フェイント刺激による誤反応の修正

——対側前腕屈筋への運動指令の切り換え時間について——

河 辺 章 子 (神戸大学教養部)

大 築 立 志 (奈良女子大学文学部)

(昭和56年7月21日 受付)

Correction of error reaction caused by feinting stimulus:
on the time necessary for switching of the motor command
between contralateral wrist flexors

Shoko Kawabe¹

Tatsuyuki Ohtsuki²

Abstract

The present study was designed to investigate the correction of error reaction which was caused by the mismatch between the subject's anticipation to a forthcoming stimulus and the stimulus actually presented. The reaction times (latency of EMG: ET, latency of force-change: MT1, and latency of movement initiation: MT2) and MT1 minus ET (CT) were measured by using regularly alternating serial light stimuli (right-left). At an unforeseen trial, the same lamp as an immediately preceding trial was turned on consecutively to belie the subject's anticipation for the stimulus appearance. The second of the two consecutive stimuli was termed "feinting stimulus." The time lag from the error EMG onset to the correct EMG onset was measured as the "switching time (ST)".

The results obtained are as follows:

- 1) The reaction times for the regularly alternating stimuli shortened in comparison with simple reaction times, indicating the anticipation for the stimulus presentation was established within the subject's mind.
- 2) The error reaction appeared in 22.8% of all trials with the feinting stimuli. Correct reaction for the feinting stimulus was delayed accordingly as the intensity of error reaction increased.
- 3) The switching time increased according to the intensity of error reaction. When error reaction was so weak that only EMG appeared, switching time was about 100 ms. For the intense error reaction, it reached 200 ms or more.
- 4) The switching time was divided into two phases: one was the duration of the error EMG (P1) and the other was the silent period between error EMG vanishment and correct EMG

1 Kobe University, 1-2-1, Tsurukabuto, Nada-Ku, Kobe City 657

2 Nara Women's University, Kitauoya-nishimachi, Nara City 630

appearance (P2).

- 5) P1 clearly increased in proportion to the intensity of error reaction. However, P2 ranged between 40 and 120 ms, showed no clear relation to the intensity of error reaction.
- 6) Even when no error reaction appeared for the feinting stimulus, the reaction times were also lengthened as compared with the reaction for the stimulus immediately before the feinting stimulus.

From these results, it can be concluded that when the error reaction was induced by false anticipation for the forthcoming stimulus, at least 100 to 200 ms is necessary for correcting the error command when the error appears as the external phenomenon and at least 50 ms is necessary even when the error does not appear as external phenomenon.

(Shoko Kawabe and Tatsuyuki Ohtsuki, "Correction of error reaction caused by feinting stimulus: on the time necessary for switching of the motor command between contralateral wrist flexors", *Jap. J. Phys. Educ.*, 27—3: 217—27, December, 1982)

緒 言

通例、人が外界の状況変化という刺激に対して反応しようとする時、刺激と同時に反応動作を起こすことは出来ず、必ず刺激より遅れて反応が生起する。この遅れがいわゆる「反応時間」である。しかし、刺激の性質が何らかの理由で予めわかっている場合はこの限りではない。例えば、バレーボールのブロックにおいて、相手アタッカーがジャンプした(刺激)のを見てジャンプした(反応)のでは反応時間の分だけ相手に遅れてしまうので、ブロックは絶対に成功しないであろう。

この様に、相手プレーヤーの動きを「読んで」、それに「タイミング」を合わせることは、スポーツにおける基本的に重要な技術の一つである。そのような時、プレーヤーは次に起こる状況を予測し、その予測に基いて行動しているものであり、適確な予測は大きな利益を生む。

しかしながらその反面、予測がはずれた場合に、非常に不利な状況に陥ることもまたしばしば経験することである。例えば、いわゆるフェイント技術は、相手プレーヤーに自分の動作を予測させ、それを裏切ることによって相手を不利な状況に追い込む技術としてよく知られている。フェイントにかかったプレーヤーから見れば、突然予測を裏切られるために、現在行なっている動作は全く見当はずれとなってしまう。この不利益を最小限にとどめるためには、できるだけ速やかに現行

の動作を新しい動作に修正しなければならない。このような動作の修正にはどの位の時間がかかるのであろうか。

本研究は、この「フェイント」に着目し、被検者に予測を生じさせるような刺激を与えながら途中でその予測を裏切ることによって誤反応を起こさせ、その修正に要する時間について、特に動作の切り換えという観点から考察を行なうことを目的とするものである。

方 法

1 装置

図1に反応装置を示す。板A (180×120mm)と板B (260×120mm)をパネつき蝶番で継ぎ、板Bを机上に固定した。板Aは力を加えない限り、水平位に保たれ、力が加わると下方に回転する。この板Aの回転軸にポテンシオメーターを取り付けて回転角度を測定し、板Aの裏にストレインゲージを貼付して板Aに加わる力を測定した。板Bの側面に固定した板Cに図1のように銅板を貼付し、板Aの横に取りつけたスイッチがこの銅板と接触すると、被検者の正面の赤色ランプが点灯し、反応動作の完了を被検者に示した。反応動作の大きさは板Aの回転角度が45°以上とした。

刺激装置として、被検者の顔前1mに置いたボードに左右80cm離して二つの緑色ランプ(直径9mm)を取り付け、これらのランプの点灯を刺激とした。なお、前述した正面ランプは左右の刺

Fig. 1 Measuring apparatus.

刺激ランプの中央に位置し、被検者の正中矢状面上に置いた。左右前腕の伸筋群及び屈筋群から表面電極（直径8mm）法により筋電図を導出した。記録はすべて日本光電社製ポリグラフ（RM-85型）により、ペーパー速度10cm/秒で行なった。

2 手続き

被検者の両肘を約90°に屈曲させ、左右それぞれの反応装置に手首関節が板Aの回転軸とほぼ一致するように前腕を回内位にして板Bに固定した。右側の刺激ランプが点灯したら、右側の板Aを右手掌で、左側のランプが点灯したら左の板Aを左手掌で、できるだけ速やかに、中央ランプが点灯するまで下方へ押すように指示した。刺激を待つ間はリラックスして板Aの上に掌をのせておくように注意した。

刺激呈示方法は次の通りである。左右のランプを交互に一定時間間隔（2秒, 1.5秒, 1秒, 0.5秒）をおいて点灯させた（例, 右左右左…）。一個のランプの点灯に対する反応を1試行とし、第4試行目から第10試行目までの予期できない試行目にその直前の試行と同じランプが点灯する試行を設けた。つまり、4試行目と10試行目の間のどこかの連続した2試行において、それまでと等しい時間間隔で、同じ方向のランプが点灯することになる。例えば、右左右左右右左右…という具合である。この二度目の同方向刺激（上例の＝）を「フェイント刺激」と呼ぶこととし、その他の規

則的に与える刺激を「連続交互刺激」とした。1セット内に2回のフェイント刺激を設け、フェイント刺激後は2試行以上の連続交互刺激を与えた。セット間に1分間の休憩をはさんで、各刺激呈示間隔につき8セット、計32セットを行なった。被検者には、刺激に対してできるだけ早く反応し、もしも反応を間違ったら直ちに修正するように指示した。

この連続刺激条件に加えて、単純及び選択反応条件を設けた。いずれも、右ランプの点灯に対しては右手で、左ランプの点灯に対しては左手で反応を行なう。刺激呈示間隔は3～15秒としてランダムに与え、22試行からなるセットを単純反応の場合は左右別に各1セットずつ、選択反応の場合は各試行において左右どちらか一方（順序はランダム）のランプを点灯させることとして1セット、計3セットを行なわせた。

3 被検者

健康な成人女子10名（平均年齢21.7歳）。全員書字は右ききであった。

4 記録処理

図2に記録の模式図を示した。反応時間として以下のような三つの時間相を測定した。

i) ET:

刺激呈示から屈筋の放電開始までの時間（即ち、筋放電開始時間）。

Fig. 2 Schematic representation of the records obtained from the present experiment.

ii) MT1:

刺激呈示から板Aに力が加わり始めるまでの時間。

iii) MT2:

刺激呈示から板Aの回転開始までの時間（即ち、動作開始時間）。

これらの反応時間に加えて、筋放電開始から板Aに力が加わり始めるまでの時間（ $MT1 - ET = CT$ ）³⁾を測定した。

また、図2右上に示したように、フェイント刺激に対して誤反応を生じた場合には、次に示すような時間相を測定した。

i) 誤反応の筋放電潜時（図2, EL）:

刺激呈示から誤反応の筋放電開始までの時間。

ii) 誤反応の筋放電消失時間（図2, VT）:

刺激呈示から誤反応筋放電の消失までの時間。

iii) 切り換え時間（図2, ST）:

誤反応の筋放電開始から修正反応の筋放電開始までの時間。

結 果

1 反応時間

本実験の結果得られた連続交互刺激による反応時間の1セット内変動の典型的な一例を図3に示

した。第1試行では、ET: 178, MT1: 208, MT2: 242 msと比較的大きな値を示したが、試行が進むにつれて減少し、第7試行ではET 81 msという非常に短い値を示している。第8試行にフェイント刺激（図3横軸上の矢印）、即ち、第7試行と同じ右側刺激を与えると、誤まって反対方向の左側に反応を起し、次いで右側に反応を修正している。再び交互刺激を与えると反応時間は再び減少してゆき、10試行目からほぼ一定の値になる。

CTはほとんど変化なく、常に約30msの一定値を示した。

この連続交互刺激による反応時間の代表値としてフェイント刺激直前の試行（例えば、図3における第7試行及び第15試行）の反応時間の平均値を求めた。表1にその数値及び単純、選択反応時間の平均値を示す。そのうちETについてのみ刺激条件別にプロットしたものが図4である。刺激呈示間隔0.5秒を除く連続交互反応はいずれも単純及び選択反応よりも小さく、また、連続交互反応内でも刺激呈示間隔が短縮する程、ETも減少する傾向が見られた。これらの平均値について、刺激条件、反応方向、被検者を因子としてF検定を行なった結果、刺激条件間に有意差が見られた（ET: $F(5, 45) = 25.68$, MT1: $F = 35.22$, MT2: $F = 28.77$, $P < 0.001$ ）。さらに、刺激呈

Fig. 3 A typical example of reaction times (ET, MT1, and MT2) and CT obtained from one experimental set. The arrows represent the trials in which the feinting stimulus was presented. (Subj. Y.N., set 6, stimulus interval 1 s)

Table 1 Mean $\pm$ S.D. values of reaction times (ET, MT1, and MT2) and CT for regularly alternating stimuli and for simple and choice reaction tasks.

			ET	MT1	MT2	CT
Serial	0.5''	R	191.4±90.4	248.3±92.1	256.2±92.9	38.9±16.7
		L	193.4±89.4	227.6±93.6	248.8±89.9	31.6±16.4
	1''	R	138.1±35.4	170.7±48.5	199.2±39.9	35.8±15.2
		L	151.0±42.0	175.8±41.6	201.5±43.5	25.1±10.9
	1.5''	R	145.0±30.2	178.1±31.0	205.8±32.0	33.1±11.8
		L	158.0±36.7	183.6±35.5	208.9±37.6	25.1±11.2
	2''	R	156.8±41.8	189.4±41.2	219.7±38.7	33.7±13.2
		L	167.9±48.9	195.1±52.8	224.3±48.1	26.0±11.9
	Over-all	R	158.2±59.4	189.0±57.1	220.4±61.1	34.8±14.0
		L	168.0±61.0	193.4±60.4	221.4±62.0	26.7±12.3
Simple	R	181.4±42.7	213.9±38.7	241.5±44.1	32.2± 9.4	
	L	191.7±41.5	218.2±41.2	245.6±40.6	25.6±10.6	
Choice	R	231.9±48.1	263.0±48.1	294.4±49.8	32.8± 8.9	
	L	234.2±35.0	258.0±35.9	288.5±37.0	25.1± 9.0	

mean $\pm$ S.D. (ms)

示間隔間の差を Sheffé 法により検定したところ、2 秒と 1 秒との間に有意差が見られた。

刺激呈示間隔 0.5 秒では、単純反応に近い値を示し、他の連続交互刺激による反応時間よりも遅延したが、これは本実験で用いた反応動作を完了して元の水平位に戻るまでに約 0.5 秒を要するため、ひとつの反応を終える前に次の刺激が与えら

れるという状況が発生し、反応が遅延したためと考えられる。

2 フェイント刺激に対する反応

図 3 に示したように、フェイント刺激に対して刺激とは反応方向への誤反応がしばしば現われた。その出現率は全フェイント刺激の 22.8% であ

Fig. 4 Mean $\pm$ S.D. values of ET for regularly alternating stimuli (Serial: stimulus intervals 0.5, 1, 1.5, and 2 sec) and for simple and choice reaction tasks.

り、刺激呈示間隔2秒では2秒の全フェイント刺激数の15.9%、1.5秒17.9%、1秒24.5%、0.5秒31.7%というように刺激間隔が短くなるほど誤反応の出現率が高く、しかも大きな誤反応が現われる傾向が見られた。

誤反応の大きさは、筋放電が現われただけで動作としては発生していないものから、完全な反応動作を行ってしまうものまで様々であった。この誤反応の強度を Ohtsuki and Ishiwari⁷⁾ にならって次のような4種に分類した。

- I: 対側屈筋にEMGのみが出現したもの
- II: 対側屈筋のEMG及び圧力変化が生じたもの
- III: 対側屈筋のEMGと圧力変化に加えて、20°未満の手首屈曲動作が生じたもの
- IV: 20°以上の手首屈曲動作が生じたもの

この分類に従って、フェイント刺激に対する正反応のETを示したのが図5である。横軸の誤反応強度0はフェイント刺激に対して誤反応を生じなかった場合を示している。また、比較のために、単純及び選択反応のETも共にプロットした。誤反応の強度がIからIVへと強くなるほど正反応は遅れ、例えば、IVでは右332.8 $\pm$ 124.4 ms、左360.6 $\pm$ 148.6 msと、刺激から300 ms以上も遅れてしまうことがわかる。Iのような、動作が発現しない場合でも、正反応を起こすのに200 ms以上の時間を要している。

Fig. 5 Mean $\pm$ S.D. values of ET for the feinting stimuli.

また、フェイント刺激に対して誤反応を起こさず正しく反応を行なった場合(強度0)でも、右214.9 $\pm$ 70.1 ms、左218.0 $\pm$ 67.9 msと単純反応よりも遅延している。

誤反応が生じた場合(強度I—IV)の正反応の遅れは、誤反応を正反応に切り換えるという作業が要求されるために生じるものと考えられる。そこで、次にこの点に着目し、「切り換え時間」について検討を加えることとした。

3 切り換え時間

図6は誤反応の強度別に、すべての切り換え時

Fig. 6 Switching time. Open circles represent switching from right to left. Filled circles, from left to right. $\oplus$ and $\oplus$ represent mean values. ∞ represents the trial in which error reaction was so intense that the subject could not make correction. Numerals over ∞ represent number of such trials.

間, 即ち, 誤反応筋放電開始から修正反応筋放電開始までの時間 (ST, 図2 参照) をプロットしたものである。図中の白ヌキは左にフェイント刺激が与えられ, 右に誤反応を起こし左に反応を切り換えた場合を示し, 黒丸は逆に左から右へ切り換えた場合を示している。強度 I では測定値は 50 ms から 200 ms の間に分布しているが, 誤反応が強くなるにつれて分布の上限が上昇し, IV では 500 ms を越える値も見られた。さらに甚しい場合には, 修正反応を行うことができず, 切り換え時間が測定できない場合も現われた。この場合は図6 では ∞ と示した。図6 において $\oplus$ $\oplus$ で

示した平均値 (IV の平均値算出の際には ∞ を省いた) を誤反応の強度別に見ると, 右から左へ切り換える場合では, I 110.6 ± 35.3 , II 139.0 ± 59.5 , III 167.3 ± 89.7 , IV 220.4 ± 135.7 , 左から右の場合 I 97.3 ± 46.1 , II 81.3 ± 50.2 , III 127.4 ± 53.2 , IV 249.5 ± 153.5 ms であった。

このように, 誤反応強度の増加とともに, 誤反応開始から修正反応開始までの時間は増大する。また, 誤反応が動作として現われなくても, 少なくとも 100 ms が切り換えのために必要であることがわかる。

この切り換え時間をさらに詳しく見るために, 図7 にフェイント刺激による誤反応例 (強度 III)

Fig. 7 Typical example of correction of error reaction caused by the feinting stimulus.

を示した。左刺激に対して最初に右屈筋に放電が現われ, 圧力変化及び 20° 未満の動作が発生したが, 直ちに左側に修正反応が行なわれている。右屈筋の放電開始から左屈筋の放電開始まで (切り換え時間) に注目すると, 右筋放電消失から左筋放電開始までの間にどちらの筋も活動していない休止期が観察される。この休止期は全誤反応中, 89.4% に出現した。そこで, 切り換え時間を誤反応の筋放電持続時間 (phase 1, P1) と休止期 (phase 2, P2) の二つの相に分け, これらと誤反応の強度との関係を検討した。

Fig. 8 Mean $\pm$ S.D. values of P1 and P2. Left bars represent switching from right to left. Right bars, from left to right.

図8は誤反応の強度別に P1 及び P2 の平均値をグラフ化したものである。P1 は右から左へ切り換える場合では、I 32.1, II 57.3, III 72.0, IV 117.1 ms, 左から右の場合、I 44.0, II 44.0, III 65.1, IV 127.7 ms と誤反応の強度につれて増大する傾向を示した。一方、P2 は右から左では I 80.3, II 81.7, III 95.3, IV 103.4 ms, 左から右では I 53.3, II 37.3, III 63.2, IV 121.7 ms と P1 とは異なり、誤反応の強度とは明確な関係を示さなかった。

4 誤反応の生じない場合の反応時間の遅れについて

図5に示したように、誤反応が生じない場合（強度0）においても、フェイント刺激に対する反応は単純反応時間よりも遅延する傾向が見られた。そこで、フェイント刺激に対して誤反応が生じなかった場合の ET とその直前の試行における ET との差を求め、平均値を算出したところ、右 53.7 ± 61.7 , 左 52.4 ± 65.3 ms であった。この差

は t 検定の結果、高度に有意であった（右： $t=15.666$, $df=262$, 左： $t=13.380$, $df=211$, $P < 0.001$ ）。即ち、フェイント刺激によって誤反応が生じなくとも、前試行のような短い潜時では反応することが出来ず、反応は遅延してしまうことが明らかである。

論 議

1 反応時間に対する予測の効果

視覚刺激による反応時間の研究は従来から数多く行なわれてきたが、本研究のように反応時間を EMG 潜時として測定したものは少い。鶴岡ら⁸⁾は前方へのステップ動作を行う際の前脛骨筋の EMG を記録し、単純反応について非運動選手で 161 ms (性別不明) の値を報告した。Miyashita et al.⁵⁾, 永見⁶⁾, Lagasse et al.⁴⁾ はそれぞれ上腕二頭筋から EMG を導出し、その単純反応潜時を測定しているが、Miyashita et al. は約 150 ms (肘屈曲動作, 男子), 永見は約 162—173 (女子), 150—186 ms (男子) (等尺性筋力発揮), Lagasse et al. は 171—178 ms (男子, レスト位置からマイクロスイッチを押す) であることを報告した。また, Jaeger et al.²⁾ はトラック作業時の単純反応時間を前脛骨筋及び腓腹筋の EMG から測定し, 220—370 ms (性別不明) の値を報告している。

本研究における被検者は女子のみであるが、前報³⁾において詳しく論じたように EMG 潜時に性差があるとは考えにくく、上記の報告からも男女の差は明らかではない。従って、本研究で得られた約 180 ms という値は成人の反応潜時としてほぼ妥当な値であると考えられる。

結果1に示したように、連続交互刺激を与えると、反応時間は次第に減少し、単純反応時間よりも短い値が得られた。又、連続交互刺激呈示中にフェイント刺激を与えると、しばしば刺激とは反対方向に誤反応が発現した。これらのことは、連続交互刺激によって刺激呈示に対する予測が成立し、その予測に基づいて反応が行なわれていることを示している。即ち、左右交互という刺激の規則性と呈示間隔一定という刺激の周期性によって次に与えられる刺激の性質が予測され、刺激の受容に関係なく反応出力が形成されるものと思われる。

る。このことは反応出力の制御が次第にフィードフォワード制御へと移行していくと言い換えることができる。

著者ら³⁾は既に、移動視標を用いて周期的刺激を与えることにより反応時間が短縮することを報告した。Ohtsuki and Ishiwari⁷⁾は本実験と同様な刺激呈示方法を用いて側方への踏み出し動作を行ない、前脛骨筋の筋放電潜時を測定して単純反応時間よりも短い筋放電潜時が得られたことを報告している。又、Botwinick and Thompson¹⁾もkey 押し動作を用いて一定時間間隔で連続して音刺激を与えると、指屈筋の premotor time (筋放電潜時) が短縮することを報告している。これらの報告は、本研究で得られた結果と一致するものである。

また、刺激呈示間隔について見ると、間隔が短くなるほど反応時間が減少する傾向も、これらの報告と同様であるが、これに加えて、本研究では刺激呈示間隔が短くなるにつれて誤反応の出現率が高くなるという結果が得られた。このことは、刺激間隔が短いほど予測が成立しやすく、そのために誤反応が生じやすくなったことを意味すると考えられる。

2 切り換え時間について

フェイント刺激に対して誤反応を生じた場合には、被検者は遂行中の誤反応を停止し、速やかに反対方向への反応を開始しなければならない。即ち、脳内では先行する指令を次の新たな指令に切り換えるという作業が行なわれていると考えられる。本研究ではこの切り換えの指標として、誤放電開始から修正放電開始までの時間を測定した。筋放電しか現われなかった場合でも、切り換え時間は約 100 ms で、誤反応の強度が増すにつれて切り換え時間も増大し、強度Ⅳでは 200 ms 以上を示した。この誤反応強度の増加に伴う切り換え時間の増大は Ohtsuki and Ishiwari⁷⁾の報告に一致している。従って、大きな誤反応を修正するにはより多くの時間を要するといえよう。

誤反応を修正するには、脳内において二つの過程が必要であると考えられる。一つは誤まった反応出力をキャンセルすること、もう一つは新しく

正しい運動指令を出すことである。誤反応の放電が消失する点をキャンセルが完了した時点とみなすならば、誤放電と修正放電の間に休止期が見られたことから、少なくとも二つのうちのキャンセルの方が先に完了すると言えることができる。

切り換え時間の二つの時間相 (P1, P2)のうち、誤放電の持続時間である P1 は、誤反応の増大と共に増加する傾向を示した。誤放電の開始潜時 (EL, 図2参照) を計測してみると、強度Ⅰ, Ⅱ, Ⅲ, Ⅳそれぞれ右118.9±25.3, 138.3±40.2, 127.3±48.9, 112.4±58.4 ms, 左118.1±96.3, 158.5±58.6, 149.4±75.3, 111.0±86.6 ms であり、これらの間には有意差はなかった。従って、誤放電持続時間は、誤反応の修正の二つの過程のうち、特にキャンセルに直接関係した時間と考えて良いと思われる。即ち、キャンセルに要する時間は既に出された運動指令の量に関係すると推測される。

これに対して、もう一つの時間相である P2 は、誤反応の強度と強い関係を示さなかった。このことは、少なくともキャンセルの過程と新指令の形成過程とが何らかの時間的關係を持って機能している可能性を示唆すると考えられるが、その成因については、残念ながらこの実験からは即断できない。しかしながら、動作の切り換えに際して、両側のいずれにも筋放電の存在しない時期が介在するということは、随意運動中に生理学的に制御不可能な時間相が現われることを意味するものであり、随意運動の制御という観点から見て興味深い現象である。我々は、しばしばうまくフェイントをかけられた時に、まるで金しばりにあったような感じを受けることがある。本実験の結果は、この様な感覚の基礎には、この空白の時間の存在、即ち、キャンセルと新指令発令の間のずれの存在があることを示唆すると思われるが、この様な感覚と物理的変化の關係についても、今後さらに研究を行なってみたいと考えている。

なお、矢部⁹⁾は、ある筋の静的筋収縮が対側同名筋の急激な動的筋収縮に先立って消失することを報告している。本研究の切り換えは、対側同名筋という2個の筋間における動的収縮から動的収縮への切り換えであり、直接比較することはでき

ないが、いずれも随意運動における対側同名筋の動作前抑制という点では共通点を持っており、今後両者の比較検討を進めることが必要であろう。

3 切り換え時間の最小値について

2で論じた切り換え時間は、筋放電という現象として身体外部に現われた現象から測定されたものであった。修正という行為は、刺激の認知と弁別という意志的行為であるから、当然大脳皮質の関与が考えられる。しかし、大脳内のいかなる部位でこれが行なわれるのか、また、刺激をいつ認知し、いつキャンセルの指令を出し、新しい動作の指令を出すのかについては現在のところ測定することができない。

しかしながら、結果4に示したように、フェイント刺激に対して誤反応を生じなかった場合でも、正反応に約50 msの遅れが生じた。この遅れは、予測によって予め出された反応指令が脳内でキャンセルされ、正しい反応指令が新たに出发したために生じたものと考えられる。即ち、誤反応を生じなかった場合にも、脳内で指令の切り換えという作業が行なわれているとみなすことができる。従って、本研究で得られた50 msという遅れ時間は、人間の脳内における最小の切り換え時間であると言い換えることができるのではないだろうか。

以上をまとめると、誤反応の修正という随意的行為は、少なくとも脳内において50 msの時間を空費し、誤反応指令が脳内にとどまらずに筋まで到達してこれを活動させてしまった場合には、その活動をも停止させねばならないため、100—200 ms以上の時間を要すると言いうことができよう。

要 約

左右二個のランプを一定時間間隔で交互に連続的に点灯し、これを刺激として手首の屈曲動作による反応時間を測定した。この連続交互刺激の途中に、前試行と同じランプが点灯する（これをフェイント刺激と呼ぶ）試行を設け、それによって生じる誤反応とその修正について検討を行なった。特に、動作の切り換えという観点から、誤反応の筋放電開始から修正反応の筋放電開始までを

切り換え時間として測定し、誤反応の強度との関係について考察を加えた。得られた結果は次のとおりである。

- 1) 刺激の規則性・周期性により予測が成立し、そのために連続交互刺激に対しては単純反応よりも短い反応時間が得られた。
- 2) フェイント刺激に対して、22.8%に誤反応が生じ、誤反応が強いほど修正反応は遅延した。
- 3) 誤反応が強くなるにつれて切り換え時間も増大し、筋放電だけが現われた場合では約100 ms、動作が発現してしまった場合では200 ms以上を要した。
- 4) 切り換え時間の中に、左右どちらの筋も活動していない筋放電の休止期が観察された。そこで、切り換え時間を二つの相（誤放電持続時間（P1）と休止期（P2））に分けた。
- 5) P1は誤反応の強度に比例して約30 msから130 msへと増大した。これに対してP2は40—120 msのレンジにあるが、誤反応の強度とは明確な関係を示さなかった。
- 6) フェイント刺激に対して誤反応なしに正しく反応した場合でも、その反応時間はフェイント刺激直前の試行よりも約50 ms遅延した。

以上から、予測を伴う反応中に誤反応が生じると、正しい反応を起こすのに少なくとも100 msの時間を要し、強い誤反応ほどその切り換えに要する時間が増大するが、休止期が観察されたことによって、修正反応の発現は誤反応のキャンセル完了よりも常に遅れることが明らかになった。また、誤反応を生じなかった場合でも脳内で反応指令が切り換えられるものと考えられ、そのために50 msの時間を空費することが示唆された。

引用・参考文献

- 1) Botwinick, J. and Thompson, L. W., "Premotor and motor components of reaction time," J. Exp. Psychol., 71 : 9—15, 1966.
- 2) Jaeger, R. J., Agarwal, G.C. and Gottlieb, G.L., "Directional errors of movement and their correction in a discrete tracking task," J. Motor Behav., 11 : 123—33, 1979.
- 3) 河辺章子・大築立志「移動視標の方向変化に対する反応時間」体育学研究, 24 : 301—11, 1980.

- 4) Lagasse, P.P. and Hayes, K. C., "Premotor and motor reaction time as a function of movement extent," *J. Motor Behav.*, 5 : 25—32, 1973.
- 5) Miyashita, M., Miura, M., Matsui, H. and Minamitate, K., "Measurement of the reaction time of muscular relaxation," *Ergonomics*, 15 : 555—62, 1972.
- 6) 永見邦篤「収縮動作と弛緩動作の反応時について」*体力科学*, 23 : 1—11, 1974.
- 7) Ohtsuki, T. and Ishiwari, M., "'Dead time" in reaction to unexpected changes of situation with reference to "feinting skill"," in Asmussen, E. and Jørgensen, K. (Eds.), *Biomechanics V I—A*, University Park Press : Baltimore, 1978. pp. 165—71.
- 8) 鶴岡英吉・笠井恵雄・多和健雄・岩田敦「選択刺激による反応動作の分析的研究」*体育学研究*, 8 : 49—54, 1965.
- 9) 矢部京之助「対側肢にみられる silent period の発現機構」*体育学研究*, 21 : 11—17, 1976.
- 10) Yabe, K. and Tamaki, T., "Inhibitory effect of unilateral contraction on the contralateral limb," *Percept. Motor Skills*, 43 : 979—82, 1976.