

騒音によるストレスの影響 — 大脳生理学, 分泌型IgAの検討から —

近喰 ふじ子*, 河野 貴美子**, 増澤 隆太***

(平成12年10月5日受理)

Effect of Stress Caused by Noise

— from Inspection of Cerebral Physiology/Secretory Immunoglobulin —

Fujiko KONJIKI, Kimiko KAWANO and Ryuta MASUZAWA

(Received on October 5, 2000)

キーワード: 騒音, ストレス, 脳波, 分泌型IgA

Key words: Noise, Stress, EEG, secretory-IgA

はじめに

日本工業規格は「騒音は望ましくない音の総称であり、不快で生活の妨げとなる音」とであると定義し、許容騒音レベルについては一日8時間暴露の場合で85dB未満であればほとんどは問題ないが、85dBを越えた場合には耳栓の装着による対策が講じられる必要があると述べている。すなわち、騒音は難聴を引き起こすばかりでなく、作業能率の低下・睡眠障害など日常生活や人体に与える影響の他に、生理機能などへの影響も重視してのことであろうと思われる。このように、騒音のもたらす様々な被害を人体の生理機能の中でも脳波や分泌型IgAからと騒音防止策の一つと考えられる耳栓の使用が、脳波や分泌型IgAにどのような影響を与えたのかを検証することで騒音が急性ストレス状態を引き起こしていること、ならびにその予防としての耳栓が急性ストレス状態を緩和し、集中力を増加する作用があることなどを検討した。

対象

対象は、健康成人女性(文学部)の大学生・大学院生の希望者12名で耳鼻科疾患の既往がなく、聴力検査も正常であった者に行った。平均年齢は21.5歳であった。

方法

1. 申し込みをした順に耳栓前半装着群(以下、耳栓有群)の6名、耳栓後半装着群(以下、耳栓無群)の6名の2群に分け、両群共に耳栓の入れ方を練習してから行った。
2. 実験室は反響の少ない脳波室で一名づつ行い、騒音は工事音とガード下での電車音の2種類のカセットテープを対象者の前方2mと後方3mから同時に聞かせた。その時の脳波室の騒音は80~100dBであった。
3. 両群共に実験開始前に唾液(分泌型IgA)を採取した。そして、唾液を採取した後に、前者(耳栓有群)は安静閉眼、クラシック音楽静聴、暗算の課題を行い、次に耳栓を装着し騒音内で内田クレペリン精神検査の作業負荷、暗算、安静閉眼などの課題を行った後に、再度、唾液採取をした。そして、耳栓をはずし、再び騒音内で内田クレペリン精神検査の作業負荷、暗算、安静閉眼などの課題を行い終了をした。後者(耳栓無群)は耳栓装着の順番が前者と反対となる以外は同じ課題で行った(表1)。

表1. 課題と内容

<唾液採取>
1. 安静閉眼
2. クラシック音楽静聴 (Beethoven Violin Concerto)
3. 暗算(1000から7を引き続ける)

* 東京家政大学文学部心理教育学科

** 日本医科大学情報科学センター

*** 日本シーベルヘグナー株式会社

* I 群はここで耳栓装着

4. 騒音内作業負荷 (Kraepelin Test)
5. 騒音内暗算 (1001から7を引き続ける)
6. 騒音内安静閉眼

<唾液採取>

* I 群は耳栓をはずす, II群はここで耳栓装着

7. 騒音内作業負荷 (Kraepelin Test)
8. 騒音内暗算 (999から7を引き続ける)
9. 騒音内安静閉眼
10. 安静閉眼

4. 唾液の採取は約2gのカット綿を5分間ほど口に含ませ、舌下腺ならびに耳下腺からの分泌唾液(唾液中から抽出される分泌型免疫グロブリン(S-IgA))を対象者自らが試験管に絞り取って採取し(写真1)、採



写真1 口内より取り出した綿を絞り、唾液を試験管内に採取

取した唾液は筆者が受け取った後に凍結保存を行い、株式会社SRL社に測定を委託した。

5. 脳波測定に際しては、両耳だを基準電極とし、国際10-20法に基づいた頭皮上16ヶ所の単極導出で行った。電極は皿電極を用い、脳波計(NECSinaFIT)に記録した。同時に、シグナルプロセッサ(同社製7T18)にサンプリングタイム5msec、1024ポイント

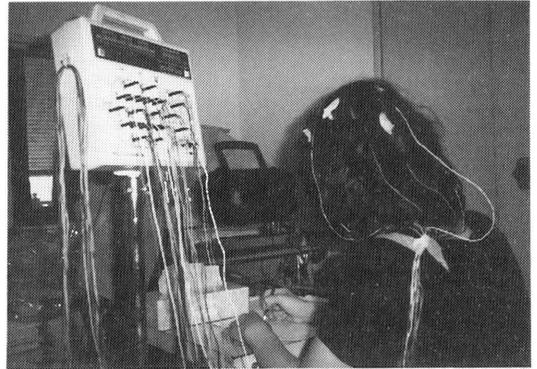


写真2 課題(内田クレペリン精神検査)に取り組んでいるところで、前方(2m)にステレオタイプのカセットテープレコーダーを設置

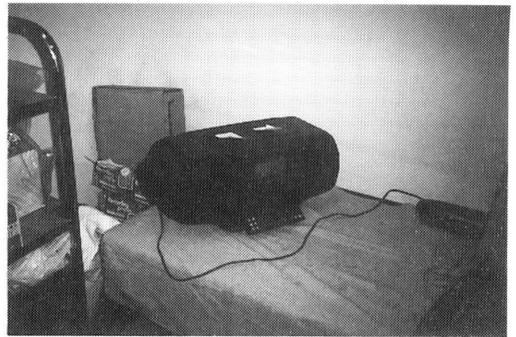


写真3 後方(3m)にもステレオタイプのカセットテープレコーダーを設置

を1単位として取り込み、高速フーリエ変換(FTT)を行った。解析のデータはその6単位の加算平均により得られた値を用いた。 α 波の平均振幅はパワースペクトラムにおける α 帯域パワー値の平方根を用いた。なお、解析に用いた波の周波数帯域は、8.0~12.8Hzである。また、脳波測定に際しては全員が閉眼で、椅子にゆったりと腰掛けた、いわゆる安静状態とした。その状態で、音楽の課題はステレオタイプのカセットテープレコーダーを用い、対象者の前方2mの所に置き、そのスピーカーから聞かせた。また、騒音は工事音とガード下での鉄道音の2種類のカセットテープを対象者の前方2m(写真2)と後方3m(写真3)の両方から聞かせた。なお、実験の最初と最後には、必ず閉眼で安静にした状態を測定しコントロールとした。脳波測定はN医科大学付属第2病院脳波室で行った。

6. なお、作業負荷としての内田クレペリン精神検査に際しては、全員が講義の中で習得していたことから、事前の説明は省略した。但し、「あなたの右肩が軽く

叩かれたら行を変え、そのまま続けて下さい」とのみ説明し、止めと言われるまでこの動作を続けるようにも指示した。この作業負荷に際しては、筆者自らもストップウォッチ片手に、対象者と同室内に留まった。

結果

I. 脳波について

脳波測定は表1（課題と内容）に従って行った。

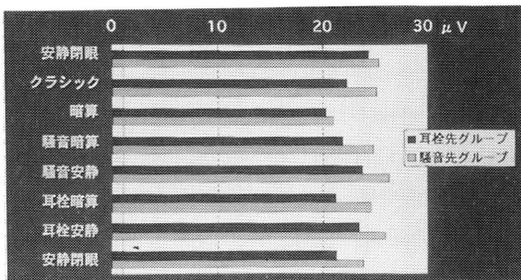


図1 グループ別にみたα波平均振幅値

1) リラックスの指標

リラクセス度の変化をみるのは、後頭部のα波の大きさ、すなわち平均振幅値を用いる。図1は、各課題遂行中の後頭部（右O2）におけるα波の平均振幅値である。耳栓有群と耳栓無群との間には各課題項目との値の変化の傾向に差がみられなかった。そこで、12名の平均で統計処理を行った。暗算時には安静時と比べ、いくぶん緊張状態にあるためα波の振幅値は減少している。通常暗算と各耳栓・騒音の有無に関わらず、安静時には大きな変化はなかった。しかし、暗算と騒音暗算、耳栓暗算との間では有意差(P<0.05)が認められていたが、多少は耳栓暗算の方が騒音暗算よりも低い値であったが有意差は認められなかった(図2)。

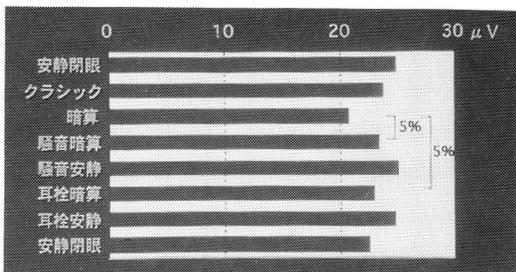


図2 右後頭部におけるα波平均振幅値

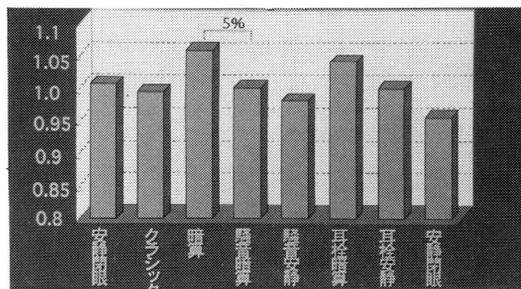


図3 左に対する右後頭部(O2/O1)のα波平均振幅値

2) 大脳機能の左右差

図3には、α波の左右比(右O2/左O1)が示してある。それによると、暗算での左右比が大きくなっている。このことは、通常、暗算では左半球が使用されるため、左のα波が減少し、その結果左右比が大きな値となっている。そこで、騒音暗算ではこの左右比が暗算よりも小さく、安静時とほとんど変わらない値であり、耳栓暗算は暗算と騒音暗算との中間の値を示していた。しかし、暗算と騒音暗算との間でのみ有意差(P<0.05)が認められていた。すなわち、騒音下では暗算ができないでいることが考えられた。

II. 免疫グロブリン(S-IgA)について

免疫グロブリン(S-IgA)は液性免疫の一つであるが、IgMやIgGと異なり、粘膜中でも活発に活動できるように表面に皮膜をまもって存在している。このS-IgAは初期母乳や唾液中に多く含まれ、侵入してくる細菌やウィルスを攻撃する役割を担っている。

また、健康者においては急性ストレス状況で増加し、長期のストレス負荷においては反対に減少することが知られている。そこで、唾液採取は先にも述べたように表1(課題と内容)に従って行ったところ、両群に

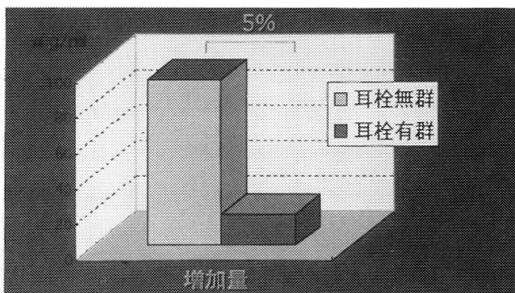


図4 騒音前後における分泌型IgA増加量

おけるS-IgAが耳栓有群では騒音前は1105.6 $\mu\text{g/ml}$ (平均167.6 \pm 58.34 $\mu\text{g/ml}$), 騒音後には1113.7 $\mu\text{g/ml}$ (平均167.1 \pm 60.12 $\mu\text{g/ml}$)で, 耳栓無群では騒音前は481.9 $\mu\text{g/ml}$ (平均80.3 \pm 67.09 $\mu\text{g/ml}$), 騒音後は1002.8 $\mu\text{g/ml}$ (平均174.6 \pm 95.79 $\mu\text{g/ml}$)であった. そこで, 分泌増加量からみると耳栓無群は94.3 \pm 43.44 $\mu\text{g/ml}$ で, 耳栓有群の18.0 \pm 48.77 $\mu\text{g/ml}$ よりも有意に増加し, 有意差 ($P<0.05$)が認められていた (図4). すなわち, 耳栓無群の方が耳栓有群よりも急性ストレス状況下におかれていることが推察された.

Ⅲ. 脳波トポグラフからみた騒音環境下における耳栓有無別変化

図5は症例R.E.(20歳)の脳波トポグラフで, α_2 (10~13Hz)と β_2 (20~30Hz)帯域が示してある. 脳波トポグラフとは頭皮表面の電位分布図で, 通常, 安静であれば α 波も β 波も後頭部に強く, しかも左右対称性に表れる.

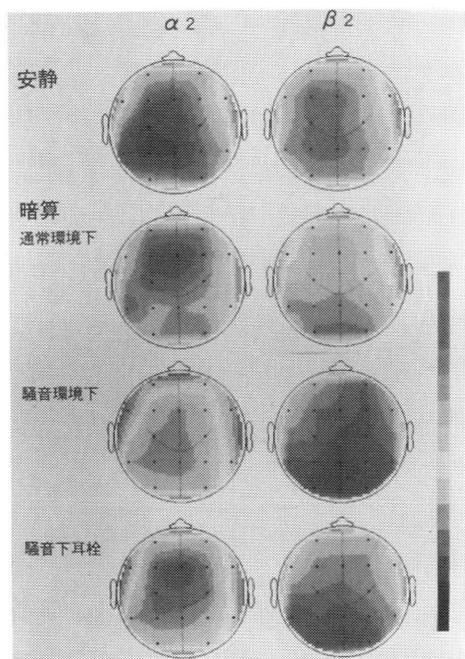


図5 脳波トポグラフ(症例R.E.)

ところで, 脳の活動を表す β 波は通常の暗算ではやや左寄りに表れてくるが, 耳栓を装着せずに騒音環境下におかれた時の暗算では β 波は全体に高電位を示し, やや右寄りとなり, 耳栓装着をした時には, 再びや

や左寄りとなる. 一方, リラックス時の α 波は後頭部に表れるが, 前頭部に表れる α 波の場合は課題への集中を示していると考えられている. すなわち, 耳栓を装着せずに騒音環境下におかれた時の α 波は全体に小さく, そして, 耳栓装着時には, 再度やや前頭部寄りになっている様子が伺われていた.

考 察

騒音に関する生理心理学的研究は, D.A.Lairdらの高周波音は低周波音よりも不快であるとの報告¹⁾から発展し, K.N.Stevensらの騒音のうらささ(Annoyance)と大きさとの分類から騒音における種々の要因による評価試案が報告²⁾されている. さらに, 騒音負荷による生理心理学的研究や自律神経, 大脳皮質, 循環器系などへの影響をとらえた作業能率を中心とした労働災害の研究報告など多岐にわたっている^{3)~11)}.

今回, 私たちは騒音にある一定時間暴露されたことで生じる生体の反応を, 大脳生理学的指標である脳波の面からと生体防御・免疫系の指標である唾液に含まれる分泌型IgAの面での両面から, 対象者の騒音というストレスに対する反応を検討すると同時に, 耳栓の与える影響(騒音は耳栓装着によって32dBに減少させる¹²⁾)をも併せて検討した.

1) 脳波学的指標から

脳波や大脳(聴覚・視覚)誘発反応による研究は高次神経活動を最も反映していると考えられていることから, 騒音や振動音に関する研究では有用な指標の一つとされている. 横塚の都市騒音に関する研究では中等度の騒音暴露ではまず皮質が賦活され, より強度の刺激で脳幹が賦活されると推測し, 騒音暴露の比較的早い時期に騒音に対する順応が生じ, 暴露後もその影響は残っているものの回復過程も起きていることを報告している¹³⁾. しかし, 重要なことは中等度の騒音刺激でも高次神経活動に影響を及ぼしていることであり, この繰り返しの慢性刺激の身体に及ぼす影響には多大なものが考えられる. 実際, 沖縄県の航空機騒音暴露による実態調査では, 日常会話や睡眠障害だけでなく, 聴力損失や疲労といった身体的・精神的被害が明らかにされている. さらに, 基地周辺の低出生体重時の出生率は他の市町村に比較して高く, 幼児たちは風邪を引きやすく, 食が細く, 友達作りも上手にできない傾向のあることが報告されている^{14,15)}. また,

本間は集中維持機能が低下することから、認識・判断に与える時間の延長を述べている¹⁶⁾。私たちの行った大脳生理学的研究では、脳波解析の中でもリラックス度と大脳機能の左右差を中心に行った。その結果、騒音暴露中には騒音を避けようと、新皮質部分を抑制しているためか、騒音時でも α 波の大きさに差がなく、むしろ安静時よりも大きくなっている傾向もみられていた。すなわち、騒音中の暗算では十分に脳が働いていないことが考えられ、耳栓を装着することで、通常以上に暗算などの課題に集中して取り組もうとしている様子が推察されていた。

2) 分泌型IgA指標から

ストレス負荷による生体への影響を評価する方法には、生理心理学分野での血圧や心拍率、皮膚電気活動などの自律神経系の反応をみる方法の他、先にも述べた脳波 α 波成分分析や大脳誘発反応分析なども良く知られている方法である。また、随意的な筋収縮の指や前腕にみられる生理的振戦をみる生体マイクロバイブレーションによる報告も散見されている¹⁷⁾。この方法はオーストリアのRohracher, H.が発見したもので、その後における種々の研究はみられるものの発生機序に関する統一した見解は未だに得られていないのが現状である。一方、生体防御系への影響をみる新たな方法として、免疫指標を評価する試みが急速に発展してきた。これは“精神神経免疫学 (Psychoneuroimmunology)”領域として位置づけられ^{18,19)}、従来は血液による研究が主体であった。しかし、最近では血液よりも簡単に抽出可能で分析技術も進歩した唾液による分泌型IgAが知られるようになった^{20,21)}。この分泌型IgA検査は、ストレス負荷に対する生体の免疫反応性の指標として知られ、ストレスの生体への影響を他覚的・数量的に評価するための簡便かつ効果的な測定方法なのである。では、何故、ストレス負荷によってS-IgAの分泌量が増すのであろうか。そのメカニズムには、すでに合成・貯蔵されているS-IgAが交感神経系を介して分泌されるためと考えられ、騒音環境下における分泌型IgAの増加は、騒音というストレスラーに対しての生体防御系が作動し、交感神経が興奮することから急性ストレス状態におかれたと推察される。しかし、長時間にわたると、貯蔵されていたS-IgAは枯渇するために、慢性ストレス状態では反対に減少すると考えられている。今回の私たちの騒音

という急性ストレス状態におかれた研究では、耳栓有群よりも耳栓無群の方に分泌型IgAの増加量が多くみられ、有意差 ($P < 0.05$) が認められていた。すなわち、耳栓の装着なしで騒音内にいる方が、耳栓の装着をして騒音内にいるよりも急性ストレス状態におかれていることが理解できたわけである。これらの事から、耳栓の装着の有無に関わらず、騒音内での繰り返しによる暴露は慢性刺激となって、より強大なストレス状況を生み出しかねないことが推察される。

文 献

- 1) Davis, H.: Acoustic relations of the human vertex potentials, J.A.S.A., 39, 109-116, 1966
- 2) K, N, Stevens: Noise Control I, 1-63, 1965
- 3) 坂本 弘: 騒音と適応に関する研究, 特に脳下垂体副腎皮質の態度について, 第1報, 労働科学, 32 (12), 1005-1011, 1956
- 4) 若原正男: 騒音のSteroid ホルモン分泌に及ぼす影響の研究, 日衛誌, 14 (8), 996-1004, 1959
- 5) 松井清夫, 坂本 弘, 滝川 寛: 騒音の連続および間欠暴露の比較研究—脳内アンモニア量を指標として—, 日衛誌, 23 (2), 225-228, 1968
- 6) 内久根堅志, 吉田義之: 低周波全身前後振動が人体に及ぼす影響, 日本大学理工学部学術講演論文集, 107-108, 1989
- 7) 川田智之, 桐生康生, 青木重伸, 他: トラック通過音の繰り返し低レベル暴露による終夜睡眠脳波の変化, 日衛誌, 48, 932-938, 1993
- 8) A. Smith, H. Whitney, M. Thomas, et al: Effects of Caffeine and Noise on Mood, Performance and Cardiovascular Functioning, HUMAN PSYCHOPHARMACOLOGY, vol. 12, 27-33, 1997
- 9) 長田泰公: 航空機騒音の睡眠障害, 航空環境研究, No.1, 15-23, 1997
- 10) M. Vallet: NOISE AS A HUMAN STRESSOR, volum 5, 17-26. 1997
- 11) 内久根堅志, 吉田義之: 低周波全身前後振動が人体に及ぼす影響, 日本大学理工学部学術講演論文集, 107-108, 1989
- 12) E. BERGER: Single Number Measures of Hearing Protector Noise Reduction, second in a comprehensive series of technical monographs covering

topics related to hearing and hearing protection

- 13) 槇塚忠穂：都市騒音の高次神経活動に及ぼす影響の総合評価，近畿大学九州工学部研究報告（理工学部編），24, 93-101, 1995
- 14) 平松幸三，山本剛夫：嘉手納基地の爆音による住民への健康影響，環境と公害，23 (3), 56-64, 1994
- 15) 平松幸三：嘉手納基地周辺の航空機騒音による健康被害，環境と公害，27 (4), 39-46, 1998
- 16) 本間 寛：騒音負荷による大脳皮質活動水準の変動－集中維持機能 (TAF) および誘発脳波 (AER) を中心として－，北海道医学雑誌，56 (1), 55-66, 1981
- 17) 徳田豊，山本哲也，井須尚紀，他：ストレス負荷時における生体マイクロバイブレーションの解析，鳥取大学工学部研究報告第28巻，25-32, 1996
- 18) R. Ader, D. Felten, et al: Psychoneuroimmunology, Sccond edition, New York Academic Press, 1991.
- 19) 山田富美雄：癒しの科学 (瞑想法)，山崎正 (監修) 瞑想の精神神経免疫学，北大路書房 (京都)，109-131, 1955
- 20) 山田富美雄，宮田洋，竹中晃二，他：分泌型 IgA を用いたストレス反応性の評価，大阪府立看護大学紀要，1 (1), 49-50, 1995
- 21) 山田富美雄，浅田博，宮田洋，他：分泌型 IgA を指標としたストレス反応性とソーシャルサポートネットワークサイズ，大阪府立看護大学紀要，2 (1), 51-57, 1996

本研究の要旨は第41回日本心身医学会総会 (2000年 6月，東京) において発表した。

Abstract

In the actual condition survey on damage resulting from exposure to aircraft noise (maximum value exceeding 100dB yearly), the effects on daily conversation, sleep disorder, hearing loss, etc. have been made clear. Further more, there has also been a higher birth rate of low birth weight infant. From these results, we can understand that noise has a great effect on the human body. So, we clarified the physiology effect by measuring the brain waves and secretory immunoglobulin. We also checked the effectiveness of wearing earplugs at the same time.

The subjects were 12 healthy females (undergraduate/graduate students of the literature department) with an average age of 21.5 years and having no history of otological disorders.

We divided them into 2 groups of 6, and gave the former half earplugs but not the latter half, based on the order of application. The experiment was conducted on each subject in an experimental laboratory with low resonance. The subject were made to listen to 2 cassette of construction site and train noise under the girder bridge, 2m in front and 3m behind them (80-100dB). Saliva samples were taken from all of the members in each group before the experiment. Then the group with earplugs was to relax with their eyes closed, quietly listen to classical music and mental count before the experiment. During the experiment, they put on their earplugs and performed their tasks such as load of Uchida Kraepelin psychological test, mental count and relaxing with eyes closed and, their saliva samples were taken again. And then they removed their earplugs and performed their tasks again such as work load of Uchida Kraepelin psychological test, mental count and relaxing with eyes closed, and completed their experiment. The group without earplugs, except for the difference in order of earplugs application, performed the same tasks as the first group and, brain wave measurement was also performed.

- 1) Inspecting them in α wave average amplitude value in right occipital, which is a barometer of relaxing level, no big difference was observed both in noise/earplugs. Significant difference was identified both between mental count and mental count in noise/mental count and mental count with earplugs ($P < 0.05$) and, significant difference between mental count in noise and mental count with earplugs was not identified but mental count with earplugs displayed intermediate value between mental count in normal status and mental count in noise.
- 2) Normally, α wave in the left decreases because the left hemisphere is used during mental count. So, by inspecting it in the difference of left and right of cerebral function ($O2/O1$), we can understand that in a mental count in normal status, the ($O2/O1$) ratio value becomes maximum and that the left hemisphere is being actively used. On the other hand, for mental count in noise, the ($O2/O1$) ratio was identified with small significant difference compared to the mental count in normal status ($P < 0.05$). Further, no significant difference was identified for mental count with earplugs but it displayed an intermediate value between mental count in noise and mental count in normal status.
- 3) We inspected secretory immunoglobulin which is said to be a barometer of acute stress from saliva measurement. Comparing the increasing amount of secretory immunoglobulin of group with earplugs and group without earplugs, a significant difference was identified because secretory immunoglobulin increase of group without earplugs compared to group with earplugs was larger ($P < 0.05$). Therefore, we thought that earplugs could have a influence of alleviating an acute stress status.
- 4) When viewing a brain wave topography (potential distribution map), when the group without the earplugs perform mental count under noise environment, their β wave is a little to the right and we infer that noise put them into a condition which causes difficulty in mental count (lowering of thinking activity). However, since their β waves is a little to the left when the earplugs are applied, we were able to see a condition which the subjects were concentrating on the tasks such as mental count. We studied the inner human body stress caused by the noise from a physiology side and inspected ear plug application simultaneously.