両眼網膜視差にもとづく奥行弁別判断と輻輳反応

九州大学 下野孝一・近藤倫明・渋谷幸一
福岡教育大学 中溝幸夫

Psychophysical and vergence responses of normal and stereoanomalous observers to pulse-disparity stimulus

Koichi Shimono, Michiaki Kondo, Koichi Shibuta (*Department of Psychology, Faculty of Literature, Kyushu University, Fukuoka 812*), and Sachio Nakamizo (*Department of Psychology, Fukuoka University of Education, Munakata 811-49*)

The relations between psychophysical and oculo-motor responses to retinal disparity were examined in two experiments. Experiment I examined the subject's discriminability of the depth produced by 2° crossed, 2° uncrossed, and zero disparities with the durations of 100 and 1000 ms. As a result, six stereonormal, one crossed stereoanomalous, and one stereoblind observers were identified. In Experiment II, eye movement responses of three subjects with the different types of stereoscopic vision to the disparity pulses were monitored by the photo-electric method. The results of Experiment II indicated that the normal observer showed normal vergence, the crossed stereoanomalous observer showed anomalous convergence, and the stereoblind observer did not show any vergences but saccadic movements. Several theoretical implications of the results are discussed.

Key words: stereoanomaly, vergence anomaly, disparity detection, vergence movement, depth perception.

Wheatstone (1838) によって、両眼網膜視差 (binocular retinal disparity 以下網膜視差) が見えの奥行を生む強力な手がかりであることが証明されて以来、見えの奥行弁別は網膜視差検出の信頼すべき心理物理学的測度とみなされている。

一方、輻輳性眼球運動 (vergence eye movement 以下輻輳運動) が視覚系による網膜視差検出の測度であることも多くの研究によって確証されている (Alpern, 1972; Carpenter, 1978; Toates, 1975; Zuber, 1971)。例えば、Rashbass & Westheimer (1961) は 1° から 4° までの網膜視差の短時間提示 (網膜視差パルス) に対して起こる一過性 (transient) の輻輳運動を調べ、20 ms の網膜視差パルスに対しても輻輳反応が起こることを確かめた。また、Mitchell (1970), Westheimer & Michell (1969) は、ダイコプティック (dichoptic) に提示された 2 個の刺激が、形、輝度やコントラスト、垂直次元での位置の違いにもかかわらず網膜視差を持つならば、それらの短時間提示に対して、視差のタイプ (交差性、非交差性) に正確に一致した convergent, divergent 反応が起こることを確かめた。これらの事実は、少なくとも網膜視差のある範囲内で輻輳運動が網膜視差検出の結果を“忠実に”表わすことを示唆している。

視覚系による網膜視差の検出に 2 つの測度が存在するということは、見えの奥行を媒介するプロセスと輻輳運動を引き起こすプロセスがなんらかの機構を共有していることを示唆している。この考えは、比較的大きな網膜視差を用いた実験結果が、視差のある範囲内で 2 つの測度の等価性を示していることから支持されている。例えば、見えの奥行を測度にした水平方向の網膜視差限度 (Westheimer & Tanzman, 1956) と、輻輳運動を測度にしたそれ (Westheimer & Michell, 1969) とは、ほぼ一致している。また、輻輳運動を解発しうる左眼、右眼刺激の非類似度の限度及び刺激間の最大時間差は、見えの奥行についてもほぼ等しいことがわかっている (Michell, 1970)。これらの事実は、互いに異なる 2 つの機能が同一の網膜視差検出機構を用いていることを強く示唆している。

ところで、網膜視差手がかりにもとづく奥行弁別の不能な観察者の心理物理学的同定が Richards (1970) によって報告されて以来、これらの観察者を用いて網膜視差検出機構を推論する研究がおこなわれてきた (例えば、Richards, 1975)。Richards (1970, 1971) は 0.5° から 4.0° までの比較的大きな網膜視差を 80 ms 提示して、被験者にその奥行弁別をさせるという方法を用いて

奥行弁別不能者の同定をおこなった。その結果、これらの観察者は交差性視差あるいは非交差性視差のどちらか一方を弁別できない (stereo-anomaly 以下ステレオ・アノマリー) か、又は両方とも弁別できない (stereo-blind 以下ステレオ・ブラインド) かであり、これら奥行弁別不能者のタイプから網膜視差の検出には、視差のタイプに対応して少くとも2種の、あるいは3種¹⁾の互いに独立した機構が存在すると考えられた (Richards, 1970, 1971, 1975)。

すでに述べたように、輻輳運動が網膜視差検出の測度ならば、網膜視差による奥行弁別不能者の同定は、輻輳反応を調べることによって可能なはずである。この可能性は Jones (1972, 1977) によってテストされた。Jones は 0.57° から 4.58° にわたる網膜視差を 200 ms 提示し、奥行弁別判断をもとめると同時に眼球運動をモニターし、両者の関係を調べた。しかし、結果はステレオ・アノマリーと輻輳アノマリー (vergence anomaly) との形式的な一致を示さなかった。

本研究では Richards (1970, 1971) や Jones (1972) と類似の心理物理学的方法を用いて、奥行弁別の不能な観察者を同定し、そのタイプが比較的明確な者について

輻輳運動反応を調べ、従来の研究結果と比較しながら結果のもつ理論的意味を考察することが主要な目的である。

実験 I

実験 I の目的は、網膜視差の提示に対する奥行弁別反応を指標にして、奥行弁別の可能なもしくは不能な被験者を同定することである。網膜視差の大きさは、Jones (1972) によって用いられたものの中から各被験者で安定した反応が得られている 2° を用いて、各々交差性、非交差性、そして視差をもたない3種の刺激が選ばれた。

輻輳運動はステップ状の網膜視差刺激に対して、およそ 160 ms の潜時をもち、およそ 1000 ms の刺激提示時間でその完了状態に到達する。Westheimer & Tanzman (1956), Michell (1966), Richards (1970) は、比較的長い刺激提示時間を用いれば、輻輳運動手がかりが奥行弁別に効果をもたらす可能性を考慮して、各々 10, 120, 80 ms という輻輳運動の潜時よりも短い提示時間を用いている。実験 I では、提示時間が奥行弁別に及ぼす効果を知るために、100 ms と 1000 ms という2種類の提示時間を用いた。

方法

刺激と装置 刺激と凝視点はともに発光ダイオード (TLR 205; 赤色主波長 700 nm; 輝度 0.7 mcd/m^2 ; サイズ $1 \text{ mm} \times 5 \text{ mm}$; 視角 $0.1^\circ \times 0.5^\circ$) でつくられ、被験者の眼の高さで、観察距離 57.3 cm の位置に配置された。Fig. 1 に示されるように、2組の発光ダイオード配列からなる刺激がハーフミラーとポラロイドフィルターの組み合わせにより、視差を持つ垂直線分としてダイコプティクに提示された。例えば、 2° 交差性視差刺激は左眼に L_2 、右眼に R_2 が提示されることにより作られ、 2° 非交差性視差刺激は左眼に L_1 、右眼に R_1 が提示されることにより作られた。視差のない刺激は、左眼に L_1, L_2 、右眼に R_1, R_2 がそれぞれ同時に提示されることにより作られた。凝視点と各刺激の提示時間制御は、デジタルタイマー (三和工業 K. K.) によっておこなわれた。

手続き 実験は暗室条件下でおこなわれ、被験者は10分間の暗順応後、バイト・ボードによって頭部が固定された。被験者のボタン押しで試行が開始され、まず凝視点が2秒間提示された。凝視点が消えると同時に、3種の刺激の中からランダムに選ばれた1つが提示された。提示された垂直線分が凝視点を含む面を基準にして、“前”に見えるか、“後ろ”に見えるか、あるいは“同じ”に見えるかを、被験者はそれぞれに対応するボタンを押すことによって反応した。試行数は各刺激について20試行、計60試行であった。被験者はまず100 ms の刺激提示時間、次に1000 ms の刺激提示時間で課題を

Fig. 1. Method of stimulus presentation. P_L , P_R —polaroid filters; F_L , F_R —fixation stimuli; L_1 , L_2 , R_1 , R_2 —stimuli with disparity. See text for description.

¹ ステレオ・アノマリーのタイプは、交差性視差、もしくは非交差性視差だけを処理できない観察者のほかに、これらのタイプには分類できない第3のタイプがあることが報告されている (Richards, 1971; Jones, 1977)。

Table 1
Samples of the stimulus-response matrix obtained in Experiment I

Stimulus category		(a) Response category			(b)			(c)		
		Front	Same	Behind	Front	Same	Behind	Front	Same	Behind
Stimulus category	Crossed	18†	2	0	8	9	3	19	1	0
	Zero	19	1	0	9	11	0	0	20	0
	Uncrossed	10	4	6	0	0	20	0	0	20

† Number indicates the frequency of response for each stimulus category.

Table 2
Results of the data-analysis and the classification (See text)

		Stimulus category		
		Crossed	Zero	Uncrossed
Subjects	T. T.	○	○	○*
	M. K.	○	○	○*
	M. S.	○	○	○*
	K. F.	○	○	○*
	T. H.	○	○	○*
	Y. N.	○	○	○*
	T. M.	—	—	—***
	K. S.	—	—	○**

Note. '○' and '—' designate 'discriminable' and 'nondiscriminable', respectively.

* stereonormal subject

** stereoanomalous subject

*** stereoblind subject

遂行し、実験 I での全試行数は各被験者について 120 試行であった。実験試行にはいる前に、5—10 回の練習試行が各被験者についておこなわれた。

被験者 被験者は大学生、大学院生 (22—29 歳) の男性 7 名、女性 1 名であった。視力は矯正視力も含めて全て 1.0 以上であった。全員過去に斜視の手術を受けた者もなく、また斜視と同定された経歴もなかった (トプコン・スクリーノスコープ II 型による斜位検査の結果は、全員正常範囲を示した)。

データ分析法

ステレオ・アノマリーが存在するにしても、その型を分析しようとするれば、基礎データの収集、データ分析、分類規則、等から生じるアーチファクトに注意しなければならない。基礎データから直接分類することも、不可能とは思えない。例えば、Westheimer & Tanzman (1956, p.117, Fig. 3) によって報告された奥行弁別の最も悪い被験者 L. S. のデータは、明らかに交差性のステレオ・アノマリーを示しているように見える。しかし

ながら、全ての被験者のデータにこのような分類を期待することは難しい。

Jones (1977) は刺激-反応行列から、最も単純な信号検出モデルを基礎にして弁別力測定 d' を導出した。Richards (1970) は刺激カテゴリーを評定尺度とみなし、同様に弁別力測定 S' を導出した。彼らはこれらの測定を用いて、ステレオ・アノマリーの分類規則を設定した。彼らが排除しようとした主要なアーチファクトは、被験者の反応の偏り、また 3 件強制選択法が構造的に持つ反応過程での“推論”であった。これらのことに一定程度成功しているとはいえるものの、実際の問題として、感覚効果の分布に等分散正規分布を仮定した単純な信号検出理論は、刺激-反応行列のいずれかの細胞がゼロである場合には適用できないし、また相当の試行数がなければ弁別力測定の推定における誤差が大きくなる。

そこでわれわれは、比較的少ない試行数でも可能な、また反応の分布型に関する仮定を必要としない方法でステレオ・アノマリーの分類を試みた。基本的には Ratio Correct 法である。この方法は Richards (1971), Jones (1972) も用いているが、ここでは反応と刺激の両カテゴリーで、Ratio Correct 値が 5% 水準で有意に 0.50 より大きい場合にのみ、その刺激カテゴリーが検出されたと判断した。

結果と考察

Table 1, 2 に結果を示す。Table 1 は 100 ms の刺激提示時間でのデータの一部であり、a はステレオ・ブラインド、b はステレオ・アノマリー、c は正常と同定された。Table 2 は、6 名の正常、1 名のステレオ・アノマリー、1 名のステレオ・ブラインドという分類結果を示す。100 ms と 1000 ms の刺激提示時間の間で分類上の違いはまったく見られなかった。これらの結果は、標本数は少ないとしても、Richards (1970) によって最初に報告されたステレオ・アノマリー、ステレオ・ブラインドの存在の証拠となるものである。

刺激提示時間の影響は、輻輳運動の奥行弁別に及ぼす効果と交絡して論じられてきた (例えば、Richards, 1970) 歴史があるが、実は別のものとして考えるべきことである。稿のはじめで述べたように、Rashbass &

Westheimer (1961) がわずか 20 ms の網膜視差パルスに対して、輻輳運動の生起を観察したことからも短時間提示による輻輳運動効果の決定的排除が不可能であることは明らかである。従って、Westheimer & Tanzman (1956), Michell (1966), Richards (1970) による輻輳運動潜時以下の網膜視差提示時間が意味することは、奥行弁別に及ぼす輻輳運動効果の排除ではなく、単に刺激提示時間内に輻輳運動が生じていないということである。

実験 II

実験 II の目的は、実験 I で同定されたステレオ・アノマリー、ステレオ・ブラインドの被験者の網膜視差提示に対する眼球運動反応を調べることである。

方法

刺激と装置 刺激は発光ダイオード (TLR 102; 赤色主波長 700 nm; 0.5 mcd/m²; 3 mmφ, 視角 0.2°) 10 個で、被験者の角膜表面から 78.7 cm の距離の前額平行面上、眼の高さに、正中面から左右両側に 5 個ずつ対称的に配置された。正中面からの距離が等しい 2 個の刺激をそれぞれ 1 組にして、ダイコプティクに両眼提示することにより、2° と 4° の交差性、非交差性視差を提示することができる。正中面からそれぞれの刺激までの距離は、0.3, 1.1, 1.7, 2.5, 3.9 (視角 0.2°, 0.8°, 1.2°, 1.8°, 2.8°) cm であった。正中面から第 2 番目の 1 組が初期凝視刺激として用いられた。これら 2 個の刺激がポラロイドフィルターを通して異側の眼で観察され、互

いに融合した時、凝視距離はほぼ 60 cm となった。残りの 4 組の刺激のうち 2 組は異側の眼で観察した時に交差性視差を、残りの 2 組は同側の眼で観察した時に非交差性視差を生じる。刺激の提示時間はデジタルタイマー (三和工業 K. K.) によって制御された。

眼球運動はフォトエレクトリック法 (九州計測器 K. K. Eye Movement Detector Model QMI-101) によってモニターされ、その出力を増幅記録した (三栄測器 K. K. ニューレクテグラフ-8 K.) (Model QMI-101 は著者の一人である渋谷によって試作されたものである)。本記録システムは、視距離 56 cm で、記録精度は約 0.2°, 正中面より左右 15° 以内で直線性がある。

手続き 実験試行の前に眼球運動モニターの校正がおこなわれた。被験者の頭の位置はバイト・ボードによって固定され、刺激光以外は暗室条件であった。1 回の実験試行は初期凝視刺激 2 個が点灯され、被験者がそれらを融合して 1 個に見えることを確認した後、実験者の合図があり、その約 1 秒後凝視刺激が消えて、同時に交差性もしくは非交差性視差刺激が一定時間点灯し、再び、初期凝視刺激が点灯した。実験変数は、視差の大きさ (2°, 4°), 視差のタイプ (交差性, 非交差性), 提示時間 (200, 600, 900 ms) であった。このうち、視差のタイプだけを被験者内でランダムに変え、それ以外の変数の順序は被験者間で変えられた、1 つの下位条件ごとに 10 回の試行がおこなわれ、合計 120 回の実験試行が 3 ブロックに分けて実施された。

被験者 交差性視差にもとづく奥行弁別の不能な被験

Fig. 2. Sample responses of subject M.K. to 4° retinal disparity pulses. The top tracing indicates the onset and the offset of the stimulus. The second and the third tracings are those of the left and the right eye, respectively. The convergent responses to the crossed disparity are shown in (a) and the divergent responses to the uncrossed disparity in (b). (The above descriptions of the three tracings also apply to the tracings shown in Figs. 4 and 5).

者 K. S., どちらのタイプの視差にもとづく奥行弁別も不能な被験者 T. M., 正常な被験者 M. K. の 3 名が選ばれた。

結果と考察

交差性, 非交差性視差の短時間提示に対する眼球運動反応の記録は, 実験 I の結果と明確な対応を示した。すなわち, ステレオ正常被験者 M. K. では, 視差のタイプに一致した輻輳運動が起こり, 交差性視差にもとづく奥行弁別の不能な被験者 K. S. では, 非交差性視差の提示に対しては, 正常な divergent 反応が起こるが, 交差性視差の提示に対しては, 極端に減衰した convergent 反応を示した。また, どちらのタイプの視差にもとづく弁別も不能な被験者 T. M. では, どちらのタイプの視差の提示に対しても輻輳運動は起こらず, むしろ, 両眼同側性の飛越運動 (saccadic movement) が間歇的に出現した。

Fig. 2 に被験者 M. K. の 4° 交差性, 非交差性視差刺激に対する輻輳運動の典型的記録例が, 提示時間別に示されている。両眼は, 約 200 ms の潜時の後, ほぼ対称的な両眼輻輳反応を示している。Fig. 3-a には被験者 M. K. について, 視差の大きさとタイプ別に, convergent, divergent 反応量が提示時間の関数としてプロットされている。 4° 非交差性視差を除けば, 900 ms の提示条件で運動はほぼ限界に達している (提示された視差の半分の大きさが運動量の限界値である)。Fig. 3-a から, 輻輳運動量は網膜視差提示時間の増加に伴い, ほぼ直線的に増加しており, この結果は, Rashbass & Westheimer (1961) の観察結果を数量的に確認したことを示す。Fig. 3-b には, 被験者 K. S. について, 4° と

Fig. 3. Amplitudes of vergence responses to 4° disparity as a function of the stimulus durations (a) was obtained for the stereonormal subject M. K. and (b) for the crossed stereoanomalous subject K. S.

2° の非交差性視差に対する divergent 反応量が提示時間の関数としてプロットされている。この結果は, 基本的には被験者 M. K. のそれと同じであるが, どの提示時間条件でも M. K. の反応量より大きい。それはあたかも交差性視差に対する convergent 反応の減衰分を divergent 反応が補償しているかの印象を与える。Fig. 4 と Fig. 5 には, それぞれ, 被験者 K. S. の交差性, 非交差性視差に対する眼球運動反応と, 被験者 T. M. の交差性視差に対する反応の典型的記録例が示されている。被験者 M. K. の反応 (Fig. 2) に比較すると, K. S. の convergent 反応は極限值まで減衰していることがわかる。被験者 K. S. の眼球運動反応は, Jones(1977) の分類した, 輻輳アノマリーに含めることができるであろう。(Jones による輻輳アノマリーの分類規準は, convergent と divergent の最大反応量の比の, 1.00 からの距離で与えられる)。

一方, 被験者 T. M. の眼球運動反応は, K. S. の,

Fig. 4. Sample responses of subject K. S. to 4° disparity. Divergent response to the uncrossed disparity is seen clearly in (a) and the extremely attenuated convergent response to the crossed disparity in (b).

Fig. 5. Sample responses of the stereoblind subject T. M. to 4° crossed disparity. Tracings show conjugate saccadic eye movements.

そして恐らく Jones (1977) の被験者の反応とは異質であるように思われる。心理物理学的反応にもとづいて分類された Jones の 3 名のステレオ・ブラインドは、そのうち 1 名が輻輳アノマリーで、他の 2 名は正常な輻輳反応を示した。ところが、T. M. の眼球運動反応から輻輳運動成分を抽出することは困難であり、この種の運動に対して、Jones の分類規準を適用することは難かしい。むしろ、T. M. の眼球運動反応は、Westheimer & Michell (1969) が報告した脳梁切断患者の網膜視差提示に対する眼球運動反応に現象的類似性を示している。従って、実験Ⅱの結果は、Jones による輻輳アノマリーのカテゴリーに新しいタイプのアノマリーをつけ加えたといえるだろう。

全体的考察

実験Ⅰにより、ステレオ正常観察者 6 名と、非交差性視差のみを有効に使うステレオ・アノマリー観察者 1 名、また、交差性視差も非交差性視差も共に有効に使えないステレオ・ブラインド観察者 1 名が同定された。この結果は、Richards (1970) によって報告されたステレオ・アノマリー、ステレオ・ブラインドの存在を Jones (1977) に続いて確認するものである。

Jones (1977) は、ステレオ・アノマリー研究と色盲、色弱の研究との間の類似性に言及している。色盲の研究が色覚システムを構成するサブシステムを推論するという点で貢献したことは、色覚研究史が示しており、Richards (1970) がステレオ・アノマリーの研究から奥行弁別システムを構成するサブシステムのいくつかを推論したのは、そのアナロジーとみなしうる。問題を奥行弁別システムに限定して考えると、まず、奥行弁別のために利用される手がかりの性質にもとづいて、いくつかのサブシステムを想定できる。単眼視でも通常の生活場面で奥行弁別が可能なることから、単眼手がかりを有効に使用するサブシステムを考えることができる。本研究は、単眼手がかりと調節による手がかりを排除した実験事態を設定することにより、両眼網膜視差と奥行弁別能力、輻輳運動との関係に問題を限定した。このように、一連のステレオ・アノマリー研究は、網膜視差の検出を可能にするシステムが、奥行弁別、輻輳運動システムの中にどのように組み込まれているかに関する知識を得ることを目的としている。

両眼奥行弁別の生理学的基礎は、主要には大脳皮質における両眼支配ニューロンの 2 つの受容野がもつ位置視差 (Barlow, Blakemore, & Pettigrew, 1967)、方向視差 (Blackmore, Fiorentini, & Maffei, 1972) にもとめられる。ここで問題となるのは、とりわけ水平方向位置視差である。さらには、視交差、外側膝状体、脳梁などが両眼視あるいは両眼相互作用で特殊な役割を担っ

ていると考えられる。これら両眼奥行弁別システムの一部が欠損もしくは不調であると解釈されるような現象が、いくつかの特殊な実験条件下で観察されている。Movshon, Chambers, & Blakemore (1972), Michell & Ware (1974) らは両眼間での伝達を傾きの残効で、Michell, Reardon, & Muir (1975), Wade (1976) は運動残効で研究した。Lema & Blake (1977), Westendorp, Langston, Chambers, & Allegretti (1978) は検出課題での両眼加重を研究した。これら両眼相互作用の研究に携わる研究者たちによると、ステレオ・ブラインド観察者は両眼支配ニューロンの数が少ないのではないかと考えられている。このことは同時に、奥行弁別作用が同じメカニズムによるということを示唆している。

Wiesel & Hubel (1963), Hubel & Wiesel (1965) 以後の多くの実験動物を用いた神経生理学的研究は、生後まもなく導入された斜視、単眼遮断は、両眼支配ニューロンの数を減少させることを明らかにしている。異常な初期視覚経験によって両眼支配ニューロンが臨界期までに形成されなかったのか、それともあらかじめ存在していたものが消滅したのか、また、実験動物で得られた結果がどの程度人間にあてはまるかは別として、これらの事実が両眼相互作用研究 (ステレオ・ブラインド観察者はほとんど斜視であるか、斜視の経歴をもっていた) における推論に強く影響している。

このように、斜視-両眼支配ニューロンの少なさ-ステレオ・ブラインドという図式が一定の説得力をもつなかで、斜視とは無関係なステレオ・ブラインドについての記述もみられる。Richards (1970), Lema & Blake (1977) は、奥行弁別能力、あるいはそれを支えるシステムは、初期経験以前の問題として遺伝的に、あるいは先天的に与えられることを示唆している。われわれの被験者 T. M. は、現在においても過去においても、なんら異常な視覚経験をもったとは考えられない。他の有効な情報が手に入るまで、このことから、われわれの被験者が正常な経験のもとに、正常な奥行弁別システムを形成する能力を先天的にもっていなかったと推論する以外にない。

一方、Bishop & Henry (1971) は、多くの研究をレビューして、ファイン・ステレオプシスとコース・ステレオプシスの区別を主張し、それらが 2 つの異なった神経メカニズムによって支えられていることを示唆した。ここで言う、ファインとコースの違いは単に、水平方向位置視差のサイズを分類の軸としている²。Bishop &

² Bishop & Henry (1971) による、ファイン・ステレオプシスとコース・ステレオプシスの概念規定は、唯一のものではない。ファインとコースの分類規準を両眼単一視-複視においたり、その時間特性においたり、あるいはまた、視差をもつ刺激の物理的サイズにおいたりしながら、現在、概念の明確化が進行している。

Henry (1971) の主張の延長線上で、Jones (1977) は、ステレオ・アノマリーはコース・ステレオプシスでのアノマリーを意味するものであって、ファイン・ステレオプシスはこの場合でも正常であると述べている。このことによって、彼のステレオ・アノマリー観察者が正常な奥行弁別の精度をもつ事実 (Jones の観察者は全て正常な奥行視力をもつ) を説明している。われわれはステレオ・アノマリー、ステレオ・ブラインド観察者も同様に、実験条件すなわちコース・ステレオプシスの領域以外で、例えば Juletz のランダム・ドット・ステレオグラム等での正常な奥行弁別能力を示した。このことは、Jones (1977) のコース・ステレオプシス・アノマリー説を支持する。

これまで、基本的には、ステレオ・アノマリーの原因として視差検出器の異常を考えてきた。しかしながら現時点では、全てのタイプのステレオ・アノマリーが確認されているとは考えられない。われわれの被験者 T. M. から得られた結果は、別のタイプのアノマリーの存在を示唆する。おそらく、未だ発見されていないものを含めて、種々のサブシステムを反映した種々のタイプのステレオ・アノマリーが存在するであろう。

実験 I で 100 ms と 1000 ms という刺激提示時間の違いが、奥行弁別に明らかな効果をもたらさなかったのはコース・ステレオプシスがトランジェント (transient) であるという文脈から予想されることである (例えば、Jones, 1977)。実験 II の結果が示すように、輻輳反応が起こるならば、刺激提示時間の効果は、運動の振幅、いいかえれば運動の完了度にあらわれる。これらのことは輻輳システムと奥行弁別のシステムが同一の網膜視差検出システムを共有するとすれば、その利用のし方が違うか、あるいはそれぞれ別の網膜視差検出システムを持つことを示唆している。

引 用 文 献

- Alpern, M. 1972 Eye movements. In D. Jameson, & L. M. Hurvich (Eds). *Visual Psychophysics*. Berlin: Springer. Pp. 303-330.
- Barlow, H. B., Blakemore, C., & Pettigrew, J. D. 1967 The neural mechanism of binocular depth discrimination. *Journal of Physiology*, **193**, 327-342.
- Bishop, P. D., & Henry, G. H. 1971 Spatial vision. *Annual Review of Psychology*, **22**, 119-160.
- Blakemore, C., Fiorentini, A., & Maffei, L. 1972 A second neural mechanism of binocular depth discrimination. *Journal of Physiology*, **226**, 725-749.
- Carpenter, R. H. S. 1977 *Movements of the eye*. London: Pion Limited.
- Hubel, D. H., & Wiesel, T. N. 1965 Binocular interaction in striate cortex of kittens reared with artificial squint. *Journal of Neurophysiology*, **28**, 1041-1059.
- Jones, R. 1972 Psychophysiological and oculomotor-responses of normal and stereoanomalous observers to disparate retinal stimulation. Unpublished doctoral dissertation. The Ohio State University.
- Jones, R. 1977 Anomalies of disparity detection in the human visual system. *Journal of Physiology*, **264**, 621-640.
- Lema, S. A., & Blake, R. 1977 Binocular summation in normal and stereo-blind humans *Vision Research*, **17**, 691-695.
- Mitchell, D. E. 1966 Retinal disparity and diplopia. *Vision Research*, **6**, 441-451.
- Mitchell, D. E., & Ware, C. 1974 Interocular transfer of a visual aftereffect in normal and stereo-blind humans. *Journal of Physiology*, **236**, 707-721.
- Mitchell, D. E. 1970 Properties of stimuli eliciting vergence eye movements and stereopsis. *Vision Research*, **10**, 145-162.
- Mitchell, D. E., Reardon, J., & Muir, D. W. 1975 Interocular transfer of motion aftereffect in normal and stereoblind observer. *Experimental Brain Research*, **22**, 163-173.
- Movshon, J. A., Chambers, B. E. I., & Blakemore, C. 1972 Interocular transfer in normal humans and those who lack stereopsis. *Perception*, **1**, 483-490.
- Rashbass, C., & Westheimer, G. 1961 Disjunctive eye movements. *Journal of Physiology*, **159**, 339-360.
- Richards, W. 1970 Stereopsis and stereoblindness. *Experimental Brain Research*, **10**, 380-388.
- Richards, W. 1971 Anomalous stereoscopic depth perception. *Journal of Optical Society of America*, **61**, 410-414.
- Richards, W. 1975 Visual space perception. In E. C. Carterette and M. P. Friedman (Eds), *Handbook of perception*. Vol. V. *Seeing*. New York: Academic Press. Pp. 351-386.
- Toates, F. M. 1974 Vergence eye movements. *Documenta Ophthalmologica*, **37**, 153-214.
- Wade, N. H. 1976 On interocular transfer of the movement aftereffect in individuals with and without normal binocular vision. *Perception*, **5**, 113-118.
- Westendorf, D. H., Langston, A., Chambers, D., & Allegretti, C. 1978 Binocular detection by normal and stereoblind observers. *Perception & Psychophysics*, **24**, 209-214.
- Westheimer, G., & Tanzman, I. J. 1956 Qualitative

- depth localization with diplopic images. *Journal of Optical Society of America*, **46**, 116-117.
- Westheimer, G., & Mitchell, D.E. 1969 The sensory stimulus for disjunctive eye movements. *Vision Research*, **9**, 749-755.
- Wheatstone, C. 1838 Contributions to the physiology of vision. Part the first. On some remarkable and hitherto unobserved phenomena of binocular vision. *Philosophical transaction of Royal Society*, 1838 (II), 371-394.
- Wiesel, T.N., & Hubel, D.H. 1963 Single-cell responses in striate cortex of kittens deprived of vision in one eye. *Journal of Neurophysiology*, **26**, 1003-1017.
- Zuber, B.L. 1971 Control of eye movements. In P. Back-y-Rita & C.C. Collins(Eds), *The control of eye movements*. New York : Academic Press. Pp. 447-471.
- 1981. 4.27. 受稿, 1981.11.14. 受理——