

## 第5章 半側空間への選択的注意と S-R 整合性が選択反応時間に及ぼす影響 (研究課題2)

### 第1節 反応準備状態の違いと S-R 整合性が Premotor time, Motor time に及ぼす影響 (実験3)

#### 1. 目的

脊髄  $\alpha$  運動ニューロンの支配比や運動単位の動員様式の異なる、上肢と下肢における反応動作パフォーマンスに対する S-R 整合性の効果は、中枢における情報処理時間に差異はなく、末梢での運動制御において差異が認められた（前章，実験 1, 2）。つまり，S-R 整合性は、情報処理過程において S-R 変換段階と反応プログラミング段階に影響し、情報処理時間は S-R 変換段階の符号の変換処理に費やされ、反応プログラミング段階での運動プログラムの構築では自動的に賦活された反応符号との衝突により、下肢の運動単位の動員に影響したと推察された（前章，実験 1, 2）。しかし，下肢における整合反応の Motor time が単純反応課題と比較して長いことから，反応準備状態の違いが脊髄ニューロンプールの興奮性に差異を与え，末梢の運動制御に影響していた可能性も考えられる。

素早く反応動作を開始しようとするとき，用意 (set) の合図とともに反応の引き金となる号砲 (go) を待ち構えている。このとき Go 信号に対して，できるだけ素早く適切な反応を起こすためには，一連の動作に関する運動プログラムを中枢で準備し（丹治・蔵田，1993），脊髄ニューロンプールの興奮性を高めておく必要がある（笠井，1980, 1981）。Go 信号の呈示されるタイミング情報がないときや，反応を選択しなければならないときは，Go 信号が呈示されるまで中枢の興奮性を抑制しなければならない。しかし，これらの研究は Motor time について言及しておらず，前章（実験 1, 2）で認められた下肢での整合課題と不整合課題における Motor time の差異が，末梢へ送られる一連の運動プログラムが異なることによるものなのか，反応準備状態が異なることによるものなのか明らかではない。

そこで本節では，予告合図パラダイムを用いることによって（Rosenbaum, 1980, 1983），命令刺激が呈示される側を予測させ，2つの反応符号のうち一方の肢に関する反応符号を準備させる。このとき，反応動作を起こすか（Go 反応），起こさないか（No-go 反応）のどちらかを選択できる命令刺激を呈示し，Go/No-go 反応の割合を変化させることによ

て、反応準備状態が操作されると仮定した。このように反応準備状態が異なる条件で、上肢および下肢における Premotor time, Motor time に対する S-R 整合性の効果を検討することによって、S-R 整合性が中枢の情報処理過程と予測による運動プログラムの構築にどのような影響を及ぼしているのかを明らかにすることを目的とする。

## 2. 方法

### A. 被験者

眼疾患のない右手利き、右機能足の男子大学生12名（身長、 $174.1 \pm 5.8$  cm; 視力左、 $1.0 \pm 0.5$ ; 視力右、 $1.0 \pm 0.5$ ）が、被験者として実験に参加した。利き手、機能足の判定には、浅見ほか（1981）と Oldfield（1971）の方法を参考にアンケート調査を行った。

### B. 実験装置とその配置

被験者の眼の位置から前方1 mの距離に光刺激装置を設置した。注視点として緑色高輝度LED（Stanley社製: EBG-5504s, 160 mcd）を常に弱発光させて用い、その位置から左右各 $10^\circ$ の位置に赤色高輝度LED（Stanley社製: EBR-5504s, 160 mcd）を命令刺激として用いた。反応準備状態を変化させるために命令刺激は、2種類の明るさを呈示できるようにした（明るい光刺激：6Vの電圧回路に2 k $\Omega$ の抵抗、暗い光刺激：6Vの電圧回路に6 k $\Omega$ の抵抗をかけた）。さらに、予告刺激として注視点より左右各 $1^\circ$ の位置に緑色高輝度LED（Stanley社製: EBG-5504s, 160 mcd）を用いた（図22）。反応キーは、第4章の第1節（実験1）と同一のものを用いた。また、被験者の注視状態を確認するため、時定数1.5秒、高周波遮断域300 Hz以上でEOGを導出し、オシロスコープ（日本光電社製: HANDY MONITOR VC-2）で眼球運動をモニターした。

### C. 実験手順

実験は、室内を暗くし光刺激がはっきりと見える環境において行った。被験者は、椅子に座り、注視状態を維持しながら、2つの反応キーを押した状態で待機した。「いきます」という予告を促してから、注視点の左右どちらか一方の予告刺激がランダムに呈示され、約0.5~1.5秒後に予告された側の命令刺激が呈示された。つまり、左の予告刺激が呈示されたときは、左の命令刺激が発光し、右の予告刺激が呈示されたら、右の命令刺激が発光した。被験者には、明るい命令刺激（Go反応刺激）に対してのみ反応し、暗い命令刺激

(No-go 反応刺激) に対しては反応しないように指示した。反応準備状態を変化させるため、全試行における Go 反応刺激の呈示確率は、100, 80, 60% であった。

整合課題は、左視野の光刺激に対して左のキー、右視野の光刺激に対して右のキーを離すもので、不整合課題は、左視野の命令刺激に対して右のキー、右視野の命令刺激に対して左のキーを離すものであった。被験者には、命令刺激が呈示され次第、課題にあった反応 (Go/No-go 反応) をできるだけ素早く正確に行うように指示した。被験者は、この2つの課題を上肢または下肢で行った。全ての試行は、3セッション、2ブロックに分けられ、1ブロックの試行回数は20試行であり、計120試行が1日で行われた。別の日に同じ3セッションの実験を行った。試行間隔は約10~15秒であり、ブロック間において約2~3分の休息をとった。測定開始順序の影響を取り除くため、被験者の半数が上肢から、残りの半数が下肢から実験を行った。また、整合課題から開始するか、不整合課題から開始するかは、セッション間でランダムにした。

#### D. データの収集と分析方法

橈側手根伸筋、前脛骨筋上から表面筋電図 (EMG) を時定数 0.03 秒、高周波遮断域 1 kHz 以上で導出した。EMG、反応キーの on-off 信号、光刺激のトリガー信号をサンプリング周波数 2 kHz で A/D 変換し、パーソナルコンピュータ (Apple 社製: Macintosh IIci; アプリケーション: SuperScope, GW instruments) に記録した。光刺激呈示から筋放電が開始されるまでの時間 (PMT: premotor time)、筋放電が開始されてからキーが離れるまでの時間 (MT: motor time)、刺激呈示から反応キーが離れるまでの時間 (RT: reaction time) を 1 ミリ秒単位で測定した。誤反応率については、No-Go 反応刺激が呈示されたときに筋放電が認められた場合、その試行を誤反応とし、全試行数から誤反応数の比率を算出した。

### 3. 結果

各反応準備条件における上肢および下肢の PMT, MT, RT の平均値と標準偏差は表 3 に示す通りであった。

#### A. 上肢における反応時間

上肢における PMT, MT, RT について反応準備 (100, 80, 60%)、課題 (整合・不整合) の違いによる 2 要因分散分析を行った。

その結果、PMTについては、反応準備の要因に有意 ( $p < 0.01$ ) な主効果が認められたが、課題の要因による主効果や2つの要因からの交互作用は認められなかった(図23)。つまり、上肢における中枢の情報処理時間は、S-R整合性からの影響を受けず、反応準備状態が低下するに従い、遅くなることが認められた(100%, 114.2 ms; 80%, 171.4 ms; 60%, 199.1 ms)。PMTの延長時間は、反応準備100~80%が57.2 msであり、80~60%が27.7 msであった。

MTについては、反応準備の要因に有意 ( $p < 0.05$ ) な主効果が認められたが、課題の要因による主効果や2つの要因からの交互作用は認められなかった(図24)。つまり、上肢における末梢の運動制御は、S-R整合性からの影響を受けず、反応準備状態の差異から影響されることが認められた(100%, 73.8 ms; 80%, 77.3 ms; 60%, 78.8 ms)。

RTについては、反応準備の要因に有意 ( $p < 0.01$ ) な主効果が認められたが、課題の要因による主効果や2つの要因からの交互作用は認められなかった(図25)。つまり、上肢の反応時間は、S-R整合性からの影響を受けず、反応準備状態が低下するに従い、遅延することが認められた(100%, 187.8 ms; 80%, 248.8 ms; 60%, 277.8 ms)。反応時間の延長は、反応準備100~80%が61.0 msであり、80~60%が29.0 msであった。

## B. 下肢における反応時間

下肢におけるPMT, MT, RTについて反応準備(100, 80, 60%)、課題(整合・不整合)の違いによる2要因分散分析を行った。

その結果、PMTについては、反応準備の要因に有意 ( $p < 0.01$ ) な主効果が認められたが、課題の要因による主効果や2つの要因からの交互作用は認められなかった(図23)。つまり、下肢における中枢の情報処理時間は、S-R整合性からの影響を受けず、反応準備状態が低下するに従い、遅くなることが認められた(100%, 137.2 ms; 80%, 200.0 ms; 60%, 230.0 ms)。PMTの延長時間は、反応準備100~80%が62.7 msであり、80~60%が30.0 msであった。

MTについては、反応準備の要因に有意 ( $p < 0.05$ ) な主効果が認められたが、課題の要因による主効果や2つの要因からの交互作用は認められなかった(図24)。つまり、下肢における末梢の運動制御は、S-R整合性からの影響を受けず、反応準備状態の差異から影響されることが認められた(100%, 73.1 ms; 80%, 81.9 ms; 60%, 83.2 ms)。

RTについては、反応準備の要因に有意 ( $p < 0.01$ ) な主効果が認められたが、課題の要

因による主効果や2つの要因からの交互作用は認められなかった(図25)。つまり、下肢の反応時間は、S-R整合性からの影響を受けず、反応準備状態が低下するに従い、遅くなることが認められた(100%, 210.5 ms; 80%, 281.9 ms; 60%, 313.2 ms)。反応時間の延長は、反応準備100~80%が71.4 msであり、80~60%が31.3 msであった。

### C. 誤反応率

上肢における誤反応率の平均値と標準偏差は、整合、不整合課題の順に反応準備100%において $0.4 \pm 1.4$ ,  $0.0 \pm 0.0$ %, 反応準備80%において $9.6 \pm 5.8$ ,  $13.0 \pm 6.9$ %, 反応準備60%において $11.0 \pm 9.8$ ,  $13.0 \pm 10.1$ %であった。反応準備(100, 80, 60%), 課題(整合・不整合)の違いによる2要因分散分析を行った結果、反応準備の要因に有意( $p < 0.01$ )な主効果が認められたが、課題の要因による主効果や2つの要因からの交互作用は認められなかった(図26)。

下肢における誤反応率の平均値と標準偏差は、整合、不整合課題の順に反応準備100%において $0.4 \pm 1.4$ ,  $1.7 \pm 2.5$ %, 反応準備80%において $12.0 \pm 6.9$ ,  $8.8 \pm 5.3$ %, 反応準備60%において $7.9 \pm 7.2$ ,  $15.0 \pm 9.6$ %であった。反応準備(100, 80, 60%), 課題(整合・不整合)の違いによる2要因分散分析を行った結果、課題の要因による主効果は認められなかったが、反応準備の要因に有意( $p < 0.01$ )な主効果が認められ、2つの要因に有意( $p < 0.05$ )な交互作用が認められた(図26)。

つまり、上肢、下肢にかかわらず、反応準備状態の低下に伴い、誤反応を引き起こす確率が増大する傾向であった。また、前章(実験1,2)において認められた上肢と下肢の差異は、認められなかった。

## 4. 考察

刺激情報から反応動作を行う肢を選択する状況において、反応を開始するためには、どちらの側で動作を起こすかという反応符号をS-R変換段階で選択しなければならない。このとき、Go信号となる命令刺激の呈示前に、利用できる情報がないとき、選択反応時間は、S-R整合性から強く影響を受けている。さらに下肢の場合、S-R整合性は、中枢での情報処理時間だけでなく、中枢から末梢へ送られる運動プログラムのパラメーターに対しても影響を及ぼしている可能性が示唆された(前章, 実験1,2)。一方、単純反応時間課題との比較から、末梢の運動制御に及ぼす影響は、S-R整合性の効果ではなく、反応準

備状態の差異であることも考えられる（前章，実験1）。そこで，本節では，どちらの側で反応するかに関する情報が，命令刺激の呈示前に積極的に利用される状況を予告合図パラダイムを用いることによって創りだした。また，反応をする（Go 反応），しない（No-go 反応）の命令刺激を呈示することによって，被験者の反応準備状態を操作した。

Premotor time は，上肢，下肢ともに，どの反応準備状態においても，S-R 整合性からの影響は認められなかった。上肢の Premotor time は，反応準備 100 % のとき 114.2 ms，80 % のとき 171.4 ms，60 % のとき 199.1 ms であり，反応準備状態の低下に従って増加する傾向を示した。下肢の Premotor time についても，反応準備 100 % のとき 137.2 ms，80 % のとき 200.0 ms，60 % のとき 230.0 ms であり，反応準備状態の低下に従って増加する傾向を示した（図 23）。つまり，中枢の情報処理時間は反応準備状態の違いのみから影響されることが示唆された（Rosenbaum & Kornblum, 1982）。中枢の情報処理時間に対する S-R 整合性の効果の消失は，予告刺激によって命令刺激がどちらの側に呈示されるかに関する情報を，命令刺激の呈示前に利用することができ，反応を要求される肢についての反応符号を選択的に準備できるため，S-R 変換段階において符号の変換処理を行う必要がなくなったからであると考えられる。

Motor time についても上肢，下肢にかかわらず，S-R 整合性から影響されず，反応準備状態の差異から影響されることが認められた。上肢の Motor time は，反応準備状態が低下するにつれて増加し，100 %（73.8 ms）から 80 %（77.3 ms）になるとき最も遅延した。このことは，Go 反応刺激の呈示確率が低下するのに伴い，脊髓  $\alpha$  運動ニューロンに抑制をかける必要がある（笠井, 1980, 1981），運動単位の動員が効率よくできなくなったためであると考えられる。下肢の Motor time についても，反応準備状態が低下するにつれて増加し，100 %（73.1 ms）から 80 %（81.9 ms）になるとき最も遅延した。さらに，100~60 % までの Motor time の遅延時間は，上肢（5.0 ms）と比較して下肢（10.1 ms）の方が有意に大きかった。本節で用いられた動作は手関節，足関節の背屈であるが，主働筋である上肢の橈側手根伸筋と下肢の前脛骨筋に対する神経支配比は，下肢の方が大きい（Buchthal & Schmalbruch, 1980），1本の脊髓  $\alpha$  ニューロンでより多くの筋を収縮させる必要がある。そのため，下肢における末梢の運動制御は，上肢よりも反応準備状態の優劣に大きく左右されると考えられる。

また，本節における Motor time は，S-R 整合性からの影響を受けなかったが，Premotor time についても影響を受けなかった。したがって，S-R 整合性の効果による要因と反応準備

状態の違いによる要因を分離することができず、S-R 整合性が Motor time に対して関与しているのかを説明することができなかった。つまり、情報処理過程の S-R 変換段階において刺激符号から反応符号への変換処理を行う際に、整合反応課題と不整合反応課題の間に処理時間の違いが生じなければ、反応プログラミング段階において反応実行に関する反応符号が、自動的賦活による反応符号、または、反応準備状態による反応符号との衝突を起さないと考えられる。なぜなら、反応プログラミング段階で照合される2つの反応符号が、どの課題においても同じであるからである。したがって、一方の刺激にのみ注意する条件では、刺激呈示前に反応すべき反応符号を生起することができるため、運動プログラムのパラメーターに対する S-R 整合性の効果が消失したと推察される。

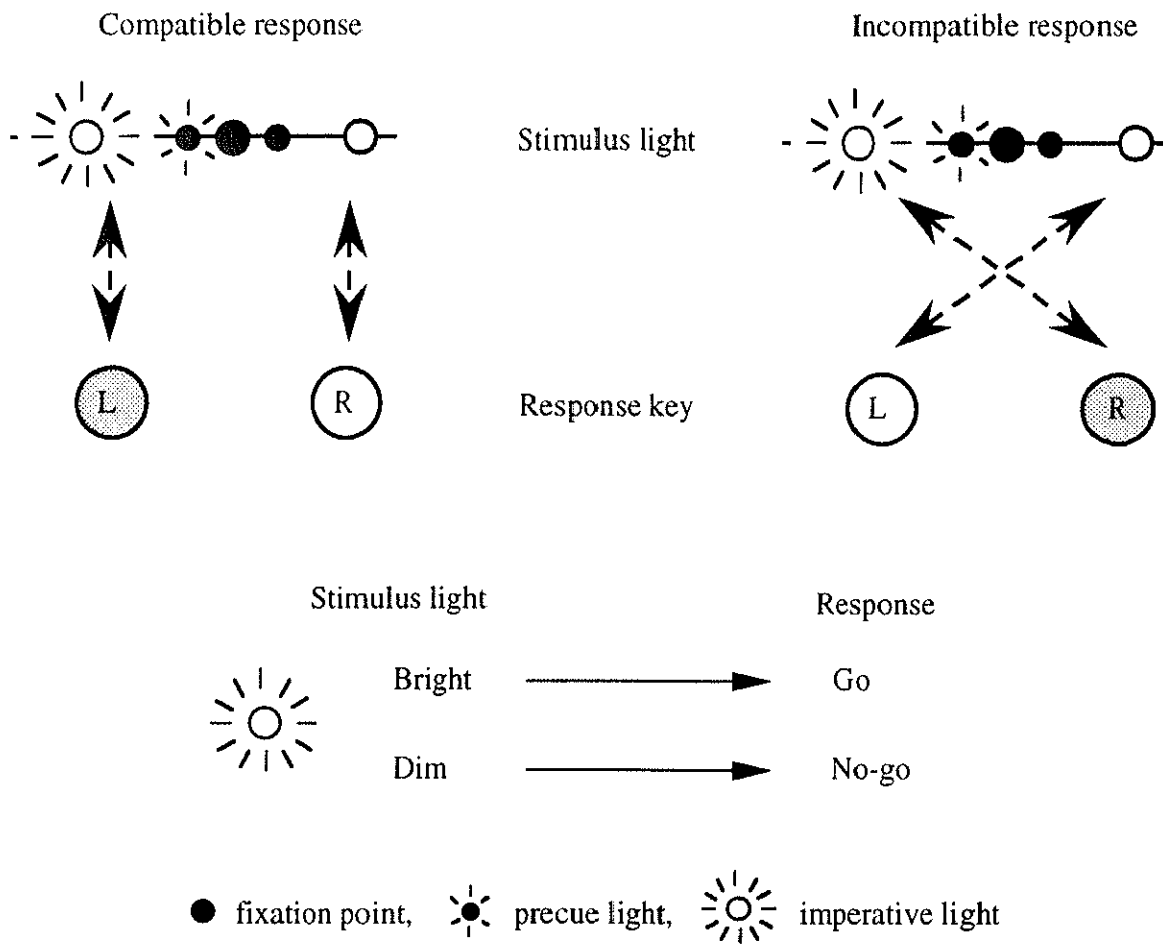
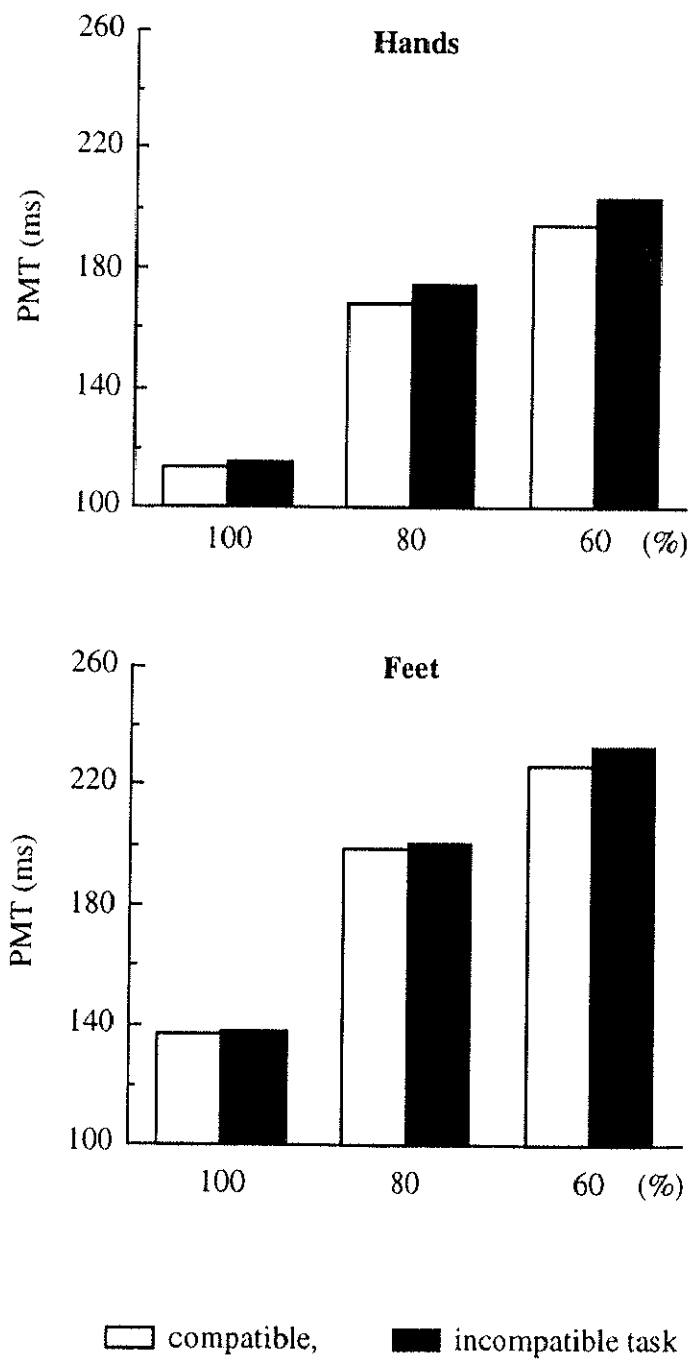
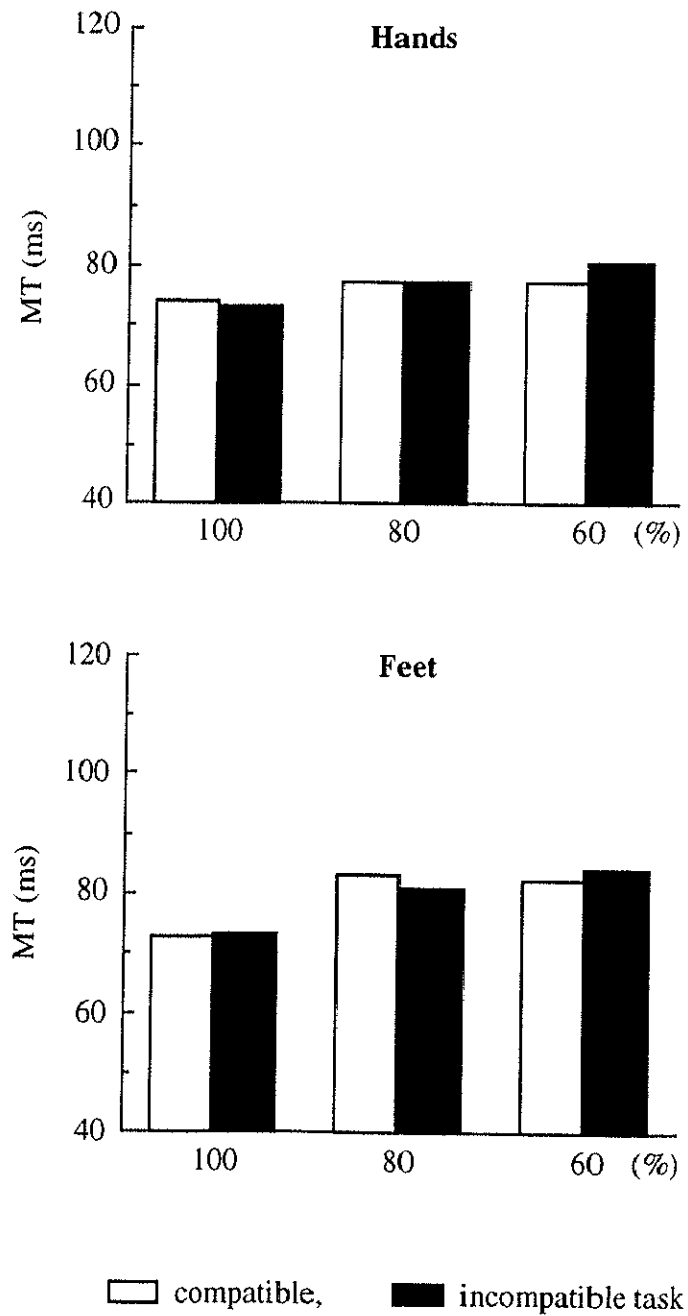


Fig. 22 Schematic showing of experimental setting conditions in Experiment 3.

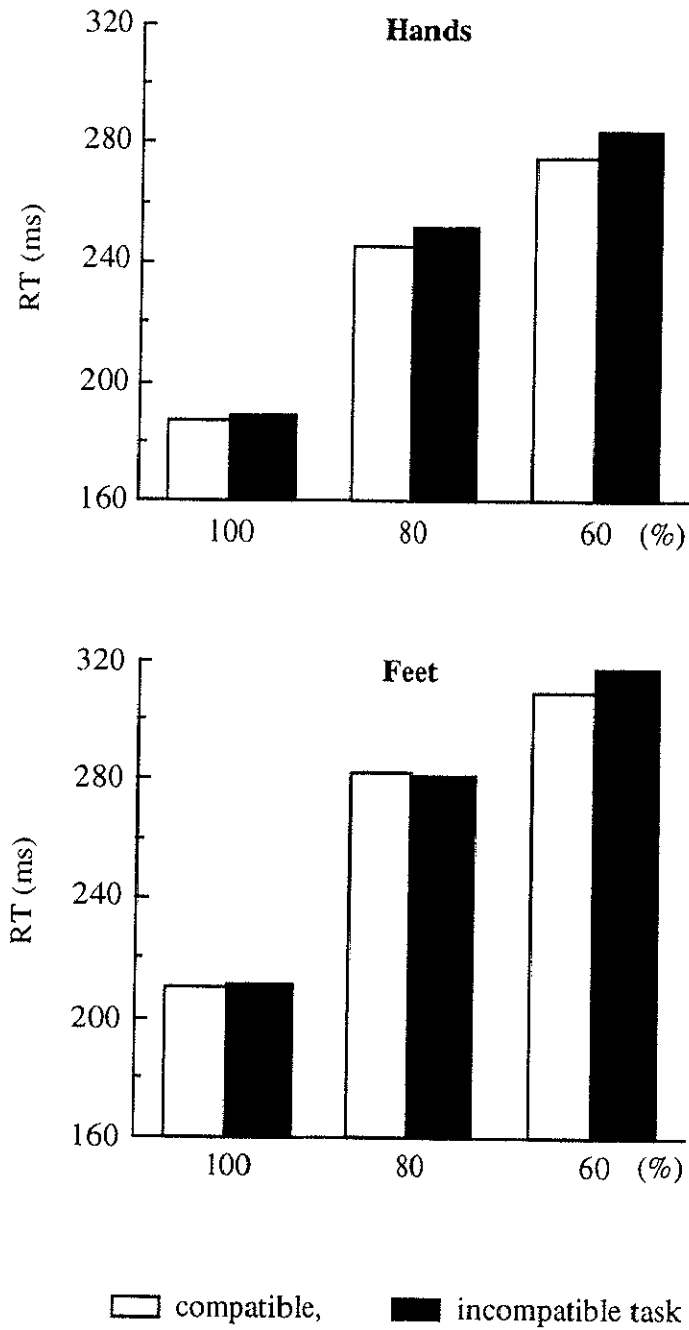




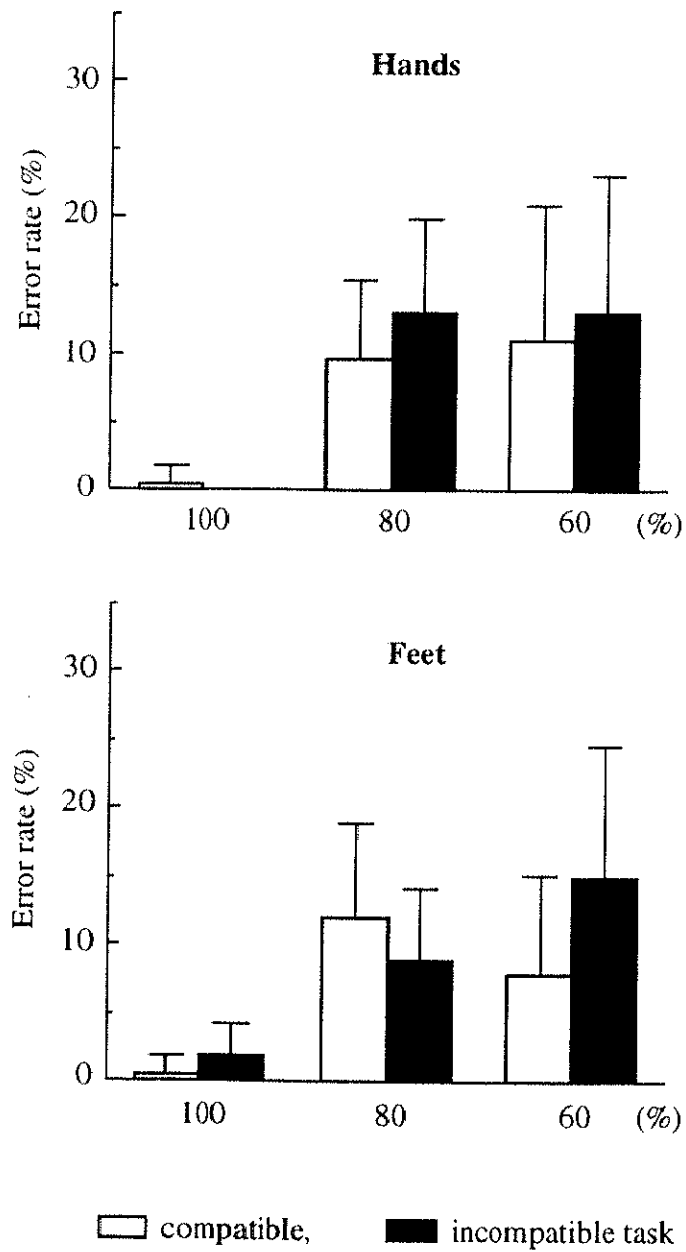
**Fig. 23** Mean premotor time (ms) as a function of response preparation and compatibility task in Experiment 3.



**Fig. 24** Mean motor time (ms) as a function of response preparation and compatibility task in Experiment 3.



**Fig. 25** Mean reaction time (ms) as a function of response preparation and compatibility task in Experiment 3.



**Fig. 26** Error rate (%) as a function of response preparation and compatibility task in Experiment 3.

**Table 3** Means and standard deviations (ms) for PMT, MT, RT of left and right hands or feet to lateralized visual stimuli at each response preparations in Experiment 3.

Responding Side	Hand						Foot						
	LVF			RVF			LVF			RVF			
	PMT	MT	RT	PMT	MT	RT	PMT	MT	RT	PMT	MT	RT	
100%	Left	<b>111.0</b> (14.0)	<b>75.8</b> (6.3)	<b>186.7</b> (15.0)	116.4 (9.7)	75.0 (6.3)	191.4 (10.1)	<b>134.7</b> (11.5)	<b>74.9</b> (13.2)	<b>209.6</b> (19.3)	139.4 (12.7)	74.6 (13.8)	214.0 (19.0)
	Right	114.0 (15.1)	71.6 (7.7)	185.6 (15.3)	<b>115.3</b> (14.8)	<b>72.3</b> (7.0)	<b>187.6</b> (13.6)	135.7 (15.1)	72.1 (11.2)	207.8 (16.3)	<b>139.7</b> (15.7)	<b>71.1</b> (11.8)	<b>210.8</b> (14.3)
80%	Left	<b>167.9</b> (26.3)	<b>77.5</b> (9.3)	<b>245.4</b> (25.6)	180.0 (26.3)	77.6 (5.4)	257.6 (25.2)	<b>194.5</b> (29.4)	<b>83.8</b> (15.6)	<b>278.3</b> (25.6)	199.1 (27.7)	81.2 (16.5)	280.3 (25.4)
	Right	169.0 (27.8)	76.9 (9.4)	246.0 (24.2)	<b>168.8</b> (25.0)	<b>77.3</b> (10.8)	<b>246.1</b> (25.1)	202.5 (28.4)	80.1 (18.2)	282.7 (29.9)	<b>203.7</b> (33.1)	<b>82.6</b> (17.3)	<b>286.3</b> (28.1)
60%	Left	<b>186.3</b> (33.2)	<b>78.7</b> (9.7)	<b>265.0</b> (35.2)	208.0 (34.4)	82.5 (11.1)	290.5 (37.0)	<b>222.1</b> (35.0)	<b>83.3</b> (15.3)	<b>305.4</b> (34.0)	228.3 (37.6)	86.2 (16.6)	314.5 (34.8)
	Right	199.7 (33.7)	78.2 (10.5)	277.8 (32.1)	<b>202.4</b> (26.2)	<b>75.7</b> (9.2)	<b>278.0</b> (27.6)	238.4 (37.3)	81.8 (16.8)	320.2 (30.3)	<b>231.3</b> (31.7)	<b>81.4</b> (18.7)	<b>312.7</b> (31.9)

Mean (SD), PMT: premotor time, MT: motor time, RT: reaction time, LVF: left visual field, RVF: right visual field, bold values are compatible response.

## 第2節 半側空間への選択的注意配分の違いと S-R 整合性が Premotor time, Motor time に及ぼす影響 (実験4)

### 1. 目的

予告合図パラダイムを用いることによって (Rosenbaum, 1980, 1983), 命令刺激の呈示前に反応を行う肢の反応符号が準備できるとき, 命令刺激から反応動作の開始までの期間に情報処理過程で反応符号を長期記憶から検索する必要がない。さらに一方の刺激に注意を向けている場合, 反応実行のための反応符号がすでに準備されているため, 刺激符号と反応符号が異なること (left/right, right/left) による情報処理の損失がなく, さらに反応プログラミング段階における自動的賦活による反応符号との衝突も生じないと考えられ, Premotor time, Motor time に対する S-R 整合性の効果が消失すると示唆された (前節, 実験3)。また, 前章 (実験1, 2) において下肢の Motor time は, S-R 整合性から影響されることが認められたが, 反応準備状態の差異によっても, Motor time が有意に変化した (前節, 実験3)。したがって, 反応プログラミング段階で構築される運動プログラムのパラメーターが S-R 整合性の影響を受けるという仮説 (前章, 実験1, 2) をさらに検証する必要がある。そこで, 予告合図パラダイムを用い, 命令刺激がどちらの側で呈示されるのかを予測させることによって, 中枢の情報処理過程における反応符号の準備を促進させ, 反応準備状態を変化させる。このとき, 情報処理過程の S-R 変換段階において刺激符号と反応符号が異なり, さらに反応プログラミング段階で反応符号の照合が起きるような状況, すなわち, 2つの刺激に対する注意配分を変えることによって, 2つの肢のうち, どちらか一方の反応を選択しなければならないような実験パラダイムを用いる。もし, Premotor time, Motor time に S-R 整合性の効果が認められるならば, 情報処理過程の S-R 変換段階において S-R の符号変換処理が行われ, 反応プログラミング段階で自動的賦活による反応符号と反応実行に関する反応符号の競合が生じていると考えることができる。つまり, この状況での Motor time への影響は, 反応準備状態の差異だけでなく, S-R 整合性も関係していることになる。

そこで本節では, 予告合図パラダイムを用いることにより, 命令刺激の呈示される側へ注意の偏向を促し, その一致率を変化させることによって, 半側空間への注意配分が変化すると仮定した。この選択的注意配分の違いが, 2つの反応符号の準備状態に影響するため, S-R の符号の変換処理が要求されることになる。このような半側空間への選択的注意

配分の異なる条件で、上肢および下肢における Premotor time, Motor time に対する S-R 整合性の効果を検討することによって、運動プログラムのパラメーターに対して S-R 整合性が影響を及ぼしているのかどうかを明らかにすることを目的とする。

## 2. 方法

### A. 被験者

眼疾患のない右手利き、右機能足の男子大学生 12 名（身長,  $173.5 \pm 4.4$  cm; 視力左,  $0.9 \pm 0.4$ ; 視力右,  $1.0 \pm 0.4$ ）が、被験者として実験に参加した。利き手、機能足の判定には、浅見ほか（1981）と Oldfield（1971）の方法を参考にアンケート調査を行った。

### B. 実験装置とその配置

光刺激装置は、本章の第1節（実験3）と同一のものを用いた。反応キーは、第4章の第1節（実験1）と同一とした。被験者の注視状態を確認するため、時定数 1.5 秒、高周波遮断域 300 Hz 以上で EOG を導出し、オシロスコープ（日本光電社製: HANDY MONITOR VC-2）で眼球運動をモニターした。

### C. 実験手順

実験は、室内を暗くし光刺激がはっきりと見える環境において行った。被験者は、椅子に座り、注視状態を維持しながら、2つの反応キーを押した状態で待機した。「いきます」という予告を促してから注視点の左右どちらか一方の予告刺激がランダムに呈示され、約 0.5~1.5 秒後にどちらか一方の命令刺激が呈示された。半側空間への選択的注意配分を変えるために、予告刺激の呈示される側と命令刺激の呈示される側の一致率（100, 80, 60%）を変化させた（図 27）。例えば、選択的注意配分 80% の条件の場合、刺激の呈示される全試行のうち 80% の試行は、予告刺激が呈示された側の命令刺激が 80% の確率で発光するが、残りの 20% は対側の命令刺激が発光することになる。つまり、左の予告刺激が呈示されたとしても、右の命令刺激が発光する場合があるということである。

整合課題は、左視野の光刺激に対して左のキー、右視野の光刺激に対して右のキーを離すもので、不整合課題は、左視野の命令刺激に対して右のキー、右視野の命令刺激に対して左のキーを離すものであった。被験者には、命令刺激が呈示され次第、課題にあった反応をできるだけ素早く正確に開始するように指示した。被験者は、この2つの課題を上肢

または下肢で行った。全ての試行は、3セッション、2ブロックに分けられ、1ブロックの試行回数は20試行であり、計120試行が1日で行われた。別の日に同じ3セッションの実験を行った。試行間隔は約10~15秒であり、ブロック間において約2~3分の休息をとった。測定開始順序の影響を取り除くため、被験者の半数が上肢から、残りの半数が下肢から実験を行った。また、整合課題から開始するか、不整合課題から開始するかは、セッション間でランダムにした。

#### D. データの収集と分析方法

橈側手根伸筋、前脛骨筋上から表面筋電図(EMG)を時定数0.03秒、高周波遮断域1kHz以上で導出した。EMG、反応キーのon-off信号、光刺激のトリガー信号をサンプリング周波数2kHzでA/D変換し、パーソナルコンピュータ(Apple社製:Macintosh IIci;アプリケーション:SuperScope, GW instruments)に記録した。光刺激呈示から筋放電が開始されるまでの時間(PMT: premotor time)、筋放電が開始されてからキーが離れるまでの時間(MT: motor time)、刺激呈示から反応キーが離れるまでの時間(RT: reaction time)を1ミリ秒単位で測定した。誤反応率については、反応しなければならない肢の対側肢において筋放電が認められた場合、その試行を誤反応とし、全試行数から誤反応数の比率を算出した。

### 3. 結果

各選択的注意条件における上肢および下肢のPMT, MT, RTの平均値と標準偏差は表4に示す通りであった。

#### A. 上肢における反応時間

上肢におけるPMT, MT, RTについて選択的注意(100, 80, 60%)、課題(整合・不整合)の違いによる2要因分散分析を行った。

その結果、PMTについては、選択的注意と課題の違いによる要因に有意( $p < 0.01$ )な主効果が認められ、2つの要因に有意( $p < 0.05$ )な交互作用が認められた。つまり、上肢におけるPMTは、選択的な注意配分が減少するに従い増加し、選択的注意が80, 60%になるとS-R整合性から影響されることが認められた(図28)。その整合性の効果は、選択的注意が80%のとき20.7msであり、60%のとき34.2msであった。

MTについては、有意なF値は認められず、どの条件においても約70msであった(図



29)。

RTについては、選択的注意と課題の違いによる要因に有意 ( $p<0.01$ ) な主効果が認められ、2つの要因に有意 ( $p<0.05$ ) な交互作用が認められた。つまり、上肢におけるRTは、選択的な注意配分が減少するに従い増加し、選択的注意が80, 60%になるとS-R整合性から影響されることが認められた(図30)。その整合性の効果は、選択的注意が80%のとき20.8msであり、60%のとき32.8msであった。

#### B. 下肢における反応時間

下肢におけるPMT, MT, RTについて選択的注意(100, 80, 60%)、課題(整合・不整合)の違いによる2要因分散分析を行った。

その結果、PMTについては、選択的注意と課題の違いによる要因に有意 ( $p<0.01$ ) な主効果が認められ、2つの要因に有意 ( $p<0.05$ ) な交互作用が認められた。つまり、下肢におけるPMTは、選択的な注意配分が減少するに従い増加し、選択的注意が80, 60%になるとS-R整合性から影響されることが認められた(図28)。その整合性の効果は、選択的注意が80%のとき26.2msであり、60%のとき30.7msであった。

MTについては、選択的注意の要因に有意 ( $p<0.01$ ) な主効果が認められたが、課題の要因による主効果や2つの要因からの交互作用は認められなかった(100%, 70.2ms; 80%, 77.6ms; 60%, 80.7ms)。しかし、選択的注意が80%(整合, 76.4ms; 不整合, 78.7ms)、60%(整合, 77.3ms; 不整合, 84.0ms)になるにつれ、整合反応と不整合反応におけるMTの差異が大きくなる傾向を示した(図29)。

RTについては、選択的注意と課題の違いによる要因に有意 ( $p<0.01$ ) な主効果が認められ、2つの要因に有意 ( $p<0.05$ ) な交互作用が認められた。つまり、下肢におけるRTは、選択的な注意配分が減少するに従い増加し、選択的注意が80, 60%になるとS-R整合性から影響されることが認められた(図30)。その整合性の効果は、選択的注意が80%のとき28.5msであり、60%のとき37.4msであった。

#### C. 誤反応率

上肢における誤反応率の平均値と標準偏差は、整合、不整合課題の順に選択的注意100%において $0.4\pm 1.4$ ,  $0.8\pm 2.9$ %, 選択的注意80%において $2.5\pm 5.8$ ,  $12.0\pm 9.9$ %, 選択的注意60%において $2.9\pm 5.0$ ,  $9.6\pm 9.9$ %であった。選択的注意(100, 80, 60%)、課

題（整合・不整合）の違いによる2要因分散分析を行った結果、選択的注意と課題の要因に有意 ( $p < 0.01$ ) な主効果が認められたが、2つの要因からの交互作用は認められなかった（図31）。

下肢における誤反応率の平均値と標準偏差は、整合、不整合課題の順に選択的注意 100%において  $0.0 \pm 0.0$ ,  $0.8 \pm 2.0\%$ 、選択的注意 80%において  $7.1 \pm 6.2$ ,  $16.0 \pm 7.9\%$ 、選択的注意 60%において  $2.9 \pm 4.0$ ,  $18.0 \pm 13.5\%$  であった。選択的注意（100, 80, 60%）、課題（整合・不整合）の違いによる2要因分散分析を行った結果、選択的注意と課題の要因に有意 ( $p < 0.01$ ) な主効果が認められ、2つの要因から有意 ( $p < 0.01$ ) な交互作用が認められた（図31）。つまり、誤反応率については、上肢、下肢にかかわらず、選択的注意の割合が減少するに従い増加し、S-R 整合性からも影響されることが示唆された。

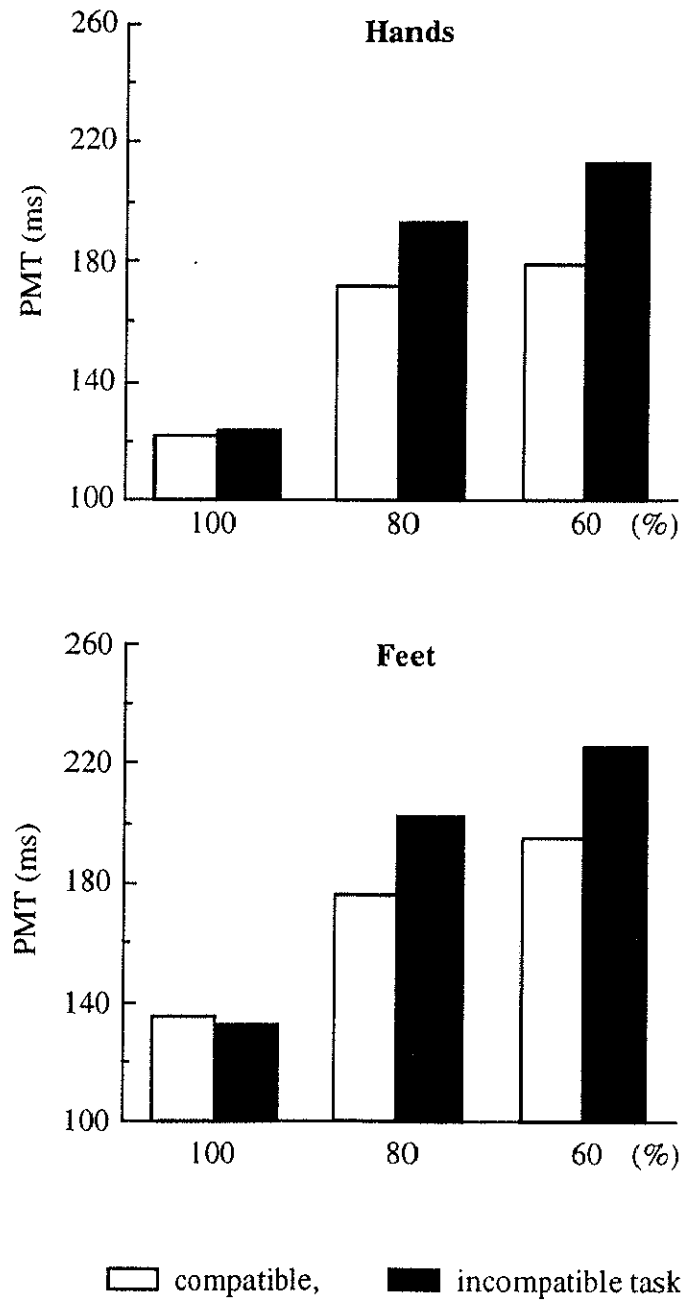
#### 4. 考察

上肢、下肢における Premotor time は、選択的な注意配分が減少するに従い、S-R 整合性の効果が増加することが認められた。選択的な注意配分 100% のときは、上肢、下肢ともに S-R 整合性が消失した。これは前節（実験3）と同様に、反応する肢についての反応符号を命令刺激前に準備できるため、S-R 変換段階において符号の変換処理を行う必要がなくなるからであると考えられる。しかし、選択的な注意配分が 80, 60% のときは、課題にあった反応を開始するために反応符号を選択しなければならなくなる。このため、上肢と下肢における中枢の情報処理時間に対して S-R 整合性の効果が影響していたと考えられる。また、それは、選択的な注意配分 80% のとき、上肢が 20.7 ms, 下肢が 26.2 ms であり、選択的な注意配分 60% のとき、上肢が 34.2 ms, 下肢が 30.8 ms であった（図28）。しかし、予告合図によって事前にどちらの命令刺激が発光するのか予測できない状況において（e.g., 50% の確率で呈示される）、Premotor time に対する S-R 整合性の効果は約 40~50 ms であったことから（前章、実験 1, 2）、どちらの肢で反応動作をするかに関する反応符号を前もって準備できるほど、中枢での情報処理時間に対する S-R 整合性の効果は、減少することが示唆された。これらのことから、スポーツ場面におけるオフェンス・ディフェンスの反応動作のように S-R 整合性が当てはまる状況においては、できるだけ相手の動きを予測し、ある程度どちらか一方の側の反応符号を準備しておくことが重要であると示唆される。

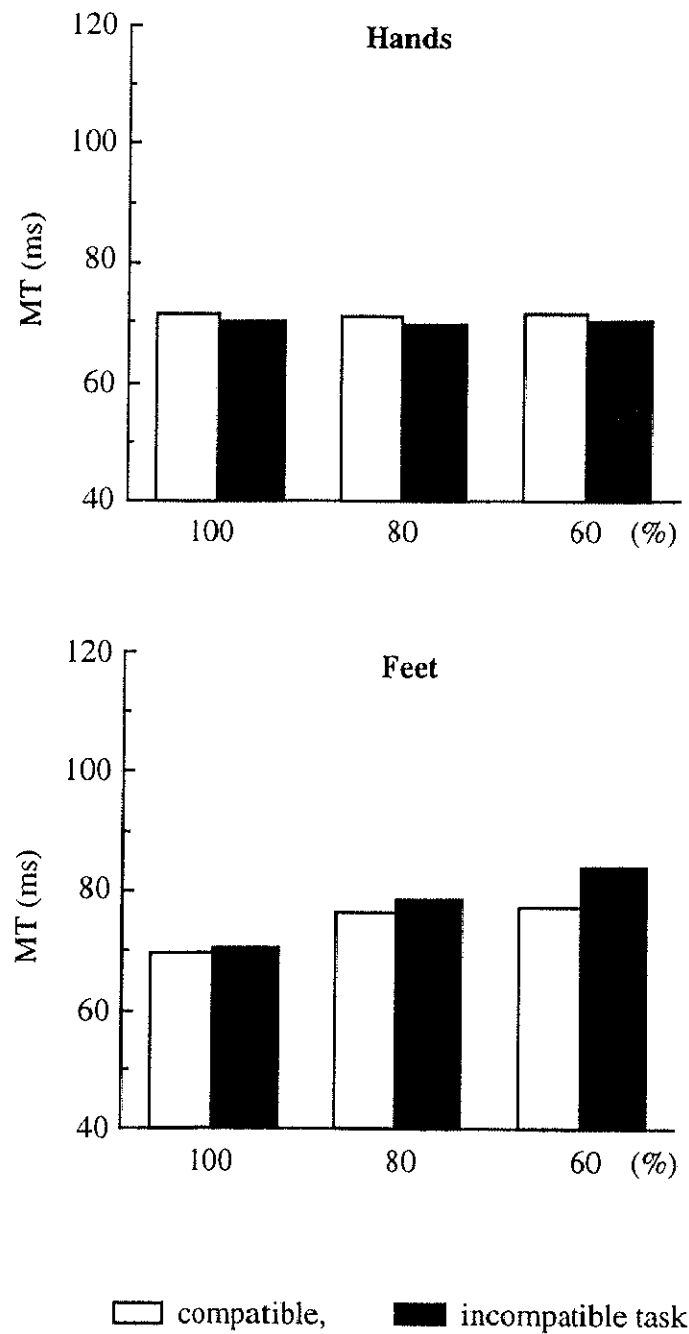
選択的な注意配分を変化させた本節において上肢の Motor time は、予告合図パラダイム

を用いていない前章（実験1,2）の結果と同様に，S-R 整合性から影響されず，どの条件においても約 70 ms であることが認められた。一方，下肢の Motor time は，選択的な注意配分が減少すると増加することが認められ，100% 注意配分条件と比較して 80% 注意配分条件の方が 7.4 ms 有意 ( $p < 0.01$ ) に遅延し，反応準備状態を変化させた場合と同様の傾向を示した。つまり，選択的な注意配分の変化についても，下肢の脊髄ニューロンプールの興奮性が反応準備状態によって変化することが推察された（笠井, 1980, 1981）。しかし，選択的な注意配分が減少するに従い，不整合課題（100%, 69.7 ms; 80%, 76.4 ms; 60%, 77.3 ms）の方が整合課題（100%, 70.7 ms; 80%, 78.7 ms; 60%, 84.0 ms）よりも遅延する傾向であることが認められ（図 29），さらに，選択的な注意配分 60% の条件において，整合課題（77.3 ms）と不整合課題（84.0 ms）について対応ある t-検定を行った結果，有意 ( $p < 0.05$ ) に不整合課題の方が遅くなることが認められた。つまり，一方の半側空間への注意配分が減少するほど，Motor time に対する S-R 整合性の効果が現われることが確認された。したがって，中枢の情報処理過程における S-R 変換段階で刺激符号から反応符号への変換処理に時間が費やされるほど，反応プログラミング段階で自動的に賦活した反応符号と反応実行に関する反応符号が競合し（加藤ほか, 2000 in press），運動プログラムの構築に影響すると示唆された。さらに，命令刺激の呈示前により強い反応準備が可能であるならば，刺激に関連して自動的に賦活する反応符号（Kornblum et al., 1990）の影響を無視できると推察される。

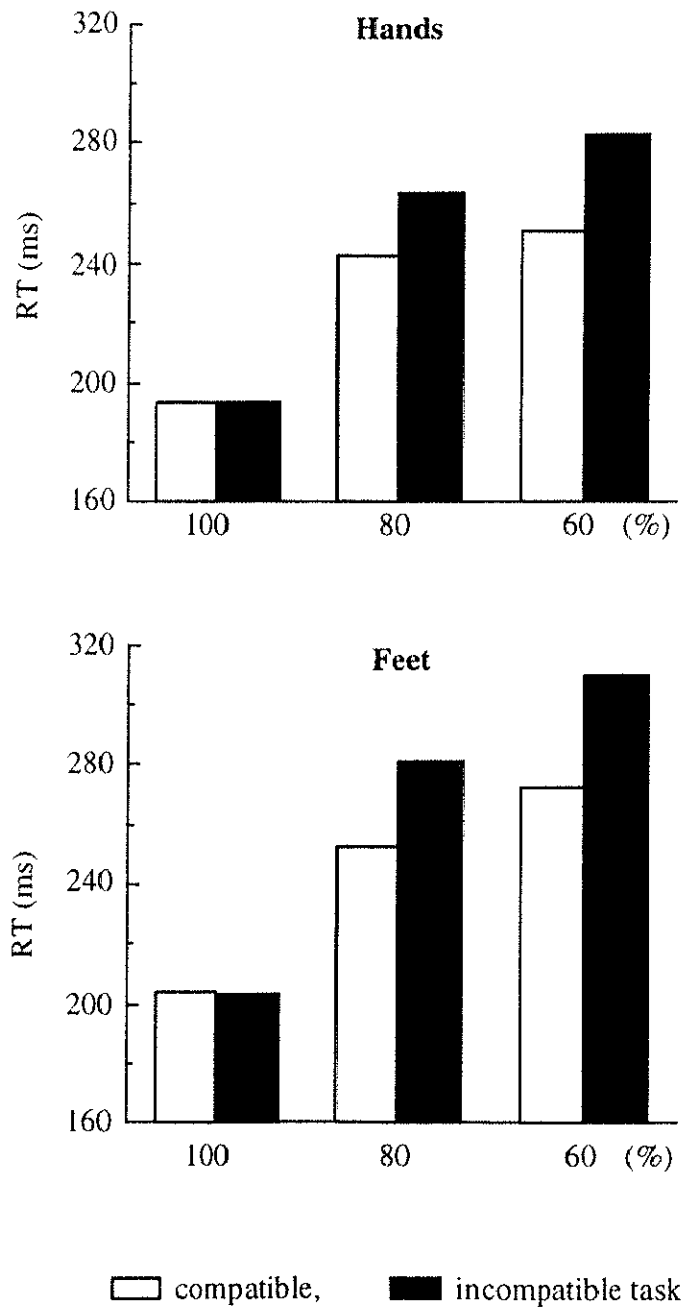




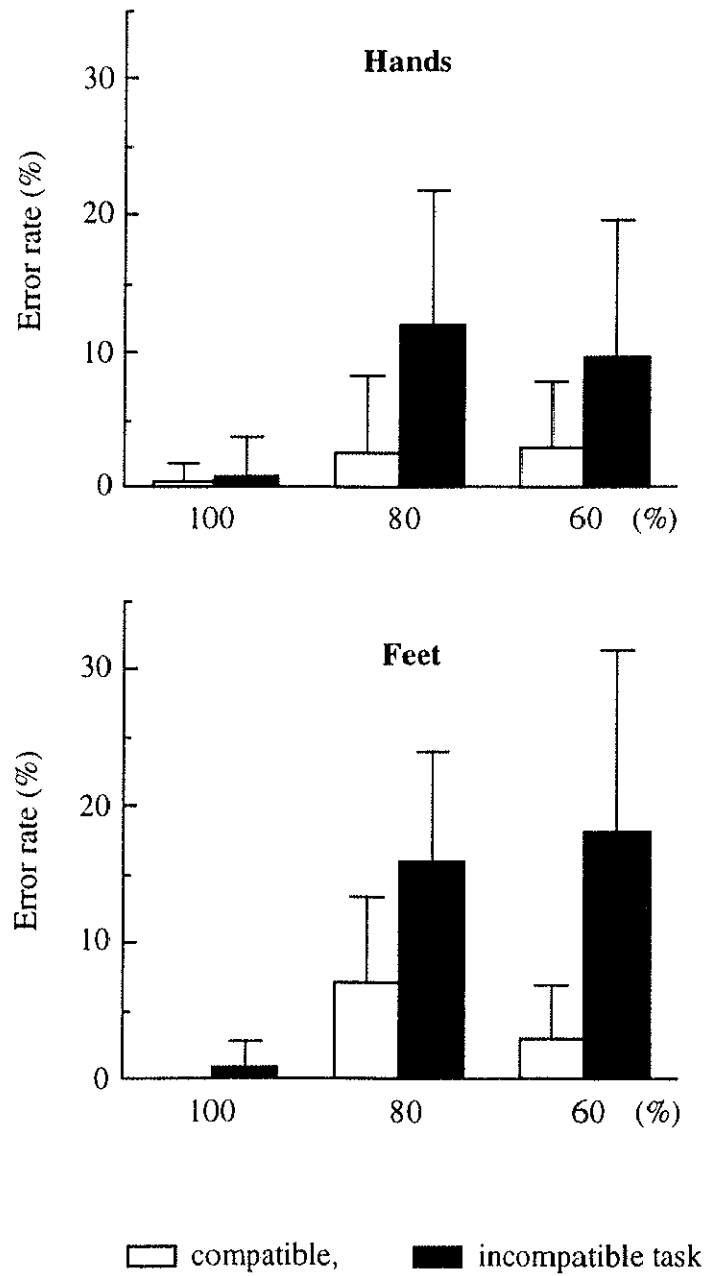
**Fig. 28** Mean premotor time (ms) as a function of selective attention and compatibility task in Experiment 4.



**Fig. 29** Mean motor time (ms) as a function of selective attention and compatibility task in Experiment 4.



**Fig. 30** Mean reaction time (ms) as a function of selective attention and compatibility task in Experiment 4.



**Fig. 31** Error rate (%) as a function of selective attention and compatibility task in Experiment 4.



**Table 4** Means and standard deviations (ms) for PMT, MT, RT of left and right hands or feet to lateralized visual stimuli at each selective attentions in Experiment 4.

Responding Side	Hand						Foot						
	LVF			RVF			LVF			RVF			
	PMT	MT	RT	PMT	MT	RT	PMT	MT	RT	PMT	MT	RT	
100%	Left	<b>118.0</b> (28.4)	<b>72.0</b> (11.1)	<b>190.0</b> (26.8)	126.2 (25.8)	71.3 (9.8)	197.5 (26.7)	<b>131.2</b> (20.7)	<b>70.0</b> (10.2)	<b>201.2</b> (19.1)	135.7 (18.2)	72.0 (12.5)	207.7 (18.4)
	Right	120.2 (22.1)	69.0 (10.0)	189.2 (24.9)	<b>125.7</b> (23.1)	<b>70.6</b> (12.9)	<b>196.3</b> (27.4)	129.2 (20.1)	69.4 (10.1)	198.5 (21.0)	<b>138.3</b> (22.3)	<b>69.4</b> (9.2)	<b>207.7</b> (23.7)
80%	Left	<b>170.8</b> (26.8)	<b>73.3</b> (11.7)	<b>244.1</b> (26.3)	193.5 (37.5)	72.3 (11.3)	265.8 (37.6)	<b>171.5</b> (20.8)	<b>76.6</b> (13.9)	<b>248.1</b> (15.7)	203.3 (27.8)	80.8 (15.8)	284.0 (26.5)
	Right	194.0 (32.7)	67.3 (11.0)	261.3 (34.0)	<b>172.9</b> (26.9)	<b>68.6</b> (13.6)	<b>241.5</b> (26.3)	201.8 (31.5)	76.6 (11.9)	278.5 (32.3)	<b>181.1</b> (19.7)	<b>76.3</b> (9.6)	<b>257.3</b> (18.9)
60%	Left	<b>176.1</b> (28.3)	<b>72.1</b> (12.4)	<b>248.2</b> (27.5)	217.5 (33.6)	72.7 (13.0)	290.2 (29.4)	<b>188.5</b> (17.5)	<b>77.5</b> (12.7)	<b>266.0</b> (17.5)	228.2 (18.3)	85.2 (17.0)	313.4 (18.4)
	Right	209.5 (29.9)	67.2 (11.6)	276.8 (31.7)	<b>182.5</b> (25.0)	<b>70.7</b> (12.3)	<b>253.3</b> (23.6)	223.3 (11.5)	82.9 (12.2)	306.1 (12.9)	<b>201.6</b> (18.5)	<b>77.1</b> (10.6)	<b>278.7</b> (18.9)

Mean (SD), PMT: premotor time, MT: motor time, RT: reaction time, LVF: left visual field, RVF: right visual field, bold values are compatible response.

### 第3節 小括

研究課題2では、筋電図（EMG）計測によって反応時間を Premotor time と Motor time に分け、さらに半側空間への選択的注意と S-R 整合性が異なる運動肢の選択反応時間に及ぼす影響を検討した。

実験3では、Go/No-go 反応課題を用い反応準備状態の違いと S-R 整合性が Premotor time, Motor time に及ぼす影響を検討した。その結果、上肢、下肢における Premotor time, Motor time は、S-R 整合性の効果を受けず、反応準備状態が低下するほど遅延することが認められた。

実験4では、半側空間への選択的注意配分の違いと S-R 整合性が Premotor time, Motor time に及ぼす影響を検討した。その結果、2つの刺激への注意配分が増加するにしたがい、Premotor time に対する S-R 整合性の効果は、上肢、下肢ともに増加することが認められ、80% 注意配分で 20~25 ms, 60% 注意配分で 30~35 ms であった。Motor time に対する S-R 整合性の効果は、下肢の60% 注意配分でのみ認められた。

これらの結果より、情報処理過程の S-R 変換段階において符号変換処理に時間がかかるほど、反応プログラミング段階で準備されている反応符号と実行すべき反応動作に対する反応符号が競合することになり、S-R 整合性が運動プログラムのパラメーターに影響すると推察された。