研究論文：論文

外向／内向的性格と安静閉眼時脳波の関係についての主成分分析による検討

山本佐代子*, 池田まさみ*, 宇於崎晴基**, 武田昌一***, 武者利光****

*お茶の水女子大学大学院人間文化研究科, ** (株)三菱総合研究所福祉医療研究部
帝京平成大学大学院情報学研究科, *帝京平成大学情報学部／(株)脳機能研究所

A STUDY OF THE RELATIONSHIP BETWEEN HUMAN EXTRO/INTROVERSION AND EEGs AT REST ON EYE BY THE PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS

Sayoko YAMAMOTO*, Masami IKEDA*, Seiki UOZAKI**, Shoichi TAKEDA***, Toshimitsu MUSHA****

*Ochanomizu University, 2-1-1 Otsuka, Bunkyo-ku, Tokyo, 112-8610, Japan

**Mitsubishi Research Institute, Inc., 2-3-6 Otemachi, Chiyoda-ku, Tokyo, 100-8141, Japan

***Teikyo Heisei University, 2289-23 Uruido, Ichihara-shi, Chiba, 290-0193, Japan

****Brain Functions Lab., Inc., KSP Bldg, E211, Sakado, Takatsu-ku, Kawasaki-shi, Kanagawa, 213-0012, Japan

Abstract: EEGs of 21 electrodes were measured from 23 female university students at rest on eye. The subjects answered three mentality tests (YG Personality Test, Big5 Personality Test, and MINI124 that is the reduction edition of MMPI). We analyzed the subjects' EEGs by the Principal Component Analysis. As a result, the first and the second principal components accounted for 70-80% EEG activities. EEGs measured from the electrodes of the Vertex part such as Cz are strongly related to the first principal component. Moreover, EEGs of the Occipital part are strongly related to the second principal component, and clear α wave activities are seen in the second principal component. Furthermore, there is an 80% correlation between the extro/introversion and the second principal component contribution to EEGs from which the influence of the first principal component contribution is eliminated.

Keywords: EEG, Principal Component Analysis, Extroversion

1. はじめに

脳波は、その発見以来、睡眠の研究やてんかんの診断に貢献してきている[注1]。また近年においては、緊張やリラックスといった自律神経系が関与したときの脳波や、感性和脳波についても研究がなされつつある[注2][注3]。しかしながら、脳波と、より高次の精神現象である人格との関係については、研究はあるものの[注4][注5]、脳波と人格との間に明確な相関関係は示されるに至っていない。これは人格という複雑な現象を客観的に計る尺度そのものが確立していないことも、その一因と考えられる。

そこで、筆者らは脳波と人格を比較検討するために、人格をはかる尺度として、日本人用の心理テストを3種類用いることにした。ひとつは日本で広く用いられてきたYG性格検査である。ひとつはミネソタ多面人格検査(MMPI)であるが、質問数が500問を超えるため、他の心理テストと併用するには被験者の負担が大きくなる。このことを考慮して、その縮小版である質問数124問のMINI124を用いることにした[注6]。もうひとつは、主要5因子性格検査である。この性格検査は「外向性」「協調性」「勤勉性」「情緒安定性」「知性」の独立な5因子で性格を捉えるものである[注7]。

また、筆者らは、多くの脳波測定を通して、安静閉眼時の脳波が人により異なること、および外向的な人は内向的な人よりも安静閉眼時の α 波振幅が大きい傾向が見られること、

に注目した。これはGottloberが報告したことでもある[注4]。

そこで、筆者らは、まず人格特徴のうち、外向性、内向性に着目して、安静閉眼脳波との関係を調べることにした。

脳波の解析は、以下の2つの点を考慮して主成分分析により行うこととした。

- (1)頭皮上の複数の電極から得られる脳波の時間的変動は、頭皮上の多くの部位で同期しているように見える。
- (2)外向的な人の α 波振幅が大きい傾向は、頭部全体から得られる脳波に見られる。

2. 実験および解析方法

2.1. 実験方法

安静閉眼時の脳波測定および3種類の性格・人格検査は、23名の女子大学生(年齢20才から25才)に対して行った。脳波測定部位は国際10-20法にしたがって、21部位(Fp1, Fp2, Fpz, F7, F3, Fz, F4, F8, T3, C3, Cz, C4, T4, T5, P3, Pz, P4, T6, O1, Oz, O2)とし、基準電極は右耳A2とした。測定に使用した脳波計は、(株)NF回路設計ブロック・(株)脳機能研究所製のESA-16である。アンチエイリアス・フィルターは250Hz、24dB/oct、ローパスフィルター60Hz、12dB/oct、ハイパスフィルター0.53Hz、6dB/oct、とし、50Hzハム除去フィルターを使用した。サンプリング周波数は200Hzとした。安静閉眼の測定時間は3分間とした。但し、被験者が傾眠傾向となる

のを避けるために、「好きな時に手元のボタンを押してください」という指示を与えた。このボタン押し信号は脳波計に脳波データと共に記録した。

2.2. 解析方法

得られた 21 チャンネルの安静閉眼時脳波は、5.12 秒(サンプリング 1024 点)毎の解析エポックに区切って視察し、ボタン押しが入っていないエポックを、各被験者につき 6 個(計 30.72 秒)取り出した。取り出した各エポックにおいて、21 チャンネルの脳波データの時間変動を説明する主成分を求めることを目的として、主成分分析を行った。

主成分分析は、Fp1(i)、Fp2(i)、Fpz(i)、.....、O2(i)を電極部位 Fp1、Fp2、Fpz、.....、O2 から得られた i 番目のサンプリング時の脳波データとしたとき、

$$Z_1(i) = a_{1,1} \cdot \text{Fp1}(i) + a_{1,2} \cdot \text{Fp2}(i) + a_{1,3} \cdot \text{Fpz}(i) + \dots + a_{1,21} \cdot \text{O2}(i)$$

$$Z_2(i) = a_{2,1} \cdot \text{Fp1}(i) + a_{2,2} \cdot \text{Fp2}(i) + a_{2,3} \cdot \text{Fpz}(i) + \dots + a_{2,21} \cdot \text{O2}(i)$$

$$Z_3(i) = a_{3,1} \cdot \text{Fp1}(i) + a_{3,2} \cdot \text{Fp2}(i) + a_{3,3} \cdot \text{Fpz}(i) + \dots + a_{3,21} \cdot \text{O2}(i)$$

・

・

$$Z_m(i) = a_{m,1} \cdot \text{Fp1}(i) + a_{m,2} \cdot \text{Fp2}(i) + a_{m,3} \cdot \text{Fpz}(i) + \dots + a_{m,21} \cdot \text{O2}(i)$$

但し、 $a_{1,1}, a_{1,2}, \dots$ は固有ベクトル、 $1 \leq i \leq 1024, m \leq 21$

なる主成分 $Z_1, Z_2, \dots$ をエポック毎に求めた。

この主成分分析結果を、被験者毎にまとめて検討を行った。

また、3 種類の性格・人格検査のうち、MINI124 と主要 5 因子性格検査は、学芸図書(株)の自動診断システムを用いて評価した[注 8]。

3. 結果と検討

3.1. 主成分寄与率

図 1 に、23 人の被験者の第 1 主成分と第 2 主成分の主成分寄与率 : C を示す。各被験者の主成分寄与率の値は、6 解析エポック分(30.72 秒分)の平均値である。被験者により、主成分寄与率の詳細な値は異なる。しかし、どの被験者においても、21 チャンネルの安静閉眼時脳波の時間変動は、第 1 主成分と第 2 主成分までで、70% から 80% 程度説明できることが

わかる。第 3 主成分の寄与率は数%程度であった。

3.2. 空間構造

図 2 に、一例として、図 1、NO. 3 の被験者の 1 解析エポックの固有ベクトルの成分の値を示す。第 1 主成分 Z_1 の固有ベクトルの成分を図 2 a) に、第 2 主成分 Z_2 の固有ベクトルの成分を図 2 b) に示す。図は、Fp1 等の各電極の頭皮上位置を模式的に 2 次元座標で表し、3 次元目をその電極に対応する固有ベクトルの成分 a_{ij} 等としたものである。固有ベクトルの成分の値が大きいほど、対応する電極から観測される脳波と各主成分 Z_1, Z_2 との関連が高いと言える。

各電極に対応する固有ベクトルの成分の値の詳細は、被験者により異なり、また、同一被験者でも解析エポックによってその詳細は変化している。しかし第 1 主成分 Z_1 に関しては、Cz 等の頭頂部における固有ベクトルの成分が大きく、側頭部、後頭部の値が小さくなっていることは、被験者間・解析エポック間で共通した特徴である。更に、一例として示した図 2 a) に示すごとく、第 1 主成分固有ベクトルの成分の値は、全体として頭部形状を模した形となっている。また、一例として示した図 2 b) に示すごとく、第 2 主成分は、後頭部 O1、O2、Oz の値が大きく、前頭部にむかってその値が減少もしくは負の値となっている。これも被験者間・解析エポック間で共通した特徴である。

3.3. 再構成主成分波形

主成分分析により得られた固有ベクトルを用いて、各電極の脳波データ : $\text{Fp1}(i) \dots$ 等より主成分波形 $Z_1(i) \dots$ を再構成した。

図 3 に、再構成波形の典型例として、図 1 の被験者 NO. 3 と NO. 4 の 2 人の 1 解析エポック分再構成波形を第 3 主成分 (Z_3) まで示す。また、図 4 に、この再構成波形にハニング窓をかけて FFT を行った結果を、第 1 主成分と第 2 主成分について示す。

第 1 主成分は、図 1 に示したように頭皮表面全体から得られる脳波への寄与率が高いのであるが、被験者 NO. 3、NO. 4 共に再構成波形は低周波成分が主である。また、FFT 結果は図示しないが、寄与率の低い第 3 主成分の時間変動も第 1

女子大学生 23 人の安静閉眼時脳波の主成分寄与率
第 1 主成分と第 2 主成分で、70% から 80% の累積寄与率となっている。

図 1 : 主成分分析結果 (主成分寄与率)

a) 第1主成分

b) 第2主成分

被験者NO. 3の1解析エポックにおける第1主成分と第2主成分の空間構造

図2: 第1主成分と第2主成分の空間構造

主成分の時間変動同様低周波が主である。一方第2主成分は、図3、図4から、被験者 NO.3 においては、10Hz 近傍の明瞭な α 波律動であることがわかる。しかしながら、被験者 NO.4 においては第2主成分に α 波律動が明確には現れていない。

多くの被験者の解析エポックにおいて、第2主成分には、 α 波律動が見られる。しかし、被験者によっては、あるいは同一被験者であっても解析エポックによっては、第2主成分の再構成波形が α 波律動であったり、 α 波律動がほとんどふくまれない波形であったりすることがわかった。

しかしながら、 α 波が観測されにくい被験者においても、 α 波が観測される被験者においても、第2主成分の空間構造は図2b)と同様であり、第2主成分は、後頭部に強く現れる

脳波成分と関連が深いことが推察される。この後頭部に強く現れる脳波成分は常に α 波成分というわけではなく、被験者により、あるいは同一被験者であっても時間的に変動していると考えられる。そしてその脳波全体に対する寄与率は、図1に示すように、被験者により異なる値をとると考えられる。

3.4.外向／内向性的性格との関連

以上の主成分分析の結果から、被験者によって異なる値を取る(1)第1主成分寄与率、(2)第2主成分寄与率、(3)累積寄与率、(4)第1主成分寄与率に対する第2主成分寄与率の割合、(5)再構成第2主成分波形で α 波帯域の占める割合、(6)再構成第2主成分波形の α 波帯域ピーク周波数値、について被験者の外向性／内向性との相関を検討した。

主成分波形を各電極の脳波データから固有ベクトルを用いて再構成(2人の被験者の1解析エポック分)
被験者 NO.3 の第2主成分は α 波律動がみられるが、被験者 NO.4 の第2主成分は α 波律動が明瞭にはあらわれていない。

図3：主成分分析結果（各主成分の時間変動）

再構成した図3の第1主成分波形と第2主成分波形の周波数解析(2人の被験者の1解析エポック分)
第1主成分は被験者 NO.3、NO.4 ともに、低周波が主であるが、第2主成分は被験者 NO.3 は、 α 波律動が主であることがわかる。

図4：主成分分析FFT解析結果

a) 健常者 (16名)

b) 非健常者 (7名)

主要5因子性格検査から得られる外向性得点と、第2主成分有効寄与率:rとの関係

a) はMINI124で異常ではないと診断された被験者群についてのもので、相関が見られる。b) はMINI124で異常と診断された被験者群のもので相関が見られない。 $y=167x-23$ はa)における回帰直線の式であり、参考までにb)にも同一直線を記入した。

図5：第2主成分と外向性の関係

以下にMMPIの縮小版MINI124で異常ではないと診断された被験者16名について、上記6項目と主要5因子性格検査から得られる外向性得点との相関係数を示す。(1)第1主成分寄与率:0.20、(2)第2主成分寄与率:0.36、(3)累積寄与率:0.50、(4)第1主成分寄与率に対する第2主成分寄与率の割合:0.22、(5)再構成第2主成分波形で α 波帯域の占める割合:0.25、(6)再構成第2主成分波形の α 波帯域ピーク周波数値:-0.003であった。以上より、これらのパラメータと外向性との相関は小さいことがわかった。ただし、(3)の累積寄与率との相関係数が、0.50であり、脳波が頭部全体として同期していることが外向性に関係することが示唆される。

そこで、筆者らは主成分分析の結果に基づいて、外向/内向性をより的確に表現するパラメータを提案することにした。図1より、第1主成分の脳波全体に対する寄与率は、第2主成分より明らかに大きい、筆者らは以下の2点から、第2主成分のほうが第1主成分より外向性に関して重要な情報を含んでいるのではないかと考えた。逆に言えば、第1主成分は冗長と考えた。

- (1)図2より固有ベクトルの成分の値は、第1主成分では頭部形状を模した形となっているが、第2主成分は後頭部が大きく、第2主成分は後頭部の脳波成分と関連が強い
- (2)外向性との相関係数が第2主成分寄与率のほうが第1主成分寄与率よりも大きい

そこで、脳波全体から第1主成分の寄与率を引いたものに対する第2主成分の割合(第2主成分有効寄与率): r を次式

$$r = \text{第2主成分寄与率} / (1 - \text{第1主成分寄与率})$$

により定義し、 r と被験者の外向/内向性との相関を検討した。図5に検討結果を示す。

図5は、主要5因子性格検査から得られた各被験者の外向性得点と、 r との相関を示したものである。ただし、 r は各被験者の6解析エポック平均値を用いた。外向性得点は数値が

高いほど外向的で、数値が低いほど内向的であることを示し、得点50点が平均的な外向/内向特徴を有する人である。この得点は正規化t得点法にて標準化されたものである[注7]。図5a)は、MMPIの縮小版MINI124で異常ではないと診断された被験者について図示したもので、外向性得点と r が相関係数0.81であり、近似式とよい相関を示している。一方b)は、MMPIの縮小版MINI124で精神分裂的である等と診断された被験者について図示したもので相関係数0.26で、外向性得点と r との間に相関は見られない。

また、図6は、YG性格検査にて、消極型のC類(安定消極型)、E類(不安定不適応消極型)と、積極型のB類(不安定不適応積極型)、D類(安定適応積極型)に分類された被験者について、 r との関係を示したものである。ただし、MMPIの縮小版MINI124で、異常ではないと診断された被験者についてのみ図示した。分散分析により、 P 値 $=0.045 < 0.05$ で消極型と積極型の間に有意差が認められた。

YG性格検査の結果と、第2主成分有効寄与率: r との関係
MINI124で異常ではないと診断された被験者群についてのもので、消極型と積極型の差は有意。

図6：第2主成分とYG性格検査

第2主成分α波帯域のパワー値の比率／ピーク周波数値と、第2主成分有効寄与率：rとの関係

全被験者において、各解析エポックのrの値と、α波帯域のパワー値の比率／ピーク周波数との関係を示した。rの値は後頭部優位の脳波成分と関係するものであり、それが必ずしもα波帯域の脳波とは限らないことが示唆される。

図7：第2主成分の周波数とrとの関係（被験者23名）

これらの結果は、第2主成分有効寄与率rが、YG性格検査と主要5因子性格検査の両性格検査において、外向／内向性を表すパラメータとして有効であることを支持している。

3.5.第2主成分有効寄与率：rに関する考察

一般に安静閉眼時において後頭部にα波が観測されることは知られている。著者らは、多くの脳波測定を通して外向的な人は内向的な人よりも安静閉眼時のα波振幅が頭部全体において大きい傾向が見られることに注目し、検討をはじめたのであるが、前節の検討結果に示すように、外向／内向的性格と相関を示すのは、むしろ第2主成分有効寄与率：rであることが明らかとなった。

そこで、第2主成分有効寄与率：rとα波帯域の脳波との関係を図7にて検討する。図7は、rと第2主成分に占めるα波帯域(8～13Hz)のパワー値の比率／α波帯域ピーク周波数値を、全被験者の全解析エポックの値で示したものである。rの値と、α波帯域のパワー値比率／ピーク周波数とのそれぞれの相関係数は、0.23／-0.12であり、両者とも相関は認められない。ゆえに、rはα波の特徴と相関を示すパラメータではないと考えられる。一方、第2主成分自体は図2b)に示すように後頭部優位の脳波成分である。これは、第2主成分有効寄与率：rは、後頭部優位の脳波成分と関連するのであり、それが必ずしもα波帯域の脳波であるとは限らないことを意味する。この第2主成分有効寄与率の意味するところは今回の解析のみからでは明確に説明することができず、今後の課題である。

また、第2主成分有効寄与率：rと外向性が相関を示すことは、外向的な人はα波振幅が大きいのではなく、α波帯域の脳波成分には限らない後頭部優位の脳波成分が、頭部全体から観測されることを意味するものと考えられる。

4. 結言

23人の女子大学生に3種の性格・人格検査を行い、安静閉眼時脳波の主成分分析結果と外向／内向性格との関連について検討した。

その結果、主成分分析から、(1)第1主成分と第2主成分まで、安静閉眼時脳波の70-80%が説明できること、(2)第1主成分にはCz等の頭頂部の電極から計測される脳波の寄与が大きいこと、(3)第2主成分は後頭部の電極から計測される脳波の寄与が大きく、その時間変動には明瞭なα波律動が見られることがあること、がわかった。また外向／内向性格との相関を検討した結果、(4)脳波全体から第1主成分の寄与率を引いたものに対する第2主成分の割合(第2主成分有効寄与率)：rが、MINI124で異常ではないと診断された被験者の外向／内向性と、相関係数0.81の相関を示すことがわかった。

今後、第1主成分・第2主成分についてより詳細な検討を加えていきたい。また、他の人格特徴と脳波との関連についても研究を進めていく予定である。

5. 謝辞

実験全般について、(株)脳機能研究所にご協力いただいた。関係各位に謝意を表したい。また、本研究は、一部文部省ハイテク・リサーチセンター補助金により行った。

注

- 1) 大熊照雄：臨床脳波学第5版，医学書院，173-274，1999
- 2) Musha T, Terasaki Y, Takahashi T, Haque H A : Numerical Estimation of the State of Mind, International Conference on Soft Computing(4th)Iizuka, 25-29, 1996
- 3) 松永久，中沢弘：満足感計測のための基礎研究，人間工学，34，4，191-201，1998
- 4) A. B. Gottlob, : The relationship between brain potentials and personality, J. Exp. Psychol., 22, 67-74, 1938
- 5) 水木湊他：不安の生理学的指標としての frontal midline theta activity (Fm θ)，精神神経誌，87，902-907，1985
- 6) 村上千恵子：心の健康診断，三一書房，1996
- 7) 村上宣寛，村上千恵子：性格は五次元だった，培風館，1999
- 8) 村上宣寛，村上千恵子：コンピュータ心理診断法，学芸図書株式会社，1992