

## 期待 44 : Working memory の情報の貯蔵場所の問題

これまで、ワーキング・メモリ WM の情報は感覚領野に貯蔵されていると考えられてきた。このホームページの『入門』でも、その立場から研究を紹介した。ところが、今年（2018年4月）に紹介した

Christophel et al. (2018) *Nat. Neurosci.*, 21:494-496

Harrison & Bays (2018) *J. Neurosci.*, 38:3116-3123

の論文はこの考えに疑問を抱かせるものだった。この問題に関して、先月に *Trend. Cognit. Sci.*, Vol. 22, No. 3, 2018 で3つの論文が議論していたので、紹介する。なお、これは『期待』10, 14, 19, 24 で問題にした点に関係する。すなわち、認知制御系と感覚系の関係の問題である。

Gayet, S. et al. (2018) *Trend. Cognit. Sci.*, 22:189-190.

Scimeca, J.M. et al. (2018) *Trend. Cognit. Sci.*, 22:190-192.

Xu, Y. (2018) *Trend. Cognit. Sci.*, 22:192-193.

この中で、Gayet らは従来の立場 (sensory recruitment theory) を支持し、視覚情報は初期視覚領野で維持されていると考える。一方、Xu は情報は初期視覚領野でなく、前頭葉、頭頂葉 FP に維持されていると主張する。そして、Scimeca らはやや調停的で、初期視覚領野にも前頭葉、頭頂葉の認知制御の領域にも維持されると考えている。なお、Xu, Y.にはこの点についての総説があり、その内容が議論されている。

Xu, Y. (2017) *Trend. Cognit. Sci.*, 21:794-815.

まず、Gayet らの議論。Xu が初期視覚領野に維持されていないと主張する理由は、WM の情報と視覚入力相互に干渉するからだ、逆に相互作用が有益なことを忘れていると批判する。また、Xu はこの相互作用の研究が十分になされていないというが、多くの研究がこの問題を扱っていると反論する。それらの結果は貯蔵が初期感覚領野にあるという説を支持していると主張する。そして、WM の維持期の刺激が初期視覚領野の表象を乱すが、頭頂葉の表象には影響を与えず、成績も低下しないという Xu らの結果は、刺激を言語に置き換えた可能性を指摘した。また、Xu の WM における limited capacity は初期感覚領野の高い capacity と整合的でないとする主張に対して、bottleneck は貯蔵場所の特性でなく、WM の内容の read-out や instigation によると反論し、高次の視覚領野が貯蔵場所かもしれないと答えた。しかし、Xu の主張では FP の視覚系が WM の維持に働くことを考えるが、Gayet らはそれが重複的だとした。視覚領野の sensory recruitment の考えは parsimonious だと主張した。これらのことから、従来の初期感覚領野で WM の情報が維持されるとした。

Scimeca らは従来の説を維持するが、他の場所 (例えば、FP) にも WM の情報が維持されていると考える。両者は独自の機能を持ち、抽象のレベルが異なる。それは注意でもみられる。両者は相補的である。Xu の主張とことなり、一つの領域が他の要域を不要なものに

することはないとする。Xu は限定的に FP からの top-down が視覚領野の表象を reinstate することを考えているが、従来の説にとって、FP-感覚領野の interaction はもっと本質的なものと主張する。注意を受けていない WM の表象は現在の技術では捉えられない hidden state にあると考える。そして decode 可能な活動なしに初期視覚領野が WM にとって重要な領域であると、いろいろな可能性を考える。そして、FP-sensory interaction は表象を強くすると主張した。Scimeca らは sensory recruitment の考えから、WM と知覚の content の間で interaction が起こると考える。そして、FP の top-down signal は WM と知覚の分離する sensory-gating mechanism を提供するとした。この分離の機能は WM と知覚の content の類似度により働きが異なる。そして、複数の領域での表象の可能性、個々の領域の特殊性などを、様々な実験操作で明らかにすべきと考えている。

Xu は Gayet らが挙げた WM と知覚の interaction の研究は、初期視覚領野に WM の表象が維持されていることを示す証拠にはならないと反論する。また、刺激が言語に置き換えられて FP に維持されているという可能性も否定する。WM における limited capacity は初期感覚領野の高い capacity と整合的でないとする主張を擁護して、Gayet らの bottleneck の考えに合わない実験結果を挙げる。Scimeca らの批判に対して、Xu は感覚皮質が WM において役割を演じることを排除していない、また、FP における WM の content の特性について特定してはいないと応じる。また、視覚皮質に WM の情報が維持されているという証拠がないと主張する。Scimeca らは FP の top-down signal が WM の表象を維持することを、WM の情報が感覚皮質に維持されている証拠と考えているが、特に妨害刺激の実験結果から Xu はそれを批判する。そして、感覚皮質ではなく FP に貯蔵を考えることの利点を挙げる。その方が WM の content の様々な操作が容易だし、感覚皮質は入ってくる情報を処理しやすい、と。

以上が論争の要約である。これを読んであれこれ考える。貯蔵場所であること条件は何か。長期記憶の記憶痕跡は感覚領野にあると考えられているが、WM とどう違うのか。わたしは脳の機能についての説明が parsimonious であることをとくに評価することはない。脳は結構 redundant に働いているように思うから。注意や WM の維持の top-down 機能は決して pinpoint でなく、かなりの空間的広がりを持ち、redundant である（例えば、Serences & Boynton, 2007; Ester et al., 2009）。同様な理由で、WM の情報の維持が複数の領域で行われていると考える方が自然のように思う。したがって、初期視覚領野、高次視覚領野、連合野に WM の表象があるだろう。すべき実験は、各領域で維持されている WM 情報の性質を明らかにすること、妨害刺激など課題の状況によって、WM の表象のある各領域がどのようにふるまうかを明らかにすることだろう。TMS や tDCS などの利用も考えられるだろう。

Serences, J.T. & Boynton, G.M. (2007) *Neuron*, 55:301-312

Ester, E.F. et al. (2009) *J. Neurosci*, 29:15258-15265