

<原著論文>

# ワーキングメモリの容量制約がメタ認知的モニタリングに及ぼす影響

Effects of working memory capacity constraint on metacognitive monitoring

小森 三恵<sup>1</sup>

## 要 約

本研究では、言語性ワーキングメモリ課題であるRSTを用いて、ワーキングメモリの容量制約がメタ認知的モニタリングのはたらきにどのように関与しているかについて検討を行う。大学生18名を対象に、RSTを実施し、ターゲット再生に対する確信度を測定した。その結果、処理資源に制約を受ける状況下においても、再生パフォーマンスの成否をモニタリングすることが可能であることが確認された。さらに、モニタリングによるメタ認知的判断がどのような要因に影響を受けるのかについて検討を加えた。RST得点による群間分析では、メタ認知的モニタリング機能はワーキングメモリ容量に影響される可能性が示唆された。また、ワーキングメモリにおけるモニタリング機能は、同じ文脈内で生じている別のモニタリング情報からの干渉によって低下するが、処理資源に対する記憶負荷量が決定的な低下の要因ではないことが明らかにされた。

キーワード：ワーキングメモリ、メタ認知、モニタリング、RST、個人差  
working memory, metacognition, monitoring, RST, individual differences

## 1. 問題と目的

### 1.1. メタ認知とは

自分が何を知っていて何を知らないのかという、自らの「認知についての認知」をメタ認知 (metacognition) と呼ぶ。Fravell<sup>1)</sup>はメタ認知の構成要素として、知識成分であるメタ認知的知識 (metacognitive knowledge) と、活動成分であるメタ認知的経験 (metacognitive experience) を想定している。メタ認知的知識は、自分自身や他者の認知活動について、さらには課題や方略についての知識や信念である<sup>1)</sup>。この分類に基づき三宮<sup>2)</sup>は、メタ認知的知識を次のように整理している。

(1) 人間の認知特性についての知識：

得意不得意など自分自身の認知特性についての知識、個人間の認知特性の比較に基づく知識、人間の認知の一般的な傾向や特性に関する知識。

(2) 課題についての知識：

課題の性質が認知活動に及ぼす影響についての知識。

(3) 方略についての知識：

目的に応じた効果的な方略の使用についての知識。

これらの認知に関する情報は、私たちの知識や経験の一部として、長期記憶に蓄えられていると考えられる。

一方、メタ認知的経験は、認知活動の実行中に起こる認知的、感情的経験であると定義され、認知活動の諸側面についてそれらがどの程度うまく進んでいるか

に関与する<sup>1)</sup>。丸野<sup>3)</sup>は、このようなメタ認知の活動成分を遂行システムとしてとらえ、それを支える機能として、(1) 問題の認識、(2) 方略のプランニングと活性化、(3) パフォーマンスの予測と方向付け、(4) オンゴーイングの認知活動のモニタリング・評価・調整、をあげている。これらの4つの側面においては、いずれも、自己の認知状況を把握するはたらきと、目標に向かって個々の認知過程を制御するはたらきが前提となっている。両機能はそれぞれ、メタ認知的モニタリング (metacognitive monitoring) とメタ認知的コントロール (metacognitive control) と呼ばれ<sup>4)5)</sup>、メタ認知的活動において重要な役割を担う。

### 1.2. モニタリングとコントロール

NelsonとNarens<sup>5)</sup>は、メタ認知のはたらきについて、モニタリングとコントロールの関係に焦点を当てたモデルを構築している。彼らはまず、認知活動はメタレベル (meta-level) と対象レベル (object-level) の2つの階層によって構成されると想定している。メタレベルは上位階層であり、メタ認知的知識に相当するモデル (model) を擁している。下位階層である対象レベルは、例えば記憶や学習、言語理解、問題解決などの個々の認知過程を表す。

NelsonとNarensのモデルにおいては、対象レベルか

らメタレベルへのボトムアップの情報の流れをモニタリングと呼び、実行中の処理の状態について査定し、評価する働きを想定している。反対に、メタレベルから対象レベルへのトップダウンの情報の流れがコントロールであり、実行中の認知過程が次に何をすべきか計画し、調整を行う。さらに、メタレベルと対象レベルは情報のフィードバックによって循環的に機能し、課題目標を達成するのである<sup>6)</sup>。

モニタリングやコントロールなど、高次の制御機能を組み込んだ代表的な認知情報処理モデルとして、BaddeleyとHitch<sup>7)</sup>によるワーキングメモリ (Working memory) があげられる。それまでの記憶モデル、例えば、AtkinsonとShiffrin<sup>8)</sup>の二重貯蔵モデルでは、記憶のはたらきは情報の保持機能のみが注目されていた。それに対して、ワーキングメモリは伝統的な短期記憶の容量制限を継承しながらも、目標に向かって情報を処理しつつ一時的に必要な事柄を保持する<sup>9)</sup>といった動的なはたらきを強調した記憶システムである。

BaddeleyとHitch<sup>7)</sup>は、システム全体を統制する中枢として中央実行系 (central executive) を想定し、その下に複数のサブシステムを置いている。短期貯蔵庫として機能するサブシステムには、音韻に基づいて言語情報を保持する音韻ループ (phonological loop)、視覚イメージによって非言語情報を保持する視覚・空間的スケッチパッド (visuo-spacial sketchpad)、長期記憶からの情報検索に対応するエピソード・バッファ (episodic buffer) がある<sup>10)</sup>。上位システムである中央実行系は、サブシステムで実行される処理に注意資源を分配し、活動をモニタリングし、課題の目標に向かってシステム全体をコントロールする機能を持つ。このような特徴から、ワーキングメモリの中央実行系はメタ認知のメカニズムの基盤としてとらえられている<sup>11)</sup>。

### 1.3. モニタリングによるメタ認知的判断

メタ認知能力を測定する主な方法は、認知者に対して、自己の内面に生じている様々な認知的、感情的経験への気づきをうながし、何らかのメタ認知的判断 (metacognitive judgment) を求めるものである。メタ認知的判断は、認知の諸過程におけるモニタリングのはたらきを反映しており、日常生活で行われるような各種の判断と密接に関係している<sup>4)</sup>。

例えば、NelsonとNarens<sup>5)</sup>は、情報の獲得・保持・検索の3つの記憶過程において、段階的に生成されるメタ認知的判断を示している。まず、モニタリングの

初期過程では課題に先立って学習容易性 (easy of learning; EOL) の判断がなされ、情報の獲得段階に進むと現在記憶している情報が後にどの程度思い出せるかという学習の判断 (judgments of learning; JOLs) が行われる。情報の検索段階のモニタリングでは、検索された答えに対する確信度 (confidence) が評価され、さらに、その記憶の情報源が何であったかというソース・モニタリング (source monitoring) の判断が行われる。また、記憶の獲得・保持・検索の全ての過程を通して、現段階では思い出せないけれども再認することはできる、つまり知っているという既知感 (feeling of knowing; FOK) が判断される。

これらのメタ認知的判断のうち、EOLを含めFOKやJOLsは、将来のパフォーマンスに対する予測を含む、プロスペクティブなモニタリングのはたらきである。一方で、一般的な確信度判断はレトロスペクティブなモニタリングであり、検索された記憶に対して査定を行う<sup>12)</sup>。これから行うパフォーマンスへの期待値ではなく、実際の活動により生じた成果を評定することが求められているにも関わらず、確信度判断にはバイアスがかかり不正確であることが報告されている<sup>4)</sup>。Koriat<sup>12)</sup>は、レトロスペクティブな確信度が実際のパフォーマンスを上回る過信 (overconfidence) 効果について、次のように説明している。私達が課題を解決する場面において何らかの結論に達するまでには、すでにその結論を支持するような証拠を選択的に集めて採用する傾向があり、このような確認バイアス (confirmation bias) によって、選択された解答が正しいという自信が過大評価されてしまうのである<sup>12)</sup>。これに関連して、KoriatとGoldsmith<sup>13)</sup>は、記憶の報告過程における確信度の高さが、反応を報告するかどうかの方略調整に影響すると提唱し、報告方略のモニタリングとコントロールに関するモデルを構築している。このモデルでは、一般的知識問題 (general-knowledge questions) において、課題の難易度や報告オプション (成功報酬や罰金など) に応じた反応基準 (response criterion probability: Prc) が想定されている。長期記憶の検索とモニタリングの過程は、最も有力な答えに対して正解である確率 (assessed probability: Pa) を産出する。続くコントロール過程では、PrcとPaの値が比較される。その結果、 $Pa > Prc$  の場合には自発的な解答報告が起こり、反対に、 $Pa < Prc$  である場合には報告の取り下げという方略の調整が行われる。このモデルで説明される自由な報告条件下では、従来の出来る限り多くの解答が要求される強制的な報

告条件と比較して、確信度判断の正確性が高まることが確認されている<sup>13)</sup>。その他に、記憶の過信効果は課題サンプリングのバイアスによって生じるといふ知見もあり<sup>14)</sup>、モニタリングの不正確さは実験手続き上の問題を含んでいる可能性も示唆されている<sup>4)12)</sup>。

#### 1. 4. ワーキングメモリ容量制約とメタ認知

メタ認知におけるモニタリングやコントロールのはたらきをワーキングメモリの中央実行系が担っていると捉えるならば、メタ認知的判断の失敗はワーキングメモリの容量制約の点からも説明可能である。JustとCarpenter<sup>15)</sup>によると、ワーキングメモリは認知活動のパフォーマンスに必要な処理資源としてはたらく。彼らのモデルはCAPSシステム (capacity-constraint, concurrent, activation-based production system) と呼ばれ、処理資源の容量制約、並列処理、活性化をその特徴としている。活性化とは、実行中の認知活動において、必要な情報をすぐに使用できる状態に保っておくことを指す。高次認知課題では、複数の過程を同時並行的に行う必要があり、多くの情報の保持や処理が求められる。例えば、文理解において私たちは、次々と入力される文字情報を保持しながら語彙情報や文法規則を長期記憶から参照し、文字から単語、そして文へと情報を統合していく。このすべての過程において処理資源が共有されるため、課題要求が高い場合には処理資源は限界に近づき、処理速度や解答の正確性などのパフォーマンスが低下するのである。

この処理資源、つまりワーキングメモリの容量には個人差があり、ワーキングメモリ課題と呼ばれる二重課題法によって測定される。例えば、DanemanとCarpenter<sup>16)</sup>によって開発されたリーディングスパンテスト (reading span test: RST) は、文の音読処理と文中単語の保持が求められる二重課題であり、並列的な認知処理を遂行するためのワーキングメモリ容量の個人差を測定するテストである<sup>17)</sup>。RSTは日本語版をはじめ多くのバリエーションが開発されており、それらの貯蔵容量についての概算から、平均的なワーキングメモリ容量が3±1チャンクとなることが明らかにされている<sup>18)</sup>。

ワーキングメモリの容量制約の下で、認知過程のモニタリングや処理のコントロールも、処理資源を共有していると考えられる。この仮説に関して、Schwartz<sup>19)</sup>は、一般的知識問題と言語性記憶あるいは視覚性記憶を同時に課し、ワーキングメモリ負荷によるモニタリングへの影響を検討している。この研究で

は、モニタリング機能の測度として、一般的知識問題に解答できなかった場合のFOKもしくはTOT現象 (tip-of-the-tongue state) の有無を測定している。TOTは日本語の慣用句でいう、答えが「喉まで出かかっている」状態であり、後に再生できる可能性を表す。一連の実験によってSchwartz<sup>19)</sup>は、言語性の記憶負荷が比較的大きい (6桁の数字) 場合、TOTの生成率が低下することを見出している。同時に、解答に対してTOT現象を体験している場合には、そうでない無回答の場合よりも、記憶成績が低かった。また、視覚性記憶負荷はメタ認知判断に影響しなかったが、TOTやFOKが生成された場合には、視覚性記憶成績の低下が見られた。これらの知見から、ワーキングメモリにおいて情報の保持とメタ認知判断の生成は処理資源を共有しており、特に記憶の検索の実行が必要なTOTは言語性記憶の保持と共通のプロセスを持つ可能性が示されている。

ワーキングメモリ容量の個人差の観点から、筆者は、リスニングスパンテスト (listening span test: LST) の記憶パフォーマンスに対する確信度判断について検討を行っている<sup>20)</sup>。LSTは言語性ワーキングメモリ課題のひとつであり、文を聴き取りながら文頭のターゲット語を保持し、意味の真偽判断を行うことが要求される。この研究では、さらに、ターゲットとなる単語の再生を行った後に解答に対する確信度を報告するように求めている。その結果、ワーキングメモリ負荷がかかった状況でも、解答の正誤の間のパフォーマンスを区別してモニタリングすることが可能であることが示されている。さらに、ワーキングメモリ低容量群は、高容量群と比較して誤答に対する過信効果がより強く、モニタリングのはたらきが不安定である可能性が示唆されている。また、低容量群は、真偽判断に失敗すると、ターゲット再生に正解した場合でも確信度を過小評価してしまう傾向があることが見出されたのである。

またLinderholmら<sup>21)</sup>は、大学生のリーディング過程において、ワーキングメモリ容量と認知およびメタ認知処理のパターンについて検討を行っている。彼女らはリーディングの目的として、単純な「楽しみ」と複雑な「勉強」の2条件を設定し、リーディングの速さ、読後の理解度、理解に対する展望的確信度、モニタリングの正確さを測定している。ここでの確信度は、理解テストに先立って評定されるプロスペクティブなメタ認知的判断である。RSTで測定された言語性ワーキングメモリ容量とリーディング目的の2要因による分析の結果、Linderholmらは、低容量群の勉強目的条

件を除いて、実際のパフォーマンスに対して確信度は過小評価されることを確認している。低容量群は勉強といった複雑なリーディング目的が提示された場合にリーディング時間が延長しており、彼らは目的に沿ってより慎重な方略を選択したという観点から、自己の理解に関する達成度を過大に評価するのではないかと解釈されている。

これらの先行研究の知見から、ワーキングメモリ容量の制約がモニタリングの正確性に深く関与していると考えられる。ワーキングメモリの活性化保持と実行系機能は多くの複雑な認知過程に従事すると想定され、心理学において中心的な構造となってきた<sup>22)</sup>。また、メタ認知過程に関して、ワーキングメモリの提唱者であるBaddeleyは、フォーカス (focus) と呼ばれる注意のコントロールの重要性を指摘しており<sup>23)</sup>、ワーキングメモリ容量と注意のフォーカスの関連性について検討が進んでいる<sup>24)25)</sup>。しかしながら、メタ認知活動を支えるもうひとつの側面であるモニタリングのはたらくに焦点を当てたワーキングメモリ研究は少なく、その機能の解明には至っていない。また、近年、メタ認知研究においてもワーキングメモリ課題を取り入れた個人差要因の検討が行われているが<sup>26)</sup>、充分であるとはいえない。

そこで、本研究では、代表的な言語性ワーキングメモリ課題であるRSTを用いて、ワーキングメモリの容量制約がメタ認知的モニタリングのはたらくにどのように関与しているかについて検討することを目的とする。まず、RST実行中の処理資源に大きな制約を受ける状況下においても、再生パフォーマンスを正確にモニタリングすることが可能であるかどうかを確認する。さらに、モニタリングによるメタ認知的判断がどのような要因に影響を受けるのかを探るため、記憶負荷量、対象外のモニタリング情報による干渉、ワーキングメモリ容量の個人差の観点から検討を加える。

## 2. 方法

### 2.1. 実験参加者

本実験には、日本語の母国語話者である大学生19名 (男性3名、女性16名) が参加した。参加者の平均年齢は20.39歳 ( $SD = 1.69$ ) で、全員がボランティアであった。

なお、実験結果の分析は、単語再生において忘却以外のいずれかのエラーが観察された18名のデータを対象とした。

### 2.2. 刺激

言語性ワーキングメモリ課題として、日本語版RST<sup>9)</sup>を用いた。日本語版RSTは日本語の短文70文で構成されており、保持すべきターゲット単語には、各刺激文中に出現する名詞、動詞、副詞のうちいずれかひとつが選定されていた。連続して提示される1セッション内の文の数によって、2文・3文・4文・5文条件が設定された。各条件のセッション数は5試行ずつであった。刺激文は、縦13cm、横18cmの白紙カードに1文ずつ黒字印刷され、ターゲット語には赤色で下線が引かれていた。各セッションの開始・終了を示すために刺激文の間に白紙カードが挿入されたRST冊子が作成された。

### 2.3. 手続き

実験は個別に実施された。参加者は実験者の対面あるいは側面に座り、参加者の正面の読書距離にRST冊子が置かれた。本研究の実験パラダイムをFig.1に示す。実験参加者は、実験者がカードをめくると同時に、提示された文をすぐに音読するように指示された。参加者は同時に、赤色の下線で示されたターゲット語を保持しておき、白紙カードが出現した際に口頭で報告するように求められた。例えば3文条件では、実験参加者は3つの短文を音読しながらそれぞれのターゲット語を保持し、白紙カードを合図に3つの単語を再生した。

実験参加者が各試行内のターゲット語を再生した後、実験者によって回答がひとつずつ読み上げられ、参加者はそれぞれに対してパフォーマンス確信度を評定するよう求められた。確信度は、「報告したターゲット語の正確さに対し、何パーセント程度自信があるか」について、0 - 100 (%) の間の整数で評定された。ターゲット語及びパフォーマンス確信度はいずれも口頭で報告され、実験者によって用紙に記録された。

RSTの1セッションは、文の音読、ターゲット語の再生、再生語の確信度判断によって構成されていた。保持条件は2文から5文へと難易度が上昇していったが、途中で打ち切りは行わず、参加者全員が20セッションすべてを試行した。なお、本試行に先立って、実験参加者は2文条件の練習試行を2セッション行った。

実験参加者は音読に際して、自然な声量・速度で読み上げること、カードがめくられたら直ちに文を読み始めることを教示された。これらは、音読中あるいは文と文の間にターゲット語をリハーサルすることを妨

げるためである。また、再生においては、直後再生の新近性効果を避けるために、1番最後に提示された文のターゲット語を最初に報告することが禁止された。

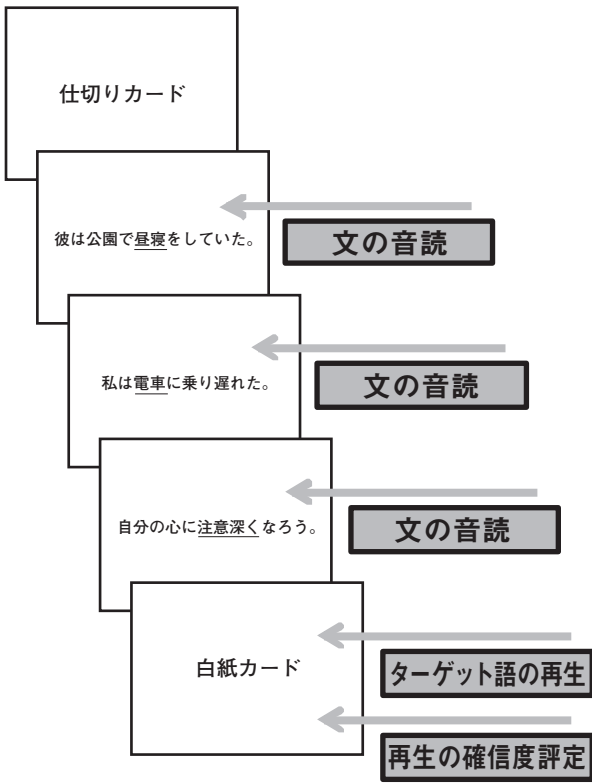


Fig. 1. The paradigm under the three-sentence condition

### 3. 結果

#### 3.1. RSTスコア

RSTのスコアリングは、正しく想起されたターゲット語の再生率、セッション内のすべてのターゲット再生に成功した正答試行数をカウントし、さらにリーディングスパンを算出した。スパンは、各文条件5試行のうち3試行正解の場合にその条件の文の数をスパン得点として評定し、2試行のみ正答の場合には0.5点を加算した。本研究の実験参加者18名の再生率の平均値は.68 ( $SD = 0.10$ )、正答試行数の平均値は21.11 ( $SD = 10.99$ )であった。また、参加者18名の平均スパンは2.58 ( $SD = 0.75$ )であり、日本人大学生30名を対象とした先行研究<sup>9)</sup>で得られた平均値3.45 ( $SD = 0.97$ )よりも低い値となったが、森下・荻阪<sup>18)</sup>の提唱するワーキングメモリの貯蔵容量 $3 \pm 1$ の範囲内であった。

#### 3.2. パフォーマンス確信度

本研究では、RST遂行中のモニタリングの正確性の測度として、再生項目ごとの確信度判断を用いた。参加者ごとに正しく再生されたターゲット語と、誤って再生された語のそれぞれに対するパフォーマンス確信度を求め、分析対象者18名の平均値と標準偏差を算出した (Table 1)。正再生条件と誤再生条件の間で対応のある $t$ 検定を行ったところ、正再生語に対するパフォーマンス確信度は、誤再生語の確信度よりも有意に高かった ( $t(17) = 7.02, p < .01$ )。

Table 1. Means and  $SD$ s of confidence for performance of correct and incorrect word recall

	Correct recall	Incorrect recall
Mean	82.96	54.99
SD	12.67	15.72

次に、モニタリング機能に影響を与える要因を探るため、ターゲットが正しく再生された場合に焦点を当てて、パフォーマンス確信度の変動を観察した。まずは、セッション単位でのパフォーマンス成否が、個々のターゲット再生に対する確信度に及ぼす影響について検討した。セッション内すべてのターゲット再生に成功している正答試行と、正答と無回答及び誤答が混在している非正答試行での、正再生単語に対する確信度をそれぞれ求め (Table 2)、セッションの成否条件間で対応のある $t$ 検定を行った。その結果、正答試行と比べて非正答試行における正再生語確信度は有意に低下した ( $t(17) = 4.40, p < .01$ )。

Table 2. Means and  $SD$ s of confidence for performance of correct word recall on successful and unsuccessful trials

	Successful trials	Unsuccessful trials
Mean	88.60	80.95
SD	9.99	12.33

続いて、ターゲット語の正再生におけるパフォーマンス確信度の変動因として、記憶負荷量について検討する (Table 3)。2文、3文、4文、5文の各記憶条件の確信度について、4水準間で1要因分散分析を行った結果、有意な効果が認められた ( $F(3, 51) = 13.41, p < .01$ )。LSD検定による多重比較を行ったところ、2文-5文の間を除くすべての条件間でそれぞれ有意差が認められた (いずれも $p < .05$ )。

Table3. Confidence for performance of correct word recall on each memory load condition

	2-sent.	3-sent.	4-sent.	5-sent.
Mean	92.10	80.59	85.70	90.58
SD	10.78	12.92	12.68	11.28

### 3. 3. RST得点によるグループ分析

認知のモニタリング過程には、ワーキングメモリ容量が関与していると想定される。ワーキングメモリの個人差（グループ差）研究においては、ワーキングメモリスコアの上位25%、下位25%を抽出して群間比較を行うことが推奨されている。しかしながら、本研究ではRSTスコアの分布に偏りが見られ、スパン2.0に36.8%、スパン2.5に33.3%の参加者が分布していた。そこで、本節ではワーキングメモリ容量が低い認知者についての特徴を探ることを目的として、RSTスパンに基づいて参加者18名を群分けし、モニタリング機能についてさらなる分析を行う。RST低得点群は2.0-2.5の13名（すべて女性）、相対的な高得点群はスパン3.0-5.0の5名（男性3名、女性2名）であった。

まず、パフォーマンス確信度について、RST得点群（高・低）と再生語（正・誤）の2要因分散分析を行った（Fig.2）。その結果、再生の正誤の要因において有意な主効果が認められ、得点群に関わらずターゲットを誤って再生した場合に確信度が低下した（ $F(1, 16) = 34.56, p < .01$ ）。得点群の主効果および、2要因の交互作用は認められなかったが、群間差を詳細に検討するため多重比較を行った。LSD検定により、低得点群、高得点群それぞれについて再生語の正誤による単純主効果のみ有意であった（いずれも $p < .01$ ）。

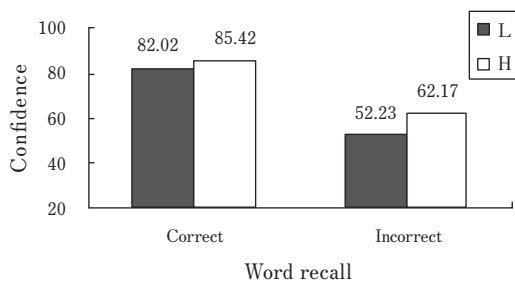


Fig. 2. Confidence for performance of correct and incorrect word recall by high and low span participants

次に、セッション全体のパフォーマンス成否の影響について検討した（Fig.3）。正再生語に対するパ

フォーマンス確信度において、得点群（高・低）と試行（成・否）の2要因分散分析を行った結果、試行の成否の要因において主効果が有意であった（ $F(1, 16) = 12.64, p < .01$ ）。得点群の主効果および、2要因の交互作用は認められなかった。これについてLSD検定により多重比較を行ったところ、試行の成否による単純主効果は低得点群でのみ有意であり（ $p < .01$ ）、高得点群では有意差は認められなかった。さらに、非正答試行において得点群による単純主効果が有意であった（ $p < .05$ ）。つまり、同セッション内でターゲット再生に失敗した試行を含む場合、正しい再生語に対する確信度も低下するという現象が観察されたが、この傾向は低得点群でより顕著であった。

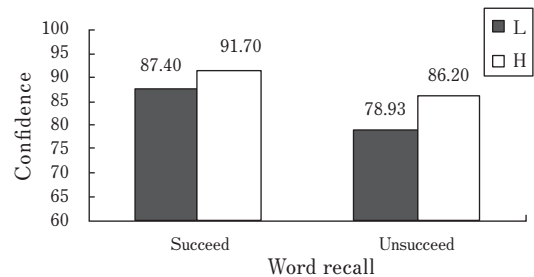


Fig. 3. Confidence for performance of correct word recall on successful and unsuccessful trials by high and low span participants

また、正再生のパフォーマンス確信度に対する記憶負荷量の関与について検討するため、得点群（高・低）と記憶条件（2文・3文・4文・5文）の2要因分散分析を行った（Fig.4）。その結果、記憶条件の有意な主効果が認められた（ $F(3, 48) = 10.76, p < .01$ ）。LSD検定による多重比較を行い、記憶条件の単純主効果を検討した。低得点群では3文条件の確信度が他の3条件よりも有意に低く（いずれも $p < .01$ ）、2文-4文条件間にも有意差が見出された（ $p < .05$ ）。高得点群においては、3文及び4文条件はともに、2文（ $p < .01$ ）、5文条件（ $p < .05$ ）のそれぞれよりも確信度が有意に低下した。また、得点群の単純主効果は、2文、3文（いずれも $p < .01$ ）、5文（ $p < .05$ ）の3条件下で有意であった。

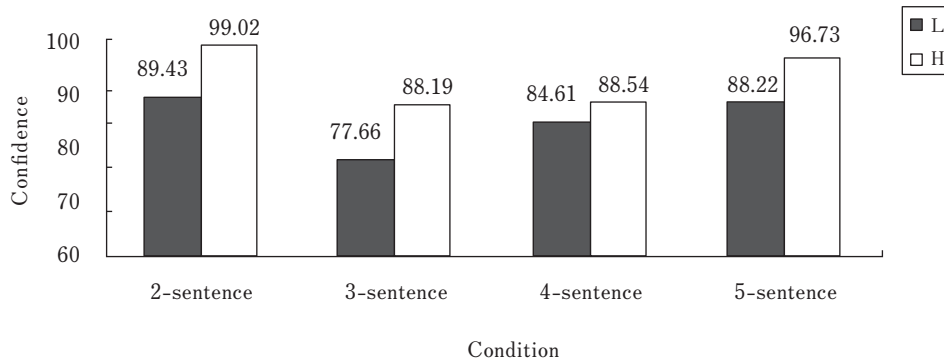


Fig. 4. Confidence for performance of correct word recall on each memory load condition by high and low span participants

#### 4. 考 察

本研究の目的は、言語性ワーキングメモリ課題におけるモニタリングのはたらきが、ワーキングメモリの容量制約においてどのような影響を受けるかについて検討することである。RSTは、連続的に提示される文を音読しながら、複数の単語保持を保持することが求められる課題であり、課題要求が高く処理資源を多く消費する活動である。このような認知的負荷の高い状況では、同じくワーキングメモリ資源を必要とするモニタリング過程において、正確なメタ認知的判断を実行することは困難であると考えられる。しかしながら、本研究の参加者は、再生語の確信度判断においてターゲットを正しく想起した場合に高く、誤った語を報告した場合には低く報告しており、両者を区別することができた。つまり、文の音読と単語保持にワーキングメモリの処理資源が割かれていても、モニタリングは再生パフォーマンスの成功・失敗を相対的に区別することが可能であると認められた。

このように、本研究においては、モニタリングの正確性は、相対的に正誤の区別をすることは出来たが、完全なものではなかった。誤答に対する確信度は過大評価であり、正答に対しては過小評価であることが観察された。このうち、誤った再生に対する過信効果は、実験パラダイムによる影響を受けている可能性がある。本研究のRSTは自由再生課題であり、参加者はすべてのターゲット語に対して報告義務があったわけではない。実際に、すべてのエラーに対して、無回答（「わからない」、「忘れてしまった」などの忘却エラーを含む）の占める割合は高かった ( $MEAN = .74$ ,  $SD = .15$ )。KoriatとGoldsmith<sup>13)</sup>によると、反応の報告実行性には確信度の高さが影響する。つまり、反応に対する確信度の評価が基準値を下回った場合には、報

告は取り下げられる。たとえ再生が誤りであったとしても、報告がなされている時点で、確信度は基準値を超えているということになる。その結果、本研究においては、誤答に対する確信度が高く見積もられてしまったと考えられる。

では、正しい再生パフォーマンスに対する過小評価は何に由来するのだろうか。まずは、対象外のモニタリング情報による干渉について検討する。本研究では、正再生語に対する確信度をセッションごとに集計し、セッション内のすべてのターゲット語を正答できた場合と、誤答や無回答を含む処理の失敗を含む場合とで比較した。その結果、対象となる語の再生パフォーマンスは成功していても、同じ文脈内にエラーが検出された場合には、再生項目の確信度が低下することが明らかとなった。このことから、ワーキングメモリにおけるモニタリングは正誤の区別が可能な程度のエラー検出を行うが、その結果として項目ごとにフィードバックされるメタ認知的情報が競合し、ターゲットの確信度判断が干渉された可能性がうかがえる。

さらに、対象外のモニタリング情報による影響は、ワーキングメモリ容量が低い群でより顕著に見られた。LSTによる先行研究<sup>20)</sup>においても、低容量群のターゲット再生に対するパフォーマンス確信度は、同じ刺激文の真偽判断の成否により深刻な影響を受けている。また、リーディングにおける検証<sup>21)</sup>では、低容量群は、課題の目的が複雑になった場合に読み速度を遅らせ、そのような方略使用についてのモニタリング情報が、理解に対する過信を生じさせることが示唆されている。これらの知見から、メタ認知的モニタリングにおけるワーキングメモリ容量の制約について、ふたつの解釈の可能性が推察される。ひとつは、低容量群は認知的負荷の高い課題を実行することに処理資源の大部分を費やしてしまい、メタ認知的判断が行われても、その

ソースを含めたモニタリング情報を活性化保持できるだけの資源が残されていないという可能性である。もうひとつは、Osakaら<sup>25)</sup>が指摘する注意のフォーカスによるものである。これは、低容量群は注意のフォーカスの移行がスムーズにできず、また、対象外の情報を抑制できないという問題である。

そこで、次は、ワーキングメモリへの記憶負荷量によって確信度に生じる過小評価が変動するかどうか検証を行う。記憶条件による分散分析の結果から、本研究においては2文、5文条件では正答に対する確信度は同じくらい高く、メタ認知判断が正確に行われることが示された。記憶負荷量の少ない2文条件では、記憶パフォーマンス自体も良好であり、それに伴って確信度が高いのは自然であるように思われる。それに対して、5文条件では、セッション単位でのパフォーマンスに失敗することが最も多いにも関わらず、モニタリングは正確に行われているのである。つまり、記憶負荷量と確信度判断の正確さの関係性はV字型にプロットされる。

正答に対する過小評価は全体的に低容量群で強く観察されるものの、このV字傾向は容量の個人差に関わらず生起している。ただし、確信度判断が最も不正確なのは、比較的容量の高い群では4文条件、低容量群では3文条件であり、これは両群のスパンの臨界値と一致している。これらの結果は、記憶負荷量、つまり保持に要求される処理資源の量が、モニタリング機能低下の直接的な原因ではないことを示している。むしろ、スパンの臨界値となる条件において課題の困難さを強く感じた時に、そのような葛藤状態がモニタリングされることによって、パフォーマンスに対する確信度判断が揺らいでしまうのではないだろうか。

これらの知見から、本研究では、ワーキングメモリの容量制約の下においても、メタ認知的モニタリングはパフォーマンスの成否を区別して評価し得ることを明らかにした。さらに、ワーキングメモリ容量の個人差がメタ認知的判断の正確性に関与することが示唆された。この問題に関しては、モニタリング機能の低下の要因は、単純な記憶負荷量の増加ではなく、同じ文脈内の他のモニタリング情報から干渉を受けて生じるフォーカスの不安定さにある可能性が推察される。このモニタリングにおけるフォーカス効果を検証するためには、ソース・モニタリングの測定や、フォーカス強度の操作、認知的・感情的葛藤状態の操作などを手続きに組み込んださらなる実験的研究を行う必要があるだろう。

## 5. 謝辞

本研究の実験の実施においてご協力いただきました、大阪大学大学院人間科学研究科 遠藤香織さんに、心よりお礼申し上げます。

## 6. 文献

- 1) Flavell, J. H., Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive-developmental inquiry, *American Psychologist*, 34 (10), 906-911 (1979)
- 2) 三宮真智子, メタ認知研究の背景と意義, 三宮真智子 (編著), *メタ認知 学習力を支える高次認知機能*, 北大路書房, (2008)
- 3) 丸野俊一, 特集にあたって: 「心のはたらきを司る『核』としてのメタ認知」研究, *心理学評論*, 50 (3), 191-203 (2007)
- 4) Dunlosky, J. & Metcalfe, J., *Metacognition*, Beverly Hills, CA: SAGE. (2009)
- 5) Nelson, T. O. & Narens, L., Why investigate metacognition? In J. Metcalfe & A. Shimamura (Eds.), *Metacognition: Knowing about knowing*, Cambridge, MA: Bradford Books. (1994)
- 6) Nelson, T. O., Consciousness and Metacognition, *American Psychologist*, 51 (2), 102-116 (1996)
- 7) Baddeley, A. & Hitch, G., Working memory. In G. H. Bower (Ed.), *The psychology of learning and motivation*, New York: Academic Press. (1974)
- 8) Atkinson, R. C. & Shiffrin, R. M., The control of short-term memory, *Scientific American*, 225, 82-90 (1971)
- 9) 苧阪満里子, *脳のメモ帳 ワーキングメモリ*, 新曜社, (2002)
- 10) Baddely, A., The episodic buffer: A new component of working memory? *Trends in Cognitive Science*, 4, 417-423 (2000)
- 11) 苧阪直行, メタ認知と前頭葉-ワーキングメモリの認知神経科学からのアプローチ *心理学評論*, 50 (3), 216-226 (2007)
- 12) Koriari, A., Metacognition and consciousness, In P. D. Zelazo, M. Moscovitch, & E. Thompson (Eds.), *Cambridge handbook of consciousness*,



- New York, USA: Cambridge University Press. (2007)
- 13) Koriat, A. & Goldsmith, M., Monitoring and control processes in the strategic regulation of memory accuracy. *Psychological Review*, 103 (3), 490-517 (1996)
- 14) Gigerenzer, G., Hoffrage, U. & Kleinbölting, H., Probabilistic mental models: A Brunswikian theory of confidence, *Psychological Review*, 98 (4), 506-528 (1991)
- 15) Just, M. A. Carpenter, P. A., A capacity theory of comprehension: individual differences in working memory. *Psychological Review*, 99 (1), 122-49 (1992)
- 16) Conway A. R., Kane, M. J., Bunting, M. F., Hambrick, D. Z., Wilhelm, O. & Engle R. W., Working memory span tasks: A methodological review and user's guide, *Psychonomic Bulletin & Review*, 12 (5), 769-786 (2005)
- 17) Daneman, M., & Carpenter, P. A., Individual differences in working memory and reading, *Journal of Verbal Learning & Verbal Behavior*, 19, 450-466 (1980)
- 18) 森下正修・苧阪直行, 言語性ワーキングメモリ課題遂行時の情報処理と貯蔵容量, 苧阪直行 (編著), *ワーキングメモリの脳内表現*, 京都大学学術出版会, (2008)
- 19) Schwartz B.L., Working memory load differentially affects tip-of-the-tongue states and feeling-of-knowing judgments, *Memory & Cognition*, 36 (1), 9-19 (2008)
- 20) 小森三恵, リスニングスパンテストにおけるパフォーマンス確信度とワーキングメモリ容量についての検討, *日本心理学会第74回大会発表論文集*, 814 (2010)
- 21) Linderholm, T., Cong, X., & Zhao, Q., Difference in low and high working-memory capacity readers' cognitive and metacognitive processing patterns as a function of reading for different purpose, *Reading Psychology*, 29, 61-85 (2008)
- 22) Conway, A. R. A., Jarrold, C., Kane, M. J., Miyake, A. & Towse, J. N., *Variation in working memory*, New York: Oxford University Press. (2007)
- 23) Baddeley, A., Working memory: Looking back and looking forward. *Nature Reviews Neuroscience*, 4 (10), 829-39 (2003)
- 24) Schraw, G., Measuring metacognition. In D. J. Hacker, J. Dunlosky, & A. C. Graesser (Eds.), *Handbook of metacognition in education*, New York: Taylor & Francis. (2009)
- 25) Osaka, M., Nishizaki, Y., Komori, M. & Osaka, N., Effect of focus on verbal working memory: Critical role of the focus word in reading, *Memory & Cognition*, 30 (4), 562-71 (2002)
- 26) 苧阪満里子, ワーキングメモリにおける注意のフォーカスと抑制の脳内表現, 苧阪直行 (編著), *ワーキングメモリの脳内表現*, 京都大学学術出版会, (2008)