

## 「結び目理論を応用した図形ゲーム」による 幼児の数学教育効果の調査研究を開始しました

大阪市立大学は、結び目理論を応用した図形ゲーム「領域選択ゲーム」(Region Select)を用いて、幼児の数学教育効果の調査研究を保育園、幼稚園の協力を得て開始しました。

本学数学研究所の河内明夫所長(理学研究科教授)を中心とする研究チーム(現 大阪工業大学:岸本健吾特任講師、現 広島大学:清水理佳特任助教)は、2011年に結び目理論を応用した図形ゲーム「領域選択ゲーム」を考案し、その年の12月には、共同研究先の株式会社グローバルエンジニアリング(本社:名古屋市中村区名駅南2-10-22)からスマートフォン用図形ゲームとして商品化を実施しました。

今回、同じく(株)グローバルエンジニアリングの協力を得て、この図形ゲームの幼児版を製作し、数字をよく知らない幼児がどの程度図形による数学アルゴリズムを獲得できるかを研究するための検証を開始しました。

調査対象としては、幼児教育に熱心に取組んでいる大阪教育大学附属幼稚園、大阪女子短期大学地域子育て支援研究所、社会福祉法人晴朗会すくすく保育園の3施設に、この幼児版の図形ゲームを組込んだタブレット端末を配布して、その教育効果のデータ取得を依頼しました。

取得データの解析とその教育効果の検証は、「結び目の数学教育研究会」(代表 柳本朋子大阪教育大学教授)に依頼して行います。



### <調査検証の概要>

- 調査期間:平成25年1月下旬~9月上旬
- 調査目的:幼児の数学力を向上させるための教材として、結び目理論を応用した図形ゲーム「領域選択ゲーム」の幼児版を使い、その教育効果を検証する。
- 調査対象: ①大阪教育大学附属幼稚園  
②大阪女子短期大学地域子育て支援研究所  
③社会福祉法人晴朗会すくすく保育園  
(実施期間:平成25年1月下旬~3月下旬)
- 教育効果の検証:「結び目の数学教育」研究会(柳本朋子大阪教育大学教授代表)  
(実施期間:平成25年4月上旬~9月上旬)
- 調査方法:幼児版の結び目ゲームを組込んだタブレット端末(10台)によるデータ取得

### <領域選択ゲームとは>

「領域選択ゲーム」は、大阪市立大学 数学研究所によって開発されたものです(特願 2011-95520)。今回、製作した幼児用「領域選択ゲーム」の代表的な結び目の図形を図に示します。

幼児用の図形ゲームの場合(下図(b)を参照)は、一筆で描ける茎(線)の交わる部分に例えば、朝顔の

つぼみの図形を配置し、茎(線)で囲まれた閉領域を指でタッチして選択するごとに、この領域に接する交点のつぼみが開花(点灯)したり、つぼみに戻ったりを繰り返します。ゲームクリアの条件は全てのつぼみを開花状態にすることです。

ルール通りに描かれた図形であれば、朝顔の状態がつぼみ、開花のどのような状態であっても必ず全ての朝顔を開花できるということが、数学の結び目理論で証明されています。

数学を応用した文字や数字を使用しない頭脳ゲームですが、数学の知識を必要としません。操作・ルールは簡単でありながら、直感力や数手先を読む思考力が試されるという特性を持っており、就学前児童や、小学校低学年児童の図形教育、および高齢者の視空間認識機能リハビリテーションに役立つことが期待されています。



(a)



(b)

幼児用「領域選択ゲーム」の代表的な結び目の図形

#### <研究の概要>

数学に限ってみると、左脳には、論理的思考、数学の知識、抽象的思考などのメカニズムが集中し、右脳には空間的視覚機能、空間感覚・空間認知、視覚的記憶などのメカニズムが集中しています。数学を考えるには、まず数学の具体的なイメージをもつ力が必要となりますが、それは図形教育による右脳思考の訓練により培われるものです。

結び目理論の初等部分は、ユークリッド幾何の進化した図形の研究です。結び目理論を応用した図形ゲーム「領域選択ゲーム」の1つ1つは、ある0と1からなる係数の多変数の連立1次方程式を解くことと同等であり、これはすなわち右脳思考の訓練になります。

幼児に数学を教えようとする場合、一般には、まず数字を暗記させることから始めます。しかし、それは将来の数学の勉強のための重要な準備作業ではありますが、右脳思考の数学訓練や数学アルゴリズムの訓練などの数学力を向上させるための訓練とはいえません。

この「領域選択ゲーム」幼児版では、数字を知らない幼児にも数学力を向上させることが可能であることを検証したいと考えています。

#### <今後の展開>

幼児版図形ゲーム「領域選択ゲーム」の数学教育効果の研究成果を基に、幼児教育産業向けにこのゲームの製品化の可能性を探求する予定です。

また、「領域選択ゲーム」の高齢者版を製作して、アルツハイマー病など空間認知の病気の改善効果の検証を行いたいと考えています。

#### 【研究に関する問い合わせ先】

大阪市立大学理学研究科 教授 河内 明夫  
TEL : 06-6605-2514

#### 【取材に関する問い合わせ先】

大阪市立大学広報室 小澤、勝井  
TEL : 06-6605-3570 FAX : 06-6605-3572

【参考資料】

河内 明夫 (かわうち あきお)  
大阪市立大学 大学院理学研究科 数物系専攻 教授

○略歴

上智大学理工学部数学科卒業、神戸大学理学研究科修士課程数学専攻、大阪市立大学理学研究科博士課程数学専攻修。理学博士（大阪市立大学）。

1977年4月～1980年3月 大阪市立大学理学部助手

1980年4月～1981年3月 大阪市立大学理学部講師

1981年4月～1988年10月 大阪市立大学理学部助教授

1988年10月～2001年3月 大阪市立大学理学部教授

2001年4月～現在 大阪市立大学大学院理学研究科教授

この間、1978年9月～1980年4月 プリンストン高等学術研究所研究員

1987年6月～1988年3月 カリフォルニア大学バークレー校客員研究員

1991年3月～1991年4月 メルボルン大学 Visitor

# 結び目理論を応用した図形ゲーム 「領域選択ゲーム」(Region Select) による 幼児の数学教育効果の調査研究 について

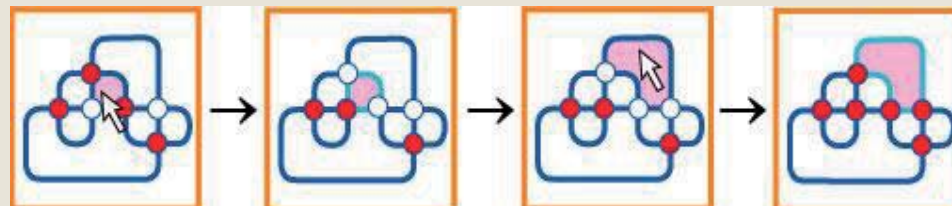
右脳を刺激することの実証研究へ

理学研究科数学研究所  
所長・教授 河内 明夫

1

## 「領域選択ゲーム」(Region Select)

☆本学数学研究所での発明(特願2011-95520)発明者:河内明夫、岸本健吾(現大阪工大特任講師)、清水理佳(現広島大特任助教;大阪市大数学研究所兼任研究所員)



領域を選択

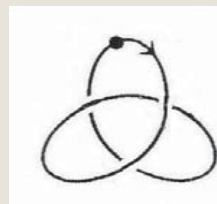
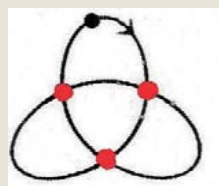
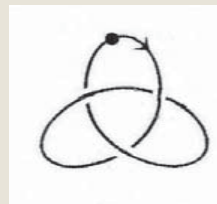
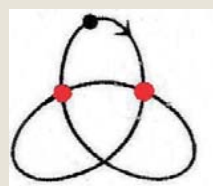
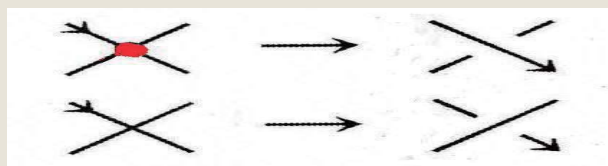
領域の境界上の  
ランプの点灯・  
消灯が交替する

別の領域を選択

全てのランプ  
が点灯したら  
ゲーム終了

どのような点灯状態であっても、必ず全てのランプを点灯できるということが、数学の結び目理論で証明されている。

2



全点灯は解けた結び目のことである。

3

☆ 2011年12月共同研究先の株式会社グローバルエンジニアリング(本社名古屋市)からスマートフォン用図形ゲームとして商品化を実施



☆今回、同じく(株)グローバルエンジニアリングの協力を得て、この図形のゲームの幼児版を製作

☆ 数字をよく知らない幼児がこのゲームによりどの程度図形による数学アルゴリズムを獲得できるかの調査・検証を開始

4

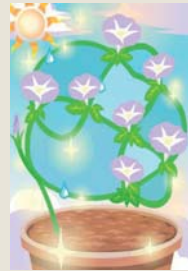
# 今回製作した幼児用「領域選択ゲーム」

(1) 朝顔の状態がつぼみ、開花のどのような状態であっても必ず全ての朝顔を開花できるということが、数学の結び目理論で証明されている。



(2) このゲームをクリアにすることは0と1の数の世界での多変数の連立1次方程式を解くことと同等

調査・検証のポイント: 数字を知らない幼児でも数学力を向上させることが可能であること



5

## 見本

ID	20121226001
性別	男の子
年齢	2006年6月
生育環境	2人
じゃんけんルール	一部理解している
ゲーム経験	少しある
読み書き	できない
会話	意思表示ができる
ゲーム実行回数	8
クリア回数	3
最小手数クリア回数	0

6

### 調査対象施設:

- ・大阪教育大学附属幼稚園
- ・大阪女子短期大学地域子育て支援研究所
- ・社会福祉法人晴朗会すくすく保育園

幼児版の図形ゲームを組込んだタブレット端末を配布して、教育効果のデータ取得を依頼

### 取得データの解析とその教育効果の検証:

「結び目の数学教育研究会」(代表 柳本朋子 大阪教育大学教授)に依頼

7

## <研究の概要>

☆数学に限ってみると、

左脳: 論理的思考、数学の知識、抽象的思考などのメカニズムが集中

右脳: 空間的視覚機能、空間感覚・空間認知、視覚的記憶などのメカニズムが集中

☆数学の難問を考えるには、

まず数学の具体的なイメージをもつ力が必要。これは図形教育による右脳思考の訓練により培われる。

☆ 結び目理論の初等部分: ユークリッド幾何の進化した図形の研究。

8



結び目理論を応用した図形ゲーム「領域選択ゲーム」

- ☆ 1つ1つが、直感力や数手先を読むような右脳の思考力が試される図形訓練。
- ☆ 文字・数字を使わない数学を応用した頭脳ゲームで、数学の知識が不要で、操作・ルールは簡単。
- ☆ 就学前児童や、小学校低学年児童の図形教育、および高齢者の視空間認識機能リハビリテーションに役立つことが期待される。
- ☆ このゲームの1つ1つは、0と1からなる数の世界で、多変数の連立1次方程式を解くことと同等であり、これは高度な数学アルゴリズムの訓練である。

9

☆ 幼児に数学を教えようとする場合、一般には、数字を暗記させることから始める。それは将来の数学の勉強のための重要な準備作業ではあるが、右脳思考の数学や数学アルゴリズム向上の訓練とはいえない。

☆ この「領域選択ゲーム」幼児版により、数字を知らない幼児にも右脳思考の数学力を向上させることが可能であることを検証したい。

10

## <今後の展開>

- ☆ 幼児版図形ゲーム「領域選択ゲーム」の数学教育効果の研究成果を基に、幼児教育産業向けにこのゲームの製品化の可能性を探求する予定。
- ☆ 「領域選択ゲーム」の高齢者版を製作して、アルツハイマー病等空間認知の病気の改善効果の検証を行いたい。

11

## まとめ<調査検証の概要>

調査期間：平成25年1月下旬～9月上旬

調査目的：幼児の数学力を向上させるための教材として、結び目理論を応用した図形ゲーム「領域選択ゲーム」の幼児版を使い、その教育効果を検証する。

調査対象：

- ①大阪教育大学附属幼稚園
- ②大阪女子短期大学地域子育て支援研究所
- ③社会福祉法人晴朗会すくすく保育園  
(実施期間：平成25年1月下旬～3月下旬)

教育効果の検証：

「結び目の数学教育」研究会(柳本朋子大阪教育大学教授代表)  
(実施期間：平成25年4月上旬～9月上旬)

調査方法：幼児版の結び目ゲームを組込んだタブレット端末(10台)によるデータ取得

12

## 【参考】

P. F. セルゲーエフ著(阿部光伸訳)  
「右脳と左脳のはなし」東京図書(1984)より

(1) 少年時代に左脳の発達(言葉の発達)が標準より遅れると、その遅れが逆に右脳の発達を促進させる。

(2) 言葉の発達の遅れがあったおかげで、自分のアイデアを表現するための独自の記号システムを作り上げることができる。  
**理数科を志す人にはメリットがある。**

(3) 言語的思考方法に捕らわれずに、常識的で疑い深い人びとの干渉に煩わされずに、興味を持つことに没頭できる。

報道機関 各位

公立大学法人大阪市立大学

## 結び目理論を応用した「領域選択ゲーム」の開発に成功 —数学を使った新しい脳のトレーニング—

大阪市立大学理学研究科の河内明夫教授（数学研究所所長）、清水理佳氏（数学研究所所員）、岸本健吾氏（元 数学研究所所員）の研究グループは結び目理論を応用した「領域選択ゲーム」の開発に成功しました。これは、純粋数学である結び目理論を世界で初めて工学的に応用したことになります。このゲームは数学の知識がなくても直感的に解くことができ、子どもからお年寄りまで幅広く楽しむことができるので初等教育や認知機能のリハビリなどに応用が期待されています。なお、このゲーム装置およびゲームプログラムについては特許出願を行いました。

### <研究の背景・経緯>

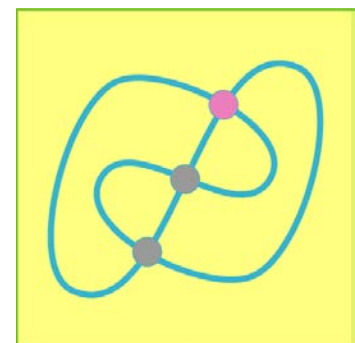
『結び目』とは一般的にはひも状のものが絡んでいることを指しますが、科学的には輪のように3次元空間内に閉じたひものことを指します。『結び目理論』とは、どのような結び目があるかという問題と、与えられた2つの結び目が同じかどうかを判定するという問題を、数学の理論を使って研究する学問です。近年は物理、化学、生物との関連研究において注目されています。

本学の数学研究所では21世紀COEプログラムに採択され、結び目を焦点とする研究拠点として多くの成果をあげてきました。

### <研究の概要>

「領域選択ゲーム」は両端を閉じた1本の横断的に交わる線からなる図形で2重の交点を少なくとも1つ以上有するものを、ディスプレイ上に表示しておき、その図形の線で囲まれた任意の領域を選択する毎に、領域の境界に属する交点上に設けた表示部、例えばランプの表示状態を変化させる電子ゲームです。

数学を応用したゲームとしては、ルービックキューブや数独（ナンプレ）などの頭脳ゲームがよく知られていますが、それらと比較すると文字や数字を使用しておらず、年齢性別を問わず数学の知識がなくても直感的にゲームを楽しむことができます。



領域選択ゲーム

### <今後の展開>

どのような図形であっても必ず解くことができることが結び目理論で証明されているため、プレイヤー自身が自由に図形を設定し、問題を作ることが可能です。ゲームの難易度も自由に設定でき、初等教育や認知機能のリハビリにおいて、図形を認識する訓練の一環として利用することができますと考えられます。さらに領域選択ゲームは照明装置について新しい点灯方式に応用できるなど、その他産業分野への応用が期待されています。

【報道に関する問い合わせ先】

総務課広報担当 小澤・勝井

TEL:06-6605-3570 / FAX:06-6692-1295

【内容に関する問い合わせ先】

数学研究所 所長 河内明夫

TEL:06-6605-3103 / FAX:06-6605-3104