

高次認知機能を伴う創造的認知過程の可視技法

中村 潤 大澤幸生
東京大学大学院 工学系研究科

1. はじめに

人間が新たな概念を生成するときに、過去の経験などの知識体系に加え、創造的な発見のプロセスである類推を行いながら思考を巡らしている可能性がある。なぜなら、2つ以上の概念が類似していると考えるとき、その両者に共通の概念に気づくという過程で新概念の創造を行うことを、われわれは日常的に経験するからである。

本論文では、言葉のカードを分類するという単純な作業を行うことによって、誰でもがその集合体に創造的な概念を生成する様子を観察・測定できる仕組みを開発した。開発にあたり設計した概念生成のモデルを紹介し、実験によって得られたデータの分析例を示す。

第2節で関連する先行研究を紹介し、第3節で実験に向けた概要を説明する。第4節では実験結果を示し、最後に第5節で今後の課題に触れる。

2. 関連研究

2.1 概念創造のモデル化

概念生成の認知過程に関しては、さまざまな研究がなされている。創造的な思考をモデル化したFinkeらが提唱したジェネプロア・モデル (Finke et al., 1992) は、認知過程が生成される部分と探索の解釈部分とのサイクルをモデル化した。発想法として知られるKJ法 (川喜多, 1967) では、単語間を関連づける試行錯誤の過程から、要素間の前後や構造的な関係性に気づく効果を利用する。本論文では、探索と解釈の過程において分類しづらい単語に注目し、当該単語を余らせないルールを導入によって新しい概念を創造することを想定した。

創造的思考には人間にしか備わっていない高次認知機能である類推が寄与するとされてきた (Holyoak & Thagard, 1995)。この類推を促すように、複数の単語カードを用意し (ベース)、分類したグループに概念名 (ターゲット) を付す実験環境を設計した。

2.2 創造的思考過程の観察手法

曖昧な情報に接することで、創造性を発揮する場面を観察した研究 (Gaver et al, 2003) がある。また、外的な制約条件が創造を動機付けることが観察された (Bonnardel, 2000)。しかしながら、これらの研究には被験者の職業がデザイナーに絞られている。本論文では、被験者の属性に依存しない観察手法を開発した。

3. 実験概要

3.1 概念生成モデル

統計学でいえば外れ値とされるアイテムにあえて着目し、実はその外れ値が価値を創造する契機となるモデルを

考える。まず複数のアイテムを分類するときに、余らせないような制約条件 (Bonnardel, 2000) を導入すると、これまで構築したグループの再構成がなされると仮定する。その結果、当初想定していなかった新たな概念創造に至る。これを図1に示す。

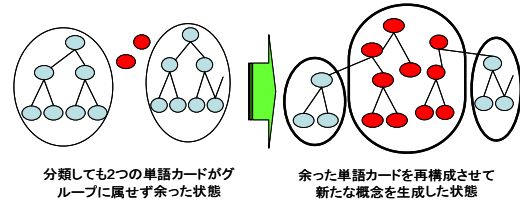


図1: 概念生成モデル

3.2 実験の概要

概念生成モデルをもとに本実験用に Web ベースのシステムを開発した。画面イメージは、図2の通りである。



図2: 画面イメージ
噴出しには、単語それぞれの意味を入力できる

被験者は、ランダムに並んだ画面上の単語カードを動かしながら、分類を試みる (1)。同じグループに入れる場合には同じ色を単語カードに塗る (2)。グループに概念名を名付ける (3)。単語には多義性があるため、単語カード毎に被験者独自に解釈した意味を入力する (4)。単語カードが余れば構成を見直し、全ての単語カードがいずれかのグループに分類されたら実験を終了する (5)。

実験は2回連続で行い、1回目は上記以外に何も指示 (ヒント) を与えず、2回目は分類にあたり意識する要素を与える。本実験では「環境を意識して分類する」とした。

被験者は32名 (中学生20名・大学院生/社会人12名) であり、単語カードは、野球、JR、携帯など日常で用いる平易なものを20枚用意した。

4. 実験と考察

4.1 可視化技法と考察

4.1.1 動作履歴と分析

実験で得られるデータは、被験者毎に単語カード毎の移動・塗色・意味入力を秒単位でとらえることができ、概念

入力内容も記録される。このデータをもとに、20枚のある単語カード C_i を選択した確率を $P(i)$ で与え、所要時間を50で正規化する。(1)式のエントロピー計算により、被験者が特定の単語カードにこだわりをもつか、全体に均等に操作するか(本論文ではこれを分散度と呼ぶ)が判定できる。前者であれば I の値は小さくなり、後者であれば I の値は大きくなる。

$$I = -\sum_{i=1}^{20} \sum_{t=1}^{50} P_t(i) \log P_t(i) \quad (1)$$

この分散度と所要時間をプロットし、被験者の特徴を分析する(分析A)。更に、ヒント有の場合の動作行動の特徴を探索し(分析B)、最後に概念創造のケースを紹介する(分析C)。

4.1.2 分析A (速攻型・熟考型の区分)

横軸に所要時間、縦軸に分散度として被験者を図3のようにプロットした。すると、行動が早く全体を鳥瞰するタイプ(速攻型)と、行動に時間をかけ特定の単語にこだわるタイプ(熟考型)が抽出された。(t=2.50165, df=30, p<0.005)。

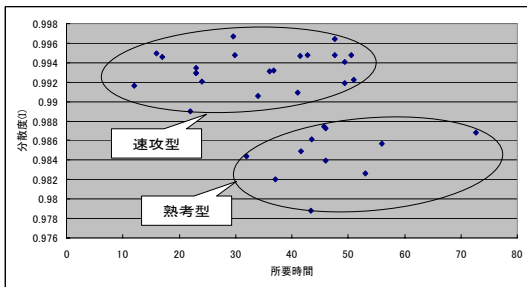


図3: 所要時間と分散度

4.1.3 分析B (ヒント有)

ヒント有の場合で熟考型・速攻型を分けけたものを図4に示す。すると、それぞれの行動の緩急パターンに極端な差異があることがわかる。ヒントの有無でも対比は可能であるが、熟考型は特にヒントを与えることが思考の深さ(ここでは動作時間やスピードで表現される)に影響を与えていることを示唆している。

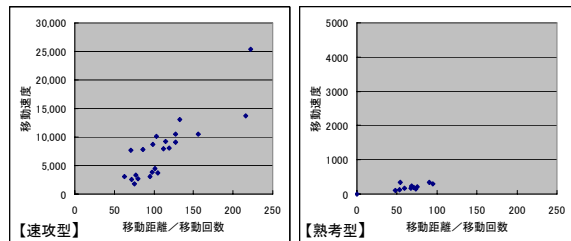


図4: ヒント有の移動距離/移動回数と移動速度

4.1.4 分析C (ケース紹介)

熟考型でヒント有りのケースでは、例えばゲーム中盤まで余らせていた「野球」という単語カードに独自の解釈として米国で活躍した「野茂選手」を入力し、同時に「寿司」という単語カードによって「海外進出か!」という気づき

の発話とともに、概念名 {海外進出} が入力された。このように複数のベースからターゲットを発見するときに類推が作用している可能性がある。

また、単語の意味解釈をシフトさせながら概念生成するタイミングは、分散度が低くなる(集中度が高まる)図5のStep2に集中していることが判明した。

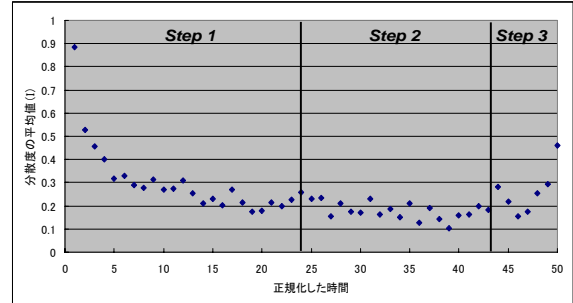


図5: 分散度の推移

この他に、単語カードの移動タイミングを測定すると、移動させて色や意味を入力する集団と、色や意味を入力してから移動させる集団、すなわち走りながら考えるか、考えてから走るか、の2つの思考パターンも観察された。

4.2 結論

本論文の主題は、概念生成モデルを設定したうえで、創造的な認知過程を観察できる環境の開発に主軸をおいている。筆者らが開発してきた実験環境は、類推行動する被験者の動作履歴を客観的かつリアルタイムにデータ化する技術を導入した点で、新たな研究手法を提示するものと位置づけられる。また、職業などの属性に依存せず一般的な被験者を解析することが可能となるので、ヒントの有無等の制約条件、あるいは所与の単語カード名の変更等によって、さまざまな属性の被験者の概念創造の認知過程の可視化実験が可能となる。

5. 今後の課題

本論文では、定量的な動作履歴の分析例を中心に紹介したが、単語間の意味的なつながりや、単語間・概念間の意味的な距離が測れるような実験環境の整備やアルゴリズムの開発が、創造性認知過程のメカニズム解明には不可欠である。

謝辞

本研究は財団法人 日産科学振興財団による認知科学研究助成および科学技術融合振興財団の補助金による成果である。

参考文献

- Finke, R.A., Ward, T.B., & Smith, S.M. (1992). *Creative Cognition*, The MIT Press, Cambridge.
- 川喜多二郎. (1967). 発想法, 中央公論社
- Holyoak, R.A., & Thagard, P. (1995). *Mental Leaps, Analogy in Creative Thought*, MIT Press, Cambridge.
- Gaver, W.W., Beaver, J., & Benford, S. (2003) Ambiguity as a Resources for Design, in Proc. Of Computer Human Interactions.
- Bonnardel, N. (2000). Towards understanding and supporting creativity in design: analogies in constrained cognitive environment, *Knowledge Based Systems*, Vol.13, pp.505-513