

## 【文献調査】

# Classification of schizophrenia and bipolar patients using static and dynamic resting-state fMRI brain connectivity

萩原 里奈

廣安 知之

日和 悟

2017年10月03日

## 1 タイトル

静的および動的レスタングス状態 fMRI 脳コネクティビティを用いた統合失調症および双極性患者の分類

## 2 著者

B. Rashid, M.R. Arbabshirani, E. Damaraju, M.S. Cetin, R. Miller, G.D. Pearlson and V.D. Calhoun

## 3 出典

*Neuroimage*, Vol.134, 645–657, 2016

## 4 アブストラクト

近年、様々な精神疾患における脳内ネットワークの機能的な構成を調べるために、機能的ネットワークコネクティビティ（空間的に離れた脳内ネットワーク間の時間相関として定義される FNC）が使用されている。動的 FNC は、短期間にわたる FNC 変化を考慮に入れた従来の FNC 解析の最近の拡張である。このような動的 FNC 測定はコネクティビティの様々な側面についてより情報を与えるかもしれないが、複雑な精神疾患において分類を行う静的および動的 FNC の性能の詳細な比較はなかった。本論文では、静的および動的 FNC の特徴に基づいて、統合失調症、双極性および健常者を自動的に分類するためのフレームワークを提案する。また、静的 FNC と動的 FNC の間の交差検証の分類性能を比較する。結果は、動的 FNC は、予測精度に関して静的 FNC よりも顕著に優れていることを示し、動的 FNC の特徴は分類目的のために静的 FNC よりも顕著な利点を有することを示している。さらに、静的および動的 FNC の特徴を合わせても、動的 FNC の特徴だけより分類性能は大幅に改善されず、分類目的において静的 FNC が動的 FNC と組み合わせたときに重要な情報を追加しないことが示唆される。静的および動的 FNC 特徴に基づく 3 つの分類方法は、個々の被験者を適切な診断グループに高精度で区別する。私たちが提案した分類フレームワークは、潜在的に追加の精神障害に適用可能である。

## 5 キーワード

static connectivity, dynamic connectivity, resting state, fMRI brain connectivity

## 6 参考文献

### 6.1 異なる脳領域間の機能的相互作用を推定する機能的コネクティビティ解析に関する文献

1. Craddock RC, Jbabdi S, Yan C-G, Vogelstein JT, Castellanos FX, Di Martino A, Kelly C, Heberlein K, Colcombe S, Milham MP. Imaging human connectomes at the macroscale. *Nature methods*. 2013;10:524–539.

### 6.2 空間的に離れた脳領域間の時間相関によって定義される機能的コネクティビティ解析に関する文献

1. Friston K. Beyond phrenology: what can neuroimaging tell us about distributed circuitry? *Annual review of neuroscience*. 2002a;25:221–250.

### 6.3 機能的コネクティビティの seed-based analysis に関する文献

1. Biswal B, Yetkin FZ, Haughton VM, Hyde JS. Functional connectivity in the motor cortex of resting human brain using echo-planar MRI. *Magnetic resonance in medicine*. 1995;34:537–541.

2. Greicius MD, Krasnow B, Reiss AL, Menon V. Functional connectivity in the resting brain: a network analysis of the default mode hypothesis. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2003;100:253–258.

#### 6.4 機能的コネクティビティの **data-driven method** に関する文献

1. Calhoun VD, Adali T. Multisubject independent component analysis of fMRI: a decade of intrinsic networks, default mode, and neurodiagnostic discovery. *Biomedical Engineering, IEEE Reviews in*. 2012;5:60–73.
2. Calhoun VD, Adali T, Pearlson G, Pekar J. Group ICA of functional MRI data: separability, stationarity, and inference; *Proc. Int. Conf. on ICA and BSS*; San Diego, CA. 2001a.
3. Calhoun VD, Eichele T, Pearlson G. Functional brain networks in schizophrenia: a review. *Frontiers in Human Neuroscience*. 2009;3:17.
4. Damoiseaux JS, Rombouts S, Barkhof F, Scheltens P, Stam CJ, Smith SM, Beckmann CF. Consistent resting-state networks across healthy subjects. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2006;103:13848–13853.
5. Fox MD, Raichle ME. Spontaneous fluctuations in brain activity observed with functional magnetic resonance imaging. *Nature Reviews Neuroscience*. 2007;8:700–711.
6. Hyvarinen A, Oja E. Independent component analysis: algorithms and applications. *Neural networks*. 2000;13:411–430.

#### 6.5 機能的コネクティビティのネットワークに関する研究

1. Jafri MJ, Pearlson GD, Stevens M, Calhoun VD. A method for functional network connectivity among spatially independent resting-state components in schizophrenia. *NeuroImage*. 2008;39:1666–1681.

#### 6.6 機能的ネットワークコネクティビティに関する文献

1. Camchong J, MacDonald AW, Bell C, Mueller BA, Lim KO. Altered functional and anatomical connectivity in schizophrenia. *Schizophrenia bulletin*. 2011;37:640–650.
2. Greicius M. Resting-state functional connectivity in neuropsychiatric disorders. *Current opinion in neurology*. 2008;21:424–430.
3. Meda SA, Gill A, Stevens MC, Lorenzoni RP, Glahn DC, Calhoun VD, Sweeney JA, Tamminga CA, Keshavan MS, Thaker G. Differences in resting-state functional magnetic resonance imaging functional network connectivity between schizophrenia and psychotic bipolar probands and their unaffected first-degree relatives. *Biological psychiatry*. 2012;71:881–889.
4. Sorg C, Manoliu A, Neufang S, Myers N, Peters H, Schwerthoffer D, Scherr M, Muhlau M, Zimmer C, Drzezga A. Increased intrinsic brain activity in the striatum reflects symptom dimensions in schizophrenia. *Schizophrenia bulletin*. 2013;39:387–395.

#### 6.7 静的機能的ネットワークコネクティビティに関する文献

1. Arieli A, Sterkin A, Grinvald A, Aertsen A. Dynamics of ongoing activity: explanation of the large variability in evoked cortical responses. *Science*. 1996;273:1868–1871.
2. Makeig S, Debener S, Onton J, Delorme A. Mining event-related brain dynamics. *Trends in cognitive sciences*. 2004;8:204–210.
3. Onton J, Makeig S. Information-based modeling of event-related brain dynamics. *Progress in brain research*. 2006;159:99–120.

#### 6.8 動的な機能的コネクティビティに関する文献

1. Allen EA, Damaraju E, Plis SM, Erhardt EB, Eichele T, Calhoun VD. Tracking whole-brain connectivity dynamics in the resting state. *Cerebral cortex, bhs352*. 2012
2. Calhoun VD, Miller R, Pearlson G, Adali T. The chronnectome: time-varying connectivity networks as the next frontier in fMRI data discovery. *Neuron*. 2014;84:262–274.
3. Hutchison RM, Womelsdorf T, Gati JS, Everling S, Menon RS. Resting-state networks show dynamic functional connectivity in awake humans and anesthetized macaques. *Human Brain Mapping*. 2013;34:2154–2177.

4. Rashid B, Damaraju E, Pearlson GD, Calhoun VD. Dynamic connectivity states estimated from resting fMRI Identify differences among Schizophrenia, bipolar disorder, and healthy control subjects. *Frontiers in Human Neuroscience*. 2014;8
  5. Sakoglu U, Pearlson GD, Kiehl KA, Wang YM, Michael AM, Calhoun VD. A method for evaluating dynamic functional network connectivity and task-modulation: application to schizophrenia. *Magnetic Resonance Materials in Physics, Biology and Medicine*. 2010;23:351–366.
- 6.9 機能的コネクティビティに基づく統合失調症と双極性障害患者の分類に関する文献**
1. Arbabshirani MR, Kiehl KA, Pearlson GD, Calhoun VD. Classification of schizophrenia patients based on resting-state functional network connectivity. *Frontiers in neuroscience*. 2013b;7
  2. Shen H, Wang L, Liu Y, Hu D. Discriminative analysis of resting-state functional connectivity patterns of schizophrenia using low dimensional embedding of fMRI. *NeuroImage*. 2010;49:3110–3121.
  3. Su L, Wang L, Shen H, Feng G, Hu D. Discriminative analysis of non-linear brain connectivity in schizophrenia: an fMRI Study. *Frontiers in Human Neuroscience*. 2013;7
- 6.10 アトラスに基づく手法を用いた健常者と統合失調症の研究**
1. Shen H, Wang L, Liu Y, Hu D. Discriminative analysis of resting-state functional connectivity patterns of schizophrenia using low dimensional embedding of fMRI. *NeuroImage*. 2010;49:3110–3121.
- 6.11 leave-one-out 交差検定を用いたボクセルによる統合失調症の分類に関する文献**
1. Shinkareva SV, Ombao HC, Sutton BP, Mohanty A, Miller GA. Classification of functional brain images with a spatio-temporal dissimilarity map. *NeuroImage*. 2006;33:63–71.
- 6.12 構造的および機能的 MRI データを組み合わせた統合失調症の分類に関する文献**
1. Ford J, Shen L, Makedon F, Flashman L, Saykin AJ. 24th Annual Conference and the Annual Fall Meeting of the Biomedical Engineering Society EMBS/BMES Conference, 2002. Proceedings of the Second Joint. IEEE; 2002a. A combined structural-functional classification of schizophrenia using hippocampal volume plus fMRI activation. *Engineering in Medicine and Biology*, 2002; pp. 48–49.
- 6.13 構造的および機能的 MRI の両特徴を用いた自動分類に関する文献**
1. Silva RF, Castro E, Gupta CN, Cetin M, Arbabshirani M, Potluru VK, Plis SM, Calhoun VD. Machine Learning for Signal Processing (MLSP), 2014 IEEE International Workshop on. IEEE; 2014. The tenth annual MLSP competition: Schizophrenia classification challenge; pp. 1–6.
- 6.14 統合失調症あるいは双極性障害患者における研究**
1. Arribas J, Calhoun VD, Adali T. Automatic Bayesian classification of healthy controls, bipolar disorder, and schizophrenia using intrinsic connectivity maps from FMRI data. *Biomedical Engineering, IEEE Transactions on*. 2010;57:2850–2860.
  2. Calhoun VD, Maciejewski PK, Pearlson GD, Kiehl KA. Temporal lobe and “default” hemodynamic brain modes discriminate between schizophrenia and bipolar disorder. *Human Brain Mapping*. 2008b;29:1265–1275.
  3. Costafreda SG, Fu CHY, Picchioni M, Touloupoulou T, McDonald C, Kravariti E, Walshe M, Prata D, Murray RM, McGuire PK. Pattern of neural responses to verbal fluency shows diagnostic specificity for schizophrenia and bipolar disorder. *BMC psychiatry*. 2011;11:18.
- 6.15 側頭葉とデフォルトモードのネットワークを用いた統合失調症と双極性患者の分類に関する文献**
1. Calhoun VD, Maciejewski PK, Pearlson GD, Kiehl KA. Temporal lobe and “default” hemodynamic brain modes discriminate between schizophrenia and bipolar disorder. *Human Brain Mapping*. 2008c;29:1265–1275.
- 6.16 サポートベクターマシンを用いた統合失調症と双極性患者の分類に関する文献**
1. Costafreda SG, Fu CHY, Picchioni M, Touloupoulou T, McDonald C, Kravariti E, Walshe M, Prata D, Murray RM, McGuire PK. Pattern of neural responses to verbal fluency shows diagnostic specificity for schizophrenia and bipolar disorder. *BMC psychiatry*. 2011;11:18.

#### 6.17 統合失調症と双極性障害の患者の群レベルの区別に関する文献

1. Allen EA, Damaraju E, Plis SM, Erhardt EB, Eichele T, Calhoun VD. Tracking whole-brain connectivity dynamics in the resting state. *Cerebral cortex*, bhs352. 2012
2. Arbabshirani MR, Havlicek M, Kiehl KA, Pearlson GD, Calhoun VD. Functional network connectivity during rest and task conditions: a comparative study. *Human Brain Mapping*. 2013a;34:2959–2971.
3. Damaraju E, Caprihan A, Lowe JR, Allen EA, Calhoun VD, Phillips JP. Functional connectivity in the developing brain: A longitudinal study from 4 to 9 months of age. *NeuroImage*. 2014;84:169–180.
4. Friston KJ. Dysfunctional connectivity in schizophrenia. *World Psychiatry*. 2002b;1:66.
5. Rashid B, Damaraju E, Pearlson GD, Calhoun VD. Dynamic connectivity states estimated from resting fMRI Identify differences among Schizophrenia, bipolar disorder, and healthy control subjects. *Frontiers in Human Neuroscience*. 2014;8

#### 6.18 機能的コネクティビティの縦断研究

1. Damaraju E, Caprihan A, Lowe JR, Allen EA, Calhoun VD, Phillips JP. Functional connectivity in the developing brain: A longitudinal study from 4 to 9 months of age. *NeuroImage*. 2014;84:169–180.