

<研究ノート>

## モニタリングの機能と測度：心の働きを見つめるまなざし

The functions and measurements of monitoring: Gazing upon our minds.

小森 三恵<sup>1</sup>

### 要 約

本研究では、自らの心的活動の状態をとらえるメタ認知的モニタリングについての認知心理学的知見を概観する。まず、メタ認知及びワーキングメモリの研究領域において、モニタリングの基本的な機能と、いくつかの認知モデルの中で位置づけについて論じる。次にメタ認知的モニタリングの測定方法について、その対象となる能力や具体的な測定手続き及び測度を紹介する。さらに、ニューロイメージングの知見から、モニタリングの神経基盤を探る。最後に、モニタリングの個人差が関連情報の記憶に及ぼす影響について、記憶の感情価効果から検討を加える。

キーワード：モニタリング, メタ認知, ワーキングメモリ, 実行系機能, 個人差  
monitoring, metacognition, working memory, executive functions, individual differences

### 1. はじめに

「次の冬期オリンピックの開催地はどこ」「今さっき、テレビに映った俳優は誰」などという問いに対して、確かに答えを知っているはずなのにどうしても思い出せない、という経験はないだろうか。このような「喉まで出かかっているのに出てこない」という状態を、TOT (tip-of-the-tongue) 現象と呼ぶ。あるいは冒頭の質問について、はじめて見聞きしたので知らない、と判断する場合もあるだろう。いずれにせよ、これらの状態に至るには、私たちが「記憶についての記憶」つまり「メタ記憶」を持っており、自己の経験や知識の範囲を把握していることが前提となる。

このメタ記憶は私たちの知的活動に大いに活用されており、何らかの課題を行っている最中には、自らの心的活動の状態をとらえるメタ認知的モニタリング (metacognitive monitoring) が行われている。本研究では、メタ認知的モニタリングの働きや測定方法、その神経基盤について、特に認知心理学的知見に焦点を当てて概観する。また、モニタリングの個人差が課題関連情報の処理に及ぼす影響について単語記憶実験による検討を行う。

### 2. モニタリングの働き：メタ認知研究からの知見

前述のメタ記憶の命名者Flavellは、この概念を発展させて、メタ認知的知識 (metacognitive knowledge) とメタ認知的経験 (metacognitive experience) の2つの構成要素からなる認知モデルを提唱した (Flavell, 1979)。メタ認知的知識とは記憶や思考などの様々な知的活動についての知識や信条であり、「数字を記憶するときには語呂あわせが有効である」といった一般的なものや、「私は道に迷いやすい」などといった個人的なものを含む。認知に関するこのような知識は、他の知識体系と同様に長期記憶に蓄えられていると考えられ、意識的あるいは自動的な検索によって活性化され利用される。もちろん、時には忘却したり、自己の認知状況について誤った情報が出力されたりすることもある。

一方メタ認知的経験は、知的活動によって生じる認知的、感情的経験であると定義される (Flavell, 1979)。この働きは活動の前後・最中に起こり、到達すべき課題ゴールと照合して遂行中のプロセスの進捗や内容の評価を行う。メタ認知的経験は同時に、メタ認知的知識を参照しながらゴールを設定・修正し、適切な方略を選択する。さらに、課題の成果を新たにメタ認知知識に組み込んで改訂するので

ある。このように、Flavell (1979) のモデルでは、ゴール (課題) と行動 (方略) を要因としながらメタ認知的知識とメタ認知的経験が相互作用する。そして、これらのメタ認知活動を通して、モニタリングが実行されると想定している。

メタ認知的経験に表される活動的成分は、現在では主に、認知活動の状態を評価するメタ認知的モニタリングと、進行中の認知活動を調整するメタ認知的コントロールの2つに分けられる (Dunlosky & Metcalfe, 2009; 三宮, 2008; Nelson & Narens, 1994)。Nelson & Narens (1994) は、認知活動の階層的モデルを構築し、メタ認知によるモニタリングやコントロールの働きを説明している。彼らのモデルは記憶や言語処理、問題解決などの個々の認知プロセスを表す対象レベル (object-level) と、その上位階層でありメタ認知的知識に相当する概念を含むメタレベル (meta-level) の2層からなる。モニタリングは、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であり、実行中の処理の状態について評価する働きである。反対に、メタレベルから対象レベルへのトップダウンの流れがコントロールであり、実行中の認知プロセスの中断や継続、変更について調整を行う。そして、課題のゴールを達成するまで、メタレベルと対象レベルの間で情報のフィードバックが行われ、両者が循環的に機能すると想定されている。

### 3. 実行系機能としてのモニタリング：ワーキングメモリ研究からの知見

メタ認知と同時期に展開してきた情報処理モデルに、Baddeley & Hitch (1974) により開発されたワーキングメモリ (working memory) がある。ワーキングメモリもまた、認知プロセスにモニタリングやコントロールなどの高次制御機能を組み込んでいる。ワーキングメモリはそれまでの短期記憶モデル (例えばAtkinson & Shiffrin, 1971) で説明される、容量制限付きの保持機能を継承しながら、目標指向性のある動的な処理の側面を強調した記憶システムである (荳阪, 2002; Baddeley, 1986)。

ワーキングメモリの中核となるのは中央実行系 (central executive) であり、その下に短期貯蔵庫として機能するサブシステムを置いている。サブシステムは情報の種類に応じて、言語情報を保持する音韻ループ (phonological loop)、視覚イメージ情

報を保持する視覚・空間的スケッチパッド (visuo-spatial 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) が想定されている (Baddeley, 2003)。中央実行系は、サブシステムで実行される活動をモニタリングし、認知活動に必要な処理資源を適切に分配し、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役割を担う。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 (Shimamura, 2008; 荳阪, 2007)。

当初、中央実行系は心的な処理資源を蓄え、その分配を制御する監視システムとしての役割を与えられていたものの、あいまいな概念であった (Repovs & Baddeley, 2006)。あらゆるプロセスをワーキングメモリに包括するための「寄せ集め (ragbag)」という側面を持っていたのである (Baddeley, 1986)。そのため扱いやすいサブシステムの研究に遅れはとったが、近年のワーキングメモリ研究では、中央実行系の具体的な機能とは何かについて説明が試みられている (概観はRepovs & Baddeley, 2006を参照)。

実行系機能の主要なプロセスについて、Smith & Kosslyn (2007) は次の5つをあげている。

- 1) 実行系注意 (executive attention) : ワーキングメモリの内容に作用しゴールに向かって下位プロセスを導く
- 2) 注意の切換 (switching attention) : ひとつの行為やプロセスから別のものへと注意を移す
- 3) 反応の抑制 (inhibition of response) : すでに知覚した情報を無視あるいは抑制する
- 4) 順序付け (sequencing) : 活動の順序のスケジューリング
- 5) モニタリング (monitoring) : パフォーマンスを監視する

ここでのモニタリングは、課題遂行中の自己のパフォーマンスに対する査定であると定義され、他の4つのプロセスよりもさらに「メタ」とであると想定されている (Smith & Kosslyn, 2007)。

Miyake & Friedman (2012) では、実行系機能 (executive functions) は包括的な意図の制御メカニズムとして定義され、自己制御や自己調整能力の中核であると考えられている。Miyakeらによる一連の研究では、実行系機能の多様性は3つのコンポーネントに集約されている (Miyake & Friedman,

2012; Miyake et al., 2000)。彼らは複数のワーキングメモリ課題からそれらが共有する実行系機能の因子を抽出する潜在変数アプローチにより、①ワーキングメモリ表象の更新とモニタリング (updating)、②タスク間の柔軟な移行 (shifting)、③優勢な反応の意図的な抑制 (inhibition) の3因子を見出したのである。実行系機能の単一性と多様性を検討したモデル (the unity/diversity framework; Miyake & Friedman, 2012) では、これらの3因子に共通する機能 (Common EF) として、課題のゴールとそれに関連した情報を活性化保持し、下位レベルの処理に効果的にバイアスをかけるためにこれらの情報を使用する能力があげられている。この枠組みでは、モニタリングは更新機能に含まれると想定され、課題に関連した情報の追加や不要な情報の削除を行うために、継時的にワーキングメモリ表象を監視する役割を担う。

記憶能力に生じる個人差を説明するという観点から、Unsworth & Engle (2007) は手がかりに依存した検索に着目したワーキングメモリの枠組みを提唱している。このモデルは、課題目標の達成に関連した一次記憶 (primary memory) の維持 (maintenance) と非関連情報を含む二次記憶 (secondary memory) からの検索 (retrieval) から構成される。ここではワーキングメモリは自動的な反応傾向を抑えるための制御が求められる場合に必要とされることを前提としている。このように内的・外的な干渉がある状況下で、一次記憶の維持は、新奇情報を活性化状態に保つ働きを担う。同時に、ワーキングメモリシステムでは一度に維持できる情報量には制限があるため、時には課題の周辺情報も含まれる二次記憶から、文脈の手がかりに基づいて関連情報と非関連情報の区別を行い、必要な情報を検索することが要求される。これらの一次記憶での活性的維持及び二次記憶からのコントロールされた検索の両能力が、ワーキングメモリ容量の個人差に寄与すると想定されている。

#### 4. モニタリングの測定

ここでは、メタ認知的モニタリングの研究方法について、実験法による測定に焦点を当てて論ずる。メタ認知やメタ記憶については質問紙尺度による検討も試みられているが、本稿では扱わないこととする。各種のメタ認知尺度に関するレビューは、村山

(2009) などを参照されたい。

#### メタ認知的判断

認知プロセスにおけるモニタリングの働きを測定する方法のひとつには、自己の内面に生じる認知的、感情的経験について各種のメタ認知的判断 (metacognitive judgment) を求めるものがある。

例えば、Nelson & Narens (1994) では、記銘・保持・想起の3つの記憶過程において生成されるメタ認知的判断が段階的に示されている。まず、モニタリングの初期過程では課題に先立って、記憶すべき内容が自分にとってどれくらい易しい／難しいかについて予測され、学習容易性 (easy of learning) が判断される。項目を記銘する情報の獲得段階に進むと、現在記憶している内容が後にどの程度思い出せるかという学習判断 (judgments of learning) が行われる。記憶の想起、つまり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) が評価される。ターゲットの検索に失敗した場合には、現段階では思い出せなくて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) 判断がなされる。さらに、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) が行われる場合もある。これらのメタ認知的判断は、はじめに例示したような一般的知識に関する問いや (Schwartz, 2008)、単語対連合学習 (Nelson & Narens, 1994; Nelson & Dunlosky, 1991)、文の読解 (Maki, Shields, Wheeler, & Zacchilli, 2005; Thiede, Anderson, & Therriault, 2003)、言語性ワーキングメモリテスト (小森, 2010a; 2010b) など、主に記憶プロセスを含む様々な課題を用いて測定されている。

それぞれのメタ認知的判断は、お互いに補い合うものの異なる種類の情報を反映している (Schraw, 2009)。モニタリングの方向性に関して Koriat (2007) は、学習判断と既知感判断を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として、一方、一般的な確信度判断を既に産出された記憶の査定を含むレトロスペクティブなモニタリングとして位置づけている。これに従うと、学習容易性判断はプロスペクティブ、ソース判断はレトロスペクティブであるといえる。

課題遂行中のいわばオンライン状態でのモニタリングのうち、情報の符号化と保持の能力に関わるの

が学習判断である。村山 (2009) によると、学習判断の測定は学習・学習判断・テストの3つのセッションで構成されている。典型的な測定手続きでは、実験参加者は学習セッションで刺激を提示され、それを記録するように求められる。続く学習判断セッションでは、それぞれの記録項目について後の記憶テストでどの程度覚えていられるかを評定する学習判断を行う。最後のテストセッションでは、実際に記録項目を想起し、その成績に対する学習判断の正確さを求めるのである。Nelson, Narens, & Dunlosky (2004) では、学習判断が行われる時点でターゲットが想起可能かどうかを区別した上でより正確な分析を行うために、学習判断の前にもターゲットの想起を求めるPARM (pre-judgment recall and monitoring) モデルを提唱している。

学習判断は、記録学習の直後に行われるよりも一定時間が経過した後に行われた場合に精度が向上することが知られている (Nelson & Dunlosky, 1991)。この遅延学習判断効果 (delayed judgment-of-learning effect) について Nelson & Dunlosky (1991) は、学習直後には主に短期記憶にある情報に基づいて学習判断がなされるのに対して、遅延後の学習判断は長期記憶内の情報に基づき行われるという二重記憶モニタリング仮説 (monitoring-dual-memories hypothesis) を提示している。Shimamura (2008) は、この現象についてワーキングメモリの枠組みから検討を加えている。前述の通りワーキングメモリは処理資源に制限を持つため、ワーキングメモリ内で競合が生じる場合には情報の保持や検索に相互に干渉が生じる (Baddeley 2003; 1986)。従って、学習直後にはターゲット情報がワーキングメモリ内で即座に利用可能な状態で保持されているため、その項目が長期記憶に貯蔵されているかのモニタリングを行う際の検索が妨害される可能性が指摘されている (Shimamura, 2008)。

学習判断と同じく、後の記憶テストで想起できるかどうかを推測するものに、既知感判断がある。ただし、このメタ認知的判断は特定の項目が現在再生できないという状況でのみ行われる。そのため、既知感の測定は学習セッションの後、再生-判断-再認というRJR (recall-judgment-recognition) 法が用いられる。実験参加者は一般知識問題などの課題について、①最初に答えを再生しようと試み、②その後、誤答に対してその正答を再認できるかどうかを判断し、③最後に正答を再生する、という手続

きを踏むのである (Dunlosky & Metcalfe, 2009)。Koriat (1993) は、既知感判断が、ターゲットに関連する情報をより多く迅速に検索するというアクセス可能性に依存することを見出している。つまり、既知感判断は、ターゲットを検索しようとするプロセスにおいて、ターゲットそのものではなく周辺の情報のモニタリングに基づいて推測する働きであると考えられる。

TOTは、既知感によく似た状態であり、もどかしさやフラストレーションをより強く感じる現象である。これら2つのメタ認知的判断に関して Schwartz (2008) は、一般的知識問題と記憶課題を同時に課す二重課題法を用いて、ワーキングメモリの観点から検証している。その結果、言語性の記憶負荷が比較的大きい場合、TOTの生成率が低下すること、また、解答に対してTOT現象を体験している場合には、そうでない場合よりも記憶成績が低いことを見出している。これらのことから、既知感に対してTOTでは記憶の検索の実行が必要であること、同時にTOTが言語性記憶の保持と共通のプロセスを持つ可能性が示唆される。また、TOTや既知感が生成された場合には視覚性記憶の成績が低下したことから、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いると推察される。

メタ認知的モニタリングは課題遂行中のオンライン活動だけではなく、課題の前後にオフラインで評価を行うものを含んでいる。事前のメタ認知的モニタリングである学習容易性は、課題の要求を満たすために必要な時間や労力を査定するものである (Schraw, 2009a)。つまり学習容易性判断に際しては、課題のゴールと、過去の経験に基づくメタ認知的知識とを照合して、これから実施する認知プロセスの相対的な難易度がモニターされていると考えられる。

事後のメタ認知的モニタリングである確信度判断では、正解/不正解を問わずより速く検索できた答えに対して評価が高くなる (Koriat, 2007)。このことから、確信度判断においては、ターゲットの記憶痕跡の強さや有無よりもむしろ、検索に要した時間がモニターされていることが伺える。小森 (2010a, b) は確信度評定において、メタ認知的判断の正確さがワーキングメモリの容量制約や文脈情報から影響を受けて低下することを見出している。つまり、課題終了後に行われるレトロスペクティブな判断であっても、メタ認知的モニタリングは対象レベルの

認知プロセスとワーキングメモリの処理容量を共有していることが推察される。

またソース・モニタリングは、ある出来事に特有の、知覚情報（色・形・味等）、空間位置情報、時間情報、意味情報、感情情報、関与した認知的操作（イメージ化、数量計算等）などの詳細な特徴が重要である（Mitchell & Johnson, 2009）。これらの特徴の回想に加え、ソース判断は、情報の出所を区別せず単になじみがあるかどうかを示す熟知性にも依存することが報告されている（Dunlosky & Metcalfe, 2009）。

これらのメタ認知的判断の基盤となっているのは何かという疑問に対するアプローチとして、Koriat (2012) は以下のような分類を示している。

- 1) 直接アクセス・アプローチ：貯蔵された記憶痕跡（memory trace）の存在や強さへの優先的アクセスに基づいて、記憶コンテンツのモニタリングが行われる
- 2) 情報ベース・アプローチ：分析的な推論に依存し、知識に裏付けされたメタ認知的判断に至るまで記憶からの検索結果が検討される
- 3) 経験ベース・アプローチ：課題パフォーマンスからオンラインで検出される記憶手がかり（mnemonic cues that）に焦点をあてる。これらの手がかりは直接的にメタ認知的気づきをうながす

直接アプローチと他の推論的アプローチを比較してKoriatは、メタ認知研究に携わる研究者のほとんどがメタ認知的判断は推論的な性質を持ち、異なる状況に適合した様々な信条やヒューリスティック（その時々で最もゴールにたどりつく可能性が高いと考えられる方略）に依存すると想定していることを指摘している。

ここで、メタ認知的判断に関わるこれらのプロセスについて、ワーキングメモリの枠組みから考えてみたい。ターゲットの記憶痕跡への直接アクセスは、Unsworth & Engle (2007) のモデルにおいては、課題ゴールに関わる一次記憶の活性化保持のモニタリングに相当する。また、Miyakeらの提唱する実行系の単一性／多様性モデル（Miyake & Friedman, 2012）では、関連情報の活性化保持は各実行系コンポーネントに共通の機能として想定される。いずれの理論的枠組みにおいても、ターゲット保持は認知課題の達成において必要不可欠であると考えられる。しかしながら、メタ認知的モニタリ

ングにおいては、ターゲットそのものよりもむしろその関連情報に含まれる手がかりを検出することが重要であるようだ。情報あるいは経験ベースの推論プロセス（Koriat, 2012）には、ワーキングメモリの二次記憶からの制御された検索（Unsworth & Engle, 2007）が要求される。さらに、このプロセスは、情報の効果的な開閉（gating）と長期記憶からの制御された検索を行う実行系の更新機能の働き（Miyake & Friedman, 2012）に支えられていると推察される。このように、メタ認知的モニタリングの正確さは、ワーキングメモリにおいてターゲット周辺の情報から有効な手がかりを検索する能力と深い関係があると考えられる。同時に、そのメタレベルでの心的活動は、対象レベルの認知プロセスと同じく、ワーキングメモリの容量制約の影響下にあることが伺える。

#### メタ認知的判断の測度

メタ認知研究においては、メタ認知の正確さを測定することに焦点が当てられることが多い。そのため、メタ認知的判断の評定値と実際の課題成績の間の関連性に基づく指標が用いられる。Schraw (2009b) は、メタ認知判断の測度として5つの指標を提唱している。

- 1) 絶対精度（absolute accuracy index；AAI）：課題成績とメタ認知的判断の評定値の差異に基づくスコアで、判断の正確さを示す。項目ごとの分析が可能
- 2) 相対精度（relative accuracy index）：成績と評定値の間の相関を、ピアソンの相関係数あるいは $\gamma$ 係数を用いて算出する。課題のセット全体の評定に用い、項目ごとの分析には不適合
- 3) バイアス（bias index）：成績と評定値の間の差の方向と大きさによって、個人のメタ認知的判断の過小／過大評価の傾向を表す
- 4) 散布度（scatter index）：正答、誤答それぞれに対する評定の個人内分散の差
- 5) 弁別（discrimination index）：個人内で正答に対する評定値と誤答に対する評定の差を求め、両者を弁別する能力を示す

これらの指標はそれぞれ反映している情報が異なっており、必要に応じて複数の指標を採用することが推奨されている（計算式などの詳細はSchraw, 2009bを参照のこと）。

例えばMaki et al. (2005) では、大学生の言語理解に関して言語能力×テキスト難易度の二要因による実験を行い、絶対的および相対的モニタリングを比較検討している。この研究では、参加者はテキストを読んで理解度評定を行い、後に実施されるテストの成績を予測した。6種類のテキストについてこの作業を繰り返したのち、テキストの内容を問う多選択式テストを受け、テスト終了後に解答の確信度を評定した。正答率に対するテスト前予測値とテスト後確信度それぞれについて、絶対精度と相対精度 ( $\gamma$ ) による分析が行われ、両測度はメタ認知の異なる側面を反映することが示唆されている。具体的には、絶対精度は言語能力やテキストの難易度に大きく依存しているのに対して、 $\gamma$  係数による相対精度はいずれの要因にも影響を受けなかったのである。

#### 実行系機能課題

ワーキングメモリ研究においては、主に実行系機能の解明を試みる文脈の中でモニタリングが取り上げられることが多い。従って、課題遂行中のオンラインでのモニタリングを含む課題が用いられる。Miyake et al. (2000) では、更新機能はワーキングメモリ内の関連情報をアクティブに操作していく必要がある場合に不可欠であると指摘している。そこで、彼らによる一連の研究では、モニタリング及び更新課題として、①追跡課題 (keep track task)、②トーン・モニタリング課題 (tone monitoring task)、③文字記憶課題 (letter memory task)、④Nバック課題 (N-back task) が採用されている (Miyake & Friedman, 2012; Miyake et al., 2000他)。これらの課題はすべて、更新されるべき情報や課題のゴールは異なっているものの、ワーキングメモリ内の情報の継時的なモニタリングと更新を含んでいる (Miyake et al., 2000)。

例えば、文字記憶課題 (Morris & Jones, 1990より) の手続きは次のようなものである。実験参加者は、1文字ずつ提示される文字のリストのうち、最後に出現した3文字を思い出して言うように求められる。この課題では更新し続けることが求められ、参加者は心の中で直前の回答に最新の1文字を加え4文字目を落としながら、新しい3文字の系列を声に出さなければならない。具体的には、「T, H, G, B, S, K, R」という系列が提示された場合の回答は、「T... TH... THG... HGB... GBS... BSK... SKR」と

なる。

ニューロイメージング研究でもよく用いられるNバック課題は、連続した刺激系列が提示され、現在呈示されている刺激がN個前のものと一致するかどうかの判断を求めるものである。もっとも単純な1バック条件では、実験参加者は現在提示されている刺激と直前に出現したものが同じかどうか答える。参加者に複数の試行条件を課すことによって、課題はさらに難しくなる (Shimamura, 2008)。例えば2バック条件では、参加者は現在提示されている課題を記憶しながら、2つ前の刺激と照合し一致するかどうかを判断しなければならない。同時に、次回に備えて1つ前の刺激を、次々回に備えて現在の刺激を保持しなければいけないのである。

他にも不規則な数字系列を新規に作り出し続けるランダム生成課題 (generate-random task) や、カードに描かれたデザインを、重複しないように好きな順番で選んでいく、自己順序付け課題 (self-ordering task) などがモニタリング機能課題としてあげられる (Dunlosky & Metcalfe, 2009)。

#### 5. モニタリングの神経基盤：ニューロイメージング研究からの知見

近年、心理学においてはfMRI (functional magnetic resonance imaging) やPET (positron emission tomography) を用いたニューロイメージング研究によって、様々な心的活動の神経基盤を探求する試みがなされている。例えば前述の実行系機能課題を用いた研究成果として、ワーキングメモリの中央実行系と前頭皮質 (prefrontal cortex: PFC)、特にDLPFC (dorsolateral prefrontal cortex) との間に深い関わりが指摘されている (Shimamura, 2008; 苧阪, 2007; 苧阪, 2002; Smith & Jonides, 1997他)。メタ認知に関しては、Shimamura (2008) がメタ認知的モニタリングとコントロールに焦点を当てて、詳細なレビューを行っている。

Shimamura (2008) は、学習判断、既知感判断、TOT、ソース判断を取り扱ったニューロイメージング研究を概観し、メタ認知的モニタリングとコントロールの両方が決定的にPFCに依存していると結論付けている。さらに彼は異なるPFC領域が異なるメタ認知機能に従事することを示唆している。例えば、背外側部のDLPFCはワーキングメモリ内の情

報の更新, 再ルート化に関わる。腹外側部に位置するVLPFC (ventrolateral prefrontal cortex) は意味情報を選択しワーキングメモリ内でそれを保持している。背内側部にあるDMPFC (dorsomedial prefrontal cortex) は対象レベルの処理間で生じる競合のモニタリングに従事する。またSimamura (2008) はこれまであまり検討されてこなかったが腹内側のVMPFC (ventromedial prefrontal cortex) は情動の調整に関与すると述べている。さらにPFC後部は合理的な意思決定や類推, 記憶からの自己発生的検索に関わり, この領域が上位レベルのメタ認知コントロールの有力候補であると推察されている。

PFCと同様にメタ認知活動との関連が指摘される領域がACC (anterior cingulate cortex) である。ACCはワーキングメモリ表象間でのコンフリクトに反応することが報告されている (Botvinick, Braver, Barch, Carter, & Cohen, 2001)。さらにACCは注意の調整に関与し, 情報の活性化保持を行うDLPFCとの間で構築されるネットワークがワーキングメモリの活動を支えると想定されている (Osaka, Komori, Morishita, & Osaka, 2007; 亭阪, 2007; 亭阪, 2002他)。

## 6. モニタリングの個人差

ここでは, 確信度判断の精度の高さを要因として, メタ認知的モニタリングがターゲット関連情報の処理にどのように影響するかについて検討した実験<sup>1</sup>を紹介する。

### 方法

**実験参加者** 日本語母国語話者の女子大学生43名 (19-22歳) であった。モニタリング能力の高低による群間比較を行うために, 日本語版LSTを用いて群分けを行った。参加者には通常のLST手続き (亭阪, 2002) に加えて, 各試行のターゲットを再生した直後に, 各再生語に対する確信度評定 (0-100%) を求めた。個々の評定値を基に実際のパフォーマンスとの差を示すAAI (Schraw, 2009) を算出し, モニタリング測度とした。AAIはその数値が小さいほどモニタリング精度が高いことを表すため, 低得点者17名 ( $AAI \leq .056$ ) をモニタリング高

群, AAI高得点者18名 ( $AAI \geq .080$ ) をモニタリング低群として抽出した。

**実験デザイン** モニタリング精度による参加者群 (高・低: 被験者間要因) × 記銘語の感情価 (コントロール・ポジティブ・ネガティブ: 被験者内要因) の2要因混合計画であった。

**刺激** 課題は漢字2字熟語の自由再生課題であった。刺激語は単語感情価 (五島・太田, 2001) に基づき, 2.0未満をポジティブ語 (P), 3.5-4.5をコントロール語 (C), 6.0以上をネガティブ語 (N) として各8語を選出し, 計24語の記銘リストを作成した。なお, 単語の使用頻度, 学習容易性, 心像性, モーラを条件間で統制し, リスト内での出現順がランダムになるように配慮した。

**手続き** 実験プログラムはパーソナル・コンピュータ (ESPRIMO K551) 上のPower Pointにより制御され, 刺激は各参加者の正面に設置されたモニターに表示された。刺激呈示時間は4秒, 呈示時間間隔は1秒であった。参加者は画面中央に提示される単語を記憶し, リスト終了後の合図に従って自由再生した。回答は記入式であった。

### 結果と考察

記銘リスト開始部2項目と終端部1項目を除いて条件ごとに再生率を算出した。参加者群ごとの平均値をFig. 1に示す。モニタリング高群の平均値は, C: .34 ( $SD=.19$ ), P: .45 ( $SD=.19$ ), N: .50 ( $SD=.16$ ) であった。低群では, C: .24 ( $SD=.16$ ), P: .29 ( $SD=.17$ ), N: .40 ( $SD=.14$ ) であった。

モニタリング精度による群×単語感情価の2要因分散分析を行った結果, 参加者群による有意な主効果が認められた [ $F(1, 33)=10.79, p<.01$ ]。また, 感情価による主効果も有意であり [ $F(2, 66)=8.33, p<.01$ ], N, P, Cの順で再生成績が有意に高かった (NPおよびCP:  $p<.05$ ; CN:  $p<.01$ )。

有意な交互作用は認められなかったものの, 下位検定において, 感情価条件間で参加者群による単純主効果のパターンが異なることが観察された。具体的には, 参加者群の単純主効果はP条件においては有意であり [ $F(1, 99)=7.33, p<.01$ ], C条件では有意傾向が認められたが [ $F(1, 99)=3.52, p=.064$ ], N条件では有意ではなかった。

感情価の単純主効果は両群において有意であっ

1 このデータは (小森, 2012) で得られた実験データに対して再分析を加えたものである。

た [H:  $F(2, 66)=3.93, p<.05$ ; L:  $F(2, 66)=4.76, p<.05$ ]。多重比較の結果, モニタリング高群ではCN間で有意差 ( $p<.01$ ), CP間で有意差傾向 ( $p=.069$ ) が認められた。一方, 低群ではCN間 ( $p<.01$ ), NP間 ( $p<.05$ ) の差が有意であった。

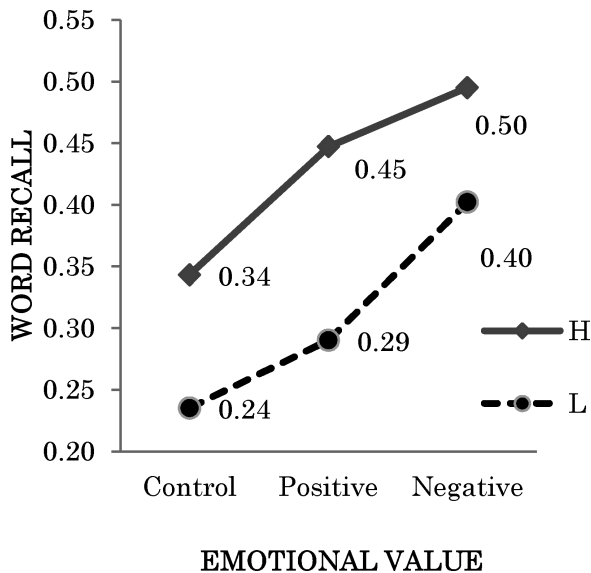


Fig. 1 モニタリング群ごとの平均再生率

本実験では単語記憶において感情価効果が認められ, 刺激に含まれる感情情報が一時的記憶を促進した。特にネガティブ感情情報の優位性はモニタリング能力に関わらず一貫して観察された。一方で, メタ認知的モニタリング精度の高さは, ポジティブ感情情報の処理に影響を及ぼした。これらのことからモニタリング能力の高い群は刺激の感情的側面への感度がより高い, あるいは目標遂行のための関連情報として感情をうまく活用している可能性が伺える。

## 7. おわりに

これまで概観してきたように, 様々な認知活動においてメタ認知的モニタリングは重要な役割を担っている。そこで生じるのが, 正確なモニタリングが私たちの認知活動にどのような恩恵をもたらすのか, というリサーチ・クエスチョンである。これに関連してBol & Hacker (2012) は, いくつかの研究においてモニタリング精度と課題達成度に正の相関が見られること, また自己や他者からのフィードバックを用いた訓練によってモニタリング能力が向上することを指摘している。

最も成功した研究では, 大学の学期を通して自己評価の訓練を受けた学生は, 訓練を受けていない学生よりもモニタリング能力が向上し, さらには最終的な成績も高かったのである (Nietfeld, Cao, & Osborne, 2006)。この研究において学生が毎週行った訓練は, ①その日の授業内容の理解度を評定する, ②授業で理解するのが難しかった概念は何かを答える, ③難しいと感じた概念を理解するためにどのような工夫をしたかを考える, ④授業内容に関する選択問題に答え, その確信度を評定する, というものであった。これらの研究知見は, 教育的応用への示唆に富んだものである。

また近年では, 「脳を鍛える」ことを目的としたゲームソフトが流行するなど, 認知能力の向上や認知機能に対するアンチエイジングは一般的興味を引くトピックとなっている。モニタリングを含め, 実行系機能として包括的に語られることの多かった個々の認知, メタ認知プロセスについて今後も更なる検証を続けて行くことにより, これらの社会的ニーズに応じられるのではないかと期待する。

## 引用文献

- 1) Atkinson, R. C., & Shiffrin, R. M. (1971). The control of short-term memory. *Scientific American*, 225 (2), 82-90.
- 2) Baddeley, A. D. (1986). *Working memory*. London: Oxford University Press.
- 3) Baddeley, A. D. (2003). Working memory: looking back and looking forward. *Nature reviews. Neuroscience*, 4 (10), 829-839.
- 4) Baddeley, A. D., & Hitch, G. J. (1974). Working memory. In G. H. Bower (Ed.), *Psychology of Learning and Motivation* (Vol. 8, pp. 47-89). Academic Press.
- 5) Bol, L., & Hacker, D. J. (2012). Calibration research: Where do we go from here? *Frontiers in Psychology*, 3, 229.
- 6) Botvinick, M. M., Braver, T. S., Barch, D. M., Carter, C. S., & Cohen, J. D. (2001). Conflict monitoring and cognitive control. *Psychological Review*, 108 (3), 624-52.
- 7) Dunlosky, J., & Metcalfe, J. (2009). *Metacognition*. Thousand Oaks, CA: Sage Publications, Inc.



- 8) Flavell, J. H. (1979). Metacognition and cognitive monitoring a new area of cognitive-developmental inquiry. *American Psychologist*, 34(10), 906-911.
- 9) 小森三恵. (2010a). 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. *千里金蘭大学紀要*, 7, 34-42.
- 10) 小森三恵. (2010b). 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.
- 11) 小森三恵. (2012). 単語記憶の感情価効果におけるワーキングメモリの群間差－メタ認知的モニタリング指標を用いた検討－. *日本心理学会第76回大会発表論文集*.
- 12) Koriat, A. (1993). How do we know that we know? The accessibility model of the feeling of knowing. *Psychological Review*, 100 (4), 609-639.
- 13) Koriat, A. (2007). Metacognition and consciousness. In P. D. Zelazo, M. Moscovitch, & E. Thompson (Eds.), *The Cambridge handbook of consciousness* (pp. 289-325). New York: Cambridge University Press.
- 14) Koriat, A. (2012). The self-consistency model of subjective confidence. *Psychological Review*, 119 (1), 80-113.
- 15) Maki, R. H., Shields, M., Wheeler, A. E., & Zacchilli, T. L. (2005). Individual differences in absolute and relative metacomprehension accuracy. *Journal of Educational Psychology*, 97 (4), 723-731.
- 16) Mitchell, K., & Johnson, M. (2009). Source monitoring 15 years later: What have we learned from fMRI about the neural mechanisms of source memory? *Psychological Bulletin*, 135 (4), 638-677.
- 17) Miyake, A., & Friedman, N. P. (2012). The nature and organization of individual differences in executive functions: four general conclusions. *Current Directions in Psychological Science*, 21 (1), 8-14.
- 18) Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex “Frontal Lobe” tasks: a latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, 41 (1), 49-100.
- 19) Morris, N., & Jones, D. (1990). Memory updating in working memory: The role of the central executive. *British Journal of Psychology*, 81, 111-121.
- 20) 村山航. (2009). メタ記憶の測定. 清水寛之 (編著), *メタ記憶 記憶のモニタリングとコントロール* (pp. 41-63). 北大路書房.
- 21) Nelson, T. O., & Dunlosky, J. (1991). When people’s judgments of learning (JOLs) are extremely accurate at predicting subsequent recall: The “Delayed-JOL Effect.” *Psychological Science*, 2 (4), 267-271.
- 22) Nelson, T. O., & Narens, L. (1994). Why investigate metacognition? In J. Metcalfe & A. Shimamura (Eds.), *Metacognition: Knowing about knowing*. (pp. 1-25). Cambridge, MA: The MIT Press.
- 23) Nelson, T. O., Narens, L., & Dunlosky, J. (2004). A revised methodology for research on metamemory: Pre-judgment Recall and Monitoring (PRAM). *Psychological Methods*, 9 (1), 53-69.
- 24) Nietfeld, J. L., Cao, L., & Osborne, J. W. (2006). The effect of distributed monitoring exercises and feedback on performance, monitoring accuracy, and self-efficacy. *Metacognition and Learning*, 1 (2), 159-179.
- 25) 荻阪満里子. (2002). *脳のメモ帳 ワーキングメモリ*. 新曜社.
- 26) Osaka, M., Komori, M., Morishita, M., & Osaka, N. (2007). Neural bases of focusing attention in working memory: an fMRI study based on group differences. *Cognitive, Affective & Behavioral Neuroscience*, 7 (2), 130-139.
- 27) 荻阪直行. (2007). 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 (特集：メタ認知研究のその後の展開). *心理学評論*, 50(3), 216-226.
- 28) Repovs, G., & Baddeley, A. D. (2006). The multi-component model of working memory: explorations in experimental cognitive psychology. *Neuroscience*, 139(1), 5-21.

- 29) 三宮真智子. (2008). メタ認知研究の背景と意義. 三宮真理子 (編著), *メタ認知 学習力を支える高次認知機能*. 北大路書房.
- 30) Schraw, G. (2009a). Measuring metacognitive judgments. In D. J. Hacker, J. Dunlosky, & A. C. Graesser (Eds.), *Handbook of metacognition in education* (pp. 415-429). New York: Routledge.
- 31) Schraw, G. (2009b). A conceptual analysis of five measures of metacognitive monitoring. *Metacognition and Learning*, 4, 33-45.
- 32) Schwartz, B. L. (2008). Working memory load differentially affects tip-of-the-tongue states and feeling-of-knowing judgments. *Memory & Cognition*, 36 (1), 9-19.
- 33) Shimamura, A. P. (2008). A neurocognitive approach to metacognitive monitoring and control. In J.
- 34) Dunlosky, J., & Bjork, R. (Eds.), *Handbook of memory and metamemory: Essays in honor of Thomas O. Nelson* (pp. 373-390). Mahwah, NJ: Erlbaum Publishment.
- 35) Smith, E. E., & Jonides, J. (1997). Working memory: a view from neuroimaging. *Cognitive Psychology*, 33 (1), 5-42.
- 36) Smith, E. E., & Kosslyn, S. M. (2007). *Cognitive psychology: Mind and brain*. Upper Saddle River, New Jersey: Pearson Education.
- 37) Thiede, K. W., Anderson, M. C. M., & Theriault, D. (2003). Accuracy of metacognitive monitoring affects learning of texts. *Journal of Educational Psychology*, 95 (1), 66-73.
- 38) Unsworth, N., & Engle, R. W. (2007). The nature of individual differences in working memory capacity: active maintenance in primary memory and controlled search from secondary memory. *Psychological Review*, 114 (1), 104-132.