

10 Working memory in development: Links with learning between typical and atypical populations

Introduction

ワーキングメモリ (working memory) は、短時間の間に情報の保持と操作をする容量のことです (Baddeley & Hitch, 1974; Just & Carpenter, 1992)。ワーキングメモリは、リテラシーや数学などの学習をする際、頭の中の作業空間として利用される (Gathercole, Alloway, Willis, & Adams, 2006; Siegel & Ryan, 1989)。ワーキングメモリの機能は、学習障害 (learning difficulty) と関係していることがわかっており (e.g., Alloway et al., 2005a; Swanson & Saez, 2003), 学習障害の背後にある認知的メカニズムは、認知発達や臨床神経科学の領域でとても関心がもたれている問題の 1 つである。しかし、各発達障害のワーキングメモリのプロファイルを調べた研究や各発達障害と学習の関係について調べた研究はほとんどない。本章はこれらについて紹介することを目的とする。

■紹介する発達障害

特異的言語障害 (specific language impairment (以下, SLI)),
発達性運動強調障害 (Developmental Coordination Disorder (以下, DCD)),
注意欠陥多動性障害 (Attention Deficit Hyperactive Disorder (以下, ADHD)),
自閉症スペクトル障害 (Autistic spectrum disorder (以下, AS))

言語性と視覚性の短期記憶、ワーキングメモリを測定し、短期記憶やワーキングメモリの容量が各発達障害間でどの程度異なっているか調べている。

■ワーキングメモリの各構成要素

ワーキングメモリのモデルはいくつか提案されている。各研究者間で共通して述べられていることは、ワーキングメモリは容量に制限がある、ということである。ここでは、広く知られている Baddeley and Hitch (1974) のワーキングメモリモデルに焦点を当てる。中央実行系 (central executive) は、容量の配分のコントロールと情報処理のモニタリングに関わる構成要素である。また、中央実行系は長期記憶から情報を検索することや注意のコントロールを含む制御機能も担っている。このワーキングメモリモデルにおいて、情報の保持は 2 つの下位システムで行われている。1 つは、言語情報の一時的な保持や操作をする音韻ループ (phonological loop), もう 1 つは視空間の情報の保持や操作をする視空間スケッチパッド (visuo-spatial sketchpad) である。このモデルの 4 つ目の構成要素であるエピソードバッファ (episodic buffer) が、最近新たに付け加えられた。エピソードバッファは、言語性と視覚性の情報を統合することに関係している (Baddeley, 2000)。このワーキングメモリモデルは、子ども、大人、神経病理の患者を対象にした研究を通して支持されている。

ワーキングメモリ容量は、情報の保持や操作を必要とする **complex task** を通して測定される。この課題の例として、リーディングスパン課題 (**reading span**) がある。リーディングスパン課題は、各文章の最後の単語を記憶しながら、文章の内容について判断する課題である。Baddeley and Hitch のワーキングメモリモデルに従うと、中央実行系が課題の処理を主に行い、音韻ループと視空間スケッチパッドが情報の短期的な保持を行っている。ワーキングメモリは、短期記憶と関係はしているが、短期記憶と同じシステムではない。ワーキングメモリは情報の保持と処理の両方に関与しているが、短期記憶システムは一時的な情報の保持のみを担っている。

□補足: ワーキングメモリと短期記憶

ワーキングメモリは、注意をコントロールし、情報の処理に関わる“中央実行系”，視覚性の情報の保持を担う“視覚性スケッチパッド”，言語性の情報の保持を担う“音韻ループ”の3つの構成要素を想定している。視覚性スケッチパッドが視覚性短期記憶の機能を担っており、音韻ループが言語性短期記憶の機能を担っている。視覚性の情報を保持し、処理する場合には、中央実行系と視覚性スケッチパッドの両方が働く。この働きを視覚性ワーキングメモリの能力として表現する。つまり、ここで紹介されているワーキングメモリモデルには、“視覚性短期記憶 (視覚性スケッチパッド)”，“視覚性ワーキングメモリ (視覚性スケッチパッド+中央実行系)”，“言語性短期記憶 (音韻ループ)”，“言語性ワーキングメモリ (音韻ループ+中央実行系)”の4タイプに区分することができる。以下では、この4タイプを通して各発達障害の紹介がなされている。

(ワーキングメモリと発達障害 教師のための実践ガイド2より)

Working memory and learning

ワーキングメモリ容量の個人差は、知識や新しいスキルを獲得する際に重大な差を生じさせる。言語ワーキングメモリの得点は、リーディング、数学、言語理解のパフォーマンスを予測することができる。特に、言語性ワーキングメモリが著しく障害されていると、子どもは学習障害を経験することになる (Alloway et al., 2005b; Pickering & Gathercole, 2004)。最近の研究では、一般性知能や短期記憶ではなく、言語性ワーキングメモリがリーディングと数学の能力と特に強く関係していることが報告されている。この結果は、ワーキングメモリが学習困難と関係しているという証拠を示している。

この章の目的は、短期記憶やワーキングメモリが教育現場で広く知られている発達障害と関係していることを述べることです。このことを達成するために、特異的言語障害 (SLI)、発達性協調運動障害 (DCD)、注意欠陥多動性障害 (ADHD)、アスペルガー症候群 (AS) の子



どもたちを対象に、Automated Working Memory Assessment (AWMA) (テストバッテリーがコンピュータ化されている) を使用して彼らの各メモリーを測定している。AWMA を用いることで、言語性の短期記憶とワーキングメモリ、視覚性の短期記憶とワーキングメモリを測定することができる。AWMA で使用されている課題は、妥当性と信頼性を確かめた研究に基づいて選択されている。言語性と視覚性のワーキングメモリは情報の保持と操作を含む課題を使用して測定しており、言語性と視覚性の短期記憶は保持のみを行わせる課題を用いて測定している。

□補足: Automated Working Memory Assessment (AWMA)

[AWMA とは]

コンピュータを用いてワーキングメモリをスクリーニングすることができる。4 歳から 22 歳まで用いることができるように標準化されている。12 個のテストがあり、言語性短期記憶、言語性ワーキングメモリ、視覚性短期記憶、視覚性ワーキングメモリを測定することができる。AWMA は以下の 5 つの点で優れている。

- (1) 10 分程度で実施することができる。
- (2) 標準化されているため、ワーキングメモリに問題がある子どもを見つけ出せる。
- (3) 高い信頼性と妥当性が確認されている。
- (4) AWMA で測定されたワーキングメモリのスコアは、学業成績と対応している。
- (5) AWMA は、15 の言語で翻訳され、広く使用されている。

[AWMA の標準得点]

ほとんどの子どもは、85~115 の範囲におさまります。115~130 までの標準得点は平均よりも上であることを意味しています。70~85 までの標準得点は平均よりも低いことを意味しています。(ワーキングメモリと発達障害 教師のための実践ガイド 2 より)

特異性言語障害: Specific Language Impairment (SLI)

□補足: 特異的言語発達障害とは

特異的言語発達障害 (Specific Language developing Impairment (SLI)) とは、言語発達を妨げるような明らかな要因、たとえば知的障害や難聴、自閉症などを認めないにもかかわらず、言語発達が遅れた場合にその診断名がつけられる。以下は、特異性言語障害の子どもの症例。語彙数が極端に少ない印象があり、会話時になかなか文章にならず、助詞や助動詞が抜けたような単発的な発語になる。

今日保育園で何して遊んだ? → 「ブロックと人形」

公園に行ってきたんじゃないの? → 「公園、行った」

そのケガはどうしたの? → 「走った。速く走って、こけた」(<http://bit.ly/yqHSuG>)

Characteristics of this group

特異性言語障害は、一般的な知能や感覚機能を持ち、普通の言語的環境にいるにも関わらず、言語発達に意外な不具合が認められる。SLI は比較的良好に見られる発達障害であり、幼稚園児のおよそ7%がSLIに罹患している (Tomblin et al., 1997)。SLIにおける言語の問題は、幼少期を通じて、さらに成人期まで続く。注意しなければならないことは、SLI の言語スキルは変化することである。ただし、彼らの言語スキルは改善するが、各年齢に相当した言語スキルには到達しない。SLI の子どもたちは、単語の知識や意味、単語探し (word finding)、文法、語用論などを含む日々使用する言葉において困難を示している (see Leonard, 1998)。これらの問題を理解しようとしている研究者や臨床医が共通にもっている問題の1つは、症状が個人によって広く異なることである。

SLIの臨床的マーカーは2つ提案されている。1つは、非単語反復 (nonword repetition)、もう1つは動詞の時制マーク課題 (verb tense marking) である。SLIの問題について、非単語反復課題と動詞の時制マーク課題を用いた研究はすでに多く実施されている。

Working memory profile

非言語反復は言語性短期記憶を調べる指標として提案されている。また、低い言語性短期記憶はSLIを特徴づけるとされている (Gathercole & Baddeley, 1990)。数唱 (digit span) や言語リスト再生課題 (word list recall) のような言語性短期記憶の課題を用いてSLIの問題を示す研究が多く行われている。言語性短期記憶は、新しい単語の学習と特に関係しており (Gathercole, Hitch, Service, & Martin, 1997)、低い言語短期記憶は言語学習の混乱を予測することができる。しかし、最近行われた縦断研究によると、言語性短期記憶の問題だけでは、広範で持続的なSLIの問題を十分に説明できないことが示唆されている。

SLI研究において、最近注目されている記憶の別の側面は、ワーキングメモリである。処理速度や容量を必要とする情報処理に基づいた課題を用いて、SLIのワーキングメモリを調べる方向へと向かっている。

SLIにおける短期記憶とワーキングメモリのアセスメントについて最初に報告したのは、Archibald and Gathercole (2006a) であった。言語性短期記憶と言語性ワーキングメモリの両方が、SLIの子どもを対象にして測定された。言語性短期記憶では70%が障害されており、言語性ワーキングメモリでは95%が障害されていた。それに対して、視空間性の記憶は、平均の範囲内だった。

SLIの子どもたちは、言語性短期記憶と言語性ワーキングメモリの両方に問題をもっていることが明らかになった。一方で、視覚性短期記憶と視覚性ワーキングメモリのパフォーマンスは平均の範囲内だった。これらの結果から、SLIの子どもたちは言語情報の保持がうまくできないだけでなく、言語情報の処理も難しいことを示している。実際に、AWMAに含まれる言語情報の保持や処理をする課題はSLIの子どもたちにとって特に難しい課題であった。また、言語情報の処理が課題に含まれていると、視覚性の保持が求められる課題においてもSLIの子

もたちは失敗する (Archibald & Gathercole, 2007)。つまり、どのような情報を保持する場合でも、言語情報の処理が SLI の子どもたちにとって重要な問題となる。

SLI に特有な問題は、ワーキングメモリモデルでうまく説明することができる。これまでの研究結果から、言語性短期記憶と中央実行系に障害があると考えることは妥当であろう。言語性短期記憶が低いだけでは SLI の問題を説明するには不十分であるため、言語的情報の保持と情報処理の両方の問題が言語学習を妨害していると考えの方が妥当である。

SLI を特徴づけるプロファイルは、その他の発達障害のプロファイルとは異なっている。これはとても興味深い結果であり、ワーキングメモリ理論は子どもたちの障害を理解する上で有益な手段であることを示唆している。異なる発達障害のグループ間で共通してみられる問題があったために、いくつかの研究は実を結ぶことができなかった。頭の中で情報を保持する一方で言語情報を処理することは SLI の子どもにとって難しく、言語学習に深く関与していることを、本研究は示唆している。

Working memory and learning

上述した SLI の子どものワーキングメモリプロファイルは、SLI における 2 つの重要な特徴を描いている。つまり、言語知識の少なさと問題の多様性である。言語性短期記憶は、語彙を増やす際にとっても重要である (Gathercole, 2006)。言葉の正確な反復は、新しい単語を語彙として蓄積する方法の 1 つである。新しい語彙の知識が定着すると、この知識は類似の音をもつ単語の学習をサポートすることができる。SLI の子どもたちは新しい言葉を正確に反復することができないので、語彙の発達はゆっくりである。後に、SLI の子どもたちは新しい単語の学習に必要な語彙の知識が不足することになる。

先行研究では、言語性記憶の問題は影響し続けないことを示唆していた (Gathercole et al., 2005)。しかし、SLI の子どもたちは、情報の処理と言語情報の保持に難しさを持ち続けているのが実情である。コミュニケーションで求められることは、いつも同じではない。例えば、ある子どもは、“犬が 1 回転した”というように、単純な過去の時制のフレーズを作るように求められたり、“もし・・・だとしたら、あなたはどのように考えますか”という質問の答えに対応するフレーズを作るように求められたりするだろう。それぞれの例で求められていることは異なっている。目の前にいる犬の行動を記述させるような単純な要求は、SLI の子どものワーキングメモリ容量を超えないかもしれない。しかし、質問の答えに対応するフレーズを作るなどの要求は、SLI の子どもにとっては要求が高く、難しい。求めていることの違いが、SLI の子どもたちの言語能力の理解を複雑にしているのかもしれない。

発達性協調運動障害: Developmental Coordination Disorder (DCD)

□補足: 発達性協調運動障害とは

筋肉や神経, 視覚や聴覚などに異常がないにもかかわらず, 「ボールを蹴る」「字を書く」などの協調運動に困難を示す問題のことである。発達障害の種類の1つとされている。この問題を持つ人は, 例えば「はう」「歩く」といった乳幼児期の運動面の発達においてすでに, 標準の月齢より遅れが見られる。学齢期には, いわゆる「不器用な子」「運動が苦手な子」として見られ, 学業成績に影響を及ぼしやすい。また, 同世代の子どもの遊びについていけない, といった社会的な困難も生じやすい。障害が表れる運動のタイプは, 走ったり跳んだりといった全身運動 (粗大運動), はさみを使ったりボタンを留めたりといった手先の運動 (微細運動), スキップをしたり縄跳びをしたり楽器を演奏するなどの組み合わせ運動 (構成行為) に分類されている。原因はまだ不明だが, 運動中の脳神経の働きを観察し, 特定の部位に異常を認めたとする研究結果も発表されている。また, 成長につれて不器用さが目立たなくなっていくケースが多い。映画「ハリー・ポッター」シリーズの主演俳優ダニエル・ラドクリフは, この障害を持っており, インタビューに答えて, 靴ひもを結べないと明かしている。(http://bit.ly/zGXNyA)

Characteristics of this group

発達性協調運動障害 (DCD) は, 協調運動の発達における問題であり, 学業や日々の生活を妨げる (DSM-IV, APA, 1994, p.53)。DCD は, 行動のプランニングやコントロール能力に影響を及ぼしており, 言語や知覚にも問題を生じさせている。問題は感覚の統合や運動機能であったり, 中枢運動神経やその周辺神経, 筋肉組織が関係していたりするため, この状態の性質は多面的である。運動が困難である原因はまだ特定できておらず, その原因について議論は現在も続いている (Sugden & Wright, 1998)。脳が損傷していると考えられていたが, 現在は, コントロールプロセスの発達における混乱が, 脳から身体への送る指令の伝達を妨害していると考えられている (e.g., Wilson, Maruff, & Lum, 2003)。しかし, この問題の原因は, 運動情報の統合にあるのか, 情報の伝達にあるのか, 運動情報の保持にあるのか, まだ明らかになっていない (see Alloway, 2006)。

発達統合運動障害 (development dyspraxia), 微小脳機能障害 (minimal brain dysfunction), 知覚運動統合 (perceptual-motor dysfunction), 身体的不器用 (physical awkwardness), 不器用 (clumsiness) などの名称 (label) は, すべて運動障害を記述するために用いられている。しかし, このレビューの中では, それらをまとめて DCD と呼ぶことにする。5歳から11歳の間で DCD に罹患している子どもは 6% であり, DCD は男の子が発症しやすい (Mandich & Polatajko, 2003; Portwood, 1996)。

DCD は, 知覚だけでなく運動にも影響を及ぼしている問題である (Veser, 2003)。DCD の子どもたちの行動には, 不器用さ (clumsiness), ぎこちない立ち振る舞い (poor posture), ボー

ルをつかんだり、なげたり、キャッチする手の混乱、読み書きの困難、ペンや鉛筆をうまくもてないことなどがある (see Alloway, 2006)。運動障害には様々な報告があり、広く知られている運動障害をもつ子どももいれば、特殊な運動障害をもつ子どももいる (e.g., Wright & Sugden, 1996)。また、DCD は、視覚性スキル、スピーチ、言葉、ソーシャルスキル、注意、学習の困難さとも関係している (Dewey, Kapan, Crawford & Wilson, 2002; Piek & Dyck, 2004)。DCD は、神経学的なラグが原因なのではなく、運動の発達は時間が経過しても治ることはない (Barnett & Henderson, 1992)。助けがなくても運動障害を克服する子どもがいる一方で、大人まで運動障害に悩まされ続け、気分的な苦しみをもつ人たちもいる (Cousins & Smyth, 2003)。

視覚的な問題もまた、DCD の子どもたちにみられる特徴である。長さの区別、ゲシュタルト的な理解を求める視覚的課題、視覚的統合課題など、運動は求められない視覚的課題など、オブジェクトの各サイズが同じかどうかの判断やオブジェクトを配置することは、DCD の子どもにとって難しい。ブロックデザインや組み合わせ (wiscIII) など運動を含む視覚的課題は、DCD の子どもとそうでない子どもを識別することができる。

Working memory profile

DCD の子どもたちはワーキングメモリ課題で苦戦するという報告が増えている。Alloway (2007a) によると、DCD の子どもの約半数は、言語性短期記憶課題やワーキングメモリ課題の標準得点が 85 未満だったことを示している (それぞれ 42%, 49%)。視覚性では、視覚性短期記憶課題やワーキングメモリ課題が標準得点よりも低かった DCD の子どもたち割合は 56% と 60% だった。

DCD の子どもたちのワーキングメモリのプロファイルも特徴がある。学習障害をもっている子どもたちよりも DCD の子どもたちの方が言語性短期記憶、視覚性短期記憶、視覚性ワーキングメモリの得点が低かった (Alloway & Temple, 2007)。SLI と DCD の子どもたちを比較すると、SLI の子どもたちは言語の短期記憶とワーキングメモリに困難を示すが、視覚性ではそうではない。また、DCD の子どもたちは言語性と視覚性の短期記憶およびワーキングメモリに困難を示す。視覚性ワーキングメモリ課題のパフォーマンスで、SLI と DCD をうまく識別することができる (Alloway & Archibald, 2008; Archibald & Alloway, 2008)。

DCD の子どもたちの記憶のプロファイルは、特徴的な問題を示している。特に、彼らの視覚性短期記憶課題と視覚性ワーキングメモリ課題のパフォーマンスは、言語性短期記憶課題のパフォーマンスよりも低かった。このプロファイルは、ワーキングメモリモデルの説明と一致する。1 つ目は、言語性短期記憶と視空間性短期記憶は、中央実行系によって制御されている。2 つ目は、視覚性記憶は、運動

DCDのメモリープロファイル

	短期記憶		ワーキングメモリ	
	言語性	視覚性	言語性	視覚性
110				
105				
100				
95				
90				
85				
80				
75				
70				

のプランニングやコントロールと関係していることである (e.g., Quinn, 1994; Smyth, Pearson, & Pendleton, 1988)。

DCD の子どもたちは運動のプランニング (心的回転課題, 空間課題など) が苦手であるため, 視覚性の記憶に問題があると考えられている。視覚性ワーキングメモリ課題では, 情報の保持と処理を同時に求められるので, 彼らのパフォーマンスは低くなる。

Working memory and learning

ワーキングメモリの小ささが DCD の子どもたちの学習に影響していることが示されている。Alloway (2007b) は, 標準化されているリーディングテストと数学のテストを用いて, 視覚性のワーキングメモリが低い子どもたちについて調べた。すると, 子どもたちの IQ を統計的に統制してもなお, 学習成績は標準得点よりも有意に低かった。また, DCD の子どもたちは非言語課題を苦手とするが, うまくできないのは非言語に関する知能が低いからではなく, ブロックデザイン課題など運動要素を含む課題だからである (Coleman, Piek & Livesey, 2001)。また, Bonifacci (2004) は, 運動能力と IQ の間に関係性はなく, 非言語 IQ と運動能力の間にも関係性はないことを示している。また, 視覚性記憶テストを用いることで DCD の子どもと運動機能に問題がない学習障害の子どもをうまく識別することができるという研究結果が報告されている (Alloway & Temple, 2007)。これらの知見から, 視覚性の記憶は, 一般的な視覚的能力だけではない他の部分と関係しており, また, 運動障害だけに関係しているわけではないことが示唆される。DCD の子どもたちの運動スキル, 記憶, 学習を理解する上で, これらの知見はとても有益である。

さらに, Alloway and Warner (2008) は, DCD の子どもたちにエクササイズをさせることで学業成績が上昇するかどうかを調べている。運動能力は改善したが, エクササイズの効果はリーディングや数学の得点に影響していなかった。この結果は, task-specific なトレーニングは DCD の運動パフォーマンスを改善するが学業成績は改善しなかったという先行研究と一致する (Revie & Larkin, 1993; Reynolds, Nicolson, & Hambly, 2003, Wilson, 2005)。栄養, 学習, 運動困難に関する最近の研究も, 学習は運動スキルと直接つながっていないことを示している。Richardson and Montgomery (2005) は, 脂肪酸 (fatty acid) サプリメントはリーディング能力を改善したが, 運動スキルは改善しなかったことを示しており, 運動スキルと学習は異なることを示唆している。視覚性記憶の問題に関する研究結果や, DCD の子どもにおける視覚性記憶と学習の関係の研究結果に基づいて, ワーキングメモリのトレーニングによる介入が必要とされるかもしれない (see Discussion)。

注意欠陥多動性障害: Attention Deficit and Hyperactive Disorder

Characteristics of this group

ADHD と診断される主な特徴は, 過活動, 不注意, 衝動性である (DSM-IV, APA, 1994)。ADHD の子どもたちは, 座り続けることができず, 周りにいる仲間よりも活動的である。また, 複

雑な教示を覚えておくことは苦手であり、注意が不足しており、コメントを解釈することができない。これらの問題は子どものいる状況よってことなるが、rating scale を用いて評価することで、ある程度には客観的に診断することができる (Snyder et al., 2006)。

ADHD をもつ子どもは世界全体で約 5%とされているが、イギリスの研究では 1-3%とされている。ADHD の子どもは女の子よりも男の子の方がはるかに多く、女の子が発症する率はとても低い。ADHD の男女の割合は、およそ 3:1 である (Szatmari, Offord, & Boyle, 1989)。ADHD の顕在化すると、子どもが反抗する危険を増加させ、この傾向は大人まで続く。



Working memory profile

ADHD の子どもたちは、文字のつづりの順列再生 (forward recall of letters) や順唱 (forward recall of digit) のような短期記憶課題を標準的なレベルで行うことができる (Benezra & Douglas, 1988)。言語性短期記憶の障害について報告している研究では、IQ とリーディング能力を統制した場合でも、言語性短期記憶に問題はみられなかった。このことは、言語性短期記憶はADHDと関連がないことを示唆している。ADHD の言語性短期記憶について調べたその他の研究では、一般的に、数唱 (digit span) の順唱 (forward digit recall) と逆唱 (backward digit recall) が使用されている。これらの課題のパフォーマンスを見てみると、ADHD の子どもたちは、forward よりも backward の方がスコアは低かった。Backward は、数字の順番を保持し、操作する課題であることから、2つのことを同時にすることが ADHD の子どもにとって難しいと思われる。

視覚性短期記憶と ADHD の子どもについて調べた研究は、結果がまだ一致していない。視覚性記憶 (課題には spatial location を使用) は平均的と主張する研究がある一方で、障害されていると報告した研究もある。測定されたワーキングメモリ得点を見てみると、ADHD の子どもたちは、注意のコントロールや維持の能力を調べる課題においては平均を下回る成績であった。特に、視覚性ワーキングメモリの問題は、言語の問題より大きい。例えば、リスニング再生課題のような言語性ワーキングメモリ課題は標準に近い得点だったが、視覚性ワーキングメモリの課題は目立って成績が悪い。このことから、視覚性ワーキングメモリテストは、ADHD の子どもたちと健常の子どもたちを識別することができる (Holmes, Gathercole, Place, Alloway, & Elliot, 2010)。

ADHDのメモリープロフィール

	短期記憶		ワーキングメモリ	
	言語性	視覚性	言語性	視覚性
110				
105				
100				
95				
90				
85				
80				
75				
70				

Working memory and learning

注意や記憶の問題は学習にどのように影響するのだろうか？ ADHD の子どものパフォーマンスについて、2つの考え方がある。1つは、過活動と衝動性がワーキングメモリの問題に加わっているため、ワーキングメモリだけに問題がある子どもたちよりも低いパフォーマンスになっているという考え方である（成績を低下させているのはワーキングメモリではなく、むしろ過活動や衝動性）。もう1つは、ADHDの子どもの低いワーキングメモリそのものが低いパフォーマンスにつながっているという考え方である。運動障害や言語障害について調べた研究においては、後者の視点が支持されている。運動障害や言語障害のどちらもワーキングメモリの問題を持っているが、運動障害の子どもの言語能力は標準的である。この強い側面があるにもかかわらず、学習結果においては言語能力に問題があるような成績を示している。この結果は、ワーキングメモリと学習業績の関係を想定することができる。実際に、運動障害と言語障害の両グループのワーキングメモリプロファイルは、リーディングと数学に有意に関連していた。

アスペルガー症候群: Asperger Syndrome (AS)

□補足: アスペルガー症候群とは

発達障害の一類型。知的障害あるいは言語的コミュニケーションの障害を伴わない自閉症を指し、しばしば高機能自閉症と同じ意味で用いられる。しかし、精神疾患として定義されたのが1980年代と、比較的新しいため、今はまだ分類・定義が明確に定まっているとは言えない。アメリカ精神医学会が作成した『DSM-IV-TR 精神疾患の分類と診断の手引』に記載されている診断基準は次のとおり。(1)対人的相互反応の質的な障害、(2)行動、興味および活動の限定的、反復的、常同的な様式、(3)社会的、職業的、その他の領域における機能の著しい障害、(4)著しい言語の遅れがない、(5)認知の発達、年齢相応の自己管理能力、対人関係以外の適応行動、小児期における環境への好奇心において明らかな遅れがない、(6)他の発達障害、統合失調症の基準を満たさない。当事者は社会的に困難を抱えながらも、知的障害がなく、一般的なコミュニケーション場面では一見して障害とわかりにくい。(http://bit.ly/w4GECu)

Characteristics of this group

自閉症は以下のように分類することができる。社会的相互作用、コミュニケーション、想像力、制限された関心、繰り返される行動。社会的な問題には、欠席したり、仲間に対して癩癩を起したりするなど、ちょっと変わった関わり方をします。コミュニケーションでは、明らかにコミュニケーションの意図がない言語的な発話の繰り返し (echolalia)、過読症 (hyperlexia)、知覚した言語のコード化の能力の低さ (stereotyped language) などがある。稀なケースとして、言葉を全く発しないこともある。想像の問題は、ふり遊びができないこと、大人では環境の過適応などがある。制限された関心や繰り返される行動の問題には、手をばたつかせたり、あるオブジェク

トにずっと集中していたり、知識の抽象的な部分に固執したりすることがある。アスペルガー症候群の人たちの言語は流暢であり、形式的であり、言葉の使い方に対して過剰に細かい（言葉の意味をそのまま解釈する傾向があり、抽象的な言い方をしても理解されない）。

Working memory profile

AS の問題は比較的新しいため、AS の子どもの記憶のプロファイルの研究は比較的少ない（1990 年頃から世界的に知られるようになった）（Belleville et al., 2006）。AS は、自閉症に含まれる下位グループであり、私たちは、自閉症（ASD）を対象にした記憶の研究から、AS についていくらか知ることができる。ASD のワーキングメモリ研究では、ワーキングメモリの各側面（短期記憶）が調べられている。例えば、言語性短期記憶を調べた研究では、ASD の人たちは言語課題の成績は標準的であり、親近性効果（typical recency effect）や単語長効果（larger length word effect）があったことを示している（Bennetto, Pennington, & Rogers, 1996; Russell, Jarrold, & Henry, 1996）。言語性短期記憶のメカニズムのについて最近の研究が明らかにしたことは、ASD の人たちは、IQ が同じ子どもたちと比べて、ある単語の意味よりも音韻的特徴を符号化する傾向があることを示したことである（Mottron, Morasse, & Belleville, 2001）。この特徴は、自閉症の症状が少ない人と高い人のどちらにも共通して見られている。

最近の研究で、重度の AS の人たちの記憶プロファイルを調べる研究を私たちは行っている。言語性短期記憶のパフォーマンスは低かったが、言語性ワーキングメモリ、視覚性短期記憶、視覚性ワーキングメモリでは低くなかった。言語短期記憶において 86 よりも低いスコアの子どもたちは約 70% もいた。一方で、言語性ワーキングメモリや視覚性短期記憶が標準の 86 よりも低い子どもはわずか 30% 程度であり、視覚性ワーキングメモリでは 20% 程度だった。

言語性短期記憶のパフォーマンスが低いことを見出した理由の 1 つは、コンピュータ呈示による課題だからである。自閉症の人たちは音に敏感であることを示した先行研究（see Belleviell et al, 2006）を考慮すると、自閉症の人たちに、個々の音をはっきりと呈示すると正しく再生することができない可能性がある。それゆえに、AS を対象にした研究では、鉛筆と紙で行うテストではなく、コンピュータ用いたワーキングメモリ測定の研究がさらに必要である。

ASD のメモリープロファイル

	短期記憶		ワーキングメモリ	
	言語性	視覚性	言語性	視覚性
110				
105				
100				
95				
90				
85				
80				
75				
70				

Discussion

この章の主な目的は、教育現場で広く知られている各発達障害のワーキングメモリのプロファイルを理解することでした。多くの発達障害はそれぞれに特徴を持っており、学習の進み具合に影響を及ぼしています。この章で見えてきた各発達障害は、各ワーキングメモリの機能の独

特なプロファイルと関連していました。Table 10.1 に、各発達障害のワーキングメモリの特徴をまとめています。

言語障害 (SLI) をもつ子どもたちを見てみると、言語性短期記憶が弱点であるとわかりました。ほとんどのケースにおいて、言語性短期記憶の弱さと言語性ワーキングメモリの弱さの両方が生じていました。また、視覚性短期記憶と視覚性ワーキングメモリ課題における弱さは、低い言語スキル (poor verbal skills) による影響であると考えられています。視覚性の情報を言語性の情報に符号化する音韻的な方略の使用が、言語障害の子どもたちにとっては難しいのかもしれませんが、SLI の子どもたちにおいて、ワーキングメモリの問題は言語的な領域だけであり、視覚性の領域には及んでいませんでした。

Table 10.1 各発達障害で問題がみられた記憶領域

発達障害	短期記憶		ワーキングメモリ	
	言語性	視覚性	言語性	視覚性
特異性言語障害	■		■	
発達性運動協調障害		■	■	■
ADHD		■	■	■
アスペルガー症候群	■			

■は、スコアが86以下だったことを示している (85~115が標準の範囲)

DCD の子どもたちのメモリープロファイルは、言語的な機能に問題がある子どもたちのメモリープロファイルと興味深い対応がありました。対応していたのは、運動強調の障害 (disorder of movement and coordination) と言語障害 (disorder of language) です。SLI は言語性短期記憶と言語性ワーキングメモリにおける問題が特徴的であり、DCD は視覚性短期記憶と視覚性ワーキングメモリにおける問題が特徴的です。この点において、2つの障害は対称的です。

ADHD のメモリープロファイルも言語障害と対称的です。ADHD の問題は、視覚性短期記憶、視覚性ワーキングメモリ、言語性ワーキングメモリに及んでいますが、言語性短期記憶に問題は見られません。言語性ワーキングメモリと視覚性ワーキングメモリの両方に問題をもつ ADHD のメモリープロファイルから、ADHD の子どもは中央実行系 (注意のコントロールやシステム全体の協調に関わる構成要素) に主な問題を持っていることを示唆しています。

最後に、AS の子どもたちは、言語性ワーキングメモリと視覚性ワーキングメモリは標準的ですが、言語性短期記憶課題のみ低いパフォーマンスであることが特徴的です。言語性ワーキングメモリ課題や視覚性ワーキングメモリ課題のパフォーマンスは比較的高いため、処理と保持の両方を行う課題に苦労は示しません。

Testing working memory

ワーキングメモリは学習成績と関係していると報告した研究結果は多くあることから (see Cowan & Alloway, 2008), ワーキングメモリのプロファイルを調べた上で、学習に困難をもっている子どもを支援することが重要です。実際に使われている方法は、Automated Working

Memory Assessment (AWMA) を使用する的方法です。AWMA は、10 分で実施できる記憶テストであり、生徒を支援する際に役立つ有益な情報を、教育者たちに提供してくれます。これまでに AWMA は 15 言語に渡って翻訳されており、世界中の子どもたちのスクリーニングに使用されています。AWMA は、ワーキングメモリがどのように学習に影響しているかなど、生徒の言語性ワーキングメモリや視覚性ワーキングメモリのプロファイルを提供してくれます。例えば、ワーキングメモリに問題があるとわかれば、ゆっくりと処理する時間が必要であるため、ワーキングメモリに問題がある生徒たちは個別に時間を与えてあげたり、テストの制限時間を長くしてあげたりすることができます。もし、クラスルーム内の子どもが WM に問題をもっているのであれば、誰がどのようなサポートを必要としているのか、スクリーニングすることが重要です。さらに、各生徒のワーキングメモリのプロファイルを知ることができれば、認知トレーニングが必要かどうか決定することができます。

Supporting working memory

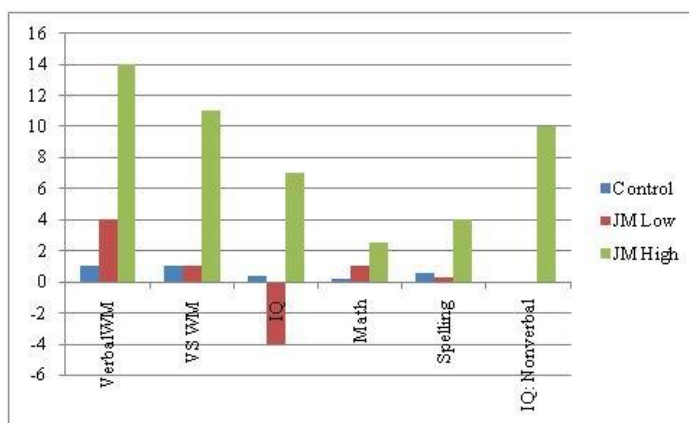
AWMA を使用することで、臨床や教育の専門家たちによる介入を支援することができます。例えば、言語性短期記憶の問題であれば、ノートをとるなど、視覚性の短期記憶を使用することで補うことができます。また、視覚性短期記憶の問題は、リハーサルのような言語的の方策を使用することで補うこともできます。ワーキングメモリの問題が現れると、子どもは情報の保持や処理に苦勞することになります。ワーキングメモリの高い負担や課題の失敗を防ぐための支援としては、課題を細かくわけたり、保持させる情報を易しくしてあげたり、再生を手助けできる長期記憶を使用させることなどが挙げられます (see Gathercole & Alloway, 2008)。

Training working memory

ワーキングメモリはトレーニング可能であることを示した研究が増えています (Jaeggi, et al., 2008)。最近の研究でわかったことは、ワーキングメモリトレーニングのプログラム (www.junglememory.com) を使用した生徒はワーキングメモリだけでなく、学業成績も向上したことです (Alloway, 2009a)。統制群のポストテストの成績は上昇しておらず、中には成績が低下した子どももいました (例えば、数学、言語性ワーキングメモリ、視覚性ワーキングメモリ)。一方で、トレーニングをした群は、ワーキングメモリだけでなく、学習成績にも効果を得ていました。例えば、スペリングのスコアは 10 ポイント以上も上昇しました。これらの増加は、本当に意味のある増加なのでしょうか？ 答えは Yes です。効果を見る方法の 1 つに、B や C など成績のグレードの変化を見ていました。グレードの変化は、ワーキングメモリトレーニングから 12 週間後に見られました。また、トレーニングすることなしにワーキングメモリを改善することはできるでしょうか？ 答えは No です。この結論を支持する 2 つの結果が示されています。1 つ目は、トレーニン



グをしなかった統制群は有意な改善をしておらず、中には低下していた子どももいたことです。2つ目は、トレーニングがなければ、学習成績や各記憶テスト成績のどちらも改善されなかったことが、学習障害の子どもを対象にして行った著者の研究からわかっていることです。8-10歳の、特別教育を受けている学習障害をもつ子どもたちにワーキングメモリテスト、IQテスト、学習テスト(算数、リーディング、スペリング)を実施しました。生徒たちはすべて特別教育を受けていて、2年間継続していました。2年後に最初の時と同じテストを実施したところ、改善していた生徒はほとんどいませんでした。下から10%タイルのところにいる生徒たちは、2年間も特別教育を受けているにもかかわらず、同じ位置のままだったのです。介入研究と縦断研究から、トレーニングすることなしに、ワーキングメモリの低い生徒たちが仲間たちと同じ位置に追いつくことはできないことを示しています。



要約すると、この章では、各発達障害にみられる記憶の強い側面と弱い側面の概要を示しました。AWMAを通してわかったことは、問題となる弱い側面だけでなく、それらを補完できる方略を作ることができる側面があることです。また、トレーニングはワーキングメモリだけでなく学業成績も向上させたことを報告する研究があります。