

運動に関するワーキングメモリにおける 視覚情報と運動感覚情報の統合に年齢が及ぼす影響

[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：魏 海濤
(東北大学医学系研究科)

研究費：物件費 139,680 円，旅費 160,320 円

[2] 研究経過

ワーキングメモリは、リハビリテーションにおいて運動学習の成果を左右する主要な認知ドメインである。運動学習における運動教示に用いられている感覚情報には、言語情報、視覚情報ないし運動感覚情報がある。運動学習の成否には運動に関する身体表象が大きく関与すると考えられるが、その形成には視覚情報や運動感覚情報が必要とされることが知られている。したがって、われわれは運動に関するワーキングメモリは、その独立性に関して議論が分かれているものの、視覚性と運動感覚性の二つに分けられると想定した(図1)。

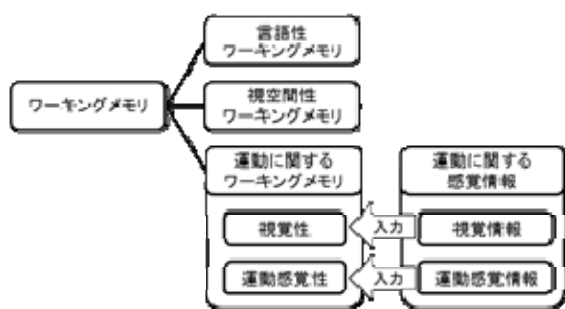


図1. 本研究において検討する運動に関するワーキングメモリの概念図

運動に関する身体表象が形成される際には、運動感覚を含む体性感覚情報は中心後回より後方に向かって逐次階層的に処理され、視覚情報は視覚背側経路を経て、これらの情報は頭頂葉後方下部領域近傍にて統合される。運動に関するワーキングメモリのうち、視覚情報と運動感覚情報の統合を必要とするワーキングメモリは、運動に関する身体表象能力や

運動学習能力を反映する可能性が考えられる。しかしながら、これまでに運動に関するワーキングメモリを視覚性と運動感覚性に分けて評価し、さらに視覚情報と運動感覚情報の統合を検討した報告は見当たらない。

本共同研究の目的は、運動に関するワーキングメモリにおける視覚情報と運動感覚情報の統合に年齢が及ぼす影響を明らかにすることである。昨年度は、運動に関するワーキングメモリにおいて視覚情報と運動感覚情報の統合を評価する課題を独自に考案し、この課題を用いる行動実験をデザインし、運動課題を教示する際に使用する動画を作成した。今年度は次年度に fMRI 実験に用いる言語性ワーキングメモリ課題および視空間性ワーキングメモリ課題の予備的検討を行った。

以下、研究活動状況の概要を記す。

昨年度にわれわれが考案した運動に関するワーキングメモリ課題を用いた fMRI 実験の研究プロトコルに関して、受け入れ教員との対面打ち合わせを2017年4月20日と2017年5月11日に加齢医学研究所スマート・エイジング棟にて実施した。

言語性ワーキングメモリと視空間性ワーキングメモリを評価する代表的な神経心理検査は、それぞれ Digit span と Tapping span である。Digit span と Tapping span の fMRI 実験下での実施方法、特に教示条件と再現条件について、われわれが考案した運動に関するワーキングメモリ課題と同等になるように検討した。受け入れ教員と2018年1月9日、2018年1月15日、2018年2月13日に加齢医学研究所スマート・エイジング棟にての対面打ち合わせを重ねた。その際の議論をもとに Digit span と Tapping span の行動実験の研究プロトコルを決定し、若年健常者を対象に行動実験を2018年2月から3月にかけて実施した。その実験結果に関して2018年3月12日に加齢医学研究所スマート・エイジング棟にて受け入れ教員と対面打ち合わせにて議論した。また、fMRI 実験を行うための課題を整理した。次年度には、高齢健常者に対する行動実験とともに、fMRI 実験を行うことを計画した。

[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、健常若年者8人(年齢 27 ± 4 歳、女性4人)を対象として、Digit spanをモニター表示にて出題し、以下の再現条件にて正解した最長スパン数を比較した。再現条件は被験者が音声と手指ジェスチャーで回答する2条件、異なる日に音声と書字で回答する2条件の計4条件とした。出題する数字は1~8とし、2~9スパンの2系列用意した。出題はスパン数の少ない課題から開始し、同一スパンの2課題とも誤答するまで行った。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、手指ジェスチャーの再現条件では音声の再現条件よりも有意に成績が低下したが、書字の再現条件と音声の再現条件の成績には有意差を認めなかった(図2)。

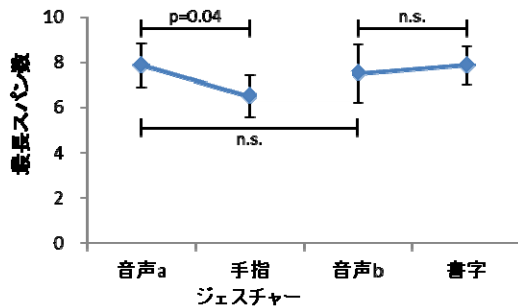


図2. Digit spanの再現条件間の比較

第2に、健常若年者6人(年齢 25 ± 3 歳、女性3人)を対象として、Tapping spanをモニターに表示して出題し、モニターに表示されたブロックを被験者が指さして回答する再現条件と手元の操作盤を指で押して回答する再現条件で正解した最長スパン数を比較した。配置するブロック数は8個とし、Digit spanと同様に実施した。手元の操作盤は $4\text{cm}\times 5\text{cm}$ の範囲に各ブロック部分を $0.75\text{cm}\times 0.75\text{cm}$ でくりぬいて作成し、被験者には手元を見ずにブロック部分を指で押せるように事前に練習させた。その結果、手元の操作盤を指で押す再現条件の成績は、モニターを指さす再現条件よりも有意な低下を認めなかった(図3)。

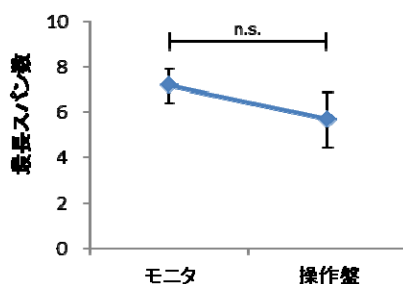


図3. Tapping spanの再現条件間の比較

以上の行動実験により、Digit spanの再現条件を書字とし、Tapping spanの再現条件を手元の操作盤の操作としても、一般的な再現条件で評価した場合と同程度の成績が得られた。したがって、この再現条件でDigit spanとTapping spanをfMRI実験で実施することが可能であると考えられた。ただし、Tapping spanの操作盤を使用した再現条件では、正解した最長スパン数が、有意ではなかったものの、従来の再現条件よりも平均で1以上低下していた。この再現条件では、被験者は操作盤を見ずに操作盤のブロックを指で押して回答することが求められており、回答時のブロックの指し誤りや、ブロックを探索しながら回答して回答時間が延長することが多く観察された。このため、事前の練習方法や内容を見直したり、操作盤を改良したりするなど、操作盤操作の習熟度をより高める必要があると考えられた。

(3-2) 波及効果と発展性など

本研究により、自己の運動を感覚運動連関により表象する認知機能を神経心理学的に評価するワーキングメモリ課題が開発され、運動に関するワーキングメモリにおける視覚情報および運動感覚情報の統合性に強く関連する神経基盤と加齢が及ぼす影響が明らかとなることが期待される。運動教示の際に視覚情報を遮断し、運動制御や運動学習に必須である運動感覚情報のみを与えた条件と他の条件を比較することによって、運動学習に視覚情報と運動感覚情報の統合が重要であることが示されれば、運動学習を効率的に進めるリハビリテーション治療戦略の開発へ発展する端緒となる。さらに、自己の運動に関する身体表象の神経基盤について新たな視座を提示できる可能性がある。

今後は、次年度に計画している高齢健常者を対象とした行動実験とfMRI実験によって得られる本研究の成果を、運動学習を含めたリハビリテーションが行われる脳卒中片麻痺患者などに臨床応用し、科研費申請などを視野に入れ、研究を発展させたい。

[4] 成果資料

平成29年度には、成果発表を行っていない。