

氏 名	こん とう ひろ ひと 近 藤 洋 史
学位の種類	博 士 (文 学)
学位記番号	文 博 第 228 号
学位授与の日付	平 成 14 年 7 月 23 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	文 学 研 究 科 行 動 文 化 学 専 攻
学位論文題目	高次認知機能におけるワーキングメモリの役割

論文調査委員	(主 査) 教 授 苧 阪 直 行	教 授 櫻 井 芳 雄	助教授 蘆 田 宏
--------	----------------------	-------------	-----------

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は最近、ヒトの高次認知処理において注目されているワーキングメモリ（作業記憶）について一連の実験を行いその心的機構の一部を明らかにしたものである。記憶は日常生活に欠かすことのできない重要な心的機能であるが、その心的機構や脳内機構については未解明な部分が多い。記憶には長期記憶とは別に、比較的短い時間だけ、目的が遂げられるまで保持される短期記憶がある。ワーキングメモリは短期記憶から生まれた新しい記憶の概念である。ワーキングメモリは英国の心理学者バッドレーが提案したもので、短期記憶に欠けていたアクティブで目標志向的な側面を取り込んだ概念である。ワーキングメモリの働きは暗算を例にとると説明しやすい。暗算をする場合、心のなかで計算という処理を行いながら、桁の繰上げが生じた場合、この情報を一時的に心に保持し必要になるまでこれを活性化した状態で生かしておく必要がある。正しい答えを得るには、処理と保持という二つの作業に注意を向けることが必要になってくるが、その作業に必要とされるのがワーキングメモリである。ワーキングメモリの概念の導入によってヒトの高次でしなやかな認知機構がうまく説明できるのである。

バッドレーのワーキングメモリのシステムでは、中央実行系と呼ばれる動的な注意機構と、その管理下にある二つのサブシステムが想定されている。二つのサブシステムは音韻ループと視空間スケッチパッドと呼ばれる。前者は言語の理解とかかわる言語性ワーキングメモリ、後者は空間の認識とかかわる空間性のワーキングメモリと考えられている。このモデルはまだおおまかな認知モデルの段階にあり、多くの研究者がその細部についての検討を進めている。たとえば、言語性ワーキングメモリの個人差と読解力のかかわりの問題、二つのサブシステム間の分離問題、さらにワーキングメモリの脳内機構の問題などについて議論がなされており、論者もこれらの問題をとりあげている。とりわけ、本論文ではサブシステム間およびサブシステム内において、ワーキングメモリの機能が中央実行系の関与の程度によって分離可能かどうかという基本問題にかかわる論議が展開されている。

第1章ではワーキングメモリの誕生の歴史的背景とワーキングメモリの実験的研究に不可欠な二重課題法について述べ、問題点を整理している。第2章では言語性ワーキングメモリと読解力とのかかわりを検討している。ここでは、リーディングスパンテストと呼ばれる二重課題法で測定された個人のワーキングメモリ容量の大きさが読解力に対して高い予測性をもつことを明らかにし、その容量を規定する諸要因が吟味されている。第3章では、読解力との関係をさらに知能にまで拡張して検討し、構造方程式モデリングの解析法を適用して、これを説明する最適のモデル提案している。そして、ワーキングメモリ課題の一つであるリーディングスパン課題から抽出された言語性ワーキングメモリと知能検査から抽出された言語性因子という潜在変数はいずれも読解力とかかわるが、機能的に分離可能であることを示唆した。言語性ワーキングメモリでは更新機能あるいは作業管理機能が反映されていると推測されるが、言語性因子では符号化と検索の機能が反映されていると考えた。第4章では、空間性および言語性ワーキングメモリに対する中央実行系の影響力に違いがあるのか否かを検討している。簡単な数的知識にアクセスする実行系課題を使用し、空間パターンあるいは単語の保持作業とどの程度干渉するのか

を調べた。その結果、実行系課題のもつ符号化と検索の機能は、言語性ワーキングメモリより空間性ワーキングメモリに大きな妨害効果をもたらすことが判明した。つまり、空間性ワーキングメモリの保持作業は、相対的に実行系機能を多く必要としている可能性が示された。

第5章では、視覚性および空間性ワーキングメモリに対する中央実行系の影響力に違いがあるのか否かを検討している。情報の更新の機能が必要となる1-back記憶課題を使用し、色彩イメージあるいは空間パタンの保持作業とどの程度干渉するのかを検討している。その結果、実行系課題の持つ更新の機能は空間性ワーキングメモリよりも視覚性ワーキングメモリに大きな妨害効果をもたらすことがわかり、視覚性ワーキングメモリの保持作業には相対的に実行系機能を多く必要としている可能性が示唆された。

第6章では、第5章まで進めてきた心理学的研究を踏まえて、これらの結果を説明し得る脳内機構の推定をfMRI（機能的磁気共鳴画像法）を用いて検討している。機能的脳画像をワーキングメモリ課題の成績上位群と下位群の間で比較したところ、脳内の前部帯状回や左前頭前野などにおいて上位群において活性化信号値が有意に増加することが観察された。同時に適用した構造方程式モデリングによるパス解析では前頭葉の機能的な結合強度に相違が認められ、前部帯状回を注意の制御系として想定したモデルが最適となることが判明した。

以上の高次認知活動におけるワーキングメモリの役割についての一連の実験から、論者は中央実行系のかかわりの程度によって言語性ワーキングメモリと空間性ワーキングメモリが分離可能であること、さらに後者は空間性のものと視覚性のワーキングメモリに分けられることを論じている。加えて、ワーキングメモリにおける高次認知機能の発現は課題の困難度やワーキングメモリ容量の個人差によっても制約を受けることを明らかにしている。そして、その制御系の脳内基盤が前頭葉にあることを推定している。

論文審査の結果の要旨

記憶はわれわれの生活に欠かすことのできない重要な心的機能である。19世紀、米国の心理学者ウィリアム・ジェームスは記憶には長い記憶と短い記憶の二種類があることを示唆した。前者は時間的に長く知識の基盤となり得る記憶で、後者は比較的短い時間だけ保持され、目的を達成すると消去される一時的記憶である。ジェームス以来、心理学における記憶研究は前者を長期記憶、後者を短期記憶と呼び多くの実験的研究が蓄積されてきた。多くの研究者の関心は、長期記憶の形成の基礎となる短期記憶に向けられてきた。このような状況下で、英国の心理学者バッドレーは、短期記憶に欠けていたアクティブで目標志向的な側面をおぎないつつ、この概念を拡張してワーキングメモリ（作業記憶）という記憶のシステムを提案した。この新しい概念の導入によってヒトの高次な認知機能がうまく説明できるようになってきた。バッドレーのワーキングメモリのシステムの特徴は中央実行系と呼ばれる動的な注意機構を考え、さらにこれに管理された二つのサブシステムを想定しているところにある。二つのサブシステムは音韻ループと視空間スケッチパッドと呼ばれる。前者は言語の理解とかかわる言語性ワーキングメモリ、後者は空間の認識とかかわる空間性のワーキングメモリとかかわると想定されている。しかし、このモデルはまだ荒削りな認知モデルの段階にあるため、現在その細部についての検討が論者を含めた多くの研究者によって進められている。

本論において論者は、ワーキングメモリの働きが高次な認知機能の文脈においてどのような意義をもつかを、課題の特性と困難度を主な操作変数として設定し、二重課題法を用いて実験的に吟味している。

第1章では、ワーキングメモリ研究の歴史的背景とワーキングメモリの実験的研究に不可欠な二重課題法について述べ、問題点を整理している。

第2章では、言語性ワーキングメモリと読解力とのかかわりを検討している。リーディングスパンテストと呼ばれる二重課題法で測定された個人のワーキングメモリ容量の大きさが、読解力に対して高い予測性をもつことを明らかにし、その容量を規定する諸要因が中央実行系の機能を中心に検討されている。

第3章では、第2章で検討したワーキングメモリと読解力の関係をさらに知能の概念にまで拡張して検討し、構造方程式モデリングの解析法を用いて、読解力を説明する最適の認知モデルを提案している。そして、ワーキングメモリ課題の一つであるリーディングスパン課題から抽出された言語性ワーキングメモリと知能検査から抽出された言語性因子という潜在変

数はいずれも読解力とかかわるが、機能的に分離可能であることをはじめて示した。

第4章では、空間性および言語性ワーキングメモリに対する中央実行系の影響力に違いがあるのかどうかを検討している。検討の結果、空間性ワーキングメモリの情報の保持作業にはより多くの実行系機能が必要とされていることが判明した。これは、言語性ワーキングメモリと空間性ワーキングメモリが分離可能であることを示す新しい証拠であるといえる。

第5章では、空間性および視覚性ワーキングメモリに対する中央実行系の影響力に違いがあるのか否かを吟味している。吟味の結果、空間性ワーキングメモリが空間位置などの処理に特化した空間性のワーキングメモリと、色彩などの処理に固有に働く視覚性ワーキングメモリとに分離可能であるという興味ある事実が示された。

第6章では、ワーキングメモリを高次脳機能の働きから検討している。ワーキングメモリの脳内基盤を検討するため、fMRI（機能的磁気共鳴画像法）と呼ばれる最新の解析法を採用し、ワーキングメモリ課題下での被験者の脳の活動を計測している。ワーキングメモリ課題の成績上位群と下位群の間で比較した結果、上位群で脳の前部帯状回や左前頭前野において活性化信号値の有意な増強を観察している。さらに構造方程式モデリングによる推定の結果、前頭葉のこれらの領域間の機能的な結合強度に相違が認められるという新知見を得ている。これをもとに、論者は、結合強度の相違を中央実行系の働きの相違に起因していると考え、前頭葉における中央実行系を考慮した前頭前野—前部帯状回ネットワークモデルを新たに提案しており高く評価できる。

本論文において論者が展開する種々のワーキングメモリ課題に対する中央実行系の関与についての考察は興味深くまた重要なものであるが、いくつかの点でさらなる吟味が必要であると考えられる。そのひとつは、中央実行系における注意の制御機構が言語性と空間性のワーキングメモリにおいて、どのような共通性をもつのかについて必ずしも十分に考察されているとはいえない点である。しかしながら、本論で展開されている言語性と空間性、さらに空間性と視覚性のワーキングメモリの分離可能性について新たな知見、およびその脳内機構の解明は精緻な実験により確認され、十分な成功を収めており高く評価できる。上記の問題点は論者による今後の研究に期待したいと考える。

以上、審査したところにより、本論文は博士（文学）の学位論文として価値あるものと認められる。なお、2002年6月27日に調査委員3名が論文内容とそれに関連した事項について口頭試問を行った結果、合格と認めた。