

注意とワーキングメモリの関係

2020年5月26日

概要

ワーキングメモリとは短期的にものごとを保持する能力、ひいてはそれに対して処理を加える能力のことである。ワーキングメモリは、計画を立て実行するなど人間の目標志向的行動のために不可欠な認知機能であり、人間を人間たらしめる能力の一つと言える。そのため、ワーキングメモリの神経基盤を明らかにすることは神経科学や心理学の主要な目標の一つである。

では、ワーキングメモリは脳内でどのように実現されているのだろうか。それを知る手がかりの一つが注意機能にあると私は考える。なぜなら、後述するように注意能力とワーキングメモリ能力のあいだには相関関係があるなど、これらの能力の間には深い関係性があると考えられているからだ。本レビューでは、注意とワーキングメモリの関係性について検討した論文を調査した。対象は2010年以降に発表された、ハイインパクトなジャーナルの論文とした。

注意能力とワーキングメモリ能力の関連

2016年に *Cerebral Cortex* 誌で報告された論文では、注意機能がワーキングメモリの基盤となっていることを検討した[1]。本論文では、高齢者に視覚性ワーキングメモリ課題をおこなってもらい、その保持中に適切に注意機能を促すような刺激を一瞬呈示すると、ワーキングメモリ課題のスコアが向上することを報告している。このことは、ワーキングメモリの実現において注意機能は基礎となっていることを示唆する。

さらに、2019年に *Nature Human Behaviour* 誌に掲載された論文では、注意課題とワーキングメモリ課題をミックスした課題をおこなうことでそれらの関連性を検討した[2]。その結果、ワーキングメモリ課題のスコアが低下しているタイミングでは、同様に注意課題のスコアも低下していた。さらに、全体を通してのワーキングメモリスコアが高い参加者ほど注意課題のスコアも高いことが明らかになった。これは注意機能とワーキングメモリとの間に深い関連性があることを強く示唆している。

注意とワーキングメモリで共通する脳活動

2010年に *NeuroImage* に掲載された論文では注意機能を要する課題とワーキングメモリ課題中の脳活動を機能的MRIにより検討している[3]。これによれば、両課題ともに共通して頭頂葉 (Intraparietal sulcus, IPS) の賦活が見られた。このことは注意とワーキングメモリが共通の神経基盤を有していることを示す。

類似した結果は多く報告されており、例えば 2016 年に *Cerebral Cortex* 誌に掲載された論文では、言語性ワーキングメモリも空間性ワーキングメモリも同様に、頭頂葉を主とする背側注意ネットワークの活動が共通して見られたことを報告している[4]。

上記は機能的 MRI を用いた比較的マクロな、かつヒトを対象とした研究であったが、サルを対象としより詳細な脳活動を検討した研究もある[5]。2017 年に *Nature Communications* 誌に掲載された論文では視覚的注意課題中および視覚的ワーキングメモリ課題中のサルの一次視覚野の詳細な脳活動を検討した。具体的には、大脳皮質の 6 層構造それぞれにおける電気的な活動を解析した。結果、両課題ともに類似して一次視覚野表層および第 5 層に対してトップダウン入力が見られることが明らかになった。このことは、注意機能においてもワーキングメモリにおいても、前頭葉などの高次の脳領域から低次に感覚領域に対してトップダウン入力をおこなうことで実現されていることを示唆し、同様にこれらの共通性を裏付けるものである。

一方で、注意とワーキングメモリの相違点を検討した論文もある。2013 年に *NeuroImage* 誌に掲載された論文では、ワーキングメモリ難易度（保持するアイテムの数）を上げた場合と注意課題難易度（阻害刺激の量）を上げた場合の脳活動の変化を検討した[6]。結果、ワーキングメモリ難易度に伴って活動増加が見られたのは背外側前頭前野（Dorsolateral prefrontal cortex, DLPFC）であり、注意課題難易度に伴って活動増加が見られたのは主に下前頭回（Inferior frontal gyrus, IFG）であった。このことから、これらの領域の機能的役割を検討することが、ワーキングメモリと注意機能の共通性や相違点を解明する上で重要であると考えられる。

注意欠陥多動性障害（ADHD）とワーキングメモリ

ADHD とは注意能力に欠け落ち着きがなくなるといった症状を呈する発達障害である。2015 年に *NeuroImage Clinical* 誌に掲載された論文では、複数種類のワーキングメモリ課題中の脳活動を機能的 MRI により計測することで、92.5%という従来よりも高い精度で ADHD の患者を分類できることが報告されている[7]。この研究は、ワーキングメモリと ADHD、ひいては注意機能との関連性の高さを示唆する。

さらに 2019 年に *NeuroImage Clinical* 誌に掲載された論文では、ADHD の患者は健常者に比べワーキングメモリ能力が有意に低下していることを確認し、それと関連する脳活動を脳波計測により検討している[8]。それによれば、ADHD の患者は注意機能に関わる脳活動である N2pc と呼ばれる脳波の振幅が低下しており、それに伴いワーキングメモリに関わる脳活動である CDA と呼ばれる脳波が減衰していることが示された。このことも同様に、ADHD や注意機能とワーキングメモリの関連性の深さを示唆するものである。

引用文献

- [1] Mok, R. M., Myers, N. E., Wallis, G. & Nobre, A. C. Behavioral and Neural Markers of Flexible Attention over Working Memory in Aging. *Cereb. Cortex* **26**, 1831–1842 (2016).
- [2] DeBettencourt, M. T., Keene, P. A., Awh, E. & Vogel, E. K. Real-time triggering reveals concurrent lapses of attention and working memory. *Nat. Hum. Behav.* **3**, 808–816 (2019).
- [3] Silk, T. J., Bellgrove, M. A., Wrafter, P., Mattingley, J. B. & Cunnington, R. Spatial working memory and spatial attention rely on common neural processes in the intraparietal sulcus. *Neuroimage* **53**, 718–724 (2010).
- [4] Majerus, S. *et al.* Cross-Modal Decoding of Neural Patterns Associated with Working Memory: Evidence for Attention-Based Accounts of Working Memory. *Cereb. Cortex* **26**, 166–179 (2016).
- [5] Van Kerkoerle, T., Self, M. W. & Roelfsema, P. R. Layer-specificity in the effects of attention and working memory on activity in primary visual cortex. *Nat. Commun.* **8**, (2017).
- [6] Huang, S., Seidman, L. J., Rossi, S. & Ahveninen, J. Distinct cortical networks activated by auditory attention and working memory load. *Neuroimage* **83**, 1098–1108 (2013).
- [7] Hammer, R., Cooke, G. E., Stein, M. A. & Booth, J. R. Functional neuroimaging of visuospatial working memory tasks enables accurate detection of attention deficit and hyperactivity disorder. *NeuroImage Clin.* **9**, 244–252 (2015).
- [8] Luo, X. *et al.* The neural correlations of spatial attention and working memory deficits in adults with ADHD. *NeuroImage Clin.* **22**, 101728 (2019).