

Wheatstone-Panum's limiting case における奥行き方向と量の知覚

下野 孝一*・中溝 幸夫**・井田 徹哉*

* 東京商船大学 商船学部

〒135 東京都江東区越中島2-1-6

** 福岡教育大学 教育学部

〒811-41 福岡県宗像市赤間 729

1. はじめに

一方の網膜に1つの線分刺激を、他方の網膜に2つの線分刺激 (Wheatstone-Panum's limiting case, 以下 W-PLC 刺激) を提示したとき, 知覚された2本の線分間には奥行きが感じられる。本研究ではその奥行きを説明する3つの仮説 (遮蔽仮説^{1, 3, 4}), カモフラージュ仮説³), 輻輳誤差仮説^{2, 3}) を調べた。どの3つの仮説も, 一方の眼の単一の刺激が他方の眼の2つの刺激のいずれか一方と融合すると仮定しており, 融合する刺激 (融合刺激) と融合しない刺激 (非融合刺激) の間の奥行きを, ある仮定にもとづいて説明する。

3つの仮説のうち, 遮蔽仮説とカモフラージュ仮説は, W-PLC 刺激は一方の視軸上の2

つの対象を表していると仮定している。遮蔽仮説はさらに, 刺激の作る網膜像が近くの対象 (融合刺激) が遠くの対象 (非融合刺激) を遮蔽していると解釈されることによって (図1 a) 見えの奥行きが生じると仮定している。同様に, カモフラージュ仮説は, 遠くの対象 (融合刺激) が近くの対象 (非融合刺激) をカモフラージュしていると解釈されることによって (図1 b) 見えの奥行きが生じると仮定している。これらの仮説によれば, 一方の眼の2つ網膜像のうちいずれが, 他方の眼の単一の網膜像と融合するかによって, いいかえれば一方の眼に提示される非融合刺激が融合刺激より鼻側にあるか, 耳側にあるかによって非融合刺激と融合刺激の見かけの奥行きが決定される。

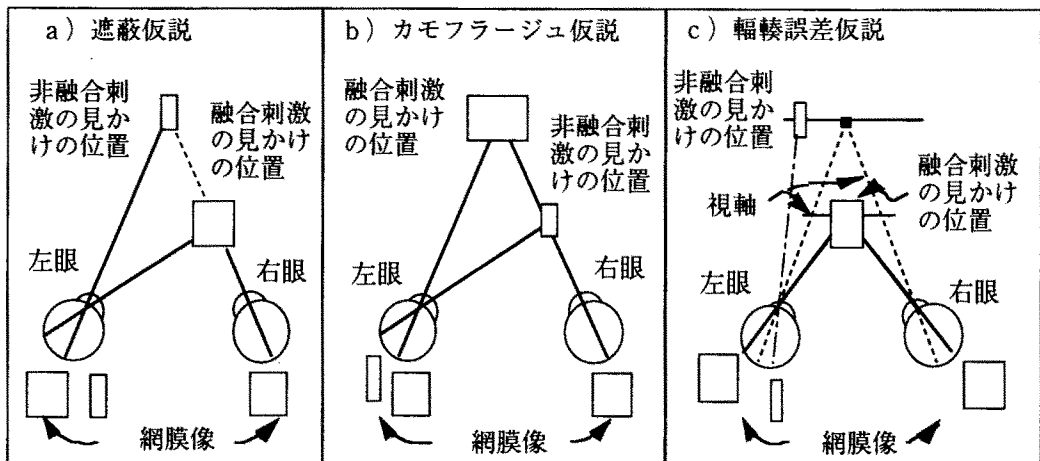


図1 W-PLCで得られる奥行きに関する3つの仮説の予測

一方、輻輳誤差仮説は、1) 非融合刺激は凝視面上に定位される、2) 融合刺激は輻輳誤差に起因する刺激と凝視面の網膜像差によって、凝視面の前か、後ろに定位される(図1c)と仮定している。輻輳誤差仮説によれば2つの刺激間の奥行の方向と量は輻輳誤差(眼球位置)の方向と量によって決定される。本研究では3つの仮説の予測を刺激の網膜位置と輻輳誤差を制御することによって検証した。

2. 実験

2.1 刺激

2種類の W-PLC が刺激として使われた。融合刺激と非融合刺激の幅が同じ、等幅 W-PLC ($2.5' \times 30'$) と融合刺激 ($7.5' \times 30'$) が非融合刺激 ($2.5' \times 30'$) より大きい不等幅 W-PLC である。一方の眼に提示される2つの刺激間の距離は $15'$ であった。被験者の眼球位置はノニウス刺激を含む凝視刺激(図2)によって制御された。ノニウス刺激が、一直線になった時、導入される輻輳誤差は $-5', 0', 5'$ の3種類であった。

刺激はコンピュータ(PC-9801 VM)によって制御され、CRT画面(PC-KD853)上に提示された。刺激から被験者までの距離は100 cmで、輻輳距離は約40 cmであった。輻輳と調節の不一致を調整するために $-1.5D$ のレンズを被験者の眼前においた。ノニウス刺激が一直線にならない場合は、回転プリズムを使って一直線になるように調整した(図3参照)。

本研究では輻輳誤差がゼロの場合は対応網膜点上に像を結ぶ一組の刺激が融合し、輻輳誤差が導入された場合は網膜像差が小さい一組の刺激が融合すると仮定し、それらの刺激を融合刺激と呼んだ。また、対応する網膜像を持たない単眼像を結ぶ刺激を非融合刺激と呼んだ。

2.2 手続き

被験者の課題は知覚された左右の線分のいずれが自分に近いか、あるいは同じ平面にあるかを答え、次に両者の奥行き方向の距離を cm か mm で答えた。被験者はノニウス刺激が一直線に見えたときのみ答えるように教示された。

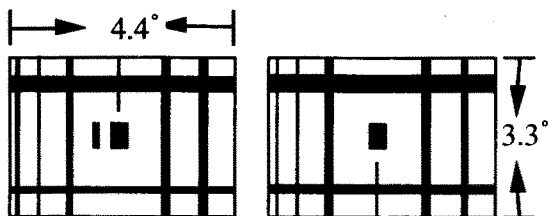


図2 ノニウス刺激とW-PLC刺激

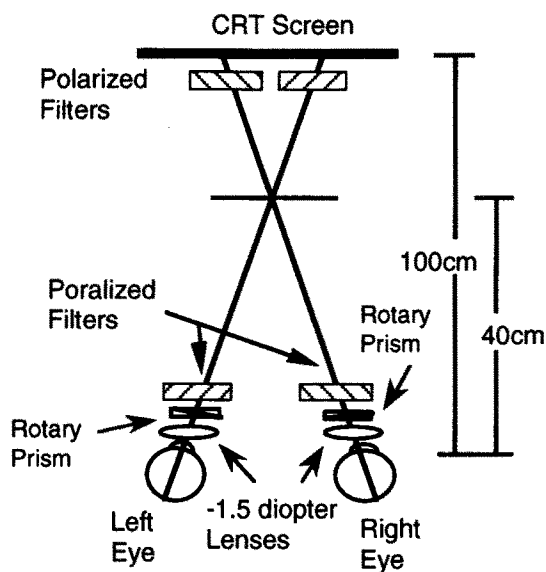


図3 刺激配置の模式図

試行は練習試行(10試行)と本試行(40試行)からなり、練習試行では網膜像差が $-15', 0', 15'$ である網膜像差刺激に対して上記の奥行判断を行った。練習セッションは最大で4回行い、そのうち1セッションで全ての網膜像差刺激の奥行方向を正しく答えた場合のみ本試行を行った。本試行では、被験者はまず網膜像差刺激(練習試行の1セッション)に対して奥行判断を行い、次にいずれかの W-PLC 刺激に対して奥行判断を行った。本実験では非融合刺激が鼻側網膜に定位される条件を遮蔽条件、耳側網膜に定位される場合をカモフラージュ条件と呼んだ。

2.3 被験者

22名(ただし、練習試行で奥行きを正しく報告できなかった者6名は分析から省いた。)

3. 結果と考察

分析には、網膜像差刺激に対する奥行量と W-PLC に対する奥行量の比 (depth ratio, 以下奥行比) を使った。各被験者の各条件での奥行比の平均が分析の基本単位である。融合刺激の幅, 非融合刺激の網膜位置, 輻輳誤差量を要因とする $2 \times 2 \times 3$ の繰り返しのある分散分析をおこなった結果, 非融合刺激の網膜位置 ($F(1,15) = 58.27, p < .001$) と輻輳誤差量 ($F(1,30) = 13.87, p < .001$) の要因は統計的に有意であった。刺激幅の要因といずれの要因間の相互作用も統計的に有意でなかった。この結果は 1) 刺激幅によって見えの奥行きは変わらない, 2) 輻輳誤差, あるいは眼球位置が見えの奥行きに影響する, 3) 非融合刺激が融合刺激の鼻側網膜に提示されるか, 耳側網膜に提示されるかによって報告される奥行量に差があることを示している。

図 4 には等幅 W-PLC と不等幅 W-PLC に対する結果が示されている。縦軸は奥行比, 横軸は輻輳誤差量である。奥行比のプラス (マイナス) は非融合刺激が融合刺激の前 (後ろ) に定位されたことを示している。図から明らかなように, 見えの奥行量は輻輳誤差量とともに変化しているが, その量は遮蔽条件とカモフラ

ージュ条件で異なっている。遮蔽仮説とカモフラージュ仮説の予測を調べるために, 報告された奥行比がゼロより有意に大きいかどうかの t 検定を行うと, 刺激幅, 輻輳誤差量にかかわらず, 遮蔽条件では非融合刺激は奥行比ゼロより有意に小さく報告されている。つまり非融合刺激は融合刺激より“後ろ”に定位されている。この結果は遮蔽仮説の予測と一致しており, 従来の実験結果^{1, 3, 4)}を確認した。一方, カモフラージュ条件では融合刺激の大きさにかかわらず, 輻輳誤差がゼロの場合には, 非融合刺激が奥行比ゼロより, つまり融合刺激より“前”に定位されなかった。少なくとも本実験に使われた刺激の場合には, Howard and Ohmi³⁾の言うようなカモフラージュ効果はなかった。彼らの使った融合刺激と非融合刺激の大きさは, それぞれ 3.8' と 47' であった。われわれの場合はそれぞれ 2.5' と 7.5' であった。われわれの刺激がカモフラージュ効果を引き起こすのに不十分であったという可能性は残る。

また, 輻輳誤差によって見えの奥行量に差があったという結果は, Howard and Ohmi³⁾の実験結果を確認している。これらの結果は遮蔽手がかりとともに輻輳誤差が W-PLC 刺激の奥行きを決定していることを示しているので, Nakayama and Shimojo⁴⁾の実験結果の解釈は再

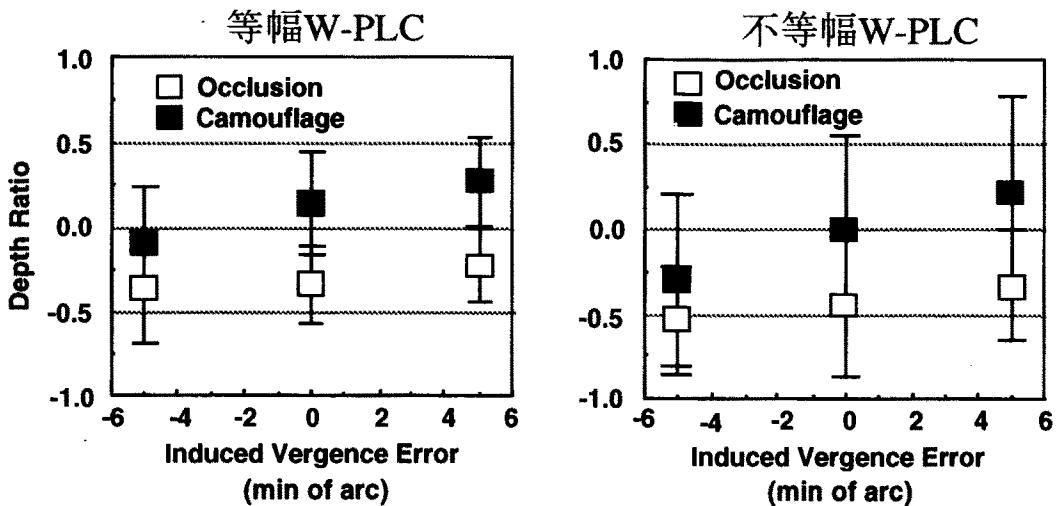


図 4 輻輳誤差の関数としての奥行比

考する必要がある。彼らは、見えの奥行量が、融合刺激と非融合刺激間の網膜上の距離の増加に伴って増加することを見いだした。もし、輻輳誤差の影響が排除されているとすれば、この事実は遮蔽手がかりは見えの奥行き方向と量の手がかりであると解釈できる。しかしながら、眼球位置の効果を考えると、遮蔽手がかりが量の手がかりであるかどうかにはついてはまだ結論はだせない。ただし、遮蔽手がかりが奥行きの方向の手がかりであることを示す実験結果は多い^{1, 2, 4)}。

本実験結果は遮蔽仮説と輻輳誤差仮説の予測を支持した。2つの仮説が支持されたということは、W-PLC 刺激の見えの奥行きは、単一ではなく複数の要因によって決定されるということの意味している。

文 献

- 1) H. Ono, K. Shimono and K. Shibuta: Occlusion as a depth cue seen in Wheatstone-Panum's limiting case. *Perception and Psychophysics*, 51, 3-13, 1992.
- 2) L. Kaufman: On stereopsis with double images. *Psychologia*, 19, 224-233, 1976.
- 3) I. P. Howard and M. Ohmi: A new interpretation of the role of dichoptic occlusion in stereopsis. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, 33, 1370, 1993.
- 4) K. Nakayama and S. Shimojo: Da Vinci stereopsis: Depth and subjective occluding contours from unpaired image points. *Vision Research*, 30, 1811-1825, 1990.