

# 博士学位論文審査報告書

2014年7月23日

大学名 早稲田大学  
研究科名 人間科学研究科  
申請者氏名 神戸文朗  
学位の種類 博士（人間科学）  
論文題目 図形認知の研究における（6点、 $n$ 線）図形の持つ意義  
**Significance of Using (6 point,  $n$  line) Figures to the Research on Cognition of Figures**  
論文審査員 主査 早稲田大学教授 野嶋栄一郎 博士(人間科学)(大阪大学)(教育工学)  
副査 早稲田大学教授 中島義明 文学博士(東京大学)(実験心理学)  
副査 早稲田大学教授 向後千春 博士(教育学)(東京学芸大学)(教育工学)  
副査 早稲田大学准教授 三嶋博之 博士(人間科学)(早稲田大学)(実験心理学)

本論文は申請者がグラフ理論によってヒントを得、独自に開発した(6点、 $n$ 線)図形の認知に対する実験結果を現在の図形認知理論の中に位置づけ、従来の図形認知研究、特に方法論の分野でどのような貢献をなし得るかを考察することを目的とするものである。図形認知に関する心理学理論の一般性は実験で用いられた刺激図形の性質によって制限を受けることは自明である。それゆえ、多くの研究者は刺激図形の有する性質をなるべく一般化しようとしてきた。その結果、様々なランダム図形や無意味図形が考案された。

- ・通常ランダム図形は無意味図形であるが、非ランダム図形には無意味図形も意味図形もあり得る。
- ・ランダム図形は通常作図の手続きが明示されており、何らかの作図パラメータをランダムに決定する手続きが含まれている。それゆえ、当該作図パラメータにしては客観的な図形測度を定義できる。
- ・もし作図可能な図形の全体集合の定義が可能なら、何らかの測度によって部分集合を定義できる可能性もある。

こうした諸点を考慮すると、ランダム図形は非ランダム図形に比べて図形認知研究を行う上で有位性を持っていると言える。

(6点、 $n$ 線)図形とは非可視な正六角形の頂点に位置する6個の点とそれらの点を結ぶ $n$ 個の線分からなるランダム図形である。 $n$ が1の場合は15個の、2の場合は105個の、3の場合は455個の、4の場合は1365個の、5の場合は3003個の、6の場合は5005個の異なった図形が存在するとされる。申請者はグラフ理論に基づき、各図形の持つ様々なグラフ不変数(これらは図形の持つ深層構造と考えられる)とグラフ不変数が図形中に存在する位置や方向性(これらは表層構造と考えられる)を計算し、 $n$ が1から6までの全図形に

関してこれら深層構造と表層構造の値をデータベース化した。この結果、このデータベースを利用することにより、研究者の問題意識に応じて任意のランダム図形を刺激として実験に供することができるようになった。したがって本研究は、このようなランダム図形からなるデータベースを利用した研究とも言える。

本論文は5章構成になっており、第1章では本論文の目的を、第2章では図形認知の様々な研究を、不変的特徴を利用した図形認知理論、図形の持つ全体性とその構成要素の分解に基づく認知理論、分析的方法に基づかない認知理論の3方向から展望している。第3章では図形認知研究で多く使用されてきた刺激図形と刺激図形作成法の主たるものを紹介している。第4章では申請者によって実施された(6点、 $n$ 線)図形を使用した諸研究の詳細が報告されている。第5章では(6点、 $n$ 線)図形を使用した今後の研究計画の概要が示されている。申請者の図形認知に関する問題意識は第4章に明確に表明されている。申請者の行ってきた諸研究は、問題解決課題を使用した一連の研究、心的回転に関する研究、特徴検出に関する研究に三分される。

#### 1. (6点、 $n$ 線)図形を使用した問題解決課題の研究

この研究では、問題解決課題を使用した原始的特徴を抽出するパラダイムが提唱された。

CRT画面上にまず目標図形が提示され、その後提示された始発図形に参加者はライトペンによる捜査を行うことによって別の図形へと変形することが求められた。こうした図形の変形を繰り返すことで目標図形に到達することが求められた。許された操作は、「目標図形参照」、「回転」、「線の除去」、「線の入れ替え」、「点の入れ替え」、「再出発」であった。

結果の分析において、参加者が実際に更新した図形の特徴値が計算され蓄積されるとともに、参加者が各図形から操作上選択可能であった前図形に対しても特徴値が計算され蓄積された。各特徴に関して得られた2つの周辺分布を比較し、実際の分布と可能であった分布が有意に異なっていれば、分布がランダムではないとの意味でその特徴は認知的活動の対象であったと推定された。以下は主たる解釈である。(a) 図形認知において同型性を保存する選択をしない、(b) 図形の変形において、深層的特徴は固定させ、表層的情報を変動させる、(c) 複雑な図形では「よいGestalt」を持った図形を選好する傾向がみられた。

#### 2. (6点、 $n$ 線)図形を使用した心的回転の研究

この研究では、心的回転がどのような条件で出現するのかを問題解決課題を使って検討した。そして、(a) 限定条件下では、方向非依存的な図形間の同一性への敏感性が存在し、(b) 複雑図形に比べて単純図形での回転操作の選択確立が高いと考察された。

そして、同時提示された2図形(問題と称する)が回転によって同一か否かを判断する際、大局アナログ、局所アナログ的説明と命題的説明のいずれがより妥当性を持つかを、3種の問題と線数および角度差効果によって評価した。

結論として、大局アナログ的立場が一番成り立ち難かった。一方、副次的な誤答率に関する問題差効果と線数効果の説明には局所アナログ的立場も特徴比較的立場も失敗したが、両立場とも潜時に関する線数効果の説明には成功した。むしろ、局所アナログ的立場の特

徴比較的立場に対する優位性は、事後的仮定を設けたときに前者は問題差における軸対称図形の困難性を説明可能であるのに、後者では難しいことにある。

そして、(6点、2線)、(6点、3線)、(6点、4線)図形対の同一性判断に関して心的回転が普遍的に採用されるのか否かを検討しようとした。

総合的に考察すると、角度差効果と線数効果に関する結果から、図形の同一性判断に関しては心的回転による説明に比べて特徴比較的説明が優越していると考えられた。

### 3. (6点、 $n$ 線)図形を使用した特徴検出の研究

この研究では、Kanbe(2008)は端点と閉合性という、相反した深層構造的特徴が目標探索課題においてどのような役割を果たしているかを調べようとし、Kanbe(2010)では端点と閉合性が特徴検出課題においてどのような役割を占めているかを明らかにしようとした。これら2研究は必ずしも一義的な結果を生み出しているとは言い切れないが、Kanbe(2009)では同一性判断課題を用いた3実験によって端点に比して閉合性が初期知覚において優先的に検出されることが一貫して示されている。またKanbe(2013)は、不変的特徴が優先的に検出され、ヒトが図形の持つトポロジカルな特性への鋭敏性を持つことを、6個の実験によって強力に示している。

(6点、 $n$ 線)図形を用いた一連の研究の結果、初期知覚において不変的特徴が検出され、ヒトはトポロジカルな特性への鋭敏性を持つという結果と、心的回転課題においても心的回転が生じなかったという結果を総合すると、図形の同一性判断において、不変的特徴の検出・比較という深層構造的処理が、心的回転において必要とされる位置変位に関する表層構造的処理に、優先することを示唆しているといえよう。

なお、本論文(一部を含む)が掲載された主な学術論文は以下のとおりである。

Kanbe, F. (2001). Mental rotation of random lined figures. *Japanese Psychological Research*, 43, 141-147.

Kanbe, F. (2008). Role of endpoints and closures in feature search. *Japanese Psychological Research*, 50, 145-151.

Kanbe, F. (2009). Which is more critical in identification of random figures, endpoints or closures? *Japanese Psychological Research*, 51, 235-245.

Kanbe, F. (2010). The roles of endpoints and closures in a detection task. 認知心理学研究 (*The Japanese Journal of Cognitive Psychology*), 7, 113-117.

Kanbe, F. (2013). On the generality of the topological theory of visual shape perception. *Perception*, 42, 849-872.

以上により、本論文は博士(人間科学)の学位を授与するに十分値する論文であることを認める。

以上