

運動感覚性ワーキングメモリに言語的符号化 および加齢が及ぼす影響

[1] 組織

代表者：田中 尚文
(帝京大学ちば総合医療センター)

対応者：杉浦 元亮
(東北大学加齢医学研究所)

分担者：
柴田 大輔 (帝京大学ちば総合医療センター)
轟木 まみ (帝京大学ちば総合医療センター)

研究費：物件費 15 万円

[2] 研究経過

ワーキングメモリはリハビリテーション医療において運動学習能力に関与する主要な認知ドメインの一つである。療法士が患者の運動学習を促すために言語情報や視覚情報だけでなく、運動感覚情報も用いて患者に教示やフィードバックを与えている。運動に関する感覚情報としては視覚情報と運動感覚情報が挙げられ、それぞれの感覚情報を扱うワーキングメモリが存在すると想定される (図 1)。

現在広く支持されているワーキングメモリの概念モデル (e.g. Baddeley et al., 2009) には言語性ワーキングメモリと視空間性ワーキングメモリがサブシステムとして繰り込まれている。この概念モデルを運動に関する感覚情報を扱うワーキングメモリにあてはめると、視覚情報を扱うワーキングメモリ (視覚性ワ

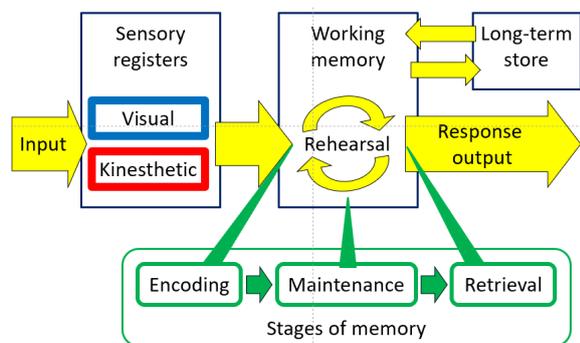


図 1. 運動に関する感覚情報を扱うワーキングメモリの概念図

ーキングメモリ) は視空間性ワーキングメモリに相当すると考えられるが、運動感覚情報を扱うワーキングメモリ (運動感覚性ワーキングメモリ) の位置づけは明確ではない。また、運動学習の際に教示する視覚情報の言語的符号化が有用であることは報告されているが、運動感覚情報の言語的符号化の有用性や加齢が及ぼす影響について検討した報告は見あたらない。本研究の目的は、運動感覚性ワーキングメモリにおける言語的符号化の脳内機構の変容とその加齢変化を機能的 MRI 実験により明らかにすることである。2019 年度は、機能的 MRI 実験にて被験者に課す課題を運動シークエンスの視覚性情報および運動感覚性情報を再認する遅延マッチング課題とすることとし、符号化 (encoding) 時に言語符号化を利用しないように構音抑制を課し、保持 (maintenance) 時の機能的 MRI データを解析する研究プロトコルを決定した。運動シークエンスを構成する運動数、すなわち、機能的 MRI 実験に用いる大小二つの記憶負荷 (memory load) 量は行動実験によりそれぞれ 2 個と 4 個に決定した。健常若年者を対象とした機能的 MRI 実験については東北大学大学院医学系研究科倫理委員会より既に承認を得ている。

以下、研究活動状況の概要を記す。

昨年度決定した研究プロトコルに沿って機能的 MRI 実験のデモンストレーションを行うため、受け入れ教員と対面打ち合わせを 2020 年 10 月 8 日と 11 月 2 日に加齢医学研究所脳 MRI センター内の MRI 室にて実施した。

今年度は符号化時に言語ラベルを容易に付与できる指数字と日本では指数字には用いない手指パターン (非指数字) でそれぞれ構成される運動シークエンスを保持するワーキングメモリ容量を健常若年者に対して神経心理学的に評価した。運動シークエンスを構成する指数字と非指数字はそれぞれ 6 パターンとし、被験者に視覚情報と運動感覚情報のいずれかで教示し、教示 4 秒後に正順序で再生するように指示した。視覚情報による教示はコマ撮り動画を被験者に見せて行い、運動感覚情報による教示は視覚遮断した被検者の手指を、検者が自作した手動装置により他動的に動かして行った。したがって、教示する 2 種類の感覚

情報と運動シーケンスを構成する2種類の手指パターンを組合せて計4条件（指数字の視覚教示、非指数字の視覚教示、指数字の運動感覚教示、非指数字の運動感覚教示）で課題を出題した。課題に用いる運動シーケンスのパターン数は条件毎に2~8個まで2系列用意し、パターン数が同じ2つの課題のうち1つ以上正解すれば、パターン数を1つ増やした課題に移行することを繰り返し、2つとも不正解した時点で課題を終了した。ワーキングメモリ容量として条件毎に正答数と正解した手指パターン最大数を記録した。これらの成績についての2条件間の比較には Wilcoxon signed-rank test を用い、有意水準は0.05とした。

[3] 成果

(3-1) 研究成果

本年度は、以下に示す研究成果を得た。

20歳代の健常若年者8人（年齢26±2歳、女性4人）を対象に上記の課題にてワーキングメモリ容量を評価した。各条件に男女2人を割り当て、4条件の施行順はカウンターバランスを取って被験者毎に設定し、順序効果を統制した。

その結果、正解数は指数字と非指数字課題のどちらも視覚教示条件の方が運動感覚教示条件よりも有意に多かった。一方、指数字と非指数字の2種類の手指パターンの正解数はいずれの教示条件でも認めなかった（図2）。指数字課題の正答した手指パターン最大数は視覚教示条件と運動感覚教示条件の間に有意差を認めなかったが、非指数字課題では視覚教示条件の方が運動感覚教示条件よりも有意に多かった。指数字と非指数字の2種類の手指パターンの正解数はいずれの教示条件でも認めなかった（図3）。

実験後に被験者に対して実験中に言語符号化を利用したかについてアンケートを行ったところ、8人の被験者のうち5人は実験当初から言語符号化を使用していなかったと回答した。残りの3人は言語符号化の利用を手指パターンの一部で試みたが、一貫しては利用できなかったと回答した。これらの3人の成績は他の被験者と比べて明らかな影響は認めなかった。したがって、今回課した構音抑制は被験者の言語符号化を十分に阻止したと考えられた。

指を使って数を数えることは数の概念と密接に関連していると考えられている。数の概念との関連は指数字の方が今回用いた非指数字よりも密接であり、容易に言語符号化できるため構音抑制によって指数字課題の成績は非指数字課題よりも低下すると予想されたが、構音抑制のワーキングメモリへの負荷は両課題で同様であった。また、指数字は被験者にとって非指数字よりも馴染みがあるためワーキングメモリへ

の負荷は少ないため、有意差を認めなかったが、非指数字課題の成績は指数字課題よりも低くなる傾向を認めたと考えられる。指数字課題の成績は視覚情報による教示の方が運動感覚情報による教示よりも良好となることが示唆された。

(3-2) 波及効果と発展性など

本共同研究により、運動感覚性ワーキングメモリにおける言語的符号化の有用性やその脳内機構の加齢による変化が神経科学的に明らかとなることが期待される。リハビリテーション医療においては、高齢脳損傷者に運動学習を促す際に教示する運動感覚情報の言語符号化を徹底する新たな運動学習法や運動学習時に治療的非侵襲脳刺激を用いる新たな治療方略の開発につながる基礎的な成果が得られると考えられる。さらには、ヒトの身体図式の神経基盤における運動感覚情報の言語符号化の有用性について新たな視座を得ることが期待される。

[4] 成果資料

2020年度には、成果発表を行っていない。

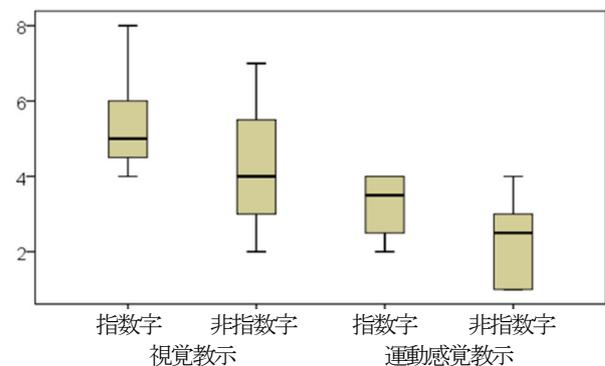


図2. ワーキングメモリ課題の正答数

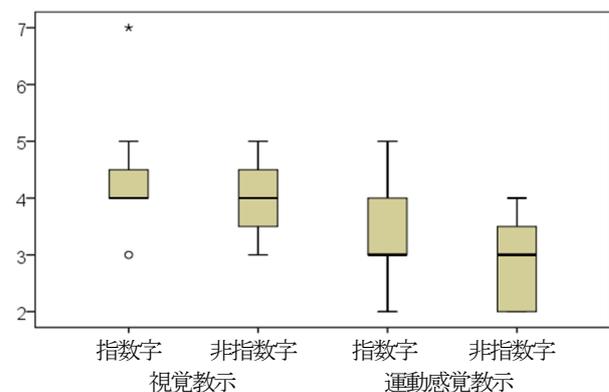


図3. ワーキングメモリ課題の正答した手指パターン最大数