

## ワーキングメモリ：こころの制御基盤とその脳内機構



研究室紹介

苧 阪 満 里 子\*

Working memory:  
Neural bases of central executive of mind

Key Words : working memory, central executive, neural network, attention control,  
reading span test, aging

### こころのメモ帳：ワーキングメモリ

「買い物に行ったのに、必要なものを買い忘れた」といったことは、誰でも経験することである。これは、行動をするまでの間だけ憶えておかなければならない事柄を、他のことに気を取られることにより忘れてしまうために起こるのである。このような、これからの行動に必要な事柄を一時的に憶える記憶は、ワーキングメモリ (working memory) と呼ばれていて、いわば「こころのメモ帳」である。記憶というと、過去の出来事を長く憶えているなど、過去の事柄とかかわるものと思われがちであるが、今から始める行動にも必要なのである。

人間科学研究科の「心と脳の科学」研究室では、人間の認知過程に注目して、認知心理学、認知科学、脳科学の研究アプローチから解明することを、教育・研究の目標としている。特に、人間の認知の基盤をなす記憶システムであるワーキングメモリについて検討している。当研究室で、ワーキングメモリの研究に注目しているのは、ワーキングメモリは私たちが目標を達成するために必要な情報を活性化して行動をみちびく機能を持ち、私たちの行動を最適に制御する高次認知脳の基礎をささえる重要な役割を担っていると考えられるためである。ここでは、当研究室での研究を紹介しつつ、ワーキングメモリについて紹介したい。

### ワーキングメモリの特徴

ワーキングメモリには、幾つの特徴がある。まず、ワーキングメモリの内容は、長く保持されるのではないこと、さらに、ワーキングメモリの容量には制限があることである。たとえば、会話をしている時にはワーキングメモリは重要であり、相手の話す内容をその都度ワーキングメモリに保持しておかないと、話しの文脈を理解できなくなる。しかし、話題が変わればワーキングメモリの内容も適宜更新することが必要になる。というのは、ワーキングメモリに情報を保持したままでは、すぐにその容量が一杯になるためである。不必要になった情報は、消去していかなければならない。

記憶というと、受験勉強の時のように憶えることに集中する場面を思いがちである。しかし、私たちの日常場面は、あることがらを記憶することに集中するよりも、他の行動をしながら記憶しなければならない場面におかれていることがほとんどであり、ワーキングメモリの働きが必要になる。ワーキングメモリは、こうした絶え間ない活性化と更新を繰り返しつつ、目標とする行動を遂行するために必要な「こころ」のはたらきを支えているのである (苧阪、2002)。

### リーディングスパンテスト

当研究室では、このようなワーキングメモリの容量を測定するテストとして、リーディングスパンテスト (reading span test, RST) の日本語版を開発している。RSTでは、一般的な記憶テストに用いられる数字や単語を集中して記憶するのではなく、文を幾つか読んでもらいながら、その文中の1単語を記憶するテストである。表1に、RSTの例文を示す。

このテストを受ける人たちは、記憶することに専念するのではなく、文を読むことに注意を向けなが



\* Mariko OSAKA

1950年11月生  
京都大学教育学研究科博士課程修了  
(1979年)  
現在、大阪大学大学院人間科学研究科  
先端人間科学 教授 博士(教育学)  
大阪大学脳情報通信融合研究センター(兼任)、  
大阪大学未来戦略機構第七部門・認知  
脳システム学研究部門(兼任)、日本学術  
会議第一部会員 認知心理学、認知脳科学  
E-mail : mosaka@hus.osaka-u.ac.jp

表1:リーディングスパンテスト (例文)

## 3 文条件

体操をしているためか、祖母は最近とても元気である。

その木は熱帯の植物なので、冬の厳しい寒さには弱い。

外国の町を歩いている時に、偶然に小学校の友達に出会った。

ターゲット語：祖母 植物 友達

ら、下線が引かれているターゲット単語を記憶しなければならない。これは、あたかも会話や本を読みながら、その内容を憶えておくことに近似している。

さて、興味深いのは、RSTで測定したワーキングメモリの評価値は、読解力との相関性が高いことが認められていることである。それに対して、数字や単語を集中的に記憶するテストは読解力とそれほど高い相関は認められていない。

当研究室では、日本語 RST 評価値と読みの理解との相関を、長文の読解力テストを用いて調べてみた。読解力テストは、センター試験の国語の長文読解力問題に準ずる長さであった。大学生を対象として、RST の評価得点と読解力テストの内容理解度とを比較したところ、両者の得点間には統計的にも有意な相関が認められた。そこで、RST で高得点を得る人たちの特徴を調べたところ、課題遂行中に記憶すべき項目とそうでない項目とに、注意の配分を効果的にできることが成績に影響していることがわかった。

このような注意の配分は、ワーキングメモリの司令塔と考えられている中央実行系 (central executive, Baddeley, 1986) により制御されていると考えられる。中央実行系の適切な制御により、効果的な注意制御 (attention control) を可能として、単に丸暗記するのではなく、他の方略を使用して、より効率的な遂行へと導くのである。また、適用した方略が効果的であるかどうかを自己モニタリングすることにも影響する。

## ワーキングメモリの脳内機構

こうしたワーキングメモリのはたらきは脳内で

のような領域に支えられているのだろうか。RST を実施中に脳の中でどのような活動が行われているのかを、fMRI (機能的磁気共鳴画像法) を用いて測定したところ、脳の中の3つの領域と関連があることが分かってきた。前頭葉の外側面にある前頭前野背外側領域 (dorsolateral prefrontal cortex, DLPFC)、内側面の前部帯状皮質 (anterior cingulate cortex, ACC)、さらに後部頭頂葉領域 (posterior parietal cortices, PPC) である。図1にこの3領域を示す。

3領域の働きは、DLPFC は記憶すべき対象に注意を維持する役割を、ACC は記憶すべき対象とそうでない対象がある時に、そのコンフリクトをキャッチして不必要な情報を抑制制御するに役立つと考えられる。また、PPC は、記憶すべき対象に注意を移行して焦点化することに関与している。目標行動の遂行には、こうした領域のネットワークが緊密

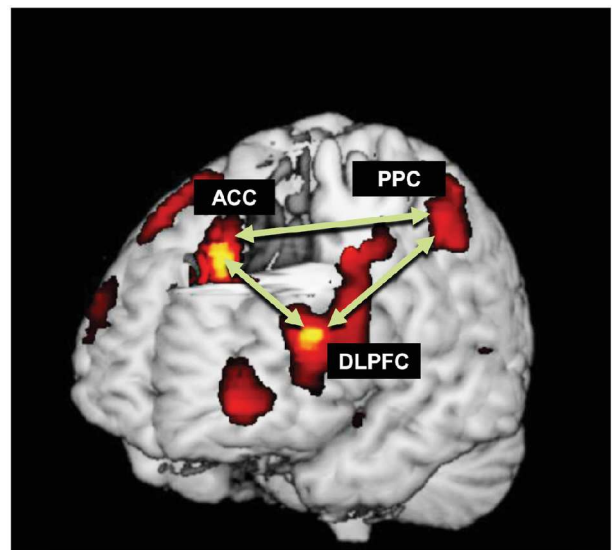


図1: ワーキングメモリの脳内機構

であることが重要であり、それにより中央実行系の効果的な制御を可能としていると考えられる (Osaka, et al., 2003; Osaka & Osaka, 2007)。

### 加齢とワーキングメモリ

ワーキングメモリは、発達段階においては、短期記憶に比較して遅くに形成されるが、加齢による影響は、より早く受けることも知られている。当研究室で高齢者の加齢によるワーキングメモリの変化を調べたところ、数字や単語を単純に記憶することは、80歳代でも60歳代とあまり変わらず記憶することが可能であることがわかった。また、自宅住所や電話番号などの長期記憶も80歳代でもほぼ維持されていることもわかった。それに対して、RSTの成績は急激に低下することがわかってきた。そこで、高齢者の記憶の低下は、記憶を保持することが困難になるのではなく、ワーキングメモリの注意制御の働きが低下することが特徴的であると考えられた。それと符合するように、高齢者の脳活動を測定したところ、若年者でみられるACCの活動増強がほとんど認められない特徴が得られた。

近年、高齢化が進むなか高齢者の記憶の障害が社会の中で問題になっている。しかし、その内容はおもにワーキングメモリの脆弱化に起因するものと考えられる。料理をしながらかかってきた電話に対応するなど、あたかも二重課題のような状況に置かれると、たちまち進行中の料理のことを忘れてしまうのである。ワーキングメモリの低下により、待ち合わせ日時や場所を忘れるなど対人関係にも影響を及ぼし、生活が消極化して会話や日常行動が制限されることになる。さらにこうした日常行動の制約は、ワーキングメモリを維持する脳にも影響して、その機能低下が加速されるとともに、意欲が減衰するなど、負の連鎖を引き起こしかねないのである。

そこで当研究室では、日常生活の中でワーキングメモリを適度に活性化させる取り組みを考えている (Osaka, et al., 2012a:2012b)。これに加えて、ユーモアや情動的に positive な情報は、ワーキングメモリの遂行を促進する結果も得られており、そうした面からのアプローチも試みている (荳阪, 2014)。

### 思考とワーキングメモリ

ワーキングメモリは、対話や本を読み理解する過

程において、重要な役割を果たす。文章を読んでいるときには、言葉の意味を追いながら、すでに読んだ内容を心のなかに保持するはたらきが必要である。ワーキングメモリに保持されている情報は、いつでも検索が可能な活性化状態にあり、文を読み続けていくとともに逐次統合されていく。さらに、統合された情報は多段階に文脈効果として、トップダウンに文の理解を促進するのである。このように、ワーキングメモリは、一時的に情報を保持する機能であるだけでなく、統合する過程でもある。

こうした統合過程は、学習や思考に重要な役割を果たすと考えられる。新たに学ぶべき情報は、すでに学習して長期記憶として貯蔵された情報と比較、参照されながら、一時的に保持されつつ新たに知識構造の中に組み入れられる。そうした統合過程において、新たな発見を見出しながら思考が生じる。そうした場面において、ワーキングメモリのはたらきは理解を促し、より高次の認知過程へと導くことを可能とするものと思われる。

このように、ワーキングメモリは学習や思考などの高次認知機能の基礎を支え、私たちの社会生活を支えるものとする。

### 参考文献

- 1) Baddeley, A. 1986. *Working memory*. New York: Oxford University Press.
- 2) Daneman, M., & Merikle, P. M. 1996. Working memory and language comprehension: A meta-analysis. *Psychonomic Bulletin & Review*, **3**, 422-433.
- 3) 荳阪満里子 2002 脳のメモ帳 ワーキングメモリ 新曜社
- 4) Osaka, M., Osaka, N., Kondo, H., Morishita, M., Fukuyama, H., Aso, T., & Shibasaki, H. 2003. The neural basis of individual differences in working memory capacity: an fMRI study. *NeuroImage*, **18**, 789-797.
- 5) Osaka, M., & Osaka, N. 2007. Neural basis of focusing attention in working memory. An fMRI study based on individual differences. In Osaka, N., Logie, R. H., D'Esposito, M. (Eds.) *The cognitive neuroscience of working memory: Behavioral and neural correlates*. Oxford

- University Press, 99-117.
- 6) Osaka, M., Otsuka, Y., & Osaka, N. 2012. Verbal to visual code switching improves working memory in older adults: an fMRI study. *Frontiers in Human Neuroscience*, **6**, 1-8.
  - 7) Osaka, M., Yaoi, K., Otsuka, Y., Katsuhara, M., & Osaka, N. 2012. Practice on conflict tasks promotes executive function of working memory in the elderly. *Behavioural Brain Research*, **233**, 90-98.
  - 8) Osaka, M., Yaoi, K., Minamoto, T., & Osaka, N. 2013. When do negative and positive emotions modulate working memory performance? *Scientific Reports*, **3**, 1375, 1-8.
  - 9) Osaka, M., Yaoi, K., Minamoto, T., & Osaka, N. 2014. Serial changes of humor comprehension for four-frame comic Manga: an fMRI study. *Scientific Reports*, **4**, 5828.
  - 10) 芋阪満里子 2014 もの忘れの脳科学 講談社ブルーバックス

