

# ワーキングメモリの理解と学習支援について

## ～教職課程で認知機能について学ぶ意義～

宮 本 孝 子

### I 問題と目的

インクルーシブ教育の推進に伴い、個別の教育的ニーズのある児童生徒に対して、通常の学級でともに学べる教育環境の整備が求められている。2012年に文部科学省が実施した全国の公立小・中学校（岩手、宮城、福島を除く）の通常の学級に在籍する児童生徒5万3,882人（小学校：3万5,892人、中学校：1万7,990人、回収率：97.0%）を母集団として行われた調査によると、担任教員が回答した「知的発達に遅れはないものの学習面又は行動面で著しい困難を示す」とされた児童生徒の割合は6.5%であった（**発達障害の可能性のある特別な教育的支援を必要とする児童生徒**）。その中で、学習面で著しい困難を示す児童生徒の割合は4.5%であり、行動面で著しい困難を示す児童生徒の割合は3.6%、学習面と行動面ともに著しい困難を示す児童生徒の割合は1.6%であった<sup>1)</sup>。それ以外にも、教育的支援を必要としている児童生徒がいる可能性は指摘されており、学級の中に、なんらかの支援が必要な児童生徒は複数名存在すると推測される。

障害のある子どもと障害のない子どもが、同じ場でともに学ぶためには、それぞれの子どもの授業内容を理解でき、学習活動に参加できるための環境整備が必要とされる。しかし、上述の調査によると、現在いずれかの支援がなされている児童生徒の割合は55.1%であり、いずれの支援もなされていない児童生徒の割合は38.6%であった。また、「個別の教育支援計画を作成していますか」という質問に対する回答では、「作成している」が17.9%、「作成していない」が88.2%であった。児童生徒の実態をある程度把握しているものの、個別の配慮・支援を行うための指導方法については、教員が十分に理解できていない可能性がある。

合理的配慮に基づき個別の支援を行っていくためには、教員養成課程において、発達障害を含め、教育的支援を要する児童生徒についての知識を得、その特徴を理解した上で、学習過程を支える認知機能についても学ぶ必要があるだろう。このような学びは、教員の専門性の向上につながり、学級全体に対する指導の向上に役立つと考えられる。

学習者の学びと関連の深い認知能力の一つにワーキングメモリが挙げられる。ワーキングメモリとは、情報を短時間保持し、同時に処理を行う認知機能であり、会話の理解や読み書き、計算、推論など学習場面において重要な役割を果たしている。学習障害などの発

達障害における認知機能の理解と学習支援にも、その効果が実証されている機能である。例えば、我々の会話は、相手の話を一時的に覚え（保持）、相手の意図をくみ取った上で話を続け（統合）、展開にそって前の情報を忘れていく（削除）。

情報の保持が苦手な場合、教師の指示を忘れやすい、忘れ物や紛失物が多い、読みに時間がかかる、文章の理解に時間がかかる、板書に時間がかかる、文章を考えて書くことが苦手などの問題が生じる。また、情報の統合が苦手な場合、教師の指示や説明、教室内の児童生徒の言動などさまざまな情報の取捨選択（必要な情報に注意を向ける）ができず、課題の遂行が妨げられたり、場違いな言動をすることがある。さらに、情報の削除が苦手だと、自分の興味・関心のあることに過集中してしまい、行動の切り替えが困難になったり、次の授業準備が遅れがちになるなどの行動的特徴が挙げられる。

このような状態は、身体的な問題や心理的な問題によってあらわれることもあるが、ワーキングメモリ機能の弱さを要因として、持続されていることがある。苦手さや困難さがワーキングメモリ機能の問題であると気づかれず、周囲の理解と支援を受けられない状態が続くと、二次障害など問題の拡大につながる場合がある。教員が特性を理解し、適切な環境作りによって、児童生徒の苦手を軽減し、前向きに取り組む姿勢を育てていくことは可能である。

本稿ではワーキングメモリと教科学習との関連について概説し、教職養成課程で学ぶ意義と必要性について考察する。

## Ⅱ ワーキングメモリとは

### 1 構成要素

ワーキングメモリは認知心理学の分野で発展してきた構成概念である。代表的な理論的モデルとしては、Baddeley & Hitch (1974) が挙げられる。その後の改訂を経て、Baddeley, Allen, & Hitch (2011) では、中央実行系、音韻ループ、視空間スケッチパッド、エピソード・バッファの4つが結びついたマルチコンポーネントシステムとして定義されている（図1）。

ワーキングメモリモデルの理論は、課題の遂行を目的として情報処理の過程を検証している点に特徴がある。教師の説明を聞きながらプリントの適切な箇所に板書をする、英語と数学の宿題を1時間で終わらせるなどの行為は、完遂するまで複数の作業に分けられる。その間、必要な言語情報や視覚情報に選択的な注意を向け、当該の課題から意識が逸れないよう思考や外部情報を抑制しなければならない。そして、終了した部分の情報は消去し、注意を次の段階に切り替える必要がある。これらの複雑な情報の統制を行っているのが中央実行系（central executive）である。中央実行系には、情報の一時的な保持と処理を行う以下の3つのサブシステムが機能している。

音韻ループ（言語的短期記憶）は、単語や短い文章、数など、言語化された情報を短い

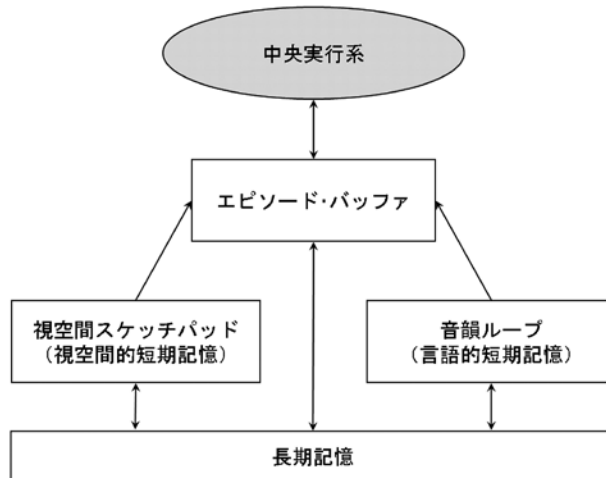


図 1. Baddeley et al. (2011)  
ワーキングメモリ概略図

時間保持し処理する機能をもつ。日常生活の中で電話番号をメモ書きする際、書き終わるまで番号を声に出したり、あるいは頭の中で復唱（リハーサル）して、忘れないように（保持）していることがある。これらは音韻ループのもつ能動的な機能である。このような選択的注意を向けなければ、2秒ほどで消失するとされている。

視空間スケッチパッド（視空間的短期記憶）は、視覚情報（映像や画像など）や空間情報（位置や身体感覚など）、言語化できない非言語情報を一時的に保持し処理している。（人の顔を思い出す、道順を頭の中で展開するなど）

エピソード・バッファは、中央実行系からの調整を受け、長期記憶に保持されている過去の経験や知識・感覚をフィードバックし、それらを活用しながら課題の遂行や問題解決に必要な処理を行っている。音韻ループや視空間スケッチパッドから入力された異なる情報を収集し、長期記憶内の情報をダウンロードして活用し、保持と処理を行う包括的な作業場と仮定されている。

## 2 ワーキングメモリの容量と発達

中央実行系や3つのサブシステムには、それぞれに容量が存在する。各種の知能検査でも用いられている数唱課題を例に考える。数唱課題とは、検査者が口頭で数系列を読み上げ、被検者が提示順に復唱する「順唱」と、提示の逆順で再生する「逆唱」の2種類の課題からなる。ワーキングメモリ理論によると、相対的に、順唱は音韻ループの機能を反映し、逆唱は中央実行系や視空間スケッチパッドの表象機能を反映していると捉えられている。

そして、成長に伴い容量の平均は漸増する。WISC - IV（ウェクスラー式児童用知能検

査)における数唱課題の年齢別平均値を表1に示す。この検査は5歳0ヶ月から16歳11ヶ月までを対象としており、15歳以降の平均値、順唱7桁、逆唱5桁はおおよそ成人の域に達している。

成人と児童(小学校低学年)に対し数唱と算数課題の関連を検証した恵羅・門廻・大庭(2006)によると、成人では、順唱と逆唱、算数の間には互いに正の相関がみられた。つまり、文章題から立式し、暗算を行う算数課題のような高次の認知処理を必要とする場合は、中央実行系とサブシステムが統合されて課題遂行がなされていると考えられる。一方で、小学校低学年の児童では算数と逆唱の間にはのみ正の相関がみられ、逆唱得点が低い児童は、算数得点も低かった。逆唱課題では、まず提示順に数字を覚え(保持)、逆順で再生するという頭の中での操作が必要となる。逆唱の遂行に音韻的短期記憶だけではなく、中央実行系の発達が必要であると仮定すれば、小学校低学年ではこれらの機能発達がまだ未熟な状態であることを示唆している。

算数障害のように知的発達全般に大きな遅れや問題はないが、特定の領域の習得と使用に著しい困難を示すとされている状態が学習障害(Learning Disability)である<sup>2)</sup>。学習障害の原因としては、中枢神経系に何らかの機能障害があると推定されるが、視覚障害、聴覚障害、知的障害、情緒障害などの障害や、環境的な要因が直接の原因となるものではないとされている(文部科学省, 1999)。

表1. 数唱の年齢別平均値(桁)

年齢	順唱	逆唱
5	4	3
6	5	3
7	5	3
8	5	4
9	6	4
10	6	4
11	6	5
12	6	5
13	6	5
14	6	5
15	7	5
16	7	5

### Ⅲ 学習の困難とワーキングメモリを活用した支援

学習障害は主に、読みの困難さを示す読字障害（ディスレクシア）、書きの困難さを示す書字表出障害（ディスグラフィア）、算数・推論の困難さを示す算数障害（ディスカリキュリア）に分類されている。就学前には顕在化しにくいため、障害に気づかれないことも多いが、学年が進むにつれて学習の習得に偏りがみられ、苦手科目の困難さが増すようになる。また、その状態は多様で、複数が併せて現れる場合もある。以下に各障害の特徴とワーキングメモリとの関連について概説する。

#### 1 学習の困難

##### (1) 読字障害

文字の認識や読み、文章の読解までの過程に以下のような状態を示す。①文字の音声化が苦手（形態の似ている字、特殊音節の発音や区別ができないなど）、②文字の細かい識別が苦手（かたまりに見える、逆さまに見える、図形に見えるなど）、③音韻認識が苦手（文字の理解はあるが単語は理解できない）、④漢字の読みの使い分けが苦手（音読みと訓読み）、⑤文の区切りが苦手（単語や文節の途中で区切る、飛ばし読みなど）がみられる。中高生になっても、小学校で習う漢字が読めない、英単語が読めないなどの特徴を示すことがある。

ワーキングメモリとの関連は、音韻ループなど言語性のワーキングメモリの保持と処理に問題がみられることが指摘されている。読みの成立には、文字を音に対応させ音声情報に変換してから発声につなげるため、音節分解や音韻抽出といった音韻認識が欠かせない。また、読解のためには、単語の意味をつなげて文を理解し、複数の文から文章全体に理解を広げていく。その際に、長期記憶から既有知識を活用して状況を整理し、複雑な認知処理がなされていることになる。ワーキングメモリの容量が大きいと、推論により文章の内容以上のことを読み取ることも可能だが、ワーキングメモリの容量が小さいと、文字を音声化することだけに処理資源を配分することになり、読んでいても文章の内容を理解することができない。

##### (2) 書字障害

文字を書くという動作全般、あるいは部分に苦手がある。①誤字脱字や書き順の間違が多い、②板書に時間がかかる、③漢字の構成が覚えられない、④形や大きさが揃えられない、枠からはみ出す、⑤中高生になっても、長い文章が書けない、英単語が書けないなどの特徴を示すことがある。

ワーキングメモリでは、まず、音韻ループなど言語領域のワーキングメモリとの関連が指摘されている。日本語の場合は、漢字など細部の位置情報や書き順などの順序情報を覚える必要があるため、視空間スケッチパッドなど視空間性のワーキングメモリでの保持と処理が不可欠である。さらに、文章を書くためには、長期記憶の知識を活用するなど、複

雑な記憶が関わってくる。

### (3) 算数障害・推論の困難さ

特徴としては、①数概念や規則性の理解が苦手、②計算式で使う記号を認識できない、③数式の操作が苦手、④推論が必要な図形やグラフの理解が苦手、⑤時計が読めない、などが挙げられる。

ワーキングメモリとの関連は、発達の影響が指摘されている。幼児期から小学低学年頃までは、目の前にある具体物を動かしながら数えたり、指を使って計算を行うなど、視覚情報を頼りに、視空間スケッチパッドの活用が多い。また、絵や図など視覚情報が数的処理を実行する助けとなっている。学年が進むと、数量の概念が言語化されていき（数字や記号を扱えるようになり）、言語性のワーキングメモリの役割が大きくなっていく。

## 2 ワーキングメモリを活用した支援

学習障害だけでなく、自閉症スペクトラム障害や注意欠如多動性障害（ADHD）においても、学習面の問題はみられ、ワーキングメモリの容量や機能の偏りが苦手科目と関係すると考えられている。適切な個別支援計画を立てるため、また、学級全体に対する指導の向上においても、学習面の困難さを示す要因とワーキングメモリの関連について、理解していくことは有用である。

湯澤・河村・湯澤（2013）では、学級の中での支援の枠組みを2段階に分けて提案している。

第1段階は「参加の支援」である。学習の前提となる注意の持続や、姿勢の維持など、児童生徒の発達特性に応じた環境整備を行う。例えば、ADHD傾向のある児童生徒は、注意が散漫になりやすいため、集中できる環境を整備する。例えば、教室内の掲示物に授業中はカーテンをするなどの工夫である（写真1・2、枚方市内の小学校の例）。また、自閉症スペクトラム傾向の児童生徒は、時間や行動の見通しがもてない状況や予測が困難



写真1



写真2

な状況では不安になりやすく、学習に集中しづらくなる特徴がある。授業開始時にスケジュールを明示し、今学習している内容が、授業全体のどこに位置するか示すと集中しやすくなる。このようなユニバーサルデザインを用いた工夫は、発達障害を抱える児童生徒だけでなく、多くの児童生徒にとって授業の参加を促すことにつながっていく。

第2段階では、児童生徒の特性に応じて、情報の提示方法を工夫し、習得につなげる支援が提案されている。

### (1) 情報の整理

情報を整理して、児童生徒に伝わりやすくするための工夫として、「情報の構造化」がある。授業の始まりに、学習目標と計画を明示し、授業中に展開される個々の情報につながりをもたせる。授業内の活動が目標に向かって構成されていることを理解し、計画を示し確認しながら進めることで、課題に集中しやすくなる。また、指示は聴覚情報として言葉で伝えるとともに、黒板に書くなど視覚情報としても提示する。このように複数の提示方法を用いて情報を補うことを「情報の多重符号化」という。情報の入力に偏りがある児童生徒に対して、ワーキングメモリ内の得意とする領域で情報を受け取れるようにするためである。

### (2) 情報の最適化

整理された情報を児童生徒が保持し処理しやすくするため、情報を最適化する。ワーキングメモリの負担を減らすために、一度に伝える情報を少なくする。指示は短くし、複雑な課題の場合は細分化する方法に「スモールステップ」がある。しかし、課題を細かいステップに区切ると、課題全体の情報量が多くなったり、学習全体の位置づけが曖昧になる場合がある。そのために、授業の最後に学習した内容をまとめ「情報の統合」を行うことで、記憶に留めるのに役立つ。また、ワーキングメモリの小さい児童生徒は、一度に処理できる情報量に制限があるため、課題にかかる時間設定を調整し「時間のコントロール」を行う。説明を聞く時間と、書く時間を分け、課題が最後まで達成できるように配慮する。

### (3) 記憶のサポート

記憶に留まりやすい有効な方法を児童生徒に伝え、練習し「記憶方略の活用」を促す。音声情報を口頭で繰り返す音声リハーサルを利用したり、何度も書く書記リハーサル、文章を表や図にまとめる多感覚リハーサルなどは、情報をワーキングメモリ内で保持するための有効な記憶方略である。また、授業の始めに前回の授業内容の振り返りを行い、新しい情報をすでに持っている知識と関連づけることで「長期記憶の活用」を促す。板書の仕方やノートの取り方をパターン化することも長期記憶の活用につながり、ワーキングメモリの負担を軽減することができる。このように児童生徒自身の記憶を補助する内的サポートのほかに、「補助教材の活用」による外的サポートがある。計算をする際、解法や公式が書かれたものを参照するなど、覚えておくべき情報や参照すべき情報をカードなどの外部記憶に頼れるよう環境を調整する支援方法である。

#### (4) 注意のコントロール

児童生徒が課題に注意を向け学習の構えを作りやすくするために「**選択的注意**」を行う。全体の指示を出した後、特定の児童生徒に指示を出したり、必要な教材以外は机の中に片付ける、色分けして板書するなどが挙げられる。また、児童生徒自身に自らの学習の理解度や進度をモニタリングするよう促したりする「**自己制御**」がある。ワーキングメモリが小さいと自分の勉強の方法や進み具合を客観的に捉えることが難しく（メタ認知が機能しにくい）、受け身の学習姿勢になりがちである。メタ認知を活用しながら学習に自ら取り組めるように支援することで、自分の特性に応じた学習方法を児童生徒自ら選択できるようになることを目指している。

このように、授業全体の構成や個々の活動の中での時間や課題の量の配分などを工夫したり、指示・発問・説明を理解しやすい方法にすることなどは、従来から学校においてなされてきたことではある。大切なことは、児童生徒の認知特性に合致した指導を行うことであろう。ワーキングメモリに制限や偏りがある児童生徒は、自分の学習があまりうまく機能していないこと、改善の努力もあまり報われないと感じていることが多い。認知特性に合った指導を受けることで、成果が得られれば、学習意欲につながるができるだろう。

### IV 教職課程でワーキングメモリについて学ぶ意義

教職課程の教育心理学は、教育職員免許法に定められた「教職に関する科目」の中で「幼児、児童、生徒の心身の発達および学習の過程（障害を持つ児童、生徒を含む）」を学ぶための科目である。講義は、そのための基礎概念として学習行動の原理および心身の発達の二つを中心として構成され、到達目標として、以下の6つを掲げる。

1. 学習行動の基本理論を理解し要点を説明できる
2. 知識の獲得過程として記憶の仕組み、認知過程の仕組みの基礎を知り、自身の学習活動にも役立てる
3. 幼児期から青年期・成人期に至る各発達段階の特徴と関連理論を説明できる
4. 年齢や発達段階を考慮し、効果的な学習方法について考える
5. 発達障害の種類別に特徴と対応を説明できる
6. 障害特性と個性の相違、個人の環境への適応について考える

ワーキングメモリなど記憶の認知過程などの学習行動の基本理論を理解すれば、自身の学習活動にも活用できる。知識の獲得過程として記憶の仕組み、認知過程の仕組みを知り、その効果を予め実感していれば、教える立場でも、それらの体験を有効に活用できるだろう。個々の児童生徒に対して妥当性の高い指導仮説を作成して実行できる可能性が高まる。



最後に、学習活動を中心とした学校生活では、ワーキングメモリの容量が大きいと活動の助けになる場面が多いが、ワーキングメモリ容量が小さいことが常にマイナスに作用するとは限らない。ワーキングメモリは、注意の配分や制御、統合を行うため分析的な問題解決に適しているが、創造的な問題解決はワーキングメモリ容量に影響を受けないため、過剰な注意の制御や焦点化は問題解決の妨げになるという報告がある (Wiley & Jarosz, 2012)。ワーキングメモリ容量が小さいと、その分時間をかけて創造的な問題解決を思案している可能性がある。個人の苦手を適切に支援し、可能性を伸ばしていくことが教育に求められるとすれば、教師自身の多様な教育観を育むことも大切になるだろう。

#### 注

- 1 「学習面で著しい困難を示す」とは、「聞く」「話す」「読む」「書く」「計算する」「推論する」の一つあるいは複数で著しい困難を示す場合を指し、一方、「行動面で著しい困難を示す」とは、「不注意」、「多動性－衝動性」、あるいは「対人関係やこだわり等」について一つか複数で問題を著しく示す場合を指す。
- 2 DSM-5 (アメリカ精神医学会の精神疾患の診断・統計マニュアル第5版) では、「限局性学習症／限局性学習障害」という診断名に変更された。

#### 引用文献

- Baddeley, A. D. and Hitch, G. J. (1974). Working memory. In G. A. Bower (Ed.) *Recent advances in learning and motivation* (vol. 8, pp. 47-90). Academic Press, New York.
- Baddeley, A. D., Allen, R. J., & Hitch, G. J. (2011). Binding in visual working memory: The role of the episodic buffer. *Neuropsychologia*, 49, 1393-1400
- 惠羅修吉・門廻宏昭・大庭重治 (2006) 「Wechsler 知能検査における算数、順唱、逆唱の関係：成人と小学校低学年の子どもを対象として」『発達障害支援システム学研究』 5 (2), 1-6
- 文部科学省「通常の学級に在籍する発達障害の可能性のある特別な教育的支援を必要とする児童生徒に関する調査結果について」, 2012
- 文部科学省「主な発達障害の定義について」, 1999
- 齊藤智・三宅晶 (2014) 「ワーキングメモリ理論とその教育的応用」湯澤正通・湯澤美紀 編著『ワーキングメモリと教育』第1章 (pp.3-25), 第2章 (pp.27-45), 北大路書房
- 土田幸雄・室橋春光 (2017) 「ワーキングメモリと学習方法の関連性」『子ども発達臨床研究』 9, 47-55
- Wiley, J., & Jarosz, A. F. (2012). Working memory capacity, attentional focus, and problem solving. *Current Directions in Psychological Science*, 2, 258-262
- 湯澤美紀・河村暁・湯澤正通 編著 (2013) 『ワーキングメモリと特別な支援——一人ひとりの学習のニーズに応える——』 北大路書房