

運転行動に及ぼす Bodysonic の影響・その 2

—生理的指標（脳波）を中心とした検討—

藤 井 輝 男
敬愛大学経済学部

向 野 光
千葉県立千葉特別支援学校

藤井、向野（2007）は、車載 Bodysonic に関して、運転者にとっての快—不快度、覚醒効果、運転行動への影響等について主観的評価を求め、Bodysonic ON 条件と OFF 条件の違いを検討した。その結果、主観的評価においては、Bodysonic が眠気に対し有効であるという報告が多かった。これは、被験者の主観的評価によるものであり、特に覚醒効果に関しては客観的指標（脳波などの生理的指標）による検討も必要であると思われる。

一般的に眠気の様相およびその程度を客観的に表すためには、大脳の電気生理学的活動状況を直接的に反映している脳波（Electroencephalography：EEG）による方法が有効である。ヒトの脳波は、H.Berger によって始めて記録されて以来、その活動様相が詳細に報告され、臨床的にも活用されている。脳波は脳の活動状況を直接的に反映する指標とされ、安静閉眼覚醒時においては 8.5Hz から 12 Hz の波を主徴とする、平均で 30～50 μ V 程度の電圧（頭皮上導出の場合）をもった正弦波に似た波形が、特に後頭部、頭頂部に顕著に出現する。この波は α 波と呼ばれ、閉眼および精神安定時に増強し、開眼および精神活動時に減少、消失する。そして α 波に代わって β 波と呼ばれる 13Hz 以上の周波数をもつ、低電圧の波と置き換わる。つまり、精神活動の活発な場合には β 帯域、ことに速い波の成分 18Hz から 30Hz の周波数をもった波が安静覚醒時開眼脳波として出現する。これは中心領域およびそれより前方の前方領域において 20 μ V 程度の電圧で出現することが知られている。このように脳波は脳の活動状況を直接的に示すことから、覚醒水準や睡眠の状態を示す指標としても使われている。そのため注意（Attention）、監視作業（Vigilance）などの臨床場面以外の研究にも多く用いられている。

Lindsley（1952）は、このような脳波の特徴と、行動的覚醒準位や意識と作業能力を対照させた研究を行い以下のような結果を得た。はっきりと目覚めている状態では、主とし

て低振幅速波が出現して、注意水準としては選択的注意、注意集中の状態、作業能力は選択的で速やかな反応、協応が良好である。また、ぼんやりと目覚めた状態では α 波がよく出現し、注意は外に向けられない自由な状態となり、作業能力は創造的思考の状態となる。さらに、ウトウトの状態 (drowsiness) では、 α 波の弱減、時として低振幅徐波となり、意識は睡眠と覚醒の境界、空想状態となり、作業能力は散発的で不協応になるとしてゐる。

運転作業中の脳波については、谷島他 (1971)、黒木他 (1974) の研究がある。それらによれば、周回路において長時間の運転を行った場合、徐波帯域成分は車の振動と紛らわしく、信頼性に欠けるとして、 α 成分と β 成分について分析を行い、運転中は β 成分が優勢であるが、運転の経過と共に α 波成分が突然出現するようになり、その出現回数が増していくと述べている。こうした結果を先の Lindsley (1952) の報告に対応させて考えると、はっきりと目覚めた状態から、長時間の運転により、意識の水準が低下し、ぼんやりと目覚めた状態に移行したと考えられる。

運転行動は、外界からの刺激を正確に取り込み、周囲の状況を正確に認知し、その状況に応じた最適な行動を行わねばならない。このためには運転者は常にその意識状態を高い水準に維持し続ける必要に迫られる。つまり、中枢神経系の活動水準を高め、その所産である高度な精神作業を行うことを要求されるわけである。

実験

目的

本実験においては、運転行動中の脳波を測定し、かつ、Bodysonic を ON、OFF にすることによって、その脳波像がどのように変化するかを検討する。

方法

被験者：成人男子（年齢20～24歳）7名。いずれも心身共に健康である。

記録および分析：被験者は、Bodysonic 搭載実験車の運転席に着き、三分間の安静覚醒閉眼時の記録を行った後、一般道路もしくは高速道路を走行した。この場合、周囲からの影響を極力少なくするため、助手席を空席として、記録者は後部座席に着席した。

脳波は、正中線上、中心 (Cz) と後頭部 (O) より銀・塩化銀電極 (三栄製) にて頭皮上より双極誘導され、Telemetry System (NARCOおよびBio-Sentry 製) で、時定数0.3秒で

増幅され、送受信を経てデータ・レコーダー (TEAC-R61) に磁気記録し、さらに帯域周波数分析器 (日本光電製 MA-5) にて、帯域周波数分析を行い、その積分値を紙記録した。同時に眼球運動 (Electrooculogram : EOG)、心電図 (Electrocardiogram : ECG) についても記録を行い、EEG のモニターとした。EOG については、左右の水平方向を、ECG は、右上腕部より (第一誘導) 導出し、脳波と同様にして記録を行った (ただし ECG については時定数 1.5 秒)。

実験は、7 名の被験者に対して延べ 15 時間を記録した。また、外界からの影響を極力小さくするために、高速自動車道を中心に記録を行い、それぞれ、同一被験者において、Bodysonic ON および OFF の条件として、Bodysonic の振動刺激がある場合と無い場合の差異を見るようにした。

なお、帯域周波数分析は、安静閉眼時および Bodysonic ON 条件 OFF 条件のそれぞれについて、アーチファクトのない 10 秒間を 18 エポック、計 3 分間をランダムに選び、積分器の出力を読み取った後に、この値をパーソナルコンピュータに入力してそれぞれの 10 秒間のエネルギー百分率を求めて、さらに 18 エポックの平均エネルギー百分率を求めた。エネルギー百分率とは、10 秒間の各周波数帯域の積分値を求め、この値を 2 乗し、これを 5 帯域の積分値の 2 乗の総和で除したものに 100 を乗じたものである。

結果

紙記録を再生した結果、7 名中 4 名については、道路面の状態による振動および体動、ノイズなどのアーチファクトの混入が著しく、分析の対象から除外した。

Fig. 1~3 は、安静閉眼時、走行中 Bodysonic ON 条件、OFF 条件の典型的な EOG、ECG、EEG を示したものである。安静閉眼時 (Fig. 1) においては、10 Hz 前後の α 波が明瞭に出現し、その振幅は $35\mu\text{V} \sim 43\mu\text{V}$ に達している。一方、Bodysonic ON (Fig. 2)、OFF 条件 (Fig. 3) では、16Hz~22Hz の $10 \sim 20\mu\text{V}$ 程度の低振幅の速波に変化していることがわかる。この典型例と同様に、どの被験者においても安静閉眼時には、9~12Hz 程度の α 波が $20\mu\text{V} \sim 50\mu\text{V}$ の振幅で出現しており、これが走行中になると、数 $\mu\text{V} \sim 20\mu\text{V}$ 程度の低振幅の β 領域の速波が主成分を占めていた。

次に、紙記録より明確に α 波と考えられる部分の出現回数を視察によって求めたのが、表-1 および Fig.4 である。実験開始後 40 分間について視察により、 α 帯域の成分と考えられる波で、 $30\mu\text{V}$ 以上、継続時間が 330 msec (紙面上 1 cm) のものを 1 回の α 波の出現と

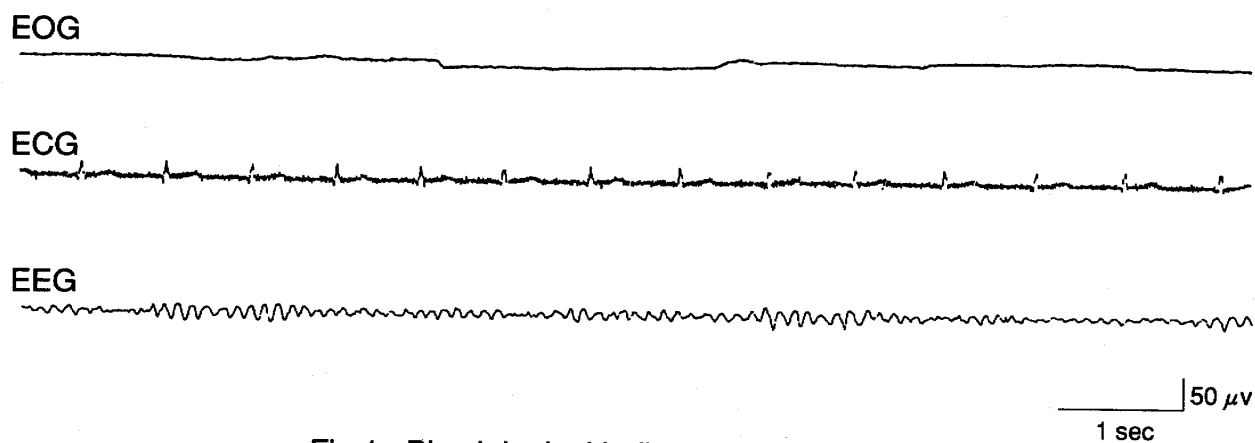


Fig.1 : Physiological indices at Rest condition

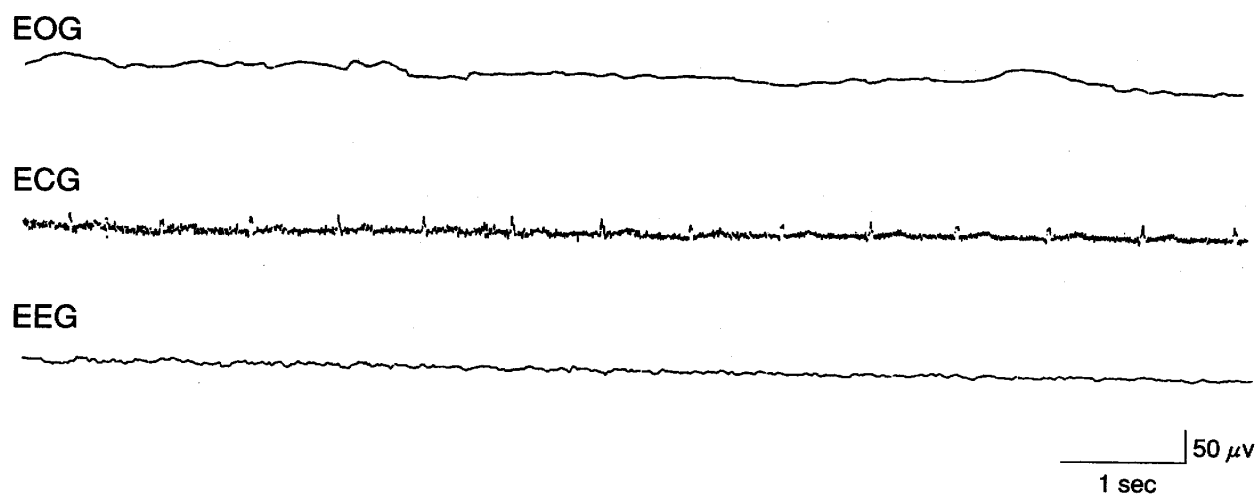


Fig.2 : Physiological indices at Bodysonic on condition

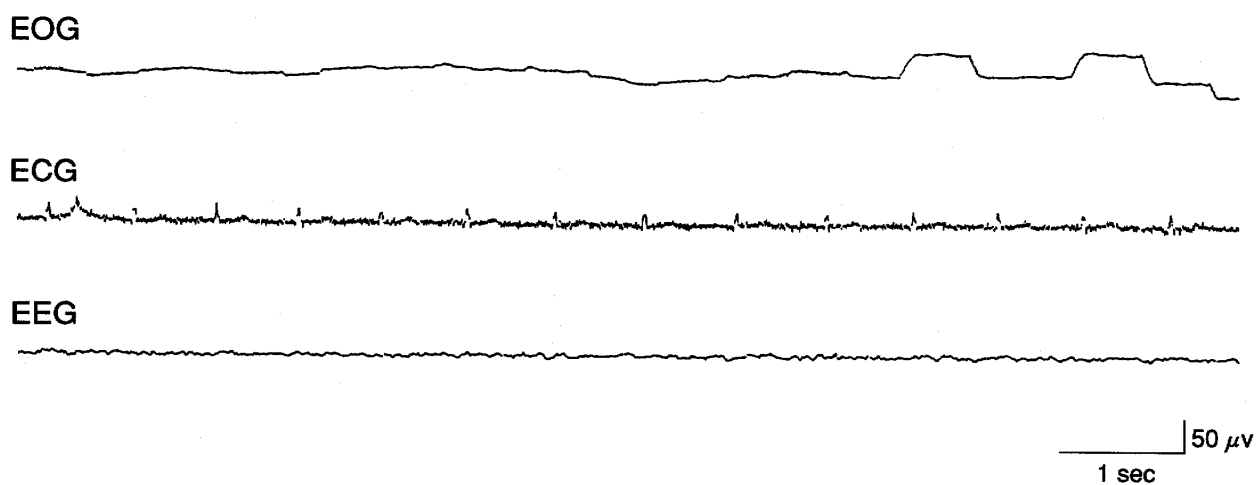


Fig.3 : Physiological indices at Bodysonic off condition

して選別した。表-1 および Fig.4 からわかるように、被験者 M では Bodysonic ON 条件で 30 回、OFF 条件で 34 回、被験者 F では ON 条件で 27 回、OFF 条件で 26 回、被験者 T では ON 条件で 25 回、OFF 条件で 23 回の出現を認めた。今回は、時間経過に伴う出現回数を求めているが、主としていずれの条件においても、実験開始後 15 分以後に α 波出現の頻度が高かった。

表-1 α 波と考えられる部分の出現回数

Condition	on	off
被験者 (M)	30	34
被験者 (F)	27	26
被験者 (T)	25	23

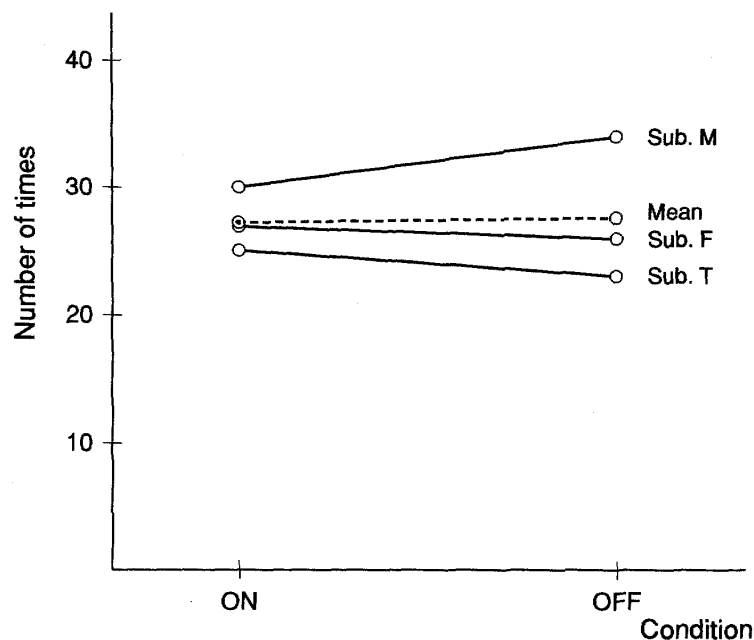


Fig. 4 The number of times of an appearance of α Band.

Fig.5 に安静覚醒時の 10 秒毎の各帯域のエネルギー率を示した例を示す。この例からわかるように、通常安静覚醒閉眼時には α 帯域エネルギー率の平均は 64%、 β 帯域のエネルギー率の平均は 11.2% を示し、リラックス状態で特徴的なパターンを示す。

次に、各被験者ごとに Bodysonic ON の場合と OFF 条件の場合のエネルギー率を示したのが、Fig.6 (被験者 M)、Fig.7 (被験者 F)、Fig.8 (被験者 T) である。各条件とも運転中のため、瞬き、眼球運動等のアーチファクト成分が混入しているため、 θ 、 δ 帯域のエネ

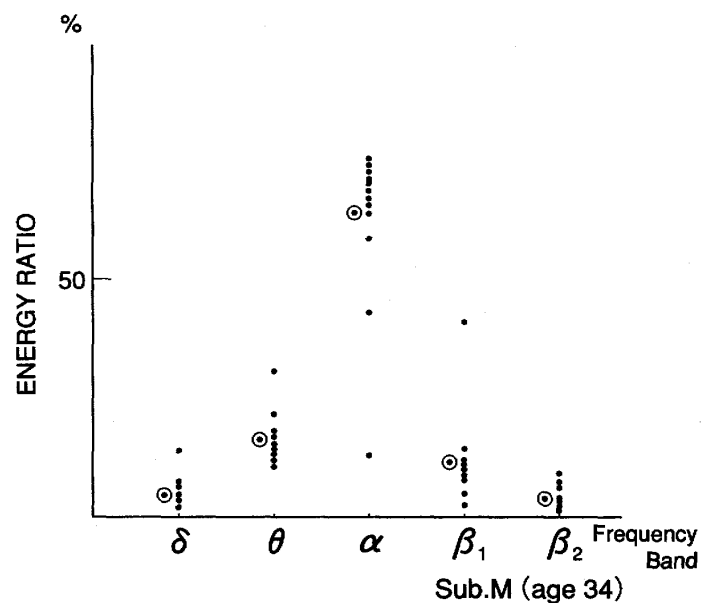


Fig. 5 Energy ratio at Rest condition

ルギーが安静覚醒閉眼時に比べて高率で出現している。被験者 M (Fig. 6) についてみると、Bodysonic OFF 条件では α 帯域のエネルギー率は、22%に急激に減少し、一方で β 帯域のエネルギー率は24%に増加している。これは開眼状態で運転中という、注意（意識）水準の高まりによる変化である。しかし、Bodysonic ON 条件との比較では α 帯域エネルギー率は22.3%、 β 帯域エネルギー率は23%と Bodysonic ON と OFF 条件における差は顕著ではない。

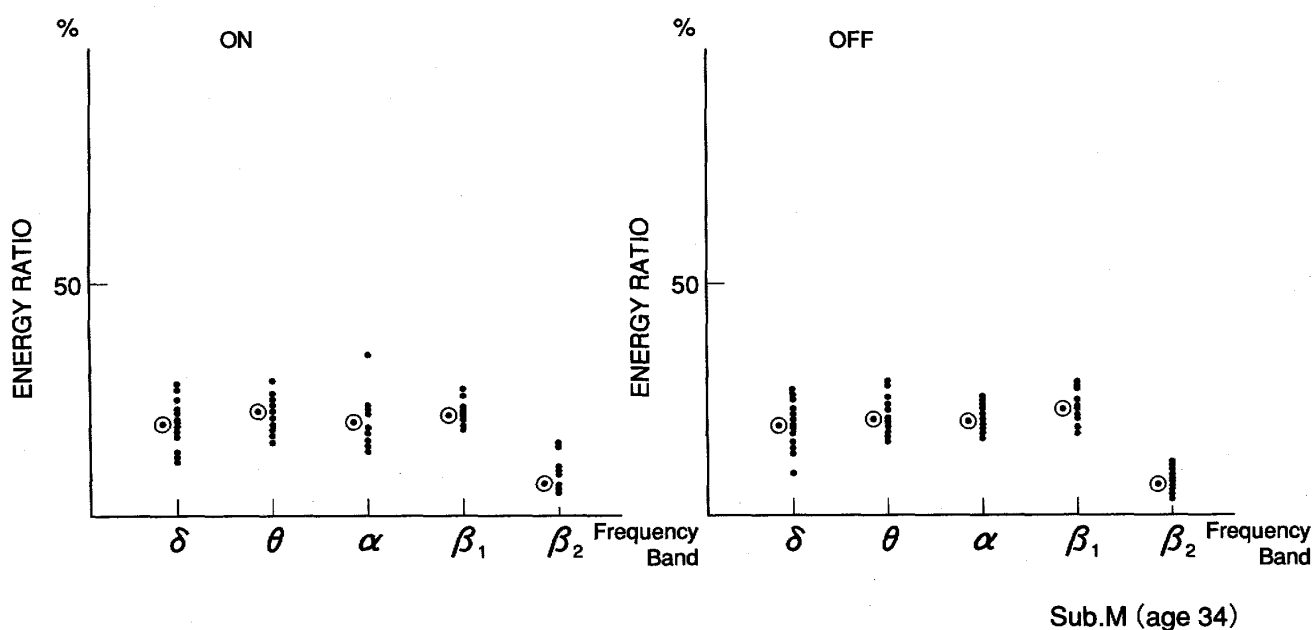


Fig. 6 Energy ratio at Body Sonic on and off condition

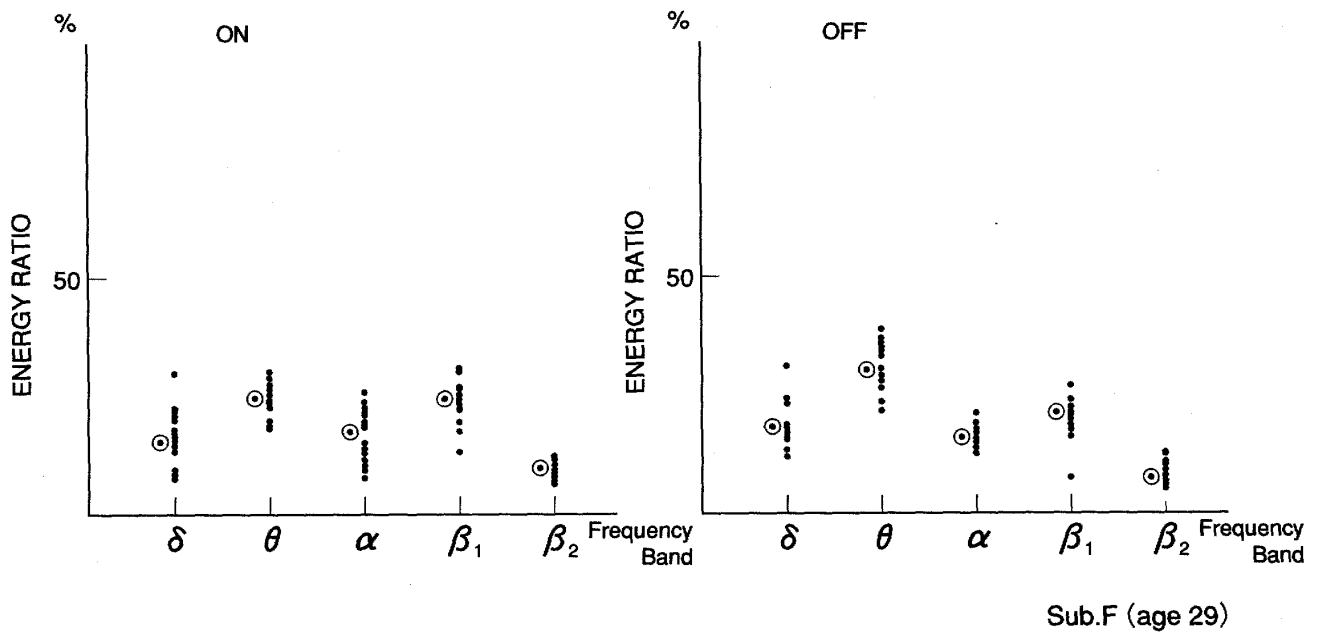


Fig.7 Energy ratio at Body Sonic on and off condition

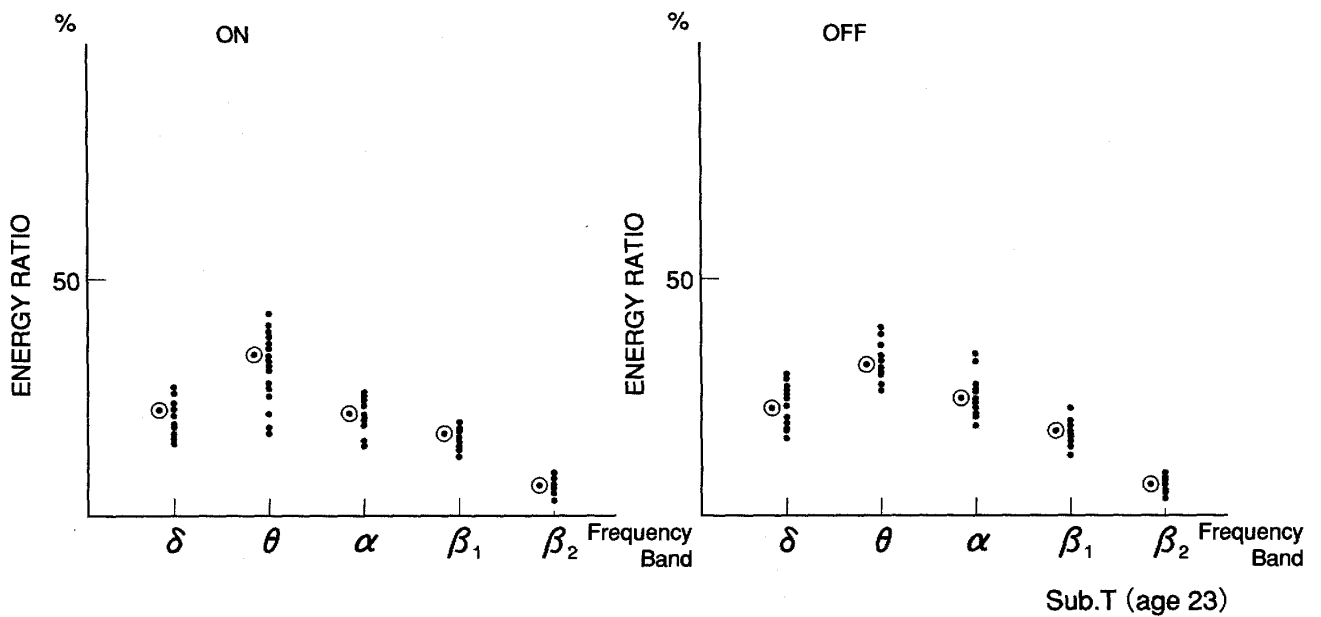


Fig.8 Energy ratio at Body Sonic on and off condition

そこで、この2つの帯域のエネルギー率に注目し、3名の被験者の平均を求めたのがFig.9である。Bodysonic OFF条件では α 帯域エネルギー率の平均は21.2%、 β 帯域のエネルギー率の平均は21.5%であった。一方、Bodysonic ON条件では α 帯域エネルギー率の平均は20.9%、ベータ帯域エネルギーの平均は21.8%であった。この結果からBodysonicが脳波に与える影響はきわめて少ないと考えられる。

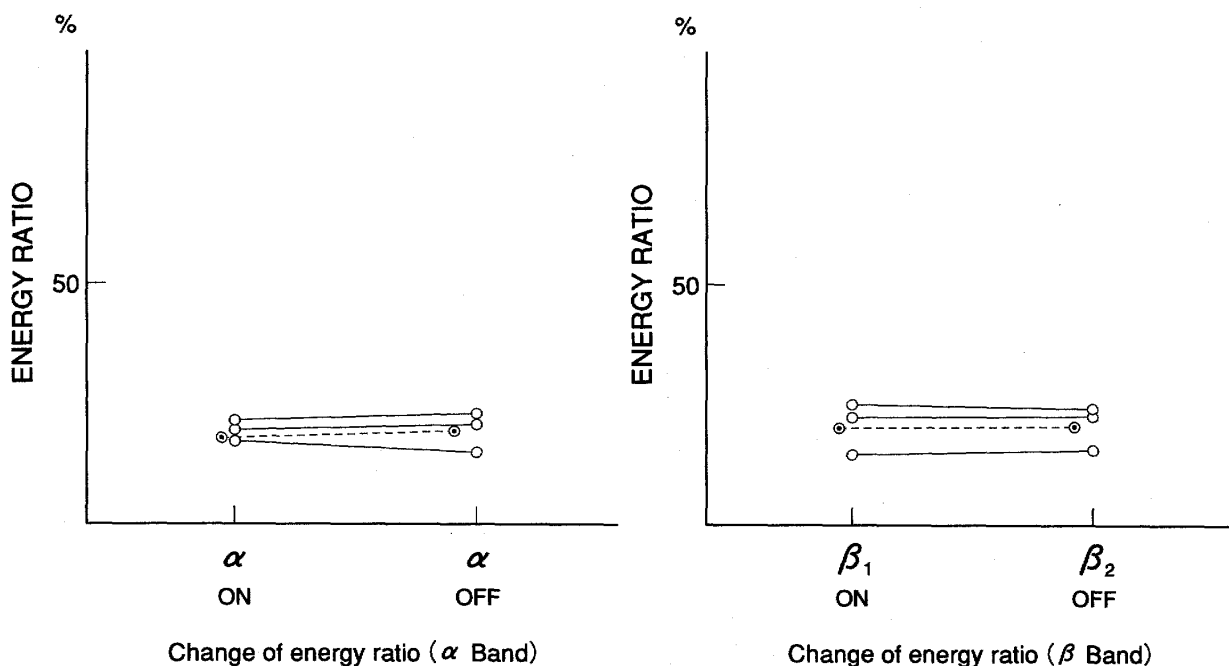


Fig.9

考察

通常我々が自動車を運転する場合には、外界からの情報を知覚的に処理して、それらの外界の状況に対応すべく行動を起こしている。これに対して長時間の連続した運転、特に、高速自動車道路などでは、単調な風景、一定した車速、車内の快適さなどから、注意を集中することが困難になり、意識水準の低下を来す。こうした意識水準の低下をそのままにした場合、水準は更に低下し、ウトウト状態 (drowsiness) からさらに入眠へと移行し、外界への注意の喪失、事故の発生となるケースが多い。これらの状況に対して、我々は日常、音楽をかける、歌を口ずさむ、身体を動かす、車速を変化させるなどして感覚入力増加を図ったりして、意識的に水準を高める行動によって対応している。今回の実験の場合、実験中に、低振幅の β_1 帯域成分優勢の覚醒水準の高い状態から、意識水準の低下を示唆する α 帯域成分の出現を突然認める事例があった。これは、末永他 (1967)、谷島他 (1971) が報告しているように、運転行動中に意識の水準が一時的に低下することと一致している。

一方、藤井、向野 (2007) が行った主観的尺度としてのフィーリング評価では、Bodysonic が眠気に対して主観的には効果が見られるという傾向を示している。しかし、脳波による客観的評価を行った本研究では、Bodysonic ON 条件でも OFF 条件でも、その α 帯域成分の出現において有意な差が認められなかった。服部他 (1979) の報告では、安静閉眼時に

振動刺激を付加し、 α 波の減少を認め、振動刺激が覚醒水準の上昇に有効であるとしている。しかし、服部他の研究においては α 波の出現しやすい暗室中で閉眼状態の記録であり、本実験のように実車で走行中の脳波ではないところに問題があると考えられている。本実験においても α 波の出現の様相を視察すると、確かに走行中 OFF 条件時の α 波が出現している状態で、ON 状態に切り替えた場合、その後数分にわたり α 波の出現を見ないことがある。しかし、ON 条件においても、その後は OFF 条件と同じように次第に α 波の出現を認めることから、OFF から ON への移行に伴う変化が、被験者に対して眠気防止の効果があるような印象を与えられる。実際には ON 条件でも OFF 条件でも新奇刺激に対する馴化 (habituation) が生じ、 α 成分の出現が認められるようになったと考えられる。

このことから、Bodysonic が与える効果を生理的指標の観点から考えると、ON 条件においても OFF 条件と同様に α 波が出現することから、連続的な ON 条件による振動刺激は馴化 (habituation) により、意識水準の低下を抑えきれないものと考えられる。ただし、ON から OFF、OFF から ON といった変化を断続的に与えることが可能ならば、意識水準の低下を防ぐことは可能であろう。

本研究では、Bodysonic の覚醒効果について生理的指標を用いて検討したが、Bodysonic ON 条件と OFF 条件の明確な違いは認められなかった。この結果から、すぐに Bodysonic は覚醒効果を持たないと結論を下すのは早急であろう。それは、今回の分析の対象時間が 10 秒と比較的長く、脳波における α 波の増減が平均化されている可能性が考えられる。また、視察による出現回数についても主観的な評価であるので、これを今後、客観的に評価するために、デジタル式のバンドパスフィルターを用いて、ごく短い時間の α 帯域成分の濾波成分パワー比較などの方法をとることによりさらなる検討が必要であろう。

参考文献

- 藤井輝男・向野光 2007、運転行動に及ぼす Bodysonic の影響・その 1－主観的評価による検討一、敬愛大学研究紀要 12、195-208
- 服部・大仲・松浦 1979、自動車の乗り心地に関する一研究（第一報）、自動車技術会学術講演前刷集 792、549.
- 黒木 康之・石田 敏郎 1974、運転中の脳波について、自動車技術、Vol.28 No.4 p.258～266
- Lindsley 1952、Psychological Phenomena and the Electroencephalogram, EEG Clin. neurophysiol. 4, 443-456

末永他 1967、精神活動と脳波パターン —運転作業による脳波—、臨床脳波、9, 399-404.

谷島 一嘉・池田 研二・大島 正光・杉 時夫 1971、自動車の運転と疲労、自動車技術、Vol.25

No.10 p.1076~1081