

選択反応時間における事前準備の影響

Effect of Preparatory Set in Choice Reaction Time

山崎 健・森 恭

Ken YAMAZAKI, Yasushi MORI

Abstract

In this paper we investigated the effect of preparatory set in multiple (three directions) choice reaction time. Subjects made verbal report (speculation) that was concerned with the direction just before the presentation of signal.

We recorded EMG (electromyogram) and five factors of reaction time as follows (see figure 1).

- a) Premotor time : from presentation of signal to onset of EMG.
- b) Motor time : from onset of EMG to release hand.
- c) Reaction time : sum of premotor time and moter time.
- d) Movement time : from release of hand to touch target.
- e) Total reaction time : sum of reaction time and movement time.

We got the following results. These were results of a comparison of changes which were concerned with speculation in multiple choice reaction time.

(1) In multiple choice reaction time to make a speculation of direction shortened premotor time and movement time if a speculation was same as presentation.

(2) On the other hand if a speculation missed it was necessary to reset the preparatory set so premotor time and movement time were delayed.

(3) The condition of simple reaction time and choice reaction time at hit of speculation looked same. We got some interesting findings. In the latter condition premotor time was delayed and movement time was shortened. We thought these were results of distance to target and mass to be moved.

Event-related brain potentials (ERPs) are concerned with changes in the central nervous system. To get further findings of preparatory set in choice reaction time we must record and investigate ERPs in the future.

はじめに

スポーツ適性との関係で測定される反応時間 (reaction time) において、最も代表的なものは、Cureton によって定義された全身反応時間である。しかし、反応時間に影響を与える因子は、Andreassi (1986)¹⁾の指摘するように、刺激強度や刺激間隔 (ISI)、注意の水準 (CNV や α -blocking の発現)、

筋の事前緊張の存在等の様々な要因が関与しているものと考えられる。

そして、実験的にこれらの要因を検討するためには、局所反応時間を対象とした研究が中心となっている。そして、これらの知見と現実のスポーツ場面及びそのシミュレーション実験での全身反応時間のデータとを比較検討して行くことが今後不可欠になってゆくものと考えられる。

山崎は、先行研究 (1983a, 1983b, 1984)¹²⁾¹³⁾¹⁵⁾において、選択反応に刺激方向の予測を付与することによる影響を検討し、情報の提示位置や提示間隔、結

果のフィードバック (knowledge of result) の影響や、各反応時間因子の測定にパーソナル・コンピュータを導入して検討を加えてきた。

本研究では、反応時間と反応動作時間の構造を以下のように規定 (fig.1)¹⁷⁾し、特に事前準備にかかわった「予測 (speculation) 的的中や外れ」という枠組の中で現実のスポーツ場面のシミュレーションを設定し、それらが反応時間に与える影響を検討しようとするものである。

実験方法

被験者は、健康な男子2名、女子2名で全員右ききである。実験装置の配列を fig.2に示す。

ディスプレイの刺激の提示、動作スイッチ作動に伴うパルスの発生及び各動作時間の測定はパーソナル・コンピュータ (NEC PC-6601) の beep 音と time 関数を用いて測定した。また、総指伸筋より生体アンプで筋電図を導出し、刺激の提示から EMG の発生までを前動作時間として1/60sec.の単位で計測した。選択反応時間の記録例を fig.3に示す。

実験条件は、

- 1) 単純反応時間 (刺激の提示に対して素早く反応キーを離す)/30回
- 2) 単純反応動作時間 (左, 前, 右の各方向の刺激提示に対して素早く反応キーを離し, 該当する方向の反応キーを押す)/各30回
- 3) 選択反応動作時間 (3方向のランダムな刺激提示に対して該当する反応キーを押す, 予測は行わ

ない)/50回

4) 予測つき選択反応動作時間 (同様の条件で被験者が事前に反応方向を口頭で報告する, 反応は予測した方向ではなく提示された方向に行く)/50回の4条件であり, 刺激間隔 (ISI) は前反応動作の完了から約5.2sec.である。

結 果

反応時間の各成分 (前動作時間: PMT, 動作時間: MT, 反応時間: RT, 移動時間: mvT, 反応動作時間: TRT) については, 条件別の相関分析及び条件間の平均値の差の有意性検定を行った。

被験者別の反応時間の各成分の平均値と百分率を4つの条件毎に fig.4~7に示した。条件は, 上から, 1) 単純反応時間, 2) 単純反応動作時間, 3) 選択反応動作時間, 4) 予測の的中した選択反応時間である。

条件4)での各被験者の口頭報告 (verbal report) の的中率は, それぞれ28.6%, 28.6%, 34.7%, 40.8%であった。また, 各被験者の条件別の相関分析の結果を tab.1~12に示した。

各条件ごとの結果は以下であった。

- 1) 単純反応時間

前動作時間 (PMT) と動作時間 (MT) では一例を除き負の相関が, 前動作時間 (PMT) と反応時間 (RT) では一例を除き正の相関が, MT と RT でも全員に正の相関が得られた。

- 2) 単純反応動作時間

PMT と MT 及び RT については, ほぼ同様の結

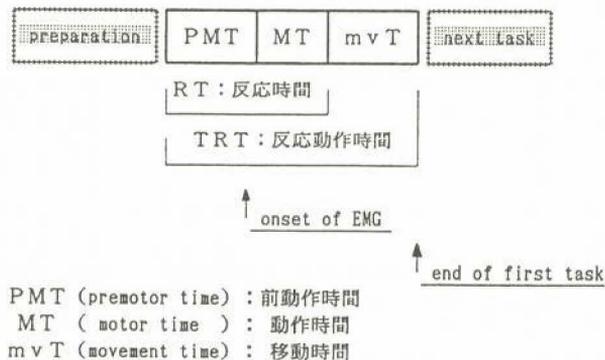


Fig.1 反応時間と反応動作時間の各因子シェーマ

果が得られた。移動時間 (mvT) は、2例では他の成分との有意な相関はみられず、1例ではPMTとのみ相関がなく1例ではRTとの負の相関(5%水準)が得られた。また、各反応時間成分の平均値の差の検定では、左への反応が遅延(1%水準)した。

3) 選択反応動作時間

この結果も同様にmvTは他の成分との有意な相関は得られず、どの条件でも反応動作時間 (TRT) とのみ比較の高い相関が得られた。また方向別の各反応時間因子の平均値の比較では、MTでは右への反応が速く、これに対しPMT, TRTでは明確な傾向は観察されず、mvTも各被験者により遅延のパターンと有意水準が異なっていた。

反応動作における「選択」因子の付与は、PMT, RT, TRTのいずれの成分にも遅延をひき起こすが、MT及びmvTでは特定の傾向はみられなかった。

4) 予測つきの選択反応時間

予測の中の場合では、1例を除きPMTとMT, MTとRTでは有意な相関は得られず、これに対しPMTとRT, PMTとTRT, mvTとTRTとでは全例に有意な相関が観察された。また予測的中と予測の外れ(隣側と対側)の3方向間の比較ではPMTとRT, mvTとでの中が速かったのに対しMTでは特定の傾向はみられなかった。

考 察

従来は、選択反応時間や選択反応動作時間の測定において「予測」を行うことは、測定精度と信頼性を低下させるとして禁止されていた。しかし、現実のスポーツ場面や自動車の運転場面等を考えれば、予測とその正確性という現象が存在するのは事実である。

Meinel (1960)⁹⁾は、運動習熟のメルクマークの心理的側面として「運動先取と運動正確性」を指摘している。また、Whiting (1978)¹¹⁾は、この問題を意志決定における「心理的不応期」の問題としてとらえ、運動遂行とそれに対する抑制因子の付加による時間成分の変化に検討を加えている。

山崎は¹²⁾¹³⁾¹⁶⁾、この「事前予測」とその「的中や外れ」といった問題をanticipation-accuracy loopによる運動の制御としてとらえ、反応方向のprimary-settingとre-settingによるフェイントのモデルに相当するものと検討を加えてきた (fig.8)。

しかし、これらは反応時間 (RT) 及び移動時間

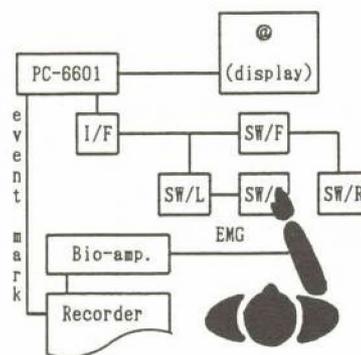


Fig.2 The experimental arrangement of present study

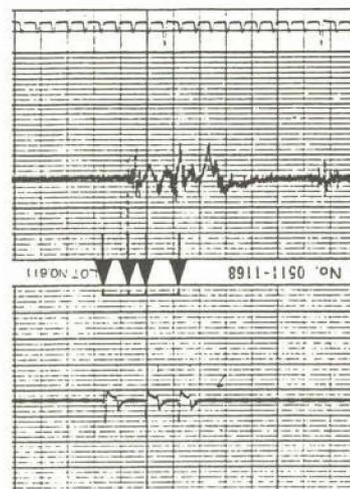


Fig.3 Recorded EMG and event mark at choice reaction time
from the top : EMG (M.extensor digitorum)/event mark of reaction movement

teb.1 Matrix of correlation coefficient in Simple Reaction Time (Sub.A:N=85)

	PMT	MT	RT	m v T	TRT
PMT	1.00	-.719	.366	.040	.136
MT	**	1.00	.384	.331	.416
RT	**	**	1.00	.391	.738
m v T	NS	**	**	1.00	.909
TRT	NS	**	**	**	1.00

teb.2 Matrix of correlation coefficient in Choice Reaction Time (Sub.A:N=49)

	PMT	MT	RT	m v T	TRT
PMT	1.00	-.500	.450	-.198	-.012
MT	**	1.00	.548	.128	.334
RT	**	**	1.00	-.059	.332
m v T	NS	NS	NS	1.00	.922
TRT	NS	**	**	**	1.00

teb.3 Matrix of correlation coefficient in Choice Reaction Time at hit of speculation (Sub. A:N=14)

	PMT	MT	RT	m v T	TRT
PMT	1.00	-.113	.854	.607	.871
MT	NS	1.00	.421	-.196	.169
RT	**	NS	1.00	.452	.883
m v T	*	NS	NS	1.00	.817
TRT	**	NS	**	**	1.00

teb.4 Matrix of correlation coefficient in Simple Reaction Time (Sub.B:N=88)

	PMT	MT	RT	m v T	TRT
PMT	1.00	-.215	.660	-.126	.375
MT	*	1.00	.592	-.105	.344
RT	**	**	1.00	-.185	.574
m v T	NS	NS	*	1.00	.698
TRT	**	**	**	**	1.00

teb.5 Matrix of correlation coefficient in Choice Reaction Time (Sub.B:N=49)

	PMT	MT	RT	m v T	TRT
PMT	1.00	-.393	.327	.110	.347
MT	**	1.00	.740	-.204	.480
RT	*	**	1.00	-.129	.746
m v T	NS	NS	NS	1.00	.564
TRT	**	**	**	**	1.00

teb.6 Matrix of correlation coefficient in Choice Reaction Time at hit of speculation (Sub. B:N=14)

	PMT	MT	RT	m v T	TRT
PMT	1.00	-.310	.876	.061	.745
MT	NS	1.00	.187	-.094	.098
RT	**	NS	1.00	.016	.820
m v T	NS	NS	NS	1.00	.586
TRT	**	NS	**	*	1.00

teb.7 Matrix of correlation coefficient in Simple Reaction Time (Sub.C:N=86)

	PMT	MT	RT	m v T	TRT
PMT	1.00	-.436	.659	-.080	.271
MT	**	1.00	.390	.164	.336
RT	**	**	1.00	.056	.558
m v T	NS	NS	NS	1.00	.860
TRT	**	**	**	**	1.00

teb.8 Matrix of correlation coefficient in Choice Reaction Time (Sub.C:N=48)

	PMT	MT	RT	m v T	TRT
PMT	1.00	-.606	.423	.050	.262
MT	**	1.00	.465	-.112	.139
RT	**	**	1.00	-.071	.449
m v T	NS	NS	NS	1.00	.859
TRT	*	NS	**	**	1.00

teb.9 Matrix of correlation coefficient in Choice Reaction Time at hit of speculation (Sub.C:N=17)

	PMT	MT	RT	mvT	TRT
PMT	1.00	-.345	.826	.204	.641
MT	NS	1.00	.243	.239	.293
RT	**	NS	1.00	.354	.838
mvT	NS	NS	NS	1.00	.807
TRT	**	NS	**	**	1.00

teb.10 Matrix of correlation coefficient in Simple Reaction Time (Sub.D:N=89)

	PMT	MT	RT	mvT	TRT
PMT	1.00	-.465	.590	-.011	.345
MT	**	1.00	.440	-.043	.228
RT	**	**	1.00	-.050	.454
mvT	NS	NS	NS	1.00	.801
TRT	**	*	**	**	1.00

teb.11 Matrix of correlation coefficient in Choice Reaction Time (Sub.D:N=49)

	PMT	MT	RT	mvT	TRT
PMT	1.00	-.333	.415	-.042	.273
MT	**	1.00	.720	-.298	.262
RT	**	**	1.00	-.319	.454
mvT	NS	*	*	1.00	.700
TRT	*	*	**	**	1.00

teb.12 Matrix of correlation coefficient in Choice Reaction Time at hit of speculation (Sub.D:N=20)

	PMT	MT	RT	mvT	TRT
PMT	1.00	-.408	.466	.376	.542
MT	*	1.00	.618	-.220	.146
RT	*	**	1.00	.111	.608
mvT	NS	NS	NS	1.00	.856
TRT	**	NS	**	**	1.00

(mvT), 反応動作時間 (TRT) の枠組の中で検討されたものであり、前動作時間 (PMT) という中枢神経系が関与すると考えられている成分については未検討であった。

本研究では、筋電図を記録することにより、この問題についてのより詳細なデータを得ようとするものである。

(1) 前動作時間 (PMT) の遅速

刺激の提示から筋電図の発現までは、前動作時間と規定されており、主として中枢神経系での処理時間と考えられている。

本研究では、反応時間 (RT) から前動作時間を引いたものを動作時間 (MT) として計算している。このため、条件4) では予測的中時以外は、PMT と MT の間には負の相関が得られている。また、予測的中時も事例数との関係で1例を除き有意ではないが、相関係数自体は負となっている。

この点から前動作時間を中心に検討した場合、PMT と RT とは全条件において、PMT と TRT では1例を除き正の有意な相関が得られている。

そして、条件3) の「選択」の付加が、PMT, RT, TRT のいずれの成分にも遅延を引き起こしていることから考えても PMT は、RT や TRT の遅速に大きな影響を与えているものと考えられる。

制御工学の分野では、この信号刺激から運動発現までの期間を「むだ時間」と規定しており、土屋 (1972)¹⁰⁾ は、以下の要因を指摘している。

- 1) 刺激量の強さを認識するのに必要な時間 (T_r)
- 2) 刺激に対する操作量 (筋の選択, 順序, 運動量など) を決定するのに必要な時間 (T_o)
- 3) 中枢からの指令が神経を伝わるのに必要な時間 (T_d)

そして T (むだ時間) = $T_r + T_o + T_d$ であり、 T_r が決定的要因を果たすとしている。

人間の神経線維の伝動速度は、30~120m/sec. で同種の神経線維の伝動速度には差がないことが報告されており⁹⁾、単純反応では T_r が、選択反応では T_o が重要な要因となっているものと思われる。

(2) 移動時間の遅速

移動時間 (mvT) は、準備位置から標的位置までの距離あるいは動作の性質 (移動させる質量や標的の連続化等) によって影響を受ける成分である。

本研究では、すべての条件において反応動作時間 (TRT) との間には有意な相関が得られた。これに対して、TRT に大きな影響を与えると考えられる PMT との間には1例の予測的中時 (tab.3) 以外に

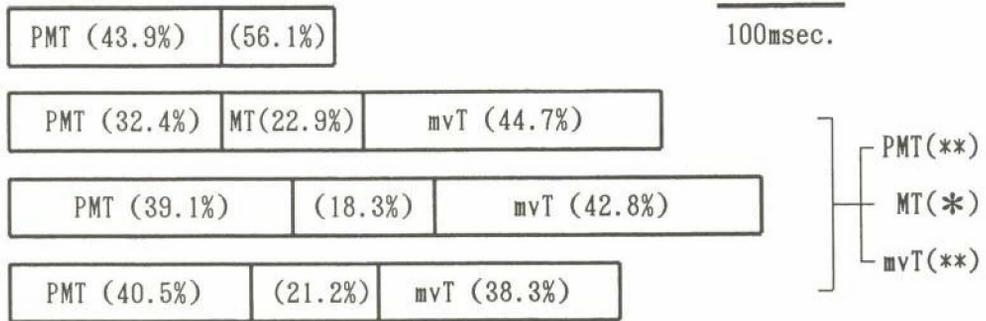


Fig.4 Components of RT at each condition (Sub.A/ σ^2)
 from the top : reaction time/simple reaction time/choice reaction time/
 choice reaction time at hit of speculation.

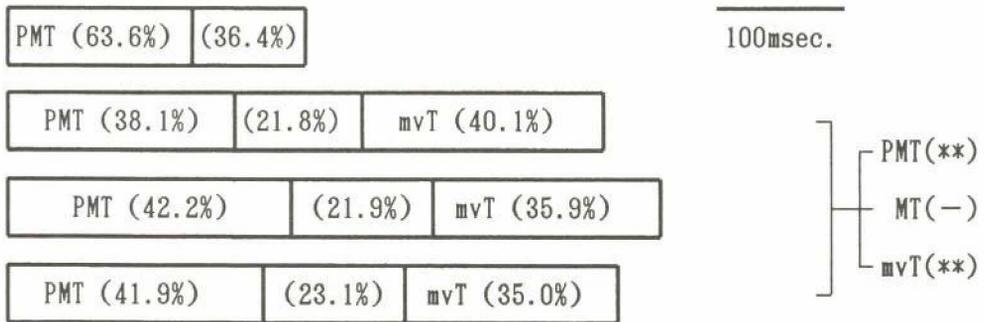


Fig.5 Components of RT at each condition (Sub.B/ σ^2)
 from the top : reaction time/simple reaction time/choice reaction time/
 choice reaction time at hit of speculation.

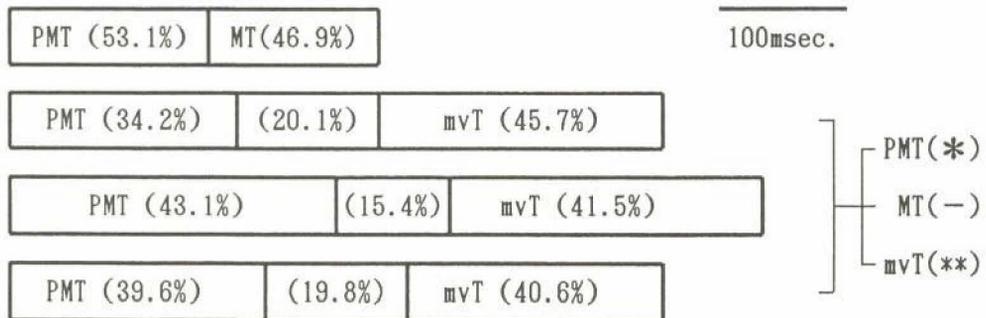


Fig.6 Components of RT at each condition (Sub.C/ σ^2)
 from the top : reaction time/simple reaction time/choice reaction time/
 choice reaction time at hit of speculation.

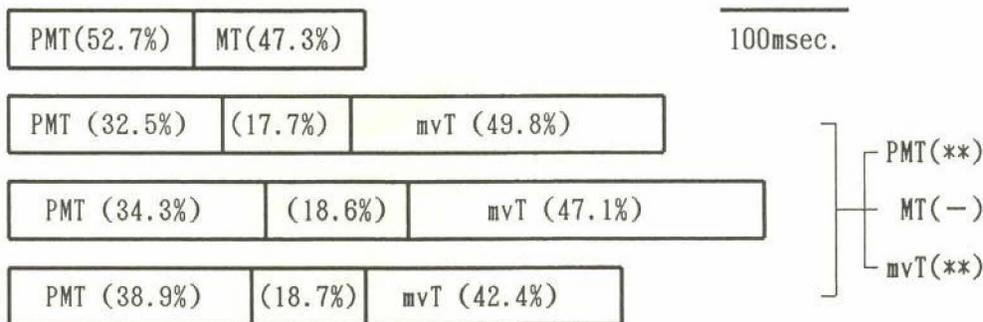


Fig.7 Components of RT at each condition (Sub.D/♂)
 from the top : reaction time/simple reaction time/choice reaction time/
 choice reaction time at hit of speculation.

有意な相関は得られていない。また、RT との間にも 4 例 3 条件中の 2 つ（一方は正、他方は負）以外には有意な相関が得られなかった。

このことから移動時間は、他の成分と比較的独立しながらも反応動作時間の遅速に影響を与えているものと思われ、反応動作時間全体に占める移動時間の比率（移動距離、移動対象質量等によって規定される）にも影響を受けるものと考えられる。本研究では、この比率が50%以下であったが、スポーツ場面のシミュレーション等の場合はこの比率が大きくなることが考えられ反応時間全体の戦略にも影響を与えてくるものと思われる。

(3) 予測的中と予測の外れ

山崎¹²⁾¹³⁾は、予測的中時には、通常を選択反応時と比較して反応時間 (RT) とともに移動時間 (mvT) も短縮するのに対し、予測が外れた場合には反応時間は遅延するが移動時間は遅速のパターンが異なることを報告している。

本研究では、反応時間における前動作時間 (PMT) は全例で短縮し、動作時間 (MT) は 1 例は遅延し 1 例は短縮し、2 例では有意差は見られなかった。しかし、両者を合わせた反応時間 (RT) と移動時間 (mvT) は、全例で有意な短縮が見られた。

また、選択反応時と予測が外れた場合との比較では、3 例で PMT, RT, mvT が遅延しているのに対し、1 例では、予測を行うことにより (的中, 外れにかかわらず) PMT と mvT が短縮した。後者は、注意や覚醒水準の上昇に関わった者とも考えられるが、先行研究¹³⁾ではこれと逆の例も見られている。

予測的中時と外れた場合との比較では、PMT と mvT はいずれも遅延するのに対して、MT は 1

例を除き有意差は見られなかった。PMT の遅延については primary-setting の解除と re-setting の影響と考えられる。これに対して、mvT の遅延はいかなる要因によるのであろうか。

実験中には、予測した方向へ動作を開始した後、提示された方向へ動作方向を切替え、該当する反応キーを押す例が多く観察された。このことは、刺激方向に対応した動作準備 (土屋の指摘する T₀) が完了しており、反応時間内ではこの動作方向の修正が不可能であることを示している。

これは、移動対象質量が肩関節以遠で大きく、末梢での課題処理時間が中枢での課題処理時間に比較して相対的に長くなっているためと考えられる。

西平と荒木 (1982)⁷⁾は、中枢神経系での汎性的注意水準を示すと考えられている CNV (随伴性陰性変動) 発現期間内に、脊髄の興奮性の指標と考えられる H 波が亢進していることを報告している。しかし、ここでは特異的で比較的強固な動作準備が、皮質運動野以下のレベルでも存在している可能性が考えられる。これらは、篠田 (1983)⁹⁾の指摘する皮質經由反射 (transcortical reflex) に代表される多重ループの存在といった神経生理学的知見との対応を含め、更に検討の必要な点と思われる。

(4) 予測的中時の特殊性

単純反応動作時間と選択反応における予測的中とは、ともに既知の方向に対して反応するものであり、一見類似した構造をもつものと考えられる。しかし、本研究では被験者全例に前動作時間の遅延と移動時間の短縮という興味ある知見が得られた (1%水準: fig.4~7)。

これは、PMT と mvT の性格の違いを現している

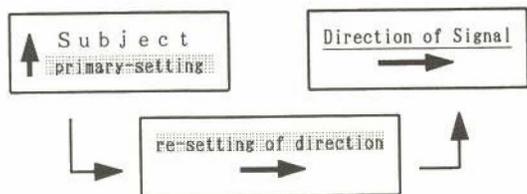


Fig.8 primary-settingとその解除に伴う遅延のモデル

ものとも考えられるが、山崎(1989)¹⁸⁾は、本研究と同様の条件で、手根関節以遠の移動距離、移動対象質量とも少ない反応動作で検討を行っているが、現在のところこのような知見は得られていない。

この問題は、移動距離や移動対象質量の問題、あるいは中枢の準備状態をある程度反映すると考えられる事象関連電位等の問題を含め検討の必要なことと思われる。

(5) 事前準備の影響

以上のように、選択反応動作において事前準備としての予測を行うということは、前動作時間(PMT)とともに動作課題や移動対象質量に関連して反応時間(RT)や移動時間(mvT)にも影響を与えている。

そして、予測的中や外れという「文脈依存性」に対応してその性質の変容(例えば、強固な事前準備による動作方向のre-settingの障害によって引き起こされる遅延)をもたらすものと考えられる。

Gottsdanker(1980)⁴⁾は、反応時間の刺激間間隔(ISI)に関連した不応期(refractory period)の問題を中心に事前準備(preparation)の汎性的な役割を指摘しており、Requin(1980)⁸⁾も、心理学的アプローチと神経生理学的アプローチの両者から、preparatory effectが、特異的課題に適応する処理系の構え(set)を形成することを指摘している。

そして、このことは前動作時間の検討にとどまらずfig.1に示した事前準備(動作課題に対応した戦略的決定)の検討をも必要としている。

Burnia(1980)²⁾は、中枢性の汎性的準備状態を反映する随伴性陰性変動(CNV)、動作肢反対側から記録される運動準備電位(BP)、脊髄性の興奮レベルを反映するH波、そして動作をあらわす筋電図(EMG)の4者を同時に記録することにより皮質と脊髄にかかわる動作準備(motor preparation)の構造を明らかにした。

また、Evarts, 篠田とWise(1984)³⁾は、皮質-錐体路レベルでの事前の構え(preparatory-set)に対

応したニューロンの存在を示唆し、赤核における抑制性ニューロンに対するSET CELL(circuit)の持続的放電によるSHORT-TERM SETという概念を示している。

この事前準備の問題は、上記のような神経生理学的知見との対応の中で検討されることにより、人間の意志的運動(volitional movement)¹⁴⁾のモデルを提示することを可能にするものと思われ、今後事象関連電位記録の併用による検討が求められていると思われる。

要 約

本研究では、選択反応動作における事前準備の影響を検討するために、被験者に反応動作方向の予測を行わせた。そして、各条件内と条件間の反応時間の各成分の変容を検討し以下の知見を得た。

- 1) 選択反応動作において、予測を行い反応動作の事前準備を行うということは、それが中した場合には通常を選択反応時と比べて前動作時間と移動時間を短縮させた。
- 2) これに対して予測が外れた場合には、事前準備としてのprimary-settingの解除とre-settingを行うことが必要となり、前動作時間とともに移動時間も遅延させているものと考えられる。
- 3) 単純反応動作と予測的中時との比較では、類似した条件であるにもかかわらず、前動作時間の遅延と移動時間の短縮という興味ある結果が得られた。これは、移動距離や移動対象質量の問題と関連した結果と考えられる。

本研究の一部は、1987年に立命館大学で行われた日本体育学会第38回大会で発表したものである。

参 考 文 献

- 1) Andreassi, J. L.: 辻・伊藤他訳, 心理生理学, ナカニシヤ出版(1986), 34-37, 117-118, 148-149.
- 2) Burnia, C. H. M. MOTER PREPARATION ON THE CORTICAL AND SPINAL LEVEL (in G. E. Stelmach and J. Requin eds. *Tutorials in Moter Behavior*), North-Holland Publishing Company(1980), 399-419.
- 3) Evarts, E. V., Shinoda, Y and Wise, S. P. *Neurophysiological Approach To Higher*

- Brain Function, A Neurosciences Institute Publication (1984), 127-139.
- 4) Gottsdanker, R. THE UBIQUITOUS ROLE OF PREPARATION (in G.E.Stelmach and J. Requin eds.: *ibidem*), (1980), 355-371.
 - 5) Meinel, K.: 金子明友訳, スポーツ運動学, 大修館書店 (1981), 228-248.
 - 6) 中村隆一編著, 神経生理学・臨床生理学, 医歯薬出版株式会社 (1985), 21-23.
 - 7) 西平賀昭・荒木秀夫, CNV (随伴性陰性変動) 出現期間内における H 波の変化について, 西南女学院短期大学研究紀要第29巻 (1982), 13-32.
 - 8) Requin, J. TOWARD A PSYCHOBIOLOGY OF PREPARATION (in G.E.Stelmach and J. Requin eds.: *ibidem*), (1980), 373-398.
 - 9) 篠田義一, 随意運動制御における体性感覚野の役割 (伊藤正夫編, 脳と運動), 平凡社 (1983), 249-270.
 - 10) 土屋和夫, 追跡動作と分析 (真島・猪飼編, 生体の運動機構とその制御), 杏林書院 (1972), 56-80.
 - 11) Whiting, H. T. A.: 加藤・鷹野・石川訳, ボールスキル, ベースボールマガジン社 (1978), 56-80.
 - 12) 山崎健, 選択反応時間における予測因子について, 新潟体育学研究第2巻 (1983), 5-8.
 - 13) 山崎健, 選択反応時間における動作時間の変化, 新潟体育学研究第2巻 (1983), 9-12.
 - 14) 山崎健, 人間の随意運動における2つの成分について, 新潟大学教育学部紀要第24巻2号 (1983), 581-590.
 - 15) 山崎健, 選択反応時間の遅速に及ぼす時間因子と空間因子, 新潟体育学研究第3巻 (1984), 1-7.
 - 16) 山崎健, スポーツの認識と習熟 (伊藤他編, スポーツの自由と現代・下), 青木書店 (1986), 299-313.
 - 17) 山崎健, 複数動作課題の事前準備による反応時間の変化, 体力科学第37巻第6号 (1989), 479.
 - 18) 山崎健, 選択反応動作時間での事前準備, 第44回日本体力医学会大会予稿集 (1989), 192.