

令和 2 年 6 月 4 日現在

機関番号：15201

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2019

課題番号：16K21689

研究課題名（和文）脳の機能的構造の観点から捉えるワーキングメモリの個人差の神経メカニズム

研究課題名（英文）Neural Mechanism of Individual Differences in Working Memory Capacity: Studies from a Perspective of Functional Hierarchical Organization of the Brain

研究代表者

源 健宏 (Minamoto, Takehiro)

島根大学・学術研究院人間科学系・准教授

研究者番号：40611306

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,900,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、ワーキングメモリ機能の個人差に着目し、その個人差を生じさせる神経メカニズムの解明に取り組むことで、ワーキングメモリの全容に近づくことを目指した。本研究では、予てからワーキングメモリ機能の個人差との関係が指摘されてきた前頭前野の働きに着目し、その活動強度だけでなく、課題遂行中の機能的結合強度や安静時の機能的活動強度についても視野を広げ、個人差の基盤となる神経メカニズムの検討を進めることを目的とした。そして、ワーキングメモリの個人差の基盤となり得る3つの神経メカニズムを含めたモデルを導き出し、今後の研究分野が進むべき方向性を打ち出した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近年では、前頭前野の活動だけでなく、前頭前野と他の脳領域との連携が、高度な認知機能にとって重要な役割を果たすことが示されている。本研究により、ワーキングメモリ機能の個人差においても領域間の連携が関与することが示唆されたことから、認知機能の改善を目指すプログラムを考案する上では、これらの神経メカニズムを念頭に置きながら研究開発を進めるべきであると言える。

研究成果の概要（英文）：The present study elucidated neural mechanism mediating individual differences in working memory capacity. Mainly focusing on function of the lateral prefrontal cortex (IPFC), the present project not only investigated activity level of the IPFC, but also functional coupling of the IPFC during task-related and task-free states. Three possible neural mechanisms are proposed to mediate individual differences in working memory capacity, which need to be validated by further investigations.

研究分野：認知神経科学

キーワード：ワーキングメモリ 前頭前野 脳機能画像法

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

日々の生活の中で、わたしたちは複数の課題を同時にこなしたり、さまざまな妨害情報に気を逸らされることなく課題を遂行したりする。このような高度な認知活動は、ワーキングメモリと呼ばれる認知システムにより支えられている。ワーキングメモリでは、課題目標に関係する情報がアクティブに表現されているだけでなく、その目標を達成するためのプランニングなどもおこなわれている。ワーキングメモリの容量は、有限であることが知られており、興味深いことに、その容量には大きな個人差が認められる。ワーキングメモリの容量が、知能テストと関連することも繰り返し報告されており、それが故に、ワーキングメモリが知性の中核であると考えられる研究者も少なくない。ワーキングメモリは、心理学分野だけでなく、認知神経科学の分野でも長年の間注目されており、その機能を支える脳内メカニズムについての研究が進められてきた。ワーキングメモリ機能の個人差の観点に着目し、高いワーキングメモリを有する個人と低い個人とを比較することで、ワーキングメモリと関わる神経基盤の解明に向けた研究アプローチも展開されている。これらの個人差研究では、前頭前野の関与が指摘されており(Edin et al., 2009, Kondo et al., 2004, Minamoto et al., 2010, Osaka et al., 2003)、活動の強度や領域間の機能的結合強度が、個々人のワーキングメモリ機能と関係することが示されている。しかしながら、その詳細な神経メカニズムについては更なる検討が必要であった。

2. 研究の目的

本研究は、ワーキングメモリ機能の個人差に着目し、その個人差を生じさせる神経メカニズムの解明に取り組むことで、ワーキングメモリの全容に近づくことであった。本研究では、予めからワーキングメモリ機能の個人差との関係が指摘されてきた前頭前野の働きに着目し、その活動強度だけでなく、課題遂行中の機能的結合強度や安静時の機能的活動強度についても視野を広げ、個人差の基盤となる神経メカニズムの検討を進めることを目的とした。そして、これまでの研究報告を集約し、ワーキングメモリの個人差の基盤となる神経モデルを提案することを目指した。

3. 研究の方法

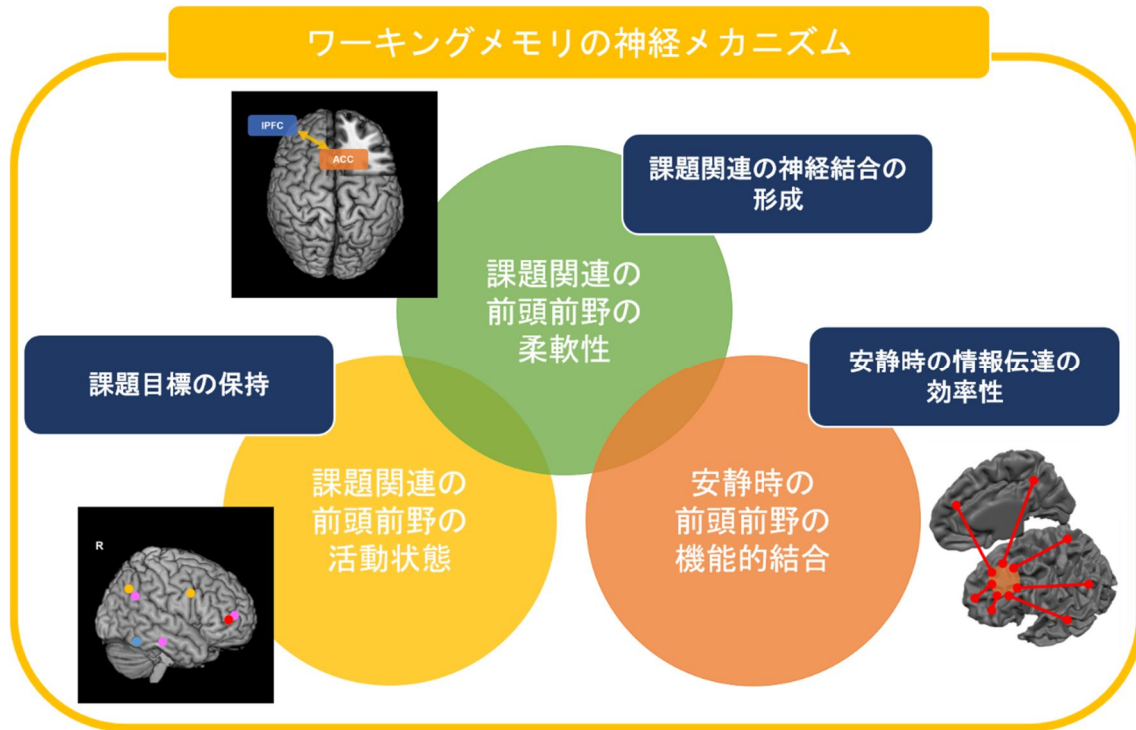
本研究では、まず、ワーキングメモリ機能の個人差に関わる神経メカニズムについて発表された論文を総括し、有力な仮説を提唱することを目指した。特に、ワーキングメモリスパン課題や n-back 課題といった前頭葉機能との関わりが示されている課題(源・坪見, 2019)を用いて個々人のワーキングメモリ機能を計測した研究論文を中心にレビューをおこなった。従来の活動強度に関する研究については、多岐にわたる課題遂行中の前頭前野の活動を比較することで、その共通点を浮き彫りにすることを目指した。機能的結合に関する論文では、これまでは、課題遂行中の結合強度に関する報告が多かったが、安静時の脳内ネットワークの研究の隆盛に合わせ、ワーキングメモリ機能の個人差との関わりを示す研究論文が増えてきている。つまり、課題遂行が求められないようなアイドリング状態の脳活動の段階においても、既にワーキングメモリ機能の個人差が見え隠れしている可能性があるということである。これらの可能性を探求するため、ワーキングメモリの神経メカニズムのモデルの構築に注力した。

本研究では、また、課題目標を操作した上で、ワーキングメモリによる認知制御が必要となる課題遂行中の脳活動を fMRI (機能的核磁気共鳴画像法)により計測した。そして、課題目標により変化する神経結合パターンを特定した上で、課題成績の個人差の影響についても検討を進めた。分析には、心理生理学的インタラクション法(Psychophysiological Interaction: PPI)を用い、課題関連の神経結合の特定をおこなった。

4. 研究成果

ワーキングメモリの神経メカニズムに関する論文のレビューを踏まえ、ワーキングメモリの個人差の基盤となり得る3つの神経メカニズムを含めたモデルを導き出した(Minamoto, Tsubomi, and Osaka, 2017)。具体的には、前頭前野外側部の活動状態、課題関連の前頭前野外側部の柔軟性、そして、安静時の前頭前野外側部の機能的結合である。活動状態の強度は、課題目標の保持状態を反映しており、活動値が強いほど、妨害情報の影響を受けずに、課題関連の情報を保持することができると考えられる。課題関連の柔軟性は、与えられた課題の種類に応じて、適切な神経結合の選択を促していると考えられる。安静時の機能的結合については、安静時に前頭前野外側部と多くの領域が協調していることで、課題が与えられたときにスムーズに課題関連の神経結合への移行が可能になるのかもしれない。今後の実証研究を通して、この神経モデルの妥当性について検討を進める必要がある。課題目標を操作した fMRI 研究では、前部帯状回が、神経結合の調整に深く関与することが示された。この研究結果を踏まえ、前頭前野に加え、前部帯状回も含めたモデルを構築する必要性が示された。

ワーキングメモリの神経メカニズム



参考文献

源 健宏・坪見 博之(2019). ワーキングメモリ 山口 真美・金沢 創・川原 純一郎(編) 心理学実験 (pp.139-152) 遠見書房

Minamoto, T., Tsubomi, H., and Osaka, N. (2017). Neural Mechanisms of Individual Differences in Working Memory Capacity: Observations from Functional Neuroimaging Studies. *Current Directions in Psychological Science*, 26, 335-345.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Kang, H., Nakae, A., Ito, H., Vitayaburananont, P., Minamoto, T., Ikeda, T., Osaka, M., Mashimo, T., Fujino, Y., and Hagihira S.	4. 巻 12
2. 論文標題 Effects of sedation on subjective perception of pain intensity and autonomic nervous responses to pain: A preliminary study	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 PLoS One	6. 最初と最後の頁 e0183635
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1371/journal.pone.0183635	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Minamoto, T., Ikeda, T., Kang, H., Ito, H., Vitayaburananont, P., Nakae, A., Hagihira, S., Fujino, Y., Mashimo, T., and Osaka, M.	4. 巻 4
2. 論文標題 Moderate sedation induced by general anaesthetics disrupts audio-spatial feature binding with sustained P3 components in healthy humans	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Neuroscience of Consciousness	6. 最初と最後の頁 niy002
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/nc/niy002	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Minamoto, T., Tsubomi, H., and Osaka, N.	4. 巻 印刷中
2. 論文標題 Neural mechanisms of individual differences in working memory capacity: Observations from functional neuroimaging studies	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Current Directions in Psychological Science	6. 最初と最後の頁 印刷中
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計6件（うち招待講演 0件/うち国際学会 1件）

1. 発表者名 源 健宏
2. 発表標題 音楽性を支える脳の仕組み
3. 学会等名 日本音楽教育学会 第49回大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 源 健宏
2. 発表標題 加害者と結びつくポジティブな感情情報の想起は許しを促すのか？
3. 学会等名 日本心理学会第82回大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 源健宏・春野雅彦
2. 発表標題 感情的妨害効果の制御に関わる前部帯状回とその機能分離：感情と認知ストレスを付加的に操作したfMRI研究
3. 学会等名 第40回日本神経科学大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 源健宏・春野雅彦
2. 発表標題 怒りがもたらす負の記憶検索の向進と正の記憶検索の抑圧
3. 学会等名 日本心理学会第81回大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Minamoto, T., Yaoi, K., Osaka, M. and Osaka, N.
2. 発表標題 An Effect of Positive Emotion on Working Memory Depends on Stimulus Type and Task Difficulty: An fMRI Study.
3. 学会等名 第40回日本神経科学大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Minamoto, T.
2. 発表標題 The Prefrontal Cortex, A Critical Source for Individual Differences in Working Memory Capacity.
3. 学会等名 The 31st International Congress of Psychology (国際学会)
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計3件

1. 著者名 堀 忠雄、尾崎 久記、室橋 春光、苧阪 満里子	4. 発行年 2018年
2. 出版社 北大路書房	5. 総ページ数 380
3. 書名 生理心理学と精神生理学 第III巻 展開	

1. 著者名 スティーヴン マロック、コルウィン トレヴァーセン、根ヶ山 光一、今川 恭子	4. 発行年 2018年
2. 出版社 音楽之友社	5. 総ページ数 656
3. 書名 絆の音楽性	

1. 著者名 山口 真美、金沢 創、河原 純一郎	4. 発行年 2019年
2. 出版社 遠見書房	5. 総ページ数 240
3. 書名 心理学実験	

〔産業財産権〕

[その他]

Takehiro's HP
<http://hp4takehiro.html.xdomain.jp/index.html>

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----