逆向マスキング・パラダイム下の体性感覚反応時間に及ぼす 無自覚的知覚の影響

高井 晋次^{1),3)} 今中国 泰¹⁾ 北 一郎¹⁾ 森 周司²⁾

The effect of perception without awareness on somatosensory reaction time using a backward masking paradigm

Shinji Takai^{1,3}, Kuniyasu Imanaka¹, Ichiro Kita¹ and Shuji Mori²

Abstract

This study examined the effect of perception without awareness on somatosensory simple reaction time using a backward masking paradigm in nine subjects ranging in age from 21 to 38 years. In the backward masking paradigm, two types of electrical stimuli differing in intensity (one type ranging from 1.2 to 1.5 times the sensory threshold of each subject, and the other ranging from 4 to 5 times the threshold) were successively delivered with a 40-ms interstimulus interval to the subjects' right median nerve at the wrist through disk electrodes. There were three stimulation conditions: weak stimulus alone, strong stimulus alone, and double stimulation (which was the backward-masking condition, with a weak stimulus always preceding a strong one). The subjects were asked to respond to either the weak or the strong stimulus as quickly as possible by clicking on the computer mouse button, without any knowledge that the double stimulation would be included in the experimental trials. The results showed that the mean reaction time for double stimulation was significantly shorter than that for the strong stimulus condition, and that the reaction time for the weak stimulus was the longest among the three conditions. The latter result indicated that the weak stimulus could not be perceived quickly. All subjects reported that they did not perceive the weak, preceding stimulus used for double stimulation—suggesting that the weak stimulus was masked by the following strong stimulus. Therefore, the weak stimulus, without the subject being aware of it, may have facilitated the preparatory processes for performing response actions, resulting in the shorter reaction times observed with double stimulation. These findings are discussed in terms of several conceptual and empirical models of information processing for sensation, perception, and preparation of motor responses in simple reaction time under backward masking.

Key words: somatosensory, simple reaction time, backward masking, parallel information-processing

(Japan J. Phys. Educ. 45: 333-346, May, 2000)

- 1) 東京都立大学理学研究科身体運動科学専攻
〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1
- 2) 富山県立大学工学部一般教育等(知覚心理学)
〒939-0398 富山県射水郡小杉町黒河5180
- 3) 現所属：ニューラル有限会社(開発部)
〒190-0022 東京都立川市錦町 3-1-2

1. Tokyo Metropolitan University, Faculty of Science, Department
of Kinesiology, 1-1 Minami-Ohsawa, Hachioji, Tokyo 192-0397
2. Toyama Prefectural University, Faculty of Engineering, 5180
Imizu-gun, Kosugi-machi, Toyama 939-0398
3. Current address: Neural Ltd. Co., 3-1-2 Nishiki-cho, Tachika-
wa, Tokyo 190-0022

キーワード：体性感覚，単純反応時間，逆向マスクング，並列情報処理

緒 言

われわれの日常的な運動行動の多くは，外界からのさまざまな刺激に対する知覚体験を伴いながら遂行される．しかし，環境刺激や自己の動作のすべてに意識あるいは注意を向けるわけではなく，むしろ特定の刺激や意図的な手足の動き以外にはほとんど注意が向けられることはない．特にスポーツ動作では，刺激認知や状況判断が意識に上る前に自然に体が動いてしまう，ということもしばしば経験することである．こういった経験的な事実からも，われわれの運動行動では意識に上らないさまざまな刺激・情報が合目的に適切に処理され，スムーズな運動・動作の遂行を可能にしていると考えられる．

知覚体験を伴わない刺激の入力（無自覚的な知覚）が運動行動に少なからず影響を及ぼすことについては，近年，神経心理学や行動科学領域における症例や実験的事実として報告されるようになってきた．たとえば，脳損傷による半側感覚麻痺患者を調べた Rossetti et al. (1995) の研究では，目隠しをした被験者の麻痺側に触覚刺激を与えると，被験者は半側感覚麻痺であるが故にその刺激点の場所がどこであるかを答えることはできないが，反対側の手で反応させるとほぼ正しい位置を指し示す，ということが報告されている．また視覚に関しても，右側一次視覚野に脳損傷を負った患者の左視野（視覚を失った半側視野）に刺激を呈示するとき，その刺激がまったく見えないはずであるにもかかわらずその刺激位置へのリーチング動作はかなり正確に行われる，という盲目視 (blindsight) の例が報告されている (Weiskrantz, 1980; Weiskrantz et al., 1974)．これらは，知覚体験を伴わない刺激がその刺激に対する運動反応に関わっていることを示す典型的な症例といえる．

健常被験者における無自覚的知覚と運動反応に関しては，逆向マスクング・パラダイム下の反応課題を用いた研究 (Fehrer & Biederman, 1962;

Fehrer & Raab, 1962; MacIntyre & McComas, 1996; Taylor & McCloskey, 1990, 1996) が報告されている．それらの研究では，刺激強度の異なる強弱 2 つの刺激を弱一強の順で 0-81 msec の間隔をおいて呈示し，それらの刺激に対してできるだけすばやく反応させるという反応課題が用いられている．この実験パラダイムでは，刺激強度差をある程度以上に設定すると，先行する弱い刺激の感覚が後続刺激によってマスクされるという逆向マスクング効果が生じ，被験者は後続刺激に対してのみ知覚を体験することになる．しかし，そのときの反応時間は，知覚体験を伴わない先行刺激に対する反応とみなせる結果が示されている．この逆向マスクングー反応時間の現象も，脳損傷患者の症例報告と同様，知覚体験を伴わない刺激が何らかのかたちで運動反応に大きく関与していることを示す知見といえる．

逆向マスクング・パラダイムを用いた研究は，知覚心理学領域では比較的古くから頻繁に行われてきているが，そのほとんどは視知覚に関するものである (Eriksen & Collins, 1965; Fehrer & Biederman, 1962; Fehrer & Raab, 1962; Harrison & Fox, 1966; Neumann & Klotz, 1994; Schiller & Smith, 1966; Taylor & McCloskey, 1990, 1996; Thompson, 1966; White, 1976)．体性感覚や皮膚感覚に関する逆向マスクングー反応時間研究については，それらが運動と深い関わりを持っているにもかかわらず，これまでほとんど報告されていない．もちろん，体性感覚や皮膚感覚そのものに関しては，神経生理学を中心に古くから研究対象とされてきており，知覚体験に直接・間接的に関連する研究も多数報告されている．たとえば，感覚閾値 (e.g., Johansson & Vallbo, 1979)，感覚閾値と誘発電位・事象関連電位 (e.g., Gomes, 1998; Libet et al., 1967, 1992)，順向・逆向マスクング (Abramsky et al., 1971; Craig & Evans, 1995; Kirman, 1984; Laskin & Spencer, 1979; Schmid, 1961) などを取り扱った研究が多数みられる．しかし，体性感覚あるいは皮膚感覚の逆向マスクングと運動反応の関係を直接検討した研究は，MEDLINE および Psychological Abstract

を調べた限りでは、MacIntyre and McComas (1996) の研究があるのみである。

MacIntyre and McComas (1996) は、リーチング動作による選択反応課題を逆向マスクング・パラダイム下で実施している。彼らの用いた逆向マスクング・パラダイムでは、先行刺激として感覚閾値付近の弱い電気刺激を、また後続刺激にはその約3倍の強度の刺激を用い、それらを刺激呈示間隔81 msecで呈示した。彼らは、この先行—後続刺激条件（Both条件）のほかに、先行刺激のみ、後続刺激のみをそれぞれ単独呈示する条件も加え、それぞれの反応時間を比較した。被験者への教示は、弱い刺激が呈示されたら身体正面左前方のターゲットへ、また強い刺激に対しては右前方ターゲットへのリーチング動作をできるだけすばやく行うようにというものであり、Both条件の刺激呈示の存在については何も教示しなかった。したがって、Both条件下で、もし被験者のリーチングが左のターゲットに対して行われるとすれば、被験者は弱い刺激すなわち先行刺激を知覚したことになり、右へのリーチングであれば強い刺激である後続刺激を知覚することになる。実験の結果、Both条件下では、被験者のリーチング動作のほとんどは右のターゲットに対して行われていたことから、先行刺激が知覚されていなかったものと推察された。他方、反応時間についてみると、Both条件下の反応時間は、先行刺激あるいは後続刺激のみを単独で呈示したときの反応時間よりも有意に短いものであった。これらの結果にもとづいて、MacIntyre and McComas は、先行刺激に対しては知覚体験が生じていなかったにもかかわらず、その先行刺激がトリガーとなって刺激の同定・弁別および反応選択過程が無自覚下で活性化・促進され、その結果 Both 条件下の反応時間が短くなったと推察した。

MacIntyre and McComas (1996) の報告は、逆向マスクング現象が視覚だけではなく体性感覚にもみられるより一般的な現象であることを示した重要な研究といえるが、実験方法上に以下に示す若干の問題があった。彼らは、反応時間測定としてリーチング動作開始時点の筋電図（三角筋）反

応時間を用い、知覚体験に関しては、リーチング動作が左右どちらのターゲットに対して行われたのかによって、被験者の知覚した刺激が先行刺激あるいは後続刺激のどちらだったのかを同定している。このように、選択反応の結果によって知覚体験を同定しようとする方法は、多くの研究者（Neumann & Klotz, 1994; Taylor & McCloskey, 1990, 1996）によって採用されてきていることから、一般的には有効な方法といえるのかもしれない。しかし MacIntyre and McComas の方法では、測定された反応時間よりも後の時点、つまり動作が開始された後、リーチング動作を実行している間に刺激弁別とターゲット選択が行われていたという可能性が考えられる。さらに、選択反応課題においては、刺激の検出・同定・弁別を含む知覚過程、および反応選択・反応プログラミングからなる運動準備過程、さらには運動命令の出力過程など一連の情報処理過程すべてが含まれており、得られた反応時間を特定の情報処理段階の遅延・短縮として解釈するのはきわめて困難である。事実、彼らが論文中で展開した知覚—反応情報処理に関する考察は数多くの前提条件に基づいたものとなっており、知覚体験の有無と反応時間の関連を明快に論議することに必ずしも成功しているとはいえない。

本研究では、MacIntyre and McComas (1996) のいくつかの問題点を考慮するために、選択反応ではなく単純反応課題を採用し、逆向マスクング・パラダイムによる無自覚的知覚の体性感覚反応時間に及ぼす影響を検討した。問題点の一つであった知覚体験の同定に関しては、選択反応の結果からの事後的な（post-hoc）同定ではなく、あらかじめ逆向マスクングが確実に生じるような刺激強度を設定することにより、マスクング効果の生起を保証した。また選択反応課題で考慮すべき刺激の同定・弁別や反応選択などの情報処理過程に関しては、単純反応課題を採用することにより議論の対象から除いた。一般に、単純反応時間は刺激検出までに要する時間、および運動準備過程とその出力に要する時間から構成されると考えられている（Luce, 1986）。したがって、強弱2つの

刺激を用いる逆向マスクング・パラダイム下の単純反応課題においても、知覚過程に関しては、刺激検出およびその知覚体験の有無、あるいはそれらが生じるまでの時間が反応時間に直接影響することとなる。運動準備過程については、単純反応課題では反応動作があらかじめ定められているため反応選択過程は含まれず、また反応動作に伴う筋活動も基本的には同じであることから反応プログラミング過程もほぼ一定であると仮定できる。したがって、本研究の単純反応課題では、反応選択および反応プログラミングの情報処理過程を反応時間の影響因子として考慮する必要はないものと思われる。

以上のように、本研究では、逆向マスクング・パラダイム下の単純反応課題を採用することにより、刺激の同定・弁別および反応選択・反応プログラミング過程を論議の対象からはずし、刺激の検出に関する知覚体験の有無と反応時間の関連性を検討することを試みた。

方 法

1. 被験者

被験者は、健康な成人男子9名(年齢21-38才)で、実験内容を説明し同意を得た上で実験を実施した。

2. 実験課題

本研究で用いた単純反応課題では、まず予告刺激(音刺激)を呈示し、ランダムに設定した2-3 secの先行時間(forereperiod)の後、電気刺激を呈示し、それに対してできるだけすばやく右手第2指によるコンピュータ・マウスのクリック動作を行わせるというものであった。電気刺激呈示には、電気刺激装置(日本光電, SEN-3301)およびアイソレータ(日本光電, SS-201J)を用い、持続時間0.2 msecの定電圧単発矩形波を、銀一塩化銀皿電極(直径12 mm)を介して被験者の右手手根部正中神経に経皮的に与えた。被験者が電気刺激を知覚した部位は、内省報告より手掌部と第1, 2, 3指付近であることが確認された。反応時間測定にはグラフィカル・プログラミング

言語 LabView (National Instruments) によるソフトウェアを用い、刺激呈示からマウスのクリックまでの時間を反応時間とした。なお、このクリック動作による反応時間は、筋電図反応時間より約100 msec 長いことが予備実験によって明らかとなった。本研究では、反応時間を逆向マスクング・パラダイム条件と他の刺激呈示条件間で相対的に比較したため、必ずしも筋電図反応時間を使う必要がなかったこと、および電極添付などによる被験者の心理的負担をできるだけ軽減するために、マウスのクリック動作による反応時間の方を採用した。

3. 刺激呈示条件

刺激呈示条件は、①逆向マスクング・パラダイムにもとづき、先行刺激(弱刺激)の呈示後40 msecの時点で後続刺激(強刺激)を呈示する条件(Double 条件, これは MacIntyre & McComas, 1996, の Both 条件に相当)、②先行刺激を単独で呈示する条件(Weak 条件)、および③後続刺激を単独で呈示する条件(Strong 条件)、の3条件とした。これら3条件の反応時間を比較することにより、Double 条件の反応時間が先行刺激あるいは後続刺激のどちらに反応したものであるかを検討した。なお、被験者には強弱いずれの刺激にもできるだけすばやく反応するようにとのみ教示し、Double 条件による刺激呈示については何も知らせなかった。

先行刺激および後続刺激それぞれの刺激強度は、先行刺激が後続刺激によって確実にマスクされる(先行刺激を被験者に知覚させない)強度をあらかじめ調べた上で被験者ごとに設定した。すなわち、各被験者の感覚閾値を極限法により測定し、それを目安として、先行刺激については単独呈示でかろうじて知覚可能な強度とし、後続刺激は、十分なマスクング効果を生じさせるために先行刺激との強度差をできるだけ大きくし、かつ痛みを伴わず筋収縮もほとんど誘発されない強度とした。その結果、先行刺激は感覚閾値の1.2-1.5倍、後続刺激は感覚閾値の4-5倍の刺激強度となった。

4. 分析方法

刺激呈示条件 (Weak, Double, Strong) 間すべての組み合わせに対し、対応のある t -検定によって平均反応時間の差の検定を行った。なお、同一データセットに対して t -検定を3回繰り返すこととなったため、Bonferroniの方法に従い、有意水準を5%からその1/3, 1.67%に引き下げた。Double条件下の反応時間については、先行刺激および後続刺激の両者から測定し、Weak条件あるいはStrong条件下の反応時間とそれぞれ比較した。

5. 手順

実験は、以下の手順により、感覚閾値測定、単純反応課題、内省報告聴取および感覚閾値再測定を実施した。

1) 感覚閾値測定

はじめに、極限法 (上昇, 下降系列刺激) による感覚閾値を測定した。上昇系列の刺激呈示では、感覚閾値以下の微弱な刺激強度から段階的に強度を増していき、被験者が刺激を自覚的に知覚できた時点の強度を記録した。また下降系列では、自覚的知覚が容易である強度から段階的に弱くしていき、知覚できなくなった強度を記録した。それぞれ3試行、計6試行をランダムな順序で実施し、それらの平均値を各被験者の感覚閾値とした。既に述べたように、Weak刺激およびStrong刺激はこの感覚閾値を目安に設定したものである。

2) 単純反応課題

実験試行前に被験者に課題を説明し、その後、各刺激呈示条件下 (Weak, Double, Strong) で数試行ずつランダムに練習を行わせた。本試行は条件ごとに10試行、計30試行を6-8 secの試行間隔でランダムに行わせ、休憩をはさんでこれを2セット、計60試行を実施した。実験終了後、得られた反応時間データのうち、200-700 msec (EMG反応時間ではおよそ100-600 msecに相当) の範囲外のデータを尚早・遅延反応とみなし、分析の対象からはずした。なお、それらを補足するための追加試行は行わなかった。また、キ

ャッチ試行については、先行時間 (foreperiod) をランダムに設定したことおよび3つの刺激呈示条件をランダムに呈示したことから、特に挿入しなかった。

3) 内省報告の聴取および感覚閾値再測定

単純反応課題終了後、内省報告を聴取し、課題中にDouble条件による刺激呈示に気づいたかどうかを調べた。また、実験中の自覚的な知覚感度の変化については、課題終了後、感覚閾値の測定を再度実施し、課題前後の感覚閾値の差を対応のある t -検定により比較した。その結果、有意差は認められなかった ($p > .05$)。

結 果

全被験者の刺激呈示条件別の反応時間を Fig. 1 に示した。Double条件の反応時間は後続刺激からの反応時間のみを示した。反応時間の条件間パターンはすべての被験者に共通しており、Weak条件の反応時間が最も長く、ついで

Fig. 1 Mean reaction times in msec for the Weak, Double, and Strong stimulation conditions for each subject. The reaction times for the Double condition were measured as the duration from the onset of the second stimulus. All subjects showed similar patterns of reaction times for the three conditions. The reaction times for the Weak condition were the longest among the three stimulation conditions, while the reaction times for the Double condition were the shortest.

Strong, Double の順で反応時間が短くなった。各被験者の反応時間は、尚早・遅延反応の試行を除いた平均値である。これらの被験者のうち、尚早反応が生じた被験者は H.A. と N.K. の 2 名で、被験者 H.A. には、各条件 20 試行中、Double 条件で 1 試行、Strong 条件で 3 試行の尚早反応がみられ、被験者 N.K. には、Weak, Double, Strong の各条件それぞれに 3, 4, 4 試行の尚早反応が認められた。この 2 名には遅延反応はまったくみられなかった。これらの結果から、被験者 H.A. と N.K. はいずれも試行全般に尚早反応傾向が反映されていた可能性が考えられ、以後の統計分析の対象から除外した。他の被験者については、遅延反応が K.Ki. に 2 試行、T.H. に 1 試行、K.N. に 4 試行認められたが、これらはいずれも Weak 条件下で生じており、Weak 条件下の刺激がきわめて弱かったことがその原因と考えられた。したがって、これら 3 名の遅延反応は全般的な反応傾向を反映しているとは考えられず、そのまま分析対象として採用した。

被験者 H.A. と N.K. を除く 7 名について、尚早・遅延反応を除外したうえで各刺激呈示条件における平均反応時間を求めた (Fig. 2)。Weak および Strong 条件下の平均反応時間は、それぞれ 418 msec (SD=69.0), 338 msec (SD=41.9) であった。Double 条件下の平均反応時間については、先行刺激から測った反応時間が 350 msec (SD=39.6)、後続刺激からの反応時間は 310 msec (SD=39.6) であった。これら反応時間の有意差検定を対応のある t -検定により行ったところ、先行刺激からの反応時間の比較として Double と Weak 間 ($t=4.310, p<.005$)、後続刺激からの反応時間の比較として Double と Strong 間 ($t=7.254, p<.0005$)、および Strong と Weak 間 ($t=5.661, p<.002$) のそれぞれに有意差が認められた。

実験終了後に実施した内省報告聴取では、被験者全員が、弱刺激あるいは強刺激のどちらかの刺激しか感じなかったと報告した。つまり、Double 条件下においては後続刺激のみが呈示されたと感じており、先行刺激の存在には気づいてい

Fig. 2 Mean reaction times in msec for the Weak, Double, and Strong stimulation conditions. Open squares (□) indicate the reaction times measured from the onset of the weak stimulus (the first stimulus for the Double condition) and filled squares (■) indicate the reaction times from the onset of the strong stimulus (the second stimulus for the Double condition). Vertical bars attached to each square symbol indicate standard errors of mean.

かったことが確認された。

考 察

先行刺激から測定した Double 条件の反応時間 (350 msec) は、先行刺激を単独で呈示した Weak 条件の反応時間 (418 msec) よりも有意に短く、また後続刺激から測定した Double 条件の反応時間 (310 msec) は、後続刺激単独呈示である Strong 条件 (338 msec) よりも有意に短いことが明らかとなった。したがって、Double 条件下の反応時間は、単に先行刺激あるいは後続刺激のどちらか一方に反応した結果生じたものではなく、先行—後続刺激の相乗効果として生じたものといえる。他方、Double 条件下の知覚体験については、知覚体験を生じさせないような刺激強度をあらかじめ設定しており、内省報告でも Double 条件と Strong 条件の判別ができなかったことが確認されたことから、知覚体験は生じていなかったものと考えられる。したがって、現象的にみれば、知覚体験が生じなかった先行刺激が後続

刺激の知覚過程あるいは運動準備過程に影響を及ぼし、その結果、Double 条件下の反応時間が短縮したものと推察される。

これらの結果は、視覚 (Fehrer & Biederman, 1962; Fehrer & Raab, 1962; Neumann & Klotz, 1994; Taylor & McCloskey, 1990, 1996) および体性感覚 (MacIntyre & McComas, 1996) に関する先行研究の知見と基本的には一致しており、少なくとも視覚と体性感覚に共通する現象であると考えられる。さらに、先行研究 (MacIntyre & McComas, 1996; Neumann & Klotz, 1994; Taylor & McCloskey, 1990, 1996) の多くで選択反応課題が用いられていたが、この現象が選択反応課題にしか含まれない刺激弁別や反応選択の情報処理過程に依拠するものではなく、それらを含まない単純反応課題でも生起することが示唆された。

以下の考察では、本実験結果が示した一見逆説的な現象、すなわち、知覚体験を伴わなかった先行刺激が後続刺激の知覚過程あるいは運動準備過程に影響を及ぼすという現象について、初めに先行刺激の検出と知覚体験を論じ、次いで、先行刺激による知覚過程の促進および運動準備過程への影響にそれぞれ言及する。最後に、この現象に関わる情報処理様式を並列ないしはカスケード処理の観点から考察する。

1. 先行刺激の検出と知覚体験

先行刺激そのものの検出に関しては、先行刺激を単独で呈示した Weak 条件の反応が Strong 条件に比べて 80 msec 遅かったことからみて、その刺激検出は相対的に困難だったものと思われる。一般に、単純反応時間は、刺激強度が高くなるとそのべき乗に比例して短くなるというべき法則 (power law/Pieron law, Luce, 1986, 参照) に従うとされている。このべき法則は、視覚、聴覚、皮膚感覚いずれの感覚様相においても成り立つことが裏付けられている (Raab et al., 1961; Ulrich et al., 1998)。例えば、Burbeck ら (Burbeck & Luce, 1982; Burbeck, 1985) の聴覚刺激を用いた研究では、閾値付近の弱い刺激強度に対して平均 500–1000 msec にも及ぶ遅い単純反応時間が報

告されている。これらの知見を考慮すると、本研究の Weak 条件下の平均反応時間が 418 msec と、単純反応時間としてかなり遅かったのは、刺激強度が感覚閾値のわずか 1.2–1.5 倍と弱かったため、その検出あるいは知覚体験に至るまでにある程度長い時間を要したからであると解釈できる。

このように、先行刺激はそれ自体、比較的知覚が困難だったものと考えられるが、その先行刺激が強刺激の前に呈示された Double 条件下では知覚体験がほとんど生じていなかったと推察された。しかし、知覚体験が生じなかったことは、必ずしもその刺激が検出されていなかったことを意味するものではない。例えば、Cheesman and Merikle (1986) は、ストループ効果を利用したプライミング研究の中で、刺激内容が主観的には判断できない場合でも、強制選択法により強制的に判断結果を答えさせると、その正答率が 90% にも及ぶ場合があることを報告している。また、Libet et al. (1967) は、体性感覚誘発電位 (SEP) を用いた感覚閾値に関する研究で、知覚体験をまったく伴わない感覚閾値以下の刺激でも、その入力信号が大腦皮質に到達することを示している。彼らは、感覚閾値の 60–85% という知覚できない弱刺激を単一呈示し、そのときの脳波を 500 回加算して SEP をもとめ、その SEP に約 25 msec の潜時をもつ電位成分がわずかに生じていることをみいだした。この短潜時 SEP 成分は、感覚閾値の 2 倍という明確な知覚体験を伴う刺激に顕著にみられた皮質到達電位に相当していることから、弱刺激がたとえ知覚体験を伴わないとしても、その感覚入力は確かに大腦皮質に到達していると推察された。さらに、Libet et al. (1967) は、感覚閾値の 60–75% の弱刺激は単一呈示の場合にはまったく知覚できないものの、20–60 Hz で短時間連続呈示すると知覚できるようになることを報告し、約 25 msec の潜時をもつ SEP 成分がサブリミナルな知覚に関与していると結論づけている。これらの知見は、知覚体験を伴わない刺激でも脳の活動を賦活し、無自覚的に検出され得ることを示唆するものといえよう。

Double 条件下において先行刺激に対する知覚体験が生じなかったのは、おそらく、刺激が検出された後、知覚体験が生じる前に後続刺激が呈示され、それによって知覚体験の処理が中断してしまったためと考えられる。知覚心理学においては、一般に、閾値付近の刺激の弁別や知覚体験は検出過程の後の情報処理段階で生じると考えられている（例えば、Ejima & Ohtani, 1989）。また神経生理学的な立場からは、刺激呈示による感覚入力から知覚体験が意識に上るまでにはある程度の時間がかかることが示唆されている。Libet et al. (1992) は、皮膚および皮質体性感覚野への刺激を組み合わせた知覚実験から、感覚閾値付近の皮膚刺激に対して知覚体験が生じるまでには最長で500 msec 程度の時間がかかると主張しており、Gomes (1998) は少なくとも230 msec の時間がかかると推察している。

本研究では、Double 条件下における先行刺激の検出と知覚体験の関係を詳細に論議することは困難と思われるが、感覚入力信号が中枢に達するまでの時間が比較的短い（約25 msec, Libet et al., 1967）ことを考慮すると、先行刺激の感覚入力には中枢に到達し感覚信号として検出されていたものと考えられる。また、刺激の入力から知覚体験に至るまでには相対的に長い時間がかかる（約230 msec, Gomes, 1998）ことを考えると、Double 条件下では先行—後続刺激の呈示間隔が40 msec であったことから、先行刺激の知覚体験処理が完了する前に後続刺激が呈示された可能性がきわめて高い。これらを仮定すれば、先行刺激の知覚過程が後続刺激によって中断されたために知覚体験が生じなかった、と解釈することが可能であろう。

2. 先行刺激による知覚過程の促進

本実験では、Double 条件下の反応時間が Strong 条件の反応時間よりも有意に短かったという結果が示された。おそらく、先行刺激が知覚体験を生じないままに後続刺激の知覚過程を促進させたものと考えられるが、その促進効果については、少なくとも、知覚の2過程説、感覚入力

の時間加重、直接プライミング、の3点に言及することが可能と思われる。

単純反応課題における感覚・知覚情報処理が特性の異なる2つの過程からなるという2過程説は、多くの研究者（Breitmeyer & Ganz, 1976; Burbeck, 1985; Burbeck & Luce, 1982; Ejima & Ohtani, 1989）によって提唱されてきた。この概念モデルは、研究者によって詳細は異なるものの、基本的には神経生理学領域でよく知られている視覚、聴覚、皮膚感覚それぞれにおける持続型（sustained/slowly adapting）および過渡型（transient/rapidly adapting）の感覚神経細胞の存在に依拠している（Burbeck, 1985; Johansson & Vallbo, 1979; Sherrick & Cholewiak, 1986）。持続型細胞は比較的長い開始潜時を示し、刺激が呈示されている限り反応を維持する。過渡型細胞は刺激のオンあるいはオフのみに短潜時で反応すると考えられている。2過程説では、単純反応時間がこのような2種類の感覚細胞集団の活動を反映していると仮定しており、例えば、Burbeck (1985) は、持続型細胞に対応する level detector と過渡型細胞に対応する change detector を想定し、両者の競争モデルによって刺激検出過程の説明を試みている。また、これら持続型および過渡型細胞による反応は、刺激の強度特性にも対応していると考えられている（Breitmeyer & Ganz, 1976; Johansson & Vallbo, 1979）。弱刺激に対しては過渡型反応はきわめて弱く、持続型細胞が反応を維持する。他方、強刺激に対しては過渡型の細胞の反応がきわめて強くなる。感覚系にはこのような2種類の細胞の反応をまとめて集積（pool）する情報処理機構が存在し、その集積が閾値を越えると刺激が検出されることになる。その後、さらに高次知覚過程（刺激の同定、同時性判断など）および運動準備過程が賦活されることになる（Ejima & Ohtani, 1989）。

知覚の2過程説に基づいて本研究の実験結果を解釈すると、先行刺激はきわめて弱い刺激だったことから過渡型反応よりもむしろ持続型反応が主として生じ、そのため一定レベルまでの集積には相対的に長い時間がかかり、結果として、先行

刺激を単独呈示した Weak 条件では反応時間が長くなったものと考えられる。後続刺激の強度は大きかったので過渡型の反応が強く生じ、後続刺激を単独で呈示した Strong 条件下ではより短い反応時間となったものと思われる。では逆向マスクング・パラダイムの Double 条件の場合はどうかというと、先行刺激による持続型の反応が既にある程度集積したところに後続刺激による過渡型の強い反応が積み重なったために、Strong 条件の場合よりも短時間で反応集積が閾値に達し、その結果、後続刺激の知覚処理がすばやく行われ反応時間がより短くなったものと考えられる。また、先行刺激の知覚体験が生じなかったのは、先行刺激による持続型反応が後続刺激の過渡型反応によって抑制あるいは中断されたからである（チャンネル間抑制, Breitmeyer & Ganz, 1976）と説明できる。

第2の可能性は時間加重説で、これは2過程説をより単純化したものである。個々の感覚入力に閾値より小さくても、ある一定時間内に受容野神経細胞群へ繰り返し与えられるとその入力が集積（加重）され、集積量が閾値に達すると検出や後の段階の知覚過程が始まる、という考え方である。この時間加重の概念は Bloch の法則（和気、長谷川, 1994, 参照）としても古くから知られており、Saunders (1975) の実験データによれば、刺激呈示持続時間が80 msec 以下の場合、検出感度はその持続時間に比例し、それ以上の呈示時間になると感度はあまり変化しなくなる。本研究の Double 条件下では、先行刺激の呈示時間こそ0.2 msec ときわめて短かったものの、先行刺激の40 msec 後に後続刺激が呈示されたことから、受容野細胞への時間加重は少なからず生じていたはずである。したがって、Double 条件下の方が後続刺激のみの Strong 条件よりも相対的に感覚入力が多く集積していたものと考えられ、その結果、後続刺激の検出やその後の知覚処理がより短時間で遂行され反応時間が短くなったものと推察される。

第3の可能性として、本実験の結果を直接プライミング現象のひとつとして考えることも可能

かもしれない。すなわち、先行刺激が後続刺激のプライムとなって後続刺激の知覚処理を促進させ、反応時間が短縮したという説明である。プライミング研究では、プライム刺激を瞬間呈示し被験者が刺激を知覚できないようにした場合でも顕著なプライミング効果がみられること (Marcel, 1983; McCauley et al., 1980) が報告されており、本研究の結果を直接プライミング効果のひとつとして捉えることも可能と思われる。しかし、直接プライミングのメカニズムについては未だ確立した見解がなく (太田, 1991)、本研究結果を直接プライミング効果の点から整合的に説明するのは、現時点では困難と思われる。

3. 先行刺激による運動準備過程への影響

前節における3つの解釈はいずれも、先行刺激が後続刺激の知覚過程を活性化させるとする点で共通しているが、もうひとつの解釈として、先行刺激が知覚過程と並列的に運動準備過程を直接活性化させた、という可能性も考えられる。例えば、平松ら (1985) は事象関連電位の P300 と反応時間に関する研究で、刺激の認知・評価・判断の処理を行う cognitive process、および反応選択・運動反応の組織化や実行を遂行する behavior process を仮定し、これらの2つの処理過程が刺激の入力以降、並列的に活性化・遂行されるというモデルを提案している。この2つの処理過程は、さらに上位の organizing system によって相互の情報交換が効果的にコントロールされ则认为られている。このモデルでは、cognitive process の処理特性は P300 に、behavior process の処理は反応時間にそれぞれ反映されると仮定しており、P300 の cognitive process と反応時間の behavior process の時間関係は organizing system の働きによってさまざまに変化し得ることが示唆されている。これについては、Nishihira et al. (1999) が、刺激や環境の条件によっては運動反応としての筋収縮が P300 の出現以前に開始することを実験的に示している。これらの知見を考慮すると、知覚—運動反応の情報処理では、刺激の認知・評価・判断などに基づいて運動準備過程

が開始・遂行されるのではなく、むしろ知覚・認知過程と並列的に運動準備過程が遂行されるという可能性が十分に考えられる。平松らのモデルに基づけば、本研究の Double 条件の反応時間が Strong 条件の反応時間よりも短かったのは、先行刺激が知覚処理と同時に運動準備過程の処理をも活性化させ、その後に呈示された後続刺激の知覚処理と並行して運動準備過程が進行したためと推察することも可能であろう。

緒言で引用した Rossetti et al. (1995) の半側感覚麻痺患者の例、あるいは Weiskrantz ら (Weiskrantz, 1980; Weiskrantz et al., 1974) の blindsight の例も、刺激からの感覚入力を知覚過程を経ずに運動反応に直接貢献し得ることを示唆している。これらの例は、知覚過程が脳損傷のために遮断されているにもかかわらず刺激に対する運動反応が顕著に生じたことを示している。Rossetti (2000) は、これらの知見を根拠に、刺激と運動反応の直接結合あるいは知覚と行為の分離を主張し、さらにその背景にある神経メカニズムについても、以下のような神経経路に基づく可能性を示唆している。すなわち、網膜あるいは皮膚感覚受容器からの感覚入力の処理経路に関しては、一次視覚野、一次体性感覚野を経て高次連合野に至る神経経路とともに、上丘・視床から一次感覚野をバイパスする神経経路の存在が知られており、Rossetti は、一次感覚野を経由する経路が知覚体験に至る処理を反映し、他方のバイパス経路は知覚体験を伴わずに運動反応に結びつく処理過程を反映する、という概念モデルを提示している。このように、少なくとも神経経路として複数の感覚・認知処理系が存在していることを考慮すると、Rossetti の仮説モデルはひとつの興味深い考え方を示しているといえる。しかし、現時点では、それらの神経経路と知覚体験の有無との対応関係については明確な証拠は得られていない。

以上の幾つかの知見から、運動準備過程が知覚体験に基づかずに活性化され得ることがひとつの可能性として示されたわけであるが、その場合、運動準備過程は少なくとも無自覚的に開始されることになる。運動準備過程が無自覚的に開始され

るということについては、最近の運動準備電位 (readiness potential, RP) に関する研究が興味深い知見を報告している。RP は運動関連脳電位のうち最初に出現する陰性電位で、筋出力に 800–1500 msec 先行して始まり小脳や大脳基底核、視床など広範な脳部位を発生源としている。これらのことから、RP は運動命令そのものではなく運動の準備過程をひろく反映する電位であると考えられている (Deecke et al., 1976; 西平, 1991)。一般に、RP を含む運動関連脳電位の研究では意図的に開始・遂行される随意動作が用いられてきた。これに対して Keller and Heckhausen (1990) は、計数課題に伴って無意識的に生じた指折り動作の RP をとりあげ、そのような無意識的な指折り動作であっても、通常の意図的運動とほぼ同じ潜時で RP が生じることを示した。この結果は、RP が行為者の運動意図の有無に関わらず純粋に運動準備過程そのものを反映していることを示唆している。さらに、RP の立ち上がりは潜時 800–1500 msec と実際の筋活動よりかなり早い時点から出現することを考慮すると、ほとんどの場合、運動準備過程は行為者の運動意図の意識化に先行して始まるものと考えられる (Gomes, 1998)。この点からみても、運動準備過程は運動しようとする意図の意識化や刺激の知覚体験に基づいて始まるのではなく、それ以前に既に無自覚的に開始されているものと推察される。

本研究においては、既に述べてきたように、Double 条件下で呈示された先行刺激は、知覚体験を伴わずにその後の情報処理に影響を及ぼしたものと推察された。この先行刺激の情報処理が無自覚下で遂行されたことと、運動準備過程が無自覚的に開始するという Keller and Heckhausen (1990) や Gomes (1998) の知見は、ともに無自覚下で進行する情報処理という点で共通している。この無自覚下の情報処理は、少なくとも、先行刺激からの感覚入力運動準備過程を直接活性化させた可能性を説明するひとつの糸口を提供してくれるものと思われる。

4. 逆向マス킹・パラダイム下の情報処理様式—カスケード処理

逆向マス킹・パラダイムにおける情報処理は、部分的な並列処理ないしはカスケード型の処理（松岡，1997；松岡ほか，1993；McClelland，1979）によって遂行されているものと思われる。カスケード処理とは、ある処理がそれ自体の完了前に次の処理段階を誘発し、それが次々にそれ以降の処理を引き起こしていくという処理様式である。したがって、カスケード処理は、部分的にみれば並列処理様式を維持しつつ全体としては直列的な処理が進行する処理様式といえる。既に述べてきたように、Double 条件下の先行刺激は、それが知覚体験に至る前に後続刺激の知覚過程を促進し、他方で運動準備過程をも直接活性化させた可能性が考えられる。したがって、各情報処理過程が完了する前にその後の処理を次々に引き起こした可能性が高く、カスケード型の処理様式が進行したものと推察される。

従来から、反応時間の情報処理は、Donders (1969) の減算法あるいは Sternberg (1969) の加算法に典型的にみられるように、基本的には直列処理モデルを仮定してきた。最近の教科書 (Schmidt & Lee, 1999) でも、刺激の同定、反応の選択、反応のプログラミングといった一連の処理段階からなる直列処理モデルが基本概念となっている。しかし、例えば Sternberg (1969) のモデルでは、刺激変換と反応形成が同一処理ステージ内で進行すると考えられているなど、必ずしも純粋な直列モデルだけが想定されてきたわけではない (積山，1994)。最近の知覚運動制御モデルでは、行動的側面や事象関連電位などの観点から、知覚と運動反応に関わるそれぞれの処理段階が並列的に実行されるという並列処理モデル (平松ほか，1985；Rossetti, 2000)、あるいは各処理段階が重複しながら順次引き継がれていくというカスケードモデル (松岡，1997；McClelland, 1979) が強調されるようになってきている。

これらの最近の考え方を考慮すると、本研究結果は、伝統的な直列処理よりもカスケード型の情報処理モデルの方がよりの確に知覚と運動の情報

処理を説明し得ることを示唆しているといえる。今後は、さらに知覚と運動反応の背景にあるメカニズムの理解をより深めるために、刺激の検出過程、知覚体験を生じさせる認知過程、および運動反応の準備過程の時間的・機能的関連性をより詳細に検討していく必要があるものと思われる。

要 約

本研究では、逆向マス킹・パラダイムを用いた単純反応課題により、知覚体験を伴わない体性感覚刺激の反応時間に及ぼす影響を検討した。これまで、逆向マス킹・パラダイムによる知覚と運動反応に関する研究の多くは視覚に関するもので、体性感覚については選択反応課題を用いた MacIntyre and McComas (1996) の研究が唯一報告されているのみである。本研究では、MacIntyre and McComas の実験の問題点を考慮し、選択反応課題に含まれる刺激弁別や反応選択に関わる情報処理要因を除外するために単純反応課題を採用した。本研究で用いた逆向マス킹・パラダイムは、先行刺激（感覚閾値の1.2-1.5倍強度）と後続刺激（4-5倍強度）を40 msecの間隔で呈示するという条件（Double 条件）とし、比較のため、先行刺激単独呈示（Weak 条件）、後続刺激単独呈示（Strong 条件）を加えて反応時間を検討した。なお、被験者には、強弱2種類の刺激が呈示されること、およびいずれの刺激に対してもできるだけすばやくマウスのクリック動作を行うことのみを教示し、Double 条件での刺激呈示については何も教示しなかった。

実験の結果、Double 条件の反応時間は後続刺激単独呈示の Strong 条件よりも有意に短く、そのときの被験者の知覚体験は後続刺激に対してのみ生じ、先行刺激には生じていなかった。したがって、知覚体験を伴わなかった先行刺激がその後呈示された後続刺激の知覚過程や運動準備過程に影響を及ぼし、その結果、反応時間が短くなったものと考えられた。これらの結果から、刺激-反応の情報処理では、必ずしも刺激の知覚体験に基づいてその後の情報処理が遂行されるのではなく、むしろ無自覚的な感覚入力知覚・運動準備

過程の促進・活性化に少なからず貢献することが推察された。これに関して、刺激の検出と知覚体験、無自覚的刺激による知覚過程の促進と運動準備過程への影響、および並列・カスケード型情報処理モデルの諸点から考察を加えた。

付記

本論文は、筆頭著者の修士論文の一部を第2著者が中心となって新たな観点からまとめ直したものである。また、本研究の一部は、日本スポーツ心理学会第25回記念大会（大津）で発表した。

本研究の遂行にあたり、一部、平成11年度文部省科学研究費補助金基盤研究C（課題番号11680045、研究代表者今中国泰）の補助を受けた。記して感謝の意を表す。

文 献

- Abramsky, O., Carmon, A., and Benton, A. L. (1971) Masking of and by tactile pressure stimuli. *Perception and Psychophysics* 10: 353-355.
- Breitmeyer, B. G. and Ganz, L. (1976) Implications of sustained and transient channels for theories of visual pattern masking, saccadic suppression, and information processing. *Psychological Review* 83: 1-36.
- Burbeck, S. L. (1985) A physiologically motivated model for change detection in audition. *Journal of Mathematical Psychology* 29: 106-121.
- Burbeck, S. L. and Luce, R. D. (1982) Evidence from auditory simple reaction times for both change and level detectors. *Perception and Psychophysics* 32(2): 117-133.
- Cheesman, J. and Merikle, P. M. (1986) Distinguishing conscious from unconscious perceptual processes. *Canadian Journal of Psychology* 40: 343-367.
- Craig, J. C. and Evans, P. M. (1995) Tactile selective attention and temporal masking. *Perception and Psychophysics* 57: 511-518.
- Deecke, L., Grözing, B., and Kornhuber, H. H. (1976) Voluntary finger movement in man: Cerebral potentials and theory. *Biological Cybernetics* 23: 99-119.
- Donders, F. C. (1969) On the speed of mental processes. In W. G. Koster (Ed. and Trans.), *Attention and performance II*. *Acta Psychologica* 30: 412-431.
- Ejima, Y. and Ohtani, Y. (1989) Analysis of simple reaction time to a sinusoidal grating by means of a linear filter model of the detection process. *Perception and Psychophysics* 46: 119-126.
- Eriksen, C. W. and Collins, J. F. (1965) Reinterpretation of one form of backward and forward masking in visual perception. *Journal of Experimental Psychology* 70: 343-351.
- Fehrer, E. and Biederman, I. (1962) A comparison of reaction time and verbal report in the detection of masked stimuli. *Journal of Experimental Psychology* 64: 126-130.
- Fehrer, E. and Raab, D. (1962) Reaction time to stimuli masked by metacontrast. *Journal of Experimental Psychology* 63: 143-147.
- Gomes, G. (1998) The timing of conscious experience: A critical review and reinterpretation of Libet's research. *Consciousness and Cognition* 7: 559-595.
- Harrison, K. and Fox, R. (1966) Replication of reaction time to stimuli masked by metacontrast. *Journal of Experimental Psychology* 71: 162-163.
- 平松謙一・秋本優・丹羽真一・亀山知道・斎藤治・福田正人・山崎清之 (1985) 選択反応課題における分裂病患者の反応時間と P300 潜時. *精神医学* 27: 1055-1063.
- Johansson, R. S. and Vallbo, Å. B. (1979) Detection of tactile stimuli: Thresholds of afferent units related to psychophysical thresholds in the human hand. *Journal of Physiology* 297: 405-422.
- Keller, I. and Heckhausen, H. (1990) Readiness potentials preceding spontaneous motor acts: Voluntary vs. involuntary control. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology* 76: 351-361.
- Kirman, J. H. (1984) Forward and backward tactile recognition masking. *Journal of General Psychology* 111: 83-99.
- Laskin, S. E. and Spencer, W. A. (1979) Cutaneous masking. I. Psychophysical observations on interactions of multipoint stimuli in man. *Journal of Physiology* 42: 1048-1060.
- Libet, B., Alberts, W. W., Wright, J., E. W., and Feinstein, B. (1967) Responses of human somatosensory cortex to stimuli below threshold for conscious sensation. *Science* 158: 1597-1600.
- Libet, B., Wright, E. W., Feinstein, B., and Pearl, D. K. (1992) Retroactive enhancement of a skin sensation by a delayed cortical stimulus in man: Evidence for delay of a conscious sensory experience. *Consciousness and Cognition* 1: 367-375.

- Luce, R. D. (1986) Response times: Their role in inferring elementary mental organization. New York: Oxford University Press.
- MacIntyre, N. J. and McComas, A. J. (1996) Non-conscious choice in cutaneous backward masking. *NeuroReport* 7: 1513-1516.
- Marcel, A. J. (1983) Conscious and unconscious perception: Experiments on visual masking and word recognition. *Cognitive Psychology* 15: 197-237.
- 松岡洋夫 (1997) 刺激弁別と事象関連電位. 丹羽真一・鶴紀子編著 事象関連電位: 事象関連電位と神経情報科学の発展. 新興医学出版: 東京, pp. 51-64.
- 松岡洋夫・斎藤秀光・上埜高志・佐藤光源 (1993) パターン認知および記憶探索に関係する視覚性事象関連電位. *臨床脳波* 35: 450-455.
- McCauley, C., Parmelee, C. M., and Sperber, R. D. (1980) Early extraction of meaning from pictures and its relation to conscious identification. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance* 6: 265-276.
- McClelland, J. L. (1979) On the time relations of mental processes: An examination of systems of processes in cascade. *Psychological Reviews* 86: 287-330.
- Neumann, O. and Klotz, W. (1994) Motor responses to nonreportable, masked stimuli: Where is the limit of direct parameter specification? In C. Umiltà and M. Moscovitch (Eds.), *Attention and performance XV: Conscious and nonconscious information processing* (pp. 123-150). Cambridge, MA: MIT Press.
- 西平賀昭 (1991) 運動準備電位. *J. J. Sports Science* 10(8): 540-545.
- Nishihira, Y., Ohno, T., Hatta, A., Fumoto, M., Kaneda, T., Tokitou, S., Imanaka, K., and Funase, K. (1999) P300 before and after transient hard exercise. *Advances in Exercise and Sports Physiology* 5: 49-54.
- 太田信夫 (1991) 直接プライミング. *心理学研究* 62(2): 119-135.
- Raab, D., Fehrer, E., and Hershenson, M. (1961) Visual reaction time and the Broca-Sulzer phenomenon. *Journal of Experimental Psychology* 61: 193-199.
- Rossetti, Y. (2000) Implicit perception in action: Short-lived motor representations of space. In P. G. Grossenbacher (Ed.), *Finding consciousness in the brain: A neurocognitive approach*. John Benjamins Publishing Company.
- Rossetti, Y., Rode, G., and Boisson, D. (1995) Implicit processing of somesthetic information: A dissociation between where and how? *NeuroReport* 6: 506-510.
- Saunders, R. McD. (1975) The critical duration of temporal summation in the human central fovea. *Vision Research* 15: 699-703.
- Schiller, P. H. and Smith, M. C. (1966) Detection in metacontrast. *Journal of Experimental Psychology* 71: 32-39.
- Schmid, E. (1961) Temporal aspects of cutaneous interaction with two-point electrical stimulation. *Journal of Experimental Psychology* 61: 400-409.
- Schmidt, R. A. and Lee, T. D. (1999) *Motor control and learning: A behavioral emphasis*. (3 ed.). Champaign, Illinois: Human Kinetic Publishers.
- 積山 薫 (1994) 反応時間. 大山正・今井省吾・和気典二編 新編感覚・知覚心理学ハンドブック. 誠信書房: 東京, pp. 185-193.
- Sherrick, C. E. and Cholewiak, R. W. (1986) Cutaneous sensitivity. In K. R. Boff, L. Kaufman, and J. P. Thomas (Eds.), *Handbook of perception and human performance*: Vol. 1. Sensory processes and perception (Chapter 12). New York: John Wiley and Sons.
- Sternberg, S. (1969) The discovery of processing stages: Extensions of Donders' method. In W. G. Koster (Ed.), *Attention and performance II*. *Acta Psychologica* 30: 276-315.
- Taylor, J. L. and McCloskey, D. I. (1990) Triggering of preprogrammed movements as reactions to masked stimuli. *Journal of Neurophysiology* 63: 439-446.
- Taylor, J. L. and McCloskey, D. I. (1996) Selection of motor responses in the basis of unperceived stimuli. *Experimental Brain Research* 110: 62-66.
- Thompson, J. H. (1966) What happens to the stimulus in backward masking? *Journal of Experimental Psychology* 71: 580-586.
- Ulrich, R., Rinkernauer, G., and Miller, J. (1998) Effects of stimulus duration and intensity on simple reaction time and response force. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance* 24: 915-928.
- 和気典二・長谷川敬 (1994) 視感覚の時間的側面. 大山正・今井省吾・和気典二編 新編感覚・知覚心理学ハンドブック. 誠信書房: 東京, pp. 335-339.
- Weiskrantz, L. (1980) Varieties of residual experience. *Quarterly Journal of Experimental Psychology* 32: 365-386.
- Weiskrantz, L., Warrington, E. K., Sanders, M. D., and Marshall, J. (1974) Visual capacity in the hemianopic

field following a restricted occipital ablation. Brain
97: 709-728.

man Perception and Performance 2: 469-478.

White, C. W. (1976) Visual masking during pursuit eye
movements. Journal of Experimental Psychology: Hu-

(平成11年 6 月11日受付)
(平成11年11月27日受理)