

脳損傷患者におけるスパン課題とワーキングメモリ

Span tasks and working memory in Traumatic brain Injury

横田 友子*, 大東 祥孝*

要旨：先行研究において、記憶をはじめワーキングメモリなど複数の認知機能に障害のみられるAD患者では、順唱での成績に比し10単語呈示の即時再生数が少なく、またそれら2つの再生数の差が大きければ大きいほどワーキングメモリが低下することが示されている。今回、記憶機能やワーキングメモリに障害のみられる頭部外傷（以下TBI）患者について同様の結果がみられるか否かについて検討した。その結果、TBIにおいては、1) 順唱と比較した場合に10単語呈示の再生数の低下はみられないこと、また、2) これら2つの課題成績の差はワーキングメモリ成績よりも記憶障害の程度と関連がみられることが示された。以上より、先行研究でみられた10単語呈示の即時再生での成績低下は、ワーキングメモリの障害のみられる全ての患者であってはまるというわけではなく、むしろ記憶障害との関連が強い可能性が示唆される。

Key Words：頭部外傷，即時再生，数唱，リーディングスパン，ワーキングメモリ

1. はじめに

頭部外傷（以下TBI）患者では、記憶、注意、ワーキングメモリを含む複数の認知機能に障害があることが知られている。これらの認知機能の障害はTBI患者の社会復帰を妨げる主な要因であると考えられており、比較的症状が落ち着いた慢性期にあっても、これらを的確に評価することは投薬治療やリハビリテーションを進めていくうえで重要である。

臨床場面では、記憶や注意の能力を知る簡便な方法として「いくつ覚えらるるか」を評価する課題（スパン課題）がよく用いられる。単語リストの自由再生課題や、数唱課題などがそれである。単語リストの自由再生課題では即時再生と遅延再生が行われ、即時再生では短期記憶、遅延再生では長期記憶が評価できるとされている。また、文を読みながらそのうちにある単語をいくつ覚えらるるかという課題（リーディングスパンテスト：荻阪, 1994）や逆唱課題においては、ワーキング

メモリを評価できるとされ、加齢などによるワーキングメモリの低下の評価にも用いられている。

記憶やワーキングメモリなど、複数の認知機能が障害される疾患としてアルツハイマー病（以下AD）が挙げられる。Cherryら（2002）は、AD患者に10単語リストの即時再生課題を行うと、数唱で覚えらるる数よりも顕著に再生数が少ないことに注目し、いくつかのスパン課題を行った。その結果、10単語リストの即時再生数と数唱との成績間に差があればあるほどワーキングメモリの成績が低いことを示した。彼らは、10単語リストの記銘課題では数唱で覚えらるる数よりも多い情報を処理しなければならないという意味で、AD患者にとって情報過負荷（information overload）条件であり、ワーキングメモリの障害によってこの課題が困難になるとした。

そこで今回、AD患者と同じようにワーキングメモリに障害があるとされるTBI患者でも同様の成績パターンがみられるか、つまり、ワーキングメモリ課題での成績が低い患者ほど、10単語リ

* 京都大学人間・環境学研究所 Tomoko Yokota and Yoshitaka Ohigashi : Graduate School of Human and Environmental Studies, Kyoto University

ストの即時再生課題成績が順唱と比較して低いかどうかについて検討したので報告する。もし先行研究で示されたように、ワーキングメモリが10単語リストの記銘に重要な役割を果たしているならば、仮説としては、先行研究と同様の結果がTBI患者においても得られると考えられる。

AD患者の単語リストの記銘とワーキングメモリとの関連についてのその他の先行研究 (Spinnerら, 1988; Hashimotoら, 2004) では、単語リストを繰り返して覚える場合、前の試行で既に覚えた単語を抑制しつつ、まだ覚えていない単語に選択的に集中する機能が必要であり、これがワーキングメモリの働きであるといわれている。本研究では、単語リストを繰り返して覚える場合だけでなく、初めて呈示された場合の記憶成績とワーキングメモリに関連があるかどうかの検討を目的とするものである。

なお、先行研究では10単語リストの即時再生課題も「いくつ覚えられるか」という「範囲」を調べているという点からスパン課題の1つであると捉えられており、本研究もそれに倣うものとする。

2. 実験 1

2.1. 方法

2.1.1. 対象

2.1.1.1 TBI患者

平成13年4月から平成17年2月までの期間に京都大学医学部附属病院神経心理外来に来院したTBI患者7例 (表1, 表2)。男性5名、女性2名。評価時には1名を除いて受傷から1年以上経過し、慢性期にあった。ADLはほぼ自立しており、1名を除いて麻痺などはみられなかった。全体として、MMSEは保たれているが記憶力の低下などによって日常生活や職場復帰に軽度の問題を抱えるレベルにあった。

2.1.1.2 コントロール群 (表1)

健常若者群：患者群と年齢を一致させた健常な若者10名 (うち男性2名、女性8名) であった。

2.1.2. 手続き

2.1.2.1. スパン課題

表1 対象者

	n	MMSE (SD)	年齢 (SD)
健常若者	10	30 (0)	25.8 (2.6)
TBI	7	28.3 (1.9)	29.1 (4.3)

表2 TBI患者のプロフィール

症例	年齢	性別	MMSE	主な受傷部位	教育歴
A	30	男	24	左内側側頭葉+右頭頂葉	12
B	20	男	28	±	9
C	31	男	28	右前頭葉	18
D	29	女	30	±	12
E	33	女	29	脳幹	14
F	27	男	30	右内側側頭葉	18
G	34	男	29	右内側側頭葉	16

受傷部位“±”とあるのは画像検査にて病的異常を指摘されなかったものを示す。

以下の、記憶やワーキングメモリに関するスパン課題を行った。

- 1) ADAS-J.cogの「単語再生」「遅延再生」：10単語リストの即時再生課題を行った。ADASでは本来3試行の平均再生数を成績として評価するが、今回、第1試行での再生数を「即時再生数」、3試行行った5分後の再生数を「遅延再生数」として評価した。
- 2) WMS-Rの「順唱」「逆唱」：スパン数を評価した。順唱は短期記憶や注意の、逆唱は注意やワーキングメモリの指標として用いられる。
- 3) 単語スパン：先行研究 (Cherryら, 2002) では、数唱と即時再生の両課題において用いられるアイテムの違い (数字 vs. 単語) の影響について検討するため、数唱と同じやり方で単語をいくつ覚えられるかという課題 (単語スパン) を施行している。その結果、数字の方が単語よりも覚えやすいけれども、依然として単語スパンと即時再生との間に解離がみら

れるということが示された。つまり、AD患者で順唱よりも即時再生数が少ないのは数字と単語というアイテムの違いによるのではなく、系列呈示される場合と一度にたくさんの情報を呈示される場合という、課題の方法自体の違いによるということである。今回も先行研究に倣い、単語スパン課題を作成し施行した。単語には、「日本語の語彙特性」より、即時再生課題と語の頻度と長さを統制したものをを用い、順唱と同様の方法で単語を系時的に呈示した。被験者がいくつ覚えられるかを評価し、3試行中2回成功した数を単語スパン数とした。

- 4) リーディングスパンテスト（以下RST, 荳阪, 2002）：RSTは、文の読みと単語の把持という2つの処理を同時に行うことを必要とし、言語性ワーキングメモリの指標として用いられる課題である。RSTでは、1枚の用紙に1つの文が書かれており、被験者には1スパンなら1文、3スパンならば3文が経時的に呈示される。各文中には1つだけ赤で書かれた単語があり、被験者は文を声に出して読みながらその語を覚えておくように求められる。文を全て読み終わると、被験者は覚えている語を再生する。呈示された語を全て応えられた場合に正解とする。これを1スパンにつき5試行ずつ行い、うち1試行でも正解した場合のスパン数をその被験者のリーディングスパン数（以下RS）とする。また課題全体を通して成功した試行数がいくつあるかを検討し、その総数をリーディングスパン得点（以下RS得点）として評価する。

2.1.3. データ分析方法

t検定を用い、患者群とそのコントロール群の各成績を比較した。また、それぞれの群内において、先行研究と同様に、10単語リストの即時再生課題、順唱、単語スパンの成績パターンを比較した。

2.2. 結果

2.2.1. 群間比較：TBI群 vs. 健常若者群（表3）

両群間において逆唱以外すべての項目において

有意差がみられた（即時再生課題： $t(15) = 5.27$, $p < .0001$, 遅延再生： $t(15) = 5.47$, $p < .0001$, 順唱： $t(15) = 3.15$, $p < .01$, 単語スパン： $t(15) = 3.94$, $p < .005$, RS： $t(15) = 4.73$, $p < .0005$, RS得点： $t(15) = 4.63$, $p < .0005$ ）。つまり、TBI群では順唱や10単語に表れるような記憶機能、ならびにワーキングメモリが低下していることが確認された。

2.2.2. 群内比較（図1, 図2）

健常若者群では、成績順に並べると「即時再生 > 順唱 > 単語スパン」となり、全課題の成績間に有意差がみられた（即時再生/順唱間： $t(9) = 9.00$, $p < .0001$, 順唱/単語スパン間： $t(9) = 4.30$, $p < .005$, 即時再生/単語スパン間： $t(9) = 15.2$, $p < .0001$ ）。一方、TBI患者群では健常者と同様、「即時再生 > 順唱 > 単語スパン」という順になったが、順唱と即時再生の成績間には差がみられなかった（即時再生/順唱間： $t(6) = .38$, $p < .72$, 順唱/単語スパン間： $t(6) = 4.77$, $p < .005$, 即時再生/単語スパン間： $t(6) = 3.74$, $p < .01$ ）。

2.2.2.1 単語スパンについて

「即時再生」、「順唱」、「単語スパン」で比較すると、健常若者群、TBI患者群の両方において、最も成績が低かった。また、両群において、順唱と相関がみられたが（健常若者群； $r = 0.68$, $p < .05$, TBI群； $r = 0.75$, $p < .05$ ）、即時再生の成績とは相関がみられなかった。このことから、即時再生と順唱にみられた成績差は、数字と単語とい

表3 各スパン課題の平均値 (SD)

スパン課題	TBI	健常若者	probability
10単語即時再生	6.4(1.8)	9.7(0.5)	<0.0001
遅延再生	5.4(2.1)	9.5(0.5)	<0.0001
数唱	6.1(1)	7.6(0.8)	<0.01
逆唱	5.3(1.5)	6.3(0.8)	n.s.
単語スパン	4.4(0.7)	5.9(0.7)	<0.005
RS	2.6(0.7)	4.2(0.6)	<0.005
RST得点	5.0(1.9)	8.8(1.2)	<0.005

“n.s.”は有意差なしを示す。

う用いたアイテムの違いではないと考えられる。

2.3. 実験1のまとめ

TBI患者では、健常群と比較して記憶とワーキングメモリに障害がみられることが確認された。ワーキングメモリについては、逆唱では差がみられなかったが、これは逆唱がRS課題よりも難易度が低いためだと考えられる。

しかしながら、群内でいくつかのスパン課題の成績を比較すると（図1、図2）、予想に反しTBIの成績のパターン（「即時再生>順唱>単語スパン」）は先行研究で見られたADの成績パターン（「順唱>単語スパン>即時再生」、全ての課題間に有意差あり）とは異なり、他の課題と比較して10単語リストの即時再生課題における成績は特

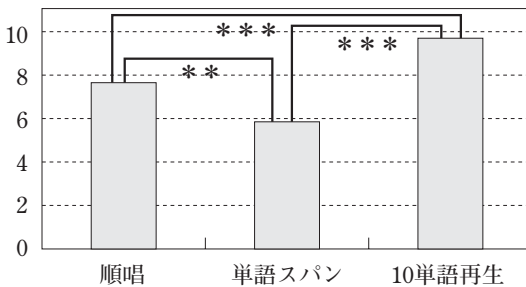


図1 健常若者のスパン課題の平均再生数

*** : $p < .005$, ** : $p < .0001$

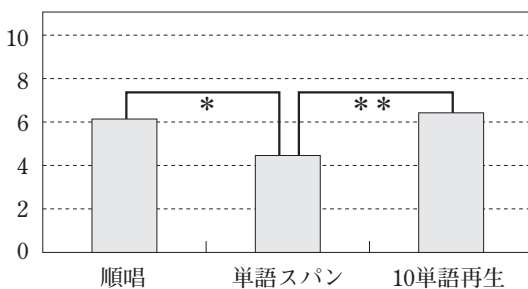


図2 TBI患者のスパン課題の平均再生数

* : $p < .01$, ** : $p < .005$

に低下していなかった。つまり、TBI患者では、健常群と比較してinformation overload条件（10単語リストの即時再生）における成績低下はみられるが、ADほど顕著でないことが示唆される。

以上のことから、記憶やワーキングメモリ課題で障害のみられる患者が全て、先行研究でみられたようにinformation overloadの条件で顕著に低下するわけではないことが示された。

これについて更に検討するため、先行研究に倣って分析を行った（実験2）。

先行研究によると、今回の課題でみられたinformation overloadによる成績低下の程度は、「順唱の桁数—即時再生」という差のスコアとして表すことができる。先行研究と本研究における成績パターンの違いをもたらす要因として、疾患（AD vs. TBI）、年齢、ワーキングメモリ障害の程度、記憶障害の程度、総合的な認知機能障害の程度、が考えられる。そこで今回、これらのうちワーキングメモリ、記憶、総合的な認知機能の指標と、information overload条件における成績低下との関係について回帰分析を用いて検討した。

3. 実験2

先行研究では、「順唱の桁数—即時再生」という差のスコアを用いて、覚えるべき情報の量が多いことによってどれだけ成績が低下するかを評価した。今回、それに加え、「順唱—逆唱」の差スコアを指標とし、覚えるべき情報の「操作」を必要とすることによる成績低下とワーキングメモリとの関連についても検討した。

3.1. 方法

3.1.1. 対象

実験1に参加したTBI群

3.1.2. 手続き

スパン課題の差のスコアを以下の方法で算出し、それら差のスコアと総合的な認知機能（MMSE）、ワーキングメモリ成績（RS得点）、記憶成績（遅延再生）との関連を調べるため、重回

帰分析を行った。なお、RS得点、遅延再生の成績をそれぞれ指標としたのは、最も鋭敏に各機能を反映すると考えたからである。

1) (順唱—即時再生)の差スコア：処理する情報の量が多いことによってどれだけ覚えにくくなるかをみる。

2) (順唱—逆唱)の差スコア：情報を操作することが必要なことによってどれだけ覚えにくくなるかをみる。

重回帰分析においては、従属変数を差スコア、独立変数をMMSE、遅延再生、RS得点とした。

3.2. 結果

「順唱—即時再生」の差スコアは -0.3 ± 1.8 であり、「順唱—逆唱」の差スコアは 0.9 ± 1.0 であった。分析を行った結果「順唱—即時再生」の差スコアは遅延再生の成績との間にのみ関連がみられ($r2 = -1.21$; $p < .05$)、MMSE、RS得点とは関連がみられなかった。一方、「順唱—逆唱」の差スコアは、RS得点との間にのみ関連がみられた($r2 = -1.07$, $p < .05$)。つまり、順唱と即時再生に差があるほど遅延再生の成績が低く、また、順唱と逆唱に差があるほどRS得点の低下がみられることが示された。

3.3 実験2のまとめ

今回のTBI患者では、「順唱—即時再生」の差スコアとRS得点との間に関連がみられず、遅延再生との間に関連がみられた。つまり、先行研究におけるADの結果や仮説とは異なり、情報過負荷の条件での記憶成績の低下はワーキングメモリ能力とは関連がみられなかった。一方、「順唱—逆唱」の差スコアとRS得点に関連がみられたことから、情報の「操作」を必要とする記憶はワーキングメモリ能力の影響をうけることが確認された。これは、今回の患者とADでは扱う情報の量が多い即時再生課題に必要とされる認知機能が異なるということを示唆しているのかもしれない。

4. 考 察

以上の結果から、仮説とは異なり、先行研究が示した結果は必ずしもAD以外の患者にあてはまるわけではないということが示唆された。つまり、1) TBI患者においては、例えば記憶やワーキングメモリが低下していても、順唱と比較して即時再生数の低下はみられないこと、また、2) TBI患者においては、順唱と即時再生の課題成績差に関連がみられるのは、ワーキングメモリよりむしろ記憶機能である可能性が示された。これは、ワーキングメモリの低下がinformation overload条件(10単語リストの即時再生課題)における成績低下につながるとした先行研究とは異なる結果である。

先行研究のAD患者と今回のTBI患者における成績パターンの違いをもたらした要因としては、疾患、年齢、総合的な認知機能障害の程度、記憶障害の程度、ワーキングメモリ障害の程度、などが挙げられる。今回の患者では群内比較(実験1)でみられたように記憶(即時再生)の成績低下がそれほど顕著でなかったことから、先行研究のように「順唱 >> 即時再生」という成績パターンとなり、かつワーキングメモリ能力とinformation overload条件での記憶能力に関連がみられるのは、ADのように記憶機能がある一定以上に重篤な患者の場合に限られるのかもしれない。つまり、特に顕著に記憶能力が障害されている場合には、ワーキングメモリがそれを補うように働こうとしており、それが課題能力と関係しているともできる。

今回、AD患者とTBI患者を比較した理由は3つある。1つには、両患者群における認知機能の障害が、記憶を中心とした複数領域にわたるという共通点、2つめは、両患者群ともに脳損傷部位が限定しておらずびまん性であるという共通点、そして3つめは、TBIが将来的にADを引き起こすリスクファクターとなりうるという点である。3つめの点については議論が分かれている(Flemingerら、2005)が、TBIの神経心理学的プロフィールはADのものと類似点が多いことも指摘されている(Hinkeneinら、2003)。以上のこ

とから、これら2つの疾患の認知機能障害を比較し検討することは、TBIの現在の認知機能の把握だけでなく経過を追いながらリハビリテーションを行っていくうえで充分意義があると考ええる。

今後の課題として、TBI患者とAD患者の記憶障害の程度の影響を除外するために、TBI患者については呈示する語数を15単語に増やし、情報量の負荷を上げて再生課題を行うことや、軽度認知機能障害（MCI）患者とAD患者の比較検討が必要であると考ええる。

文 献

- 1) Cherry, B.J.: Better preservation of memory span relative to supraspan immediate recall in Alzheimer's disease. *Neuropsychologia*, 40, 846-852, 2002.
- 2) Fleminger, S., Oliver, D.L., Lovestone, S., Rabe-Hesketh, S., and Giora, A.: Head Injury as a risk factor for Alzheimer's disease: the evidence 10 years on; a partial replication. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 74: 857-862, 2005.
- 3) Hashimoto R., Meguro K., Yamaguchi S., Ishizaki J., Ishii H., Meguro M., and Sekita Y.: Executive dysfunction can explain word-list learning disability in very mild Alzheimer's disease: The Tajiri Project. *Psychiatry and Clin. Neurosci.* 58: 54-60. 2004.
- 4) Hinkenein, J.H., Martin, T.A., Callahan, C.D., and Johnstone B.: Traumatic brain injury and Alzheimer's: deficit profile similarities and the impact of normal ageing. *Brain Injury*. 17: 1053-1042, 2003.
- 5) NTT データ出版：日本語の語彙特性, 2000.
- 6) 荻坂満里子:ワーキングメモリー—脳のメモ帳, 新陽社, 2002.
- 7) Spinner H., Sala D.S., Bandera R., and Baddeley A.: Dementia, aging, and the structure of human memory. 5: 193-211, 1988.