

事例に基づくデザインにおける学習支援システムの開発と評価

Development and Evaluations of Support System for Learning by Examples on Graphic Design

森田純哉¹* 永井由佳里¹

Junya MORITA Yukari NAGAI

¹ 北陸先端科学技術大学院大学知識科学研究科

School of Knowledge Science, Japan Advanced Institute of Science and Technology

Abstract: Creative innovation is achieved by finding features hiding in the objects. This paper calls such a skill “ the discovering viewpoints, ” and proposes a method to cultivate the discovering viewpoints. Our proposal is based on the studies on analogical reasoning in cognitive science. We use a task of graphic composition by observing an example, and developed a supporting system that computes similarities of graphics. The learners reflect on their viewpoint, and look for features hiding in the graphic through manipulating parameters on similarity computations. The developed system was used in an experiment, and was evaluated for its effects on cultivations of the discovering viewpoints.

1 はじめに

創造的領域における成功は、対象に潜む特徴を新たに発見することで導かれる。特に、デザイン領域では、特徴の新たな発見が、創造的な作品の制作やイノベーションの創出につながる事が指摘されている。たとえば、日常の何気ない対象の新たな特徴を発見し、デザインに生かすという Found object の考え方が知られている [後藤 04]。

このような前提にたてば、対象の特徴を探索的に発見する観点を育てることこそ創造性教育における最重要課題といえる。本研究では、そのような特徴の発見に関わる観点を「発見的観点」と呼び、その育成を支援する方法を検討する。

発見的観点を育成に向けたトレーニング課題として、本研究では平面構成と呼ばれるデザイン課題を用いる。平面構成とは、幾何図形などの単純な要素を平面に配置し、統一感のあるグラフィックを描く課題である。平面構成は、デザインにおける要素の配置に関する原則を学ぶために用いられることが多い。構成の原則には、対称性、動き、反復などのものがある [南雲 94]。このようなデザインの基礎スキルにおける教育に加え、本研究では、この課題が、発見的観点を育成する課題としても適していると考えられる。一般的に構成課題の作品に含まれる要素は無数の関係により結合され、その作品の解釈は多義的なものとなる [木下 00]。そのため、平面構成の作品を観察することは、多様な特徴の探索につながる。続くセクションでは、平面構成を課題と

し、発見的観点を育成支援するフレームワークを示す。

2 発見的観点を育成するフレームワーク

図1に本研究のフレームワークを示す。本節では、このフレームワークの主要な構成要素である「事例に基づく制作」、「類似の計算」、「パラメータ修正」の3点について、それぞれを設定した背景を述べていく。

2.1 事例に基づく平面構成

本研究における支援方法は、類推の認知科学研究を背景とする。類推とは既存の事例に基づく新たな表現の生成である。

類推の遂行においては、事例に含まれる特定の特徴に注意が向けられ、それと類似する要素を含む表現が生成される。このような類推のプロセスは、観点により大きく変化する。つまり、どのような事例の特徴に注目し、どのような類似に基づいて新たな要素を生成するのかにより、その性質が定まる。

過去の認知科学研究は、類推のプロセスに関与する観点を理論的、かつ実証的に検討してきた [Gentner 83, Forbus 95, Morita 08]。そこで見いだされた代表的な知見が、表層的観点と構造的観点を区別である。ここでいう表層的観点は単体のオブジェクトが保持する特徴に注目することを意味する。それに対して、構造的観点とは複数のオブジェクトの間で形成される関係に注目することを意味する。

構造に関わる特徴は人間にとって気づくことが困難な特徴とされる。そして、過去の研究は、そのような隠された特徴の発見が、類推により導かれること、さらに類推と創造的成果の生成に深い関連があることを指摘してきた。

*森田 純哉

〒923-1292 石川県能美市旭台 1-1
Tel: 0761-51-1707, Fax: 0761-51-1149,
E-mail: j-morita@jaist.ac.jp

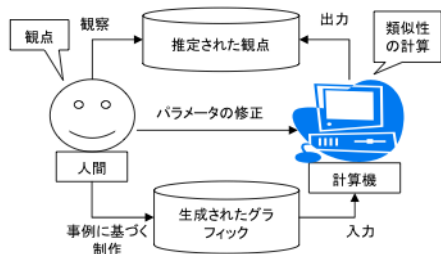


図 1: 発見的観点を育成のフレームワーク。

このような背景に基づき、本研究では、平面構成における類推（事例に基づく平面構成）の状況を設定した。より具体的にいえば、学習者に平面構成の事例を提示し、その特徴を流用したオリジナルの表現（グラフィック）を制作させる。このような実践を繰り返すことで、隠れた事例の特徴を発見する観点が身につくと考える。

2.2 類似のフィードバック

ここまで述べてきたように、本研究では発見的観点的育成における類推の役割を重視する。だが、類推のみで、発見的観点的育成がなされるとは考えない。類推に関する心理学的実験は、構造的特徴への自発的な気づきが困難であることを示している [Gick 80]。よって、事例に基づく平面構成には何らかの支援が必要である。

本研究では、発見的観点的育成に関わる支援として、メタ認知に注目する。学習支援の研究では、学習におけるメタ認知や、それを促すリフレクションの有効性が指摘されている。本研究が扱うような観点的獲得に関する研究分野においても、その有効性は議論されている。たとえば、[諏訪 05] は、熟達化を、自己と外界とを関係付ける新たな変数を発見することととらえ、メタ認知的言語化がそれを促すと主張している。

本研究では、メタ認知の促しに、学習者の制作したグラフィックと手本事例との類似を利用する。ここで想定する類似は、Gentner らによる類推の認知モデル研究に基づく。彼女らのモデルは、属性の類似と関係の類似を区別する [Falkenhainer 89]。さらに、特徴間の共有を数値的に表す類似（特徴ベクトルの内積）と要素間の一貫した対応（グラフマッチング）による類似を区別する [Forbus 95]。Gentner らの述べる構造的類似（構造的観点的による類似）とは、関係構造の一貫した対応を意味する [Gentner 83]。それに対し、関係構造の一貫した対応に基づかない類似、あるいは属性の共有を含む類似は、表層的類似（表層的観点的による類似）とされる [Forbus 95]。

Gentner らのモデルは、数多くの実証的研究により、人間のデータと対応づけられている。たとえば、人間は、属性や関係の構造的に一貫しない類似よりも、関係構造が一貫して対応付けられる類似をよいものであると判断することが示されている。また、ベクトルによる類似の計算はコストの小さいもので、瞬間的な知

覚や記憶検索などの低次認知プロセスを説明することを示している [Gentner 93]。

このようなモデルによって計算される事例と学習者の制作したグラフィックとの類似は、学習者の観点的を推定するものと捉えられる。モデルによる類似計算の出力を参照することで、学習者が構造的観点的によって事例に基づく平面構成を遂行したのか、表層的観点的によって遂行したのかを判断できる [Morita 08]。さらに、本研究では、そのような客観的な観点的の推定が、発見的観点的の育成に向けたリフレクションの素材としても有用と考える。

2.3 パラメータの主体的操作

認知モデルによる観点的の推定には問題もある。それは、現象と説明との対応の問題である。本研究における認知モデルの利用は、制作されたグラフィック（現象）から、その背後にある観点的（説明）を帰納的に導出しようとするものである。だが、通常、現象と説明との対応は 1 対 1 にはなりえない。現象から推定される説明は、可能性の 1 つにすぎず、別の説明の存在を除外できない。

この問題から、本研究では、類似計算のフィードバックが学習者に違和感をあたえることを前提とする。そして、そのような違和感を乗り越えるために、本研究では、学習者自身が類似計算のパラメータを主体的に操作する状況を設定する。学習者は自分自身の観点的に対する仮説に基づき、パラメータを修正していく。その中で、自分の観点的を明確化する計算結果、自分の当初意図したものとは異なるものの了解可能な計算結果など多様な観点的の推定を受け取ることになる。それらの観察を通して、学習者は、自己の観点的の、当初は意識していなかった部分に注目し、発見的観点的の獲得が誘発されると考える。

3 支援システム

前節のフレームワークに従い、発見的観点的の育成を支援するシステムを開発した。開発したシステムは、事例に基づく平面構成を遂行するための環境（制作環境）と類似計算の閲覧とパラメータ調整のための環境（分析環境）から構成される。

3.1 制作環境

図 2 は本研究において使用する事例に基づく平面構成の環境を示したものである。ここで用いる環境は、[Morita 08] において用いられたものである。この環境において、ユーザは、提示される手本事例（右パネル）を参考に、自身のグラフィック（左パネル）を制作する。グラフィックは、幾何図形（オブジェクト）を平面に配置することで構成される。平面上には、最大で 25 の図形を配置できる。オブジェクトの属性は画面下のメニューによって選択される。ここで選択可能な属性は、縦位置、横位置、大きさ、明るさ、形状の 5 つである。

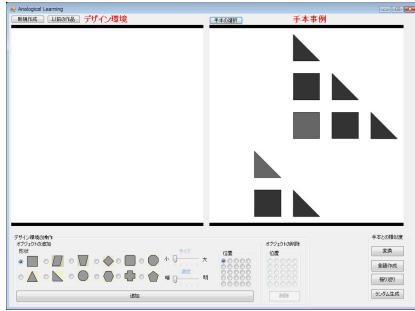


図 2: 事例に基づく制作の環境。

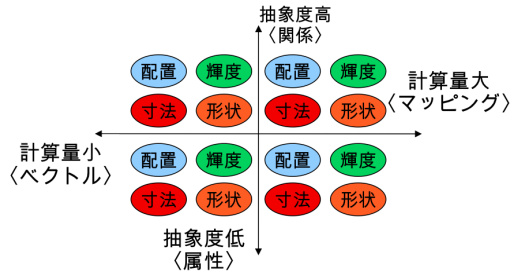


図 3: 類似計算のパラメータ。

3.2 分析環境

分析環境は、学習者が構成したグラフィックを対象に、手本事例との類似を計算するために用いられる。計算される類似には、図 3 に示すパラメータが関与する。

図 3 は 2 軸による 4 つの象限に分けられ、各象限はさらに 4 つの領域に分割される。ここで、図 3 における縦軸を特徴の「抽象度」、横軸を計算の「アルゴリズム」、各象限における 4 つの領域を特徴の「次元」と呼ぶ。続いて、これらのパラメータを説明し、その後、分析環境のユーザインタフェースを示す。

3.2.1 次元

次元は、グラフィックから抽出する特徴の種類を決定するパラメータである。本システムで抽出可能な次元は、「配置」「寸法」「輝度」「形状」に関するものとなる。これらは、制作環境において操作可能なメニュー（縦位置、横位置、大きさ、明るさ、形状）と対応している。なお、この 4 つの次元のうち、配置に関しては、後述する特徴の抽象度に応じて、異なる下位次元に分割される。

3.2.2 特徴の抽象度

抽象度は、特徴抽出の単位を決定するものである。特徴を、オブジェクト単体から抽出する場合を属性、オブジェクトのペアから抽出する場合を関係と呼ぶ。関係は属性によって定まる特徴で、より抽象的なものといえる [Gentner 83]。

たとえば、2 つのオブジェクトの配置に関わる属性（「縦位置」「横位置」）により、オブジェクトペアの配置に関わる関係（「距離」「方向関係」）が定まる。寸法、輝度、形状の次元についても、オブジェクトの属性からオブジェクトペアの関係を構成することができる。以後、寸法に関わる属性を「大きさ」、寸法に関

わる関係を「大小関係」、輝度に関わる属性を「明るさ」、輝度に関わる関係を「明るさの差」、形状に関わる属性を「形状」、形状に関わる関係を「形状の異同」と呼ぶことにする。

抽象度と次元の値が定まると、グラフィックを記号的に表現することが可能になる。例えば、グラフィックに含まれる形状の属性は、(Triangle Shape1), (Rectangle Shape1) のようなリストとして表現される。グラフィックにおけるオブジェクトペアの方向関係を表現する場合は、(Horizontal Shape1 Shape2), (Vertical Shape1 Shape3) のようなリストが用いられる。

本研究における分析環境は、設定された次元と抽象度に関わる特徴を対象とし、類似計算を遂行する。続いて、類似計算のアルゴリズムに関わるパラメータを説明する。

3.2.3 アルゴリズム

抽出された特徴から類似を計算する方法を決定する。本研究では、Gentner らのモデルに従い、ベクトルアルゴリズム、マッピングアルゴリズムという 2 つのアルゴリズムを用意する。

ベクトルアルゴリズムでは、グラフィックに含まれる特徴の頻度を要素とするベクトルが構成される。その後、類似度として、ベクトル間での内積が計算される。マッピングアルゴリズムは、グラフィック間でオブジェクトの 1 対 1 対応を探索的に構成する。そして、類似度として、構成された対応関係と整合する特徴の数を出力する。

マッピングアルゴリズムでは、オブジェクトの対応付けに応じて、類似度が変化する。マッピングアルゴリズムにおける対応の探索は、[Morita 08] において示されたものに従っている。このアルゴリズムは、個々の特徴を局所的に対応付け、その後、局所的対応を結合する全体対応を構成する。全体対応の構成には、貪欲アルゴリズム [Forbus 90] が用いられている。貪欲アルゴリズムにおける局所的対応のランキング手法、探索幅などのパラメータについても、ユーザによる設定が可能なものとする。

3.2.4 ユーザインタフェース

分析環境のユーザインタフェースは、Allegro Common Lisp 8.1 において開発された。インタフェースのスクリーンショットを図 4 に示す。

インタフェースには、2 つのタブウィンドウが配置される。左側のウィンドウは学習者の制作したグラフィックと手本事例を示すためのものである。右側は、類似度を表示するグラフウィンドウである。類似度は、特徴の次元によって、色分けされた積み上げ棒グラフにより表示される。

インタフェース上の計算ボタンを押すと、その時点でのパラメータ設定に従い、学習者の制作したグラフィックと手本事例との類似が計算される。類似の計算は、パラメータ設定を変更することで、何度でも行える。新

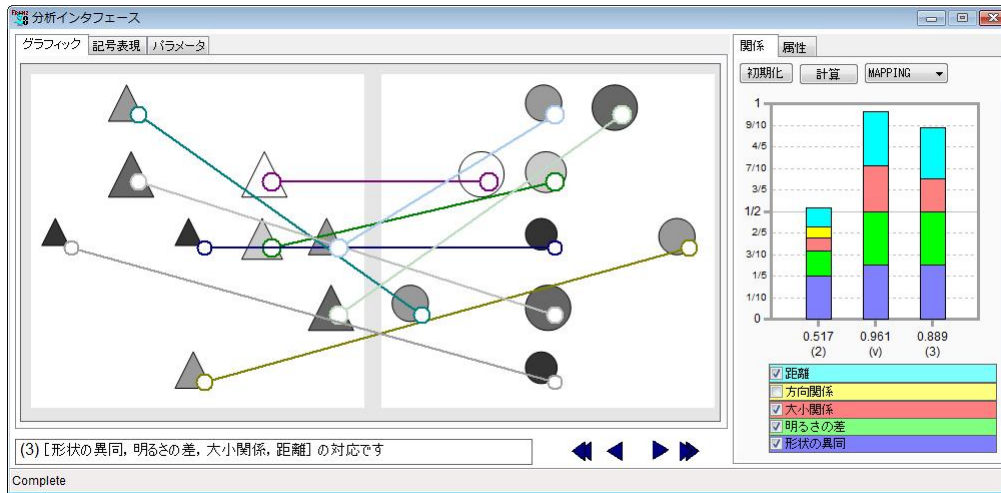


図 4: 分析環境のインターフェース。

たに計算された類似度は、逐次、グラフウィンドウに追加されていく。

次元に関わるパラメータは、グラフ下部のキャプションに配置されるチェックボックスにより設定される。キャプションには、5つの次元が示され、その組み合わせにより類似計算に含める次元を決定する。抽象度の設定は、右ウインドウにおけるタブにて、属性と関係を切り替える。計算ボタンの右に配置されるドロップダウンメニューはアルゴリズムを設定するためのものとなる。

マッピングアルゴリズムによる計算は、類似度のグラフとともに、対応関係を左ウインドウに示す。対応関係は、2つのグラフィック間でのオブジェクトを結ぶ直線によって示される。過去に計算された対応関係は、左ウインドウ下に配置される矢印ボタンによって閲覧が可能である。対応関係は、計算の順序に応じた番号が付与され、グラフウィンドウ上の番号と対応づけられる。なお、グラフウィンドウに示される類似度のうち、(V)の印がついたものはベクトルアルゴリズムによるものである。

このように、この分析環境は、類似計算のパラメータを繰り返し操作し、計算結果を変化させることが可能なものである。分析環境の操作を通し、学習者は、グラフィックが、どのような次元と抽象度で手本と類似しているのか、制作において意図した対応を再現するパラメータがどのようなものかを検討できる。

4 実験

4.1 目的

支援システムの運用性を評価し、今後の検討課題を明らかにするための実験を実施した。実験において、被験者は事例に基づく平面構成の後、分析環境を用いて自身の制作を振り返った。今回の報告では、分析環境の操作に関わるログを分析し、パラメータの修正に関わる行動を確認する。

さらに、この実験では、システムの使用を通じた事

例に基づく平面構成の変化を予備的に検討した。被験者は、分析環境による振り返りを終えた後、再度、事例に基づく平面構成を遂行した。被験者によって制作された2つのグラフィックを比較することで、分析環境を用いた振り返りが、事例に基づく平面構成の制作に及ぼす影響を検討する。

4.2 方法

4.2.1 被験者

大学院生11名が実験に参加した。全員が北陸先端科学技術大学院大学知識科学研究科に在籍していた。5名の被験者が情報科学関連の学部を出身とした。また、平面構成に関する事前の知識を保持していた被験者は3名であった。今回実装されたシステムの理論的背景、要素技術と直接関連する知識をもつものはいなかった。

4.2.2 材料

被験者に提示する事例は、[Morita 08]にて使用されたものであった。それらは図2と図4における事例欄に表示されたものと同じである。

4.2.3 手続き

被験者は実験に個別に参加した。実験は以下5つのセッションを含むものであった。

1. 教示: 被験者は、まず実験の目的を、デザイン学習の方法に関するものと伝えられた。そして、学習用の課題として平面構成を用いることを告げられた。
2. プレ制作: 被験者に、デザイン学習における事例に基づく制作の重要性を伝え、制作環境を導入した。制作環境の操作方法が簡単に説明された後、事例が提示された。被験者には、提示された事例を参考にしたグラフィックを構成するよう求めた。その際「事例には、平面構成を学習する上で注目すべき特徴が含まれており、その特徴を上手に取り入れたオリジナルのグラフィックを制作する」ことを課題として教示した。このセッションの制限時間は15分であり、被験者は制限時間いっぱい課題に取り組んだ。
3. 制作の振り返り: プレ制作を終えた後、被験者はデザインの学習には、制作の振り返りが有効であると伝

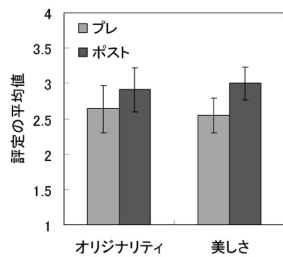


図 5: 主観評価。エラーバーは標準誤差を示す。

えられ、分析環境が導入された。分析環境の導入においては、そこで操作可能なパラメータとインターフェースが説明された。説明の後、被験者は、分析環境を利用し、自分自身の制作の観点を振り返ること、振り返りの結果を A4 用紙 1 枚の回答用紙に記述することを求められた。制作の振り返りは、60 分間続けられた。ここでのユーザの操作は、ログとして記録された。

4. ポスト制作: 制作の振り返りを終えた後、被験者は再度、事例に基づく制作を求められた。提示された事例はプレ制作において用いられたものとは別のものであった。提示される事例の種類は、被験者間でカウンターバランスをとった。課題の制限時間はプレ制作と同様であった。

5. 主観評価: 実験の最後に、被験者は、自身の制作した 2 つのグラフィックの良さを主観的に評価した (1: 低-5: 高)。評価の基準はグラフィックの「美しさ」と「オリジナリティ」とした。これらは、平面構成において一般的に認められている基準である。

4.3 結果

4.3.1 主観評価

まず、振り返りの効果に対する被験者の主観評価を検討した。図 5 に課題後に実施したアンケートにおける主観評価 (オリジナリティ, 美しさ) の平均値を示す。2 つの指標のそれぞれに対し、対応のある t 検定によってプレ-ポスト間での差を検定した。結果、オリジナリティにおける差は有意とならず ($t(10) = 0.447, n.s.$)、美しさの指標におけるプレ-ポストの差が有意傾向となった ($t(10) = 2.19, p < .10$)。2 つの指標の 1 つにおいて、プレからポストへ向上する傾向が観察されたことから、分析環境による振り返りの効果を、被験者は主観的に感じていたことが示された。

4.3.2 制作されたグラフィックの類似度

分析環境による振り返りのより客観的な効果を検討するために、プレからポストへの類似度の変化を検討した。プレ-ポストのそれぞれについて、被験者の制作したグラフィックと手本事例との類似度を分析環境を用いて計算した。計算した類似度は、抽象度と計算アルゴリズムを操作した 4 種類のものであった。全ての類似度の計算において、配置、寸法、輝度、形状の次元を計算に含めた。

結果を図 6 に示す。ベクトルアルゴリズムとマッピン

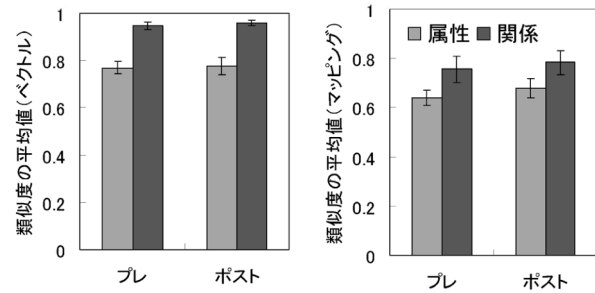


図 6: 実験において得られた類似度。

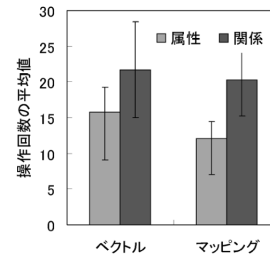


図 7: 操作の内訳。エラーバーは標準誤差を示す。

グアルゴリズムは、異なる標準化の手法を用いるため、別のグラフに示している。2 つのアルゴリズムによる類似度を指標とした分散分析の結果、関係が属性を上回ったことが確かめられた (ベクトル: $F(1, 10) = 42.33, p < .01$, マッピング: $F(1, 10) = 13.73, p < .01$)。しかし、いずれの類似度においてもプレ-ポスト間での差を認めることはできなかった (ベクトル: $F(1, 10) < 0.01, n.s.$, マッピング: $F(1, 10) = 0.30, n.s.$)。つまり、この分析では、事例に基づく平面構成に対する振り返りの効果を確認することができなかったといえる。

4.3.3 ログ分析

実験における支援システムの運用状況を検討するために、分析環境の操作におけるログを分析した。

分析環境の操作ログから類似計算の頻度 (計算ボタンを押した回数) を抽出したところ、平均値は、69.82 ($SD = 42.69, n = 11$) となった。分析環境におけるパラメータは、124 の組み合わせをもつが、その半数以上の計算が行われたことが示された。

さらに、それぞれの計算におけるパラメータ設定の内訳を検討した。図 7 は抽象度と計算アルゴリズムのそれぞれのパラメータにおける操作回数の平均値を示したものである。操作回数を指標とした分散分析の結果、関係が属性を上回ったことが示され ($F(1, 10) = 9.29, p < .05$)、アルゴリズムの効果は有意とはならなかった ($F(1, 10) = 0.38, n.s.$)。この結果から、被験者は、振り返りに関して関係の類似を重視していたと考えられることができる。

4.4 考察

実験の結果、振り返りの効果は、主観的評価において見いだされたものの、類似計算からは観察されなかった。類似計算において、プレ-ポスト間での差がみられなかった理由としては、計算される類似度のパラメータに関する問題を考えることができる。今回の分析では、次元を固定した4種類の類似を計算した。しかし、被験者によっては、特定の次元のみを類似させ、他の次元をずらすというストラテジーによって、オリジナリティのあるグラフィックを制作しようとしたことも考えられる [岡田 07]。このようなストラテジーを検討するためには、より詳細な分析によって、振り返りの効果を検討する必要がある。

また、主観評価における効果も十分なものとはいえない。発見的観点の育成にとっては、作品の美しさにおける向上ではなく、オリジナリティにおける向上が望まれる。オリジナリティの向上が観察されなかったという今回の結果は、創造性の向上というよりも、事例の観察や言語化による創造的思考の阻害 [Scholer 93, Smith 93] に近いものとみなすこともできる。実際、課題後の内省報告では「(分析環境からは)類似度を見出すことはできますが、オリジナリティをだすことはできません」などのように、分析環境のオリジナリティに対する効果を問題として指摘する被験者もいた。ただ、他の被験者には「何かを意図して手本からデザインを行なうが(分析環境を用いることで)自分の気がつかなかった類似や、その類似度を見つけることができると感じた」などのように、支援システムの意図した効果を感じたと報告するものもあり、その効果は個人間で大きく異なっていた可能性もある。今後、より大規模な実験を通して、提案する支援システムの効果を検討する必要がある。

システムの運用状況を検討するために実施したログ分析からは、被験者が分析環境におけるパラメータ空間の半分程度を探索したことが明らかになった。この結果は、1時間という制限時間の中では、十分なものである。また、ログの内訳を検討することで、属性ではなく、関係に注目した探索がなされたことも示された。ログ分析におけるこの傾向は、被験者の制作したグラフィックが、属性よりも関係において事例と類似した結果とも整合的である。これらを総合すれば、実験を通して、被験者は、表層的な属性ではなく、より抽象的な関係の特徴に注目していたことが示される。ただ、ログ分析からは、2種類のアルゴリズムの差は有意とはなっておらず、Gentnerの述べる構造的観点(関係構造の一貫した対応への注目)が身につけているわけではないと考えられる。今後、構造的に一貫した類似に注目させる観点の育成支援が重要になる。

5 おわりに

本研究では発見的観点を支援するフレームワークを提案し、支援システムを実装した。支援システムは実

験的に使用され、実験の結果から今後、改善すべき課題が導かれた。

本研究の意義は、類推に関する認知科学研究を観点発見のフレームワークに流用したことである。過去、類推研究の知見を取り入れた学習支援研究 [小島 06] やリフレクション支援の研究 [諏訪 05] は数多く行われているが、認知科学において実際に用いられている類推のモデルと整合する手法を取り入れた研究はほとんど行われていない。本研究が行ったような認知科学研究と密接に結びつく学習支援の研究は、学習支援の理論化を促すとともに、認知科学領域に対しても貢献するものと考えられる。

参考文献

- [Falkenhainer 89] Falkenhainer, B., Forbus, K., and Gentner, D.: The Structure-Mapping Engine: Algorithm and Example, *Artificial Intelligence*, Vol. 41, pp. 1-63 (1989).
- [Forbus 95] Forbus, K., Gentner, D., and Law, K.: MAC/FAC: A model of similarity-based retrieval, *Cognitive Science*, Vol. 19, pp. 141-205 (1995).
- [Forbus 90] Forbus, K., and Oblinger, D.: Making sme greedy and pragmatic. In *Proceedings of the 12th annual conference of the cognitive science society*, pp. 61-68 (1990).
- [Gentner 93] Gentner, D., Rattermann, M., and Forbus, K. D.: The role of similarity in transfer: Separating retrievability for inferential soundness, *Cognitive Psychology*, Vol. 25, pp. 524-575 (1993).
- [Gick 80] Gick, M. L., and Holyoak, K. J.: Analogical Problem Solving, *Cognitive Psychology*, Vol.12, pp.306-355 (1980).
- [後藤 04] 後藤武, 佐々木正人, 深澤直人: デザインの生態学 新しいデザインの教科書. 東京書籍 (2004).
- [木下 00] 木下武志, 河野とも江: ベーシックデザインにおける色彩構成課題の提案, 山口大学工学部研究報告, Vol.51, pp93-99 (2001).
- [小島 06] 小島一晃, 三輪和久: “作問事例を用いて数学文章問題を生成するシステムの実現と評価”, *人工知能学会論文誌*, Vol. 21, No. 4, pp.361-370 (2006).
- [Morita 08] Morita, J.: Computational Analysis on Graphic Generation: Effects of surface and structure similarity, in *Proceedings of the 30th Annual Conference of the Cognitive Science Society*, pp.1765-1770 (2008).
- [南雲 94] 南雲 治嘉: 視覚表現 コンピュータ時代のベーシックデザイン. グラフィック社 (1994).
- [岡田 07] 岡田猛, 横地早和子, 難波久美子, 石橋健太郎, 植田一博: 現代美術の創作における「ずらし」のプロセスと創作ビジョン *認知科学*, Vol.14, pp.303-321 (2007).
- [Schooler 93] Schooler JW, Ohlsson S, and Brooks K.: Thoughts beyond words: when language overshadows insight. *Journal of Experimental Psychology: General* Vol. 122, pp.166- 183 (1993).
- [Smith 93] Smith, S.M., Ward, T.B., and Schumacher, J.S.: Constraining effects of examples in a creative generation task. *Memory & Cognition*, Vol.21, pp.837-845 (1993).
- [諏訪 05] 諏訪正樹: 身体知獲得のツールとしてのメタ認知的言語. *人工知能学会誌*, Vol.20, pp.525-532 (2005).