関係」を用いた方略に必要な繰り上がりや 3 つの数の足し算が理解できていなかったため、繰り上がりや 3 つの数の足し算の理解が進むように図 4 に示すように「すごろくゲーム」を改良した「すごろくゲーム (両替)」を作成した。1 つだったルーレットを 2 つの異なる周期で回転するルーレットにし、その 2 つの目を足した数だけ進めるというように変更した。これは、ルーレットの目の 2 つとコマの位置とで 3 つの数の足し算を行い 3 つの数の足し算を解く方略を理解するねらいで作成した。さらに、色つきのマスでの

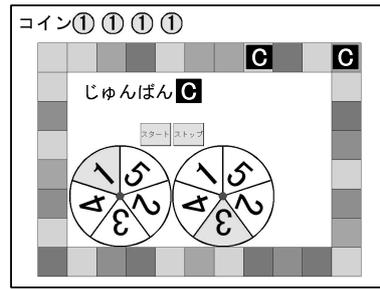


図 4 「すごろくゲーム (両替)」
Fig. 4 “Sugoroku” game (exchange).

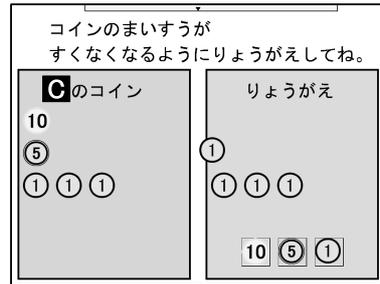


図 5 両替イベント
Fig. 5 exchange event.

イベントの結果によりコインがもらえるように改良した。コインが 5 枚または 10 枚以上集まると図 5 に示す両替の画面に切り替わり、プレイヤーが持っているコインを「りょうがえ」と書かれた領域にドラッグで運びコインを移動させ、そのコインを両替し、その両替を通して 5 や 10 のまとまりを理解するようにした。また、両替イベントを一定の回数行なってもらうために、マップを変更し、10 のコインを 2 枚以上集めるとゴールが出現するようにした。

3.5 「すごろくゲーム (両替)」での訓練結果

2010 年 12 月 2 日から 2011 年 2 月 17 日にかけて行った「すごろくゲーム (両替)」での両替イベントの結果を図 6 示す。図 6 (a) は両替するときのコインの移動回数を示しており、点線はコインの各最短移動回数を表している。図 6 (a) に示すように、訓練開始当初は最短移動回数を大きく上回ることが多かったが、次第にコインの移動回数が減っていき最短移動回数で遂行できるようになった。訓練開始当初にコインの移動回数が多くなっていたのは、持っているコインをすべて移動し、そこから両替に必要なコインを戻していたためである。図 6 (b) には両替の 1 回あたりの平均解答時間を示している。コインの移動に時間が

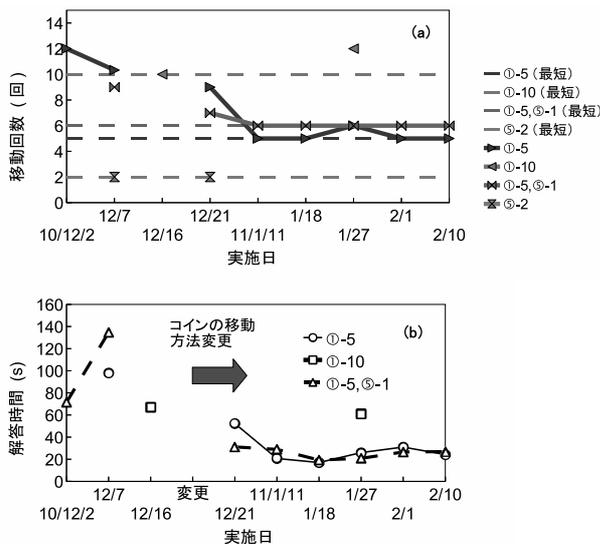


図 6 両替イベントの結果 (a) 移動回数, (b) 解答時間
Fig.6 Result of exchange event .(a) the number of times of movement and (b) answer time .

かかりすぎていたため、12月21日にコインを「りょうがえ」と書かれた領域にドラッグで運びコインを移動させる方法からコインをドラッグするとき移動させたい方向に少しでも移動させドラッグをやめるとコインが移動する方法に変更したので変更前の12月16日以前の解答時間が多くなっている。また、移動方法の変更後は徐々に解答時間が短くなっていき20秒程度で安定した。これは、コインの移動が最短移動回数で行えるようになったためである。

両替イベントでコインを最短移動回数で移動できるようになったのは、両替イベントにより5や10のまとまりの理解が進んだためと考えられる。

3.6 加減算検査 2

協力者の「すごろくゲーム (両替)」での訓練効果の検証のため、紙に書いてある加減算を行う検査を2011年3月10日に行った。その結果を表1に示す。2つの数の足し算では2010年8月24日に行った前回の検査結果と変わらず繰り上がりのある足し算が出来ていなかった。しかし、3つの数の足し算ではヒントを与えずに最初の2つを足し、その足した数ともう一つの数をさらに足すという方略を使って計算出来るようになり $2 + 1 + 2$ は正解することが出来た。ただし、 $3 + 2 + 4$ は指で数を表せていたが、指の数を数え間違い不正解となった。

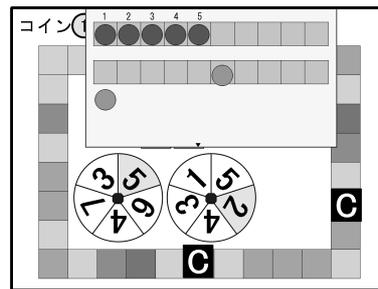


図 7 ヒント画面
Fig.7 Hint screen.

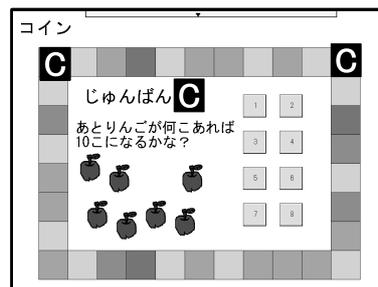


図 8 10の補数理解のためのイベント
Fig.8 The event for understanding the complement of 10 .

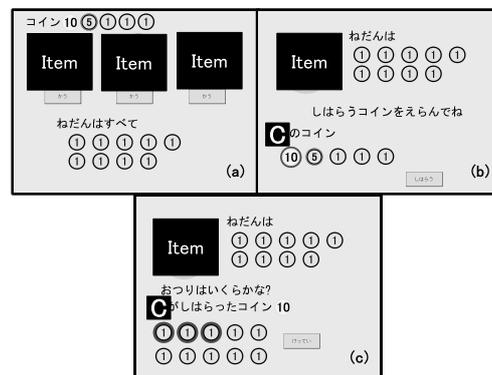


図 9 買い物のイベント (10の補数) (a) アイテム選択, (b) 支払い, (c) おつりの選択
Fig.9 Shopping event (complement of 10) .(a) Item selection (b) payment selection and (c) change selection.

加減算検査で3つの数の足し算で方略を理解して計算していたのは「すごろくゲーム (両替)」で、まず、2つのルーレット目を足し、それからコマを進めるという操作をすることにより3つの数の足し算を解く際の方略を身に付けたためであると考えられる。

3.7 「すごろくゲーム (買いもの)」の概要

繰り上がりのある計算ができていなかったため、繰り上がりのある計算を解くために必要な方略を理解するための改良を「すごろくゲーム (両替)」に加えた「すごろくゲーム (買いもの)」を作成した。まず、図7に示すようなヒント画面を作成した。これは、ルーレットを回した後にルーレットの2つの目を色違いの円の数で表し、基数となる円は1から基数までの数字が書かれた箱にあらかじめ入っており、そこに加数となる円が順に入っていくというもので「数え足し」の方略の理解を深めていくというねらいで作成した。次に、10の補数関係の理解のため、ルーレット目を3~7と1~5に変更し、10の組み合わせの種類が多くなるようにした。さらに、ルーレット目は足して11以上の目が出ないようにしていることやキーボードの指定のキーを押すことによりルーレット目が足して10になる目が出るように仕掛けがしてある。また、図8に示すようなイベントを追加した。これは、2~8個のりんごが表示され、そのりんごの個数に足して10になる数を答え、10の補数関係の理解を進めるものである。さらに、図9に示す買いものイベント (10の補数) を用意した。これは、10コインを1枚以上ためると図9(a)に示す画面に切り替わり、アイテムを買うイベントが発生する。アイテムの値段はプレイヤーが持っている1コインの数に6加えた数になっており、10コインでしか払えないようになっている。次に図9(a)から、アイテムを1つ選択すると図9(b)に示す画面に移り、支払うコイン (10コイン1枚) を選択する。そして、図9(c)に示す画面に移り、おつりの数だけ1コインを選択する。これは、買い物をするにより引き算を通して10の補数関係の理解を進めるねらいで作成した。また、図9に示す黒い四角に白文字でItemと書いているものは協力者の好きなアニメの画像を使用しており購入する (購入した) アイテムを示している。ゴールはアイテムを3つ買うと出現するようにした。

3.8 「すごろくゲーム (買いもの)」での訓練結果

2011年4月25日から2011年8月18日にかけて10の補数関係理解のためのイベントを行い、2011年7月5日から2011年8月18日にかけて買いものイベント (10の補数) を実施した。10の補数関係理解のためのイベントでは、訓練開始時はヒントを与えないと解答出来ず、図10に示すように解答に60秒近くかかることもあったが徐々に減少していき、8月に入

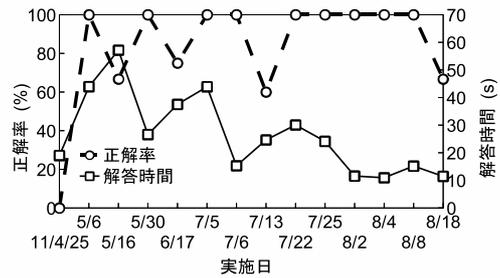


図10 10の補数関係理解のためのイベントの結果
Fig.10 Result of understanding event of complement of ten.

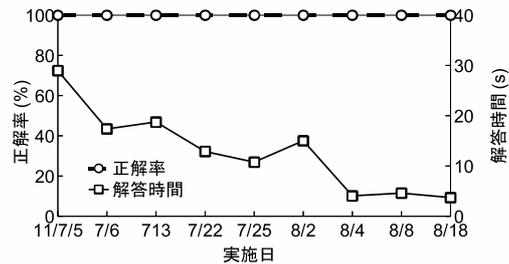


図11 買いものイベント (10の補数) の結果
Fig.11 Result of shopping event (complement of 10).

てからは10秒程度になった。また、訓練開始時は間違いが多くみられたが7月後半からはほぼ100%の正解率であった。

買いものイベント (10の補数) でも、訓練開始当初はおつりがどのようにして求められるかが理解出来ておらず、ヒントを出さないとおつりの数を求めることが出来なかった。そして、図11に示すように訓練開始当初は解答に30秒程度の時間がかかっていたが、徐々に減少しており直近3回では5秒程度となり向上がみられた。10の補数関係理解のためのイベントや買い物イベント (10の補数) での向上がみられたのは、訓練開始当初は答えを導く過程を確立出来ていなかったが、「数え足し」の方略を用いて解答するようになったためである。

3.9 加減算検査 3

訓練の効果の検証として2011年8月18日に行った加減算検査の結果を表1に示す。「すごろくゲーム (買いもの)」の各イベントによって「数え足し」の方略の理解が深まり、加減算検査では「数え足し」の方略を用いて計算するようになり繰り上がりのある計算で正解することができた。このように、ストラテジーが

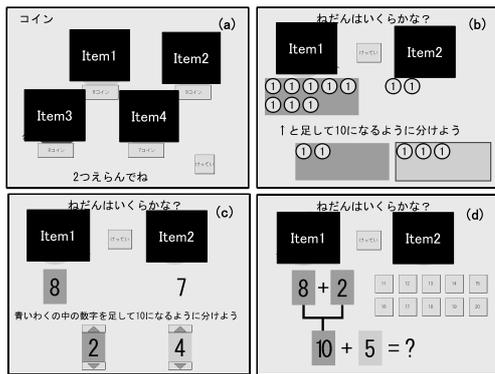


図 12 買い物のイベント (加数分解) (a) アイテム選択, (b) 加数分解 (絵呈示), (c) 加数分解 (数字呈示), (d) 足し算

Fig. 12 Shopping event (resolve of addend) (a) Item selection (b) resolve of addend (picture presentation), (c) resolve of addend (number presentation) and (d) adding.

変化し数概念に向上が見られた。

3.10 「すごろくゲーム (10 の補数)」の概要

繰り上がりのある計算で「数え足し」の方略を用いて解くことができるようになったが、2 位数や 3 位数の演算へ発展させるために、「10 の補数関係」を用いた方略の理解を促すための改良を加え、図 12 に示す買い物のイベント (加数分解) を追加した「すごろくゲーム (10 の補数)」を作成した。買い物のイベント (加数分解) は、まず、図 12(a) の画面で好きなアイテムを 2 つ選択する。「けっぺい」を押すと図 12 の (b) または (c) の画面に移る。図 12(b) ではコインを移動させたい領域を選択し、コインをクリックするとコインが移動し、図 12(c) では、矢印の付いたボタンを押すと各数字が増減するので、加数を基数と足して 10 になる数とその残りの数の 2 つに分解する。そして、「けっぺい」を押すと基数と分解した一方の数が合わさり 10 になるというアニメーションが流れ、図 12(d) の画面になりアイテム 2 つの値段を足した数を解答する。このイベントではコインの枚数を図 12(b) のように絵で呈示しているものと、図 12(c) のように数字で呈示してあるものがある。そして、数字で呈示するものでは図 12(c) の画面で加数を分解する際に加数が分解した数にあわせて増減するものと、加数がアイテムの値段で固定されているものがある。また、このイベントはある程度の回数を行なってもらうため、あるマスに止まると発生し、このイベントでアイテムを 10 個買うとゴールが出現するようにした。

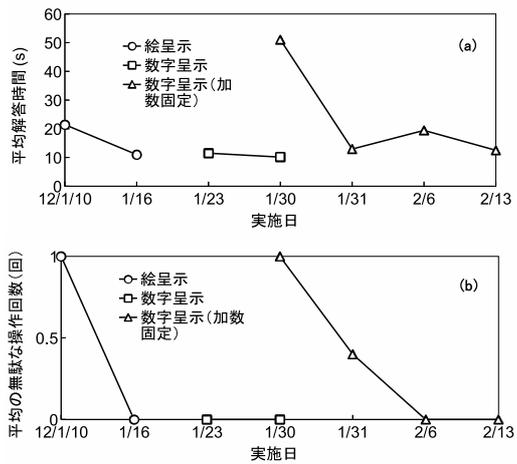


図 13 買い物のイベント (加数分解) の結果 (a) 解答時間, (b) 無駄な操作

Fig. 13 Result of shopping event (resolve of addend). (a) Answer time and (b) Useless operation.

3.11 「すごろくゲーム (10 の補数)」での訓練結果

協力者に「すごろくゲーム (10 の補数)」を 2012 年 1 月 10 日から 2012 年 2 月 6 日にかけて行ってもらった。買い物のイベント (加数分解) の結果を図 13 に示す。図 13(a) には図 12(b) または (c) の画面に移ってから加数を分解して「けっぺい」を押すまでの時間の平均を示している。図 13(b) にはコインを分解する際に無駄な操作が何回あったかの平均を示している。コインを絵で呈示したときの 2012 年 1 月 10 日は初回ということもあり慣れていなく時間がかかり無駄な操作もあったが 1 月 16 日はつまり様子もなく解答時間が 10 秒程度になり無駄な操作もなくなった。数字を呈示するように仕様を変更した後も解答時間は 10 秒程度で無駄な操作もなかった。しかし、数字呈示で加数が変動しないようにすると分解する数の 10 の補数関係と異なる数の求め方がわからず解答にかなり時間がかかったが、加数から 10 の補数関係になる数を引けば求まる事に気づき、それ以降はその方略を用いたため解答時間は 10 から 20 秒程度となり無駄な操作も減っていき 0 になった。

3.12 加減算検査 4

買い物のイベント (加数分解) の成績に向上が見られたので 2012 年 2 月 13 日に訓練効果の検証のため加減算検査を行った。その結果を表 1 に示す。訓練前である 2011 年 8 月 18 日の検査では「数え足し」の方

略を用いて足し算の計算を行っていた。しかし、訓練後では、 $6+8$ では「10の補数関係」を用いた方略を使って正答した。また、3つの数の足し算でも最初の2つの数を足し、その結果ともう一つの数を「10の補数関係」を用いた方略を使って足していたが $5+3+6$ では計算間違いしていた。引き算の2問では基数を10と余りの数に分解して10から減数を引いたが、その引いた数と余りの数を足すのを忘れて不正解だった。 $17+8$ 、 $14+12$ はわからないと答えた。また、 $17+8$ では、「 $6+8$ と同じように計算するように」とヒントを与えると正答することができた。

これらの結果から、協力者は「すごろくゲーム(10の補数)」を用いた訓練によって「10の補数関係」を用いた計算方略を身に付け、一桁同士の足し算ではそれを使いこなせるようになり、ストラテジーが変化した数概念が向上したことがわかった。しかし、引き算の問題から位取りが理解できていない様子や計算方略が混同している様子が見られた。

4. 協力者の学校での学習状況

協力者への聞き取りや宿題の内容から、「心的数直線」の理解のために行っていた「すごろくゲーム」を用いた訓練で訓練結果に向上が見られたときは、夏休みで学校での学習は行っていなかった。また、3つの数の足し算の理解を促すために行った「すごろくゲーム(両替)」での訓練中は、3つの数の足し算は習っていなかった。さらに、「数え足し」や「10の補数関係」の方略理解のための訓練中には繰り上がりのある足し算は習っていなかった。

このことから、それぞれの訓練ソフトを用いて訓練している時には学校での学習内容が訓練内容とは異なっており、また、訓練内容を習っていなかったため、我々が開発した訓練ソフトでの訓練が数概念の向上に大きく影響したのではないかと考えられる。

5. む す び

数概念の発達に遅れのある児童に対して数概念向上のための訓練を2009年より行った。認知心理学を取り入れた「すごろくゲーム」を用いた訓練を協力者に行った。その結果、マスを操作する能力に向上が見られ「心的数直線」の理解が深まり、6以上の数がある繰り上がりのない足し算が正答できるようになった。

次に、3つの数の足し算と繰り上がりの理解を促すような改良を加えた「すごろくゲーム(両替)」を用

いた訓練を行った。その結果、2つのルーレット目を足し、そこからコマを進めるという操作から3つの数の足し算を解く方略の理解が進み、実際に3つの数の足し算で正答できるようになった。

そして、繰り上がりの理解を助けるために「数え足し」や「10の補数関係」を用いた方略の理解を促すような改良を加えた「すごろくゲーム(買い物)」を用いた訓練を行った。その結果、各イベントで「数え足し」の方略を使い解答することにより成績が向上が見られ、加減算検査では「数え足し」の方略を身に付け繰り上がりのある足し算で正答できるようになった。

さらに、「10の補数関係」を用いた方略の理解を促すための改良を「すごろくゲーム(買い物)」に加え訓練を行った。その結果、買い物のイベント(加数分解)では加数を分解した数の求め方を理解し成績が向上し、実際に1桁同士の足し算をする際に「10の補数関係」を用いた方略を使っており、ストラテジーが変化した様子が見られ、数概念の能力が向上した。

また、訓練期間中には学校では訓練と同様の内容の学習を行なっておらず、それぞれの発達段階に合わせた訓練ソフトでの訓練を行なっていくことにより数概念の向上に大きく影響すると考えられる。

しかし、2012年2月13日に行った加減算検査では、 $14-3$ で14を10と4にわけ10から3を引いており、位取りの理解に遅れがある様子が見られた。そのため、今後は位取りの理解が進むような訓練を行っていく必要があると考えられる。また、位取りの理解が進むと $17+8$ や $14+12$ といった問題を解くために、「10の補数関係」を用いた方略の理解をさらに進め、この方略を応用できるようにしていく訓練が必要であると考えられる。また、今回は一人の協力者について実験を行ったが、今後は今回の協力者と同様に数概念の発達に遅れのある児童に対して発達段階に合わせた訓練ソフトを用いた訓練を行っていく、訓練ソフトの有効性を検証していく必要がある。

謝 辞

評価実験に協力して頂いた、皆様に深く感謝致します。また、この研究は一部株式会社MRYとの共同研究「発達障害者の検査・訓練プログラム用クラウド端末開発」、松江市補助金「実践的Rubyプログラミング学習プロジェクト」の協力の下に行われた。

文 献

- [1] 藤原鴻一郎, “ちえ遅れの子ども算数・数学”, 学習研究

- 社, 1978 .
- [2] 大塚玲, “幼児の加減算習得にいたる数の理解に関する発達順序性”, 静岡大学教育学部研究報告(教科教育篇)第31号, 2000 .
- [3] J・T・ブルーアー, “授業が変わる - 認知心理学と教育実践が手を結ぶとき”, 北大路書房, 1997 .
- [4] 川間健之介, “計算に困難を示す児童の指導-繰り上がりのある加法計算のストラテジーの変化-”, 教育実践総合センター研究紀要, 15, pp.187-195, 2003 .
- [5] 板井, 大野, “精神遅滞児における加法計算のストラテジー”, 特殊教育学研究, 34(5), pp.44-51, 1997 .
- [6] KanzaSoftFactory & Library ,<http://kanza.qee.jp/>
- [7] 丸山, 無藤, “幼児のインフォーマル算数について”, 発達心理学研究, 8(2), pp.98-110, 1997 .
- [8] 小寺廣次, “学習障害を疑われる児童の算数指導”, 情緒障害教育研究紀要, 14, pp.103-108, 1995 .
- [9] 小谷, 守屋, 室谷, “知的障害者に対する数概念の指導”, 京都教育大学教育実践研究紀要第7号, pp.95-101, 2007 .
- [10] 岩根, 竹内, 大槻, “算数の文章題を対象としたネットワーク型知的教育支援環境”, 電子情報通信学会論文誌, Vol. J80-D-2(4), pp.915-924, 1997 .
- [11] 東原, 前川, “算数文章題 CAI 教材パッケージの開発と学習困難児の指導への利用”, 心身障害学研究, 21, pp.37-48, 1997 .

(平成 xx 年 xx 月 xx 日受付)

鶴川 直樹 (学生員)

2010 島根大・総合理工・電子制御システム卒。現在, 同大学院総合理工学研究科電子制御システム工学専攻博士前期課程在籍。数概念の発達に遅れのある児童に対する PC ソフトを用いた訓練の効果についての研究に従事。

縄手 雅彦 (正員)

1981 広島大・工・第二类(電気系)卒。1987 同大学院工学研究科博士課程後期材料工学専攻了。1987 名古屋大学工学部助手。1990 広島大学工学部助手。1996 島根大学地域共同研究センター助教授。1999 島根大学総合理工学部助教授。2008 島根大学総合理工学部教授。現在に至る。2000 より福祉情報工学分野の研究に従事。工博。

Abstract We have developed software for improvement of numerical concept based on cognitive psychology . And we verified the effect of the software by cooperation of a child who has retardation in intellectual development . The cooperater was not good at adding and had solved adding using “counting up” before training . Therefore , we have carried out several steps of training which are adopted to cooperater’s developmental steps . As a result , the cooperater has improved the ability of operation of a number , adding of three numbers , adding with carry and understanding cohesion of five and ten . Furthermore , the strategy changed to “counting on” and “it using the complement of ten” . Thus , we consider that training using our software has improved numerical concept of the cooperater .

Key words numerical concept , cognitive psychology , mental number line , strategy , PC