

絵画の奥行き感と 逆遠近錯視

関西大学総合情報学部教授

ノーマン・D. クック (Norman D. Cook)

Profile — ノーマン・D. クック

専門は神経心理学, 認知心理学, 実験心理学。長年にわたって, イギリス, スイス, 日本で得られた実験結果に基づいて, 人間における特有の知覚才能は「3体情報処理」によることであるという結論を導いた。あらゆる側面から, 人間心理学を研究し, *Harmony, Perspective and Triadic Cognition* (Cambridge University Press, 2011) にまとめた。理論を重要視しない若い日本の研究者に推薦する。



林 武文 (はやし たけふみ)

Profile — 1985～1994年, 日本電信電話(株), 1989～1992年, 国際電気通信基礎技術研究所(出向)を経て, 関西大学総合情報学部教授。視覚認知情報処理, 情報の可視化に関する研究に従事。工学博士。

村田まゆ (むらた まゆ)

Profile — 2006年, 関西大学社会学部卒業。2011年, 関西大学総合情報学部博士号(予定)。博士論文は「逆遠遠近錯覚における絵画的奥行き感とfMRI」。

白岩 史 (しらいわ あや)

Profile — 2007年, 関西大学総合情報学部卒業。2012年, 関西大学総合情報学部博士号(予定)。博士論文は「運動視差における面再構成に関する心理物理学的研究」。

心理学の分野における未解決問題の多くは, 他の動物と比較してヒトの知覚が特殊であることに関係する。過去の物理学, 化学, 生物学での見識の全ては, ヒトの「肉体構造」は他の動物とほぼ同じであることを示すが, ヒトの認知に関してのみかなり異質であることがわかっている。

長年にわたって, われわれは言語(大脳半球優位性 [1], 音声韻律 [2]), 利き手(右利き把持 [3], 心的回転 [4]), 音楽(和音性 [5]), 絵画的奥行き知覚(2次元線画, 絵画, 写真に対する3次元的奥行き知覚 [6, 7])を含む, ヒトの特殊な認知のさまざまな側面を検討してきた。脳科学の観点から特に興味深い点は, 上記で述べた四つの全てのカテゴリーの, より「高度な」認知(言語, 道具使用, 音楽, 芸術)に, まぎれもなく左右差の影響——臨床神経学ではよく知られているが認知心理学の世界ではしばしば無視される——を示すことである。音楽の知覚と絵画的奥行き知覚の場合, 「感性や

芸術センスを司る」右半球に活動の優位性を示すが, 発話と利き手に関しては左半球が優位である。

ここ数十年で注目に値する進展があった視覚心理学の多くの領域とは異なり, 2次元絵画の中に3次元構造を知覚するヒトの特性は, 未解明である。われわれの最近の研究は絵画的奥行き知覚に焦点を当てている。その研究は, 「逆遠近」錯視 [8, 9] が, 絵画的奥行き手がかりの強さを測定することに有効であること [6, 7] に着目したものであった。

一方で, 平面の絵画において3次元的な奥行きがあるかのような錯覚を生じさせる絵画的奥行き手がかりは(主にルネサンス期の芸術家によって)解明されている。それらはしばしば心理学のテキスト [10] に記載されているが(図1), 基本となる知覚メカニズムについては解明されていない。特定の奥行き手がかりがヒトと動物の両方に使われている(両眼立体視, 運動視差, 遮蔽)ことは知られている。一方で, い

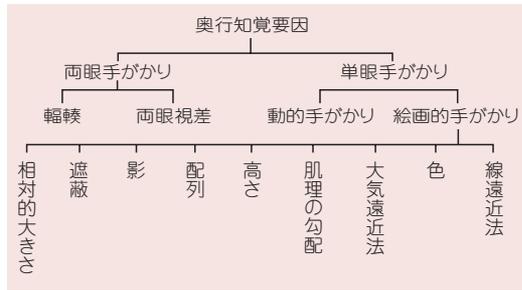


図1 奥行きの視知覚で用いられる手がかりの分類 [10]。

くつかの絵画的奥行き手がかりは人間の脳の目が処理しており（線遠近法、キャストシャドウ）[11]、そしてその他の絵画的手がかりは、奥行きの不確かな目安（相対的大きさ、高さ、色など）のみを与える。

絵画的奥行き知覚を実験的に研究することは難しい。なぜなら、これらさまざまな（奥行き）手がかりの相対的な強さを定量化することは困難だからである。被験者はもちろん2次元絵画の中の錯覚的な奥行きの強さの主観的な印象を報告するよう求められるか、異なる種類の奥行き手がかりを含んでいる二つの画像の相対的な現実性を評価するよう求められる。しかし、そのような測定法はかなりおおよそのもので、正しいとはいえない。一方で、逆遠近絵画には特有の錯覚的な運動がみられる。この運動かどうかを判断する被験者の能力には、かなり一貫性がある。したがって、われわれは逆遠近錯視を引き起こす絵画的奥行き手がかりの行動実験とfMRI実験で、この錯視を使用した。

逆遠近錯視は、3次元キャンバス上にさまざまな絵画的奥行き手がかりを含んでいる「現実的な」場面を描くことによって得られる。錯視をつくり出す「トリック」は、要するに、キャンバスに描かれた絵画の奥行きと、3次元キャンバスの現実の構造の矛盾である。一言でいえば、絵画の中で、観察者の近く／遠くにある物体は、3次元キャンバスの中では遠く／近くにある。これは、ホロウマスク錯視の原理（奥行き反転）とよく似てい

る。

逆遠近絵画に用いられる典型的なキャンバスの構造を図2に示す。また、図3に示されている絵は、われわれの実験で採用されている典型的な刺激である。3次元オブジェクトとして提示され、運動中の観察者によって、両眼で観察されるとき、これらの絵は、一般的に、個人差はあるが、ある一定の距離で逆遠近効果をつくり出す。さらにその効果は、その絵で用いられた絵画的奥行き手がかりに強く影響される。たとえば、左列の絵は、色情報のみを含まないが、陰影、陰影+影、陰影+影+遠近線が含まれている。逆遠近錯視をつくり出すためには、どちらかといえば色情報の効果が弱い。しかしながら、陰影、線遠近手がかりの両方、またはそのどちらかが含まれるとき、錯視効果は強くなる。錯視の「強度」は、被験者に、たとえば、10メートルの距離から絵画へ徐々に近づき、錯視が「見えなくなり」、キャンバスの実際の構造が明らかになるときを報告するよう指示することによって簡単に定量化できる [6, 7]。

われわれは、刺激として逆遠近絵画を用いた行動実験 [6, 7, 9, 12, 13] とfMRI [12, 14] の発見の両方を報告しているが、ここにこれらの結果は示さない。その代わりに、この一風変わった方法を用いた絵画的奥行き知覚の研究に対して興味をもった若い心理学研究者の皆さんに、研究への参加を呼びかけることにする。こ

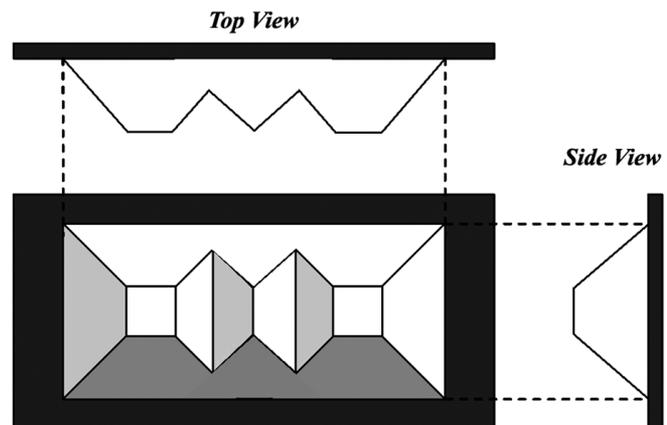


図2 典型的な逆遠近絵画のキャンバスの構造 [11]。錯視の効果を強めるには、奥行きの角度の他に、凸凹の数および「空」と「地面」の連続性が重要である。

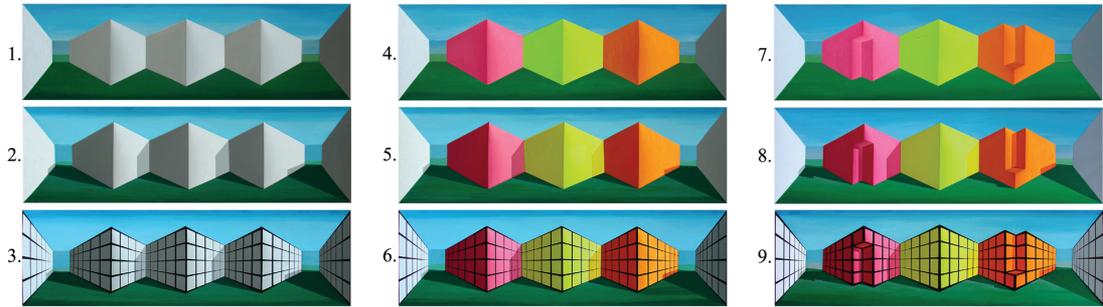


図3 われわれの行動研究とfMRI研究で使用されたさまざまな逆遠近絵画。絵画的奥行き手がかりが多いほど、錯視強度は大きくなる。これらに加えてコントロール刺激——（奥行き標準的な知覚をつくり出す）キャンバスが反転していない「shadowbox」構造——も実験では使っている。上の行にある絵（1, 4, 7）では遠近線も影の情報もないが、2行目（2, 5, 8）は影の影響により、錯視が強くなる。3行目の絵（3, 6, 9）では影も遠近線も描かれているので、錯視がさらに強くなる。色の影響はほとんどない。

のような実験に着手する際の唯一の問題は、実験開始までに必ず逆遠近錯視刺激を制作しなければならないことであるが、これにはかなりの時間を要する。これらの種類の刺激をつくるために、われわれは10年以上を費やした。そこで、「刺激を準備」するための知識とノウハウを、興味をもった人であれば誰にでも教授するつもりである。

したがって、刺激準備後は、それらの刺激を使用した実験（被験者の頭部を固定したfMRI脳画像でさえ）はかなり簡単であり、絵画の手がかりの相対的な強度の定量的な研究は、逆遠近絵画内のそのような手がかりの数を調節することによって、簡単に行える。適切に3次元キャンバスをつくれれば、あとは奥行き手がかりをそれに描くか、刺激のより正確な制御のために、商用のソフトウェアパッケージで絵をつくり、

キャンバスに貼り付けるだけで、逆遠近錯視をつくることのできる。

全ての視覚的錯視は魅力的で、興味深いものである。いくつかの錯視は、網膜生理学についての洞察につながり、その他の錯視は人間の知覚をより深く理解することにつながる。立命館大学の北岡明佳教授[15]が発展させた非常に興味深い錯視は、おそらく網膜生理学の観点から説明することができる効果のよい例であるだろう。しかし、ロンドンの芸術家、パトリック・ヒューズ（Patrick Hughes）[16]によって開発された逆遠近錯視は、それよりもはるかに高いレベルでの見識をもたらしてくれるだろう。それは、逆遠近作品の「誤った動き」を知覚するとき、運動視差によってもたらされる低次の視覚的結果と、陰影や線遠近法によってもたらされる高次の絵画的結果の間の矛盾を体験

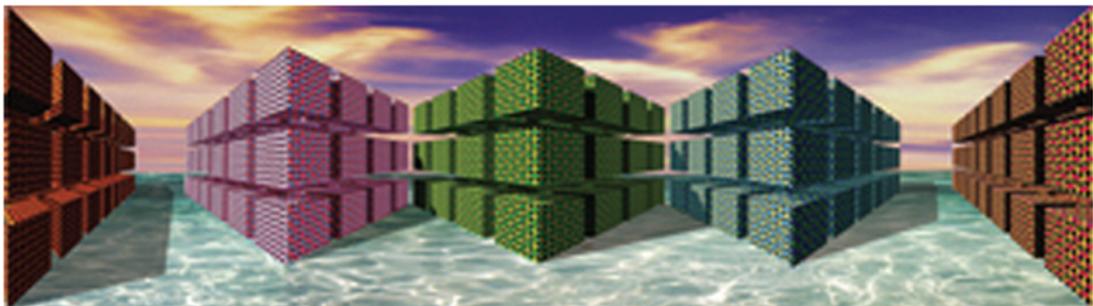


図4 3次元CGソフト（MayaR）によるCG画像を使用した逆遠近錯視。このような静止した2次元画像では、3次元構造は見えないが、通常の3次元構造（shadowbox）、通常の2次元画像、例外的な3次元逆遠近の比較が、錯視の原理を明らかにする（三つとも大阪市立科学館に展示されている）。

しているのである。

運動視差に関して、ヒトは非常に多くの動物と同様の奥行き知覚のためのメカニズムをもっている。それは、ある視覚的な場面の中を動き回るとき、近くの物体と遠くの物体の見かけの動きで説明することができる。通常、運動視差の視覚の手がかりは、われわれの3次元環境に関する確実な指標を提供する。しかしながら、逆遠近作品においては、芸術家、または心理学者は、運動視差から得られる奥行き構造とは矛盾する絵画的奥行き手がかりを故意につくっている。絵画的奥行き手がかりの処理は、運動視差の処理の発展史より短い、幼児期から自然と、そのような絵画の手がかりを含んだ2次元風景の3次元構造を解釈するように訓練されている。

したがって、逆遠近絵画の観察中に、視覚システムのある部分は、運動視差にもとづく確固たる結論を描いているが、一方で視覚システムのその他の部分はそれとは正反対の結論を描いているという事実と直面する。この矛盾に直面することで、脳は現在の視覚的風景に関する道理になかった結論のみを出すようにみえる。すなわち、運動視差と絵画的奥行き手がかりを強制的に一致させるために、静止した絵画自体が、歪み、観察者を追従するようにみえるのである。この問題を解決するための適切な解法はあるのか、と言われれば、ある。しかし残念ながら、その解法は、その絵画が壁に固定されていると知っているにもかかわらず、その絵画自体が自発的に動いて見えることを暗示するだけである。

文 献

- [1] Cook, N.D. (1986) *The Brain Code*. London: Methuen.
- [2] Cook, N.D., Fujisawa, T.X. & Takami, K. (2006) Evaluation of the affective valence of speech using pitch substructure. *IEEE Transactions on Audio, Speech and Language Processing*, 14, 142-151.
- [3] 林武文・上田貴子・乾敏郎 (2004) 「仮想物体

を用いた2ステップ法による到達把持動作と眼球運動の計測」『日本バーチャルリアリティ学会論文誌』9, 3-12.

- [4] Cook, N.D., Frueh, H., Mehr, A., Regard, M. & Landis, T. (1994) Hemispheric cooperation in visuospatial rotations: evidence for a manipulation role for the left hemisphere and a reference role for the right hemisphere. *Brain and Cognition*, 25, 240-249.
- [5] Cook, N.D. & Hayashi, T. (2008) The psychoacoustics of harmony perception. *American Scientist*, 96, 311-319.
- [6] Cook, N.D., Yutsudo, A., Fujimoto, N. & Murata, M. (2008a) Factors contributing to depth perception: behavioral studies on the reverse perspective illusion. *Spatial Vision*, 21, 397-405.
- [7] Cook, N.D., Yutsudo, A., Fujimoto, N. & Murata, M. (2008b) On the visual cues contributing to pictorial depth perception. *Empirical Studies of the Arts*, 26, 67-90.
- [8] Wade, N.J. & Hughes, P. (1999) Fooling the eyes: trompe l'oeil and reverse perspective. *Perception*, 28, 1115-1119.
- [9] Cook, N.D., Hayashi, T., Amemiya, T., Suzuki, K. & Leumann, L. (2002) The effects of visual field inversions on the reverse perspective illusion. *Perception*, 31, 1147-1151.
- [10] Howard, I. & Rogers, B. (2000) *Depth Perception*. Toronto: I Porteus.
- [11] Cook, N.D. (2011) *Harmony, Perspective and Triadic Cognition*. New York: Cambridge University Press.
- [12] Murata, M. (2011) 博士論文：『fMRIを用いた逆遠近錯視における奥行き反転と3次元視研究』
- [13] Shiraiwa, A. (2011) 博士論文：『運動視差における面再構成に関する心理物理学的研究』
- [14] Hayashi, T., Umeda, C. & Cook, N.D. (2007) An fMRI study on the reverse perspective illusion. *Brain Research*, 1163, 72-78.
- [15] 北岡明佳 (2011) 北岡明佳の錯視のページ <http://www.ritsumeai.ac.jp/~akitaoka/>
- [16] Hughes, P. (2011) Reverspective.com. <http://www.patrickhughes.co.uk/>