

方向音痴は不可能図形の認知が苦手か？

— 大域・局所処理の個人差に注目して¹ —

佐々木 宏 之
大 橋 智 樹²

はじめに

方向音痴は不可能図形の認知が苦手か。この問題に取り組み始めたのは、「通学路の行きと帰りの風景が全く違って見え」、「学校の中でも道に迷う」という自称“方向音痴”の学生に出会ったことがきっかけであった。彼女に「ペンローズの三角形」や「アルバースの悪魔のフォーク」といった実在し得ない不可能図形（図1）を見せたときに、どう説明してもその絵の“おかしさ”を理解させることができなかつたのである。不幸なことに彼女には、我々がどれだけ見続けても見飽きることのないエッシャーのリトグラフを楽しむことができない。こうした特徴はこの学生に特有なものなのか、それとも“方向音痴”の人々に一般的な性質なのか。本稿ではこの疑問に対する一つの回答を示す³。

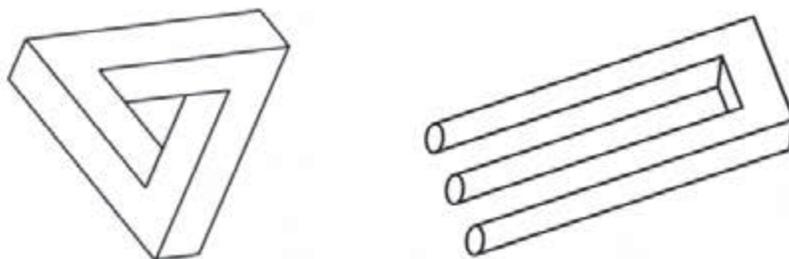


図1 ペンローズの三角形とアルバースの悪魔のフォーク

空間認知の個人差

網膜の神経節細胞を起源とする視覚情報処理の機能分化は、大脳皮質において解剖学的にも大きく枝分かれする（Van Essen, Anderson, & Felleman, 1992）。大脳の後頭葉皮質

1 本研究はJSPS科研費22510182の助成（代表：大橋智樹）を受けたものである。

2 宮城学院女子大学学芸学部教授

3 本論文は、東北心理学会第66回大会・新潟心理学会第49回大会合同大会で発表したデータを再分析し、論文として再構成したものである。また、一部のデータ（不可能図形認知実験）は小野塚（2012）の卒業研究において収集され発表された。

で視覚情報の初期処理が施された後、側頭葉皮質に向かういわゆる腹側経路で物体情報が処理され、後頭葉から頭頂葉に向かう背側経路で空間情報が処理される。こうした機能と構造の対応関係が、視覚情報処理におけるもっとも重要な枠組みである「モジュール化」の基盤となっている。そして、物体情報の中でもっとも高度で日常的な情報処理を“顔の認識”とするなら、空間情報でのそれは“方向感覚”や“認知地図”といった空間行動に関わる情報処理と言えるだろう。

面白いことに、これら二つの高次機能は個人差という点で真に対照的である。ロンドンの街並みは複雑で一方通行が多いため、彼の地でタクシーの運転手になるには脳の作りが変わるほどに高度な知識と訓練が求められる (Maguire et al., 2000)。ところが、顔の認知能力が人並み外れて高度だなどということはTVドラマの中でしか聞いたことが無い⁴。反対に、我々の周りには多くの自称“方向音痴”がいるが、顔の認知が日常生活に支障をきたすほど不得手だというケースは、脳機能障害による相貌失認や一部の発達障害の症状に見られるくらいで、その出現率は自称“方向音痴”ほど多くない。つまり、顔の認知に比べると、空間の認知は個人差が際立っているのである。顔の見間違いは、悪くても人間関係に影を落とす程度で済むだろう。しかし、進むべき道を見誤ることは時と場所によっては命を落とすことにつながってしまう。にもかかわらず、人類の進化の過程で“方向音痴”は淘汰されなかったのである。

柴田ら(2010)によると、空間認知の個人差研究は年々増加しているものの、その数は依然として多くはなく、空間認知研究のメインテーマとしては認められていない現状にある。また、そもそも方向音痴という概念自体が不明確なもので(新垣, 1998)、特に性差と結びつけられがちだが実証的な根拠に乏しい(Caplan & Caplan, 2009)。確かに、方向音痴は思い込みやステレオタイプによるものだったり、動機づけや態度、性格といった空間認知機能とは別個の個人差変数をもたらす部分も少なくないだろう。しかしながら、そのことは“方向感覚”の個人差の存在自体を否定するものではない。

個人差を生む機序は未だ明らかにされていないが、その心理プロセスを解明する研究が進められている。例えば、竹内(1990, 1992)は方向感覚の個人差を測定する質問紙尺度を作成し、因子分析の結果から、方位の認知や方向の回転に関する因子と、目印の記憶や場所の弁別に関する因子を得た。この質問紙の妥当性は、空間認知に関する様々な実験データとの関連から保証されている(例えば、Suzuki, 2012)。

4 海外ドラマ『Lie to me 嘘の瞬間』の主人公カル・ライトマン博士は、容疑者らの“微表情”を見抜くことで事件解決に導く。ライトマン博士のモデルとなっているのは、顔研究の第一人者である心理学者Paul Ekmanである。

不可能図形の認知と方向感覚の共通点

Shepard (1990) によれば、図1で示した2つの不可能図形は厳密には異なるタイプの図形である。図1右のアルバースの悪魔のフォークは「ありえない図と地」で、背景から切り離すことが難しく、まさに存在し得ない図形である。一方、図1左のペンローズの三角形は「ありえない奥行き」で、絶対にありえないというよりは起こりそうもない図形である（図2に、本学の学生が杉原（2008）を参考に作成したペンローズの三角形の“実物”を示した）。どちらの図形にも共通しているのは、部分的には存在し得る形として知覚されるが、全体的な構造に注目すると矛盾が生じ違和感を感じる点である。こうした不可能図形を使って行われた研究でもやはり全体的な構造と部分的な形が議論され、モデル構築の論拠となっている（例えば、プライミング効果：Schacter, Cooper, & Delaney, 1990；Soldan, Mangels, & Cooper, 2006、あるいは心的回転：Dror, Ivey, & Rogus, 1997、ある

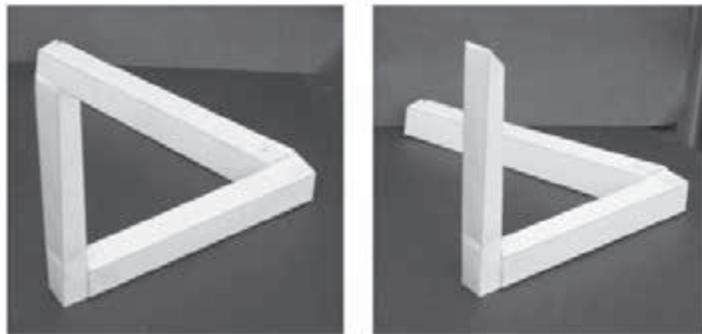


図2 実在するペンローズの三角形

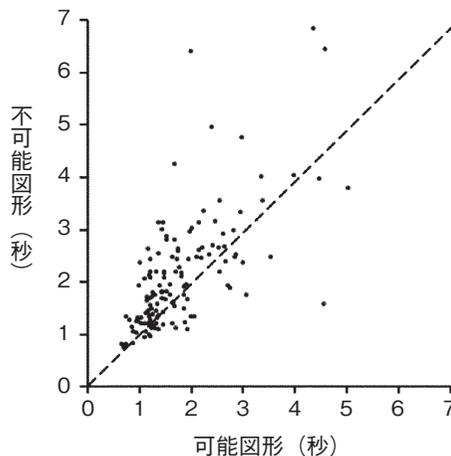


図3 可能・不可能図形弁別課題における平均反応時間

いは視覚探索課題：Donnelly, Found, & Müller, 1999)。翻って、方向感覚について見てみると、方向感覚とはランドマーク（局所的な情報）を手掛かりにしながら自分の相対的な位置（大域的な情報）を把握する能力であるとみなすことができる。したがって、不可能図形の認知と方向感覚には共通して大域・局所処理の問題⁵が関わっていると考えられる。

一方、方向感覚では認められる個人差の問題については、不可能図形認知の研究では、乳児（Shuwairi, Albert, & Johnson, 2007）、高齢者（Soldan, Hilton, Cooper, & Stern, 2009）、自閉症児（Motttron, Belleville, & Ménard, 1999）といった特殊なサンプルでの実験は報告されているが、一般的な個人差を変数とした研究は、我々の知る限りにおいて存在しない。そこで、後述する本研究の可能・不可能弁別実験のデータを、ここで先んじて参照しよう。図3は、可能図形・不可能図形に対する134名の平均反応時間を散布図に表したものである。この結果が示す通り、反応時間の分布は広範囲に渡り、不可能図形の認知には大きな個人差が認められる。先述した先行研究のデータ（Donnelly et al., 1999; Dror et al., 1997; Soldan et al., 2006）と比べると全体の平均反応時間が遅く、データのばらつきも大きい。これは本研究では個人差を顕在化するため、十分な練習試行を行わずに本実験を実施したという手続き上の理由であろう。

大域・局所処理の個人差

大域・局所処理に関しては、階層構造を持つ複合パターン（図4）を用いた研究により、大域情報処理の優位性⁶が明らかにされた（Navon, 1977）。この現象には複数のメカニズムが関与していると考えられ、二瀬・行場（1997）は初期視覚チャンネルの時空間特性、注意配分過程、反応決定段階の3つの処理過程による影響を指摘した。この中で特に個人差が生じるのは注意配分過程で、注意の焦点化サイズの切り替えや配分方略には能力差や個性が反映すると考えられる（大橋・行場, 2001）。そのため、行場・大橋・守川（2001）は複合パターンを処理する際の個人の処理特性を簡便に測定することのできる検査として、複合数字抹消検査（Compound Digit Checking Test: CDCT）の開発を行った。これまでに、この検査を使って、性格特性との関係、発達的特徴、加齢特徴などが確かめられてきた（大橋, 2005）。そこで本研究では、複合数字抹消検査で測定された大域・局所処理の個人差が、方向感覚尺度と不可能図形認知実験における個人差にどう関与するかを検証する。

5 ヴントの要素主義に始まり、ゲシュタルト学派のゲシュタルト心理学を経て現代に至る、実験心理学の歴史と共に存在してきた問題。

6 全体文字への速く正確な反応や、部分文字への反応に対する全体文字の干渉効果など。

H	H	H	H	H	E	E			
H					E	E			
H					E	E			
H	H	H	H		E	E	E	E	E
H					E	E			
H					E	E			
H	H	H	H	H	E	E			

図4 全体・部分の階層構造を持つ複合パターン

方法

方向感覚と大域・局所処理の測定はそれぞれ集団検査により別日に実施し、不可能図形認知の測定は一人ずつ実験室で実施した。

方向感覚の個人差測定

方向感覚質問紙簡易版（竹内, 1992）は方向感覚に関する質問20項目により構成される。質問項目は、「知らない土地へ行くと、東西南北が分からなくなる」「知らないところでは、自分の歩く方向に自信が持てず不安になる」といった“方位に関する意識(以下、方位意識)”の下位尺度9項目、「自分がどちらに曲がってきたかを忘れる」「景色の違いを区別しておぼえることができない」といった“空間行動における記憶(以下、空間記憶)”の下位尺度8項目、「2人以上で歩くと、相手に任せて付いて行ってしまう」「住宅地で同じような家が並んでいると、目的の家が分からなくなる」などのその他3項目に区分される。実験参加者には各項目について7段階評定を求めた。集計の結果、尺度得点が高いほど方向音痴とみなされる。

不可能図形認知の個人差測定

Schacter et al. (1990) による可能・不可能図形（図5）を用いて弁別課題を実施した。実在し得る立体図形の線画20個と実在し得ない図形の線画20個をランダムな順でPCモニ

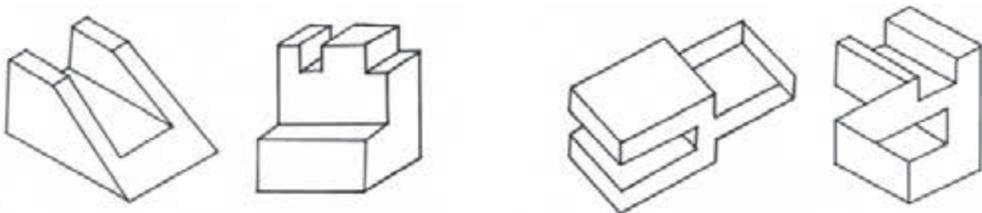


図5 不可能図形認知実験に用いた可能図形（左）と不可能図形（右）

タに提示した。実験参加者の反応まで刺激は提示され続けた。実験参加者の課題は实在可能か不可能かの判断で、キーボードのキー押しにより反応時間と正答数が測定された。誤答反応に対しては、ピープ音によるフィードバックが与えられた。

大域・局所処理の個人差測定

行場ら(2001)の開発した複合数字抹消検査(CDCT)を使用した。この検査では、局所数字で構成される大域数字という複合パタンの配列から、指定された数字を含むパターンを逐次抹消していく。80秒間の作業課題を、休憩を挟んで5回繰り返す。処理個数、局所数字への正答率、大域数字への正答率などが測定される。

実験参加者

実験参加者は新潟中央短期大学幼児教育科の学生149名で、そのうち不可能図形弁別課題でspeed-accuracy tradeoffが生じている15名のデータを除去し、134名(男35名、女220名)のデータを分析に用いた。

結果と考察

予備的な相関分析の結果を基に、分析に用いる変数を決定した。方向感覚については、方向感覚質問紙の2つの下位尺度、方位意識と空間記憶を使用した。不可能図形認知については、可能図形反応時間と不可能図形反応時間を使用した。大域・局所処理については、複合数字抹消検査の3つの指標、処理個数、全体数字正答率、部分数字正答率を使用した。

方向感覚と不可能図形認知の相関分析

表1に方向感覚と不可能図形認知の関係について相関行列を示す。方向感覚と不可能図形認知の間関係を見てみると、空間記憶に関する下位尺度において、不可能図形に対する反応時間との間に有意な正の相関が見られる。よって、相関分析の結果は、“方向音痴は不可能図形の認知が苦手”とする本研究の作業仮説を支持している。

表1 方向感覚と不可能図形認知の平均値(M)、標準偏差(SD)、相関行列

		M	SD	方向感覚		不可能図形認知	
				方位意識	空間記憶	可能	不可能
方向感覚	方位意識	4.9	1.12	—			
	空間記憶	3.24	1.07	.71**	—		
不可能図形認知	可能図形反応時間	1.79	0.86	.07	.09	—	
	不可能図形反応時間	2.12	1.08	.16	.22*	.67**	—

* $p < .05$. ** $p < .01$.

大域・局所処理の関与を検討するパス解析

次に、方向感覚と不可能図形認知の関係における大域・局所処理の関与を検討するためにパス解析を行った。パス係数の推定には、5%有意を基準とした強制投入法による重回帰分析を用い、標準偏回帰係数（ β ）をパス係数とした。方位意識と空間記憶を目的変数とする際には、それ以外の変数を説明変数とし、可能図形反応時間と不可能図形反応を目的変数とする際には、それ以外の変数を説明変数として、重回帰分析を繰り返した。多重共線性については、VIF値（Variance Inflation Factor）を算出したところ、最大でも2.18で、目安となる10を大きく下回っているため、多重共線性の問題はないと言える。図3に標準回帰係数が5%水準で有意となったパスと決定係数（ R^2 ）を示す。

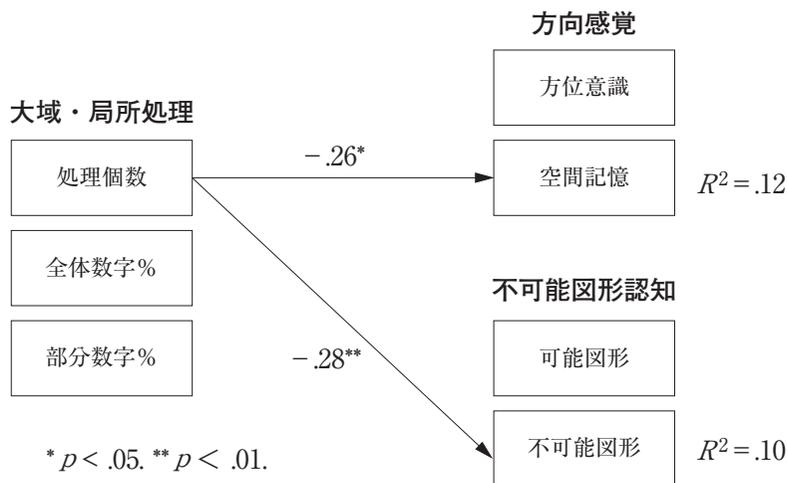


図6 方向感覚と不可能図形認知に対する大域・局所処理の関与

パス解析の結果、複合数字抹消検査の処理回数に関する個人差が、空間に関する記憶と不可能図形への反応の双方に影響することがわかった。しかし、有意な相関関係が確認された相関分析の結果とは異なり、空間に関する記憶と不可能図形への反応の間には直接的な因果関係は認められなかった。したがってこの結果は、“方向音痴は不可能図形の認知が苦手”という関係の背後に、大域・局所処理が関与していることを示唆している。すなわち、ランドマークなどの局所情報を大域的な位置関係に結びつけて把握することが苦手な人は、不可能図形において部分的な形と全体的な構造が相矛盾することを認識するのも難しい、とでも解釈できよう。

最後に、今回の結果について、基盤となる脳内機序を説明しておこう。まず、可能・不可能図形の認知を司るメカニズムは、複数の皮質領域にまたがると考えられる。可能図形は物体認知に関わる側頭領域（temporal area）が処理するのに対し、不可能図形の認知

では空間認知への関与が深い頭頂領域 (parietal area) の活動が高まることが示されている (Chen & Zeki, 2011)。すなわち、典型的な物体の認知から逸脱する不可能図形の認知には、側頭領域の活動から頭頂領域の活動への切り替えが求められるのである。同様に、方向感覚も複数の皮質領域が関与することが考えられる。特に空間行動に関する記憶では、自己中心的な座標系と物体中心座標系を適応的に制御する必要があるが、そこでもまた頭頂領域と側頭領域の切り替えが行われる (Galati et al., 2000; Honda, Wise, Weeks, Deiber, & Hallett, 1998)。そして、大域・局所情報への注意の切り替えもまた側頭・頭頂領域が関与することが確かめられており (Fink et al., 1996)、本研究で検討した3つの認知機能は共通して側頭・頭頂領域ネットワークに支えられているのである。本研究の結果は、このネットワークの機能に個人差があることを示唆している。

結 語

本研究により、方向感覚と不可能図形認知の関係性の背後で、大域・局所処理の個人差が関与している可能性が示唆された。そして、本研究のもう一つの成果は、所与の認知機能における大域・局所処理の役割を調べるにあたって、複合数字抹消検査を適用する有効性を示したことである。これまで、大橋らの一連の研究により、複合数字抹消検査の妥当性が検証され、作業適性検査や適性訓練への応用が進められてきた (大橋, 2005)。その一方で、畠山・大橋 (2002) の研究では、イメージ能力における大域・局所処理能力の役割を検討するために複合数字抹消検査が用いられている。複合数字抹消検査には基礎研究知見の応用という側面があるが、本研究や畠山・大橋 (2002) の試みは、この検査を再び基礎研究の土俵に上げ、研究ツールとしての利用価値を提示するものである。今後も、様々な認知機能に対して、複合数字抹消検査の妥当性が検証されることを期待したい。

引用文献

- Caplan, P. J., & Caplan, J. B. (2009). *Thinking critically about research on sex and gender* (3rd ed.). Boston: Allyn Bacon. (森永康子訳 (2010) 認知や行動に性差はあるのか—科学的研究を批判的に読み解く 北大路書房)
- Chen, C. H., & Zeki, S. (2011). Fronto-parietal activation distinguishes face and space from artifact concepts. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *23*, 2558-2568.
- Donnelly, N., Found, A., & Müller, H. J. (1999). Searching for impossible objects: Processing form and attributes in early vision. *Perception & Psychophysics*, *61*, 675-690.
- Dror, I. E., Ivey, C., & Rogus, C. (1997). Visual mental rotation of possible and impossible objects. *Psychonomic Bulletin & Review*, *4*, 242-247.

- Fink, G. R., Halligan, P. W., Marshall, J. C., Frith, C. D., Frackowiak, R. S., & Dolan, R. J. (1996). Where in the brain does visual attention select the forest and the trees? *Nature*, *382*, 626-628.
- Galati, G., Lobel, E., Vallar, G., Berthoz, A., Pizzamiglio, L., & Le Bihan, D. (2000). The neural basis of egocentric and allocentric coding of space in humans: A functional magnetic resonance study. *Experimental Brain Research*, *133*, 156-164.
- 行場次朗・大橋智樹・守川伸一 (2001). 複合数字抹消検査 (CDCT) Ver.2 (株)原子力安全システム研究所
- 畠山孝男・大橋智樹 (2002). 複合数字抹消検査 (CDCT) における大域・局所処理と心像能力の個人差
日本心理学会第66回大会発表論文集
- Honda, M., Wise, S. P., Weeks, R. A., Deiber, M. P., & Hallett, M. (1998). Cortical areas with enhanced activation during object-centred spatial information processing. A PET study. *Brain*, *121*, 2145-2158.
- Maguire, E. A., Gadian, D. G., Johnsrude, I. S., Good, C. D., Ashburner, J., Frackowiak, R. S., & Frith, C. D. (2000). Navigation-related structural change in the hippocampi of taxi drivers. *Proceedings of the National Academy of Science USA*, *97*, 4398-4403.
- Mottron, L., Belleville, S., & Ménard, E. (1999). Local bias in autistic subjects as evidenced by graphic tasks: Perceptual hierarchization or working memory deficit? *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, *40*, 743-755.
- Navon, D. (1977). Forest before trees: The precedence of global features in visual perception. *Cognitive Psychology*, *9*, 353-383.
- 二瀬由理・行場次朗 (1997). Navon現象の諸相とその脳内基盤について 人間科学, 3, 1-18.
- 大橋智樹 (2005). 複合数字抹消検査の開発とその適用可能性 日本心理学会第69回大会ワークショップ
<http://www.mgu.ac.jp/~ohashi/docs/2005nihon_workshop.pdf>
- 大橋智樹・行場次朗 (2001). 複合数字抹消検査による全体・部分情報に対する注意制御特性 北陸心理学会第36回大会発表論文集, 51-52.
- 小野塚結貴 (2012). 不可能図形の面白さ 新潟中央短期大学平成23年度卒業論文
- 佐々木宏之・大橋智樹 (2012). 大域・局所処理の個人差に関する予備的検討. 東北心理学会第66回大会発表論文集
- Schacter, D. L., Cooper, L. A., & Delaney, S. M. (1990). Implicit memory for unfamiliar objects depends on access to structural descriptions. *Journal of Experimental Psychology: General*, *119*, 5-24.
- Shepard, R. N. (1990). *Mind sights: Original visual illusions, ambiguities, and other anomalies, with a commentary on the play of mind in perception and art*. New York: WH Freeman and Company. (鈴木光太郎・芳賀康朗訳 (1993) 視覚のトリックーだまし絵が語る「見る」しくみ 新曜社)
- 柴田由己・内藤健一・松原茂樹・今村顕・山本利和 (2010). パーソナリティ変数と関連した空間認知研究の動向. 大阪教育大学紀要, *58*, 217-236.
- 新垣紀子 (1998). なぜ人は道に迷うのか? : 一度訪れた目的地に再度訪れる場面での認知プロセスの特徴. 認知科学, *5*, 108-121.
- Shuwairi, S. M., Albert, M. K., & Johnson, S. P. (2007). Discrimination of possible and impossible objects in infancy. *Psychological Science*, *18*, 303-307.
- Soldan, A., Hilton, H. J., Cooper, L. A., & Stern, Y. (2009). Priming of familiar and unfamiliar visual objects over delays in young and older adults. *Psychology and Aging*, *24*, 93-104.
- Soldan, A., Mangels, J. A., & Cooper, L. A. (2006). Evaluating models of object-decision priming:

Evidence from event-related potential repetition effects. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 32, 230-248.

杉原厚吉 (2008). すごくへんな立体—「立体だまし絵」づくりでエッシャーの世界を体感する！ 誠文堂新光社

Suzuki, I. (2012). Effects of sense of direction on Internet skill and cognitive maps of the Web. *Computers in Human Behavior*, 28, 120-128.

竹内謙彰 (1990). 「方向感覚質問紙」作成の試み (1) —質問項目の収集及び因子分析結果の検討— 愛知教育大学研究報告, 39, 127-140.

竹内謙彰 (1992). 方向感覚と方位評定, 人格特性及び知的能力との関連. 教育心理学研究, 40, 47-53.

Van Essen, D. C., Anderson, C. H., & Felleman, D. J. (1992). Information processing in the primate visual system: An integrated systems perspective. *Science*, 255, 419-423.