

原 著

## 計算課題の前後における作動記憶の変化 —健常者に対する試行的調査—

### Change in working memory after calculation tasks: A pilot study by the healthy adult volunteers

水野 貴子<sup>1)</sup> 上 島 健<sup>1)</sup>

**要約：**計算課題実施の前後にWAIS-Ⅲの作動記憶検査（算数、数唱、語音整列）を健常成人に実施し、検査結果の変化について検討した。計算課題の前後における比較では、算数において有意な差はみられなかったが、数唱、語音整列、作動記憶結果では、計算課題後の得点が有意に高かった（ $p<0.05$ ）。算数では、暗算の要素が求められ、単なる計算課題を行うだけでは作動記憶の得点には結びつかない。一方、数唱、語音整列では、計算課題により作動記憶の向上につながる可能性が示唆された。また、計算課題に対する誤答は少なく、実施時間と誤答数には相関がみられなかった。課題を速く行う指示により、前頭前野の賦活が期待されている。今回の計算課題からも作動記憶を活性化することが考えられ、認知症高齢者に対して作業療法を行う前に、できるだけ速く簡単な計算課題を実施し、作動記憶を活性化させることにより、作業療法の効果が向上する可能性があると考えられた。

**Key Words：**作動記憶、計算課題、WAIS-Ⅲ

## I. はじめに

認知症とは、一度発達した知的機能が、脳の器質的障害によって広汎に継続的に低下した状態のことである<sup>1)</sup>。認知症の中核症状の一つは記憶障害であり、日常生活において多くの支障をきたしている。記憶は、認知心理学の立場によると、時間的側面から短期記憶と長期記憶とに分類される<sup>2)</sup>。短期記憶は通常20～30秒以内

という短期間の情報を一時的に保持することであり、長期記憶は短期記憶以上の長期間情報を保持するものである。入力された記憶情報は、感覚記憶としてごく短期間保持され、選択的注意によって選び出されたものだけが短期記憶として一定期間保持される。しかし、短期記憶容量には制限があり、リハーサル（内的反復）が行われなければ、その情報は短期間（15～30秒）で消失してしまう。これは、情報を入力されたときの特殊な状態のまま、一時的に保存するシステムであり、新しい情報が刻々と入力されてくると、前の情報は貯蔵庫から押し出され、忘れてしまう結果となる<sup>2)</sup>。

Baddeley<sup>3)</sup>が提唱した作動記憶（Working

---

Takako Mizuno  
大阪河崎リハビリテーション大学  
リハビリテーション学部 作業療法学専攻  
E-mail : mizunot@kawasakigaku.ac.jp  
1)リハビリテーション学部 作業療法学専攻

Memory) は、短期記憶から発展した概念で、出された刺激の内容を一時的に憶え、「刺激に関する情報」と必要に応じて「過去の記憶から引き出した情報」をアクティブに保持し、それに基づいて問題解決のための情報を操作するという過程が含まれるものである<sup>4)</sup>。つまり、作動記憶とは一般的に「広範な認知活動において認知的処理と処理されている情報の保持の両者に関与するシステム」<sup>5)</sup>と定義され、情報を維持しながら同時に処理する作業プロセスと解釈されるものである。

認知症を含む認知機能障害に対するリハビリテーションの報告は数多くある。その中では計算課題がよく用いられ、これらは脳の前頭前野を活性化し、認知機能・記憶機能の維持・向上に有効である<sup>6)</sup>。認知症のリハビリテーションと作動記憶との関連の報告<sup>7-9)</sup>は少ないが、吉田らの報告<sup>10-12)</sup>によると、認知症高齢者に対する学習療法では、音読や計算課題を継続的に実施することにより、認知機能向上や維持を期待できることを報告している。学習療法とは、「音読と計算を中心とする教材を用いた学習を、学習者と指導者がコミュニケーションを取りながら行うことにより、学習者の認知機能やコミュニケーション機能、身辺自立機能などの前頭前野の機能・改善をはかるものである」と定義されている<sup>13)</sup>。学習療法による認知機能向上・維持の要素として、作動記憶が深く関与していると考えられ、このような変化は、健常者にも同様に期待できる側面があると考えられる。

そこで今回、健常者に対して計算課題の前後における作動記憶の変化について検討し、知能検査における作動記憶検査が、計算課題後に改善するという仮説を立てて検証したので報告する。

## Ⅱ．対象と方法

対象は、本研究の趣旨を説明の上、文書にて同意を得られた健常成人9名である。対象者の平均年齢は $21.7 \pm 0.5$ 歳、男性5名、女性4名である。大阪河崎リハビリテーション大学研究倫理規定に基づいて本研究を実施した(OKRU-121-04)。

方法は、日本版WAIS-Ⅲ成人知能検査(以下、WAIS-Ⅲ)のうち、作動記憶検査(算数、数唱、語音整列)を対象者に実施し、その翌日以降、月刊DAY(2009年9月号)における計算課題<sup>14)</sup>(以下、計算課題)を実施した。計算課題では、間違わないように正解を記入するとともに、できるだけ速く記入するように依頼し、実施時間(秒)を測定し、誤答数を確認した。計算課題は、図1～3に示す1～2桁混じりの加減計算、マス計算、加減乗除記号の記入を行った。計算課題の直後に、同様の作動記憶検査を再度実施した。採点結果はWAIS-Ⅲの採点基準に従い、各検査結果(算数、数唱、語音整列)を求め、その合計点を群指数である作動記憶結果として算出した。

統計的解析では、各検査結果(算数、数唱、語音整列)及び、作動記憶結果について、それぞれ計算課題の前後で比較し、Wilcoxon符号順位検定を行った。また、全ての計算課題(110問)の実施時間と誤答数について、Pearsonの相関分析を用いて相関を調べた。統計解析にはSPSS 15.0J for Windowsを使用し、有意水準を5%未満とした。

### 足し算・引き算

名前( ) 年 月 日

①	7	+	5	=
②	8	-	1	=
③	5	+	16	=
④	17	-	7	=
⑤	4	+	16	=
⑥	2	+	8	=
⑦	5	+	18	=
⑧	2	+	9	=
⑨	15	-	5	=
⑩	18	+	9	=
⑪	18	-	11	=
⑫	19	+	11	=
⑬	18	-	16	=
⑭	14	+	13	=
⑮	16	+	11	=

### 足し算

名前( ) 年 月 日

①	11	+	5	=
②	16	+	7	=
③	3	+	19	=
④	7	+	10	=
⑤	1	+	18	=
⑥	7	+	4	=
⑦	16	+	0	=
⑧	14	+	9	=
⑨	17	+	3	=
⑩	6	+	1	=
⑪	10	+	8	=
⑫	14	+	3	=
⑬	11	+	7	=
⑭	20	+	7	=
⑮	7	+	3	=

図1 加減計算  
加減計算の実施例（文献<sup>14)</sup>より引用）

### 縦列の数と横列の数を計算しましょう

実施日 年 月 日      名前( )

①

+	12	8	15
8			
3			

②

-	17	16	9
6			
4			

③

+	8	15	12	18	5	17	19	14
14								
8								
12								

④

-	36	28	39	46	38	45	26	47
12								
25								
13								

図2 マス計算  
マス計算の実施例（文献<sup>14)</sup>より引用）

計算記号を入れよう

答えが合うように□に計算記号(+・-・×・÷)を入れましょう

実施日

年

月

日

名前 (

)

①

6

□

7

=

13

⑪

12

□

2

=

24

②

8

□

5

=

40

⑫

8

□

5

=

13

③

12

□

7

=

5

⑬

19

□

8

=

11

④

6

□

6

=

36

⑭

49

□

7

=

7

⑤

4

□

9

=

13

⑮

3

□

3

=

6

⑥

7

□

6

=

1

⑯

15

□

4

=

11

⑦

8

□

8

=

64

⑰

3

□

3

=

0

⑧

9

□

12

=

21

⑱

7

□

4

=

28

⑨

7

□

7

=

14

⑲

16

□

4

=

20

⑩

5

□

5

=

10

⑳

7

□

3

=

10

図 3 加減乗除記号の記入  
加減乗除記号の記入の実施例（文献<sup>14)</sup>より引用）

Ⅲ. 結果

WAIS-Ⅲの各検査結果を表 1 に示す。計算課題の前後における比較では、算数においては有意差はみられなかったが、数唱、語音整列、作動記憶において、計算課題後の得点が有意に高

かった（ $p<0.05$ ）。計算課題の平均誤答数は $1.9\pm2.0$ 個、平均実施時間は $231.4\pm49.0$ 秒であった。誤答数と実施時間の相関は、相関係数が $r=-0.204$ であり、有意な相関はみられなかったが、負の相関、すなわち解答が速いと誤答率が高くなる傾向が窺えた。相関図を図 4 に示す。

表 1 計算課題前後のWAIS-Ⅲ検査結果

n = 9

算数		数唱		語音整列		作動記憶	
計算課題前	計算課題後	計算課題前	計算課題後	計算課題前	計算課題後	計算課題前	計算課題後
16.2±3.0	17.2±3.2	16.0±2.4	17.3±2.6	11.6±1.7	12.8±1.4	43.8±5.8	47.3±5.8
N.S		p<0.05		p<0.05		p<0.05	

N.S: Not Significant

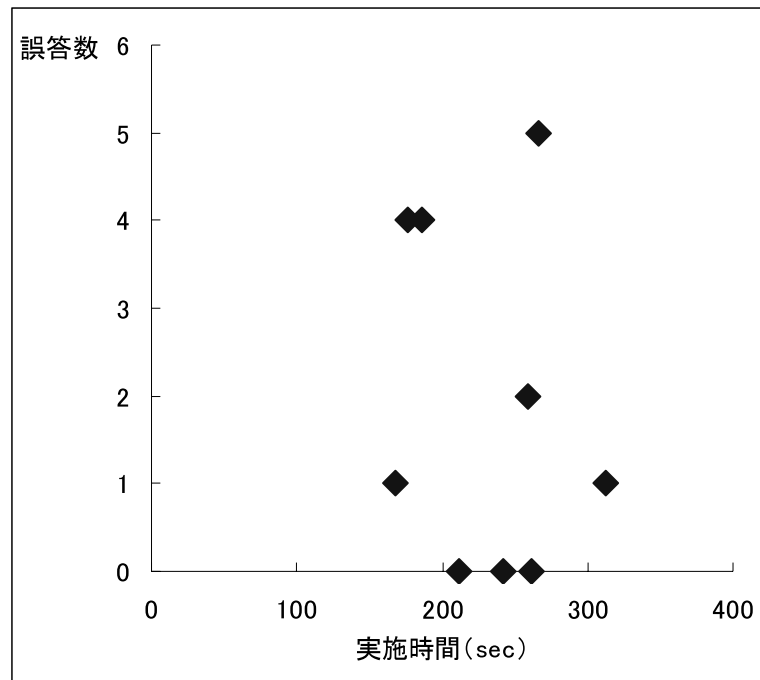


図4 誤答数と実施時間の相関

相関係数  $r = -0.204$  であり、誤答数と実施時間に相関はみられない。

#### IV. 考察

WAIS-Ⅲでは、WAIS-Rからの改訂に伴い、「行列推理」、「語音整列」、「記号探し」の下位検査が追加され、その結果はIQ（全検査IQ、言語性IQ、動作性IQ）に加えて、認知機能をより詳しく調べるための指標である群指数（言語理解、知覚統合、作動記憶、処理速度）が追加された<sup>15)</sup>。WAIS-Ⅲの下位検査を実施する上で、基本検査（1. 絵画完成、2. 単語、3. 符号、4. 類似、5. 積木模様、6. 算数、7. 行列推理、8. 数唱、9. 知識）を決められた順序で必ず実施し、検査の目的に応じてその他の下位検査（10. 絵画配列、11. 理解、12. 記号探し、13. 語音整列、14. 組合せ）を行うと定められている。これは、言語性検査と動作性検査を交互に実施し、被験者の検査中における興味や関心を維持するためである<sup>15)</sup>。しかしながら、WAIS-Ⅲ検査における全の下位検査を実施すると、平均80分もの時

間を要するため心身の疲労が伴い、被験者の負担が大きい<sup>15)</sup>。このため、認知症高齢者に対しWAIS-Ⅲを実施することに困難が予想される。このことが、WAIS-Ⅲに関する先行研究が少ない理由であると考えられる。

今回、我々はWAIS-Ⅲの下位検査から、作動記憶に関する下位検査（算数、数唱、語音整列）を抽出し、作動記憶の結果について、計算課題の前後における変化について表1の結果を得た。算数では、計算課題前後で有意な差はみられなかった。算数は、一連の文章題を口頭で提示し、被験者は紙と鉛筆等を使わずに暗算で、制限時間内に口頭で答えるものである<sup>15)</sup>。このため、暗算を中心とした作動記憶を活用する必要があり、文章題で指示された数値を記憶して計算することが必要である。しかし、今回実施した計算課題では、筆記における計算であり、WAIS-Ⅲの算数においては、暗算の要素が大きい、介入の成果として反映しなかったものと考えられる。また、計算課題により作動記憶が活用さ

れ、算数に反映されていた可能性はあるが、解き方が分からないために介入の成果として反映しなかったものと考えられる。

被験者によっては、指を使って手や机に書く仕草をしている者もいたが、そのような行為は、WAIS-Ⅲ検査では禁止されていない。しかし、そのような代償動作を使用しなければ作動記憶が活用できないとすれば、代償動作を行った被験者と、行っていない被験者では作動記憶機能の差がある可能性があると考えられる。また、日常生活における買物等で暗算が求められ、認知症高齢者ではこのような応用場面において金銭管理が困難となる場合が考えられる。この場合、指を使って手や机に書く仕草等の代償動作により、暗算が行いやすくなる可能性もあるので、作業療法介入としての有効性が考えられる。

数唱と語音整列では、計算課題後において得点が有意に増加した ( $p<0.05$ )。数唱は、順唱、逆唱の2つの課題から成っており、語音整列は、1) 読み上げた数字を小さいものから大きいものに並べ替える、2) かなを50音順に並べ替える、3) 数字とかなの両方を並べ替えるという3種類の課題からなる。今回の計算課題では、1～2桁混じりの加減計算(図1)、マス計算(図2)、加減乗除記号の記入(図3)を実施し、平均約4分程度の短時間で実施した。この計算課題による介入が練習となり、一時的な記憶保持や処理を行う作動記憶を活用したため、計算課題後の数唱と語音整列は、処理しやすい環境であったと考えられる。

作動記憶の検査結果は、計算課題後で得点が有意に増加した ( $p<0.05$ )。これは、算数、数唱、語音整列の合計点で表わされるものであるため、前述の結果に影響したと考えられる。作動記憶はある現実の目的を達成するための志向性を常にもっており、目標志向的な課題解決に不可欠な働きである<sup>16)</sup>。そのため、生活の様々な場面に深く関わるものであり、会話、文章の

理解、プランニング、推理、判断、思考など、認知課題遂行へ直接的に影響を及ぼすと考えられる。吉田ら<sup>12)</sup>は、計算課題が前頭前野を活性化し、それが認知機能にも活性化をもたらし、さらには日常生活の質にも望ましい影響がもたらされると考えている。前頭前野、特に背外側部は情報の操作・処理に中核的な役割を果たしているとされており<sup>2)</sup>、作動記憶の中核を担っていると考えられている。今回、計算課題により前頭前野が活性化すると同時に作動記憶にも活性化をもたらし、作動記憶結果が向上したと考えられる。しかし、計算課題だけ続けていても、単純計算が速く正確にできるだけ何の役にも立たない。認知症高齢者に対して作業療法を行う前に、計算課題を準備運動とし、作動記憶を活性化させてから日常で必要な活動を応用して練習することにより、生活能力の向上が期待できる可能性があり、作業療法介入による根拠を示すことができると考えられる。

今回、計算課題は、1～2桁混じりの加減計算、マス計算、加減乗除記号の記入を行った。そして、計算課題では、間違わないように正解を記入するとともに、できるだけ速く記入するように依頼し、実施時間を測定した。全110問のうち、誤答数は平均1.9問であり、できるだけ正解を記入することを優先されていたと考えられる。このため、できるだけ速く記入するように対象者に指示したものの、対象者が正しい解答を記入することを優先したため、計算課題の誤答数と実施時間についての相関は認められなかったと考えられる。

川島<sup>17)</sup>は、前頭前野を活性化する様々な認知課題を比較検討した結果、複雑な課題より、1桁の足し算、引き算のように簡単な課題を遂行している時の方が、前頭前野は大きく活性化しているとしている。また、計算課題をゆっくり行わせると、脳の活性化領域は大きく減少してしまうため、できるだけ速く行うように指示する必

要があるとしている。今回の実験では、できるだけ速く行うように指示したことも、作動記憶改善に何らかの影響があったと考えられる。このように音読や簡単な計算課題を速く行うことで前頭前野が活性化することが証明されているが、メカニズムはわかっていない<sup>13)</sup>。認知症高齢者の作業療法を行う際は、作動記憶に対しても注目していく必要があると考える。今後は、作動記憶の向上が期待できる計算課題において、種類や問題数、時間や頻度を工夫検討して、個々の認知症高齢者に合わせた介入を行い、認知機能改善を図ることが必要であると考えられる。

今回、健常者を対象としたものであるが、短期記憶はほとんど加齢の影響はなく、作動記憶は加齢により低下する<sup>18)</sup>ことから、高齢者へ同様の課題を行い、認知症高齢者との関連を検討し、認知機能改善に向けての作業療法を確立していくことが求められると考える。

## V. まとめ

健常成人を対象に計算課題実施の前後における作動記憶の変化について検討した。計算課題の前後における比較では、WAIS-Ⅲの算数において有意な差はみられなかったが、数唱、語音整列では、計算課題後の得点が有意に高かった。計算課題介入によって作動記憶を向上させる可能性が考えられた。

## 〔文献〕

- 1) 博野信次 “臨床痴呆学入門” 金芳堂, 京都, 2001, p.11-17.
- 2) 三村 将、坂村 雄 ワーキングメモリをめぐる最近の動向. リハビリテーション医学 2003, 40: 314-322.
- 3) Baddeley A The episodic buffer a new component of working memory? Trend Cogn Sci 2000, 4:417-423.
- 4) 渡邊正孝 ワーキングメモリー その機能と脳メカニズム. 医学のあゆみ 2006, 219(7): 549-552.
- 5) 関口 敦、川島隆太 認知リハビリテーション 医学 ―認知症に対する学習療法―. BRAIN and NERVE 2007, 59(4): 357-365.
- 6) 岩目光代、八木文雄、石元美知子 ワーキングメモリーに障害をきたした前頭葉損傷例における認知リハビリテーション. 作業療法ジャーナル 2008, 42(3): 256-259.
- 7) 頼田綾子、小森憲治郎、池田学他 “認知リハビリテーション2003” 新興医学, 東京, 2003, p.139-145.
- 8) 君野純子、酒井 浩、種村留美他 ヘルペス脳炎後にWorking Memoryを中心とした注意・記憶障害を呈した一症例に対する作業療法の訓練効果について. 第42回日本作業療法学会抄録集 CD-ROM, 2008.
- 9) 吉田 甫、大川一郎、土田宣明 痴呆を伴う高齢者に対する認知リハビリテーション研究の展望. 立命館人間科学研究 2002, 4: 77-98.
- 10) 吉田 甫、大川一郎、土田宣明 痴呆を伴う高齢者に対する認知リハビリテーションによる介入研究の枠組み. 立命館人間科学研究 2003, 5: 211-223.
- 11) 吉田 甫、大川一郎、土田宣明 音読・計算課題の遂行とコミュニケーション要因が老年期痴呆患者に対する影響に関する研究: 予備的分析. 立命館人間科学研究 2004, 7: 109-118.
- 12) 川島隆太 脳を知り、脳を育む ―脳機能イメージング研究の最前線―. 信学技法 2004, 5: 29-34.
- 13) QOLサービス 月刊デイ 2009, 117(9): 144-146.
- 14) 日本版WAIS-Ⅲ刊行委員会 “日本版WAIS-Ⅲ成人知能検査法 実施・採点マニュアル” 日本文化化学, 東京, 2006, p.1-58.
- 15) 日本版WAIS-Ⅲ刊行委員会 “日本版WAIS-Ⅲ成

- 人知能検査法 実施・採点マニュアル” 日本文化化学，東京，2006, p.115-124.
- 16) 荳阪直行 “脳とワーキングメモリ” 京都大学学術出版，京都，2000, p.1-18.
- 17) 川島隆太 “高次機能のブレインイメージング” 医学書院，東京，2002, p.138-146.
- 18) 古橋啓介 高齢者の記憶機能に及ぼす計算訓練の効果．福岡県立大学人間社会学部紀要 2007, 16(1)：85-89.