

創造性開発指向アニメーション作成システム におけるユーザ育成モデルの自動生成

東京農工大学 工学部 情報コミュニケーション工学科

大友 愛子 小谷 善行

東京都小金井市中町 2-24-16

e-mail : a-otomo@fairy.ei.tuat.ac.jp , kotani@cc.tuat.ac.jp

われわれは創造性開発ツールとして、アニメーション作成システムを設計・作成し、実験を行った。これにより多数の子どもの行動の変容パターンが収録された。本論文は、子どものとった行動に基づいて、その育成モデルを自動的に生成する方法を提案するものである。これを用いることにより創造性開発過程を見だし、その程度の判定基準のベースとなる。

子どもは1人につき2、3個から数個のアニメーション作品を作るが、まずそれらをアニメーションか静止したアニメーションか、また絵が構造的であるか否か、など5種類の型に分けた。子どもの行動変容パターンはこの型の列としてとらえる。この型を記号とみなし、その記号の列を生成する決定的有限状態確率オートマトンとして対象を形式化する。これは子どもの創造性成長過程を適切に表現していると評価される。

ここで提案する方法は、異なる対象にも適用できる一般的方法である。今後の問題としては、子どもの行動パターンを記号化するための分類手法を自動化することが考えられる。

1. はじめに

コンピュータによる創造性開発支援は、学校教育においても一定の重要性がある。しかし、特定教科の能力や知識を判定するのと比較して、創造性開発ツールによって子ども・生徒の創造性がどの程度育成されたかを判定する基準は非常にむずかしい。創造性とは多様性を含むものであり、個別の判定基準をあらかじめ設けておくことができない。

近年の教育システム研究は、それまでのCAIに代わり、ITS(知的教育システム)の研究が主流となっている。ITSの課題の一つに、利用者モデルの生成があげられる。システム内に利用者のモデルを持つことで、効果的なフィードバックを行い、学習効果を高めることが期待できる。

本論文は、創造性開発指向アニメーション作成システムを開発・実験を行い、子どものとった多くの行動に基づいて、その育成モデルを自動的に

生成する方法を提案するものである。これを用いることにより、創造性開発過程を見だし、その程度の判定基準のベースとしての有用性について考察する。

2. 教育システム研究の背景

我々は、「利用者がコンピュータに知識を与える」というIAC (Instruction Assisted Computer) [1] 理論を提唱し、これに基づいて様々な教育系システムの研究を行っている。あらかじめ決まった手順に従って、システムを通して知識を学習するCAIとは逆に、IACは子どもがシステムに知識を与える立場に立つことによって、自発的な学習を促すことを目的としている。人に教えるためには自分の知識の再確認、再構成が必要である。自分が教える立場に立つことで積極的に学習し、自分の知っている知識、知らない知識を再認識するのである。

この理論を基礎として、高い学習効果、自主的な思考力、創造力・発想力の育成などを期待できる教育システムの研究を行っている。

3. 創造性開発指向

アニメーション作成システム

創造性開発指向アニメーション作成システムについて述べる。

システムの目的は、単純な部品や動作を組み合わせてアニメーションを作成する過程を通して、子どもの発想を引き出し論理的思考力を養い、創造性開発に効果をあげることである。

本アニメーション作成システムは、用意された部品を組み立てて形を作り、その形に動作を決めてアニメーションを作るシステムである。ここでは形の組立てとアニメーションの作成について述べる。

3.1 部品の組立て

部品の組立てについて述べる。

本システムでは、形を作る部品は固定サイズの丸と四角のみとした。出来上がったイラストを用意することは、子どもの形作りに対する自由な発想を妨げることになると考えたからである。

部品の組立てには、形を考える、部品を組み立てる、動かす、並び替える、部品を加える、といった作業がある。これらの作業を通して、子どもは自分のさまざまな発想を明確にし複雑な形を組み立てていく。

部品は、直接ドラッグすることで組立て画面上のどこにでも動かせる。部品を動かして離れたときに近くに他の部品があると、動かしていた部品

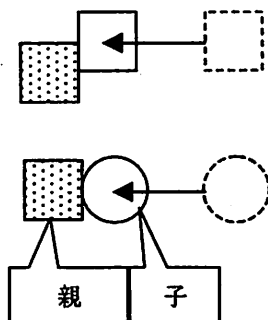


図1 部品の組み立て

が他の部品に自動的に接続する。このとき、両部品間に親子関係が生じる。接続された部品が親、接続した部品が子となる(図1)。接続した後、親にあたる部品を動かすと、子にあたる部品は親と一体となって動くようになる。しかし子にあたる部品を動かすと、部品は親から離れ、親子関係も解消されて独立して動くようになる。

部品の組立てはこのような作業を繰り返すことにより行う。一体となった部品同士を接続しても親子関係は生じるので、再帰的に大きく複雑な形を組み立てることができる。この親子関係は木構造で表現している。

部品の色は9色に変えられる。色を決めてから部品を出すこともできるし、部品を組み立ててから色を変更することもできる。同じ形でも色が違えばまた違った作品になるし、色の変更が新しい発想を促す可能性もある。

図2に部品の組立て画面を示す。

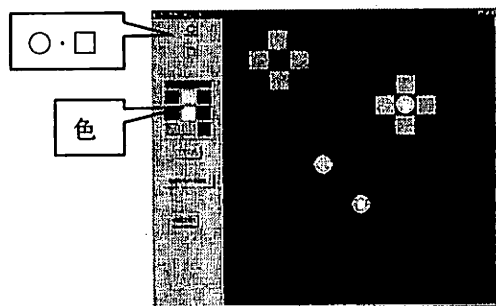


図2 組立て画面

3.2 アニメーションの作成

アニメーション作成について述べる。

アニメーション作成は、組み立てた個々の部品に動作を決めることで行う。動作は、平行移動と回転の二種類である。平行移動は上下左右方向への移動が可能で、移動の幅を5~30mmの間で6段階に変更できる。回転は右回りと左回りがあり、回転角度を10~90度の間で6段階に変更できる。

動作の種類は、各動作を表す動作ボタンを押すことで選択する。動作ボタンを押した後、組み立

てた形の各部品をクリックすると部品が動く。

動作のしかたについて述べる。

平行移動の方法は単純である。平行移動の各方向ボタンを押し、部品をクリックすると、接続して一体となっている部品全体が移動する。移動の幅は、選択バーによって選択されている幅の分移動する。画面内に複数の形があっても、クリックされた形だけが移動する。

回転は、組立てによって生じた親子関係のもとに行われる。ここで、回転の要因となる部品は丸だけである。動作ボタンのうち回転ボタンを選択し、画面上の丸をクリックすると、クリックした丸の子どもと子どもの子孫が、丸を中心に回転する。四角をクリックした場合、その四角から見てもっとも近い先祖の丸を探し、その先祖の丸を中心に、丸の子どもと子孫が回転する。四角の先祖に丸がなかった場合は回転しない(図3)。

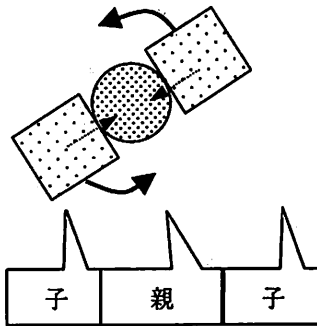


図3 親子関係と回転

各動作を取り消すには「一つ戻る」ボタンを使う。ボタンを押すと、直前に決めた動作のみ取り消される。動作を作り直すには、ボタンを何回か押し途中まで取り消すか、あるいは動作をはじめから新たに作りなおす。

システムはユーザーによって選択されたすべての動作を記憶しておく。再生ボタンが用意されており、このボタンを押すと選択された動作がはじめから順番に再生される。

作成したアニメーションは名前をつけて保存することができる。保存した作品を再生したり、

修正したりすることもできる。

図4にアニメーション作成画面を示す。

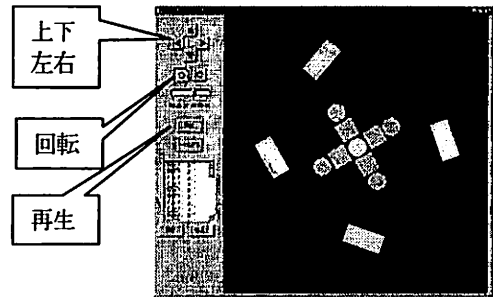


図4 アニメーション作成画面

4. システム評価実験と結果

本システムの評価実験を10～12歳の小学生約150名に対して行った。実験は、東京農工大学繊維博物館主催子供科学教室¹と、府中市立府中第一小学校で行った。実験会場には実験を円滑に進めるために大学生のインストラクターを数名配置し、システムの使用法について説明した。しかしインストラクターが子どもに対して何を作ったらよいか教えたり、アイデアを与えたりすることは避けた。会場の計算機はネットワークに接続しており、子どもは保存した作品を相互に見ることができる。最終的に260の作品が作られた。

作品の評価に客観性を持たせるため、小学校の実験の際に小学校の先生にアンケートを行った。アンケートでは、子どもの作品の傾向・工夫・積極性などについて答えてもらった。このアンケートの回答をもとに、全作品を次のような五つの傾向に分類した。

傾向1：明確な形になっていない、動作と形に関連性が低いと思われる作品

¹ 東京農工大学繊維博物館主催、情報コミュニケーション工学科小谷研究室運営、「コンピュータに教えよう」、<http://shouchan.ei.tuat.ac.jp/Research/Education/kyoushitsu/>

傾向2：動作数がほとんどなく、絵を描いていると思われる作品

傾向3：形は単純なものであるが、動作数が多い作品

傾向4：動作と形に関連性が高く、形を作る段階でアニメーションを意識していたと思われる作品

傾向5：何かの様子を表現していたり、ストーリー性があると思われる作品

作品例を図5に示す。この分類をもとに、創造性成長過程のモデル化を試みる。

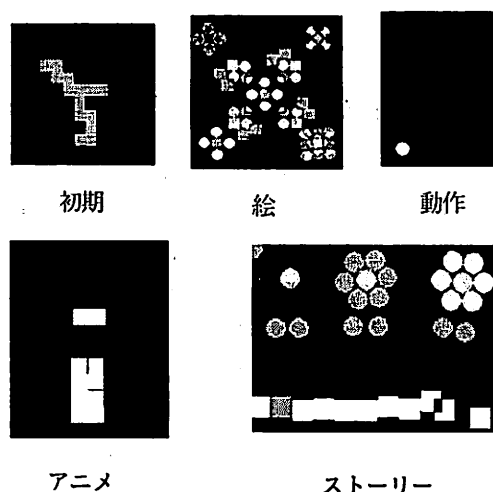


図5 傾向別作品例

5. 創造性成長過程のモデル化

5.1 モデル化の背景

ITSにおける利用者モデルの生成は、これまでもさまざまな研究が行われている。人工知能における機械学習の理論洗練化技術を応用することで、かなり正確な利用者モデルの自動生成に成功した研究がある[2]。この手法では、扱う問題は正誤を確実に分類できるようなものに限る。また、類推ベースや事例ベースを用いた知識の一般化手法を応用した利用者モデル生成の研究もある[3]。

ここでは本システムにおける子どもの創造性成

長段階のモデル化を試みる。創造性とは正誤で判定できるものではなく、創造性開発システムにおいて、利用者がどの程度育成されたかを判定する基準は非常にむずかしい。そこで、多くの子供の行った行動に基づいて一般的なモデルを生成し、成長段階の尺度としての有用性について考察する。

5.2 感覚的モデル

実験結果とアンケートにもとづく分類や、実験中の子どもの観察などから、図6の状態遷移図を作成した。

この状態遷移では、四つの状態を仮定している。各状態からの遷移はおおまかに矢印に従う。

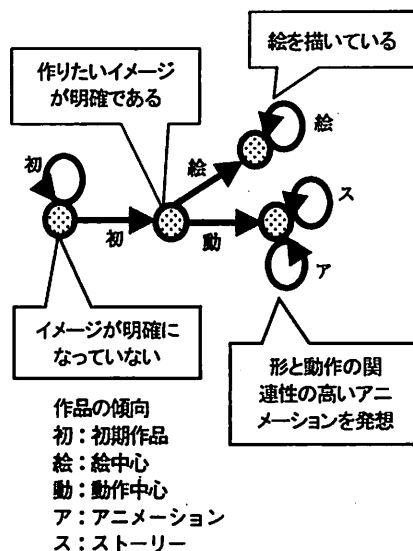


図6 発想過程の状態遷移図

状態遷移図や観察などから次のことがいえる。

- ・ほとんどの子どもが初期作品を作る
- ・いったんイメージが明確になった後に初期の作品作りに戻るといった逆順の道をたどることはない
- ・絵を中心の作品を作り出すとそれに夢中になり、他の傾向の作品をあまり作らなくなる
- ・動作中心の作品からは、アニメーション作品へと移りやすい

5.3 オートマトンによる創造性 成長過程のモデル化

図6の状態遷移図は分類や観察から感性的に作成したものであり、客観性に欠ける。そこで、創造性成長過程をオートマトンとして形式化し、モデル化を試みる。

適用するオートマトン推論アルゴリズムについて述べる。子どもの作品の傾向を記号とみなし、その記号の列を生成する決定的有限状態確率オートマトンとして対象を形式化する。

1. 初期オートマトンとして、記号が異なるごとに枝分かれし、異なる状態になるオートマトンを考える
2. このなかの状態のペアに対して、それらから終状態にいたるまでに生成される記号列パターンについての類似性を求める
3. 類似性が基準より大きい場合に、両状態が等価であるとみなし、同一状態に縮退させる
4. この過程を、等価なペアが存在しなくなるまで繰り返す

決定的有限状態確率オートマトンを次のように定める。

$$M = (Q, \Sigma, \delta, q_0, F, f, p)$$

Q: 状態の有限集合

Σ : 記号の集合 = { 初, 絵, 動, ア, ス }

δ : 状態遷移関数

q_0 : 初期状態

F: 最終状態の集合

f: 頻度 $f(q, \sigma) = f_{i,j}$, $q \in Q, \sigma \in \Sigma, f_{i,j} \in N, N$ は自然数の集合

p: 確率 ある状態 q において記号 σ が出て q' に遷移する確率

予備実験として、小学5年生15名の記号列を考える。15名の記号列を表1に示す。また、この記号列による初期オートマトンを図7に示す。

表1 予備実験記号列

1: ア	6: スス	11: アスス
2: 初動	7: 動アア	12: アス
3: 動動ア	8: 初初アア	13: 絵
4: 動動動アア	9: 絵	14: 初
5: アス	10: 初ア	15: 絵絵

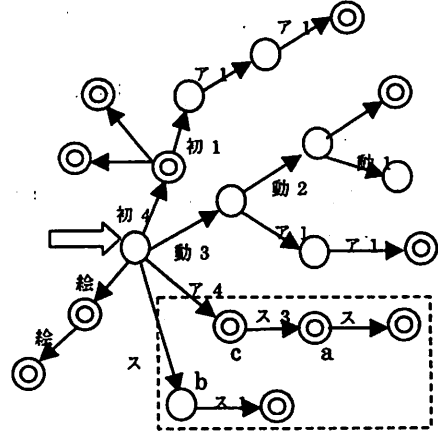


図7 初期オートマトン

図7の点線内について考える。状態 a, b の類似度 $S(a, b)$ を、状態 a, b の状態空間ベクトル $V(a), V(b)$ の角度で定める。

$$S(a \cdot b) = \frac{V(a) \cdot V(b)}{\|V(a)\| \|V(b)\|}$$

ここで、状態空間ベクトル $V(a)$ を次のように定める。

ただし、 Σ はある状態 x より各記号 y を出して a に至る矢印 $f(x, y) = a$ となる x, y の組の総和、ベクトルの要素は $\Sigma \cup \{\text{終}\}$ 、各要素は、状態 a から各記号 $\Sigma \cup \{\text{終}\}$ が出る割合を表す。

$$V(a) = \begin{pmatrix} \frac{f(a, \text{初})}{\sum f(x, y)} \\ \frac{f(a, \text{絵})}{\sum f(x, y)} \\ \vdots \\ \frac{f(a, \text{終})}{\sum f(x, y)} \end{pmatrix}$$

よって、状態 a, b の類似度 $S(a, b)$ は次のように計算される。

$$V(a) \cdot V(b) = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1/3 \\ 2/3 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix} = 0.33$$

$$\frac{0.33}{\|V(a)\| \|V(b)\|} = 0.4427$$

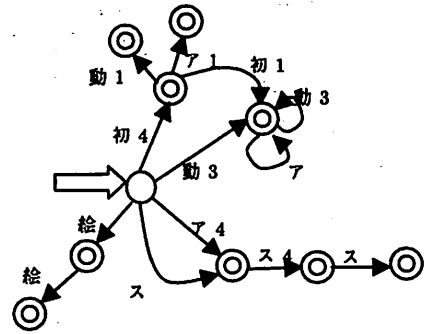


図9 予備実験結果

同様に $S(a, c) = 0.7127$, $S(b, c) = 0.9486$ となる。類似度 S は $\cos \theta$ であるので、三つのうち $S(b, c)$ がもっとも角度が近いことになる。

求めた類似度のうち近さの高い値を取り、縮退させる。この場合、状態 b, c を縮退させる。縮退の方法を次の手順で行う。

- ①縮退させる二つの状態を重ねる
- ②重ねた状態から同じ記号の出ている先を縮退させる

図7より状態 b, c を縮退させると図8のようになる。この縮退を行っても決定性は守られる。

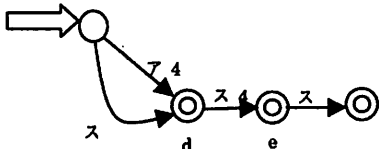


図8 縮退後

このように、類似度計算と縮退を繰り返す。最終的に作成した予備実験結果オートマトンを図9に示す。

6. 考察

予備実験として作ったオートマトンは、入力記号列が少なく、類似度の計算も粗いものであったが、感覚で作った状態遷移図と比較して次のようなことが言える。

- ・動作やアニメーションといった作品を作った後に初期の作品を出すというような、逆順をたどる道はない
- ・絵を描くように作品作りを進めた場合、他の傾向の作品を出す状態には遷移しない
- ・動作を考えることを中心にした作品を作った後、アニメーションやストーリーといった作品を出す状態に遷移しやすい
- ・アニメーションやストーリー性のある作品は、一人がたくさん作成することは少なく、せいぜい2作品程度である

感覚的に作成した状態遷移図と比べ、初期の作品の出ている頻度が少なかったり、逆にはじめからアニメーションやストーリー性のある作品が出されたりしている。これは、子どもによっては初期のようにイメージが沸かないうちの作品は保存しないことが多いからだと思われる。特に高学年ではこの傾向が強い。

オートマトンの決定性・非決定性を子どもの内部状態にあてはめると、次のようになる。

- 決 … ある状態から同じ傾向の作品を作ると、すべての子どもはみなまったく同じ次の状態に移る
- 非 … ある状態から同じ傾向の作品を作ったとしても、子どもはそれぞれ違った状態に移る可能性がある

感覚的には、非決定性の方が子どもの状態を表現しているように思われる。しかし非決定性によってモデル化すると、子どもの人数が多くなるにつれてモデルがとてもし大きいものになってしまう。今回予備実験で決定性によるモデルを作成したところ、感覚的に作成したモデルとだいたい似ているものができ、さらにある程度小さいものにまとめられることがわかった。そこで、モデルは決定性で作成し、モデルによるフィードバックを多くすることを考えている。

類似度の定義は課題が残る。今回はベクトルの角度を取り、角度が近いこと、つまり方向の近さを類似度として用いた。このほかに、単純にベクトル間の距離の近さを用いたり、近さと角度の両方を取る面積を用いて類似度を定義することが考えられる。これらの方法を用いたモデルを比較検討し最適な計算法を見つけたうえで、子どもの内部状態を表す尺度としての類似度の意味を考える必要がある。

7. 今後の課題

作成したモデルの正確性を検証する必要がある。モデルが子どもの創造性成長段階を的確に表現していれば、モデルと子どもの作品を比較することで、子どもがどの創造性成長段階にあるのかを評価することができる。それにより、各過程にある子ども一人一人に対して個別に効果的なフィードバックを行い、発想や創造的活動を支援することが考えられる。

本システムにおける創造性過程のモデル化手法は、異なる対象にも適用できる一般的なものである。よって、他の創造性開発支援システムの利用者モデル表現に発展させられる可能性もある。

今後は、モデルに基づいたフィードバックを行うシステムを作成して実験を行い、その効果について検証する。フィードバックの内容自体についても考える必要がある。

8. おわりに

本論文では、創造性開発指向アニメーション作成システムによる実験結果をもとに、子どもの創造性育成過程を決定性有限確率オートマトンとしてモデル化した。予備実験段階ではあるが、作成したモデルは感覚的なモデルとおおまかに類似し、ある程度小さくまとめられた。

謝辞

本実験は、東京農工大学工学部繊維博物館と、府中市立府中第一小学校の協力を得て行われた。関係者各位に感謝する。

参考文献

- [1] 小谷善行：IAC - 「利用者が教える」というパラダイムによる教育ツール, 情報処理学会「教育におけるコンピュータ利用の新しい方法」シンポジウム論文集, pp.49-53, 1989
- [2] Paul T.Baffes and Raymond J.Mooney : A Novel Application of Theory Refinement to Student Modeling, AAAI-96 / IAAI-96 Proceedings, Vol.1 pp.403-408, 1996
- [3] Tom Murray : Expanding the Knowledge Acquisition Bottleneck for Intelligent Tutoring Systems, International Journal of Intelligent in Education, http://cbl.leeds.ac.uk/ijaied/abstract/Vol_8/murray
- [4] Paul T.Baffes and Raymond J.Mooney : Refinement-Based Student Modeling and Automated Bug Library Construction, Journal of Artificial Intelligence in Education, pp.75-116, <http://net.cs.utexas.edu/users/ml/>
- [5] 富田悦次, 横森貴, オートマトン・言語理論, 森北出版株式会社, 1992