

第7章 S-R 整合性が異なる運動肢の反応プログラミングに及ぼす影響 (研究課題4)

第1節 S-R 整合性が運動野神経活動に及ぼす影響—脳磁図による解析— (実験7)

1. 目的

先行研究において、S-R 整合性は情報処理過程における刺激符号と反応符号の変換処理に要する時間の差異によって起きると報告されてきた (Umiltà & Nicoletti, 1990)。つまり、S-R 整合性は情報処理過程における S-R 変換段階のみに影響し、運動プログラムを構築する反応プログラミング段階には影響しないと考えられてきた。しかし、Eimer (1995) は、反応と重複する空間的特徴を持つ予告刺激を標的刺激前に呈示すると LRP (lateralized readiness potential) が側方化することを報告し、反応課題にかかわらず刺激に関連した側の脳半球からの準備電位の方が、もう一方の脳半球よりも優位であることを報告した。これは、情報処理過程において情報が並列的に処理されており、S-R 変換段階をバイパスして反応符号を賦活させていることを意味する (Eimer, 1995; Frith & Done, 1986; Sanders, 1967)。したがって、S-R 整合性は、S-R 変換段階における刺激符号から反応符号への変換処理だけでなく反応プログラミング段階にも影響していると推測できる。

第4章 (実験1, 2)、第5章 (実験4) において末梢での運動制御様式が粗雑である下肢反応動作では、S-R 整合性が Premotor time の遅速だけでなく、Motor time の遅速にも影響することが明らかになった。また、第6章 (実験6) において S-R 整合性が力量発揮のピーク値と力の立ち上がりに影響していることが明らかになった。これらのことより、情報処理時間の浪費だけでなく、反応プログラミング段階における運動プログラムの構築に対しても S-R 整合性の効果があると示唆された。運動プログラムの構築に関与しているのは、脳の運動野領域 (1次運動野, 運動前野, 補足運動野) であり (Evarts, 1984; Gehz, 1991; 川人ほか, 1994)、これらの活動に対して S-R 整合性が影響しているのであれば、反応プログラミング段階に対する S-R 整合性の効果の情報処理メカニズムを解明できると考えられる。しかし、刺激呈示から反応を実行する直前までの運動野神経活動が、S-R 整合性によってどのように影響されるのかは、未解決の問題である。また、下肢の反応動作にのみ S-R 整合性の効果が認められたことより、上肢と下肢での運動準備状態が異なる可能性も考えられる。

そこで本節では、光刺激に対する選択反応課題において、空間・時間分解能に非常に優れている脳磁図（MEG）計測を行い、1次運動野での神経活動を時系列的に分析することにより、運動プログラムを構築している反応プログラミング段階に対してS-R整合性がどのように影響しているのかを検討する。さらに、上肢と下肢の反応実行に関する運動磁場（motor field）に対してS-R整合性が異なる影響を及ぼしているのかどうかを検討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および大学院生6名（身長、 171.0 ± 2.2 cm; 視力左、 0.7 ± 0.5 ; 視力右、 0.8 ± 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

光刺激装置は、第4章の第1節（実験1）と同様のものを使用した。被験者の前方2 mの距離に設置し、注視点から視角 5° の位置に光刺激を配置した。

C. 実験手順

被験者には、磁気シールドルーム内に設置された椅子に座り、光刺激装置の注視点をみつめるように指示した。実験条件は以下の3つであった。

（1）S-R整合性課題

刺激呈示間隔 6 ± 1 秒で左右どちらか一方がランダムに呈示される光刺激を待ち、光刺激が呈示されたら課題にあった反応をできるだけ素早く正確に行うように指示した。また、刺激呈示前2秒、刺激呈示後1秒の3秒間をデータの計測に用いるため、その期間は瞬きをしないように指示した。整合反応課題は、左の刺激に対して左の反応、右の刺激に対して右の反応を行い、不整合反応課題は、その逆の組み合わせを行うものであった。反応動作は、上肢が手関節、下肢が足関節の背屈であり、試行回数は各課題200試行（左100、右100回）であった。

(2) 視覚課題

刺激呈示間隔 3 ± 1 秒で左右どちらか一方がランダムに呈示される光刺激を見るだけの課題であり、視線は注視点から逸らさないよう指示した。また、刺激呈示前後1秒の2秒間をデータの計測に用いるため、その期間は瞬きをしないように指示した。試行回数は300試行（左150、右150回）であった。

(3) セルフペース動作課題

被験者のセルフペースで片側の肢の反応動作を繰り返す課題であり、EMG onsetの前2.5秒、EMG onsetの後0.5秒の3秒間をデータの計測に用いるため、その期間は瞬きをしないように指示した。また、データ計測期間の関係より次の動作を開始するまでに約5秒間の間隔をあけるように指示した。動作はS-R整合性課題と同様であり、試行回数は各動作肢100試行で計400試行（左手100、右手100、左足100、右足100回）であった。

これら3つの異なる実験条件は、①上肢におけるS-R整合性課題、②下肢におけるS-R整合性課題、③視覚課題、セルフペース動作課題の3つの実験セッションに分けられた。それぞれの実験セッションは別々の日に行われ、実験順序は1番目が③であり、①と②の実験を開始順序は被験者間で均等に行った。また、整合反応課題と不整合反応課題のどちらから実験を開始するかは、セッション間でランダムに行った。

D. データの収集と分析方法

脳磁界は、磁気シールドルーム内に設置された64チャンネル全頭型MEG計測システム（CFT社製: NeuroSQUID Model-100）で測定した。さらに、反応動作の主働筋である橈側手根伸筋、前脛骨筋から表面筋電図（EMG）を時定数0.03秒、高周波遮断域1kHz以上で導出した。MEG、EMG、光刺激のトリガー信号はサンプリング周波数250Hz、ローパスフィルタ125HzでA/D変換し、パーソナルコンピュータ（Apple社製: Macintosh Quadra 950; アプリケーション: MEG v3.3, CFT systems）に記録した。すべての実験終了後に計測したデータを1試行ずつコンピュータ画面上に表示し、眼球運動などのアーチファクトの入った試行を除いた。次に64チャンネル全てのデータを加算平均処理し、40Hzのローパスフィルタを行った。左右1次運動野の等価電流ダイポールの推定には、セルフペース動作課題で計測されたMEGデータをEMG onsetに同期して加算平均処理を行い、MEGデータがEMG onset付近においてピークとなる潜時で3次元球体モデル解析を行った。また、3次元球体モデル解析を行うために、被験者の頭部3ヶ所（i.e., nasion, left and right

preauricular) にコイルセンサーを貼り付け、実験の前後で頭部位置を計測した。図44には、1次運動野の活動源として推定された等価電流ダイポールの位置を同一被験者の頭部MR (magnetic resonance) 画像上に表示した。左右視覚野の活動源の推定には、視覚課題で計測されたMEGデータを刺激に同期した加算平均処理を行い、MEGデータがピークになる120-140 ms付近で3次元球体モデル解析を行った。セルフペース動作課題、視覚課題で推定された等価電流ダイポールの3次元球体モデルをS-R整合性課題における分析に用いた。S-R整合性課題の分析は、刺激に関連した運動野活動をみるために刺激に同期した加算平均を行い左右1次運動野ダイポールでの等価電流モーメントを算出した。また、反応実行に関連した運動野活動をみるためにEMG onsetに同期した加算平均を行い運動磁場 (motor field) を計測し、左右1次運動野ダイポールでの等価電流モーメントを算出した。

3. 結果

A. Premotor time

各条件における刺激呈示から筋放電開始までの時間であるPremotor timeは、表7に示す通りである。上肢、下肢ともに左の刺激に対しては、左の反応の方が右の反応よりも速く、右の刺激に対しては、右の反応の方が左の反応よりも速くなることが認められた。つまり、不整合課題よりも整合課題の方が反応時間が速いというS-R整合性の効果が確認された。また、整合反応と不整合反応との差異は、上肢で49 ms、下肢で61 msであった。

B. MEG

上肢のS-R整合性課題において計測された脳磁図の例として、subject 1の左の刺激に対する整合反応 (i.e., left/left) の結果を図45、不整合反応 (i.e., left/right) の結果を図46に示す。図中にある(a)が、64チャンネルのSQUID磁束計から得られたMEGデータを刺激に同期させて加算平均した波形、(b)がEMG onsetに同期させて加算平均した波形である。また、下肢のS-R整合性課題における脳磁図の例として、subject 1の左の刺激に対する整合反応のMEG波形を図47、不整合反応のMEG波形を図48に示す。

計測されたMEGデータを刺激に同期させて加算平均すると上肢と下肢、整合と不整合といった条件の違いに関わらず、刺激呈示から一定の潜時 (subject 1, 160-180 ms; subject 2, 140-160 ms; subject 3, 150-170 ms; subject 4, 180-200 ms; subject 5, 170-190 ms; subject 6, 150-170ms) で脳磁界にピークが出現することが認められた。さらに、脳磁界がピークに

なる潜時での活動をマップに描くと1番左側にあるマップのようになり(図45-48), どの条件においても運動野付近において強い活動源が存在することが明らかになった。

1次運動野ダイポールにおける刺激同期の加算平均から推定された等価電流モーメントのピーク値は, 表8に示す通りである。例として図49に, subject 2の上肢のS-R整合性課題における1次運動野での等価電流モーメントを時系列的に示した。すべての条件において約100msあたりから活動が開始する両側性の運動野活動が存在することが認められた。また, その活動強度は, 左の刺激に対しては右脳半球の運動野活動の方が優位であり, 右の刺激に対しては左脳半球の運動野活動の方が優位である傾向が観察できた。次にすべての被験者において, どちらの脳半球の運動野活動が強いかを比較するため, 両側の1次運動野ダイポールでの等価電流モーメントの合計を100%とし, それぞれの等価電流モーメントの比率を計算した(図50)。整合反応課題の方が一方への強い偏向を示したが, 整合, 不整合反応課題ともに刺激が呈示される側と対側にある1次運動野ダイポールでの等価電流モーメントの方が優位になる傾向であることが認められた。

反応実行に関連する運動野神経活動を推定するために, 計測されたMEGデータをEMG onsetに同期させて加算平均すると, どの条件においてもEMG onsetの前後約20msの間で反応する肢と対側にある運動野の脳磁界がピークになることが認められた(図45-48)。さらに, (a)で図示した平均EMG onsetの潜時において, 反応実行に関する強い運動磁場(motor field)が計測され(図45-48), (b)の図において脳磁界がピークになる潜時の活動をマップに描くと左から2番目にあるマップのようになる。例えば, 図45にあるように左の刺激に対する整合反応課題では, 左手で反応を実行するため右側の運動野付近で活動源があることが確かめられた(Chiarenza et al., 1991)。また, 左から3番目にあるマップは(図45-48), 運動誘発磁場(movement-evoked fields)であり, これは体性感覚野の活動により生じたものである(Cheyne & Weinberg, 1989)。運動磁場に対して電流モーメントの向きが反転しているのは, 運動磁場が, 中心溝前壁にある運動野の中間層から深層への神経活動によって生じるのに対し, 運動誘発磁場が, 中心溝後壁にある体性感覚野の中間層から深層への神経活動によって生じるためである。

1次運動野ダイポールにおけるEMG onset同期の加算平均から推定された等価電流モーメントのピーク値は, 表9に示す通りである。例として図51に, subject 1の上肢と下肢のS-R整合性課題における1次運動野ダイポールでの等価電流モーメントを時系列的に示した。次に全ての被験者において, 整合課題と不整合課題の反応動作に関連する1次運動野

での神経活動の差異をみるため、左の反応動作は、右運動野ダイポールでの等価電流モーメントのピーク値、右の反応動作は、左運動野ダイポールでの等価電流モーメントのピーク値で比較した(図52)。すべての条件において整合課題での運動野活動強度が、不整合課題の運動野活動強度よりも大きい傾向を示した。対応のあるt検定を行った結果、右手の反応動作を除く、すべての条件で整合課題が不整合課題よりも有意($p < 0.05$)に活動強度が強いことが認められた。

4. 考察

MEG データを刺激に同期させて加算平均すると、刺激呈示から 160~180 ms でピーク値になる1次運動野での活動が認められた(図45-48)。また、これは Premotor time の異なる整合課題でも不整合課題でも認められ、反応動作を実行することに関係なく起こることが明らかになった。Eimer (1995) は、事象関連脳電位を用いて、予告合図から命令刺激までの期間においてLRP (latetalized readiness potential) が、予告合図と実行すべき反応の特徴が関連していなくても、予告合図の指し示す矢印の向きに関連する方の準備電位が優位に陰性シフトすることを報告した。また、De Jong et al. (1994) は、命令刺激に空間的刺激を用いて事象関連脳電位を計測すると、刺激呈示から 220~310 ms でLRP に対してS-R 整合性の効果があることを報告した。しかし、これらの研究は自動的賦活の潜時がはつきりしておらず、さらに反応実行に関する運動野の賦活と分離できていない。本研究では、MEG を用いることによって運動野の自動的賦活処理を直接的に推定することができ(Endo et al., 1999)、この問題点を克服することができた。自動的賦活は刺激呈示後約 100 ms から活動を開始し、160~180 ms でピークになる運動野の神経活動であることが認められ、呈示される刺激位置に対して活動強度が依存する傾向にあることが明らかになった(図49, 50)。つまり、二重ルート仮説(Van Duren & Sanders, 1988)やS-R変換がバイパスされる(Frith & Done, 1986; Sanders, 1967)という報告があるように、反応動作のために準備している1次運動野の賦活とは別の系で、刺激に関連して自動的賦活が起こっていると考えられ、S-R整合性における情報処理過程では、自動的賦活の処理系と反応実行の処理系が並列的に行われていることを示唆するものである。

また、図50にあるように整合課題と不整合課題における自動的賦活強度の左右脳半球での比率が異なったのは、運動プログラムを構築する運動野が、自動的賦活と同側であるか対側であるかの違いがあるためと考えられる。なぜなら、整合課題では、刺激と同側の

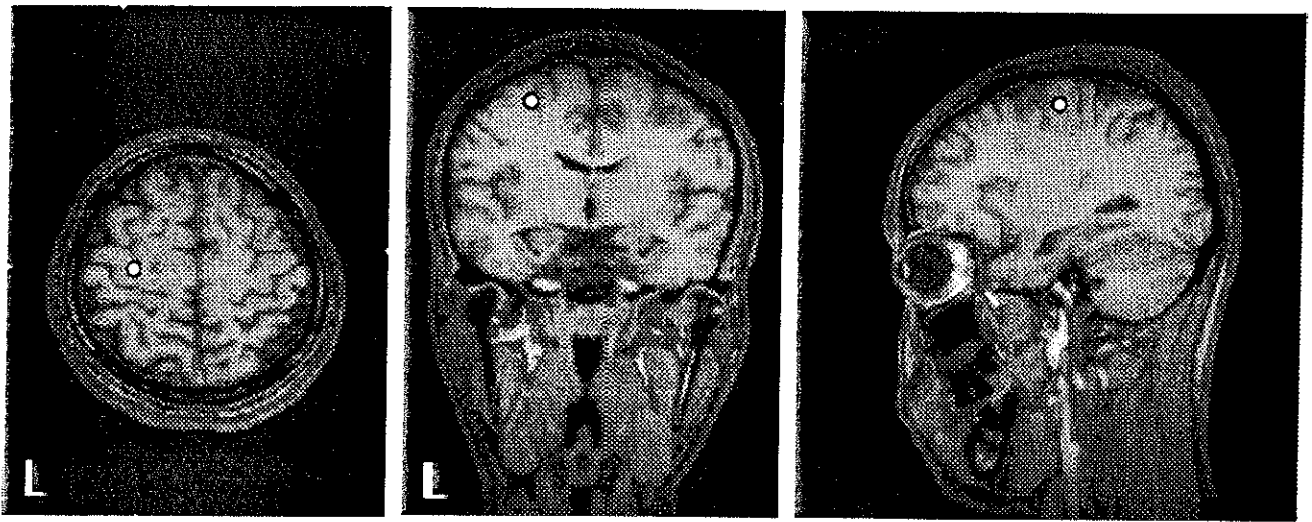
肢で反応を実行するため、刺激呈示から自動的に賦活する運動野と反応を実行する運動野が同一であるが、不整合課題では、刺激と対側の肢で反応を実行するため、自動的に賦活する運動野と反応を実行する運動野がそれぞれ異なる脳半球になる。そのため、整合課題では2つの処理系による神経活動の重複が起こるため、より側方性を示し、不整合課題では、神経活動の重複が少ないため両側性を示したと推察される。それでも不整合課題において刺激呈示と対側にある運動野の活動強度が強いことから、運動野の自動的賦活は、刺激位置に強く依存していると示唆される。

MEG データを EMG onset に同期させて加算平均すると、運動磁場に対する1次運動野活動のピーク値は、全ての条件において整合反応の方が、不整合反応よりも大きく、右手を除くすべての効果器で有意差が認められた(図52)。つまり、整合反応は、自動的に賦活する運動野と反応動作を指令する運動野の準備活動が、同じ運動野で起こっているため、反応実行に関する1次運動野の神経活動をより高めることができると考えられる。しかし、不整合反応では、自動的賦活と反応動作を指令する運動野の賦活が、異なる脳半球で行われるため、反応実行に関する1次運動野の神経活動に自動的賦活を利用できないと推察される。

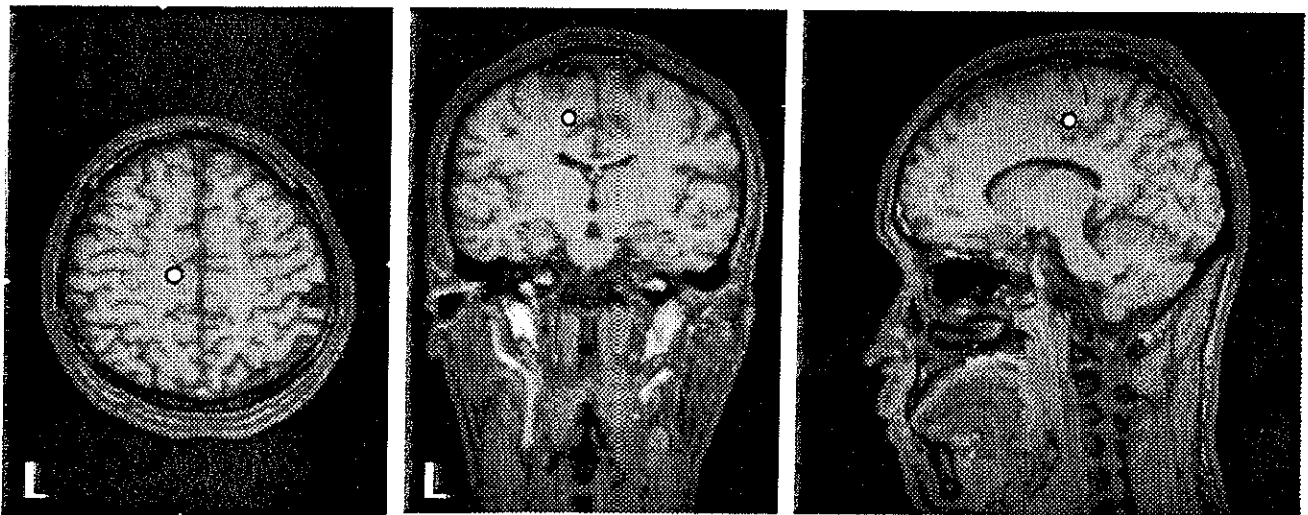
さらに、自動的賦活の活動強度は、刺激に関連する方の運動野で優位ではあったが、両側性の活動であることも認められ、特に不整合課題でその傾向が強かった。それにもかかわらず、反応実行に関する最終的な1次運動野の活動に有意差が認められたのは、整合反応と不整合反応の潜時の差異によるものと考えられる。つまり、自動的賦活は刺激呈示後160~180 ms でピークに達するため、Premotor time が約250 ms であった整合課題では、自動的賦活から反応実行までの潜時が短くて済む。そのため、反応実行に関する1次運動野の賦活処理が自動的賦活処理を有効に利用できる考えられる。一方、Premotor time が約300 ms であった不整合課題では、自動的賦活から反応実行までの潜時が長いため、同じ運動野で生起する弱い方の自動的賦活もほとんど利用できなかったと説明できる。

これらの運動野での神経活動を考察すると、運動プログラムを構築するとき、刺激に関連した運動野の自動的賦活処理によって、反応プログラミング段階において刺激に関連する反応符号が自動的に選択されており、その反応符号とS-R変換段階で処理された反応符号との照合が行われていると考えることができる(加藤ほか, 2000 in press)。このとき、整合反応では、自動的に賦活された反応符号(e.g., Lr)と反応実行のための反応符号(e.g., Lr)が同じであるためスムーズに運動プログラムを構築できると考えられるが、不整

合反応では、自動的に賦活する反応符号 (e.g., Lr) と反応実行のための反応符号 (e.g., Rr) が異なるため、正しい反応動作を実行するための運動プログラムの構築に混乱が生じていると推察される (図 21, p. 51)。このことが、運動プログラムの力量パラメーターに影響を及ぼし、運動単位の動員様式の粗い下肢の反応動作において Motor time の遅延 (実験 1, 2, 4)、力量発揮のピーク値や立ち上がりの低下 (実験 6) を引き起こした要因になっていると考えられる。また、本節の結果からは、運動肢が異っても1次運動野の神経活動は、ほとんど同じ傾向であったため、S-R 整合性課題における上肢と下肢の情報処理過程は、同じ系列であると推察される。ただし、下肢においては、図 48 のマップにあるように自動的賦活による神経活動 (1番左のマップ) と運動磁場に対する神経活動 (左から2番目のマップ) による電流モーメントの方向が異なっている可能性も考えられ、今後さらに検討する必要がある。



(a) Right hand motor dipole



(b) Right foot motor dipole

Fig. 44 The estimated motor dipoles superimposed on MR images in subject 2.

Comatible response (left/left) of hand

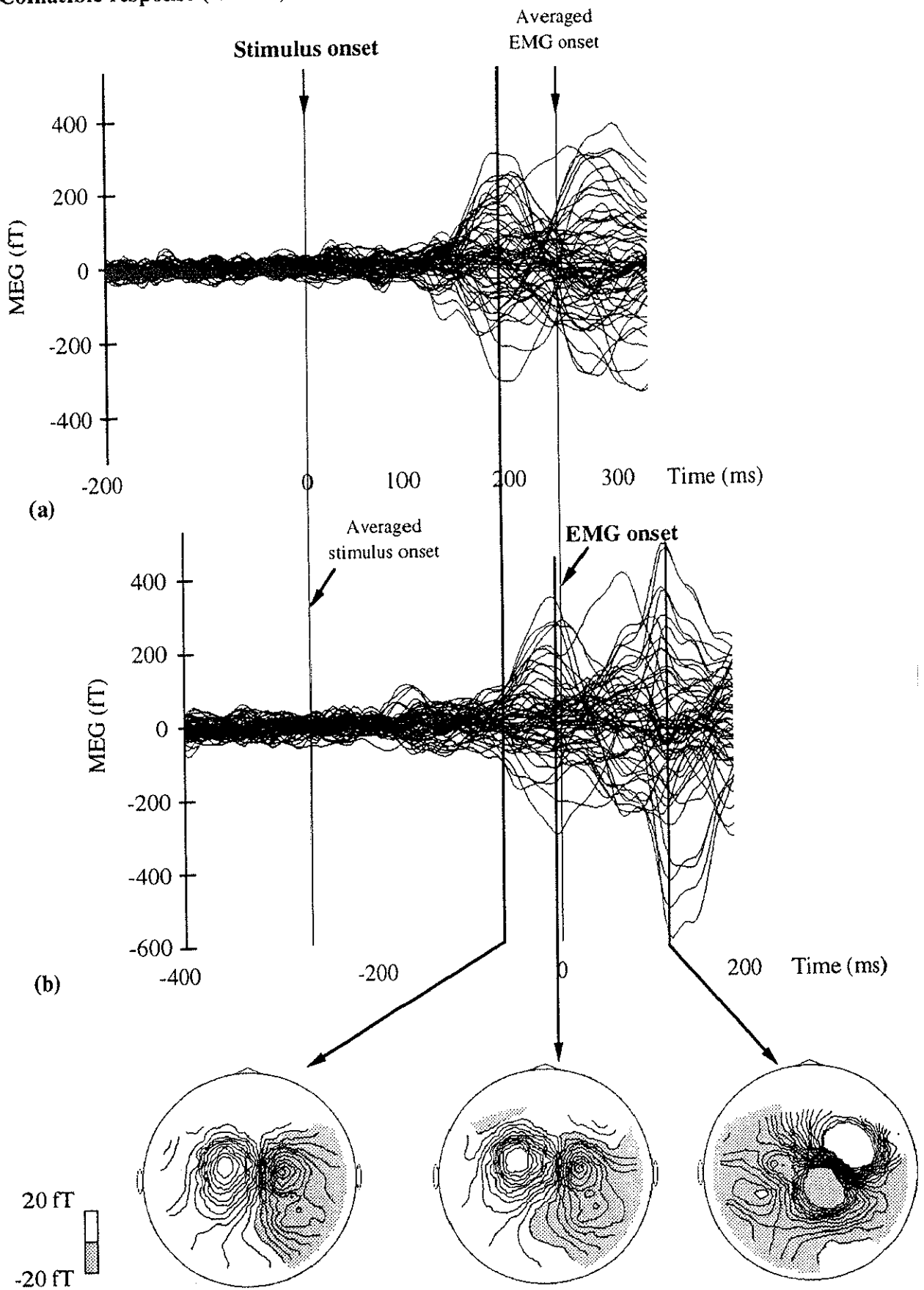


Fig. 45 Measured magnetic fields averaged by stimulus onset (a) and EMG onset (b) of hand response in compatible (left/left) task in subject 1.

Incompatible response (left/right) of hand

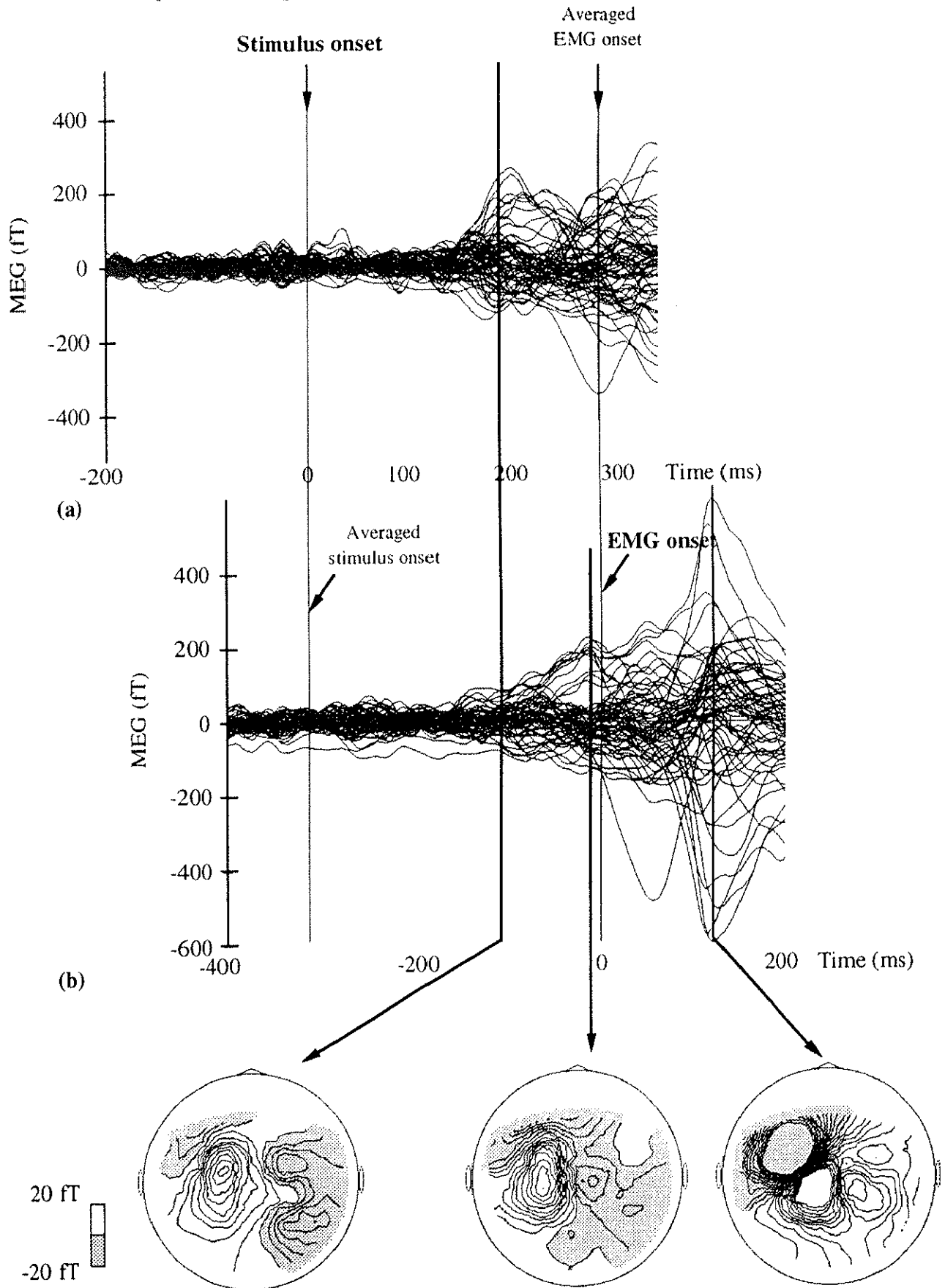


Fig. 46 Measured magnetic fields averaged by stimulus onset (a) and EMG onset (b) of hand response in incompatible (left/right) task in subject 1.

Comatible response (left/left) of foot

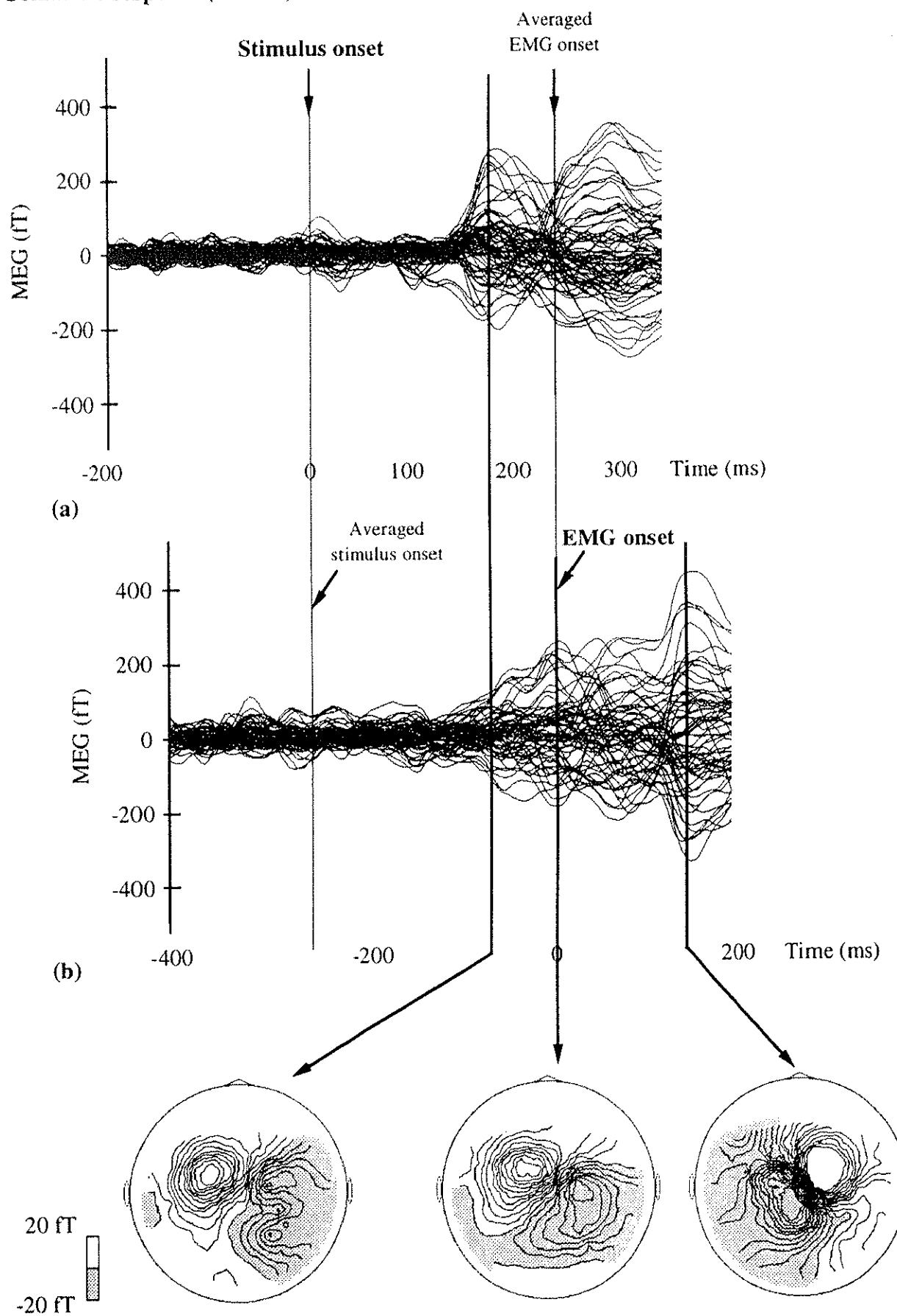


Fig. 47 Measured magnetic fields averaged by stimulus onset (a) and EMG onset (b) of foot response in compatible (left/left) task in subject 1.

Incompatible response (left/right) of foot

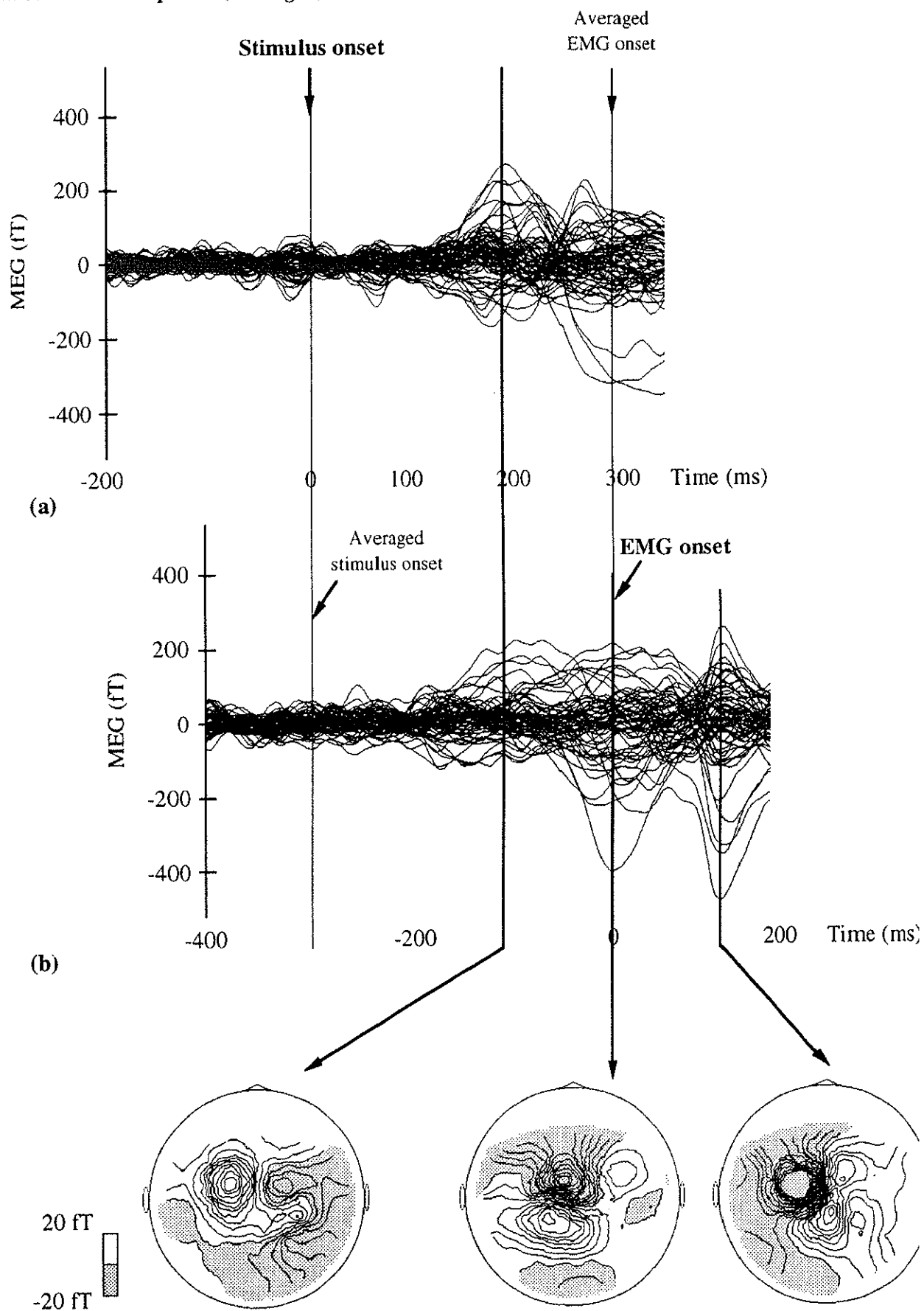
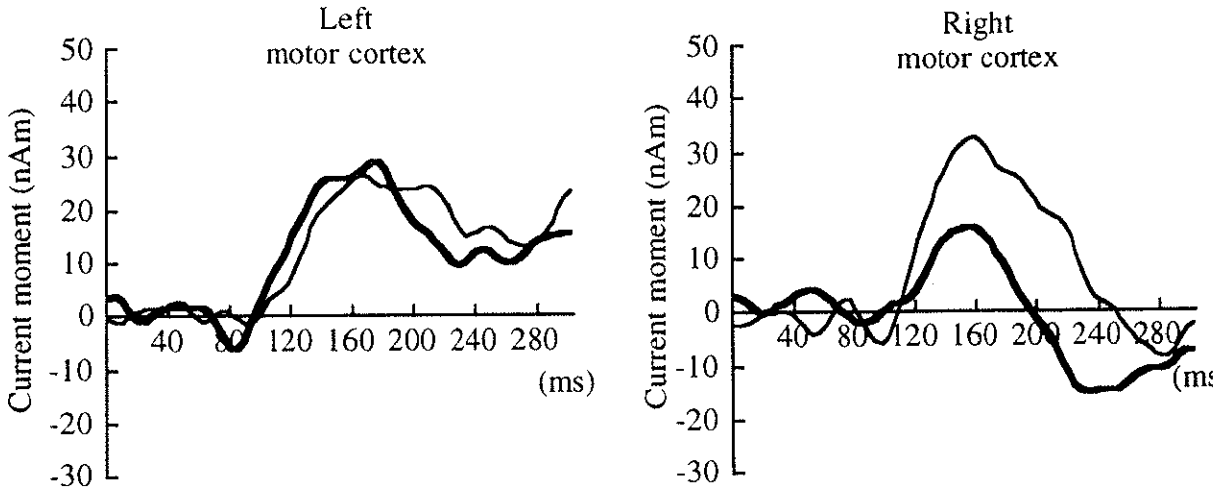
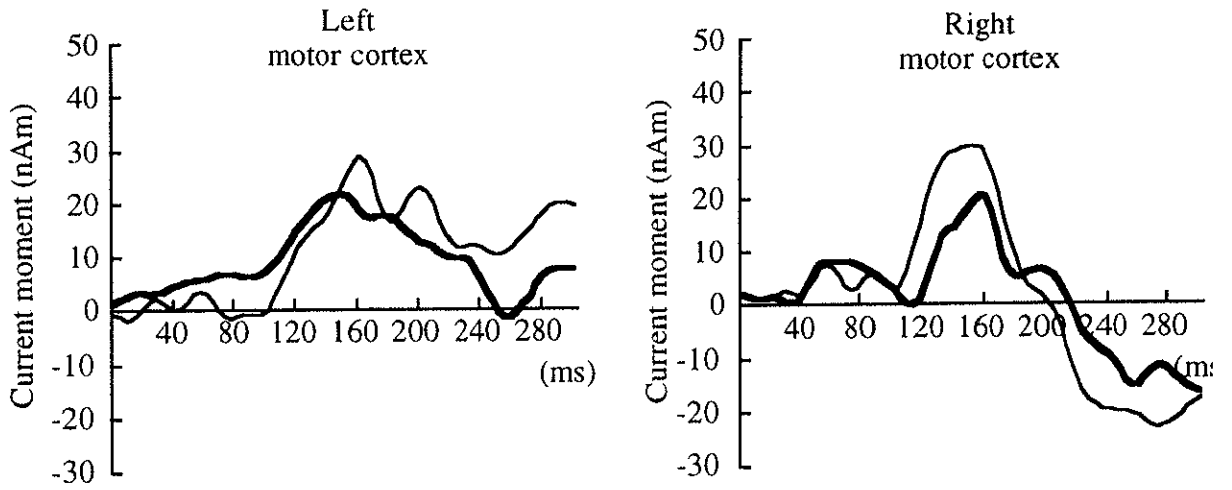


Fig. 48 Measured magnetic fields averaged by stimulus onset (a) and EMG onset (b) of foot response in incompatible (left/right) task in subject 1.

Stimulus onset averaging



(a) Compatible task



(b) Incompatible task

——, left stimulus; ——, right stimulus

Fig. 49 Estimated motor activities of hand in compatible (a) and incompatible (b) tasks averaged by stimulus onset in subject 2.

Stimulus onset averaging

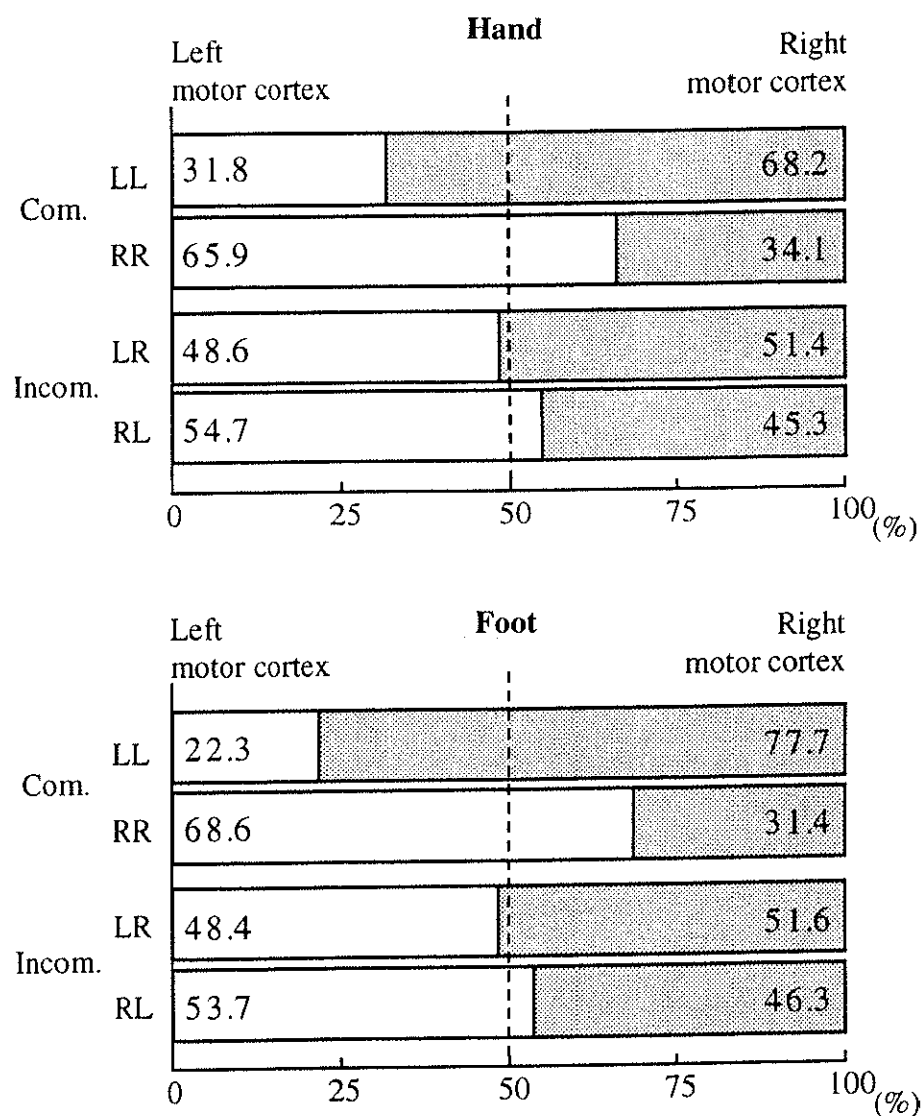


Fig. 50 Relative peak current moment of left and right motor cortices averaged by stimulus onset.
 Stimulus-response assignment: LL, RR, LR, RL.
 Com.:compatible, Incom.:incompatible.

EMG onset averaging

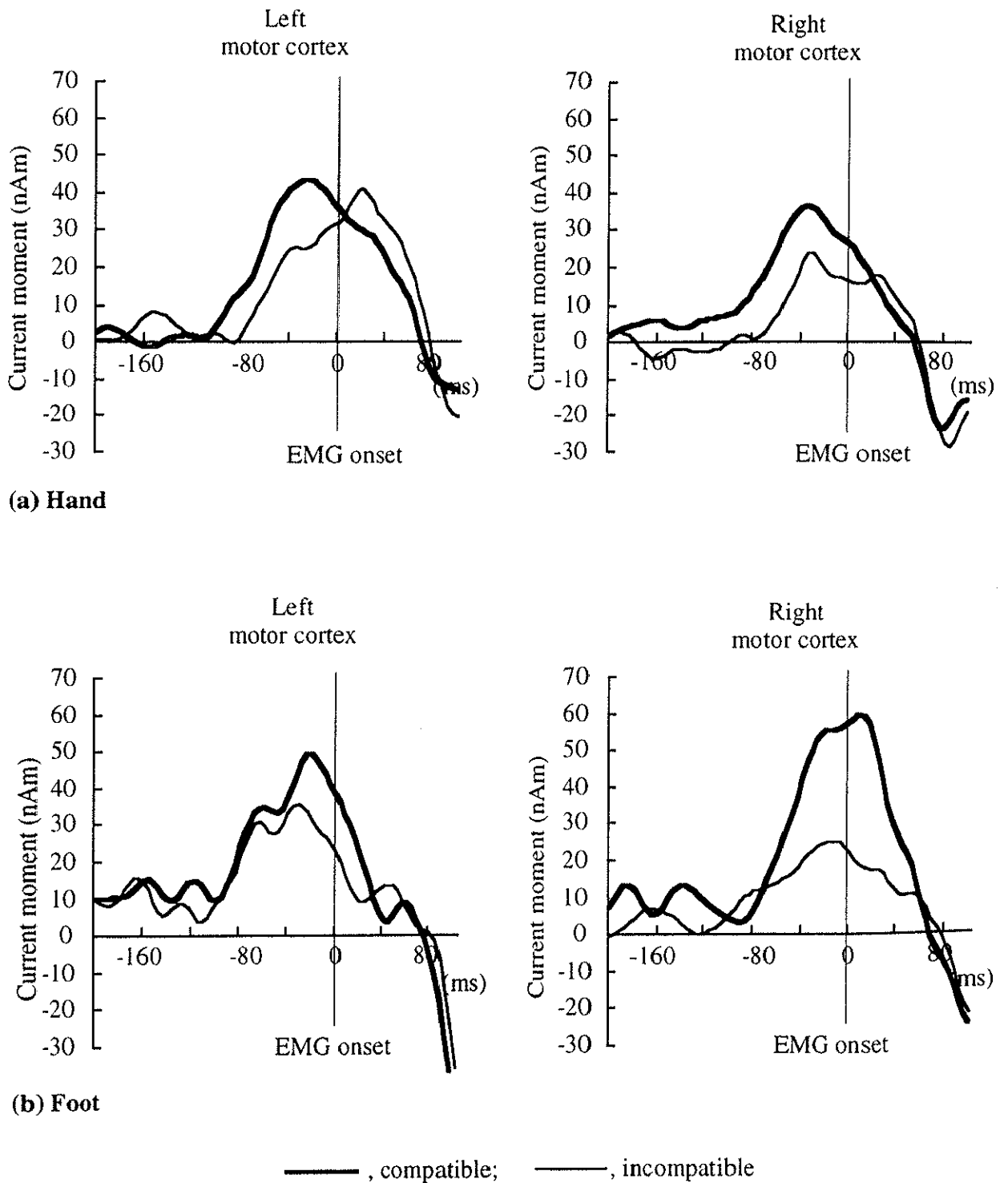


Fig. 51 Estimated motor activities of hand (a) and foot (b) responses averaged by EMG onset in subject 2.

EMG onset averaging

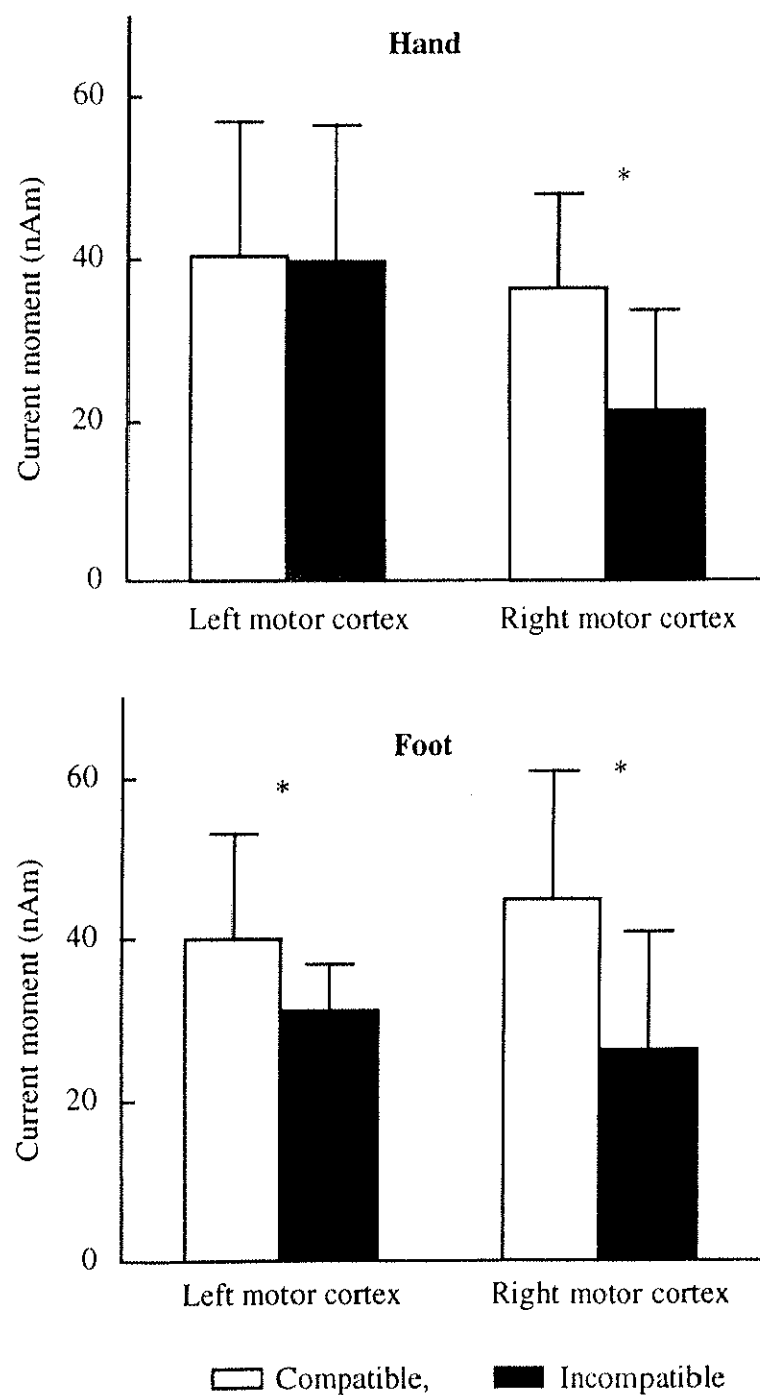


Fig. 52 Peak current moment of left and right motor cortices averaged by EMG onset in compatible and incompatible tasks.

Table 7 Premotor time (ms) of hand and foot in compatible and incompatible tasks in Experiment 7.

Stimulus Response	Hand				Foot			
	Com.		Incom.		Com.		Incom.	
	L	R	L	R	L	R	L	R
	L	R	R	L	L	R	R	L
subject 1	244	232	284	252	235	226	296	257
subject 2	197	217	250	239	213	213	261	258
subject 3	273	280	358	346	263	259	375	370
subject 4	272	266	333	331	294	277	339	344
subject 5	304	284	321	346	268	261	297	306
subject 6	262	253	321	288	269	268	344	328
mean	258.7	255.3	311.2	300.3	257.0	250.7	318.7	310.5
S.D.	32.8	24.4	35.0	43.5	26.1	23.1	37.7	42.0

L: left, R: right, Com.: compatible, Incom.: incompatible.

Table 8 Estimated peak motor activities of S-R compatibility tasks of hand and foot from stimulus onset averaging.

Stimulus onset [nAm]	Hand						Foot					
	Com.			Incom.			Com.			Incom.		
	L	R	L	R	L	R	L	R	L	R	L	R
Motor area	L Hemi.	R Hemi.	L Hemi.	R Hemi.	L Hemi.	R Hemi.	L Hemi.	R Hemi.	L Hemi.	R Hemi.	L Hemi.	R Hemi.
subject 1	5.6	43.6	37.1	11.7	16.4	21.2	18.8	16.3				
subject 2	26.2	32.6	27.9	15.6	28.9	30.0	21.6	20.5				
subject 3	25.8	42.2	39.3	33.5	26.1	41.0	43.9	44.9				
subject 4	9.7	12.9	18.3	5.7	17.2	4.9	5.0	1.5				
subject 5	21.5	40.0	41.9	24.9	30.2	23.7	34.1	33.6				
subject 6	8.9	37.5	34.2	20.8	15.5	43.4	27.6	31.8				
mean	16.3	34.8	33.1	18.7	22.4	27.4	25.1	24.8				
S.D.	8.4	10.4	7.9	9.0	6.2	12.9	12.2	14.0				
Stimulus Response	L	R	L	R	L	R	L	R	L	R	L	R
Motor area	L Hemi.	R Hemi.	L Hemi.	R Hemi.	L Hemi.	R Hemi.	L Hemi.	R Hemi.	L Hemi.	R Hemi.	L Hemi.	R Hemi.
subject 1	6.0	49.5	57.0	8.3	13.2	25.5	22.8	21.5				
subject 2	40.1	68.8	34.7	25.8	39.5	51.8	26.9	37.5				
subject 3	9.0	17.0	23.1	14.7	9.9	16.0	24.6	13.1				
subject 4	8.1	14.1	30.1	1.6	19.1	3.5	12.7	10.8				
subject 5	17.2	45.2	36.5	18.0	35.5	37.9	41.5	30.8				
subject 6	-3.0	27.0	20.6	26.2	15.9	22.1	28.9	26.4				
mean	12.9	36.9	33.6	15.8	22.2	26.1	26.2	23.3				
S.D.	13.5	19.4	11.9	8.9	11.2	15.5	8.5	9.4				

Com.: compatible, Incom.: incompatible, Hemi.: hemisphere

Table 9 Estimated peak motor activities of S-R compatibility tasks of hand and foot from EMG onset averaging.

Hand EMG onset [nAm]	Com.						Incom.						
	Stimulus			Response			Stimulus			Response			
	L	R	R	L	R	R	L	R	R	L	R	R	
Motor area	L Hemi.	R Hemi.	L Hemi.	R Hemi.	R Hemi.	L Hemi.	R Hemi.	R Hemi.	L Hemi.	R Hemi.	R Hemi.	L Hemi.	R Hemi.
subject 1	7.9	39.2	39.9	12.2	15.4	12.5	36.0	15.4	12.5	22.9	22.9	36.0	15.4
subject 2	25.4	32.6	25.0	10.0	22.8	19.1	22.8	19.5	19.1	11.8	11.8	22.8	19.5
subject 3	29.1	44.9	43.5	27.6	41.2	27.5	41.2	34.2	27.5	47.0	47.0	41.2	34.2
subject 4	18.4	18.0	24.4	12.1	21.1	16.6	21.1	-1.8	16.6	7.1	7.1	21.1	-1.8
subject 5	75.9	54.4	74.0	66.6	72.8	51.3	72.8	40.4	51.3	20.7	20.7	72.8	40.4
subject 6	32.2	30.0	36.1	17.3	44.0	22.9	44.0	24.4	22.9	17.1	17.1	44.0	24.4
mean	31.5	36.5	40.5	24.3	39.7	25.0	39.7	22.0	25.0	21.1	21.1	39.7	22.0
S.D.	21.4	11.5	16.6	19.8	17.1	12.7	17.1	13.6	12.7	12.8	12.8	17.1	13.6
Foot	Com.												
EMG onset [nAm]	Stimulus			Response			Stimulus			Response			
	L	R	R	L	R	R	L	R	R	L	R	R	L
	Motor area	L Hemi.	R Hemi.	L Hemi.	R Hemi.	R Hemi.	L Hemi.	R Hemi.	R Hemi.	L Hemi.	R Hemi.	R Hemi.	L Hemi.
subject 1	2.9	50.1	53.5	15.6	29.0	14.8	29.0	24.3	14.8	34.6	34.6	29.0	24.3
subject 2	37.5	66.5	34.2	19.5	33.5	16.8	33.5	26.9	16.8	6.8	6.8	33.5	26.9
subject 3	10.8	33.6	24.7	7.5	27.7	8.7	27.7	19.1	8.7	22.8	22.8	27.7	19.1
subject 4	5.9	20.3	29.8	0.5	22.6	9.6	22.6	2.0	9.6	19.4	19.4	22.6	2.0
subject 5	-0.4	61.0	38.5	11.5	34.6	32.3	34.6	23.9	32.3	54.8	54.8	34.6	23.9
subject 6	11.6	39.9	61.4	28.2	40.7	17.2	40.7	19.7	17.2	19.3	19.3	40.7	19.7
mean	11.4	45.2	40.4	13.8	31.3	16.6	31.3	19.3	16.6	26.3	26.3	31.3	19.3
S.D.	12.4	15.9	13.0	8.8	5.7	7.8	5.7	8.2	7.8	15.1	15.1	5.7	8.2

Com.: compatible, Incom.: incompatible, Hemi.: hemisphere

第2節 小括

研究課題4では、脳磁図（MEG）計測によって運動野神経活動を時系列的に分析し、S-R 整合性が異なる運動肢の反応プログラミングに及ぼす影響を検討した（実験7）。その結果、上肢、下肢ともに MEG データを刺激呈示に同期させて加算平均を行うと、Premotor time の潜時に関係なく、どの条件においても一定の潜時で運動野が自動的に賦活することが認められた。さらに、運動野の活動強度は、刺激位置に関連した側で優位になる傾向を示した。さらに、EMG onset に同期させて加算平均を行うと、右手を除く全ての反応動作において、S-R の空間的配列が同側のときの等価電流モーメントの方が、S-R の空間的配列が対側であるときよりも有意に強いことが認められた。

これらの結果より、反応実行に関する1次運動野の神経活動強度は、整合反応の方が不整合反応よりも優位であることが認められた。またそれは、刺激位置に関連して生じる自動的賦活の処理系が、整合反応を指令する1次運動野で強い神経活動を生起させるのに有効に働くのに対し、不整合反応を指令する1次運動野では有効に機能しないためであることが明らかになった。したがって、上肢と下肢のように運動肢が異なったとしても、S-R 整合性における情報処理過程は、自動的賦活の処理系と反応実行に関する処理系が並列的に情報処理を行っていることが示唆された。さらに、S-R 整合性では、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反応実行のための反応符号の衝突が、運動プログラムの構築に影響を及ぼしていることが解明された。