

Wiley, J., & Jarosz, A. (2012)

Working Memory Capacity, Attentional Focus, and Problem Solving.

Current Directions in Psychological Science, 21, 258-262.

1. アブストラクト

- 注意の集中は、問題解決を含む多くの認知プロセスにおいて重要。
- 注意を集中する能力に関連する構成要素であるワーキングメモリ容量 (WMC) について、分析的問題解決と創造的問題解決に対するその影響の違いを考察する
 - ☆ 分析的問題解決において、WMC は注意をコントロールし、気が散らないようにし、問題空間での探索を狭めるのに役立つ。
 - ☆ 一方、最近の研究では、集中しすぎると創造的な問題解決タスクのパフォーマンスに悪影響を及ぼすことが示されている。

2. はじめに

- Hitch(1978)は暗算のプロセスを理解するための実験を通して、数学的問題解決に対するワーキングメモリシステムの貢献度(役割)を明らかにした。
 - ✓ 「325+46」のような多桁の問題を口頭で提示し、参加者に解法戦略を報告させた。
 - ✓ 報告結果から、暗算の解法プロセスを連続的な段階にわけて説明した。
 - ◆ 初期情報や部分的な結果の一時的な保存
 - ◆ 長期記憶 (LTM) からの情報の取り出し
 - ◆ 戦略の選択と使用
- Hitch の研究では、ワーキングメモリ容量 (WMC：注意制御の指標) の個人差は検証していなかった。しかし、分析的問題解決における WMC の役割を説明する理論的基盤を提供した。
- また、近年では、創造的問題解決における WMC の役割についての研究も行われている。
- 本稿では、これら2つのタイプの問題解決の間だの潜在的な違いについて考察する。

3. Mathematical Problem Solving

- WMC と分析的問題解決と関係は、数学的な問題解決課題を用いて研究されてきた。
 - ✓ Dual-task 研究では、一連の手順・繰り上げ・繰り下げが必要な多桁の問題において、同時タスクを行うことによる影響が顕著であることが示されている。
 - ◆ 個人差を利用した研究では、WMC が多桁の問題解決を予測することが示されている。(Seyler, Kirk, & Ashcraft, 2003)

Wiley, J., & Jarosz, A. (2012)

- ✓ また、同時タスクの実行は一桁の算数問題を解く能力にも影響を与える
 - ◆ (同時タスクによって、「Math facts*」を記憶からうまく取り出せなかったことを示す。*Math facts とは、「 $1+2=3$ 」「 $3-1=2$ 」などの計算を「Fact」として記憶していること。岩田補足)
 - ◆ このことは、WMC が「Math facts」を長期記憶(LMT)からうまく取り出す能力に関係している可能性を示唆。
 - 低 WMC の生徒は、問題の解決策がすでに LTM に存在していても、その解決策を計算するために計算戦略(counting strategies)を使い続け、また、「number facts」を検索する際に、より干渉を受けやすい可能性がある。(Geary et al., 2004)
 - この考え(Geary らの考え)を直接検証した Mattarella-Micke and Beilock (2010)は、WMC が無関係な演算（例えば、積が必要なときの和）による衝突(conflict)を減らすのに役立つことを明らかにした。
- 別の説明では、検索の違いは、LTM における数学情報のエンコーディングの質の違いに関連しているとされる。
 - ✓ 例えば、足し算の問題の答えが LTM に保存されるためには、足し算と和の両方が WMC に同時に存在する必要がある。
 - ◆ WMC の低い子供は、ゆっくりとした数え方をするので、問題と答えの関連付けが弱くなる可能性がある(Geary et al., 2004)
- また、単語問題の解決も、問題文の解釈、無関係な問題情報の無視、問題表現の変換など、WMC に依存していると考えられている(Wiley & Jarosz, 2012)
 - ✓ 例えば、量の比較を伴う言葉の問題は、解決が難しいことで知られている。
 - ◆ 解決に必要な操作と矛盾した表現をしていることに起因する。
 - 例："How many marbles does Jane have more than Mary? (Jane は Mary よりもいくつ多くビー玉を持っていますか？)"という言葉の問題の表現は、足し算を意味していますが、解法としては引き算が必要となる。
 - ◆ このような問題は、言葉遣いと必要な操作の間に矛盾があったり、正しい操作を示唆する言語的な手がかりがなかったり、複数の表現を同時に行う必要があったりするため、WMC が低い人にとっては特に難しい問題であると考えられる(Thevenot & Oakhill, 2006)
 - ◆ WMC は、問題文中の情報を順序立てて頭の中で整理する能力に関係しているとする研究もある。

Wiley, J., & Jarosz, A. (2012)

- WMC は、問題の正確な分類(例えば、問題が特定の操作(例えば、引き算)や解決戦略(例えば、分離；Swanson, Cooney, & Brock, 1993)が必要な時にそれを認識すること)にも関連しているとされる。
 - ✓ つまり、問題表現に含まれる重要な情報を選択する能力にも WMC が関連することを示す。
- WMC は、LTM における Math facts の検索やエンコーディングを助ける可能性があるように、WMC の違いは、問題の分類やスキーマの検索やエンコーディングの違いにも関係している可能性がある。
- 最後に、現在急成長している研究分野として、さまざまなタイプのストレス要因の調査があげられる(Ashcraft & Krause, 2007)。
 - ✓ 数学的不安は数学的問題解決にマイナスの影響を与える。
 - ◆ 不安は、特に、帯分数、代数方程式、繰り上がり演算など、より複雑な問題を解く能力に影響する
 - ✓ 不安の効果は、反芻(rumination)により対象の活動に追加的な作業が加えられ、WMC が機能的に低下することによって生じると考えられる。
 - ◆ 微妙なステレオタイプの脅威であっても、WMC と複雑な問題を解く成功率の両方を著しく低下させる可能性がある。
 - ◆ 低 WMC の人は、不安や脅威の悪影響を受けやすいのではないかと思われるが、Beilock & Carr(2005)によると、高 WMC の人が、プレッシャーの高い条件で最もパフォーマンスが損なわれる。
- 以上のことから、注意集中、すなわち WMC は、数学的問題解決に多くの点で役立つ。
 - ✓ WMC に関連した違いは、以下の違いによって起こるとされる。
 - ◆ LTM における数学関連の知識構造のエンコーディングや検索の違い
 - ◆ 競合する情報からの干渉に対処する能力
 - ◆ 無関係な問題の特徴から気をそらすことを制限する能力
 - ◆ 心的な問題表現を生成または操作する能力

4. Creative Problem Solving

- 前節で説明したように、効果的な分析的問題解決の基礎となるいくつかのプロセスは、以下の WMC の能力によってヘルプされる。
 - ✓ WMC が解決者の注意の集中
 - ✓ 問題に関連しない情報を無視する
 - ✓ 問題空間での検索を狭める

Wiley, J., & Jarosz, A. (2012)

- しかし、WMC のこのような側面は、広範囲の検索を必要とする問題解決のための能力を損なわせてしまう可能性があることが想像できる。
 - ✓ 創造的な問題解決と分析的な問題解決の決定的な違いは、創造的な問題解決では、最も有力な解決策や最も明白な解決経路は、成功ではなく失敗（インパス）につながるということである。
 - ◆ 創造的な問題解決において、解決策に到達するためには、完全に独創的なアプローチ（再構築）か、記憶の中の遠隔関連付けによる多様な情報の斬新な組み合わせのどちらかが必要になる。

- 創造的な問題解決では、WMC が分析的な問題解決における役割と同じような役割を果たしていないという研究もある。
 - ✓ Ash and Wiley (2006) は、問題解決の最初の“探索段階”と、その後のインパスに入ってから“解決段階”の両方における WMC の役割を検討した。
 - ◆ 彼らは一連の洞察問題を 2 つのバージョンで開発した。
 - インパスに入る前に多くの手が使える “many moves available” (MMA)
 - インパスに入る前にほとんど手が使えない “few moves available” (FMA)
 - 実験の結果、WMC は、MMA 問題の解決を予測したが、FMA 問題の解決は予測しなかった。
 - これらの結果は、創造的な問題解決中の再構築には制御された注意は必要ないが、MMA 問題における初期の問題空間の探索には注意が必要であることを示唆している。
 - ✓ Fleck (2008) は、WMC が短期記憶（STM）の効果を超えて分析的な問題解決を予測することを示したが、創造的な問題解決において WMC は、STM のみに関連することを示した。
 - ✓ 同様に、Gilhooly and Fioratou (2009) は、タスクスイッチ法で測定された注意制御が、分析的な問題でのみパフォーマンスを予測し、洞察的な問題では予測しないことを明らかにした。

- このように、注意制御は、創造的な問題解決よりも分析的な問題解決において大きな役割を果たしていることが、いくつかの知見によって示されている。

Wiley, J., & Jarosz, A. (2012)

- 他の研究では、分析的な問題解決を成功させるメカニズムの一部が、実際には創造的な問題解決を阻害しているといった極端な結論が支持されている。
- ✓ このことを最初に示したのは、WMC の研究ではなく、創造的問題解決に対する領域固有の知識の効果を調べた研究である (Wiley, 1998)
 - ◆ 専門知識は、一般的に、解答者が見込みのある選択肢に注意を限定し、解決空間の一部だけを探索することで、問題解決をヘルプする。
 - ◆ しかし、解決策が典型的な回答の範囲外にある場合、専門知識は解答者をミスリードし、誤った領域に探索を集中させ、解決を遅らせたり、妨げたりする可能性が示唆されている (Ricks, Turley-Ames, & Wiley, 2007)。
- ✓ 関連する研究として、Beilock and DeCaro (2007) は、高 WMC の参加者が水瓶課題でより大きな Einstellung を経験した結果を示した。
 - ◆ 高 WMC の参加者は、最初の問題でうまくいった複雑な解法を使うことに固執し、より単純な解法の手段を見つけることが少なかったのに対し、低 WMC の参加者はすぐに見つけた。
- ✓ 同様に、外側前頭前野に病変のある患者では、マッチ棒算術の問題において、事前の知識による固定化が少ない。
 - ◆ 正常な成人は、 $III + III = III$ を正しい算術文にするために、1 本のマッチ棒を動かす課題に非常に苦勞するが、これらの患者は 2 倍の確率で解答を見つけることができた (Reverberi, Toraldo, D'Agostini, & Skrap, 2005)。
- WMC の高い人は、より単純でより簡潔な、より直接的な解法が可能な場合に、複雑な戦略を用いる可能性があることを示唆する知見が増えてきている (DeCaro & Beilock, 2010)。
- 他の研究では、注意力の低下が、周辺の手がかりに対する感度を高めることで、創造的な問題解決にも役立つことが示唆されている。
- ✓ 高齢者は WMC が低く、注意制御が不十分な傾向があるが、「気が散る」情報が実際に解決に関連する手掛かりとなる場合には、それが問題解決に役立つことがある (Kim, Hasher, & Zacks, 2007)。
- ✓ また、RAT の成績は、周辺に提示された手がかりを活用する能力と相関することが示されている (Ansburg & Hill, 2003)

Wiley, J., & Jarosz, A. (2012)

- このことは、創造的問題解決プロセスにおいて、外部からの手掛かりを利用して様々な解決策を導き出すことができる「漏れた(leaky)」注意は、時に良いことであることを示唆しています。
- ✓ 最近のある研究では、注意制御と創造的問題解決との関連性を、アルコール中毒による注意制御の操作という別の方法で示している (Jarosz, Colflesh, & Wiley, 2012)。
 - ◆ 血中アルコール濃度が 0.075 に達した後、被験者は WMC の有意な低下を経験したが、創造的問題解決において、成績の向上が見られた。
 - 飲酒は、注意の焦点を狭めるのではなく、注意をより拡散させ、遠くにある解決策へのアクセスをしやすくするように思われる。
- ✓ また、時間帯、睡眠、気分、感情の状態による認知制御システムの違いを利用した研究でも、同様の結果が得られている (Cai, Mednick, Harrison, Kanady, & Mednick, 2009; Rowe, Hirsh, & Anderson, 2007; Wieth & Zacks, 2011)。
- ✓ 創造的な問題解決の際に、解決者に「直感を働かせる (use their gut)」ことを促すだけでも、より直感的で、より分析的ではなく (less analytic)、より集中的でない (less focused) アプローチが促され、パフォーマンスが向上する (Aiello, Jarosz, Cushen, & Wiley, 2012)。
- 以上の知見をまとめると、集中力や注意力のコントロールが強すぎると、創造的な問題解決が制限される可能性があることを示唆している。
 - ✓ 探索される解決策範囲が制限される
 - ✓ 解答者の最適でない戦略の採用・固執をもたらす
- 創造的な問題解決のためには、問題解決に対するより受動的なアプローチ、あるいはより拡散した、あるいは“漏れた”注意状態が良いのかもしれない。

5. A Little of Each

- 本稿の主な目的は、分析的な問題解決と創造的な問題解決との間の解離を、WMC によって測定される注意集中との関係において明らかにすることであった。
- 主な結論としては、創造的な問題解決は分析的な問題解決よりも拡散的または広範な注意といった構成要素に大きく依存している可能性がある。
 - ✓ しかし、現実の問題解決においては、収束的および発散的プロセスの組み合わせが求められることを認識する必要がある (Martindale, 1995)。

Wiley, J., & Jarosz, A. (2012)

- ✓ ほとんどの問題解決は、目標を定めない連想プロセスと、注意を必要とするプロセスの組み合わせが必要となるかもしれない(Smallwood & Schooler, 2006)。
- WMC が低い人が必ずしも創造的な問題解決能力に優れているとは限らない。
 - ✓ むしろ、注意を拡散的に配分する傾向は、創造的な問題解決を促進するための個人差であるかもしれない(Mendelsohn, 1976)。
 - ✓ あるいは、創造的な問題解決における優位性は、異なるモードやタイプの処理を柔軟に切り替える能力の個人差と関係しているかもしれない。
 - ◆ いくつかの研究では、バイリンガルは分析的な問題と比べ、洞察的な問題を解く可能性が高く、モノリンガルはその逆のパターンを示すことが示されている(Cushen & Wiley, 2011)。
 - ☆ また、バイリンガルは優れたスイッチング能力を持っていることも示唆されている(Bialystok, Craik, Green, & Gollan, 2009)
 - ◆ 他の研究では、曖昧な図形の反転率、隠れた図形や物体を識別する能力、新しいパターンを生成する能力などの個人差が、創造的な問題解決を予測することも示されている (Wiseman, Watt, Gilhooly, & Georgiou, 2011)
- これらの課題で良い結果を出す傾向が強いのは、全体的(global)と局所的(local)、受動的(passive)と分析的(analytic)といった処理モードを切り替える能力が高いためであり、この柔軟性が創造的な問題解決の成功を促進するのではないかと考えられている(Smallwood & Schooler, 2006)。
- 上述の WMC 関連の知見は、創造的な問題解決の基礎となる少なくともいくつかのプロセスが、分析的問題解決に関わるプロセスとは異なることを示している。
 - ✓ この結果は、2つのタイプの問題が区別されることを示唆する以下の研究知見と一致する。
 - ◆ 解決策の進捗状況へのメタ認知的アクセス
 - ◆ 初期の問題表現(Ash & Wiley, 2008)
 - ◆ 脳の活性化パターン(Kounios & JungBeeman, 2009)
- 創造的な問題解決が注意集中によって損なわれる可能性があるという認識は、分析的・非分析的プロセスの両方を組み込んだ問題解決の二重過程モデル(dual-process model)の必要性を裏付ける。

Wiley, J., & Jarosz, A. (2012)

6. Conclusions

- WMC は問題解決に影響を与えるが、常にポジティブ or ネガティブに作用するわけではない。
 - ✓ WMC が単なるバッファの大きさではない。
 - ◆ STM の記憶機能は重要であり、分析・創造的問題解決両者の基本的なプロセスの根幹。
 - ✓ しかし、WMC の違いは、注意の焦点とコントロールの違いをも反映している。
 - ◆ 数学的な問題解決のような分析的な問題解決の場面では、高い WMC に伴う高い集中力と制御力が、一般的に問題解決をより成功させる。
 - ◆ 一方で、創造的な問題解決に関わるプロセスの中には、これらの実行機能に依存しないものもあり、集中しすぎるとその成功が阻害されることがある。
- 問題解決が成功するかどうかは、その時の状況に左右される。
 - ✓ 集中が必要な状況もあれば集中力の欠如が必要な状況もある。
 - ✓ どちらか一方を促進するような状況（例えば、飲酒、睡眠、気分転換、1 日のうちの異なる時間帯に問題解決を行うなど）を見つけて行くことが必要。
- WMC・問題解決について、両者をより良く理解するためにそれぞれの異なる側面を認識することが重要である。
 - ✓ WMC：注意の集中にはプラスとマイナスの両方の影響があること
 - ✓ 問題解決：分析的プロセスと非分析的プロセスの両方が必要であること