

ラムダ反応研究の最近の動向

八木 昭 宏

1 はじめに

ヒトは、ものを見るとき眼をキョロキョロと動かす。これは、サッカディック眼球運動と呼ばれており、急速に動くサッケイド (Saccade, 以後 SEM と略記) と、眼球の一時停止 (fixation pause, 以後 FP と略記) からなる。外界の様子は、眼球のレンズ系を経て、網膜上に投射される。SEM 中は網膜上の像は、眼球の運動とは逆の方向に動いているはずである。そのとき、カメラのぶれのような像が見えてもよいはずであるが、我々には知覚されない。SEM 中、サッカディック抑制と呼ばれる機構が働き、一時的に、視覚の閾値を高め、外部の情報の入力を制止している。したがって、外界の情報は次に SEM が終了した時点、すなわち FP 中に入力され、それが知覚されるのである。

SEM が生じると、それに続いて、後頭部の脳波の中に、スパイク状の脳波 (ラムダ波) が出現することがある。誰にでも出現するというわけではなく、ある特定の被験者に限られる。後でもふれるが、どういうタイプの人に、ラムダ波が現われやすいかは、今のところよく分かっていない。

ところが、SEM の時点で、脳波を加算平均することにより、ほとんどの人から、ラムダ波に似た反応を得ることができる。この反応は、ラムダ反応と呼ばれており、かつて SEM に伴う網膜上の像の移動によって生じると考えられていた。もし、その考えが正しければ、この反応は SEM の開始時に同期しているはずである。それに対し、筆者らは、この反応が SEM の終了時点、すなわち、次の FP の開始時に同期していることを見出した (八木, 大谷, 1976; Yagi 1979a, 1979b)。ラムダ反応は、SEM による網膜像のぶれによってでは

なく、眼球が停止した時点で、網膜に映った対象に関する情報が、眼から脳に送られた結果、引き起こされた反応であると考えることができる。そのため、この反応は、自由に眼球を動かす事態での、視知覚に関する反応の指標として、使える可能性がある。

1984年に、筆者は、ラムダ反応が SEM の終了時に同期していること、さらに、視知覚研究の指標として使えることを示す、それまでの研究をまとめて報告した(八木, 1984)。その後、SEM とラムダ反応だけでなく、SEM に関連した他の頭皮上の電位に関する研究が、内外で数多く報告されている。この論文では、我々の最近の研究と、内外で行われた SEM に関連した電位に関する諸研究を概観する。

2 サッケイドに関連した頭皮上電位

① サッケイドとラムダ反応

眼球運動に関連した頭皮上電位を詳しくみると、いくつかの成分より成りたっているのがわかる。筆者らは、一連の研究で、一番優勢なラムダ反応が、SEM の終了時点に同期していることを明らかにしてきた(八木, 大谷, 1976; Yagi, 1979a, 1979b)。その後、内外で、ヒトや動物を用いて追実験が行われ、我々の研究結果が支持されている。

Szirtes, Marton & Breuer (1982) は、サル脳の視覚領から電位を直接導出し、その電位の変化と SEM との時間の関係を調べた。その結果、サルにおいても、ヒトと類似した電位が得られた。この研究では、サルから得られた電位の波形成分に対しても、Yagi (1979b) の命名法が用いられている。サルにおいても、SEM のサッケイドが大きくなるのに比例して、一番優性な成分の SEM 開始時からの潜時が遅くなり、ヒトで得られた結果が、支持されている。

同じグループの Marton, Szirtes, Donauer & Breuer (1983) はヒトとサル両方を被験体とし、ラムダ反応を両者で比較した。その研究においても、ラムダ

反応が、サッケイドの終了時点に同期していることが示された。

我が国でも、慶応大学のグループが、SEM のサイズを変数にして、ラムダ反応の潜時の変化を調べており、この研究（横山、石田、原、原、高瀬、斉藤、1984）においても、我々と同じ結果が得られている。

以上のいずれの研究においても、ラムダ反応は SEM の開始時よりもむしろ終了時点に同期していることが、証明されている。SEM の終了時は、次の FP の開始時である。したがって、ラムダ反応は、FP の開始時に同期していることが証明されたといってよい。

⑥ サッケイドの開始時電位

SEM の開始時に、ラムダ反応とは別の正のスパイク状電位成分が出現することは、かなり以前より知られていた (Becker, Hoehne, Iwase & Kornhuber, 1972)。この電位は、SEM のサイズとは、対応した変化を示さない。この電位が出現するメカニズムを説明するために、中枢神経系に起源を考える説と、眼球運動の際の、眼筋の活動に起源を考える説とが対立して提案されてきた。

Kurtzberg & Vaughan (1977) は、この電位が SEM の神経指令に関連したものと考えた。筆者 (Yagi, 1979 b) は、この電位が、SEM の開始よりも、16 ms 以前から始まることから、神経起源の可能性を考えたことがある。

REM 睡眠中、動物の橋 (pons)、外側膝状体 (lateral geniculate body)、後頭部皮質 (occiput) の各部位から、頭文字を取った PGO 波と呼ばれる波が観察される。

McCarley, Winkelman & Duffy (1983) は、ヒトの REM 睡眠中の脳波を REM の開始時点で加算平均することにより、スパイク状の波を得ている。この波が PGO 波に似ていることから、神経起源説の立場をとっている。

Miyauchi, Takino, Fukuda & Torii, 1987) は、最近、REM 睡眠中と、覚醒中の、ヒトの眼球運動開始時の脳波を加算平均し、スパイク状の成分を得ている。彼らは、結論を出してはいないが、PGO 説に好意的な解釈をしている。

一方、Deeke & Kornhuber (1977) は、神経起源説に対し、SEM に伴う眼

筋の活動を反映したものと反論していた。Szirtes et al. (1982) は覚醒中のサルの脳内から直接脳波を導出した場合には、このスパイク状の波が観察されないことから、眼筋起源説を取っている。その後、Thickbroom & Masaglia (1985) は、不関電極を頭部外に置き、スパイク波のトポグラフィ分析によって、部位差を調べている。その研究においても、スパイク波はむしろ、眼筋活動によるという説を支持する結果が示されている。

以上の最近の諸研究の結果を総合すると覚醒中であれ、REM 中であれ SEM の直前に出現するスパイク状の波は、眼筋の活動を反映したものと考えられる。

3 刺激の条件とラムダ反応

ラムダ反応が SEM の終了時すなわち FP に同期していることが明らかになったが、このことは、ラムダ反応が FP で生じる一種の視覚誘発電位 (VEP) である可能性を示している。そこで、次に、刺激の物理的條件の違いによるラムダ反応の変化を考察してみる。

ヒトが、自由に、刺激対象を見ている条件では、SEM の大きさは、まちまちである。そのため、SEM の開始時から、終了時までの持続時間は一定しない。自由に眼球が動く事態で、FP に同期したラムダ反応を正確に得るためには、脳波を、SEM の終了時で加算平均することが必要である。このような指摘が比較的最近おこなわれたため (Yagi, 1979 b)、以前の研究では、SEM の開始時で、脳波の加算平均が行われてきた。

ところが、SEM をさせるための目標を、あらかじめ左右に設定しておき、その間を一定の時間間隔で動かす場合には、SEM の持続時間は、ほぼ一定とみなすことができる。そのような往復運動の場合は、SEM の開始時で加算平均しても誤差は少ない。しかし、往復の運動だけしか許されない事態では、研究が制限を受ける。

Marton et al. (1983) はヒトとサルを被験体とし、縦じま模様の上に、左右

に置いた目標間を、眼が動く際のラムダ反応の変化を調べた。彼らは SEM の開始時で、脳波を加算平均しているが、刺激パターンへの照明が明るい方が、ラムダ反応の振幅が大きくなり、潜時が遅くなることを報告している。

以前の研究で、白紙よりも、パターンのある刺激の方が、ラムダ反応が明瞭に出現することが報告されている (Scott, Goethusen & Bickford, 1967; 八木, 大谷, 1972; Yagi, 1982 b)。

最近、我々は、刺激のコントラストと、空間周波数の違いが、ラムダ反応に及ぼす効果を調べた (八木, 片山, 1987)。視覚刺激としては、次の四種を用いた。① 視覚 10° の白と黒の帯からなる縦じま、② 基本空間周波数は、①と同じであるが、コントラストが無く、なだらかに、白と黒が入れ替わる刺激、③ 白と黒の中間輝度を有する一様な灰色紙、④ 空間周波数が、①の2倍の縦じまで、白黒が 5° で入れ替わる。被験者には、各刺激の上の、左右 20° の位置に置いた目標間を、眼で、往復するよう求めた。この研究では SEM の終了時点で、脳波が、加算平均された。その結果、ラムダ反応の振幅は ③、②、①、④の順で、次第に大きくなった。この結果は、空間周波数が高く、コントラストが強いほど、ラムダ反応が出現しやすいことを示しており、VEPの結果と一致している。

片山, 宮田, 八木 (1985) は、右あるいは左へ、一定の角度 (10°) で眼を動かしているときの SEM と、脳波を導出し、各方向別に SEM の終了時を基準にして加算平均し、ラムダ反応の変化を検討した。その結果、右向きの際には、右半球の O_2 で導出したラムダ反応が、左半球の O_1 よりも陽性方向へ移向した。左向きでは、逆に、 O_1 の反応が、 O_2 よりも、陽性方向へ移向した。この様に、一方向への片寄りがあると、ラムダ反応が、移向するので、左右の半球の比較をする際など、特に SEM の数のカウンターバランスが必要であろう。

これまで述べてきた反応は、すべて SEM の時点で、加算平均されたものである。しかし、被験者の中には、加算平均しなくても、特異的に、脳波の中に大きなラムダ波を示す被験者がいる。そのラムダ波も SEM の終了時に同期

していることは、前に報告した (Yagi, 1979 b)。今回、個々のラムダ波と、SEM に関連した諸特性 (例えば、SEM 前後の FP の時間など) との関係进行分析した。その結果、ひとつ前の FP の持続時間と、その次に生じたラムダ反応の振幅との間に、相関関係のあることを見出した (八木, 1987)。この報告では、特異的な単独の被験者の例であり、またその機序は不明である。大きなラムダ波を示す多くの被験者を用いて、さらに検討することが必要であろう。

4 認知的課題とラムダ反応

① 視覚情報処理とラムダ反応

我々は (Yagi & Ohtani, 1972; 八木, 大谷, 1976; Yagi, 1982 a, b) ラムダ反応が、視覚情報処理の違いに応じて、変化することを明らかにし、認知的研究に使える可能性を示した。これまでの我々の研究では、自然に眼球を動かしているときのラムダ反応をとらえてきた。その場合、眼球は、約 300 ms 毎に動くことがわかっている。

Marton, Szirtes & Breuer (1983) は眼球を、ゆっくりした間隔 (約 2 秒毎) で動かす状態で SEM に続いて起る反応を分析した。被験者には、左右の目標間を単に交互に動かす統制条件と、目標の光点が、時折り明るく変化するのを予測しながら動かす予測条件の二つを与えた。予測条件において、負荷が課せられていると、ラムダ反応の振幅が増大することを示し、Yagi (1982 a) の結果を支持している。さらに、予測条件では、SEM 終了後、潜時が 350 ms 以上の遅い正の成分が生じることを見出した。これは、事象関連電位のうちのいわゆる P300 成分と考えられる。

Brudett, Walrath, Gross, James & Stern (1986) は読書中のラムダ反応を調べる目的で、実験を行った。読書条件では、英文の文章を読ませた。統制条件では、マトリックス状に並べた LED を SEM とほぼ同じ時間間隔で次々と点灯させ、それを眼で追跡させた。眼が右端まで移動すると、その次に行換えるため、左端の次の文章の頭へと大きく移動する。その SEM を基準にして、

脳波を加算平均し、両条件間のラムダ反応を比較した。しかし、両条件間でラムダ反応には、有意な差は見られなかったとして Yagi (1982 b) の結果に疑問を提出している。

しかし、行換えのために、眼を、右から左へ動かす際には、読書条件、統制条件どちらも、次の行の頭を先ず検出しなければならない。彼らが期待するほど、両条件間で、負荷に、差があると考えられない。真に、読書中のラムダ反応を調べようとするれば、行換えの際の SEM ではなく、単語を追っていく個々の SEM に同期した反応を捕えるべきであろう。

ラムダ反応の研究ではないが、Kutas & Hillyard (1980) は、文章を構成する単語が次々と、提示される事態で、突然、文脈から逸脱した意味不明の単語が現われると、400 ms ぐらいの潜時をもつ、陰性の事象関連電位が現われることを見出した。Marton, Szirtes, Donauer & Breuer (1985) は、単語の意味のカテゴリー判断する事態で SEM に続く電位を調べている。

正面のスクリーンの片方に（例えば右）凝視点が提示され、反対側に、単語が、7～9秒毎に1回の割合で提示された。条件Ⅰ（固定名）では、男性の名前（80%）が次々と提示される中に、ひとりの女性の名前が20%混ぜられていた。条件Ⅱ（変動名）では、20%混ぜられた女性の名前が、毎回変えられた。条件Ⅲでは、男性に関連した同義語が20%、残り80%は、全く無関係な単語が80%提示された。各条件で、被験者は、左右に、交互に目を動かし、標的とされた単語の数をかぞえるよう教示された。刺激は網膜の周辺に提示されるが、刺激直後ではなく、1～1.5秒後に眼をそちらへ向けるよう求められていた。各条件とも、標的語、非標的語別に、眼を向けたときの SEM の開始時を基準に、脳波が加算された。その結果、各条件の標的語に対し、大きな正の成分が出現した。この頂点の潜時は条件Ⅰ、Ⅱ、Ⅲの順で長くなった。このことは、刺激の意味の評価が、複雑になるほど、潜時が遅れることを示している。この正の成分は、非常にゆっくりとしており、800 ms 以上長く持続した。さらに、条件ⅡとⅢにおいて、潜時が400 ms の負の成分が得られた。この結果は、視覚刺激に対して生じる事象関連電位の結果と一致している（Kutas & Hillyard,

1980)。また、比較的早い成分であるラムダ反応については、条件ⅡとⅢにおいて、振幅が増大した。

この研究では、刺激の ONSET による誘発性の成分の混入をさけるため、刺激直後ではなく、1～1.5秒後に、刺激の方へ眼を向けるよう求められていた。この事態は、まず第1刺激が、提示された後、約1.5秒後に、第2刺激が提示されて、第2刺激に対し、反応や判断が求められるという、いわゆる CNV (Contingent Negative Variation) の実験事態に極めて似かよっている (Walter, Cooper, Aldredge, McCallum & Winter (1964))。特に、1.5秒という間隔は CNV が一番出現しやすい条件である。したがって、SEM の後に出現するゆっくりとした正の成分は、CNV のリゾリューション (resolution) を反映しているという可能性も捨て切れない。

我々の研究室でも、奥野^①は、被験者に信号検出作業を課し、そのときのラムダ反応を調べた。CRT 上の水平方向に三カ所、ランダムな数字を順次提示し、被験者には、特定の数字信号に対し、キー押しで反応することを求めた。信号と、非信号に眼が向けられたときのラムダ反応を比較したところ、信号を検出したとき、ラムダ反応に続いて、P300に類似したゆっくりとした正の成分が出現した。

これまで述べてきた研究では、標的になる刺激や、その他の刺激が、網膜の周辺部に提示され、その刺激が、網膜の周辺部に提示され、その刺激へ眼が向けられるときのラムダ反応が研究の対象とされてきた。

我々は、あらかじめ、標的刺激と非標的刺激を混ぜて、一度に提示しておき、その中から、特定の標的を探するときのラムダ反応の研究を進めている (八木, 片山)^②。このような事態では、標的を提出したときの FP が、単なる探索時よりも長く持続し、そのとき、ラムダ反応に続いて、P300に類似した電位が出現した。現在、この電位については引き続き、細かい分析を進めている。

⑥ 脳の左右機能差とラムダ反応

脳の左半球は、主として言語処理機能、一方、右半球は、主として空間的処理機能を有していることに関して、数多くの証拠が挙げられている (Sperry, 1968)。

Kurtzberg & Vaughan (1979) は被験者に、読書と、迷路探索の課題を与え、それぞれの課題遂行中の左右頭皮上のラムダ反応を取り出した。その結果、迷路探索時には、右半球のラムダ反応の振幅が、一方、読書中には、逆に、左半球の振幅が増大すると報告している。

彼らの研究では、左右機能差を比較するため、読書と迷路という全く性質の異なる課題が用いられており、刺激のパターンの違いが結果に反映されている可能性がある。また、自由探索でありながら、SEM の開始時に脳波が加算平均されており、これも、データを歪める原因となろう。さらに、両条件間で、眼球運動の分析がなされていないため、眼球運動の違いが、ラムダ反応に差異をもたらした可能性も考えられよう (Yagi, 1979 b)。

Yagi (1986) は、同一刺激面上に、カタカナと、小さな幾何学図形からなるパターンを配置し、それらを、探索しているときのラムダ反応を調べた。言語作業はカタカナをつないで、単語をできるだけ多くつくること、また、空間作業は、同じ形の小さな幾何学図形同志をつないで、別のより大きな図形をできるだけ多く構成することであった。それら作業中の SEM の終了時に同期したラムダ反応を導出し、左右差を比較した。その結果、ラムダ反応の振幅は、左半球の方が、右半球よりも、全体として大きかった。言語作業時には、左半球の振幅の増加が右半球よりも、著しかった。一方、空間作業時には、逆に、右半球の振幅の増加が、左半球よりも著しかった。この傾向は、頭頂部の 100 ms—130 ms の振幅により明瞭に、観察された。両作業間で、眼球運動には、差が見られなかったことから、この差は、脳内の情報処理の差を反映していると考えられる。

◎ REM 睡眠とラムダ反応

ヒトが、夜間睡眠中、約2時間の周期で、朝までに、4回ぐらいREM睡眠が生じる。この間、脳波は、覚醒時に近いパターンとなり、眼が急速に動くのが観察される。この間ヒトは、夢を見ていることが多い。

東京医科歯科大学のグループ、早稲田大学のグループ、そして秋田大学のグループは、同じ時期（第15回日本脳波筋電図学会、1985）に、それぞれ別個にREM睡眠中の急速眼球運動に関連した電位について報告した。いずれのグループにおいてもREM中の急速眼球運動の開始時を基準にして、脳波を加算平均し、覚醒中のラムダ反応との比較検討を行っている。

東医歯大の渥美、田中、白石、小島、高橋（1987）はREM中、潜時130msから210ms付近に正の成分が出現することを見出し、ラムダ反応と関連があると示唆している。早大と東邦大のMiyachi, Takino, Fukuda & Torii（1987）は、潜時200msあたりの正の成分がラムダ反応に似ていることから、夢を見ているときの視覚イメージに、関連しているのではないかと考えている。

秋田大の、新山、清水、阿部、菱川（1987）も、同様な、正の成分と、さらにより遅い成分を観察し、特に遅い成分が、覚醒中の事象関連電位のP300成分に、相当するのではないかと考察している。

以上のようにREM中の急速眼球運動に続いて特異的な電位成分の出現することが、明らかにされた。これが、夢見と関連していそうだという期待が持たれるが、その各成分の意味づけについては、さらに、詳細な検討が必要であろう。

5 ラムダ反応を指標にした応用研究

これまでに紹介してきた研究は、全て、実験室内で、実施されたものである。最近、この反応を、診断に利用しようとする臨床的应用と、車の運転など精神負荷の評価に適用しようとする人間工学的応用研究が始まっている。

㉑ ラムダ反応の臨床への応用

東京医科歯科大学のグループは、精神分裂症の患者から、眼球運動と、脳波を記録し、ラムダ反応の分析を進めている^㉑。

前にも述べたが、脳波中に大きなラムダ波を示す被験者が時々いるが、どういうタイプの人から、出現しやすいか、まだ良く分っていない。我々は、最近正常な41人の被験者にラムダ波を誘発しやすい白黒の市松模様とランダムパターンを見せ、そのときのラムダ波の出現頻度を測定した（八木、大須賀、河辺^㉑）。一方、その被験者にMMPIなどの性格テスト、視覚イメージのVVIQテストなどの心理テストを課し、テストの得点とラムダ波の出現頻度を調べた。今のところ、ラムダ波の出現頻度と、心理テストの得点との間には、明瞭な相関関係は、得られていないが、より詳細な分析を進めている。精神神経学的応用を目指すためには、他のテストや、このような研究の積み重ねが必要であろう。

ラムダ反応は、刺激の空間周波数や、リンクの有無によって、影響されることから、むしろ、視力の客観的測定など、眼科的な応用の可能性の方が高いかもしれない。

㉒ ラムダ反応の人間工学への応用

視覚誘発電位を、精神負荷の評価などに適用しようとする時、刺激対象の方へ、眼をじっと向けておかなくてはならない。しかし、実際の作業場面では、眼はむしろ、あちらこちらへ動くものである。そのため、ラムダ反応の方が、応用の可能性が高いであろう。我々のラムダ反応の研究の出発点も、この点にあったといってよい（八木 1984）。

最近 Neculau, Sepher & Kramer (1986)は、自動車運転中の負荷を評価するため、ラムダ反応を測定している。条件間の差という形では結果を表わしていないが、ラムダ反応が使えることを示唆している。

6 ま と め

我々の一連の研究によって、ラムダ反応は SEM 終了時、すなわち FP に同期していることが明らかにされた。そして、その結果は、動物やヒトを対象とした内外の研究によって、さらに、確認されている。

その事実をふまえ、ラムダ反応と、知覚や認知との関係が様々な面から、研究されてきた。丁度、誘発電位（事象関連電位）と同じように、刺激の物理的側面との関係、ヒトの認知処理的な側面から、分析されている。

これらの研究のほとんどが、実験室内で実施されたものであり、ラムダ反応の利点である自由な眼球運動の事態での研究は、まだ少ない。臨床や人間工学的な研究も最近、試みられているが、我々以外のほとんどの研究では、SEM の開始時で、脳波が加算平均されている。これらの理由のひとつに SEM の終了時で、脳波を加算平均するのが、開始時平均よりも困難な点にあるのかもしれない。

我々は以前 SEM の終了時で脳波を加算平均するシステムを報告した（八木, 1980）。最近、マイクロコンピュータが、比較的安価に利用できるようになったので、より簡単なシステムが構成できると考えられる。誘発電位の研究が、簡便な加算機（CAT）の開発によって、広がったように、簡便なラムダ反応検出機の開発によって、より広範なラムダ反応の研究が、期待できるかもしれない。

注

- (1) 奥野 徹 片山順一 八木昭宏 数字信号検出課題遂行中の眼球停止に関連した頭皮上電位（発表準備中）。
- (2) 小島卓也 白石弘己 個人的通信
- (3) 八木昭宏 大須賀美恵子 河辺秀子 ラムダ波と心理テスト（発表準備中）
- (4) 八木昭宏 片山順一 単語の意味の差異によるラムダ反応の変化（発表準備中）

引用文献

- 渥美義賢 田中邦明 白石弘己 小島卓也 高橋良 REM 睡眠の急速眼球運動に関連した頭皮上電位とラムダ複合の比較 臨床脳波 1987, 29, 370-375.
- 片山順一 宮田 洋 八木昭宏 ラムダ複合に関する基礎研究(1) 第49回日本心理学会発表抄録集 1985, 513.
- 新山喜嗣 清水哲男 阿部政二郎 菱川泰夫 REM 睡眠の急速眼球運動に供つて頭皮上に出現する phasic EEG activity 臨床脳波 1978, 29, 364-369.
- 八木昭宏 ラムダ波と眼球運動との関係 臨床脳波 1987, 29, 211-212.
- 八木昭宏 ラムダ反応検出装置 医用電子と生体工学 18巻 特別号 1980, 326-327.
- 八木昭宏 誘発脳波による視覚作業負荷の評価 心理学モノグラフ 1984, 東京大学出版会.
- 八木昭宏 片山順一 視覚刺激の空間周波数とラムダ反応 第17回日本脳波筋電図学会 1987.
- 八木昭宏 大谷 璋 自由な眼球運動時のラムダ反応 第6回日本脳波筋電図学会 1976.
- 横山尚洋 石田哲浩 原常勝 原純夫 高瀬守一郎 斉藤章二 ラムダ反応の種々の条件下における変化 第14回日本脳波筋電図学会 1984.
- Becker, W., Hoehne, O., Iwase, K. & Kornhuber, H., Bereitschaftspotential, prämotorische Positivierung und andere Hirnpotentiale bei sakkadischen Augenbewegungen. *Vision Research*, 1972, 12, 421-436.
- Burdette, L. J. Walrath, L. C. Gross, J., James, B. & Stern, J. A. A comparison of saccade evoked potentials recorded during reading and tracking tasks. *Physiology and Behavior*, 1986, 37, 527-532.
- Deeke, L. & Kornhuber, H. H. Cerebral potentials and the initiation of voluntary movement. In J. E. Desmedt (Ed.), *Attention, Voluntary Contraction and Event-related Cerebral Potentials. Progress in Clinical Neurophysiology*, 1977, vol. 1, Karger, 12-29.
- Kurtzberg, D., & Vaughan, H. G. Jr. Electrophysiological observations on the visuo-motor system and visual neurosensorium. In J. E. Desmedt (Ed.), *Visual Evoked Potentials in Man: New Developments*, 1977, Oxford: Clarendon Press. 314-331.
- Kurtzberg, D. & Vaughan H. G. Jr. Maturation and task specificity of cortical potentials associated with visual scanning. In D. Lehman and E. Callaway (Eds.), *Human Evoked Potentials: Application and Problems*, Plenum Press, New York, 1979, 185-199.
- Kutas, M. & Hillyard, S. A. Reading senseless sentences: Brain potentials reflect semantic incongruity. *Science*, 1980, 207, 203-204.

- Marton, M., Szirtes, J. & Breuer, P. Late components of saccade-related brain potentials in guessing tasks. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 1983, 56, 652-663.
- Marton, M., Szirtes, J. and Donauer, N. A Comparative study of averaged lambda potentials in man and monkey. In R. Sinz and M. Rosenzweig (Eds.), *Psychophysiology*, 1980. Fischer, Jena, and Elsevier, Amsterdam, 1983, 379-389.
- Marton, M., Szirtes, J., Donauer, N. & Breuer, P. Saccaderelated brain potentials in semantic categorization tasks. *Biological Psychology*, 1985, 20, 163-184.
- McCarley, R. W., Winkelman, J. W. & Duffy, F. H. Auditory cerebral potentials associated with REM sleep rapid eye movements: links to PGO waves and waking potentials. *Brain Research*, 1983, 274, 359-364.
- Miyauchi, S., Takino, R., Fukuda, H. & Torii, S. Electrophysiological evidence for dreaming: human cerebral potentials associated with rapid eye movement during REM sleep. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 1987, 66, 383-390.
- Neculau, M., Sepher, M. & Kramer, U. Saccadic eye-movements and work load. In A. G. Gale (Ed.) *Vision In Vehicles*. Elsevier Science Publishers B. V., 195-204, 1986.
- Scott, D. F., Goethuysen, U. G. & Bickford, R. G. Lambda responses in the human electroencephalogram. *Neurology (Minneapolis)*, 1967, 171, 770-778.
- Sperry, R. W. Hemisphere deconnection and unity in conscious awareness. *American Psychologist*, 1968, 23, 723-733.
- Szirtes, J., Marton, M., & Breuer, P. Lambda potential in the rhesus monkey. *Physiological Psychology*, 1982, 10, 261-266.
- Thickbroom, G. W. and Masaglia, F. L. Presaccadic 'spike' potential: investigation of topography and source. *Brain Research*, 1985, 339, 271-280.
- Walter, W. G., Cooper, R., Aldridge, V. J. McCallum, W. C. & Winter, A. L. Contingent negative variation: an electric sign of sensori-motor association and expectancy in the human brain. *Nature, London*, 1964, 203, 380-384.
- Yagi, A. Lambda waves associated with offset of saccade. *Biological Psychology*, 1979 a, 8, 235-238.
- Yagi, A. Saccade size and lambda complex in man, *Physiological Psychology*. 1979b, 7, 370-376.
- Yagi, A. Visual signal detection and lambda responses. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 1982 a, 52, 604-610.
- Yagi, A. Lambda response as an index of visual perception research, *Japanese*

Psychological Research, 1982 b, 24, 106-110.

Yagi, A. Hemispheric differences in cortical potentials associated with saccadic eye movement pauses during verbal and spatial tasks. *Psychologia*, 1987, 30, 12-20.

Yagi, A. & Ohtani, A. Brain potentials associated with eye movements. Post Congress Meeting in Kyoto, 1972.

——文学部教授——