

## 視空間ワーキングメモリ，算数能力と算数好感度の関連性

平加 麻有 総社市立山手小学校  
 恵羅 修吉 香川大学教育学部

**要旨：**本研究では，大学生を対象として，視空間ワーキングメモリと算数能力の関連性と，両者が算数に対する好感度に及ぼす影響について検討することを目的とした。視空間ワーキングメモリを評価するマトリクス課題(静的条件と動的条件)の遂行成績と，筆記テストによる算数課題(計算条件と文章題条件)の遂行成績との相関分析を行った。その結果，両者に有意な相関関係が認められ，視空間ワーキングメモリの容量が算数問題の遂行過程に関与していることが示唆された。さらに，算数に対する意識調査を行い，視空間ワーキングメモリと算数能力が，算数に対する意欲・好感度に与える影響について検討した。その結果，視空間ワーキングメモリの好感度へ影響は認められたが，算数課題では認められなかった。算数の成績そのものよりも，算数遂行の基盤となる認知過程が好感度に寄与していることが示唆された。

**Key Words：** 視空間ワーキングメモリ，算数能力，算数好感度

## ● I. はじめに

学齢期の子どもの学業成績を規定する要因として最も代表的なものは知能である。20世紀初頭より，知能を測定する検査の開発が進み，その指標はIQとして社会に定着している。そして，IQの値が高い子どもほど学校での成績も優秀である，IQの値は学業成績を予測する，とみなされてきた。しかしながら，IQが反映する総体的知能の発達に遅れはないが学習に困難を示す学習障害の存在が注目されるようになり，学業成績に関連する要因として，IQではなく，ワーキングメモリ(Working Memory)を重要視する研究が蓄積されつつある(Alloway & Alloway, 2010<sup>2)</sup>; Alloway, Gathercole, Kirkwood, & Elliott, 2009<sup>4)</sup>; Gathercole & Pickering, 2000<sup>17)</sup>; Gathercole, Alloway, Willis, & Adams, 2006<sup>16)</sup>; Gathercole, Pickering, Knight, & Stegmann, 2004<sup>18)</sup>; Jarvis & Gathercole, 2003<sup>23)</sup>)。Alloway (2011)<sup>1)</sup>は，「ワーキングメモリは，学業上の達成を最も正確に予測し，IQよりもずっと重要である。・・・IQの高低にかかわらず，ワーキングメモリが，国語から算数，歴史，芸術にいたる幅広い学習での達成を予測」(p.19)する

と指摘している。

ワーキングメモリとは，言語理解や学習，推論など複雑な認知課題を遂行するために，課題関連情報を一時的に保持し操作する能動的な情報処理システムである(Baddeley, 1986, 1992, 2007)<sup>8, 9, 10)</sup>。初期のモデルより，音韻的情報を保持する音韻ループ(phonological loop)と視空間的情報を保持する視空間スケッチパッド(visuospatial sketch pad)の2つの従属システムと，これらの働きを調整するとともに注意の焦点化や切りかえ等を制御する中央実行系(central executive)が一貫して措定されてきた。これらの組合せにより，言葉を学んだり文章を読解するために必要な能力を言語性ワーキングメモリ，物体の系列やパターンを覚えたり数学を学ぶことに必要な能力を視空間ワーキングメモリと呼ばれている。ワーキングメモリ理論は，通常教育から発達性ディスレクシアなど特異的な学習困難まで幅広く適用されており(Alloway & Gathercole, 2006<sup>3)</sup>; Pickering, 2006<sup>32)</sup>)，算数・数学の学習ならびに学習困難に関する研究においても関心を集めている(e.g., Geary, 2006)<sup>19)</sup>。

ワーキングメモリと算数能力(計算能力や数学的認知処理を含む)の関連性において，その因果性については争点として残るものの，算数課

題を遂行するうえでワーキングメモリが重要な役割を担っていることを示唆する研究が蓄積されている(e.g., Bull & Epsy, 2006<sup>11</sup>; Raghobar, Barnes, & Hecht, 2010<sup>34</sup>). 特に最近の研究において, 子どもの算数能力の発達における視空間ワーキングメモリの役割が注目されている. 就学前あるいは小学校低学年の定型発達児を対象とした研究では, 視空間ワーキングメモリと算数能力の間に有意な関連性があることが示されている(De Smedt, Janssen, Bouwens, Verschaffel, Boets, & Ghesquière, 2009<sup>14</sup>; Kyttälä, Aunio, Lehto, Van Luit, & Hautamäki, 2003<sup>26</sup>; McKenzie, Bull, & Gray, 2003<sup>29</sup>; Holmes & Adams, 2006<sup>21</sup>; Holmes, Adams, & Hamilton, 2008<sup>22</sup>; Meyer, Salimpoor, Wu, Geary, & Menon, 2009<sup>31</sup>; Rasmussen & Bisanz, 2005<sup>35</sup>). 青年を対象とした研究においても, 両者の関連性を支持する報告がなされている(Kyttälä & Lehto, 2008<sup>27</sup>; Reuhkala, 2001<sup>36</sup>). また, 算数学習困難のある子どもを対象とした研究では, 定型発達の子どもと比較して, 算数困難児で視空間ワーキングメモリ課題の遂行成績が低いことが示されている(Ashkenazi, Rosenberg-Lee, Metcalfe, Swigart, & Menon, 2013<sup>7</sup>; Kyttälä, 2008<sup>25</sup>; Mammarella, Lucangeli, & Cornoldi, 2010<sup>28</sup>; McLean & Hitch, 1999<sup>30</sup>; van der Sluis, van der Leij, & de Jong, 2005<sup>39</sup>).

以上の先行研究において, 視空間ワーキングメモリを測定する指標として使用されている課題の一つとして, マトリクス課題(Pickering, Gathercole, Hall, & Lloyd, 2001<sup>33</sup>)がある. マトリクス課題には, マトリクス模様全体が同時に呈示される静的条件と, 模様が継次的に呈示される動的条件がある. 両条件で課題を実施した研究では, 静的条件において指標としての有意性を認めた報告(Kyttälä et al., 2003)<sup>26</sup>と, 逆に動的条件で有意性を認めた報告(McLean & Hitch, 1999<sup>30</sup>; van der Sluis et al., 2005<sup>39</sup>)があり, 一貫性のある知見には至っていない. 本研究では, 視空間ワーキングメモリ課題としてマトリクス課題を採用し, 視空間ワーキングメモリと算数能力の関連性について検討することを目的とした. マトリクス課題では, 静的条件と動的条件の両方を実施し, いずれの条件が算数能力との関連性を有するかを検証することにした.

第二の目的として, 視空間ワーキングメモリと算数に対する好感度(逆にいえば苦手意識)

の関連性について検討した. ワーキングメモリと算数能力の関連性や, 算数能力と算数への苦手意識(その最たるものとして「算数不安 math anxiety」)の関連性については, それぞれ多くの研究があるが, 3者の関連性について言及した研究は極めて少ない(e.g., Ashcraft & Krause, 2007<sup>6</sup>; Trezise & Reeve, 2014<sup>38</sup>). 本研究では, 北村・森田・松田(2002)<sup>24</sup>の質問紙調査を参考にして, 算数に関する理解度, 肯定的算数観, 意欲・好感度に関する算数意識調査を作成し, 視空間ワーキングメモリと算数能力が算数に対する好感度に及ぼす影響について検討することを目的とした.

## ● Ⅱ. 方法

### 1. 参加者

国立大学に在籍する大学生40名が参加した. 検査実施に先立ち, すべての参加者に対して, 文書と口頭で研究の目的と内容について説明し, 署名による同意を得た. 参加者全員, 本研究における課題遂行に問題のない視力(矯正視力を含む)であった.

### 2. 課題

#### (1) 視空間ワーキングメモリ課題

視空間ワーキングメモリの容量を測定する課題として, マトリクス課題(Pickering et al., 2001<sup>33</sup>; van der Sluis et al., 2005<sup>39</sup>)を採用した. 呈示図版であるマトリクスは, 黒でぬりつぶされたマスと白抜きのマス目で構成された. 本研究では, マトリクスの白黒パターンが同時に示された後, 黒マスの位置を回答する静的条件と, マトリクスの黒マスが時系列をもって出現消失した後, その位置と順序を回答する動的条件の2条件を設定した. 課題の概要について, Fig. 1に示す.

#### i) 静的条件

静的条件については, Della Sara et al. (1999)<sup>13</sup>の Visual Patterns test とほぼ同様の課題内容および手続きとし, PCにより制御した. 呈示された刺激図版における黒マス数は, 全体のマス数の半分とした. 1試行における刺激図版の呈示時間は, 2秒間とした. 刺激図版消失後に, 刺激図版と同じマトリクス模様で黒ぬりされていない回答図版が呈示された. 回答図版の各マスは, マウスクリックにより黒マスになるよう設定された. 参加者の回答時間につ

いては、特に時間的制限を設けなかった。検査者は、参加者による回答完了の合図を待ち、合図を受けてから次の試行を開始した。マウスクリックでマス目を誤った場合には、ディスプレイ画面の左下に設定されたリセットボタンをクリックして、再度白紙の状態から始められるようにした。本試行は、8マスから開始された。同じマス数の異なるパターンで3試行おこない、2試行以上正答した場合、マス数が2つ増加した刺激図版に移行した。同じマス数の試行で正答が1試行以下になったところで課題を終了した。最大26マスの刺激図版まで準備した。

## ii) 動的条件

動的条件では、静的条件と同様のマトリクス模様を使用した。各マトリクスの半数が黒マスとなるが、静的条件と異なり、まず全て空白のマトリクス枠が提示され、黒マスは1マスずつ系列的に出現するように設定された。各黒マスの提示時間は0.5秒、提示間隔(ISI)は0.5秒とした。参加者に対して、黒マスの位置と順序を記憶するよう教示した。回答方法は、マウスを用いて回答用マトリクス図版のマス目を提示順序と同じ順でクリックすることとした。クリックに対するマトリクス図版マス目の反応および回答のリセット方法については、静的条件と同様とした。練習を1試行おこない、課題理解を確認した。本試行は、6マスから開始し、課題終了要件は静的条件と同様とした。最大マス数として、20マスの刺激図版を用意した。

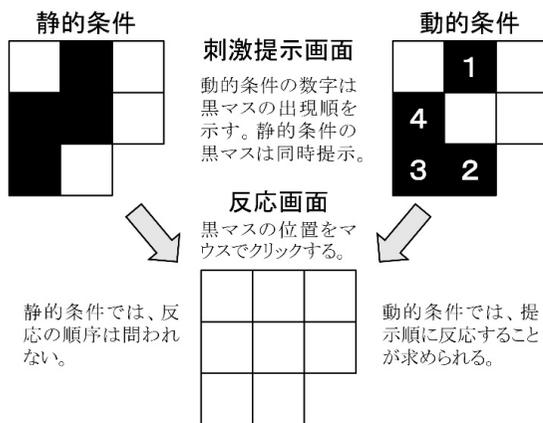


Fig. 1 視空間ワーキングメモリ課題における静的条件と動的条件の手続き

## (2) 算数課題

算数能力を測定する課題として、文部科学省による全国学力・学習状況調査ならびに国際教育到達度評価学会による国際数学・理科教育動向調査(Trends in International Mathematics and Science Study: TIMSS)の問題を参考にし、計算問題16問と文章題16問の筆記テストを作成した。出題した領域は、新学習指導要領小学校算数科の「数と計算」「量と測定」「数量関係」、中学校数学科の「数と式」とした。計算問題と文章題は、それぞれ独立した冊子(A4版)とし、各10分間を解答時間とした。

## (3) 算数意識調査

算数意識調査は、北村ら(2002)<sup>24)</sup>を参考にし、質問項目を作成した。小学生を対象とした北村ら(2002)<sup>24)</sup>の質問紙は、「算数の意欲・好感度に関する要因」と「理解度因子」「肯定的算数観」「教師援助」「競争的算数観」の4因子に該当する質問項目よりなるが、大学生を対象とした本研究では、「教師援助」「競争的算数観」に関する質問項目は除外した。質問項目は11項目からなり(Table 1)、算数・数学の意欲や好感度に関する項目(以下、好感度)、理解度に関する項目(以下、理解度)、肯定的な算数・数学観(以下、数学観)に関する項目とした。各項目に対して、「はい」「どちらかといえばはい」「どちらかといえばいいえ」「いいえ」の4件法による選択回答とした。

Table 1 算数意識調査における質問項目

質問項目
意欲・好感度
・算数・数学の勉強が好きである
・算数・数学の問題を考えるのは面白い
・算数・数学がある日に学校を休みたいと思ったことがある(R)
・算数・数学の勉強を自分でどんどん先までやっていた
理解度
・算数・数学のテストで良い点をとることが多かった
・計算間違いをすることがよくある(R)
・授業でわからないことがあってもそのままにしていることが多かった(R)
・算数・数学には今まで勉強した中でわからないことがたくさんある(R)
数学観
・算数・数学の問題を考えることは大切だと思う
・一生懸命勉強すればだれでも算数・数学ができるようになると思う
・算数・数学は生活の中で役に立つと思う

註:(R)は反転項目

### 3. 装置

視空間ワーキングメモリ課題は、Microsoft Windows が稼働する PC で制御された液晶ディスプレイ上で行われた。刺激図版の作成及び呈示には、Microsoft PowerPoint 2010 を使用した。

### 4. 手順

検査は、大学の静穏な実験室で個別に行われた。算数意識調査、視空間ワーキングメモリ課題、算数課題の順に実施した。全体の実施時間は、おおよそ 30 分間であった。

算数意識調査については、参加者は、配布された質問紙の質問項目について、自分のペースで回答することにした。

視空間ワーキングメモリ課題については、まず静的条件を実施し、ついで動的条件に移行した。参加者の回答については、検査者の目視により確認し、事前に準備した記録用紙にチェックをして記録した。なお、検査者の見誤りや見落としによる誤評価を回避するため、参加者の課題遂行状況をビデオカメラに記録した。

算数課題では、開始前に、「解答は、問題下部にある枠内に記入すること」、「空いたスペースは、計算に使ってもよいこと」、「携帯電話や時計等の電卓機能は、使用不可であること」、「計算問題と文章題を各 10 分間で行い、合図があったらできたところまでで手を止め、文章題へ移ること」、「問題自体に関する質問は、基本的に受け付けないこと」を参加者に教示した。計算問題が時間内に終了した場合は、検査者が参加者の意思を確認し、文章題に移行することにした。文章題を開始して 10 分間が経過した時点で、タイマーの合図により遂行を終了することにした。文章題においても時間内に解答終了した場合は、参加者の意思を確認したうえで、全検査を終了した。

### 5. 分析

#### (1) 視空間ワーキングメモリ課題

静的条件においては、すべての配置を正しく回答することができたパターンに対して 1 点を付与した。最高得点は 30 点とした。動的条件

においては、配置と順序をすべて正しく回答できたパターンに 1 点を付与し、最高得点を 24 点とした。

#### (2) 算数課題

各設問に対して正解の場合に 1 点を与え、計算問題と文章題それぞれで合計点を算出した。計算問題と文章題ともに 16 点満点とした。

#### (3) 算数意識調査

「はい」を 4 点、「どちらかといえばはい」を 3 点、「どちらかといえばいいえ」を 2 点、「いいえ」を 1 点とし、4 段階で点数化した。ただし、反転項目については、点数を反転して集計した。

## III. 結果

視空間ワーキングメモリ課題、算数課題、算数意識調査における各指標の平均得点と標準偏差を Table 2 に示す。

### 1. 視空間ワーキングメモリ課題と算数課題との関連

視空間ワーキングメモリ課題（各条件の得点と両者の合計点）と算数課題（各条件の正答数と両者の合計正答数）について、Pearson の積率相関係数を算出した。結果を Table 3 に示す。視空間ワーキングメモリ課題と算数課題の全ての組み合わせで有意な相関が認められた。動的条件よりも静的条件のほうが、算数課題のいずれの指標においても、高い相関を示した。なお、視空間ワーキングメモリ課題における 2 つの条件間の相関係数は  $r = .636$ 、算数課題における 2 つの条件間では  $r = .625$  であり、いずれも有意であった ( $ps < .01$ )。

Table 3 視空間ワーキングメモリ課題と算数課題の相関

視空間ワーキングメモリ課題	算数課題		
	計算条件	文章題条件	合計
静的条件	.499**	.451**	.519**
動的条件	.354*	.367*	.399*
合計	.495**	.463**	.524**

\*\* $p < .01$ , \* $p < .05$

Table 2 視空間ワーキングメモリ課題、算数課題、算数意識それぞれの平均得点と標準偏差

	視空間ワーキングメモリ課題			算数課題			算数意識		
	静的条件	動的条件	合計	計算条件	文章題条件	合計	好感度	理解度	算数観
平均	17.7	11.9	29.6	13.2	9.9	23.1	10.2	9.0	8.7
標準偏差	5.1	2.2	6.7	2.2	3.4	5.0	2.8	2.1	1.7

両課題とも、それぞれの条件間で比較的強い相関が認められたことから、両条件を合わせた合計点による分析を行うことにした。Fig. 2は、視空間ワーキングメモリ課題と算数課題のそれぞれの合計点による散布図であり、分布には正の相関関係が認められた。Table 3に示したように、両課題の合計点間の相関係数が最も高かった。

## 2. 視空間ワーキングメモリ課題、算数課題と算数意識調査の関連

算数意識調査では、好感度、理解度、算数観のそれぞれで得点を算出した。結果は、Table 2のとおりである。3者間における Pearson の積率相関係数では、好感度と理解度( $r = .548$ )、好感度と算数観( $r = .559$ )で有意な正の相関を認めたが( $ps < .05$ )、理解度と算数観の相関は弱く有意ではなかった( $r = .019$ )。以上より、理解度と算数観は、それぞれ独立して好感度と関連していることが示唆された。

北村ら(2002)<sup>24)</sup>は、理解度と算数観を独立変数(説明変数)、好感度を従属変数(基準変数)として重回帰分析を行い、両独立変数が好感度に影響を与えていることを明らかにした。本研究では、理解度と算数観に加えて視空間ワーキングメモリ課題と算数課題の成績を独立変数とし、それらが好感度に及ぼす影響について検討する重回帰分析を行った。結果を Fig. 3に示す。決定係数  $R^2$  値は 0.655 で、寄与の程度は比較的強かった。理解度、算数観、視空間ワーキングメモリで標準偏回帰係数が有意であった。一方、算数課題が好感度に及ぼす影響はほとんどなかった。

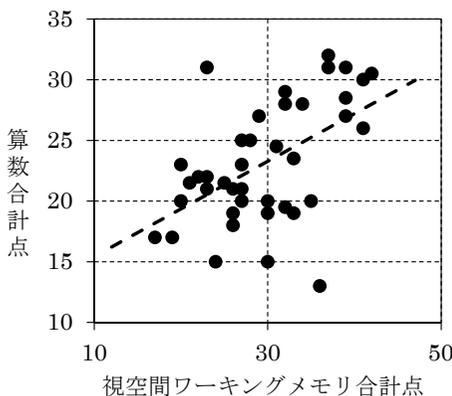


Fig. 2 視空間ワーキングメモリ課題(合計点)と算数課題(合計点)の散布図

## IV. 考察

本研究では、大学生を対象として、視空間ワーキングメモリと算数能力の関連性について検討することを目的とした。視空間ワーキングメモリを評価するマトリクス課題(静的条件と動的条件)の遂行成績と、筆記テストによる算数課題(計算条件と文章題条件)の遂行成績との相関分析を行った。その結果、両者に有意な相関関係を認められ、視空間ワーキングメモリの容量が算数問題の遂行プロセスに関与していることが示唆された。さらに、算数に対する意識調査を行い、視空間ワーキングメモリと算数能力が、算数に対する意欲・好感度に与える影響について検討した。その結果、視空間ワーキングメモリについては好感度を予測するものであったが、算数課題の影響は認められなかった。

### 1. 視空間ワーキングメモリと算数能力

視空間ワーキングメモリと算数能力の関連性については、就学前児や小学生あるいは青年を対象とした先行研究(De Smedt et al., 2009<sup>14)</sup>; Kytälä et al., 2003<sup>26)</sup>; Kytälä & Lehto, 2008<sup>27)</sup>; McKenzie et al., 2003<sup>29)</sup>; Holmes & Adams, 2006<sup>21)</sup>; Holmes, et al., 2008<sup>22)</sup>; Meyer et al., 2009<sup>31)</sup>; Rasmussen & Bisanz, 2005<sup>35)</sup>; Reuhkala, 2001<sup>36)</sup>)において支持されているが、本研究では成人において支持する結果が得られた。本研究の結果は、視空間ワーキングメモリと算数能力の関連性の強さを確認するとともに、この関連性が特定の年齢段階で認められるような年齢特異的なもの

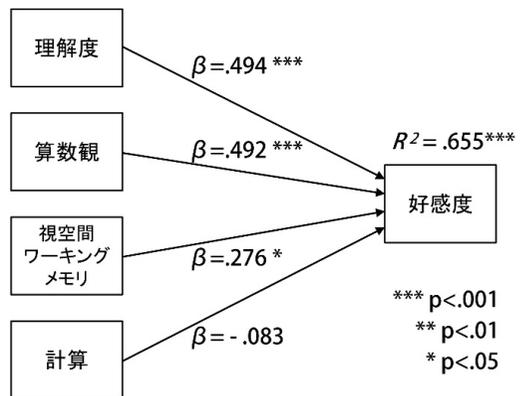


Fig. 3 好感度を従属変数とした重回帰分析に基づく決定係数と標準偏回帰係数(β)

ではなく全般的なものである可能性を示唆している。先行研究では、対象群の年齢や学年により関連性が確認されない場合もあるが(e.g., Bull, Johnston, & Roy, 1999<sup>12</sup>; De Smedt et al., 2009<sup>14</sup>; McKenzie et al., 2003<sup>29</sup>; Meyer et al., 2009<sup>31</sup>; Rasmussen & Bisanz, 2005<sup>35</sup>; Swanson, 2006<sup>37</sup>), 年齢や学年における特異性を確定するような一貫性のある知見には至っていない。現時点では、発達全般的に、視空間ワーキングメモリが算数能力に関与していると推定することの妥当性は高いと考えられる(e.g., Bull et al., 2006<sup>11</sup>; Raghobar et al. 2010<sup>34</sup>)。知見の不一致の原因としては、視空間ワーキングメモリ課題や算数課題が研究により異なることが推察される。確実な知見を得るためには、両者の課題を統制した縦断的研究が期待されることである。

本研究では、視空間ワーキングメモリ課題としてマトリクス課題を採用し、静的条件と動的条件を設定した。先行研究では静的条件と動的条件のいずれかで算数能力との関連を示した(Kyttälä et al., 2003<sup>26</sup>; McLean & Hitch, 1999<sup>30</sup>; van der Sluis et al., 2005<sup>39</sup>)、本研究では両条件ともに算数課題の計算条件、文章題条件、その合計点との間で有意な相関が認められた。静的条件と動的条件の成績間に比較的強い相関が認められたことと、条件単独よりも両条件の合計得点が最も算数課題と高い相関を示したことから、両条件を合わせた評価方法が算数能力を予測する指標として有効であることが示唆された。なお、条件間で異なる結果を示した先行研究では、年齢(就学前から小学校段階の子ども)や属性(定型発達や特異的算数困難)が異なる群を対象としていることから、それぞれの条件が反映する認知機能には発達の差異と個人差が影響していると考えられる。Kyttälä & Lehto (2008)<sup>27</sup>は、定型発達の青年を対象にして3種類の視空間ワーキングメモリ課題(active条件, passive simultaneous条件:静的条件に該当, passive sequential条件:動的条件に該当)を実施し、視空間ワーキングメモリの異なる構成要素はそれぞれ異なる数学領域あるいは算数課題タイプに関与している可能性を示唆した。両条件に期待される指標としての価値については、Kyttälä & Lehto (2008)<sup>27</sup>のような研究が発達の差異と個人差に着目して実施されることで検証されることが期待される。

## 2. 視空間ワーキングメモリと算数能力が算数に関する好感度に及ぼす影響

本研究では、視空間ワーキングメモリと算数能力が、算数に関する意欲・好感度や苦手意識に及ぼす影響について検討するために、北村ら(2002)<sup>24</sup>の質問紙を参考にして意識調査を実施した。その結果、北村ら(2002)<sup>24</sup>の結果と同様、算数に関する理解度と肯定的算数観が好感度に影響を及ぼしていることが明らかになった。さらに、視空間ワーキングメモリについては、理解度と肯定的数学観に比べると弱いものの、好感度に対する影響が認められた。一方、算数課題の成績は、好感度に影響を及ぼしていなかった。このことは、少なくとも成人においては、実際の算数能力が好感度(苦手意識)に寄与しているのではなく、算数問題の解決過程に関わる認知的基盤である視空間ワーキングメモリが関与していることを示唆するものである。計算の実行や算数問題の解決の成否そのものよりも、問題解決過程での認知的負荷(視空間ワーキングメモリの効率的な活用あるいはその弱さを代償する認知機能の調整)が算数に対する好悪に影響を及ぼしていると推察される。

本研究における算数に対する好感度は、その低得点が算数不安に直接連結するものではない。しかしながら、算数不安に焦点を当てた研究では、算数不安のある者のワーキングメモリは、実際に算数不安が生じた際に剥奪される、という意見がだされている(Ashcraft & Kirk, 2001)<sup>9</sup>。先述した視空間ワーキングメモリが好感度(苦手意識)に影響するという推論とは異なり、苦手意識が視空間ワーキングメモリを制約するという逆の因果性も想定可能である。あるいは相互作用的な影響関係があるのかもしれない。算数不安については、算数・数学に対する否定的感情を取り扱っており(e.g., 藤井, 1994<sup>15</sup>)、一方、好感度は否定的側面から肯定的側面まで取り扱っている。算数・数学に関する好悪の評価尺度をあわせた研究が必要であると考えられる。

## 3. 視空間ワーキングメモリの評価と教育実践

本研究では、視空間ワーキングメモリが算数能力と関連があり、算数に対する好感度に影響を及ぼすことが示された。視空間ワーキングメモリが算数・数学の学習を支える認知的基盤であるとすれば、これを正確に評価する方法を開発することは、子どもの算数学習を支援する際に役立つアセスメント・ツールを提供すること

になる。本研究で採用したマトリクス課題は，そのような有効な評価方法の一つになることが期待される。また，視空間ワーキングメモリが算数に対する好感度に影響を及ぼすことから，視空間ワーキングメモリの弱い子どもは，算数の学習において好感度を落としやすく，苦手意識を持ちやすいことが推測される。この推測が正しいとすれば，視空間ワーキングメモリに弱さのある算数困難児に対する指導において，算数学習と苦手意識の両側面に配慮した支援が重要になるといえる。近年，算数の問題解決におけるワーキングメモリと自己効力感(self-efficacy)の影響について検討した研究が報告されている(Hoffman & Schraw, 2009<sup>20</sup>)。学習に関わる意欲や動機づけ，自己評価とワーキングメモリの関連性について，さらに研究が進展することが期待される。

## 文 献

- 1) Alloway, T. P. (2011) : Improving working memory: Supporting students' learning. Sage Publications of London. 湯澤美紀・湯澤正通訳 (2011) : 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. 北大路書房.
- 2) Alloway, T. P., & Alloway, R. G. (2010) : Investigating the predictive roles of working memory and IQ in academic attainment. *Journal of Experimental Child Psychology*, 106, 20-29.
- 3) Alloway, T. P. & Gathercole, S. E. (2006) : Working memory and neurodevelopmental disorders. Psychology Press. Hove, East Sussex.
- 4) 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.
- 5) Ashcraft, M. H., & Kirk, E. P. (2001) : The relationships among working memory, math anxiety, and performance. *Journal of Experimental Psychology: General*, 130, 224-237.
- 6) Ashcraft, M. H., & Krause, J. A. (2007) : Working memory, math performance, and math anxiety. *Psychonomic Bulletin & Review*, 14, 243-248.
- 7) Ashkenazi, S., Rosenberg-Lee, M., Metcalfe, A. W. S., Swigart, A. G., & Menon, V. (2013) : Visuo-spatial working memory is an important source of domain-general vulnerability in the development of arithmetic cognition. *Neuropsychologia*, 51, 2305-2317.
- 8) Baddeley, A. (1986) : Working memory. Oxford University Press. New York.
- 9) Baddeley, A. (1992) : Working memory. *Science*, 255, 556-559.
- 10) Baddeley, A. (2007) : Working memory, thought, and action. Oxford University Press. New York.
- 11) Bull, R., & Espy, K. A. (2006) : Working memory, executive functioning, and children's mathematics. In S. Pickering (Ed.), *Working memory and education*. Elsevier Press, Amsterdam. Pp. 219-240.
- 12) Bull, R., Johnston, R. S., & Roy, J. A. (1999) : Exploring the roles of the visual-spatial sketch pad and central executive in children's arithmetical skills: Views from cognition and developmental neuropsychology. *Developmental Neuropsychology*, 15, 421-442.
- 13) Della Sala, S., Gray, C., Baddeley, A., Allamano, N., & Wilson, L. (1999) : Pattern span: A tool for unwelding visuo-spatial memory. *Neuropsychologia*, 37, 1189-1199.
- 14) De Smedt, B., Janssen, R., Bouwens, K., Verschaffel, L., Boets, B., & Ghesquière, P. (2009) : Working memory and individual differences in mathematics achievement: A longitudinal study from first grade to second grade. *Journal of Experimental Child Psychology*, 103, 186-201.
- 15) 藤井義久 (1994) : 数学不安尺度(MARS)に関する研究. *教育心理学研究*, 42, 448-454.
- 16) Gathercole, S. E., Alloway, T. P., Willis, C., & Adams, A.-M. (2006) : Working memory in children with reading disabilities. *Journal of Experimental Child Psychology*, 93, 265-281.
- 17) Gathercole, S. E., & Pickering, S. J. (2000) : Working memory deficits in children with low achievements in the national curriculum at 7 years of age. *British Journal of Educational Psychology*, 70, 177-194.
- 18) Gathercole, S. E., Pickering, S. J., Knight, C., & Stegmann, Z. (2004) : Working memory skills and educational attainment: Evidence from national curriculum assessments at 7 and 14 years of age. *Applied Cognitive Psychology*, 18, 1-16.
- 19) Geary, D. C. (2006) : Development of mathematical understanding. In D. Kuhl & R. S. Siegler (Vol. Eds.), *Cognition, perception, and language*, Vol 2. W. Damon (Gen. Ed.),

- Handbook of child psychology (6th Ed.). New York: John Wiley & Sons. Pp.77-810.
- 20)Hoffman, B., & Schraw, G. (2009) : The influence of self-efficacy and working memory capacity on problem-solving efficiency. *Learning and Individual Differences*, 19, 91-100.
- 21)Holmes, J., & Adams, J. W. (2006) : Working memory and children's mathematical skills: Implications for mathematical development and mathematics curricula. *Educational Psychology*, 26, 339-366.
- 22)Holmes, J., Adams, J. W., & Hamilton, C. J. (2008) : The relationship between visuospatial sketchpad capacity and children's mathematical skills. *European Journal of Cognitive Psychology*, 20, 272-289.
- 23)Jarvis, H. L., & Gathercole, S. E. (2003) : Verbal and non-verbal working memory and achievements on National Curriculum tests at 11 and 14 years of age. *Educational and Child Psychology*, 20, 123-140.
- 24)北村剛志・森田愛子・松田文子 (2002) : 児童の算数学習への意欲と関連要因 広島大学心理学研究, 2, 109-117.
- 25)Kyttälä, M. (2008) : Visuospatial working memory in adolescents with poor performance in mathematics: Variation depending on reading skills. *Educational Psychology*, 28, 273-289.
- 26)Kyttälä, M., Aunio, P., Lehto, J. E., Van Luit, J., & Hautamäki, J. (2003) : Visuospatial working memory and early numeracy. *Education and Child Psychology*, 20, 65-76.
- 27)Kyttälä, M., & Lehto, M. E. (2008) : Some factors underlying mathematical performance: The role of visuospatial working memory and non-verbal intelligence. *European Journal of Psychology of Education*, 23, 77-94.
- 28)Mammarella, I. C., Lucangeli, D., & Cornoldi, C. (2010) : Spatial working memory and arithmetic deficits in children with nonverbal learning disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, 43, 455-468.
- 29)McKenzie, B., Bull, R., & Gray, C. (2003) : The effects of phonological and visual-spatial interference on children's arithmetical performance. *Educational and Child Psychology*, 20, 93-108.
- 30)McLean, J. F., & Hitch, G. J. (1999) : Working memory impairments in children with specific arithmetic learning difficulties. *Journal of Experimental Child Psychology*, 74, 240-260.
- 31)Meyer, M. L., Salimpoor, V. N., Wu, S. S., Geary, D. C., & Menon, V. (2009) : Differential contribution of specific working memory components to mathematics achievement in 2nd and 3rd graders. *Learning and Individual Differences*, 20, 101-109.
- 32)Pickering, S. J. (2006) : Working memory and education. Academic Press. Amsterdam.
- 33)Pickering, S. J., Gathercole, S. E., Hall, M., & Lloyd, S. A. (2001) : Development of memory for pattern and path: Further evidence for the fractionation of visuo-spatial memory. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 54A, 397-420.
- 34)Raghubar, K. P., Barnes, M. A., & Hecht, S. A. (2010) : Working memory and mathematics: A review of developmental, individual difference, and cognitive approaches. *Learning and Individual Differences*, 20, 110-122.
- 35)Rasmussen, C., & Bisanz, J. (2005) : Representation and working memory in early arithmetic. *Journal of Experimental Child Psychology*, 91, 137-157.
- 36)Reuhkala, M. (2001) : Mathematical skills in ninth-graders: Relationship with visuo-spatial abilities and working memory. *Educational Psychology*, 21, 387-399.
- 37)Swanson, H. L. (2006) : Cognitive processes that underlie mathematical precociousness in young children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 93, 239-264.
- 38)Trezise, K., & Reeve, R. A. (2014) : Working memory, worry, and algebraic ability. *Journal of Experimental Child Psychology*, 121, 120-136.
- 39)van der Sluis, S., van der Leij, A., & de Jong, P. E. (2005) : Working memory in Dutch children with reading- and arithmetic-related LD. *Journal of Learning Disabilities*, 38, 207-221.

(受稿 H26. 6. 13, 受理 H26. 7. 24)