



Title	言語の情報処理におけるワーキングメモリの役割 : 神経心理学的症例からの検討
Author(s)	吉村, 貴子
Citation	大阪大学, 2005, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/58780
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏名	吉村 貴子
本籍(国籍)	
学位の種類	博士(学術)
学位記番号	甲第 51 号
学位授与年月日	平成17年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 課程博士
研究科及び専攻	言語社会研究科言語社会専攻
学位論文題目	言語の情報処理におけるワーキングメモリの役割 - 神経心理学的症例からの検討 -
論文審査委員	主査 教授 芋阪 満里子 副査 教授 杉本 孝司 副査 教授 郡 史郎 副査 教授 田野村 忠温 副査 川崎医療福祉大学教授 前島 伸一郎

論文の内容要旨

1. 研究背景

言語の情報処理過程と神経心理学症例

言語の情報処理課程は様々なモデルが提案されている。例えば、言語の音声表出における Monoi et al.(1983)らのモデルによると、心内辞書から取り出したことばのイメージは、意味処理、音韻処理などの符号化の過程を経て、口腔顔面が動くことにより、目標語の音となる。理解については、脳機能の経済性の観点からも、大筋では表出のほぼ逆の過程をたどるとされている。

このような言語の情報処理をはじめとして、問題の解決、暗算などの高次脳機能は、脳の特定部位、つまり局在が担うとされている。それぞれの局在が処理した情報は統合され(O'Reilly et al., 1999)、目標とする行為が遂行される。つまり様々な行為には、局在が働くことに加えて、ワーキングメモリ(Working memory(WM))による統合が必要であると考えられている。

WMは、2つの下位システムである言語の情報の一時的保持に関わる音韻ループと、視空間的情報に関わる視空間スケッチパッド、そしてそれらを制御する中央実行系から構成されている。言語情報に関わる音韻ループについては、音韻情報を一時的に保持する音韻ストアと、その情報を維持するためにリハーサルする構音コントロール過程に細分化される。構音コントロール過程はリハーサル機能に加えて、視覚的に提示された言語情報を構音コード化する働きも担う。

WMの中央実行系の制御機能は、下位システムで保持されている情報を、目標に向かってうまく統合つまり処理できるように、限られた脳の容量や資源を配分する役割を果たす。つまり、WMは情報の処理と保持を同時に行うことができるように、その容量をバランスよく利用することに関わる。

様々な行為は脳の局在がその機能を担うことを先述したが、言語の局在に障害を負うと、言語機能が障害され、失語症となる。言語に加えて記憶や知能などの局在が損傷されると、認知機能の障害である痴呆症（認知症）となる。これらを神経心理学的症例と呼ぶ。

失語症も痴呆症も WM の障害がすべてではない。しかし言語の情報処理における各段階での情報を統合することによって、WM は重要な要素のひとつであると考えられる。この点から、失語症や痴呆症などの神経心理学的症例には何らかの WM の障害が関連すると想定できる。

問題提起

様々な言語の情報処理過程モデルが提唱されている。しかし、それらは言語の情報がどのような流れの中で処理されているかを示すのみで、各段階で処理された内容がどのようにひとつにまとめられるかについては含まないことが多い。

各段階で処理された内容をまとめる部分を若干考慮したモデルにおいても、WM の一時的保持機能のみの取り入れで、「統合」の部分については言及していない。また実験で、理解などの言語の情報処理過程には WM が関わることを示すものもあるが、その結果を言語の情報処理過程モデルを用いて説明したものもない。

そこで、言語の情報処理過程に WM が関わることを示したモデルを提唱し、神経心理学的症例をとおして、その妥当性を検証する必要があると考えた。

研究目的

脳損傷による WM の障害を、失語症や痴呆症などの神経心理学的症例において把握し、言語の情報処理過程の障害と WM の障害の関係を検証し、WM を取り入れた言語の情報処理過程モデルの妥当性を検討する。さらに、神経心理学的症例へのリハビリテーション的アプローチに、WM の概念は有用できるか否かについて考察することを研究目的とした。

2. 実験のまとめ

第2章 実験1

目的：失語症の聴覚的理解障害と WM の関係を検討することを目的とした。

方法：失語症患者 19 名に対して、聴覚的理解には標準失語症検査 (Standard Language Test of Aphasia (SLTA)) を、WM 容量には失語症用に改訂したリスニングスパンテスト (Listening Span Test (LST)) を実施した。

結果：理解良好群では、文の理解と WM 容量の間には正の相関関係を認めたが、理解不良群ではこれらの間に正の相関関係を認めなかった。また LST において、理解良好群より理解不良群に

において、エラー数が多く、特に音韻的エラーが多かった。各群間ではエラーパターンの出現には差はなかった。

考察：理解がより不安定な失語症患者では言語情報処理過程そのものの障害の度合いが強く、WM自体が適切に機能していなかった可能性と、LSTが一部の失語症患者にとっては困難な課題であったため、適切にWM容量を測定できなかった可能性が考えられた。またエラーパターンの分析より、理解不良群は理解良好群より、特に音韻的エラーを多く示したことから、失語症の理解能力の差の背景には、音韻的処理能力も関わっている可能性が示された。

第3章 実験2

目的：実験2では、失語症の重症度によってWMが適切に機能しなかったのか、もしくは改定版を用いても課題が困難で遂行できなかったのかを検証することを目的とした。

方法：実験1と同じ失語症患者に対して、LSTよりも課題が遂行しやすいと考えられる数唱課題を実施した。

結果：理解良好群は数唱とLSTの成績の間に正の相関関係を認めたが、理解不良群ではこれらの中に正の相関関係を認めなかった。

考察：理解不良群では、LSTの課題の特性によるものではなく、文理解に必要なWMが適切に機能していなかったために、WMと理解の間に相関関係が認められなかった可能性が示された。

第4章 実験3

目的：実験1のエラーパターンの結果を踏まえ、失語症でのWMの音韻ループについて検討することを目的とした。

方法：失語症患者3名と、対照群として健常者3名に対して、音韻ループの機能を測定するために、聴覚・漢字・仮名文字提示条件での音韻類似性効果課題を実施した。

結果：対照の健常群では、聴覚・漢字・仮名文字のいずれの提示条件においても音韻類似性効果を認めたが、失語症群ではいずれの提示条件でもその効果はなかった。

考察：失語症群ではより長い単語の刺激になると、いずれの刺激提示条件においても音韻類似性効果を認められなかったことから、WMにおける下位システムである音韻ループは、刺激提示条件によらず機能しなくなる可能性が示された。

第5章 実験4-1、4-2

目的：実験3によって、健常者と失語症患者ではWMの音韻ループの働きが異なることが示された。

そこで、音韻処理とWMの音韻ループそして中央実行系の関りを、訓練の効果の有無から検討することを目的とした。

方法：音韻処理過程の障害が主な原因とされる音韻性錯語を失語症状とする伝導失語症患者を対象

とし、それ以外の失語症状も比較的強く認められるウェルニッケ失語症患者を対照者とした。言語情報処理過程における音韻ループおよび WM 機能を安定させると想定した訓練方法である「文字操作訓練」を考案し、実施した。

結果：伝導失語患者では、本訓練法にて効果が認められ、音韻性錯語が減少したが、ウェルニッケ失語患者では伝導失語に比べて効果はなかった。

考察：音韻処理に主に障害が認められた伝導失語では、外的に音韻表象を操作することにより、言語の情報処理における音韻の表象保持、つまり音韻ループが安定したと考えられ、それにより目標とする語へ音韻を統合する能力、つまり中央実行系の機能が改善し、音韻性錯語が減少した可能性が考えられた。

第6章 実験5

目的：痴呆症と WM との関係を検証することを目的とした。

方法：痴呆患者 25 名に対して、前頭葉の機能測定には、前頭葉機能検査 (Frontal Assessment Battery at bedside (FAB))、仮名ひろいテスト (Kana-hiroi)、語流暢性テスト (Word Fluency Test (WFT))、ウィスコンシンカード分類テスト (Wisconsin Card Sorting Test (WCST))、数唱課題 (Digit Span (DS)) を、知能測定には成人知能検査改定版 (Wechsler's Adults Intelligence Scale Revised (WAIS-R)) を、WM 容量の測定には高齢者用のリーディングスパンテスト (Reading Span Test (RST)) を実施した。

結果：RST は、痴呆症の臨床で伝統的に行われている前頭葉機能検査の殆どとの間に正の相関を示した。RST と Kana-hiroi のみは、痴呆の重症度ごとのグループ間において有意差があったが、痴呆のタイプ間では有意差はなかった。また、重症度やタイプによって、知能と WM の相関関係が異なった。

考察：RST によって、痴呆の重症度を検出できる可能性が示された。知能と WM の関係について、WM の機能には流動性知能に加えて、結晶性知能の安定が必要であると推察した。

3. 総合考察

言語の情報処理過程と WM について

失語症の重症度によって、WM の機能が異なった点を実証した。

先行研究のように障害の重症度によらず WM が低下していれば、WM は言語処理過程と相互関係にあるか否かについては不明である。しかし今回の研究によって、言語の情報処理過程がある程度保たれていることが WM の機能には必要であり、また WM が機能することにより言語の情報処理が滞りなく行われることが明らかになった。この点は、言語の情報処理過程と WM の相互関係を実証し、言語の情報処理過程モデルには WM のバッファ的一時的保持機能のみならず、WM 制

御的役割の概念を導入する根拠を示すと考えられた。

また、痴呆症の重症度によって WM の機能が異なった点を実証した。

痴呆が重度になると WM は流動性知能と相関関係がなかった。一方、痴呆が比較的軽度であった群では、健常群同様に相関関係が認められた。さらに、より痴呆が重症である群では流動性知能に加え結晶性知能も低下していたが、軽度の場合は保たれていた。これにより流動性知能と関連の深い WM には、結晶性知能が副次的に関わることが推察できた。結晶性知能は言語の知識面を反映すると考えられる点からも、言語の知識が基盤となる意味処理における言語の情報処理過程と WM が相互作用関係にあることが裏付けられた。

WM の障害と神経心理学的症例

WM 課題とその他の検査との関係性や比較を通じて、WM の中央実行系や音韻ループの機能の測定の際の留意点が示され、神経心理学的症例への実施結果が障害の重症度の指針となる可能性が明らかになった。これは、症例の診断や障害メカニズムの解明、リハビリテーション的アプローチ方法の計画に役立つと考えられた。

失語症や痴呆症における WM の障害について、これらの群では言語の情報処理過程の障害の結果、密接な関係にある WM 機能が、二次的に低下したものと解釈できた。一方 WM の中央実行系の機能の障害である遂行機能障害などでは、原則言語や知能の障害は認められず、WM の障害が一次的に起こったものと考えられる。

神経心理学的リハビリテーションと WM

臨床では神経心理学的症例へ様々な訓練方法を試みた結果、その症状が著しく回復しない場合がある。WM の不安定さがその背景にあることが、今回の研究のように明らかにできれば、WM を考慮に入れた訓練方法が考案でき、リハビリテーション的アプローチの一指針を示すと考えられた。

また、本研究での訓練効果を示す実験結果でも示したように、訓練形式での実験は、神経心理学的症例の障害の回復に役立つのみならず、その効果の有無によって、仮定した言語の情報処理過程モデルの妥当性が再確認できると考えられる。

以上のように、本研究によって神経心理学的症例の WM の障害は言語の情報処理過程と相補的な関係にあり、その過程には WM の概念を取り入れたモデルが妥当であることが検証された。またこのモデルにより、WM を考慮に入れた訓練方法の有効性も提唱でき、神経心理学的症例に対するリハビリテーションのさらなる可能性を示すと考えられた。

論文審査の結果の要旨

本研究は、言語の情報処理にかかわるワーキングメモリの役割について、神経心理学の症例をもとに検討している。

人間の高次機能は、ワーキングメモリのはたらきにより支えられている。近年のニューロイメージを中心とした研究により、言語の情報処理には、言語領域のみならず前頭前野を中心としたワーキングメモリの神経基盤がかかわることが指摘されている。

本研究は、こうした研究を背景として、言語機能に障害をうけた失語症、認知機能に障害を受けた痴呆症（認知症）などの神経心理学の症例をもとに、症状の表出の背景にあるワーキングメモリの障害を明らかにすることを目的としている。さらに、研究結果から得られた知見をもとに、失語症、認知障害などの神経心理学の症例に対して、症状の回復のための適切な訓練を開発することをも目的としている。

ワーキングメモリは、Baddeley のモデルによると言語情報の一時的保持バッファである音韻ループ、非言語情報の保持バッファである視覚・空間的スケッチパッド、長期記憶からの情報検索とかかわるエピソードバッファの3種類のサブシステムから構成されている。また、このようなサブシステムの調整にかかわる中央実行系が想定されている。中央実行系は、注意の焦点化と抑制などの注意制御のはたらきを担い、目標に向かってうまく処理できるように、ワーキングメモリ資源を配分していると考えられている。

サブシステムである音韻ループについては、音韻情報を一時的に保持する音韻ストアと、その情報を維持するためにリハーサルする構音コントロール過程に細分化される。構音コントロール過程はリハーサル機能に加えて、視覚的に提示された言語情報を構音コード化する働きをも担っている。

ここでは、失語症や痴呆症などの神経心理学的症例について、言語の情報処理過程の障害とワーキングメモリの障害の関係を検証し、ワーキングメモリを言語の情報処理過程に取り入れたモデルの妥当性を検討している。さらに、このモデルを神経心理学的症例のリハビリテーション的アプローチに適用する可能性について論じられている。

実験1では、失語症の聴覚的理解障害とワーキングメモリの関係が検討された。そこでは、ワーキングメモリの容量を測定するリスニングスパンテスト（Listening Span Test (LST)）が実施された。その結果、言語の理解良好群で

は、文の理解とワーキングメモリ容量との間に正の相関関係を認めた。また、理解良好群に比較して理解不良群では音韻的エラーが多い傾向が認められた。結果から、失語症にはワーキングメモリの障害が関与していること、加えて、音韻的処理の障害が言語理解を困難にしていることが示された。

実験2では、リスニングスパンテストに加えて、数唱課題を実施して実験1の結果が再検討された。その結果、理解良好群は数唱とリスニングスパンテストの成績との間に正の相関関係が認められたが、理解不良群では相関関係は認められず、理解不良群では、文理解に必要なワーキングメモリが適切に機能していない可能性が示された。

実験3では、失語症の症例での音韻ループの機能が検討された。ここでは、失語症患者と健常者の音韻ループ機能を測定するために、聴覚提示および視覚的提示の漢字、仮名文字条件において、音韻類似性効果が検討された。その結果、健常群では、聴覚的提示および漢字、仮名文字のいずれの提示条件においても音韻類似性効果を認めたが、失語症群ではいずれの提示条件においても効果は認められなかった。そこで、失語症群では音韻ループの機能が脆弱していることが示唆された。

実験4では、失語症患者における音韻処理の特徴が、訓練効果の有無から検討された。ここでは、音韻処理の障害が主な原因とされる伝導失語症患者を対象として、ウェルニッケ失語症患者と比較された。訓練方法には、音韻ループとワーキングメモリ機能を安定させることを想定した訓練方法である「文字操作訓練」を考案し、実施している。その結果、伝導失語患者では、訓練の効果が認められ音韻性錯語が減少したが、ウェルニッケ失語患者では効果は認められなかった。そこで、主に音韻処理に障害が認められた伝導失語では、外的に音韻表象を操作することにより音韻の表象保持、つまり音韻ループが安定したものと考えられた。このことは、目標とする語へ音韻を統合する能力、すなわち、ワーキングメモリの中央実行系機能の改善を示唆するものと解釈された。

実験5では、認知機能の障害である痴呆症とワーキングメモリの関係を検証することを目的とした。ここでは、数種類の前頭葉機能検査（仮名ひろいテスト、語流暢性テスト、ウィスコンシンカード分類テスト、数唱課題）と知能検査（WAIS-R）を実施した。また、ワーキングメモリの容量の測定には高齢者用のリーディングスパンテスト（Reading Span Test, RST）が実施された。

その結果、痴呆の重症度によりリーディングスパンテストの評価値に有意差が認められ、リーディングスパンテストが痴呆の重症度を検出できる可能性が示された。さらにワーキングメモリの機能には流動性知能に加えて、結晶性知

能の安定が必要であることも指摘された。

考察では、神経心理学的症例のワーキングメモリの障害は言語の情報処理過程と相補的な関係にあり、その過程にはワーキングメモリの概念を取り入れたモデルが妥当であることが指摘されている。またこのモデルにより、ワーキングメモリを考慮に入れた訓練方法の有効性も提唱でき、神経心理学的症例に対するリハビリテーションのさらなる可能性を示すものと考えられた。

以上のように、本研究では、失語症や痴呆症においてワーキングメモリが障害を受けていることを実証している。このように神経心理学的症例とワーキングメモリの障害を明らかにしたことは、症例の診断や障害メカニズムの解明、リハビリテーション的アプローチの計画に役立つものと考えられた。

最終試験では、言語の情報処理過程のモデルに関する質問等がなされ、言語学的な知見から得られるモデルとの比較などが、今後にも再検討すべき問題として指摘された。また、実験で使用した刺激材料の吟味が必要な箇所や、本論文の記述上のミスなども指摘された。総評として、本論文の神経心理学の症例研究における研究成果は高く評価できることから、博士号の授与に値する論文として評価できるものと認められた。