

# ワーキングメモリの小さい子どもに対する学習支援

—ワーキングメモリの相対的に小さい小学校1年生の授業態度の分析—

湯澤 正通 青山 之典 伊藤 公一 前田 健一  
中田 晋介 宮谷 真人 中條 和光 杉村伸一郎  
森田 愛子 山田 恭子 近藤 綾 立石 泰之  
木下美和子 三藤 恭弘

## 1. 問題と目的

ワーキングメモリ (working memory) とは、短い時間に心の中で情報を保持し、同時に処理する能力のことである。現在のワーキングメモリ研究の多くは、Baddeley & Hitch (1974) のモデルに基づいている。そのモデルによると、ワーキングメモリは、言語的短期記憶、視空間的短期記憶、中央実行系といった3つの構成要素が結びついたシステムである。言語的短期記憶は、数、単語、文章といった音声で表現される情報を保持し、視空間的短期記憶は、イメージ、絵、そして位置に関する情報を保持する。一方、中央実行系は、注意をコントロールし、高次の処理に関わっている。言語的短期記憶と中央実行系の働きを合わせて、言語性ワーキングメモリと呼ばれ、他方で、視空間的短期記憶と中央実行系の働きを合わせて、視空間性ワーキングメモリと呼ばれる。

近年の多くの研究から、ワーキングメモリが、小学校から中学校までのすべての学齢期で、国語 (読み書き)、算数 (数学)、理科などでの子どもの学習進度と密接に関連していること、そして、ワーキングメモリの小さい子どもの多くが学習遅滞や発達障害のリスクを抱えていることが明らかになっている (Gathercole & Alloway, 2008; Dehn, 2008; Pickering, 2006)。例えば、Alloway, Gathercole, Kirkwood, & Elliott (2009) は、5歳~11歳の子ども3189名に対して言語性ワーキングメモリのスクリーニングテスト (数字の逆唱課題およびリスニングスパンテスト) を行った。そして、得点が10パーセント以下の子ども308名を対象に、視空間性ワーキングメモリ、知能 (IQ)、語彙量、読みや算数の学力、授業中の態度などを調べた。その

結果、これらの子どもは、言語性ワーキングメモリのみならず、視空間性ワーキングメモリの得点も低く、読みや算数の学力も全般に低かった (それぞれの標準得点の全年齢平均78.62, 79.41)。また、IQや語彙量の影響を統制しても、ワーキングメモリの得点は、読みや算数の学力の個人差を説明した。さらに、これらのワーキングメモリの小さい子どもは、「気が散りやすい」、「勉強に集中できない」、「課題を最後までできない」、「学習の計画を立てたり、見直したりすることができない」と担任の教師から見なされる傾向が強かった。

一方、日本においては、ワーキングメモリと学習障害との関連性を示す研究はあるものの (例えば、河村・中山・前川, 2004)、学校教育場面における実践的な研究はいまだ行われていない。欧米の研究から、ワーキングメモリの小さい子どもは、一般に「落ち着きがない」ことが指摘されているが、日本の小学校の授業のように、長時間じっと座って教師の話の聞かなければならないような環境では、そのような態度が一層顕著に見られることが予想される。文部科学省の2003年調査によると、通常学級に在籍する小中学生の中で、「発達障害児」 (知的な遅れはないが学習面や行動面で著しい困難を示す) として報告された児童・生徒数は、約6%にのぼる。こうした「発達障害児」の多くは、ワーキングメモリが小さく、そのことがまさに学習遅滞を引き起こしていることが示唆されている。今日の日本の学校教育では「発達障害児」に対する支援のあり方を考えることが緊急の課題となっているが、ワーキングメモリの小さい子どもの授業態度を明らかにすることは、「発達障害児」に対する支援の

Masamichi Yuzawa, Yukinori Aoyama, Koichi Ito, Kenichi Maeda, Shinsuke Nakata, Makoto Miyatani, Kazumitsu Chujo, Shinichiro Sugimura, Aiko Morita, Kyoko Yamada, Aya Kondo, Yasuyuki Tateishi, Miwako Kishita, Yasuhiro Mito: Learning supports for children with poor working memory: Analyses of classroom behavior of first graders with relatively poor working memory

枠組みを構築する第一歩となる。

本研究の目的は、クラスでワーキングメモリの相対的に小さい子どもが日本の小学校授業場面でのどのような行動を示すのかを明らかにすることである。それによって、ワーキングメモリが小さく、将来の学習遅滞や発達障害のリスクを抱える子どもに早期の支援を与える枠組みを構築するための基礎データを収集する。

## 2. 研究の方法

### 参加者

小学校1年生2クラス79名（男子39名、女子40名）が研究に参加した。

### ワーキングメモリアセスメント

Automated Working Memory Assessment (AWMA) (Alloway, 2007) の日本語版を用いて、参加者のワーキングメモリアセスメントを行った。AWMAは、ワーキングメモリの4つの構成要素をそれぞれ測定する3課題、合計12課題から構成されるコンピュータベースのテストである。課題は、コンピュータによってコントロールされ、参加者の反応の正誤を実施者がコンピュータに入力することで、参加者の得点が自動的に計算された。

#### 1) 言語的短期記憶 (SM)

- ・ **Digit Recall** : 参加者は、音声提示された数字の系列を同じ順序で再生することを求められた。提示される数字の数が順次多くなった。
- ・ **Nonword Recall** : 参加者は、2音節からなる無意味言葉の音声刺激を口頭で反復することを求められた。提示される無意味言葉の数が順次多くなった。
- ・ **Word Recall** : 参加者は、2音節からなる言葉の音声刺激を口頭で反復することを求められた。提示される言葉の数が順次多くなった。

#### 2) 言語性ワーキングメモリ (WM)

- ・ **Listening Recall** : 参加者は、短い文章を聞いて、その文の正誤を判断してマル・バツで答えた後、文頭の単語を口頭で再生した。提示される文章の数が順次多くなった。
- ・ **Backward Digit Recall** : 参加者は、音声提示される数字の系列を逆順に再生した。提示される数字の数が順次多くなった。
- ・ **Counting Recall** : 参加者は、丸と三角の配列中の赤い丸を数え、そして、複数の配列で数えた後、すべての数を順番通りに再生することを求められた。配列の数が順次多くなった。

#### 3) 視空間的短期記憶 (SM)

- ・ **Dot Matrix** : 参加者は、パソコン画面上の4×4のマスの目の中に表れる刺激の位置を覚えることを求

められた。刺激の数が順次多くなった。

- ・ **Maze Memory** : 参加者は、画面上の迷路の中、刺激と同じルートを目指して進むことを求められた。ルートが次第に長くなった。
  - ・ **Block Recall** : 参加者は、ブロックの位置を正しく、順番通りに再生することを求められた。再生するブロックの数が次第に多くなった。
- #### 4) 視空間性ワーキングメモリ (WM)
- ・ **Odd One Out** : パソコン画面上の、横に3つ並んだマス目の中に現れる3つの形のうち、仲間はずれの形を判別し、その位置を覚えた。
  - ・ **Mister X** : 参加者は、青い帽子のミスターXが黄色い帽子のミスターXと同じ手にボールを持っているかどうかを判断した後、青い帽子のミスターXの持っていたボールの位置を再生することを求められた。再生するボールの数が次第に多くなった。
  - ・ **Spatial Recall** : 参加者は、左側の図形と右側の図形が同じか、反対であるかどうかを判断した後、赤い点の位置を再生することを求められた。再生する赤い点が次第に多くなった。

45分のセッション2回のうちに終了した課題の得点の平均を4つの構成要素別に求め、その参加者のワーキングメモリ得点とした。4つの構成要素の合計点がそれぞれのクラスで最も少ない者を3名ずつ選び、観察対象児とした。1組の観察対象児A～C、2組の観察対象児D～Fのワーキングメモリプロフィールを表1に示した。

### 授業観察

参加者2クラスの国語と算数の授業、合計37時間で観察を行った。観察を行った単元を表2～5に示す。観察では、観察者1名が教室斜め前に座り、教師または児童の発話に応じて、観察対象児の挙手および授業態度のコード化を行った。また、ビデオを教室後ろに設置し、教師の発話を記録した。

#### 1) 挙手

教師が明示的に発問を行った場面、または明示的に発問は行わないが、いずれかの児童が挙手を行い、発言を求めた場面を挙手場面とし、その場面で、観察対象児が挙手を行ったかどうかを記録した。

#### 2) 授業態度

教師の発問以外の、クラス全体に向けた発話場面を、「教師説明」と「教師指示」に分けた。「教師説明」は、課題や教材についての説明を行う場面であり、「教師指示」は、教科書を読むなど児童に具体的な行動を指示するものである。また、教師が板書する場面を「板書」とし、観察対象児以外の児童の発言する場面を「他児発言」とした。「教師説明」および「他児発言」

表1 観察対象児のワーキングメモリプロフィール

	言語的 SM	言語性 WM	視空間的 SM	視空間性 WM	合計得点
A	-0.26	-0.07	-2.26	-2.26	-1.45
B	-1.70	-0.71	-1.46	-1.54	-1.79
C	-0.22	-1.08	-2.73	-2.27	-2.43
D	-0.47	-1.64	-2.19	-2.59	-2.14
E	-1.22	-0.77	-1.80	-1.45	-1.63
F	-1.31	-0.95	-1.69	-2.33	-1.98

注. それぞれのクラスで平均0, 標準偏差1となるように標準化した得点

に対して、観察対象児が聞いていると判断できる場合、「授業参加」とコード化し、観察対象児が聞いていないと判断できる場合、「授業不参加」とコード化した。どちらも判断できない場合は、観察回数に含めなかった。また、「教師指示」に対して、指示に応じた行動を行った場合、および「板書」に対して、ノートに記載している場合、「授業参加」とコード化し、指示に応じた行動やノートの記載を行っていない場合、「授業不参加」とコード化した。どちらも判断できない場合は、観察回数に含めなかった。

#### 観察対象児に対する介入支援

ワーキングメモリの相対的に小さい子どもに対する支援方法を考えるために、観察した授業の後半(11/17以降)で介入支援を試みた。観察対象児は、視空間性WMに比べて、言語性WMの得点が相対的に高かったことから、言語情報の方が理解しやすいと考えられた。また、前半の授業の観察から、観察対象児は、発問場面で全般に挙手率が低く、他児の発言を聞いていないことが多かったことから、教師の発問を十分理解していない可能性が考えられた。そこで、1組の国語、算数の授業、2組の国語の授業で、観察対象児が発問場面で挙手を行わなかった場合、担当教師が他児の発言(発問に対する回答)を引用したり、振り返ったりすることで、元の発問の言い換えを適宜試みた。

### 3. 結果と考察

全発問場面のうち、観察対象児が挙手をした場面の割合、および全観察回数のうち、「授業参加」と判断された回数の割合を、クラスおよび教科別に示したのが表2～5である。表2～5を見ると、観察対象児内で、国語や算数の各授業、また国語と算数の授業間で挙手率および授業参加率に大きな変動は見られないが、観察対象児間では、挙手率および授業参加率に大きな違いが見られる。まず、AとCは、発問場面での平均の挙手率が10%台で、挙手をするのが少ないが、授業参加率は高く、教師の指示通りの行動をし、教師や他児の発言に耳を傾けていた。一方、Bは、発問場

面での平均の挙手率が国語で60%、算数で71%であり、よく手を挙げ、かつ、授業参加率も、全般に高くなっている。それに対して、DとEは、発問場面での平均の挙手率が国語で10%台、算数で10%以下であり、手を挙げるのが少なく、かつ、授業参加率も半分以下で、少なくなっている。Fは、平均の挙手率が30%前後、授業参加率が60%台で、D、Eの挙手率や授業参加率よりもやや高くなっている。

上記のようなA～Fの授業態度は、表1のワーキングメモリプロフィールとは完全には一致せず、言語性WMや視覚性WMの相対的な低さが必ずしも挙手率の低さや授業参加率の低さを予想しない。Bの言語性WMと視覚性WMは、他の観察対象者よりも相対的に高い方であるが、Aの言語性WMよりも低い。Dの言語性WMと視覚性WMは、観察対象者の中で最も低い。同様に、両者が低いCの授業参加率はかなり高くなっている。

次に、授業参加についてより詳細な分析を行った。すなわち、「板書」、「教師説明」、「教師指示」、「他児発言」に分けて、観察回数のうち、「授業参加」と判断された回数の割合を、クラスおよび教科別に求めた。その結果を示したのが表6～9である。4種類の場面のうち、「板書」と「教師指示」での授業参加率はいずれの観察対象児においても全般に50%以上であり、高くなっている。すなわち、すべての観察対象児が教師の指示を理解し、指示に応じた行動を行っていた。これは、教師が短い言葉で的確に言語的な指示を行っていたこと、観察対象児の言語性WMが、クラス内で相対的に低いが、年齢の標準的な発達範囲内であると考えられることがその理由であろう。他方で、「教師説明」、「他児発言」の場面では、ほとんどの観察対象児の授業参加率が低下した。その傾向は、A以外の観察対象児で特に顕著であった。このことは、ワーキングメモリの相対的に小さい子どもにとって、課題や教材についての教師の説明や他児の発言を聞くことが容易でないこと、その点に着目した学習支援や授業改善が有益であることを示している。

表2 1組国語授業における観察対象児の挙手および授業態度

日	単元	発問 場面	挙手率			観察 回数	授業参加率		
			A	B	C		A	B	C
11/5	くらしをまもるくるま	42	.16	.76	.13	37	.77	.70	.76
11/11	みぶりでつたえる	33	.21	.61	.15	35	.91	.44	.62
11/12	書写	2	-	-	-	37	.76	.85	.87
11/12	書写	2	-	-	-	44	.86	.67	.75
11/12	書写	0	-	-	-	36	.75	.89	.86
11/17	みぶりでつたえる	26	.00	.52	.04	43	.78	.58	.80
11/18	みぶりでつたえる	20	.25	.45	.35	33	.94	.73	1.00
11/24	みぶりでつたえる	33	.12	.72	.21	45	.96	.89	1.00
11/25	はたらくじどうしゃ	34	.18	.72	.21	36	1.00	.79	.91
11/26	はたらくじどうしゃ	33	.21	.61	.29	40	.73	.62	.64
11/29	漢字	39	.03	.56	.08	51	.84	.50	.68
	平均		.14	.60	.17		.84	.70	.81

表3 1組算数授業における観察対象児の挙手および授業態度

日	単元	発問 場面	挙手率			観察 回数	授業参加率		
			A	B	C		A	B	C
11/4	引き算	30	.00	.86	.00	44	.82	.70	.70
11/8	引き算	30	.25	.85	.10	40	.84	.59	.86
11/11	引き算	28	.33	.50	.07	44	.84	.46	.44
11/15	引き算	34	.18	.61	.17	36	.83	.41	.61
11/17	引き算	21	.10	.67	.24	35	.85	.97	.81
11/24	引き算	17	.12	.71	.29	36	.88	.89	.82
11/25	足し算と引き算	36	.06	.64	.17	56	.98	.69	.98
11/29	引き算	40	.08	.85	.23	36	.69	.51	.64
	平均		.14	.71	.16		.84	.65	.73

表4 2組国語授業における観察対象児の挙手および授業態度

日	単元	発問 場面	挙手率			観察 回数	授業参加率		
			D	E	F		D	E	F
11/4	くらしをまもるくるま	42	.25	.15	.33	57	.32	.23	.46
11/5	くらしをまもるくるま	41	.16	.08	.41	45	.29	.30	.68
11/8	くらしをまもる車	54	.43	.40	.32	25	.64	.58	.75
11/11	漢字学習	31	.10	.03	.42	48	.21	.57	.53
11/12	みぶりでつたえる	0				43	.74	.72	.74
11/18	書写	13	.15	.08	.23	32	.43	.39	.59
11/18	みぶりでつたえる	43	.02	.09	.14	63	.20	.58	.52
11/25	漢字	9	.11	.11	.22	21	.20	.50	.81
11/26	みぶりでつたえる	61	.26	.21	.57	51	.39	.27	.73
11/26	はたらくじどうしゃ	35	.12	.40	.14	16	.44	.63	.56
	平均		.18	.17	.31		.39	.48	.64

表5 2組算数授業における観察対象児の挙手および授業態度

日	単元	発問 場面	挙手率			観察 回数	授業参加率		
			D	E	F		D	E	F
11/4	引き算	29	.17	.10	.28	41	.27	.20	.59
11/8	引き算	28	.21	.13	.26	44	.34	.43	.44
11/11	引き算	23	.13	.17	.35	37	.34	.53	.73
11/15	引き算	17	.00	.12	.53	48	.48	.46	.78
11/17	引き算	9	.00	.00	.11	19	.47	.56	.72
11/18	引き算	10	.00	.10	.10	19	.26	.29	.68
11/24	引き算	22	.00	.00	.23	44	.28	.24	.57
11/25	引き算	23	.23	.04	.39	30	.42	.38	.72
	平均		.09	.08	.28		.36	.39	.65

表6 1組国語授業における観察対象児の場面別授業態度（授業参加率）

	板書			教師説明			教師指示			他児発言		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
11/5				.60	.25	1.00	.73	.82	.91	.83	.72	.63
11/11				.67	.33	.50	1.00	.75	1.00	.96	.42	.60
11/12				.50	.33	.50	.84	1.00	.96	-	-	-
11/12				.80	.20	.60	.87	.85	.77	-	-	-
11/12				-	-	-	.74	.91	.86	-	-	-
11/17				.69	.67	.69	.88	.75	1.00	.80	.44	.79
11/18				1.00	.71	1.00	.92	1.00	1.00	.91	.40	1.00
11/24				.88	1.00	1.00	1.00	.89	1.00	.96	.85	1.00
11/25	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	.80	1.00	.83	1.00	.67	.92
11/26				.69	.67	.69	.88	.75	1.00	.80	.44	.79
11/29				.67	.00	.33	.89	.78	.89	.82	.40	.59
平均	1.00	1.00	1.00	.75	.52	.73	.87	.86	.93	.89	.54	.79

表7 1組算数授業における観察対象児の場面別授業態度（授業参加率）

	板書			教師説明			教師指示			他児発言		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
11/4	1.00	1.00	1.00	.80	0.60	.40	1.00	.57	.86	.76	.72	.69
11/8	1.00	1.00	1.00	.80	0.57	1.00	1.00	.90	1.00	.76	.43	.77
11/11	1.00	1.00	1.00	.86	0.33	.14	1.00	.67	1.00	.79	.42	.37
11/15	1.00	1.00	1.00	-	-	-	.82	.91	.91	.82	.14	.45
11/17	1.00	1.00	1.00	.50	1.00	.50	.83	1.00	.91	.90	.95	.78
11/24	.75	1.00	.75	.50	1.00	.50	.85	1.00	1.00	1.00	.67	.71
11/25	.50	.50	1.00	1.00	0.88	1.00	1.00	.80	1.00	1.00	.58	.96
11/29	1.00	1.00	1.00	.57	0.29	0.71	.71	.43	.71	.67	.53	.50
平均	.91	.94	.97	.72	.67	.61	.90	.79	.92	.84	.56	.65

表 8 2 組国語授業における観察対象児の場面別授業態度（授業参加率）

	板書			教師説明			教師指示			他児発言		
	D	E	F	D	E	F	D	E	F	D	E	F
11/4	1.00	.33	1.00	.43	.29	.29	.88	.75	1.00	.13	.11	.33
11/5				.25	.00	.40	.50	.50	1.00	.27	.31	.67
11/8				1.00	.25	.50	.67	.76	.83	.00	.00	.50
11/11				.33	.83	.50	.50	1.00	.75	.16	.49	.53
11/12				.50	.33	.17	.80	.83	.94			
11/18							.58	.85	.85	.33	.06	.42
11/18				.25	.75	.50	.67	.85	.86	.07	.49	.42
11/25				.00	.00	.33	.40	.78	1.00	.00	.33	.75
11/26				.75	.50	.75	.60	.20	1.00	.28	.23	.69
11/26				1.00	.00	.00	.60	.80	.90	.00	.40	.00
平均	1.00	.33	1.00	.50	.33	.38	.62	.73	.91	.14	.27	.48

表 9 2 組算数授業における観察対象児の場面別授業態度（授業参加率）

	板書			教師説明			教師指示			他児発言		
	D	E	F	D	E	F	D	E	F	D	E	F
11/4	1.00	1.00	1.00	.25	.00	.75	.56	.44	.78	.15	.11	.48
11/8	1.00	1.00	1.00	.17	.75	.25	.57	.43	.62	.24	.18	.41
11/11				.50	1.00	1.00	.63	.75	.70	.24	.42	.72
11/15				.00	.00	.50	.78	.73	.96	.06	.06	.50
11/17							.70	1.00	1.00	.22	.00	.38
11/18				.00	.00	.67	.25	.71	1.00	.38	.00	.38
11/24				.00	.14	.43	.78	.64	.73	.16	.09	.54
11/25				.00	.00	.00	.83	1.00	1.00	.33	.18	.69
平均	1.00	1.00	1.00	.13	.27	.51	.64	.71	.85	.22	.13	.51

#### 4. 今後の課題

本研究の結果から、ワーキングメモリの相対的に小さい子どもにとって、課題や教材についての教師の説明や、他児の発言を聞くことが容易でないことが示唆された。このような子どもに対する支援として、本研究では、観察対象児が発問場面で挙手を行わなかった場合、担当教師が他児の発言（発問に対する回答）を引用したり、振り返ったりすることで、元の発問の言い換えを試みたが、授業観察の後半で、挙手率や授業参加率に大きな変化は見られなかった。今後、教師による発問や観察対象児の態度を詳細に分析し、支援方法を具体的に考えていくことが課題である。

#### 5. 引用文献

Alloway, T.P. (2007). *Automated Working Memory Assessment*. London: Psychological Corporation.  
 Alloway, T.P., Gathercole, S.E., Kirkwood, H., & Elliott, J. (2009). The cognitive and behavioral characteristics of children with low working

memory. *Child Development*, 80, 606-621.  
 Baddeley, A.D., & Hitch, G.J. (1974). Working memory. In G.A. Bower (Ed.), *Recent advances in learning and motivation Vol.8* (pp.47-90). New York: Academic Press.  
 Dehn, M.J. (2008). *Working memory and academic learning: Assessment and intervention*. Hoboken, NJ: Wiley.  
 Gathercole, S.E. & Alloway, T.P. (2008). *Working memory & learning: Practical guide for teachers*. London: SAGE Publications. 湯澤正通・湯澤美紀 (訳) 2009 ワーキングメモリと学習指導 京都：北大路書房  
 河村 暁・中山 健・前川久男 (2004). 児童期のLD児におけるワーキングメモリ測定の試み LD研究, 23, 79-90.  
 Pickering, S.J. (ed.) (2006). *Working memory and education*. Burlington, MA: Academic Press.