暗算時、言語心像想起時、および視覚心像想起時の脳波の左右差

筑波大学 東 條 吉 邦¹

EEG ASYMMETRY DURING MENTAL ARITHMETIC AND RECALLS OF VERBAL (KANJI, KANA, THE ALPHABET) AND VISUAL IMAGERIES

YOSHIKUNI TOJO

Department of Psychology, Tsukuba University

EEG was recorded from the left and the right parietal areas in normal subjects with eyes-closed while they were engaged in mental arithmetic, recalls of verbal (Japanese *kanji* characters, *kana* syllabary, and the alphabet) and visual (scenery) imageries. Fourier analysis of EEG revealed attenuations of the alpha activity (a) in the left hemisphere during the mental arithmetic, (b) in the right hemisphere during the visual imagination of a scenery, and (c) in the both hemispheres during the *kanji* imagery accompanied by a stroke-count task. Results suggest that the *kanji* characters seem to activate cognitive processes of the both hemispheres. No attenuation of the alpha activity in the both hemispheres was seen during either the alphabet or *kana* syllabary imagery.

人の大脳半球機能には種々の左右差があることが、失語症、失認症などの脳損傷に関する臨床研究や、正常者を対象とした数多くの知覚実験から明らかになってきた。一般に右手利きの人では、言語的素材の認知や分析的・論理的な思考は主に左半球で営まれ、顔の認知、興行の判断、メロディーや環境音の知覚など、非言語的な素材の処理には右半球が優位に立つといわれている (Corballis & Beale, 1976)。しかし、日本人では、非言語的素材であっても環境音の処理には左半球が優位に立つという報告 (角田, 1978) もある。

文字を見て意味を捕える過程には、文字の視覚心像から聴覚心像を想起して意味に至る過程と、視覚心像から直接的に意味に至る過程の2つがあり、アルファベットや仮名の処理には前者、漢字の処理には後者の過程が優勢であると考えられている (海保, 1975)。脳損傷者を扱った臨床研究の分野では、前者の過程は左半球でしか行ない得ないが、後者の過程は右半球でもある程度可能という報告 (杉下, 1977) がある。このことから、正常者の脳においても、アルファベットや仮名のように聴覚心像との結びつきが強い言語の操作には左半球が関与し、漢字のような視覚心像との結びつきが強い言語の操作には左半球だけでなく右半球も関与していることが期

待される。しかし正常者が言語心像を操作している時の思考レベルの半球優位性については、あまり研究が進んでいない。文字の半球優位性に関する知覚レベルの研究では、一般に右視野 (左半球へ投射) での認知が優れているとされ、鏡映文字でも同様とされている (Corballis & Beale, 1976)。しかし日本人を対象とした Hirata & Osaka (1967) の実験からは、仮名で書かれた単語の右視野優位性は明らかにされたが、仮名の1文字提示ではその認知成績に左右差は見られなかった。

ところで脳波に関して、閉眼安静時に見られる 10 Hz 前後の律動を持つ α 波は、暗算や視覚心像の形成によって減弱することが従来から知られているが、最近では、心像や思考の内容によって α 波の減弱に左右半球間で差異のことが報告されている。特に、言語的・算術的・論理的思考時には左半球の α 波が右半球の α 波より小さくなるという結果を得ているものが多い (Butler & Glass, 1974; Dumas & Morgan, 1975; Robbins & McAdam, 1974)。しかし非言語的思考時の脳波の左右差については、Kohs 立方体を用いた課題を与えた時の α 波は右半球の方が左半球より小さいという報告 (Galin & Ornstein, 1972) もあるが、音楽メロディーや視覚心像を用いた非言語的思考時の α 波は左右同等か、左の方が僅かに小さいという結果を得ているものが多い (Davidson & Schwartz, 1977; Dumas & Morgan, 1975; Robbins & McAdam, 1974)。また、我が国での報告は極めて少ない (東條・永村・岩原, 1978)。

¹ 本稿は修士論文作成のために行った実験の一部をまとめ直したものである。御指導下さった元東京教育大学教授故岩原信九郎先生に深く感謝し、御冥福をお祈り申し上げます。

そこで、本研究は、暗算時・言語心像想起時・視覚心像想起時の両半球の脳波を記録し、思考内容と半球優位性について、特に漢字・仮名・アルファベットの操作に右半球が関与しているか否かについて、 α 波減弱の左右差の見地から検討することを目的とした。

方 法

被験者 健康な右手利きの学生 8 名（男子 6 名，女子 2 名）。年齢は 19—27 歳。

脳波記録 10—20 電極法に従い、脳波導出用銀皿電極を被験者の頭頂連合野左右 (P_3, P_4) に、基準電極を頭頂中央の Cz に装着した。脳波は時定数 0.1 秒で増幅され、小型コンピュータ HITAC 10 システムにて online で 10 ミリ秒毎にサンプルされ、AD 変換され、電子計算機の磁気ファイルに記録された。また脳波は、心電図、GSR、眼球運動図と共にポリグラフ記録された。

手続き 電磁的にシールドされた防音暗室内の椅子に被験者を座らせ、課題の説明をし、あらかじめ類題を与えて練習させた後、閉眼させ、次の 7 種類の課題が被験者毎に順序をかねて与えられ、脳波が記録された。

- (1) ベースレベル：身体力を抜き、できるだけ、考えやイメージを心に浮かべないようにする。
- (2) 連続加算：実験者の教示した数字に、暗算で定数 8.3 を繰り返し加える（例：17.9+8.3+8.3+……）。
- (3) アルファベット想起：アルファベットを“A”から“Z”まで順に心の中で繰り返し唱える。
- (4) 仮名五十音想起：仮名五十音表の順番に“あ”から“ん”まで心の中で繰り返し唱える。
- (5) 漢字画数カウント：4—6 文字の漢字単語をイメージし、その総画数を答える（例：“東京教育大学”という言葉の漢字で書いた時の総画数はいくつですか）。
- (6) 風景イメージ：被験者の見慣れている街頭の風景を想起する（例：駅から大学の教室までの情景を、歩いているつもりで順々に思い浮かべて下さい）。
- (7) スポーツイメージ：被験者が得意なスポーツをやっている場面を想起する。

各課題は実験者が“やめ”と言うまで（約 40 秒間）続けるように、そしてその間は、声を出したり、口や手足を動かしたりしないようにあらかじめ注意されていた。ただし(5)の漢字画数カウント課題では、被験者は、出来次第回答することが要求されていた。課題はすべてスピーカーにより聴覚的に提示され、提示終了 5 秒目から 15 秒目までの 10 秒間の脳波が分析された。分析には中型汎用コンピュータ FACOM 230-38 を用い、高速フーリエ変換法 (FFT) により分解能 0.1 Hz で周波数

分析を行ない、1—24 Hz までのパワースペクトルを X-Y プロッターで描かせた。更に、 α 帯域内 (8.1—13.0 Hz) のパワーの総和を各スペクトル毎に算出し、次式のように左右差係数 (laterality coefficient: 以下 LC と略記) を求め、 α 波左右非対称性の指標とした。

$$LC = \frac{R\alpha - L\alpha}{R\alpha + L\alpha} \times 100$$

$R\alpha$ は右半球、 $L\alpha$ は左半球の α 帯域内のパワーの総和。

結 果

記録された脳波の 1 例を Fig. 1 に示す（被験者 T. Y.）。 α 波の出現には、いくぶん左右非対称性があることが認められる。特に、連続加算時の左半球の α 波の出現率と振幅は右半球と比べ明らかに小さく、風景想起時には右半球の方が α 波の振幅が小さい。Fig. 2 は同じ被験者の左右の脳波スペクトルを各課題毎に示したものである。連続加算や漢字画数課題では左半球のスペクトルの峰の方が右半球のスペクトルの峰より明らかに小さく、風景イメージ課題では逆に右半球の峰の方が明らかに小さいのが見られる。ベースレベルおよびスポーツイメージ課題では、パワーの左右差は目立たない。Fig. 2 の括弧内に示されている左右差係数 (LC) は、左右の α パワーの

FIG. 2. 思考内容と両半球のパワースペクトル。各スペクトルの右肩の数字は α 帯域内 (8.1—13.0 Hz) のパワーの総和、括弧内は左右差係数。

FIG. 1. 思考内容と対応する脳波の左右差。

TABLE 1
 α 帯域パワーの左右差 (数字は該当する人数)

	(a) 左 $\ll$ 右	(b) 左 $\approx$ 右	(c) 左 $\gg$ 右
ベースレベル	2	5	1
連続加算	4	3	1
アルファベット想起	2	2	4
仮名五十音想起	2	3	3
漢字画数カウント	2	4	2
風景イメージ	1	4	3
スポーツイメージ	0	6	2

大きさが全く等しい時には零, 左が右より小さい時には正の値, 右が左より小さい時には負の値となる。

Table 1 は, α 波の左右差を (a) 左のパワーが右のパワーよりかなり小さいもの (LC が +10 以上), (b) 左右差があまり目立たないもの (LC が ± 10 の範囲), (c) 右のパワーが左のパワーよりかなり小さいもの (LC が -10 以下) の 3 つに分類し, 課題毎に該当する人数を示したものである。連続加算課題では, 左のパワーが右よりかなり小さいと判定された被験者が全体の 5 割を占めるが, 風景イメージやスポーツイメージ課題で左のパワーが右より明らかに小さくなる被験者はまれであった。アルファベット想起, 仮名五十音想起, 漢字画数カウントの各課題の α 波の左右差は, 個人差が大きかった。

課題を与えた時の左右の α 帯域パワーの 8 人の平均値を Fig. 3 に示した。連続加算およびアルファベット想起では左半球の α パワーの平均値は右より小さく, スポーツイメージ, 風景イメージ, 仮名五十音想起では右半球の方がパワーの平均値は小さい。漢字画数カウントは他の課題と比べて両半球ともパワーが小さい。

α 帯域パワーに左右差があるかどうかを課題毎に t 検定したところ, スポーツイメージ課題で右のパワーが左のパワーよりも小さいのが有意 ($p < .05$) であったが, 他の課題の α パワーの左右差は有意とならなかった。

次に課題間の LC の差の t 検定を行なった。有意差がみられた対は次の通りである。

- 連続加算 > スポーツイメージ $t=3.96, p<.01$
- 連続加算 > 風景イメージ $t=3.09, p<.01$
- 連続加算 > 仮名五十音想起 $t=2.28, p<.05$
- 連続加算 > ベースレベル $t=1.91, p<.05$
- ベースレベル > スポーツイメージ $t=3.16, p<.01$
- ベースレベル > 風景イメージ $t=2.52, p<.05$

考 察

ベースレベルと比べ, 連続加算時には左半球の α 波減弱の方が右半球の α 波減弱より大きく, スポーツイメージおよび風景イメージの想起時には逆に右半球の α 波の

減弱の方が大きいという結果から, 暗算には左半球機能が優位に立ち, 視覚心像の想起には右半球機能が優位に立つことが示唆される。欧米の実験では, 視覚心像想起時の両半球の α 波の大きさにはほとんど左右差がみられないという結果を得ているものが多いが, 本実験では, 右半球の α 波の方が左よりも小さく, スポーツイメージ課題で得られた左右差は統計的にも有意であった。

漢字画数カウント課題では, 左半球ばかりでなく右半球の α 波減弱も顕著であった。この課題は言語的素材を算術的に操作するものであり, 左半球の強い関与が予想される課題である。また漢字の画数はふつう筆順通りに数えられるので, 右手つまり左半球の運動心像も関与すると考えられる。それにも拘らず, 右半球の α 波減弱が大きいということは, 漢字の視覚的パターンの処理に右半球が使われている可能性が大きいことを示唆している。漢字心像の右半球処理の可能性については, 臨床分野からも示唆されている。左半球に病変のみられる日本の失読症患者では, 仮名で書かれた言葉の意味は全く判らないが漢字ならある程度理解できるという場合が多いことが従来から知られており (岩田, 1976), 杉下 (1977) は脳梁損傷者を対象とした実験で, 漢字や地図記号などの視覚形態から直接意味を捕えるのは右半球でも可能であると報告している。更に, 漢字を刺激材料とし, 正常人を被験者とした認知実験では, 右視野瞬間提示条件より左視野瞬間提示条件の方が認知が正確であるという Hatta (1977) の報告からも, 漢字の視覚パターンの処理には右半球が強く関与していることが示唆される。

角田 (1978) は遅延聴覚フィードバックを用いて半球機能の左右差を検討し, 日本人では言語音・非言語音に拘らず聴覚刺激の多くは左半球で処理されるという結果を得ている。このことは, 視覚心像の想起にはそれが風景やスポーツイメージなどの非言語的なものであっても漢字のように言語的なものであっても右半球の関与が強いという本実験から得られた示唆と興味深い対比をなす

FIG. 3. 左右の α 帯域パワーと思考内容. 8 人の平均値を示す。

ように思われる。

アルファベット想起課題と仮名五十音想起課題を比較すると後者の方が *LC* が小さい。従って、仮名想起の方が視覚心像形成の傾向が強いのではないかということが想定されるが、両課題の *LC* の差は統計的には有意ではなかった。更に、ベースレベルと比べ、両課題ともパワーの減弱がみられない被験者や、逆にパワーが増大する被験者がいた。これらの被験者には“ベースレベル課題では考えたりイメージを浮かべたりしないよう努力したためにあまりリラックスできず、むしろアルファベットや仮名想起課題の方が楽だった”と内省報告するむきもあり、課題が易しすぎたのではないかという虞れが残った。従って、アルファベットや仮名の操作に関する半球優位性の問題は、 α 波減弱がはっきりと認められるような課題を吟味し、被験者の心像形成の統制をもっと厳密にした上で、今後十分に検討されるべき問題として残された。

引用文献

- Butler, S. R., & Glass, A. 1974 Asymmetries in the electroencephalogram associated with cerebral dominance. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, **36**, 481-491.
- Corballis, M. C., & Beale, I. L. 1976 *The psychology of left and right*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Davidson, R. J., & Schwartz, G. E. 1977 The influence of musical training on patterns of EEG asymmetry during musical and non-musical self-generation tasks. *Psychophysiology*, **14**, 58-63.
- Dumas, R., & Morgan, A. 1975 EEG asymmetry as a function of occupation, task, and task difficulty. *Neuropsychologia*, **13**, 219-228.
- Galín, D., & Ornstein, R. 1972 Lateral specialization of cognitive mode: An EEG study. *Psychophysiology*, **9**, 412-418.
- Hatta, T. 1977 Recognition of Japanese *Kanji* in the left and right visual fields. *Neuropsychologia*, **15**, 685-688.
- Hirata, K., & Osaka, R. 1967 Tachistoscopic recognition of Japanese letter materials in left and right visual fields. *Psychologia*, **10**, 7-18.
- 岩田 誠 1976 読むことと書くこと——文字活動の神経学—— *科学*, **46**, 405-410.
- 海保博之 1975 漢字意味情報抽出過程 徳島大学学芸紀要 (教育科学), **24**, 1-7.
- Robbins, K. I., & McAdam, D. W. 1974 Interhemispheric alpha asymmetry and imagery mode. *Brain and Language*, **1**, 189-193.
- 杉下守弘 1977 脳梁損傷による Disconnexion Syndromes (離断症候群)——日本語の半側失読と一側性失書を中心に—— *神経研究の進歩*, **21**, 918-929.
- 東條吉邦・永村寧一・岩原信九郎 1978 認知活動に関係する EEG α 波の左右差——特に脳波導出法との関連について—— *脳研究会会誌*, **4**, 158-159.
- 角田忠信 1978 日本人の脳 大修館書店

——1978. 7. 6. 受稿——