

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：謝金 10 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返り込まれている。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(視覚性ワーキングメモリ)は視空間性ワーキングメモリに相当

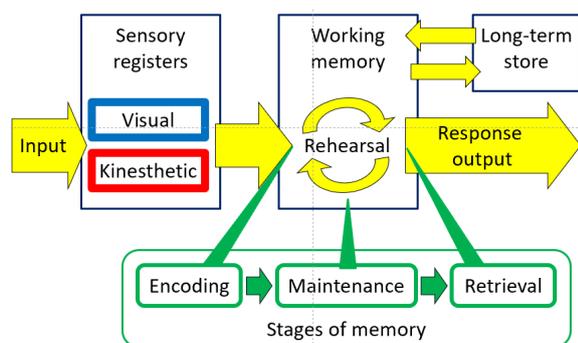


図1. 運動に関する感覚情報を扱う
ワーキングメモリの概念図

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返り込まれている。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年度には、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に決定した。そして、符号化(encoding)時に言語を利用しないように構音抑制を課すこととし、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。機能的MRI実験に用いる記憶負荷(memory load)量、すなわち、運動シークエンスを構成する運動数は正答率が100%となる運動数と80%程度となる運動数の2種類とし、行動実験によりそれぞれ2個と4個に決定した。

2020年度には、前年度に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った。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。また、符号化時に言語ラベルを容易に付与できる指数字とわが国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視覚的あるいは運動感覚的情報にて被験者に提示し、ワーキングメモリ容量を評価する課題を作成した。課題条件は、教示に用いる視覚性と運動感覚性の2種類の感覚情報と運動シークエンスを構成する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）とし、各条件でのワーキングメモリ容量を健常若年者に対して評価した。その結果、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、非指文字課題の成績は指文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。

以下、研究活動状況の概要を記す。

運動感覚性ワーキングメモリ課題時に被験者の手指を他動的に動かす装置の操作性を高めるとともにMRI室内で使用できるように自作装置の改良版を検討した。

また、2022年1月12~13日、17~19日、2月14日には、加齢医学研究所にて健常若年者24人を対象に構音抑制課題が言語符号化の方略選択に及ぼす影響について検討した。これまでわれわれが実施した構音抑制を用いた実験では、構音抑制課題の発音のリズムを変えたり、あるいは各音を発音する時間を極端に短くして次の発音までの時間的間隔を長くしたりすることによって、言語符号化を利用しやすくしていた被験者が散見されていた。今回は、構音抑制課題において被験者が各音を途切れることなく続けて発音し、発音の一定のリズムで発声速度を順守するように指示した。発音速度は、1秒間隔で教示される運動のタイミングと一致しないように0.45秒音とした。このような条件の構音抑制課題を課して運動に関する視覚性および運動感覚性ワーキングメモリ課題を実施し、その後で被験者に課題を実施している間に言語符号化を用いたかどうか聴取した。

[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。

まず第1に、運動感覚性ワーキングメモリ課題時に被験者の手指を他動的に動かす自作装置をMRI室内でも容易に操作できる改良版を考案した。

第2に、構音抑制を課して実施した運動に関するワーキングメモリ課題において言語符号化を用いなかった被験者数は10人(42%)であった。言語符号化を用いた14人のうち、7個のすべての運動に言語ラベルを付与していたのは4人であった。したがって、今回用いた構音抑制課題により言語符号化を利用しなかった被験者の割合は4割以上となることがわかった。また、すべての運動について言語符号化を用いて

いた被験者の割合は2割に満たなかった。

(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

令和3年度には、成果発表を行っていない。