

## すごろくゲームを用いた数概念獲得訓練

### Training for numerical concept acquisition using "Sugoroku game"

鶴川 直樹<sup>†</sup>

Naoki Tsurukawa

縄手 雅彦<sup>‡</sup>

Masahiko Nawate

#### 1. 背景

我々は脳性麻痺の随伴障がいによって知的発達に遅れのある児童に対して、PCを使った数の概念の向上のための訓練の検証を行っている [1-4]。脳性麻痺を持っている人は筋緊張の異常による運動障がいの他に、知能障がいや知覚障がいを伴うことがある。この知能障がいのために知的発達に遅れが見られることがある。こういった子どもたちは、抽象能力や論理的思考力に劣るため、数の概念の獲得に困難を示すことがあり、数の概念の発達が遅れることが多く見られる [5]。

算数の学習の基礎である数の概念の成立には「数唱しないで見ただけで瞬時に3まではとれること。この程度の視覚的な把握能力がないと、数の合成分解や計算に支障をきたしやすい」[6]とある。さらに、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、それぞれが出来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ほうをまず数え、その後、そこからさらに数え上げていく方法のカウンティング・オンを使うことができない事や基本的な数事象を見出して長期記憶に保存できない。また、数えることや比較するときに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、初期の数技能における中心的概念構造で、カウンティング・オンを促進し、この心的数直線を表象できるようになれば基本的な数の概念の理解が進むのである [7]。さらに、繰り上がりのある足し算の計算を行うときに用いる方略として、精神遅滞児の多くは数え足しといった方略を用いている。そして、そこから10の補数の関係を用いた方略を身につけ、その方略を用いることにより2位数や3位数の演算へ発展することができる [8]。

現在では、web上でFlashゲームの学習教材集が公開されていたり、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 [9-11]。しかし、このようなFlashゲームなどではデータ解析や使用者に合わせた難易度や表示方法、デバイスなどを変えることが難しい。また、動的なものがなく数の瞬時把握の訓練などができない。そのため本研究室では協力者に合った難易度や表示方法、デバイスにできることや協力者の興味を引くように効果音をつけるなどの工夫ができることや動的なものをつくること、容易に記録を残せることからPCソフトによる訓練の可能性について研究している。

これまで、我々は知的な遅れがみられ、足し算が苦手である児童に対して数概念向上のためのツールを作成し、そのツールを使った訓練の検証を行ってきた。訓練開始当初、協力者は足し算をする際に指で数を記録し数唱する様子や、3個あるものを瞬時把握できず、数唱して数を確認する様子が見

れた。まず、我々は数の瞬時把握や数対象と数字の関係理解が進むようなツールを作成し、それを実際に協力者に行ってきた。その結果、数の概念の向上の第一歩である数唱しないで見ただけで瞬時に3までは取れることについては向上がみられた。しかし、訓練効果の評価として用いた足し算を行うツールでは向上がみられなかった [1]。そのため、協力者の加減算の発達段階の検査を行った。その結果、分割逆唱からカウンティング・オンに移る段階で心的数直線を表象できていないことがわかった [2]。そこで、心的数直線を参考にした「すごろくゲーム」というツールを作成し、訓練を行った。その結果、足し算の能力に若干の向上が見られたが、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出来なかった [3]。そのため、繰り上がりの理解のために5や10のまとまりの理解や3つの数の足し算の理解が進むように「すごろくゲーム」に改良を加え、訓練を行った。その結果、5や10のまとまりの理解が深まり、3つの数の足し算では、解く方略を身につけ計算することが出来た。しかし、10の補数関係等を理解しておらず、繰り上がりのある足し算は計算することが出来なかった [4]。そこで、本研究は、協力者が苦手である、繰り上がりの理解のため10の補数の理解や数え足しの方略の理解が進むように「すごろくゲーム」を改良し、その「すごろくゲーム」を使った訓練を行うことにより数の概念の理解が進み、足し算の能力が向上するかを検証することを目的とする。

#### 2. 実験方法

##### 2.1. 協力者

本研究は島根県内の特別支援学校に通う小学3年、8歳の脳性麻痺を持つ児童に協力してもらい行った。協力者は、車椅子で移動している。また、知的な面での特徴として、会話はできるが読み書きや足し算等が苦手な、数の概念の発達に遅れがみられた。

##### 2.2. 実験方法

本研究ではPCのOSはWindowsXPを用い、ツールの開発にはRuby/SDLを用いている。また、本研究室で開発したツールにはツール名に「」をつけて表示することにしている。実験にはタブレットPCを用いた。

##### 2.3. 実験ツール

本研究では数の概念の向上のため、図1に示す「すごろくゲーム」を用いて訓練を行った。この「すごろくゲーム」は心的数直線を参考にして作成しており、直線につながったマスも多く配置している。2つの異なる周期で回転するルーレットを回し、その2つの目を足した数だけ先の画面上のマスをタブレットペンでクリックするというゲームである。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マまで移動する。この「すごろくゲーム」は、10の補数の理解のため、ルーレットの目が3~7と1~5になっており、10の組み合わせの種類が多くなるようにしている。さらに、ルーレットの目は足して11以上の目が出ないように

<sup>†</sup>島根大学大学院 総合理工学研究科, Graduate School of Science and Engineering, Shimane University

<sup>‡</sup>島根大学 総合理工学部, Interdisciplinary Faculty of Science and Engineering, Shimane University

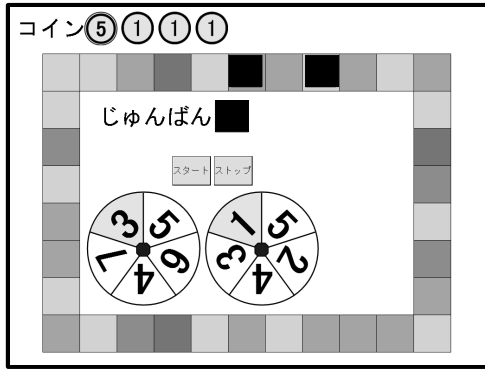


図 1: 「すごろくゲーム」

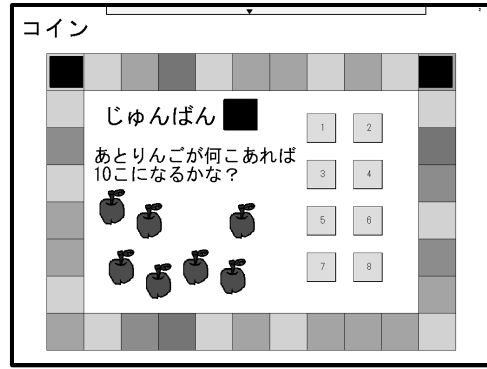


図 3: 10の補数理解のためのイベント

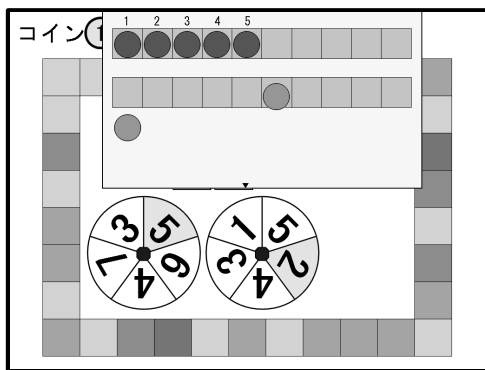


図 2: ヒント画面

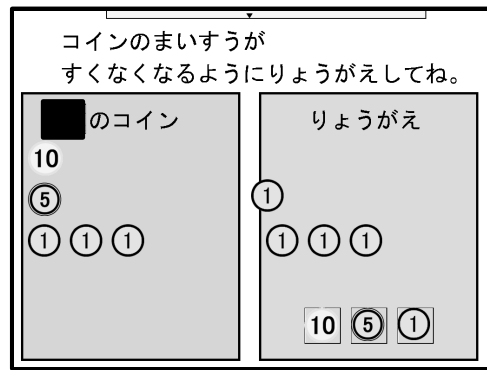


図 4: 両替画面

なっ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の目が足して10になる目が出るように仕掛けがしてある。次に、図2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、数え足しの理解を深めていくというねらいで作成した。また、色つきのマスに止まると足し算の問題やじゃんけん等のイベントが発生し、そのイベントのひとつとして図3に示すようなイベントを用意した。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の補数の関係の理解を進めるものである。また、これらのイベントの結果によりコインがもらえる。コインが5枚または10枚以上集まると図4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”と書かれた領域方向にドラッグで運びコインを移動させ、そのコインを10コインまたは5コインと両替する。10コインを1枚以上ためると図5(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5(a)から、アイテムを1つ選択すると図5(b)に示す画面に移り、支払うコインを選択する。そして、図5(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の補数の理解を進めるねらいで作成した。ゴールはアイテムを3つ買うと出現する。

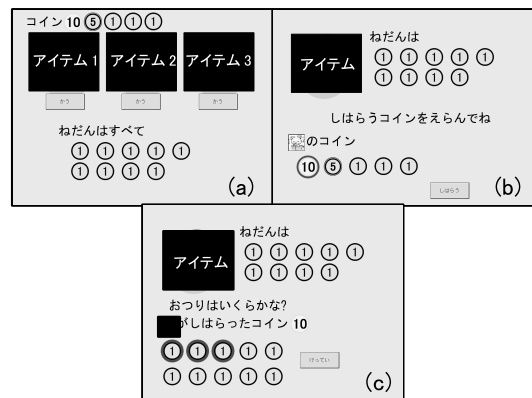


図 5: 買い物イベント (a) アイテム選択, (b) 支払い, (c) おつりの選択

### 3. 結果と考察

#### 3.1. 「すごろくゲーム」

協力者に「すごろくゲーム」を行ってもらった結果を図6、7に示す。図6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ターン平均で表している。コマずれ数は0に近い値で推移しており、コマずれ数が多くても1とかなり低い値になっている。図7は、実施日ごとの1ターンの平均解答時間を示しており凡例は2つのルーレットの目を足した数を示している。ルーレツ

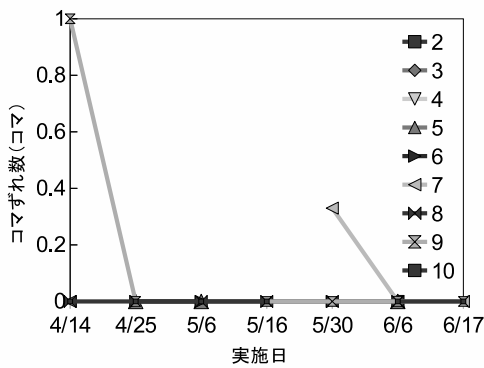


図 6: 「すごろくゲーム」の結果 (コマずれ)

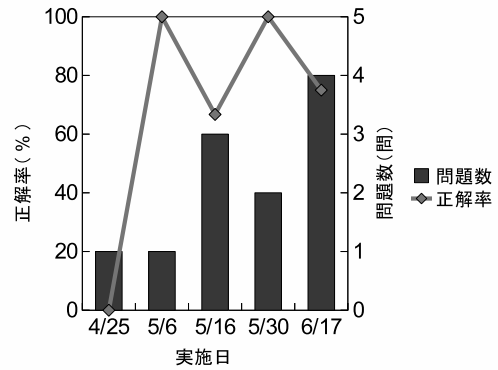


図 8: 10の補数関係理解イベント (正解率)

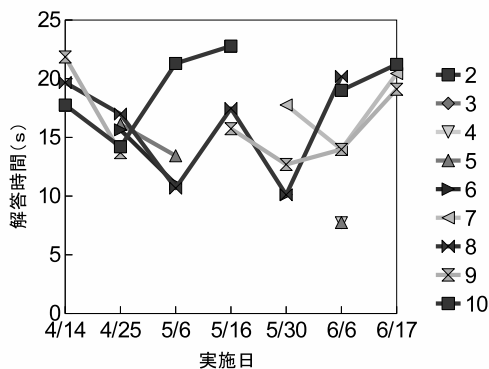


図 7: 「すごろくゲーム」の結果 (解答時間)

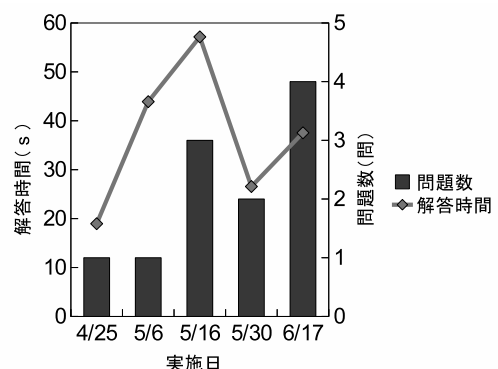


図 9: 10の補数関係イベント (解答時間)

トを改良する以前は、ルーレットの目を足して10になる数はそれぞれのルーレットの目が5と5のパターンしかなく、ルーレットの目を足して10になる目が出たときなど、ゾロ目が出たときは他のルーレットの目が出たときよりも解答時間が短くなっていた [4]。しかし、ルーレットを改良した後は、図7より解答時間はどのルーレットの目が出て15秒前後の時間がかかっており、ルーレットの目が10であっても他のルーレットの目が出たときとあまり変わらなかった。この結果より協力者はゾロ目を足した数は瞬時に把握できているが、10の補数関係は瞬時に理解できていないことがわかった。

### 3.2.10の補数関係理解イベント

協力者に図3に示す10の補数関係のイベントを行った結果を図8, 9に示す。図8の折れ線は実施日ごとのイベントでの正解率を示しており、棒グラフはそのときの問題数を示している。図8から、4月25日は問題数が1問しかなく、初回ということもあり正解することが出来なかったため、正解率が0%になっていたが、それ以降は正解することもあったが間違えることもあり、日によって正解率がばらばらである。図9の折れ線は実施日ごとのイベントでの解答時間の1問平均を示し、棒グラフは図8と同様に問題数を示している。図9から、解答時間は20秒程度から60秒の間で推移しており、かなり時間がかかり、ばらつきが大きくなっている。正解率、解答時間もばらばらであるのは、答えを導くまでの過程を協力者が確立できておらず、毎回問題が出るたびにやり方

から考えているためであると考えられる。また解答に時間がかかりかかっていることから、協力者は10の補数関係を瞬時に把握出来ていないと考えられる。

### 3.3. 買い物イベント

6月17日に図5に示す買い物のイベントが出現する「すごろくゲーム」を行った。買い物のイベントをする際には初めてということもあり、操作方法や問題について介入しながら行ったが、解答に60秒程度かかった。これは、10の補数関係の理解が出来ていないためだと考えられる。今後、この「すごろくゲーム」を継続して行い10の補数関係の理解が深まるかをみていく必要がある。

### 3.4. 加減算の発達段階検査

協力者に発達段階の検査を行い「すごろくゲーム」を用いた訓練を始めて1年が経ったので6月17日に加減算の発達段階の検査をした。これは、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、数の概念に関する項目ネットワークを構成することによって、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続性をモデル化したもので、項目ネットワークは9課題75項目からなるものである [12]。この項目ネットワークを図10に示す。これは、上から順に発達していく項目が示されているものである。今回は以前、協力者に行った項目について検査を行った。協力者に行った項目は図10の点線で囲んであるあたりの項目である。検査を行った結果を表1に示す。今回実施した検査では、以前はできていなかった分割逆唱や加減

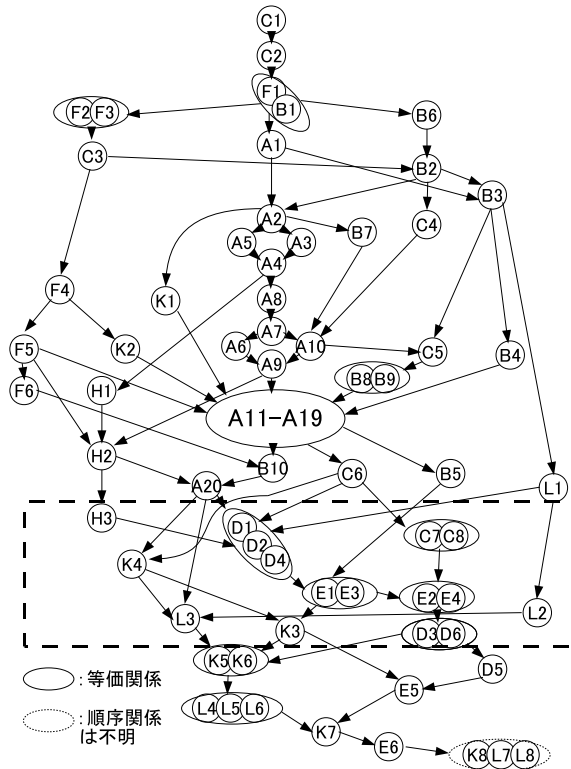


図 10: 項目ネットワーク [12]

表 1: 発達段階の検査結果 [12]

番号	問題	解答 (2010/6)	解答 (2011/6)
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	正解
D2	5~8 順唱	正解	正解
D4	4~10 順唱	正解	正解
E1	5~2 逆唱	正解	正解
E2	8~5 逆唱	正解	正解
E3	9~3 逆唱	7 が言え なかった	正 解
E4	10~4 逆唱	正解	正解
K3	2 + 6 =	7 と答えた	正解
K4	5 + 4 =	8 と答えた	正解
L2	5 - 3 =	正解	正解
L3	6 - 2 =	3 と答えた	正解

算でも正解することが出来た。これより、協力者の発達段階は昨年の検査時よりも向上していることがわかった。また、引き続き検査を行い、協力者の現在の発達段階がどの程度であるか検査していく必要がある。

#### 4. まとめ

本研究では、協力者 A が苦手である、繰り上がりや 3 つの数の足し算の理解が進むような「すごろくゲーム」を改良し、それを用いて訓練を行った。その結果コマずれはほとんどなく安定しているが、ルーレットの目が 10 であっても他の目のときと同程度の解答時間がかかっており、10 の補数関係の理解ができていなかった。10 の補数関係理解のためのイベントでは、解答方法を確立出来ておらず、正解率、解答時間が共に安定していなかった。また、解答に時間がかかっており、このイベントからも 10 の補数関係を瞬時には把握できていないことがわかった。

加減算の発達段階の検査では一年前に実施した項目を行い、間違えていた項目もすべて正解することができた。これより協力者の加減算の発達段階に向上がみられた。

#### 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。

#### 参考文献

- [1] 鶴川, 川口, 縄手, “ PC を使った脳性麻痺児の認知能力向上のための訓練 ”, 信学技報, Vol. 110, No. 53, pp.15-20 (2010)
- [2] 鶴川, 縄手, “ PC を使った脳性麻痺児の数概念向上のための訓練 ”, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2010 論文集 ”, 1133, pp.41-44 (2010)
- [3] 鶴川, 川口, 縄手, “ 知的に遅れのある児童に対する PC を用いた訓練手法の開発 ”, ATAC2010 Proceeding, pp.145-146 (2010)
- [4] 鶴川, 縄手, “ 数概念獲得に困難を示す児童に対しての PC ソフトウェアを用いた訓練 ”, 信学技報, Vol. 111, No. 58, pp.75-80 (2011)
- [5] 藤原鴻一郎, “ ちえ遅れの子どもの算数・数学 ”, 学習研究社, p.7 (1978)
- [6] 宇佐川浩, “ 感覚と運動の高次化からみた子ども理解 ”, 学苑社, p.160 (2007)
- [7] 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, pp.76-77 (1997)
- [8] 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)
- [9] KanzaSoftFactory & Library, <http://kanza.tee.jp/>
- [10] 佐藤暁, “ 数概念の獲得が困難な学習障害児における算数学習経過の分析 ”, 特殊教育学研究 Vol.32, No.5, pp.39-43 (1995)
- [11] 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)
- [12] 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, pp.259-270 (2000)