

パーソナリティ特性と安静時脳波コネクティビティの関連性 The relationship between personality traits and resting state EEG connectivity

星 海地[†], 嶋田 総太郎[‡]
Kaichi Hoshi, Sotaro Shimada

[†] 明治大学大学院理工学研究科, [‡] 明治大学理工学部
Graduate School of Science and Technology, Meiji University
[‡] School of Science and Technology, Meiji University
ce201042@meiji.ac.jp

概要

人間の基本的パーソナリティ特性の評価方法としてビッグファイブ理論が提案されており、ビッグファイブの5因子から少なくとも4つの性格クラスタに分類できることが報告されている。本研究ではビッグファイブによって分けられる4つの性格クラスタと安静時の脳波から得られた脳領域間のコネクティビティとの関連性を調査した。実験の結果、各クラスタにおけるコネクティビティのパターンを可視化でき、ビッグファイブ5因子をクラスタに分けて脳ネットワークとの関連性を議論することの有用性を示した。

キーワード: パーソナリティ特性, ビッグファイブ(Big-Five), 脳波(EEG)

1. 背景

人間の基本的パーソナリティ特性は神経症傾向, 外向性, 開放性, 協調性, 勤勉性の5因子から推定できるというビッグファイブ理論(5因子モデル)が提案されており、日本でも多く用いられている[1]。またパーソナリティ特性は脳の生物学的機能と関連すると考えられ、これらの相関を調査する研究が多く行われてきた。先行研究では5因子のスコアが特定の脳領域の体積と関連があり、特に前頭葉の影響が大きいことが示されている[2][3]。前頭前野や島皮質での糖代謝量が外向性や神経症傾向、開放性との相関があることも報告されている[4][5]。更には、安静時の脳活動のコネクティビティからいくつかのパーソナリティ特性因子を有意に予測できることが示されている[6][7]。また脳波を用いて周波数帯別の活動量と5因子の相関を調査した先行研究においても性別による差はあるが、 δ 波帯域活動は外向性と勤勉性、 θ 波帯域活動は外向性と勤勉性、協調性、 α 波および β 波帯域活動では神経症傾向と相関があることが示されており、主に大脳辺縁系や脳幹

との関連を示している[8]。これらの研究のように5因子モデルと脳機能との関連が多く報告されているが、5因子を総合的に捉えて脳機能との関連を調査したものはい少ない。5因子モデルの先行研究では150万人以上の5因子モデルを用いてクラスタリングによる性格タイプの特定制を行った研究では少なくとも4つの性格クラスタが存在することを報告されている[9]。本研究では安静時の脳波から得られたコネクティビティと5因子モデルから推察される4つの性格クラスタの関連性を調査することを目的とする。また、調査するネットワークは安静時に活動が上昇するデフォルトモードネットワーク(DMN)、DMNとは対照的にタスク中に活動するセントラルエグゼクティブネットワーク(CEN)、DMNとCENの切り替えや顕著性の処理に関わるセリエンズネットワーク(SN)領域の3つとする[10]。

2. 実験

2.1 被験者

被験者は81人の健康な大学生(女性15人, 20.0 ± 1.50 歳、平均 $\pm$ 標準偏差)が実験に参加した。被験者からは、実験が始まる前に実験内容の説明をした上で、脳波測定前に研究参加同意書の署名を得た。

2.2 実験手順

まず被験者ごとの電極座標を測定するために、電極キャップを被験者が装着し、デジタイザ(FASTRAK, Pollhemus社)によってその電極位置を計測した。被験者は着席状態で4分20秒の間、閉眼かつ安静にしていもらい、その間の脳波を測定した。被験者には脳波測定の際には大きく身体を動かさないこと、眠らないことの2点を警告した。脳波測定後、被験者はパーソナリティ特性5因子を測定できるTen Item Personality Inventory (TIPI-J) [11]のアンケートに回答した。

2.3. 脳波測定

脳波計測は生体アンプ (g.USBamp, g.tec MedicalEngineering GmbH, オーストリア) を2台用いて、拡張国際 10/20 法に従った 30ヶ所 (Fp1, Fp2, F7, F3, Fz, F4, F8, FT7, FC3, FCz, FC4, FT8, T7, C3, Cz, C4, T8, TP7, CP3, CPz, CP4, TP8, P7, P3, Pz, P4, P8, POz, O1, O2), 基準電極を左耳朶または右耳朶に、接地電極を AFz に貼付し安静時の被験者の脳波を計測した。0.5~100 Hz のバンドパスフィルタをかけ、サンプリング周波数 512 Hz で記録した。

2.4. 解析

2.4.1. コネクティビティ解析

測定のエラーが生じたために、6人の被験者から電極を取り除いた。1ヶ所の電極を取り除いたのは計5人で Fp1, FC4, CP4 をそれぞれ1人ずつ、TP4 を2人から取り除いた。2ヶ所の電極を取り除いたのは1人で Fz と CP4 を取り除いた。脳波解析には数値解析ソフト (MATLAB R2018b, The MathWorks, Massachusetts, USA) を使用した。まず得られた脳波データから、開始と終了の合図で記録された信号をもとにタスク時間のみを切り取った。その後、タスク開始10秒後から220秒後までの210秒間を切り取り本実験で扱う脳波データとした。210秒の脳波データを、MATLAB上で動作する脳波解析ソフト (EEGLAB 14.1.1, Swartz Center for Computational Neuroscience, San Diego, USA) を使用して、遮断周波数 46Hz のローパスフィルタ (low pass filter : LPF) を適用し、電極情報の登録を行い、電源ノイズ (50Hz) を取り除くノッチフィルタをかけた後、256Hz までダウンサンプリングを行った。これらの処理を行った後、独立成分分析 (Independent Component Analysis: ICA) を行うことによって脳波データから眼電成分と筋電成分が含まれる成分を取り除いた。

前処理を行った脳波データをコネクティビティ解析をするため University of Zurich (UZH) によって開発・配布されている脳波解析ソフト sLORETA を使用した。DMN, SN, CEN の各ネットワーク領域でコネクティビティ解析するために関心領域 (ROI) をブロードマンエリアから定め、DMN と SN の共通領域として内側前頭前野と前帯状皮質の複合領域 (BA24, 25, 32 野), DMN と CEN の共通領域として、縁上回 (BA39 野), 角回 (BA40 野), その他 DMN は内側後部帯状回 (BA23, 31 野), SN は島皮質 (BA13 野), CEN は背外側前頭前野 (BA 8, 9, 10, 46 野), 眼窩前頭皮質 (BA11, 47 野) とし

た。周波数帯域は δ 波 (1-4Hz), θ 波 (4-8Hz), α 波 (8-13Hz), $\beta 1$ 波 (13-18Hz), $\beta 2$ 波 (19-22Hz), $\beta 3$ 波 (22-30Hz) の6つに分けた。

各周波数帯におけるコネクティビティは低い空間分解能及び体積電動効果の影響を最小限に抑えられる遅延位相同期 (lagged phase synchronization) を用いた[12]。

2.4.2. 5因子クラスタリング

クラスタリング手法は混合ガウスモデル (Gaussian mixture model: GMM) とし、機械学習ライブラリである Scikit-learn によって計算された。被験者 81 人の5因子のスコアを基に4つのクラスタに分けた。各 ROI 間の平均コネクティビティをクラスタごとに求め、特に値が高かったコネクティビティからクラスタごとの特徴を調査した。またクラスタ間でのコネクティビティ値の違いを調査するために分散分析を行い、ボンフェローニ補正で有意性を評価した。

3. 結果

クラスタリングした4つのクラスタを A, B, C, D とし各クラスタの人数はそれぞれ 19 人, 26 人, 9 人, 27 人となった (表 1, 図 1)。次にクラスタの平均コネクティビティ値が 0.2 を超え、強いコネクティビティを周波数帯ごとに図 2 示す。 δ から α 波の低周波帯では強いコネクティビティは見られなかったが、 β 帯域で強いコネクティビティを示すものがあつた。分散分析の結果はどの周波数帯およびコネクティビティにおいても有意でなかった。

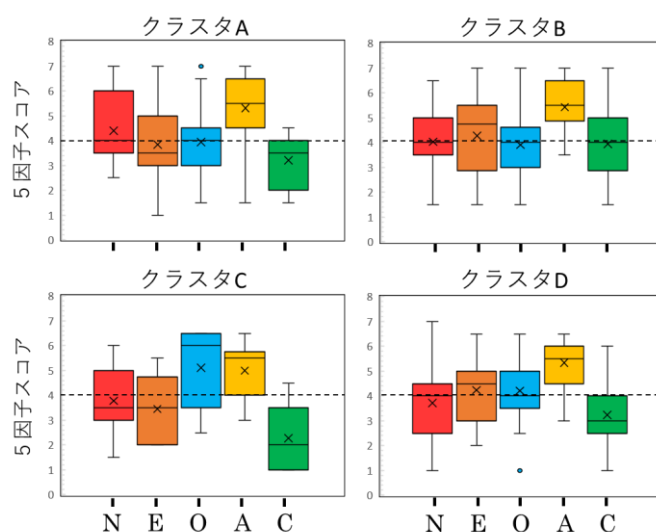
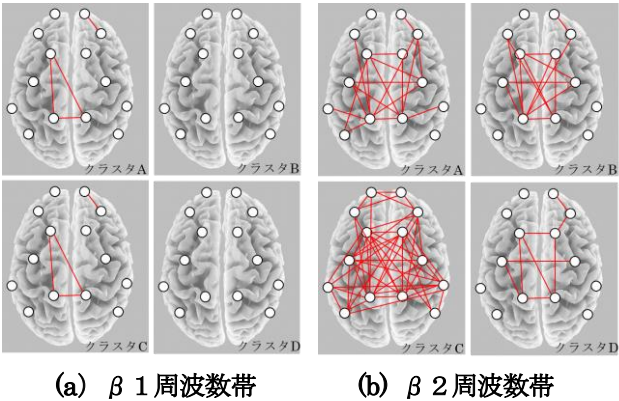


図1 各クラスタの5因子スコア

(N : 神経症傾向, E : 外向性, O : 開放性, A : 協調性, C : 勤勉性)

表 1 各クラスタ情報

クラスタ	人数	神経症		外向性		開放性		協調性		勤勉性	
	被験者(/81)	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差
A	19	4.39	1.32	3.84	1.65	3.95	1.35	5.32	1.38	3.21	1.02
B	26	4.04	1.10	4.22	1.60	3.92	1.41	5.44	1.08	3.86	1.38
C	9	3.78	1.29	3.44	1.30	5.11	1.49	5.00	1.08	2.28	1.31
D	27	3.72	1.40	4.24	1.22	4.20	1.25	5.33	0.96	3.24	1.38



(a) β 1 周波数帯 (b) β 2 周波数帯

(c) β 3 周波数帯

図 2 特に高い値だったコネクティビティ

4. 考察

5 因子スコアのクラスタリング結果では大きく類似しているクラスタはなく、4 つの性格クラスタに分けることができたと考えられる。先行研究では 5 因子モデルのクラスタリングで Average 型、Self-centred 型、Reserved 型、Role model 型の 4 つに性格を分けられるとしている[9]。これらのパーソナリティには特徴があり Average 型は神経症傾向と外向性が高く開放性が低い。Self-centred 型は外向性がとても高く開放性と協調性、勤勉性が平均より低い。Reserved 型は神経症傾向と

開放性が低く、協調性と勤勉性がやや高い。Role model 型は 20 代以下に少ない傾向があり神経症傾向が最も低く、それ以外がやや高い特徴を持つ。これらの特徴を基に本実験でのクラスタリング結果を考察する。クラスタ A は神経症傾向が高く開放性が低い特徴があり Average 型に対応すると考えられる。次にクラスタ B は協調性と勤勉性が高いことから Reserved 型と見なせる。クラスタ C は開放性が最も高く神経症傾向がやや低く更にクラスタ内人数が最も少なかった。本実験では 20 歳前後の大学生を対象としたために、この結果は Role model 型の特徴と一致し整合性がとれる。最後にクラスタ D では外向性が最も高く、開放性と協調性、勤勉性も他のクラスタと比較して平均的であることから Self-centred 型に対応すると考えられる。これらの結果から 4 つの性格クラスタへの分類が日本人の学生にも概ねあてはまることが示唆された。

次にクラスタごとのコネクティビティのパターンから、性格クラスタによって異なるネットワークを形成していることが分かる。特にクラスタ C は β 1 波帯域において DMN(内側前頭前野－後帯状皮質)で強いコネクティビティを示し、他の β 波帯域で多数のコネクティビティを構成していることがわかる。DMN の活動は「今この瞬間に集中せず他のことを考える」マインドワンダリング (MW) と関係することが知られている[13]。一方、クラスタ C は開放性が最も高い特徴があるが、開放性は創造性の高さとの関連性が報告されており[14]、創造性の高さと MW 傾向が正の相関があることも報告されている[15]。これらのことから、クラスタ C における DMN の強いコネクティビティは開放性の高さを反映したものだと考えられる。その他のクラスタにおいても異なったコネクティビティパターンが見られており、各クラスタの特徴をコネクティビティパターンで検討することの有用性が示唆されているといえる。

本研究では 5 つの因子を総合的に捉え、クラスタリ

ングされた4つの性格クラスタごとの脳波コネクティビティパターンを確認した。その結果クラスタ間でコネクティビティの違いを確認することができ、パーソナリティと脳活動の関連性を議論する手法として、性格クラスタごとのコネクティビティ解析を使用することの有用性を示唆することができた。

文献

- [1] 並川努, 谷伊織, 脇田貴文, 熊谷龍一, 中根愛, 野口裕之, (2012), "Big Five 尺度短縮版の開発と信頼性と妥当性の検討" 心理学研究, vol.83, No.2, pp.91-99
- [2] Wright CI, Williams D, Feczko E, Barrett LF, Dickerson BC, Schwartz CE, Wedig MM (2006) "Neuroanatomical correlates of extraversion and neuroticism." *Cereb Cortex* vol.16, No.12, pp1809-1819.
- [3] DeYoung CG (2010) "Personality neuroscience and the biology of traits." *Soc Pers Psychol Compass* vol.4, No.12 pp.1165-1180
- [4] Deckersbach T, Miller KK, Klibanski A, Fischman A, Dougherty DD, Blais MA, Herzog DB, Rauch SL (2006) "Regional cerebral brain metabolism correlates of neuroticism and extraversion." *Depress Anxiety* vol.23, No.3, pp133-138.
- [5] Sutin AR, Beason-Held LL, Resnick SM, Costa PT (2009) "Sex differences in resting-state neural correlates of openness to experience among older adults." *Cereb Cortex* vol.19, No.12, pp2797-2802.
- [6] Adelstein JS, Shehzad Z, Mennes M, Deyoung CG, Zuo XN, Kelly C, Margulies DS, Bloomfield A, Gray JR, Castellanos FX, Milham MP (2011) "Personality is reflected in the brain's intrinsic functional architecture." *PLoS One* Vol.6, No.11, e27633.
- [7] Alessandra D. Nostro, Veronika I. Muller, Deepthi P. Varikuti, Rachel N. Plachke, Felix Hoffstaedter, Robert Langner, Kaustubh R. Patil, Simon B. Eickhoff (2018), "Predicting personality from network-based resting-state functional connectivity", *Brain Structure and Function*, vol.223, pp.2699-2719
- [8] Tran Y, Craig A, Boord P, Connell K, Cooper N, Gordon E. (2006) "Personality traits and its association with resting regional brain activity." *Int J Psychophysiol.* Vol.60, No.3, pp215-24.
- [9] Martin Gerlach1, Beatrice Farbl, William Revelle2 and Luis A. Nunes Amaral (2018) "A robust data-driven approach identifies four personality types across four large data sets." *Nature Human Behaviour*, vol.2, pp.735-742
- [10] Goulden N, Khusnulina A, Davis NJ, Bracewell RM, Bokde AL, McNulty JP, Mullins PG. (2014) "The salience network is responsible for switching between the default mode network and the central executive network: replication from DCM." *Neuroimage*.1;99:180-90.
- [11] 小塩真司, 阿部晋呉, Pino Cutrone, (2012), "日本語版 Ten Item Personality Inventory (TIPI-J) 作成の試み", パーソナリティ研究, vol.21, No.1, pp.40-52
- [12] Roberto D. Pascual-Marqui, Dietrich Lehmann, Martha Koukkou, Kieko Kochi, Peter Anderer, Bernd Saletu, Hideaki Tanaka, Koichi Hirata, E. Roy John, Leslie Prichep, Rolando Biscay-Lirio and Toshihiko Kinoshita (2011), "Assessing interactions in the brain with exact low-resolution electromagnetic tomography", *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, vol.369 No.1952, pp.3768-3784
- [13] Weissman DH, Roberts KC, Visscher KM, Woldorff MG (2006). "The neural bases of momentary lapses in attention." *Nat Neurosci.* Vol.9, No.7, pp.971-8.
- [14] 西川隆蔵(1992), "パーソナリティの開放性-閉鎖性に関する研究", 教育心理学研究, Vol.40, No.1, pp.37-46
- [15] Agnoli, Sergio Vanucci, Manila Pelagatti, Claudia Corazza, Giovanni Emanuele (2018). "Exploring the link between mind wandering, mindfulness, and creativity: A multidimensional approach.", *Creativity Research Journal* Vol.30, No.1, pp.41-53