

氏名 (本籍地)	かわはら まさひろ 川原 正広
学位の種類	博士 (情報科学)
学位記番号	情博第405号
学位授与年月日	平成20年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
研究科、専攻	東北大学大学院情報科学研究科 (博士課程) 人間社会情報科学専攻
学位論文題目	視空間作動記憶における内部構造と機能的役割に関する検討
論文審査委員	(主査) 東北大学教授 岩崎 祥一 東北大学教授 竹内 修身 岩手大学教授 松岡 和生 東北大学准教授 邑本 俊亮 東北大学准教授 和田 裕一

論文内容の要旨

第1章 作動記憶に関する基礎的研究の概観

「新聞記事の内容を理解する」や「心の中にイメージを思い浮かべる」など我々が日常生活の中で営む認知活動では、必要な情報を一時的に保持しつつ、同時に他の情報の処理を行う並列的な作業を必要とするものが多い。このような並列的な情報処理作業の中で中心的な役割を担う記憶を作動記憶 (Working Memory) という。

作動記憶は、我々が日常生活で何か作業を行うときに、つねに働いている記憶であり、日常生活を支障なくおくることができるように導くための記憶であり、人間の認知活動の中で中枢的な役割を担っている。そのため作動記憶は、今日の記憶研究の中で最も活発に研究が行われているテーマの一つであり、近年では認知心理学、認知神経科学など多方面の研究領域において、研究のテーマとして取り上げられている。

作動記憶が研究のテーマとして取り上げられている研究領域において作動記憶は、マクロ的に見ると「認知活動の中枢的な役割を担う記憶」として一致した見解が示されている。しかしながらミクロ的な視点で考えると、個々の研究領域によって作動記憶の解釈や位置づけに若干の相違がある。この様な状況では、本研究における作動記憶が何を意味し、研究によって何を言いたいかわ不明確になりかねない。そこで本章では、作動記憶研究の歴史的な変遷から、作動記憶の概念的な移り変わりについて議論し、本研究における作動記憶の定義付けを試みる。またそれと同時に本章では、これまでの作動記憶研究において提案されたモデルを概観しながら、作動記憶に関する理解をさらに深めることにする。

第2章 視空間作動記憶に関する基礎的研究の概観

本章では、本研究の検討の対象である視空間作動記憶に関する理解を深めるため、これまでに提案されている視空間作動記憶モデルや、視空間作動記憶の概念的な変遷を述べる。

具体的には、まず初めに、これまでの視空間作動記憶研究の中で視空間作動記憶の概念を説明するために用いられることが多い Logie(1995)の視空間作動記憶理論について考察する。次に、これまでの視空間作動記憶研究の歴史的な流れについて概観しながら、視空間作動記憶の概念的な変遷について議論する。最後に、実験的な手続きを用いて行った視空間作動記憶に関する研究の中で、本研究を実施する上で大きな影響を受けた4つの研究を概観する。本章ではこれらの議論から、実験的な手続きを用いた視空間作動記憶の先行研究に存在する問題点を明らかにし、本研究における研究の意義と目的を明確にする。

第3章 第一研究 二重課題法を用いた視空間作動記憶の内部構造と機能的役割の検討

第一研究では視空間作動記憶の内部構造と機能的役割の検討することを目的として二重課題法を用いた3つの実験を行った。第一実験では、空間・運動成分を含む位置記憶課題と、空間・運動成分を排除したパターン記憶課題の2種類の一次課題に対する視線移動課題と DVN の妨害効果から、視空間作動記憶内の内部構造と機能的役割に関して検討を行った。次に第二・第三実験では位置記憶課題とパターン記憶課題に対して難易度の異なる3つのレベルの二次課題が示す妨害効果の観点から、視空間作動記憶内の内的過程と機能的役割について検討を行った。第一研究ではこれら3つの実験から、位置記憶課題に対して視線移動課題が選択的に妨害を示す結果や、パターン記憶課題に対して DVN 課題が選択的に妨害を示す効果が得られ、視空間作動記憶内に空間的な情報の保持と空間的な課題の遂行の間で共有する処理資源を持つ下位要素や、視覚的な情報の保持と視覚的な課題の遂行の間で共有する処理資源を持つ下位要素が視空間作動記憶内に存在する可能性が高いことが示された。

第4章 第二研究 相関分析法を用いた視空間作動記憶の内部構造と機能的役割に関する検討：視覚的に重課題と視空間作動記憶スパンテスト・視空間イメージ能力課題の関連から

第二研究では、相関分析法を用いて視覚的二重課題の成績と視空間スパン課題(VWMST)の成績の関連性や、視覚的二重課題の成績と視空間イメージ課題(メンタルローテーション、

VVIQ)の成績の関連性から視空間作動記憶内の内部構造や機能的役割に関する検討を行った。その結果、視覚的二重課題の成績とVWMSTの成績の関連については、位置記憶課題の空間干渉条件の成績や統制条件と空間干渉条件の成績の差が、空間的な系列情報の保持を行うSPACE TASKの成績との間に相関が認められ、パターン記憶課題のパターン干渉条件の成績は、視覚的な系列情報の保持を行うPATTERN TASKとの間に相関が認められた。一方視覚的二重課題の成績と視空間イメージ課題の成績の関連については、位置記憶課題の統制条件とパターン干渉条件の成績が、視覚的イメージ課題のメンタルローテーションテストの成績と相関が認められ、パターン記憶課題の統制条件と空間干渉条件の成績が、視覚的イメージ課題のVVIQの得点と相関が認められた。

したがって、第二研究で得られた空間的な二重課題である位置記憶課題の成績と、空間的な系列課題であるSPACE TASKや、イメージ操作課題であるメンタルローテーションテストの成績間の選択的な相関関係や、視覚的な二重課題であるパターン記憶の成績と、視覚的な系列課題であるPATTERN TASKや、視覚イメージの鮮明性を評価するVVIQの成績間の選択的な相関関係からも第一研究と同様、視空間作動記憶内に視覚情報の保持と視覚課題の処理に共通して関わる視覚的下位要素と、空間情報の保持と空間課題の処理に共通して関わる空間的下位要素が相互に独立して存在する可能性が高いことが明らかになった。

第5章 第三研究 二重課題法を用いた視空間作動記憶の下位要素と他の作動記憶システムの関連についての検討

第三研究では、第一・第二研究（第一実験～第四実験）で得られた視覚的な情報の保持と処理の役割を担う視覚的下位要素と、空間的な情報の保持と処理の役割を担う空間的下位要素という視空間作動記憶内の2種類の下位要素と他の作動記憶システムの関連について明らかにするため、Baddeley(1986)のモデルで想定される言語的作動記憶と視空間作動記憶の下位要素の関連や、中央実行系と視空間作動記憶の下位要素の関連について検討を行った。

まず第五実験では、視覚的下位要素と空間的下位要素という視空間作動記憶内の下位要素と言語的作動記憶の関連について検討するため、構音課題を二次課題とした二重課題を用いた検討を行い、位置記憶課題やパターン記憶課題における視空間情報の保持に対する構音課題の妨害効果について検討を行った。その結果、一次課題における視空間刺激の記憶方略を視空間的な方略にのみ限定した言語方略なし条件では、一次課題における情報の

保持に対する構音課題の妨害効果が認められず、視空間的な情報の保持と言語的な課題の遂行には異なる処理資源が用いられる可能性が示唆された。だが一方で、一次課題における視空間刺激の記憶方略と言語的な方略を用いることを許可した言語方略あり条件では、一次課題における情報の保持に対する構音課題の妨害効果が認められた。したがって、「視空間的な刺激が提示された場合でも、刺激の記銘と言語的な方略を用いた場合には、一次課題における情報の保持と言語的二次課題との間で処理資源が競合する可能性が示唆され、第五実験で得られた方略あり条件と方略なし条件での一次課題の情報の保持に対する構音課題の対照的な妨害効果の結果からは、視空間作動記憶内の空間的下位要素や視覚的下位要素と言語的作動記憶は構造や機能が独立している可能性が高いことが明らかになった。

次に第六実験では、中央実行系の関与を要する乱数生成課題を二次課題に採用した二重課題を用いて、位置記憶課題やパターン記憶課題に対する乱数生成課題の妨害効果の観点から視空間作動記憶内の下位要素と中央実行系の関連について検討を行った。その結果、位置記憶課題では符号化条件と保持インターバル条件において一次課題の空間情報の保持に対する乱数生成課題の妨害効果が認められたものの、パターン記憶課題では、符号化条件、保持インターバル条件ともに乱数生成課題の妨害効果は認められなかった結果が得られた。この第六実験における位置記憶課題に対する乱数生成課題の選択的な妨害効果から、視空間作動記憶内の空間的下位要素は、中央実行系によって支えられている可能性が高い下位要素である可能性が高いことが明らかになった。

第6章 総合考察

最後に本研究で行った3つの研究（第一研究～第三研究）から視空間作動記憶内の内部構造と機能的役割に関する結論付けを行うと、視空間作動記憶の中には、視覚的な情報の保持と処理の機能を持つ下位要素と空間的な情報の保持と処理の機能を持つ下位要素が独立した状態で存在し、これらの下位要素は言語的な作動記憶とは処理資源を供給しないと結論付けられる。そしてこの視空間作動記憶内の下位要素の中で、空間的下位要素の活動は中央実行系によって支えられている可能性が高いと結論づけられる。

論文審査結果の要旨

作動記憶は、情報の一時的保存及び操作に関わる認知機能であり、最近盛んに研究が行われているホットなテーマである。古典的な短期記憶研究に端を発したこともあり、作動記憶の研究は、これまで言語性の作動記憶を中心に検討が行われてきたが、近年、脳の視覚系の情報処理における2つの経路（空間知覚に関わる背側系と形態知覚に関わる腹側系）との対応において、視空間作動記憶の2つの下位要素の存在が指摘されてきている。本論文は、こうした視空間作動記憶の下位要素の独立性及びそれらと言語性作動記憶との関連を検討したもので、全6章からなる。

第1章は、序論であり、研究の背景となるこれまでの作動記憶研究の変遷を述べた上でその代表的なモデルを概括している。

第2章は、これまでの視空間作動記憶研究をレビューするとともに、その理論的研究の出発点でもある Logie のモデルを中心に紹介している。

第3章は、視空間作動記憶の2つの構成要素である視覚形態情報保持に関わる下位要素（視覚性作動記憶）と空間情報保持に関わる下位要素（空間性作動記憶）の独立性を、情報の保持期間中の選択的妨害効果により検討し、両者の解離を明確に実証した点で意義深い。

第4章では、個人差の観点から、種々の視空間課題（イメージの回転を行うメンタルローテーション、イメージの鮮明さを測定する VVIQ、空間及び視覚性作動記憶を測定する視覚作動記憶テスト）と視空間作動記憶の2つの下位要素との関係を相関分析により検討した。その結果、空間性作動記憶とメンタルローテーション及び視覚作動記憶テストの空間課題、また視覚性作動記憶と VVIQ 及び視覚作動記憶テストのパターン記憶課題との間に相関が見られ、それぞれが空間的処理及び形態処理と関連するが、その逆とは関連しないことが判明した。こうした非作動記憶課題との関連の検討は、これまであまり行われておらず、その点で独創性が認められる。

第5章では、言語性作動記憶及びそこで重要視されている能動的注意制御を担うとされる執行機能との関係を、乱数発生課題を用いて検討し、空間性作動記憶には執行機能が重要であるが、視覚性作動記憶にはそれが関与しないことを明らかにした。この点は本研究の大きな貢献といえる。

第6章では、総合考察と今後の検展望を述べている。

以上要するに、本論文は、視空間作動記憶の2つの下位要素の独立性、及び言語性作動記憶（特にその執行機能）との関連の有無を干渉実験、相関分析などにより詳細に検討したもので、認知心理学及び情報科学の発展に寄与するところが少なくない。

よって、本論文は博士（情報科学）の学位論文として合格と認める。