

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 25 日現在

機関番号：82404

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2012～2013

課題番号：24800086

研究課題名(和文) 高次脳機能障害における複数認知機能の同時障害のためのリハビリテーションの開発

研究課題名(英文) Rehabilitation for the persons with cognitive impairments in multiple domains

研究代表者

幕内 充 (MAKUUCHI, Michiru)

国立障害者リハビリテーションセンター(研究所)・研究所 脳機能系障害研究部・研究室長

研究者番号：70334232

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,300,000円、(間接経費) 690,000円

研究成果の概要(和文)：文章読解は文法運用能力のみならず、語彙知識、ワーキング・メモリー、注意なども必要とされる高次の認知課題である。本研究では文章読解能力に關与する認知能力を探索した。文章読解課題に加え、国語、記憶、計算、注意の各種検査を行った。結果、ワーキング・メモリー容量と読解成績の相関が見出された。特に、複雑なワーキング・メモリー課題である、オペレーション・スパン・テストの成績が読解成績と比例した( $r=0.4$ )。この結果は、文章読解の脳メカニズムの解明に有用な示唆を与える。

研究成果の概要(英文)：Reading comprehension is a complex cognitive task that requires not only syntactic abilities but also vocabulary, knowledge, working memory, attention, etc. The present research explored cognitive abilities that are associated with reading comprehension performance. We examined individual's performances in basic language skills, memory, arithmetic, and attention in addition to a reading comprehension task. Results revealed correlations between reading comprehension performance and working memory capacities. Specifically, the operation span test, a complex working memory task, has a high correlation ( $r=0.4$ ) with reading comprehension performance. These results suggest that complex working memory subserves reading comprehension.

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：リハビリテーション科学・福祉工学

キーワード：高次脳機能障害 リハビリテーション ワーキングメモリー 作業記憶 文章読解 人工文法学習 言語脳

## 1. 研究開始当初の背景

ヒトの言語能力は他の認知能力から独立しているという仮説は有力であるが、例えば長くて複雑な文の読解などのように、実際の言語活動においては作業記憶容量の制限によって言語処理が難しくなる場合がある。それゆえ文の理解においては作業記憶こそが本質的な役割を果たしていると考えられる研究者もいる。また、高次脳機能障害では文法知識は健全で失語症とは診断されないが、記憶障害のために難しい文の理解ができない、文脈の一貫性が維持できない等、実際の言語運用で問題を持つ例がある。このように、文の構造を分析する統語処理能力と作業記憶との関係は、世界中で盛んに研究が行われている。

申請者らは統語処理の脳内機構が作業記憶の脳内機構と解剖学的に分離しているが、白質繊維によって連絡を持ち、複雑な文の処理に際しては協働していることを明らかにした(Makuuchi et al., 2009, PNAS)。この結果は言語能力と作業記憶の関係という問題に対し、明確な情報を供与した。さらに申請者らは別の構造の文を使った実験(Makuuchi et al., 2012a, Cer Cor)でも、力動的因果モデルという新しい分析法で再解析すると統語処理と作業記憶の神経基盤の分離を示すことができた(Makuuchi et al., 2013, Cortex)。この実験結果は前研究結果をさらにおし進めて、言語処理の脳内機構と作業記憶の脳内機構が階層的な関係を持って協働していることを示唆した。以上のように、申請者らの研究結果は言語機能と記憶の関係という問題に対し明晰かつ詳細なデータを提供している。さらに、申請者らは自然言語文と、それと同型の構造を持つ算数計算を行う際の脳活動を比較したところ、モダリティー間の差

異は顕著だが、二つの項を統合して一つの節を作る、という文処理においても計算においても重要な認知操作の脳活動は相同であることを発見した(Makuuchi et al., 2012b, Roy Soc Phil Trans B)。

これらの研究結果から、言語を独立した認知機能モジュールと捉えるだけでは言語運用の障害の把握が難しいと考えられた。文処理における作業記憶の役割のような、言語と記憶の相互作用に注目することが重要と考えられる。また、言語と計算における構造処理の神経基盤が共通しているという知見から、言語や数学といったモダリティーを超えた、より抽象的なレベルでの記号列操作を研究対象にすべきと考えた。さらに、記号列操作訓練が言語障害や計算・遂行機能等のリハビリテーションとして有効でありうると思われされた。以上の推論をもとに記号列操作を利用した、高次脳機能障害のための新しいリハビリテーション技法が開発できるだろうと考えるに至った。

## 2. 研究の目的

高次脳機能障害においては言語・記憶・注意などの複数の認知機能が障害されることが多く、失語症や記憶障害のみの純粹症例は少ない。本研究ではこの特徴に着目し、各認知機能間、特に作業記憶との協働が、高次脳機能の正常な発現に重要であることを示そうと試みた。特に、申請者らは自身の先行研究から、作業記憶を必要とする記号列操作能力が言語・計算・遂行能力に領域横断的に関与しているとの仮説を立て、検証を試みている。長期的には、根源的な認知機能としての記号列操作を訓練する、高次脳機能障害の効率的リ

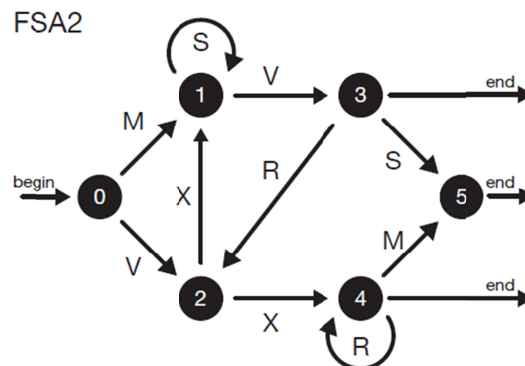
ハビリテーションを開発することを目標とする。

### 3. 研究の方法

(1) 健常者を対象として単語知識・記憶・注意・計算に関する検査を行い、文章読解試験の成績との相関を調べる。18歳から71歳までの右利き健常者21人を被験者とした。「毎日新聞記事デジタルデータベース」、「広報ところざわ」から8文を選び、コンピュータディスプレイに横書きで呈示し、読文時の眼球運動を計測した。一文を読み終わるごとに内容の理解を問う選択肢による質問をした。8文に対し合計25題の質問を与えた。国語能力の検査として、語彙数調査、熟字訓の音読、流暢性検査を行った。記憶検査として数字列復唱・逆唱・オペレーション・スパン・テスト(operation span test) リーディング・スパン・テスト(reading span test)を行った。計算能力検査として小学校3, 4年程度の加減乗除の筆算、連続7減算、PASAT を行った。注意検査として TMT B、視覚性抹消課題を行った。

(2)人工文法と呼ばれる、ある種の規則に従って産出されるアルファベット文字列の記憶課題を導入した。文法として右図に示されるような有限状態オートマトンによって産出される5種の正規文法を採用した。この文法に従った文字列(MSSVRXM, VXRRR など)の記憶課題遂行に伴い、文字列産出規則が無意識に学習される。同時に文章読解、語彙数調査、熟字訓の音読、オペレーション・スパン・テスト、リーディング・スパン・テストを行い、人工文法学習の成績との各種認知機能検査と

の相関を調べる。



### 4. 研究成果

(1) 文書読解の成績と各認知検査の成績で、相関係数が0.4以上のものを以下にあげる。

読解成績、掛け算正答数

0.45

読解成績、オペレーション・スパン

0.40

文章処理時間、数字列復唱

-0.49

文章処理時間、数字列逆唱

-0.41

文章処理時間、オペレーション・スパン

-0.42

文章処理時間、読み戻り回数

0.81

年齢、語彙数

0.78

数字列復唱、読み戻り回数

-0.42

ワーキング・メモリ容量と読解成績の相関が見出された。特に、複雑なワーキング・メモリ課題である、オペレーション・スパン・テストの成績が読解成績と比例した。オペレー

ション・スパン・テストは単語の記憶課題に計算式の音読を挟んだものだが、これは音読と単語の短期記憶を競合する過程ととらえ、二つの過程の競合を制御する能力を見るものと考えることができる。文章読解には、文のオンライン処理と記憶の保持の両方をバランスよく実行することが必要であるのかもしれない。

その他の結果として、単純なワーキング・メモリ課題である数字列の復唱・逆唱課題の成績が文章を読む速度に比例し、読解成績と比例しないことは興味深い。数字列復唱成績と読み戻り回数が負の相関を示すことは、文の処理に単純ワーキング・メモリーが関与することを示唆する。語彙数が年齢に比例して増加していくことは、殆どの認知機能が加齢に伴って低下するなかで注目に値する結果である。

(2)この実験は現在進行中であり、人工文法学習課題の成績とワーキング・メモリ容量と読解成績との関係はまだ結論が出ていない。しかし、これまでの分析で、人工文法学習課題の成績が、文字列の出現時間間隔に影響されることが見出された。この発見は、文法の学習には刺激の提示される時間間隔が重要な因子であることを示唆する。実際の言語獲得における音声言語の時間的特性にどのような関係にあるのか、さらなる解明が求められる。単純なワーキング・メモリ課題である数字列の復唱・逆唱課題では刺激の提示時間間隔による成績への影響はほとんどないことから、言語獲得とワーキング・メモリ容量との関係を考える上で興味深いデータであると考えられる。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計1件)

Nakamura K, Makuuchi M and Nakajima Y (2014) Mirror-image discrimination in the literate brain: a causal role for the left occipitotemporal cortex. *Front. Psychol.* 5:478. doi: 10.3389/fpsyg.2014.00478 査読有

〔学会発表〕(計1件)

幕内 充, Pascual Martínez-Gómez、狩野芳伸 「文章読解能力とワーキング・メモリ容量の関係」第37回日本高次脳機能障害学会学術総会 松江市 島根県民会館 平成25年11月28, 29日

〔図書〕なし

〔産業財産権〕なし

## 6. 研究組織

(1)研究代表者

幕内 充 (MAKUUCHI, Michiru)

国立障害者リハビリテーションセンター(研究所)・研究所 脳機能系障害研究部・研究室長

研究者番号: 70334232