

【文献調査】

A simulation and comparison of dynamic functional connectivity methods

片山 朋香 廣安 知之 日和 悟

2017年11月14日

1 タイトル

動的機能結合法のシミュレーションと比較

2 著者

William Hedley Thompson, Craig Geoffrey Richter, Pontus Plaven-Sigraý, Peter Fransson

3 出典

bioRxiv, pp.212-241, 2017

4 アブストラクト

fMRIのような神経イメージングデータに基づいて、脳の動的機能的結合性（DFC）を定量化することに、現在、関心が持たれている。多くの方法が提案され、適用されており、脳の変動への新しい洞察を明らかにする。しかし、脳内のDFCの根底にある真実は明らかでないため、提案された推定精度に関して多くの懸念が残っている。多くのDFC方法が存在するので、研究間の動的脳接続の差異を評価することは困難である。ここでは、DFC（スライディングウィンドウ、テーパスライディングウィンドウ、時間微分、空間距離、ジャックナイフ相関）を推定するための広範な現在のアプローチをまとめた5つの異なる方法を評価する。特に、DFC分析の重要な特性である時間経過に伴う共分散の変化を追跡する各手法の能力に関心を持っていた。比較されたすべての方法は互いに正に相関していましたが、方法間の相関の強さには大きな違いがあった。将来のDFCメソッドとの比較を容易にするために、記述されたシミュレーションが方法の評価のためのベンチマークテストとして機能することを提案する。この論文では、Pythonパッケージであるdfcbenchmarkerを紹介する。これは、研究者が独自のDFCメソッドを簡単に提出して比較し、パフォーマンスを評価できるようにするものである。

5 キーワード

dynamic functional connectivity, sliding window, tapered sliding window, temporal derivative, spatial distance, jackknife correlation

6 参考文献

6.1 DFCの開発に関する論文

1. Hutchison RM, Hashemi N, Gati JS, Menon RS, Everling S. Electrophysiological signatures of spontaneous BOLD fluctuations in macaque prefrontal cortex. *NeuroImage*. 2015;113:257-67.

6.2 DFCを用いたさまざまな病理に関する論文

2. Ma S, Calhoun VD, Phlypo R, Adali T. Dynamic changes of spatial functional network connectivity in healthy individuals and schizophrenia patients using independent vector analysis. *NeuroImage*. 2014 Apr;90:196-206.

3. Kaiser RH, Whitfield-Gabrieli S, Dillon DG, Goer F, Beltzer M, Minkel J, et al. Dynamic Resting-State Functional Connectivity in Major Depression. *Neuropsychopharmacology*. 2015;1-9.

6.3 DFC の影響に関する論文

4. Betzel RF, Satterthwaite TD, Gold JI, Bassett DS. Positive affect, surprise, and fatigue are correlates of network flexibility. *Scientific Reports*. 2017;7(1):520.

6.4 DFC を用いた注意に関する論文

5. Kucyi A, Hove MJ, Esterman M, Hutchison RM, Valera EM. Dynamic Brain Network Correlates of Spontaneous Fluctuations in Attention. *Cerebral cortex (New York, NY : 1991)*. 2016;bhw029.

6.5 DFC による意識のレベルに関する論文

6. Barttfeld P, Uhrig L, Sitt JD, Sigman M, Jarraya B, Dehaene S. Correction for Barttfeld et al., Signature of consciousness in the dynamics of resting-state brain activity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2015;112(37):E5219- 20.

6.6 脳のネットワークの一時的な特性に関する論文

7. Thompson WH, Fransson P. On Stabilizing the Variance of Dynamic Functional Brain Connectivity Time Series. *Brain Connectivity*. 2016 Dec;6(10):735- 46.

8. Thompson WH, Brantefors P, Fransson P. From static to temporal network theory - applications to functional brain connectivity. *Network Neuroscience*. 2017;1(2):1-37.

9. Betzel RF, Fukushima M, He Y, Zuo XN, Sporns O. Dynamic fluctuations coincide with periods of high and low modularity in resting-state functional brain networks. *NeuroImage*. 2016;127(February 2016):287-97.

6.7 DFC の方法におけるバイアスされた分散に関する問題についての論文

10. Thompson WH, Fransson P. The mean-variance relationship reveals two possible strategies for dynamic brain connectivity analysis in fMRI. *Frontiers in Human Neuroscience*. 2015;9(398):1-7.

11. Thompson WH, Fransson P. Bursty properties revealed in large-scale brain networks with a point-based method for dynamic functional connectivity. *Scientific Reports*. 2016 Dec;6(November):39156.

6.8 DFC の方法における動きのアーティファクトの問題についての論文

12. Laumann TO, Snyder AZ, Mitra A, Gordon EM, Gratton C, Adeyemo B, et al. On the Stability of BOLD fMRI Correlations. *Cerebral Cortex*. 2016;1-14.

6.9 DFC の方法における統計の問題についての論文

13. Zalesky A, Breakspear M. Towards a statistical test for functional connectivity dynamics. *NeuroImage*. 2015;114:466-70.

14. Hindriks R, Adhikari MH, Murayama Y, Ganzetti M, Mantini D, Logothetis NK, et al. Can sliding-window correlations reveal dynamic functional connectivity in resting-state fMRI? *NeuroImage*. 2016;127:242-56.

6.10 DFC 推定値の導出方法にスライディングウィンドウを用いた論文

15. Allen EA, Damaraju E, Plis SM, Erhardt EB, Eichele T, Calhoun VD. Tracking whole-brain connectivity dynamics in the resting state. *Cerebral cortex (New York, NY : 1991)*. 2014 Mar;24(3):663-76.

6.11 DFC 推定値の導出方法に時間微分を用いた論文

16. Shine JM, Koyejo O, Bell PT, Gorgolewski KJ, Gilat M, Poldrack RA. Estimation of dynamic functional connectivity using Multiplication of Temporal Derivatives. *NeuroImage*. 2015;122:399-407.

6.12 DFC 推定値の導出方法に k 平均クラスタリングを用いた論文

17. Liu X, Duyn JH. Time-varying functional network information extracted from brief instances of spontaneous brain activity. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 2013 Mar;110(11):4392-7.

6.13 DFC 推定値の導出方法に固有コネクションを用いた論文

18. Leonardi N, Richiardi J, Gschwind M, Simioni S, Annoni J-M, Schlupe M, et al. Principal components of functional connectivity: a new approach to study dynamic brain connectivity during rest. *NeuroImage*. 2013 Dec;83:937-50.

6.14 DFC 推定値の導出方法にポイント処理方法を用いた論文

19. Tagliazucchi E, Balenzuela P, Fraiman D, Chialvo DR. Criticality in large-scale brain FMRI dynamics unveiled by a novel point process analysis. *Frontiers in physiology*. 2012 Jan;3(February):15.

20. Tagliazucchi E, Siniatchkin M, Laufs H, Chialvo DR. The Voxel-Wise Functional Connectome Can Be Efficiently Derived from Co-activations in a Sparse Spatio-Temporal Point-Process. *Frontiers in Neuroscience*. 2016 Aug;10(AUG):1-13.

6.15 DFC 推定値の導出方法にカルマンフィルターを用いた論文

21. Kang J, Wang L, Yan C, Wang J, Liang X, He Y. Characterizing dynamic functional connectivity in the resting brain using variable parameter regression and Kalman filtering approaches. *NeuroImage*. 2011;56(3):1222-34.

22. Molenaar PCM, Beltz AM, Gates KM, Wilson SJ. State space modeling of time-varying contemporaneous and lagged relations in connectivity maps. *NeuroImage*. 2016;125:791-802.

6.16 DFC 推定値の導出方法に柔軟な最小二乗を用いた論文

23. Liao W, Wu G-R, Xu Q, Ji G-J, Zhang Z, Zang Y-F, et al. DynamicBC : A MATLAB Toolbox for Dynamic Brain Connectome Analysis. *Brain Connectivity*. 2014 Dec;4(10):780-90.

6.17 DFC 推定値の導出方法に時間的 ICA を用いた論文

24. Smith SM, Miller KL, Moeller S, Xu J, Auerbach EJ, Woolrich MW, et al. Temporally-independent functional modes of spontaneous brain activity. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 2012 Feb;109(8):3131-6.

6.18 DFC 推定値の導出方法に動的条件付き相関を用いた論文

25. Kiviniemi V, Vire T, Remes J, Elseoud AA, Starck T, Tervonen O, et al. A sliding time-window ICA reveals spatial variability of the default mode network in time. *Brain connectivity*. 2011 Jan;1(4):339-47.

6.19 DFC 推定値の導出方法に位相差を用いた論文

26. Lindquist MA, Xu Y, Nebel MB, Caffo BS. Evaluating dynamic bivariate correlations in resting-state fMRI: A comparison study and a new approach. *NeuroImage*. 2014;101:531-46.

6.20 DFC 推定値の導出方法に位相差を用いた論文

27. Senden M, Reuter N, Heuvel MP van den, Goebel R, Deco G. Cortical rich club regions can organize state-dependent functional network formation by engaging in oscillatory behavior. *NeuroImage*. 2017;146(October 2016):561-74.

6.21 DFC 推定値の導出方法にマルコフモデルを用いた論文

28. Ou J, Xie L, Jin C, Li X, Zhu D, Jiang R, et al. Characterizing and Differentiating Brain State Dynamics via Hidden Markov Models. *Brain Topography*. 2015 Sep;28(5):666-79.

6.22 DFC 推定値の導出方法に変分ベイズ隠れマルコフモデルを用いた論文

29. Ryali S, Supekar K, Chen T, Kochalka J, Cai W, Nicholas J, et al. Temporal Dynamics and Developmental Maturation of Salience, Default and Central-Executive Network Interactions Revealed by Variational Bayes Hidden Markov Modeling. *PLOS Computational Biology*. 2016;12(12):e1005138.