

3次元CG動画像と心理効果 —運動方向についての要因の検討—

木下武志・一川 誠・水上嘉樹

山口大学 工学部

〒755-8611 宇部市常盤台2丁目16-1

(受付：2001年10月11日；改訂稿受付：2002年3月12日，7月17日；受理：2002年9月19日)

How Does the Direction of Stimulus Movement Affect Observer in Viewing 3D Computer Graphics?

Takeshi KINOSHITA, Makoto ICHIKAWA and Yoshiki MIZUKAMI

Faculty of Engineering, Yamaguchi University

2-16-1, Tokiwadai, Ube, Yamaguchi 755-8611

(Received 11 October 2001 ; Received in revised form 12 March 2002, 17 July 2002 ;

Accepted 19 September 2002)

We investigated how the direction of the three dimensional movement of computer graphics affect the observer's impression, especially the impression of pleasure. Our stimuli were motion pictures consisted of 50 spheres presented in a display. The spheres moved in one of eight directions (45 deg step from upward direction) with the velocity of about 1 cm/sec. Two-dimensional motion pictures consisted of discs were also presented as a comparison. In the experiment 1, 28 observers chose the most and least pleasant direction. Observers had the most pleasant impression when they felt the upward movement of themselves while they had the most unpleasant impression when they felt the downward movement of themselves. We didn't find such results for two-dimensional stimuli. In the experiment 2, 40 observers estimated their impression in terms of SD method. A factor analysis on the results of second experiment found four factors; powerfulness, evaluation, airiness, and reality. The pleasantness was strongly related to the evaluation factor. The results suggested that the downward movement exaggerates the impression of powerfulness and reality and eliminates the impression of airiness, and that the impression of pleasantness depends upon the perception of observer's own vertical movement (verticalvection).

1. はじめに

今日、コンピュータ・グラフィックス(CG)による映像表現は映像メディア・コンテンツの制作や社会の様々な分野で活用されている。特に、3次元CG動画像(仮想3次元空間内を運動する対象を描いたCG動画像)の優れた映像表現は幅広い情報伝達の可視化に応用されるようになった。しかし、これまでに静止画像の構成における運動や配置の心理効果についての研究は報

告がなされてきたが¹⁾、動画像における運動や速度の効果について研究はほとんどなされていない。本研究では、3次元CG動画像を効果的にデザインするための基礎データをえることを目的とした研究プロジェクトの一部として、3次元CG動画像における運動要因が映像から受ける印象に及ぼす効果について実験的に検討を行う。

従来の静止画に関する芸術・デザインの基礎研究領域では、静止画像での対象のムーブメント(静止画像の動的なバランスに基づいて知覚され

る運動)が観察者の印象に影響を及ぼすこと²⁾、画面の左下手前から右上奥へと弧を描く運動 (glance curve) を好む傾向が仮定されている^{3,4)}。しかしながら、動画像観察によって生じる印象が画像運動の諸要因(運動の方向, 速度, タイミングなど)によって、どのような影響を受ける傾向があるのかについての客観的検討はまだほとんどなされていないのが現状である。

本研究では、特に、運動方向の要因が観察者の印象にどのような影響を及ぼすかを明らかにすることを目的とした。2次元や3次元CG仮想空間内での動画像の運動方向によって、観察者の感じる快・不快の印象に偏りがあるのかを検討し(実験1)、3次元CG動画像の観察において生じる印象が運動方向によって、どのように決定されるのかを分析した(実験2)。また、実験結果に基づき、映像作品中の制作意図を強調したり、補ったりする上で運動方向要因をどのように効果的に使うことができるかを整理した。

2. 実験1: 快・不快印象と運動方向

最初の実験では、様々な方向で運動する刺激の観察において生じる快・不快の印象を検討した。特に、特定の運動方向によって観察者が受ける快・不快の印象に何らかの傾向があるのか、その傾向に2次元刺激と3次元刺激の違いがあるのかを調べた。

2.1 方法

2.1.1 実験装置

刺激の作成と提示には、SGI Workstation

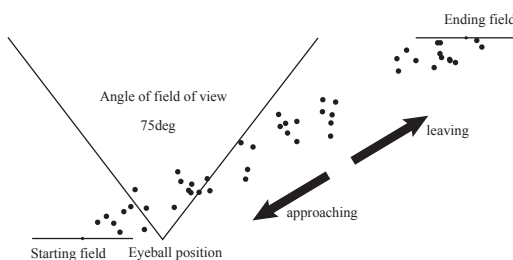


図1 3次元CGの仮想空間内における球の移動起動の鳥瞰図。2本の水平線はスタート、エンド位置を示し、その範囲内での刺激(球)の分布状況を示している。「V」の字型の線はディスプレイに映る範囲を示す。

(Onyx IR: CPU R10000 (196 MHz) × 2, RAM 576MB)を用いた。刺激画像は21インチのディスプレイ(72 Hz)に約50 cmの視距離で提示された。画像刺激の作成は、OpenGLライブラリを用いて行った。

2.1.2 刺激

2次元刺激: ディスプレイ上(黒色の背景)で20個の円(直径3 cm)が10 mm/sの等速で移動した。図1で示すように、45度ステップで8通り(垂直上昇方向を0度として0, 45, 90, 135, 180, 225, 270, 315度)の運動方向条件が用意された。

3次元刺激: 3次元の仮想空間内を移動するランダムに配置された50個(視野角度内)の球を刺激として用いた。球の移動中心軸と視線軸の交点に位置した場合の直径が3 cm, 移動速度が10 mm/sとなるように設定された。視点後方からの平行光源の設定を用いた。接近運動条件と後退運動条件のそれぞれに、2次元CG動画像刺激と同様の8通り(垂直上昇方向を0度として0, 45, 90, 135, 180, 225, 270, 315度)の運動方向条件が設定された。

2.1.3 手続き

2次元刺激と接近運動の3次元刺激、後退運動の3次元刺激はそれぞれ異なる試行に分けて観察された。各試行では、観察者の押すコンピュータキーボードのテンキーに対応した運動方向条件が3秒間提示された。各運動方向条件の提示順序は観察者にまかされており、同じ条件の刺激が何度も観察されることもあった。観察者は8通りの運動方向条件の刺激を一通り観察した後、最も早く感じる運動方向条件と最も不快に感じる運動方向条件をそれぞれ1つずつ選んだ。

この判断の後、各観察者は、快・不快の判断理由、各刺激の観察において何か特別な印象を受けた刺激があったか、もしあった場合、それがどのような印象であったかを口頭で答えた。

2.1.4 観察者

28名(大学生や大学教員。年齢20~35歳。男性22名, 女性6名)が2次元CG動画像刺激

を、31名(大学生や大学教員、年齢20～32歳、男性17名、女性14名)が3次元CG動画画像刺激を観察した。2つの刺激に対して重複している観測者は4名であった。

2.2 結果と考察

各運動方向条件について快・不快と判断した人数の分布を集計し、人数分布を図2(a), (b), (c)に示した。 χ^2 検定により、3次元の接近運動条件の快判断($\chi^2(7) = 22.419, p < .05$)について運動方向によって被験者の判断が偏っていたことが示された。後退運動の不快判断についても判断が偏る傾向があった($\chi^2(7) = 13.129, p < .10$)。これは、動画像についての快・不快判断が動画像の運動方向により影響を受けることを示唆している。以下、それぞれの動画像条件ごとの運動方向条件による効果について整理する。

2次元条件： χ^2 検定では刺激の運動方向による快・不快判断に有意な偏りは認められなかったが、偏好についての傾向を指摘しておきたい。a) 右方向(6名)、下方向(6名)、上方向(5名)へと運動する刺激を快く感じた観測者が多かった。b) 垂直方向条件の刺激では快いと感じた観測者(11名)、不快に感じた観測者(11名)ともに多かった。垂直方向条件の刺激に対する快・不快判断について観測者の報告に次のような傾向が見られた。i) 「見慣れている(5名)」「目で追いやす(2名)」と感じた運動方向を快いと感じ、「見慣れていない(4名)」「目で追いかた(3名)」と感じた運動方向を不快に感じる。ii) 浮く(1名)、上がる(3名)、前進する(3名)といった印象を受けた場合は快く、落ちる(3名)、下がる(3名)、後退するといった印象を受けた場合は不快に感じる。

3次元条件：3次元刺激の運動方向の効果については、接近運動条件と後退運動条件ともに以下のようにまとめられた。a) 垂直方向条件の運動に対して快・不快を感じる観測者が多かった(接近運動条件上方向9名、下方向13名。後退運動条件上方向11名、下方向8名)。b) 後退運動条件の45度方向の運動に対して快を感じる観測者が多かった(12名)。c) 垂直方向条件の

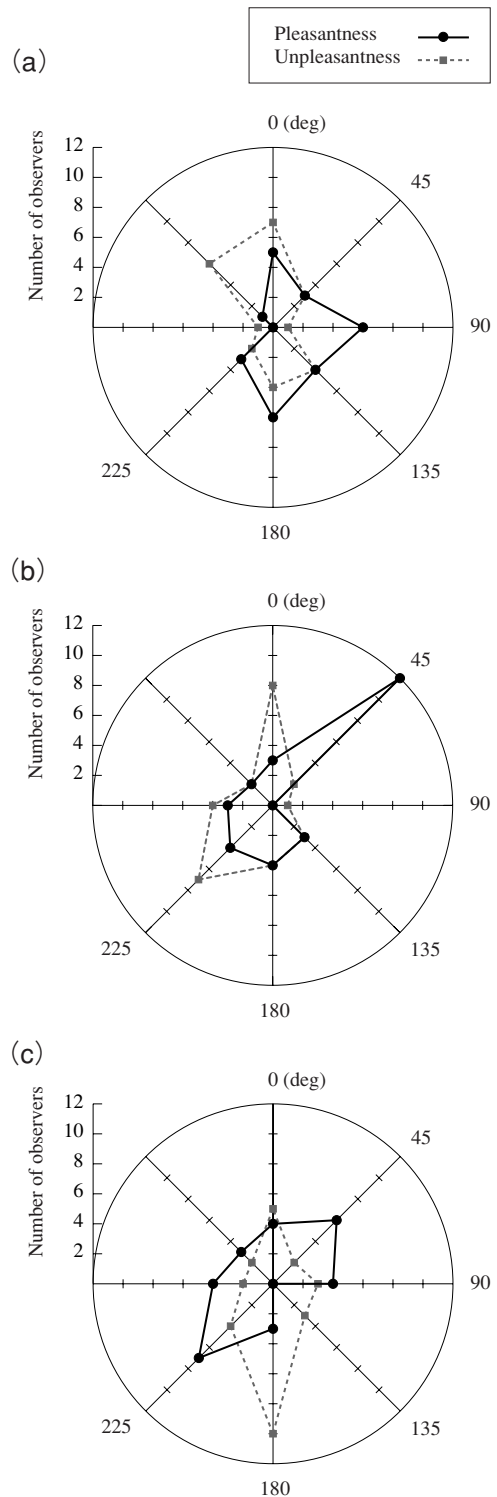


図2 各刺激の運動方向条件に対する快・不快判断の分布。2次元動画像(a)と3次元動画像の後退運動条件(b)、3次元動画像の接近運動条件(c)の結果を示す。

運動に対して、観察者自身の感じる印象により、快・不快の印象が決定された。すなわち、落ちる印象を与える運動は不快に（接近運動条件5名、後退運動条件15名）、上昇する印象を与える運動は快に感じる傾向があった（接近運動条件6名、後退運動条件13名）。d) 2次元CG動画画像刺激に見られた右方向への偏好は、3次元刺激の後退運動条件でも認められた。

3. 実験2：3次元CG動画画像の運動方向要因の効果についてのSD法による検討

実験1では、3次元条件の運動方向によって被験者の受ける快・不快の印象が異なることが示された。実験2では、SD(semantic differential)法を用いることにより、3次元CG動画画像の運動方向が快・不快を含む様々な印象をどのように

決定するのかを検討した。

3.1 方法

3.1.1 実験装置

実験1と同じ装置を用いた。

3.1.2 刺激

実験1で用いられた3次元刺激のうち、接近運動条件の刺激を用いた。これは、接近運動が実際の映像コンテンツにおいて(例えば、テレビ番組のオープニング映像でタイトルの文字などが現れる内容)用いられる頻度が高いためである。

3.1.3 手続き

観察者は、8通りの運動方向条件の刺激観察において受けた印象について、18尺度(形容詞対)を用いた5段階評定を行った。質問紙において用いられた尺度を表1に示す。これらの形容詞対は、SD法を用いた研究で一般的に用いられ

表1 各尺度の因子負荷量

各尺度の因子型は、因子負荷量絶対値が0.4以上となった因子によって決定した。尺度対の右側の形容詞に対する評価値が高い場合に正の負荷量を得た。

因子型	尺度	因子			
		第1因子	第2因子	第3因子	第4因子
1型 寄与率 27.7%	弱い—強い	0.790	0.040	-0.168	-0.033
	消極的な—積極的な	0.750	0.129	0.076	-0.073
	ゆるんだ—緊張した	0.682	0.032	-0.157	0.147
	鈍い—鋭い	0.632	0.239	-0.012	0.315
	静かな—騒がしい	0.619	-0.254	0.078	0.075
	おそい—はやい	0.603	0.077	-0.014	0.344
	静的な—動的な	0.553	-0.057	-0.005	0.014
	危ない—安全な	-0.550	0.316	0.261	-0.016
2型 寄与率 22.2%	醜い—美しい	0.007	0.829	0.115	-0.157
	不安な—心地よい	-0.105	0.794	0.133	-0.096
	わるい—よい	0.084	0.718	0.244	-0.019
	不自然な—自然な	-0.361	0.608	-0.008	0.144
	つまらない—面白い	0.362	0.546	0.211	-0.080
3型 寄与率 7.7%	重い—軽い	0.018	-0.243	-0.762	0.154
	かたい—やわらかい	0.388	-0.224	-0.558	0.139
4型 寄与率 5.6%	夢のような—現実的な	-0.079	0.191	0.278	-0.459
1・4型	ぼんやりした—はっきりした	0.551	0.003	-0.002	0.472
2・3型	不健康な—健康な	0.127	0.499	0.442	0.097

ている3因子(力量性, 活動性, 評価性5)に関連した尺度から選択された。

3.1.4 観察者

40名(大学生や大学教員, 年齢19~35歳, 男性26名, 女性14名)が参加した。実験1にも参加した観察者は6名であった。

3.2 結果と考察

3.2.1 因子分析

40名の被験者の評定値データについて, 形容詞対尺度を変量として, 被験者×運動方向に対する評定データを用いて因子分析(主因子解法, バリマックス回転)を行い, 固有値が1以上となる4因子を抽出した。表1では, それぞれの因子について, それぞれの尺度の因子負荷量をまとめて示した。

第1因子は寄与率が27.7%で, Osgoodらの見出した活動性因子との関係が強いと考えられる尺度(「積極的な-消極的な」, 「静かな-騒がしい」, 「はやい-おそい」, 「動的な-静的な」)と力量性因子との関係が強いと考えられる尺度(「強い-弱い」, 「緊張した-ゆるんだ」, 「鋭い-鈍い」)において因子負荷量が高かった。この因子については「力動性因子」と名付けた。第2因子は寄与率が22.2%で, Osgoodらの見出した評価性因子と関係が強いと考えられる尺度において因子負荷量が高かったため, 「価値因子」と名付けた。これら2つの因子に比べると, 残り2つの因子の寄与率は小さかった。第3因子は寄与率が7.7%で, 「軽やかさ因子」と名付けた。第4因子は寄与率が5.6%で, この因子の負荷量が高い形容詞対が「夢のような-現実的な」のみであったことから, 「現実性因子」と名付けた。

3.2.2 分散分析

4因子それぞれについて8つの運動方向条件別の因子得点について40名の被験者の平均値を図3に示す。この因子得点について4因子ごとに繰り返しのある1要因分散分析を行った。すべての因子について, 運動方向による主効果が有意であることが認められた(第1因子から第4因子まで順にそれぞれ $F(7,273) = 3.32, p < .005, F(7,273) = 3.74, p < .001, F(7,273) =$

$4.09, p < .001, F(7,273) = 2.62, p < .05$)。図3からは, 第1因子(力動性因子)の因子得点について, 下向きの運動成分があった場合に低く, 上方向の運動成分があった場合に高くなる傾向があったことが分かる。この因子については, 下位検定(HSD検定)により180度と315度の条件の間に差があったことが認められた($p < .05$)。第2因子(評価性因子)については, 下位検定により225度と45度, 90度, 270度, 315度との間に差があったことが認められた($p < .05$)。この因子に関しては, 下向きの運動成分があった場合に高い因子得点が得られる傾向があり, 特に225度の場合に高い因子得点を示す。第3因子(軽やかさ因子)については, 下位検定により0度および45度と135度, 180度, 225度条件との間に有意な差が認められた($p < .05$)。図3及びこれらの多重比較検定結果は, 第1因子同様に第3因子についても, 下向きの運動成分があった場合(135, 180, 225度条件)に低い因子得点が, 上方向の運動成分があった場合(0, 45, 315度条件)に高い因子得点が得られる傾向があったことを示す。第4因子(現実性因子)については, 下位検定により180度と270度, 315度の間に有意差があったことが認められた($p < .05$)。この因子に関しては, 下向きの運動成分があった場合に高い因子得点が, 上方向の運動成分があった場合に低い因子得点が得られる傾向

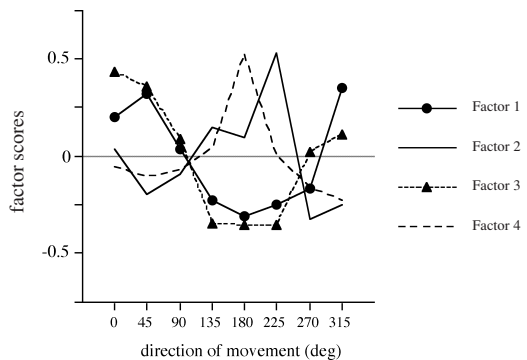


図3 運動方向条件に対する因子別の因子得点平均値。各尺度についての被験者40名からの因子得点平均値を運動方向ごとに示す。表1に示した尺度対の右側の形容詞に対する得点が高い場合を正とした。

があったと言える。なお、図3は右方向の運動条件(90度)では全因子得点が平均値においては0近傍であり、極端に大きな値となることがなかったことを示している。このことは、右向きの接近運動が特定の心理的影響を与えることのない運動方向条件であることを示唆すると考えられる。

以上の結果は、力動性因子、軽やかさ因子、現実性因子においても、垂直方向の運動成分の有無によって因子得点の顕著な違いが生じたことを示唆している。3次元動画像において、垂直方向の運動成分は、観察者に与える印象の操作の上で重要な要因であると言えよう。

4. 全体的考察

本研究の2つの実験により、2次元CG動画像、3次元CG動画像の運動方向が観察者に与える印象に影響を及ぼすことが明らかとなった。静止画像に関する従来の美術・デザイン分野では、色彩・形態・質感が造形要素であることが主張されてきた⁶⁾が、デザイン対象が動画像である場合、運動方向もデザインの造形要素に加えるべきである。これまでのデザイン手法は専ら静止画像についての研究に基づいているため、今後、動画像におけるデザイン手法の構築のために様々な運動要因の効果に関する分析が必要と考えられる。実験1では、垂直方向の運動が強い快・不快の印象を与えた。ただし、垂直方向の刺激運動が被験者に与える印象が快であるか不快であるかは、被験者がその刺激から上昇運動を感じるか下降運動を感じるかに依存していた。下向き(上向き)運動の刺激に対して上昇運動(下降運動)を感じた被験者は、バクション⁷⁾によって自分自身が上昇していたと感じたのであろう。アンケートによる印象別の結果では、自己運動であれ対象運動であれ、上昇と感じれば快を(接近運動条件15名。後退運動条件13名)、下降と感じれば不快(接近運動条件6名。後退運動条件23名)の印象を生じやすいという傾向が示された。これは、視覚的断崖に対して恐怖を感じるのと同様に落下を恐れるという人間の原初

的な特性⁸⁾と関連しているのかも知れない。実験2において、力動性因子、軽やかさ因子、現実性因子に関しては垂直方向の運動成分の有無による影響が大きかったのに、評価性因子に関しては同様の効果は認められなかった。実験2で見出された価値因子は、実験1で垂直方向の運動に強く依存することが示された快・不快の印象に関連した因子であった。実験2の価値因子に垂直運動の成分の効果が認められなかった、もしくは、0度や180度の条件で最も極端な値が得られるという効果が認められなかったのはなぜであろうか。実験1で認められたように、垂直方向の刺激運動が被験者に与える快・不快の印象は、被験者がその刺激から上昇運動を感じるか下降運動を感じるかに依存していた。実験2においても、同じ垂直成分の運動成分を含む刺激条件に対し、下向きとを感じるか上向きとを感じるかが被験者によって異なったということは十分に考えられる。実験1の結果が示すように垂直方向の運動が強く快・不快の印象に影響を及ぼすことを考慮すると、動画像からの快・不快印象を操作するためには垂直方向の運動の上昇・下降の知覚を決定するような付加情報の利用が重要であることがうかがわれる。例えば、上昇する物体自体に対して上方向への指向性を感じさせる形態(ロケット、矢印のような)やその形態の方向・位置を提示することが有効であると考えられる。

左手前から右あるいは右上奥への運動が目で見えやすく、快の印象を生じやすいというglance curveの仮定と、本研究結果は両立可能なものであった。例えば、実験1の2次元刺激、3次元刺激の後退運動条件は、右向きあるいは右上向きの運動条件を最も快と判断した被験者数が他の条件よりも多かった。また、実験1の3次元刺激のうち接近運動条件では、左下向きの運動を最も快と判断した被験者数が多かった。実験2のこの運動方向条件(225度)でも心地よい印象が得られていた。これら3次元刺激における接近運動の左下向きの運動方向条件についての結果、この条件が接近運動条件の中では唯一

左手前から右上奥へという glance curve に沿って目を動かす条件であったことを考えると、glance curve 仮説と両立し得る。実験2のこの条件の結果では、力動性因子の得点が比較的高くなっている。刺激の運動そのものは、目で追いやすい方向(右上向き)とは逆の運動であることが力強さの印象を生じたと考えられる。

2つの実験の結果から、3次元CG動画像のデザインにおいて運動方向要因を操作することによって以下のような効果を生じることが可能になると考えられる。a) 垂直方向(0度, 180度)の運動方向を含むことによって、観察者に強い印象を与え易くなる。快の印象を与えるためにはその運動を上昇運動として見るができるような工夫が必要である。たとえば、上向きの接近運動を含むことによって重量感を減少させ、不自然さと夢のような印象を与えやすくなる。また、下向きの接近運動(135度, 225度)を用いることによって重量感を増大し、力動的な印象を与えやすくなる。b) 眼で追い易いと感じられる運動方向を用いることによって快の印象を与えやすくなる。c) 左向きの接近運動を用いることによって力量感を与え、積極的印象を強調できる。d) 右向きの接近運動を用いることによって特定の強い印象を与えずに対象を移動させやすい。また、水平方向を含む上向きの近接運動は、個人差が比較的一貫して、快い・良いというような正(ポジティブ)の印象を与える傾向を示している。特に、右向きの接近運動を用いることによって、この印象を強調できる。また、左下方向の接近運動を用いることによって、不快・悪いというような負(ネガティブ)の印象を強調することができる。

本研究で示されたように、SD法などを用いた実験的検討は運動に関する諸要因に関するデザイン方法論の構築にとって有効な手段であると考えられる。2次元CG動画像や後退運動の3次

元CG動画像についても同様の検討を行うことにより、運動方向をCG動画像のデザインに有効に使うために更に知見を得ることができであろう。また、動画像のデザインを考えた場合、静止画像の検討に基づく研究では扱われてこなかった色彩・形態・質感の時間軸上の変化も重要なデザインの造形要素であると考えられる。これらの要因の効果についても、本研究と同様の手続きを用いて検討することにより、CG動画像のデザイン手法を構築することができよう。

謝 辞

刺激の作成にあたった阿武絵美、実験実施にあたった新井奈々、有角征高、河本幸生、河野とも江、長田和美の各氏に感謝します。本研究の実験にご協力いただいた学生諸氏に感謝します。

文 献

- 1) 小林重順：デザイン心理入門。誠信書房，312-339，1967。
- 2) 小林重順：造形構成の心理。ダヴィッド社，49-103，1994。
- 3) L. Gordon: Left and Right in Art. *D. O'Har (Ed.): Psychology and the Arts*. The Harvester Press, Sussex, 211-241, 1981.
- 4) 村山久美子：視覚芸術の心理学。誠信書房，1988。
- 5) C. E. Osgood, G. J. Suci and P. H. Tannenbaum: The measurement of meaning. University of Illinois Press, Chicago, 1975.
- 6) 佐藤和男：平面構成。武蔵野美術大学短期大学部 通信教育部：デザイン基礎6。武蔵野美術大学，1988。
- 7) I. P. Howard: Human Visual Orientation. John Wiley & Sons, 1982.
- 8) E. J. Gibson and R. D. Walk: Visual cliff. *Scientific American*, 202, 64-71, 1960.