

# アナロジー思考ゲームにおける発想能力の新しい評価手法 Evaluation Approach about the Ability of Generating New Concept in Analogy Thinking Game

小林 正典<sup>\*1</sup>    中村 潤<sup>\*2</sup>    大澤 幸生<sup>\*1</sup>    西原 陽子<sup>\*1</sup>  
Masanori Kobayashi    Jun Nakamura    Yukio Ohsawa    Yoko Nishihara

<sup>\*1</sup> 東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻  
Department of Systems Innovation, School of Engineering, University of Tokyo

<sup>\*2</sup> 東京大学大学院工学系研究科技術経営戦略学専攻  
Department of Technology Management for Innovation, School of Engineering, University of Tokyo

The human eyes are strong sensor to detect valuable objects. The eye movement is physiological information that expresses human's intention directly, and it is also possible to read human's affect from the movement. Eye movement analysis has been used to understand human higher cognitive processes. In this study, we aimed at the search for the mechanism of the eye movement that happens by the process of generating a new concept in the thinking process. Then, the eye movement was measured in the experiment with a Web based analogy game that is developed for players to enjoy categorization of words. The result implies the characteristic eye movement according to the stage of the thinking process.

## 1. はじめに

人間の目は外界を認識するだけでなく、人の思考プロセスにも深く関係がある。視線情報は、人間の意図をダイレクトに表現する生理的情報である上に、その動きから人間の情動を読み取ることも可能であることが知られている[鈴木 97][大野 02]。

先行研究として、情報処理の分野において、視線から人間の意図を自動的に推定する手法を提案した研究[Salvucci 98]や人間の「迷い」と視線パターンとの関係を求めた研究がある[高木 00]。

また、認知科学の分野においては、人間の眼は物を見る際に大まかには注視とサッカードと呼ばれる高速の運動を繰り返すことが知られている[Martines-Conde 04]。また、人の高次認知処理の解明において視線計測は重要な役割を持つことが理解され[Salvucci 98]、文章読解や絵画・風景の理解を視線から研究することが行われてきた。さらに、問題を解決する際に画像情報を見て人が洞察を得る際の視線の動きに着目した研究がなされており [Terai 03]、また、人が一見して理解できないものを理解しようとして見る際には洞察的な思考が介在しており、ここに特定の眼球運動が存在すると考えており、これまでに関連する現象を捉えてきた研究もある[Ohsawa 07]。

本研究では、人の思考の中でも特に新たな概念を生成する過程で起こる視線の運動メカニズムを探索することを目的としている。その際の視線運動のメカニズムから人の概念生成の評価方法に役立てることができればと考えている。そして、当研究室で開発された、言葉の集合を自らが生成した概念に基づいて分類する「アナロジーゲーム」[中村 07][中村 08]による実験に視線計測を組み合わせて、概念生成における視線の運動の測定を行った。

## 2. アナロジーゲームにおける視線の観察実験

### 2.1 アナロジーゲームについて

アナロジーゲームは、当研究室の博士課程の中村らによって

開発された、言葉のカードを分類する単純なゲームである。WEB ベースのツールで複数の単語を自分の考え出したコンセプトに従い、グループ分けを行う様子を観察・測定できる。

画面イメージは図 1 のようなものであり、その機能およびルールを以下に示す。

- カードは 20 枚用意し、何らかの単語が記載されている
- 単語カードを自由にドラッグし、位置的に近づけながら、分類を行うことができる
- グループ分けは 5 種類までの色を単語カードに塗ることで行い、同じグループは同じ色で統一することにする
- 単語カードの集合に命名あるいはキーワードをつけることができる

そして、20個の単語はスタート段階であらかじめグループ分けされており、被験者はその状態を崩して新たな組み合わせを作るというを行うわけであるが、このゲームを通して「創造と破壊」のプロセスを体験してもらうことになる。そして、特にこのゲームが注目しているのは、創造的洞察モデル[Csikszentmihalyi 96]である Preparation→Incubation→Insight→Elaboration の過程における中間期(Incubation→Insight)である。

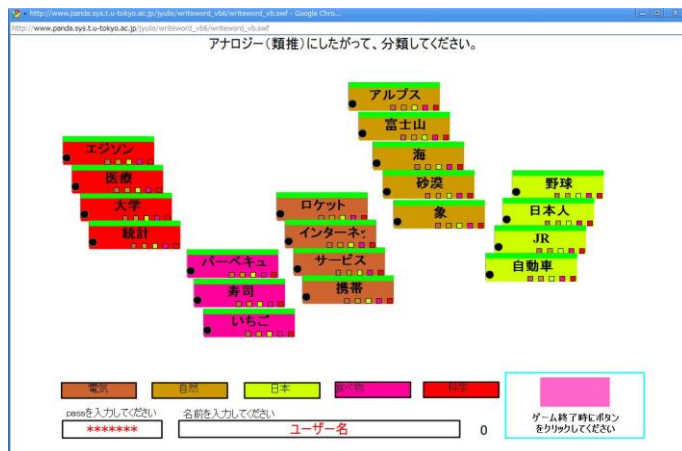


図 1 : アナロジーゲームの画面イメージ

連絡先: 小林正典, 東京大学大学院工学系研究科, 東京都文京区本郷 7-3-1, 03-5841-2908(内線 22908), tt086348@mail.ecc.u-tokyo.ac.jp

## 2.2 視線計測器に関して

本実験で用いた視線計測器に関して簡単に説明をする。視線の計測は(株)武井機器工業の FreeView-HMS を用いて行った。この計測器では、1 フレーム=1/30[sec]という時間分解能で眼球の運動を計測することができる。視点の移動は白目と黒目の輝点の相対距離により測定され、角度で測定され、視点の移動速度を測定することが可能である。

## 3. 実験結果

被験者として、学生 4 名(内、女性一人)にプレイヤーとしてアナロジーゲームを行ってもらった。そして、プレイヤーに対して視線計測器を装着し、プレイ中における視線の運動を観察・測定した。

### 3.1 全体の傾向

視線運動を観察していく中で、被験者に共通して見られた視線の動きについて述べる。

#### (1) グループを認識する視線

これは、ゲームの初期段階や終了段階で多くみられた視線の動きであり、図 2 のようなイメージである。

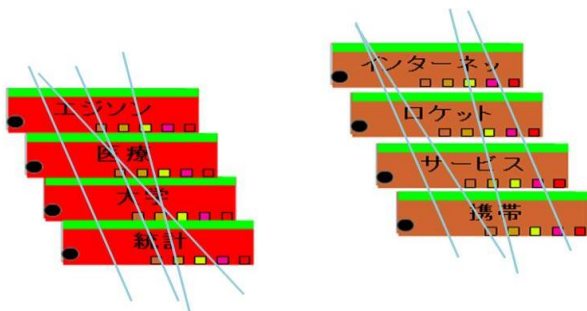


図 2：同グループ内の単語を捉える視線の動き

この視線の動きは、同じグループに属する単語が何であるかを認識する際に同色の単語を繋げて捉えようとする眼球運動によって表れているものと考えられる。そして、ゲーム初期段階ではデフォルトのグループを理解する上でこの視線がよく観察された。また、終了段階においても自分の作り出したグループを確認する上でこの視線の動きが起きていると観察された。

#### (2) 新たな組み合わせを探そうとする視線

これは、ゲーム中盤において観察された視線の動きであり、そのイメージを図 3 に示す。

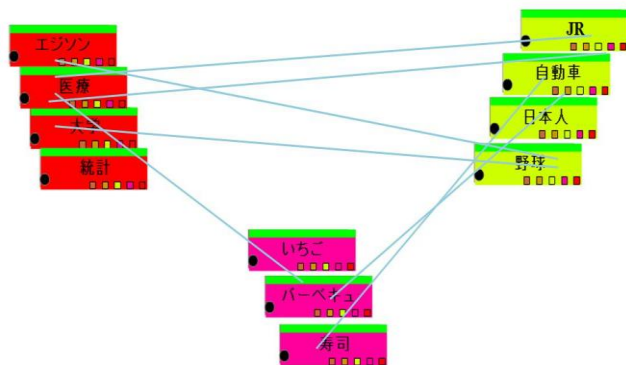


図 3：異なるグループ間を激しく動く視線

この動きは、先述したグループを認識する段階を経て、このゲームの課題でもある「既存の組み合わせを壊して新たな結合を作る」様子が視線によって描かれていると考えられる。異なるグループ間を視点が激しく移動して、違うグループに含まれる単語同士を結び付けようとしていると言える。さらに、単語カードを動かすことでデフォルトの状態を崩しながら、バラバラ同じ色のカードも画面上にバラバラになり、その中で視線が新たな結合を探索するようになる。

全体の傾向として、このように二種類の特徴的な視線を現段階として得ることができたが、次項では個別の観察を行う。

### 3.2 個別の観察

#### (1) サッカード運動と注視の時間分布

この項では、ある被験者の視線運動を対象として考える。その際に、定量的に考える上で実験結果から得られた眼球運動を以下のように定義する。

- サッカード運動: 500[deg/sec]以上の速度の運動
- 注視運動: 3 フレーム以上の間同じ点を見ている状態

そして、実験に要した時間の全体の長さを 25 として正規化し、それぞれの時刻  $t=\{1,2,\dots,25\}$  においた。

まず、サッカード運動を起こした回数を取り、図 4 のようにサッカード運動の時間分布をプロットする。

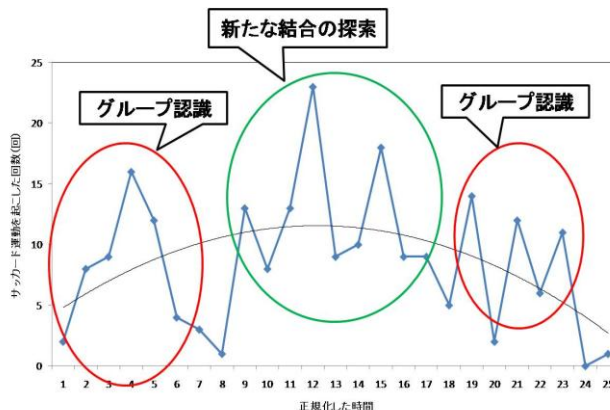


図 4：サッカード運動の時間分布

ここで、先の特徴的な視線の動きとして挙げた“グループ認識”と“新たな結合の探索”と関連させて考える。図 4 にあるサッカード運動が全てこれらの運動に直結しているとは言えないが、時刻  $t=1\sim 6$  においてサッカード運動が一度ピークを迎えており、ここでは主にグループ認識を行っていることがわかる。また、しばらくはサッカード運動の回数が落ち込むが再び中盤で上昇している。これは、新たな結合を探索する上で視線が激しく移動していることを裏付けていると言える。さらに、 $t=19$  以降からの終了段階においては、中盤程の頻度はないもののサッカード運動が観測されているが、これは自分が新たに作った集合に対するグループ認識が働いていることを示していると考えられる。なお、図 4 中の曲線はサッカード運動の時間分布に関する 2 次近似的な曲線であり、全体的に上に凸の形をとっていることがわかる。

次に、注視に関して同様様に、正規化した時間において注視を起こした回数をカウントし、それを図 5 にプロットする。

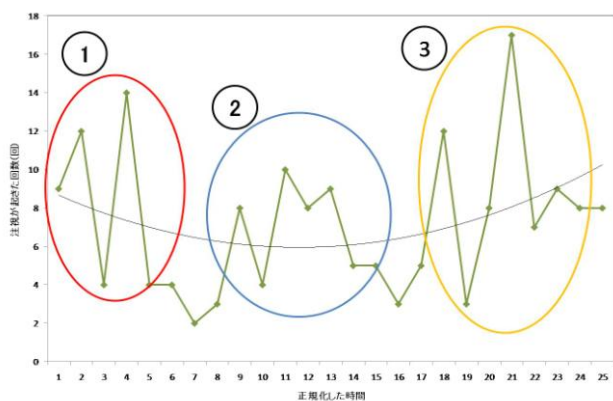


図 5：注視の時間分布

図 4 と比較してわかることとして、図 5 中の注視回数の時間分布の 2 次近似曲線を見ると、図 4 で見たサッカード運動の近似直線(上に凸)とは逆に下に凸の形を取っている。さらに、①  $t=1\sim 6$ 、②  $t=8\sim 15$ 、③  $t=17$  から 25 と 3 つのグループに分け、それぞれの状況に関して述べる。①の時間帯では、先にグループ認識が行われていると記したが、グループに属する各単語を認識する上で注視が起こっていると考えられる。また、②の時間帯は異なるグループ間を移動する視線が主に起こっており、その際にグループ同士を往復するような視点の移動と移動の合間に注視が発生していると考えられる。最後に、再び注視が頻繁に起こるようになってきているが、これは先の終了段階のグループ認識において集合に含まれる各単語の関連性を再確認している際に生じていると言える。

#### (2) サッカード運動とアクション回数との関連

視線計測機から視点の移動データを取得できる一方で、アナロジーゲームからも動作履歴情報を取得することが可能であり、単語カードのドラッグや色付けといったアクションを時間情報として取得することが可能である。

そこで、一回の単語カードのドラッグおよび色付けを一回のアクション回数として計上し、先と同様に正規化した時間におけるサッカード運動とアクション回数の関係を以下の図 6 にプロットする。

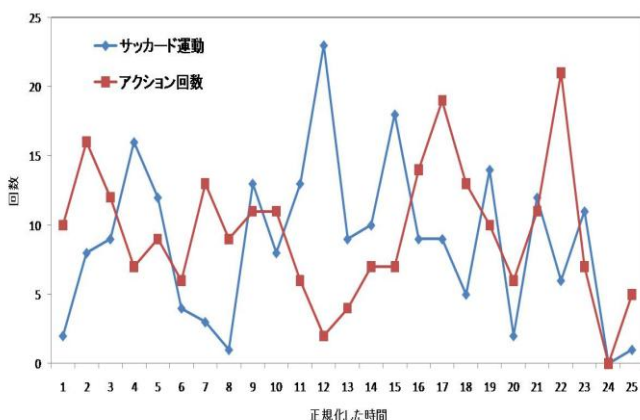


図 6：サッカード運動とアクション数の時間分布

このグラフを見てみると、サッカード運動の数とアクション数が相反する関係であり、サッカード運動の数が山でピークとなる一方でアクション数が谷を迎えており、またその逆の関係も見られる。特に  $t=12$  において、サッカード運動とアクション数の差が

特に大きく、またこの区間が新たな結合を探索する視線があるとこの考察と合わせると、被験者はここで一種の「迷い」の状態に陥っているのではないかと考えられる。

#### 4. おわりに

本論では、言葉の集合を分類しながら概念を生成するツールとして開発された「アナロジーゲーム」に対して、視線計測を組み合わせて概念生成プロセスにおける特徴的な視線運動を探索した。

プレイヤーに共通する特徴として、ゲームの段階に応じて特徴的な視線の運動が存在し、ゲーム初期においてはグループ認識の視線運動が、ゲーム中盤においては新たな結合を探索する視線運動があることが観察結果として見出された。また、プレイヤー個別の視線運動を解析する中で、サッカード運動の回数と特徴的な視線運動に関連性がある可能性を見出し、さらにはサッカード運動の数とアナロジーゲームにおけるアクション数が相反する状態にあるところが傾向を見出すことができた。

今後の展開としては、アナロジーゲームをプレイしている中で生じるプレイヤーの「迷い」に着目したい。単語を余らせないなどの制約により、プレイヤーは途中で行き詰まりのような状態に陥るのだが、そこからブレークスルーするプロセスにおいてどのような視線運動のパターンが見られるのかというのが今後の課題となる。先の個別の観察からも、中盤の時刻において、サッカード運動の数とアナロジーゲームにおけるアクション数の差が顕著に表れていることから、この部分に迷いに関する鍵があると考えられる。そして、画像認識のプロセスにおいて洞察的な理解を得る際に、前もって知っている情報と視認した情報の統合を行うために補助線としての視点の移動が起きていることを示す研究[前田 08]からも、アナロジーゲームにおいても特徴的な視線パターンを検出できれば、現在は動作履歴のみからプレイ評価を行っているアナロジーゲームに対して新たな評価付けを行えるような仕組みを作りたいと考える。

#### 参考文献

[鈴木 97] 鈴木光太郎訳, ロバート・L・ソルソ, :脳は絵をどのように理解するか, 新曜社, 1997.  
 [大野 02] 大野健彦: 視線から何がわかるか—視線測定に基づく高次認知処理の解明, Cognitive Studies, pp565-579, 2002.  
 [Salvucci 99] Salvucci, D.D.: Inferring Intent in Eye-Based Interfaces: Tracing Eye Movements with Process Models, CHI'99 Conference, pp.254-261, 1999.  
 [高木 00] 高木啓伸: “視線の移動パターンに基づくユーザの迷いの検出-効果的な作業支援を目指して,” 情報処理学会論文誌, Vol.41, No.5, pp.1317-1327, 2000.  
 [伊藤 02] 伊藤毅志, 松原仁, ライエル・グリーンバルゲン: “将棋の認知科学的研究(1)-記憶実験からの考察,” 情報処理学会論文誌, Vol.43, No.10, pp.2998-3011, 2002.  
 [Martinez-Conde 04] S.Martinez-Conde: The role of fixational eye movements in visual perception, Nature Reviews Neuroscience 5, pp229-240, 2004  
 [Salvucci 98] Salvucci, D.D., Anderson, J.R.: Tracing eye movement protocols with cognitive process models, Proc. annual conf. of the cognitive science soc., pp923-928, 1998  
 [Terai 03] Terai, H., Miwa, K.: Insight problem solving from the viewpoint of constraint relaxation using eye movement analysis, Cognitive science, pp671-676, 2003

- [Ohsawa 07] Y.Ohsawa, Y.Maeda, : Eyes Draw Auxiliary Lines before Insight Moment, Proc. IEEE Conf. Systems, Man, and Cybernetics, 2007
- [中村 07] 中村潤, 大澤幸生: 高次認知機能に着目した類推思考の可視化技法—アナロジーゲーム, 人工知能学科第2種研究会資料, 2007.
- [中村 08] 中村潤, 大澤幸生: 概念創造のための類推思考プロセスにおける迷いの効果, 横幹第2巻第1号, pp40-48, 2008.
- [Csikszentmihalyi 96] M. Csikszentmihalyi and K. Sawyer, Creative Insight: The Social Dimension of a Solitary Moment. The Nature of Insight, Cambridge MIT-Press, pp329-363, 1996
- [前田 08] 前田雄佐, 大澤幸生: 視線運動による画像認識プロセスの解析, 日本認知科学会第25回大会 発表論文集, 2008