

携帯電話の使用による干渉刺激が視覚性 working memory に与える影響 —— 運転中に携帯電話を使用する危険性に関連して ——

The Influence of the Operation of Mobile Phone on Visual Working Memory — The Risk Concerning the Operation of Mobile Phone During Drive —

増永 美奈¹⁾, 浜田 博文²⁾, 窪田 正大²⁾
四元 孝道¹⁾, 梅本 昭英¹⁾, 山下 正策¹⁾

要旨：健常成人42名（21.3±1.0歳）に、携帯電話の使用による干渉刺激が視覚性 working memory（以下WM）に及ぼす影響について検討した。WMS-Rの＜視覚性記憶範囲＞より抜粋した視覚性記銘力課題と、独自に作成したWM課題＜迷路課題＞を行い、3セット中、2セット目に携帯電話使用による干渉刺激を加え、各セットの間違い数と所要時間を測定した。その結果、携帯電話の使用は迷路課題の遂行を阻害し、また視覚性記銘力課題では迷路課題の結果を説明できないことがわかった。これらのことより、迷路課題遂行においてBaddeleyのWMモデルにおける中央実行系の関与が示唆された。中央実行系への関与として荻阪が述べている意識とNorman-Shalliceの行動制御モデルにおけるSAS（注意の制御システム）を挙げ、これらの迷路課題への影響について文献的考察を加えて報告した。

Key Words : working memory, 中央実行系, 迷路課題, 注意の制御システム (SAS), 意識

はじめに

近年、問題となっている車の運転中の携帯電話使用には working memory（以下WM）の容量が深く関与しているとされている。しかし、実際には携帯電話使用による干渉刺激が、どのようにWMに影響を与えるかに関する研究報告はみられない。そこで、視覚性WM課題を車の運転行為の大きな要素に見立て、携帯電話の使用による干渉刺激が視覚性WMに与える影響について検討したので、その結果に文献的考察を加えて報告する。

1. 対 象

対象は健常成人42名であった。平均年齢は21.3±1.0歳で、男性は12名、女性は30名であった。事前のアンケート調査によりコンピュータ

とマウスの使用未経験者と携帯電話の未使用者は対象から除いた。

2. 方 法

実験1) 視覚性記銘力課題

視覚性記銘力の検査のために、ウェクスラーメモリースケール改訂版より抜粋した「視覚性記憶範囲」を用いた。これは同順序と逆順序のタッピングからなる。同順序のタッピングでは、被検者は、検者がカードに配置された四角に触るのを見て、記憶を頼りに、検者と同じ順序でそれを繰り返すことが求められる。逆順序のタッピングも同順序同様であるが、ただ検者が触れたものとは逆の順序で繰り返すように求められる。同順序も逆順序も、触る四角の数を増やしながら行われる。被検者が同順序をうまくできなくても、逆順

1) 加治木温泉病院 Mina Masunaga, Takamichi Yotsumoto, Akihide Umemoto, Syousaku Yamasita : Kajiki Onsen Hospital

2) 鹿児島大学医学部保健学科 Hirohumi Hamada, Masatomo Kubota : School of Health Science, Faculty of Medicine, Kagoshima University

序まで施行する。

採点は各検査項目が2試行からなるため、被検者が両試行に成功した場合を2点、一方だけに成功した場合を1点、両試行に失敗した場合を0点とする3段階法で採点し、どの検査項目でも、両方の試行に失敗したときに下位検査項目を打ち切った。

同順序のタッピングは2桁から8桁までで、満点は14点、逆順序は2桁から7桁までで、満点は12点となる。したがって、両方の合計の最高得点は26点となる。

次に実験2に移るが、実験1と実験2の間には15分の休憩を設けた。

実験2) 視覚性WM課題(迷路課題)

視覚性WM課題として迷路課題を設定した。これは、著者らが作成したもので、コンピューターディスプレイに提示したマトリックス上の○を、左下のマス目から右上のマス目まであらかじめプログラムされた移動経路(被検者には見えない)を探索していくものである(図1)。移動は上下・左右のみで、斜め方向には進めない。○が進んだ軌跡は示されないので、前試行において、どこで間違ったかを記憶し、新たな方向を探索していく必要がある。また間違ったマス目を選択されると、画面はスタートに戻り、最初からやり直さなければならない。このようにして、ゴールに

辿り着くまでの間違い数と所要時間を測定した。なお、実際に課題に入る前に簡単な練習を行い、方法の理解の確認を行った。

迷路課題において正しい経路を選択するまでの処理過程には次のような段階が想定できる。予めプログラムされた経路は図1-aである。

マトリックス上のAにおいて、次に右方向への移動を選択した場合(図1-b)、まずそれが誤りであるというフィードバックが与えられ、Aでは右に移動するという選択肢が除外される。やり直しの試行では通過するマス目の位置と、その順番に関する記憶表象を参照し、再びAまでの経路をたどる。そして「A→右」方向を除いた2方向(上か左)の選択肢から「A→上」を選択したとする。しかし、それも誤りであった場合は、「A→上」も選択肢から除外する。次のやり直しで再びAまでの経路を再生し、残りの「A→左」を選択し、正解する(図1-c)。そこでスタートからAまでの経路に「A→左」が加わり、記憶表象が更新される。このように迷路課題の処理過程は、フィードバック情報に従って複数の方向の選択肢の中から不適切なものを除外し、それをもとに正解を推測していく段階と、逐次更新されていく経路を保持し、やり直しの度に、その記憶表象を参照しながら再生する段階の繰り返し、つまり、課題遂行中に必要な情報を保持しながら、並列的に情報の変化に伴った処理を行っているといえる。

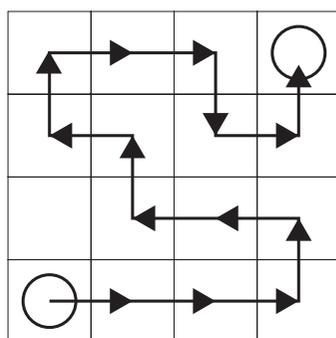


図1-a
予めプログラムされてる経路

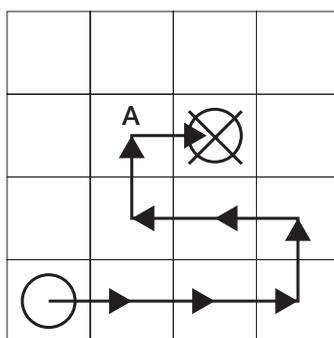


図1-b
誤ったマス目を選択した場合
→スタートに戻る

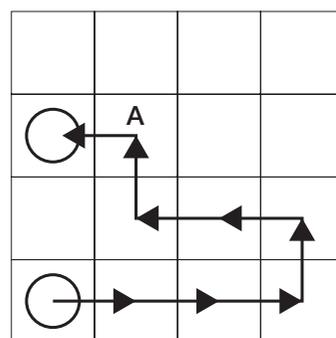


図1-c
適切なマス目を選択した場合
→先へ進む

図1 迷路課題の手順

この課題ではマス目の増加によって選択し、訂正する情報が増え処理に対する負荷が増すことになる。今回、マス目が4×4を簡単課題、5×5を複雑課題として設定し、視覚性WMについて検討した。

実施手順 (図2) として、1セット目は迷路課題のみを行い、2分間の休憩後、2セット目は迷路課題を行いながら別室から携帯電話をかけて、

携帯電話による会話を課題が終了するまで行ってもらった。再び2分間の休憩をとった後、最後に3セット目として迷路課題のみを行った。複雑課題はセット間の休憩を3分間とし、実施手順は簡単課題と同様に行った。また、簡単課題と複雑課題の間の休憩は5分間とした。なお、携帯電話が着信するタイミングは、どの被検者にも同じ迷路課題開始5秒後とし、会話をするにあたっては、

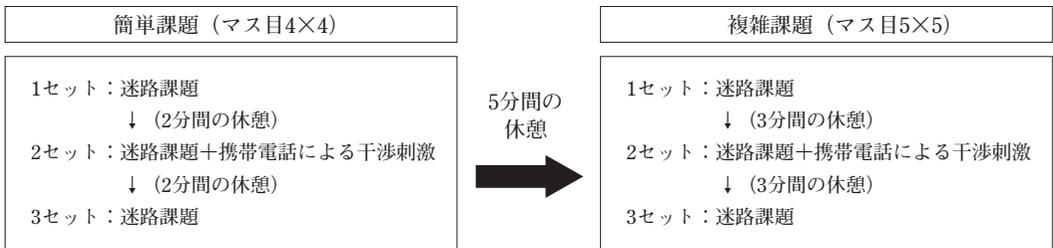


図2 実験2：視覚性WM課題（迷路課題）の実施手順

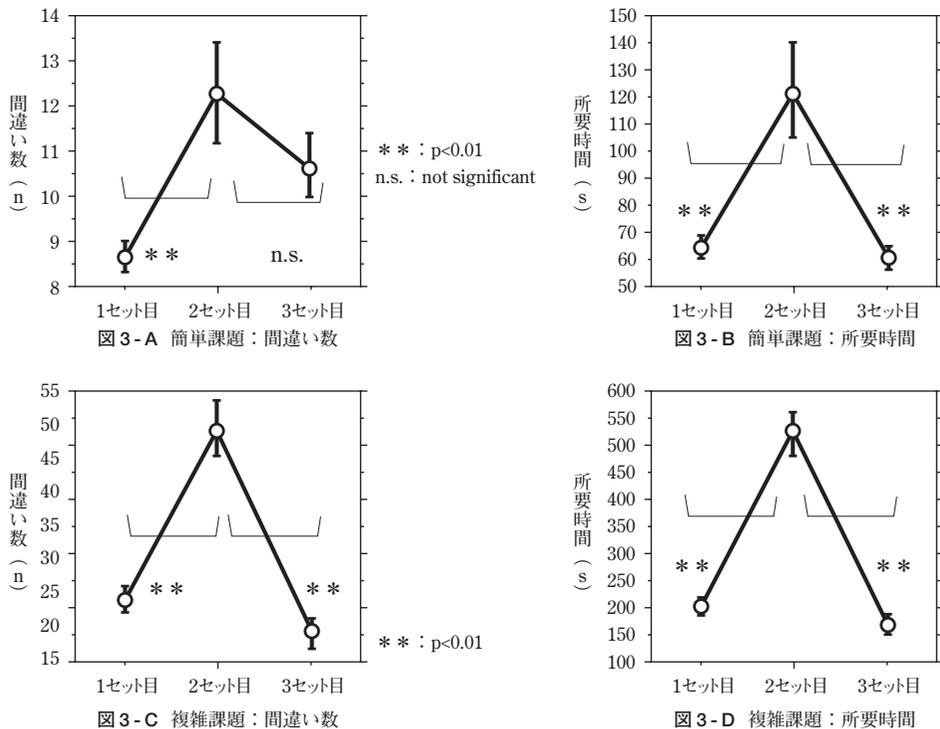


図3 簡単課題と複雑課題における間違い数と所要時間

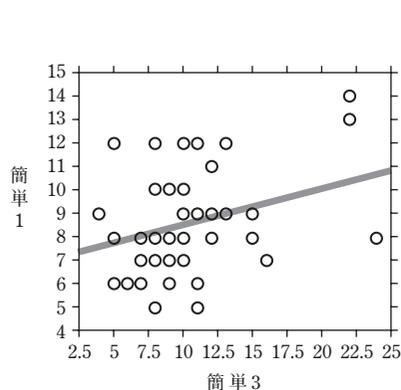


図4-A 1・3セット目における間違い数の相関関係

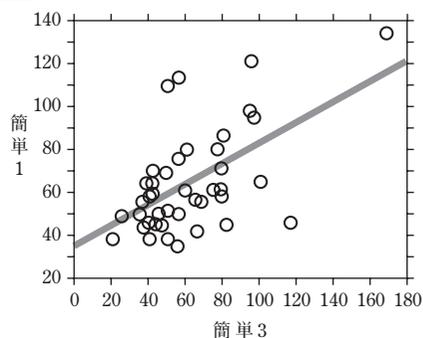


図4-B 1・3セット目における所要時間の相関関係

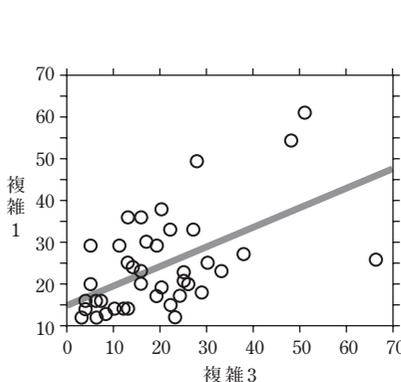


図4-C 1・3セット目における間違い数の相関関係

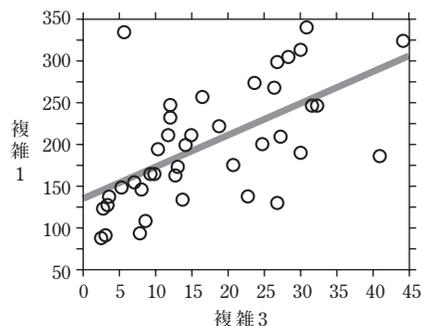


図4-D 1・3セット目における所要時間の相関関係

図4 簡単課題と複雑課題における間違い数と所要時間の相関関係

携帯電話の着信ボタンを押すのみの操作を必要とした。

また、携帯電話による会話は、「あなたの好きな色を教えてください」「何か動物を飼った経験はありますか」など単純で共通性の高い内容で統一して行った。

3. 結 果

簡単課題（図3-A, B）においては間違い数・所要時間ともに、2セット目は1セット目比べてt検定により有意な増加を示した。また所要時間について3セット目は2セット目比べて有意な低下を示した。

複雑課題（図3-C, D）においては、間違い数・所要時間ともに、2セット目は1セット目比べてt検定により有意な増加を示した。また、間違い数・所要時間ともに、3セット目は2セット目比べて有意な低下を示した。

次に、簡単課題・複雑課題ともに、1セット目と3セット目の間違い数・所要時間の両方にFisherのrのz変換により強い相関関係が認められ、実験の再現性が確認された（図4）。

ところで、視覚性記銘力課題の平均得点は18点であった。それをもとに18点以下をa群、19点以上をb群に分けて二群間における簡単・複雑課題の2セット目での間違い数・所要時間にMann-Whitney-U検定を行った結果、視覚性記銘力課題と迷路課題の結果には有意差を示さなかった。

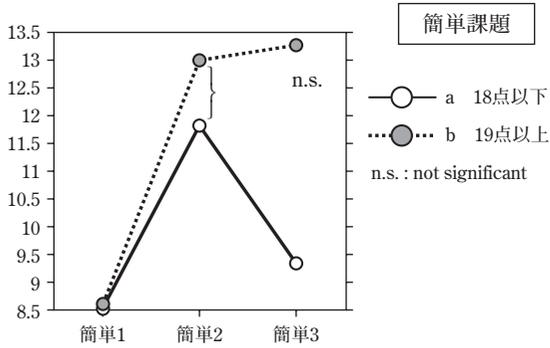


図 5-A 視覚性記憶力と間違い数との関連

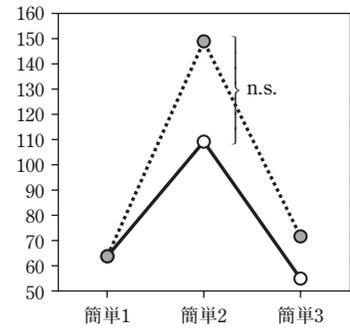


図 5-B 視覚性記憶力課題と所要時間との関連

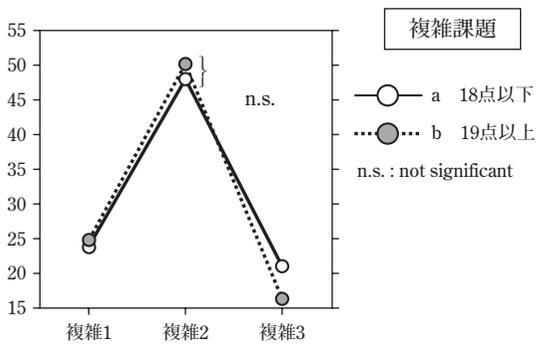


図 5-C 視覚性記憶力と間違い数との関連

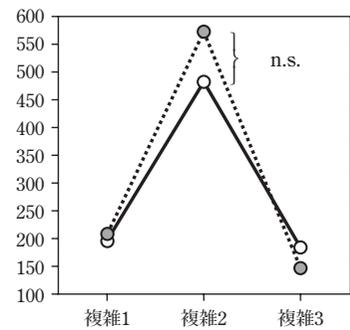


図 5-D 視覚性記憶力課題と所要時間との関連

図 5 視覚性記憶力課題と迷路課題（視覚性 WM 課題）の結果の関連

4. 考 察

Baddeley (2000) は、それまでの中央実行系・視空間スケッチパッド・音韻ループの3部構成の WM モデルに、新たにエピソードバッファを加えたものを提唱した (齊藤, 2002)。

それによれば、視覚・空間的スケッチパッドは、音韻的リハーサルでは保持できない、非言語的な情報の一時的貯蔵の場と想定されていて、視覚的・空間的な情報を、視覚イメージを用いて保持する機能と考えられている。音韻ループとは、しばらくの間だけ保持しておかなければならない情報を、内的な言語の反復によるリハーサルを用いてそこに留めておくものと考えられている。エピソードバッファとは、絶えず行われる長期記憶からの検索に対応するシステムとされている。

図 6 の長期記憶のデータ保存庫では、音韻ループと視覚・空間的スケッチパッドの内容が長期記憶と相互に連結を持つ。下位システム（視覚・空間的スケッチパッド、音韻ループ、エピソードバッファ）は、長期記憶からのデータのやり取りを行いながら、一時的な情報保持の場として機能していることを示している。

中央実行系は WM の中核とされており、ここでは課題を達成するために注意を分配・制御したり、課題を遂行するのに必要な処理資源を確保すること、さらに下位システムとの連結を持ち、長期記憶からのデータのやり取りを介して、それぞれの情報の統合・調整を担っている。

今回の迷路課題の実験条件をこのモデルに当てはめると図 6 に示したように、迷路課題そのものは視覚・空間的スケッチパッドに、携帯電話での会話は質問内容が長期記憶に及ぶものも含まれたため音韻ループ・エピソードバッファに関わる

今回の迷路課題の実験条件をこのモデルに当てはめると図 6 に示したように、迷路課題そのものは視覚・空間的スケッチパッドに、携帯電話での会話は質問内容が長期記憶に及ぶものも含まれたため音韻ループ・エピソードバッファに関わる

と考えられ、これら記憶表象の保持と更新、更に会話の並列作業は中央実行系の機能に依存すると考えられる。

図7・8は、BaddeleyのWMモデルにおいて、視覚性記憶力課題と迷路課題における働きをあてはめたものである。

図7左は視覚性記憶力の同順序のタッピングを想定したものである。この場合、視覚性短期記憶の保持のみの機能を必要とすると考えられること

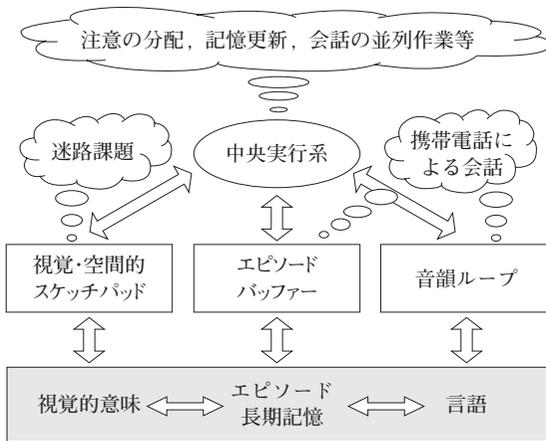


図6 WMのモデル (Baddeley, 2000より改変)

から、視覚・空間的スケッチパッドの働きが考えられる。図7右の逆順序のタッピングでは、視覚性短期記憶の保持の他に、順序を並び替えるという処理が必要となるため、中央実行系の一部も同時に関与していることが考えられる。

また、視覚性記憶力課題と迷路課題との結果は有意差を示さなかったことから、迷路課題遂行には視覚性短期記憶のみでは説明がつかず、BaddeleyのWMモデルにおける中央実行系の強い関与が示唆される。

図8左は迷路課題の1・3セット目を想定したものである。迷路課題遂行では、視覚性短期記憶の他に、中央実行系において刻々と変化する情報の消去・置換・変更、新たに入力されてくる情報と保持されている情報同士の統合・連合といった処理を並行的に行っていると考えられる。よって、中央実行系の資源容量はより多く消費されることが考えられる。

図8右は迷路課題の2セット目、すなわち携帯電話使用による干渉刺激を行った場合で、左図で表したものに加え、下位システムにおいて言語処理のために音韻ループとエピソードバッファの働きが加えられ、それに伴い中央実行系の資源容量は更に多く消費されることが考えられる。すなわち、携帯電話使用による迷路課題遂行の障害には中央

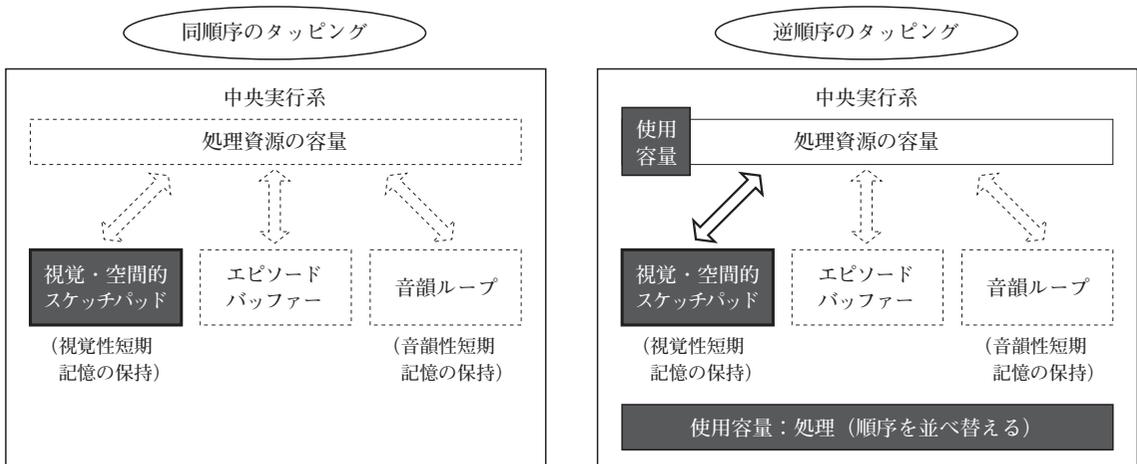


図7 WMモデルにおける視覚性記憶力課題の働き

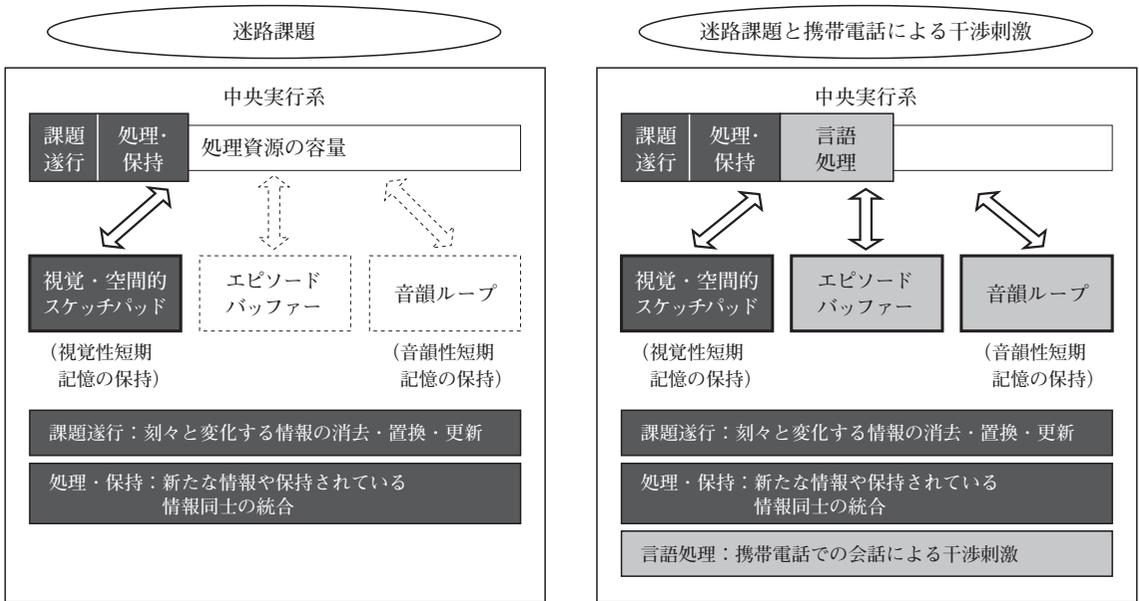


図8 WMモデルにおける迷路課題と携帯電話による干渉刺激の働き

実行系の容量の大きな制限があることが考えられる。

Baddeleyが中央実行系との密接な関係を説いているNorman-Shalliceの行動制御モデルの中の注意の制御システムであるSASと荻阪がWMの重要な働きとして述べている自己モニター機能を中央実行系・下位システムと関連付けた概念を図9に示す。

荻阪によれば(2000), WMには自己モニターの働きが含まれているとされる。WMは意識を背景として成立し、意識は覚醒・アウェアネス・自己意識の階層構造を成し、最も上位にある自己意識が自己モニターとして、WMの中央実行系を支えているとされている(図9)。つまり、自己モニターとは課題解決の場面におかれた時に、課題の認識や遂行の過程を常に内的に監視し、それをオンライン状態で保持している機能、言い換えると、自己の行動(自身の対処の仕方)を自身で意識することである。また課題に向かって自己モニターを繰り返しつつ最善の方向へ導く過程がWMがうまく機能するかどうかその効率性において重要であるとされている。

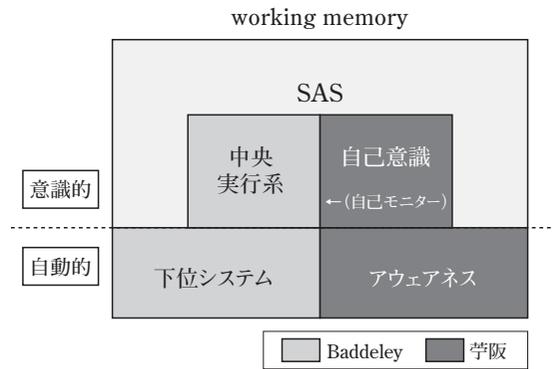


図9 Baddeley(2000)と荻阪(1996,2002)のモデルの概念

下位システムは通常自動制御で無意識と考えられるため、容量は大きく、柔軟な処理が可能で容量制限は緩和されると考えられる。一方、中央実行系・自己モニター・SASには意識の関与が及ぶため、意図的であり、外的要因の影響を受けやすく、環境への機敏な適応が難しく、容量が制限されやすいと考えられる。

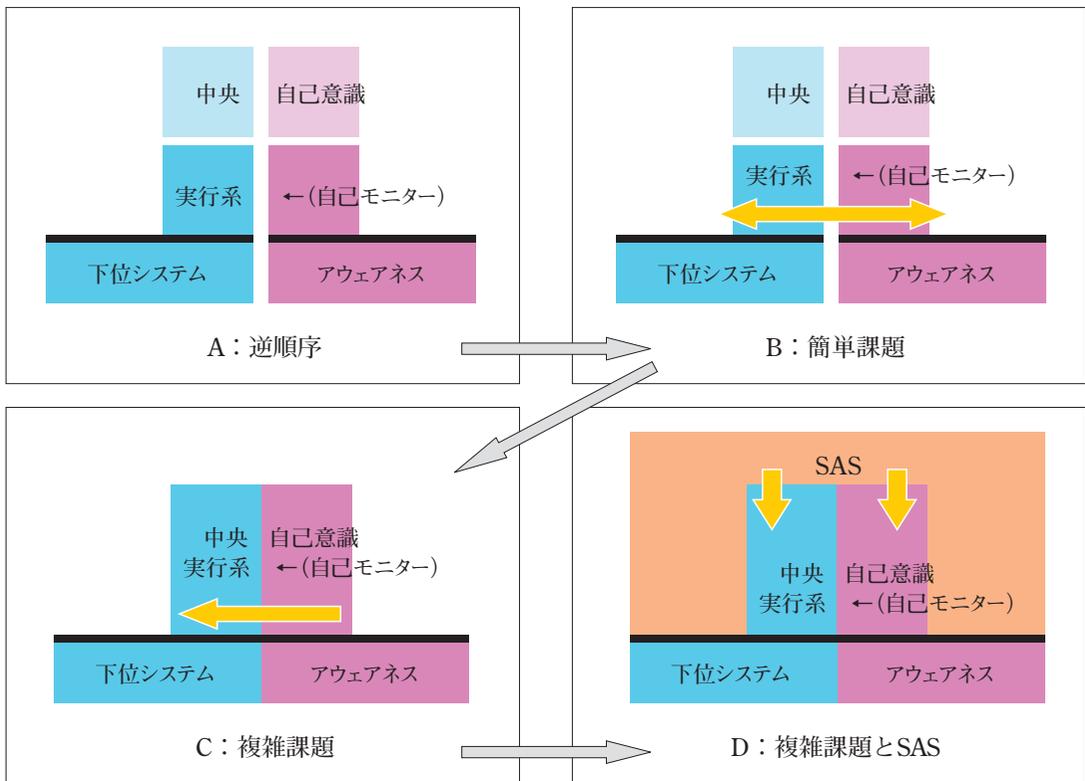


図10 Baddeley (2000) と荳阪 (1996, 2002) のモデルの概念における実験課題の成り立ち

図10-Aはこの概念における視覚性記憶力課題の逆順序の場合を表す。中央実行系の容量に余裕があるために、自己モニターの活性化は低いと考えられる。自己モニターは、やはり容量制限を持っているため、WM自身の容量制限性にも、それが反映され、中央実行系が活性化されている分と同量が自己モニターにおいても活性化されているのではないかと考えられる。つまり、中央実行系が働きを持つ際には自己モニターもそれに伴い働いていると考えることができる。また、視覚性記憶力課題の同順序は下位システムのみ（視空間スケッチパッド）の働きによると考え、図の黒線以下が活性化されていると考えられる。

図10-Bは迷路課題の簡単課題を表す。この時、複雑課題に比べ、中央実行系・下位システムと意識は良好な関係にあると考えられる。

先に述べたように、自己モニター機能は、容易に外的要因からの影響を受けやすい。図10-Cは携帯電話を使用しての会話という干渉刺激が自己モニターを低下させ、また中央実行系の容量が一杯になり、機能が低下した状態である。

複雑課題においてCのような状態が続いているとすれば、なかなか課題を終わらせることはできない。しかし、ここで個人差はあれ、全員、課題遂行可能であったことから、他の制御機能、すなわち図10-Dに示したSAS（注意の制御システム）が考えられる。

Baddeley, 荳阪とNorman-Shalliceのモデルを関連付けた概念を図11に示す。Normanらのモデルによれば人間の日常行動は、行為の集合である行動図式（schema）によって達成される。schema間の共同や競合は競合スケジューリング

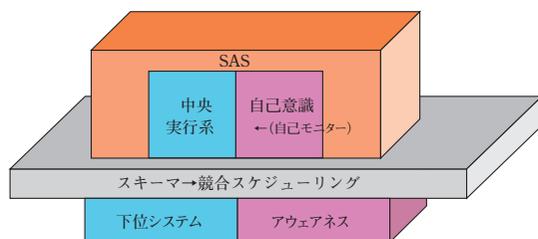


図11 Baddeley, 荳阪と Norman-Shallice のモデルの概念 (迷路課題+携帯電話)

という、要求されている課題に対して最適な schema を選択する機能によってある程度自動的に調整される。しかし、そのような自動的に調整システムを監視・制御する、さらに高次のコントロールシステムとして SAS が仮定されており、自動的な行為が無効な時や習慣的な反応を抑制し、新たな活動を行う必要があるときに機能するため、新奇な事態への対処や、柔軟な解決を可能にするという。

つまり、SAS は schema 間を自動的に調節している競合スケジューリングが失敗した時や適切な行動様式が存在しない場合、競合スケジューリングよりも緩徐に慎重に作動して、選択されている schema の様式を変換・制御するとされている。この SAS が緩徐に作動することが、簡単課題よりも複雑課題において課題遂行に時間を要した結果を説明できるのではないかと考えられる。また間違い数の増加については、中央実行系の容量制限のために記録・更新、再生の一連の流れの機能低下が考えられる。

上記のように SAS はモニタリング機能でもあることから、自己モニター機能との関与も考えられる。迷路課題自体の遂行は競合スケジューリングの活性により行われていると考えられるが、そこに課題の複雑さや携帯電話での会話という干渉刺激が加わることにより、自身を意識する客観的な自己モニターは困難になり、選択されていた

schema が適切に働かず、競合スケジューリングが失敗することが考えられる。この時に、自己モニター機能より高次の制御機能として SAS の作動が考えられる。

最後に、日常の行為の中で視覚性 WM の連続的要素が強い、代表的なものに車の運転が挙げられる。今回の実験結果から、そこに携帯電話の使用という干渉刺激が加わると、運転行為の大きな阻害因子となりうることを示唆していると思われる。

5. 結 論

今回の実験結果から、携帯電話の使用による干渉刺激は明らかに迷路課題の遂行を阻害し、Baddeley の WM モデルにおける中央実行系の役割である注意配分・処理資源の制御機能、すなわち WM の機能を低下させることが示唆された。

文 献

- 1) 船橋新太郎：ワーキング・メモリーの神経機構。失語症研究 17：126-133, 1997.
- 2) 宮崎晶子, 大澤美貴雄, 飯塚陸, 岩田誠：パーキンソン病患者の視空間的ワーキングメモリー能力について。神経心理学 15：195-201, 1999.
- 3) 荳阪満里子：脳のメモ帳—ワーキングメモリ, 新曜社, 東京, 2002, pp31-32.
- 4) 荳阪直行：脳とワーキングメモリー, 京都大学学術出版会, 2000, p ii, pp1-16.
- 5) 荳阪直行：意識とは何か。岩波新書, 東京, 1996, pp75-80.
- 6) 齊藤智：認知心理学における中央実行系概念の変遷。認知リハビリテーション：1-8, 2002.
- 7) 杉下守弘, 訳著：日本版ウエクスラー記憶検査 (WMS-R), 日本文化科学社, 東京, 2001, pp44-49.
- 8) 富樫尚子, 宮崎晶子, 永井知代子, 岩田誠：前頭葉損傷患者の視空間的ワーキングメモリーの障害—迷路課題による検討—。失語症研究 22：272-279, 2002.