

# 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

恵羅修吉 上越教育大学障害児教育実践センター  
門廻宏昭 富山県立高岡養護学校  
大庭重治 上越教育大学学校教育学部

**要旨：**本研究では、成人（研究1）と小学校低学年の児童（研究2）を対象として、WAIS-RならびにWISC-IIIの下位検査である算数、順唱、逆唱の関連性について検討した。成人では、算数、順唱、逆唱それぞれの成績間に有意な相関関係が認められた。このことは、これらの課題に共通して関与する認知機能、いわゆる第3因子の存在を支持するものである。一方、小学校低学年児では、算数と逆唱の相関は有意であったが、算数と順唱、順唱と逆唱の相関は有意ではなかった。このことより小学校低学年では、算数の課題遂行において、順唱が反映する聴覚・音韻的短期記憶よりも逆唱が反映する実行機能との関わりが強いことが示唆された。臨床的なアセスメントにおいてこれらの下位検査の結果を解釈する際に、順唱と逆唱の解離ならびにそれらと算数との関連性について注目する視点が重要であることを指摘した。

**Key Words：** WISC-III, WAIS-R, 算数, 数唱, 順唱, 逆唱

## I. はじめに

記憶に関する実験心理学的研究の歴史は古い。1885年にEbbinghausが記念碑的論文を発表して以来、記憶範囲（memory span）課題は、基礎研究・臨床研究を問わず、幅広い領域において関心を集めてきた。Ebbinghausの研究が報告された数年後には、はやくも記憶範囲の個人差に関する研究がなされており、知的障害者もその対象となった。それらの知見の蓄積を基盤として、記憶範囲課題は、一世紀以上にわたり各種知能検査や認知機能検査の下位検査として活用されてきた<sup>4)25)</sup>。

Wechslerの開発した知能検査では、成人版（Wechsler Adult Intelligence Scale; WAIS）と子ども版（Wechsler Intelligence Scale for Children; WISC）の両者ともに、代表的な記憶範囲課題である数唱課題（Digit Span task）が下位検査として位置づけられている。数唱は、検査者が口頭で提示する数系列を提示順に復唱する順唱と、提示の逆順で再生する逆唱の二つの課題からなる。Wechsler知能検査の標準的な採点手順では順唱と逆唱の粗点を合計した得点から数唱の評価点が算出されることか

ら、順唱と逆唱における遂行上の差異は通常のプロフィール分析において解釈の対象となっていない。日本版検査のマニュアル<sup>34)35)</sup>では、順唱と逆唱の差異に関する記述は見あたらない。しかしながら、順唱と逆唱の成績を一つの評価点にまとめることの心理学的な妥当性を支持する実証的な根拠は乏しいといえる。

実際、順唱と逆唱に関与する認知機能の共通性と差異については、長年にわたり議論がなされてきた。現在、神経心理学においては、両者は異なる認知機能を反映するものとして紹介されている<sup>19)</sup>。また、ワーキング・メモリ理論<sup>1)2)3)</sup>に基づく研究では、しばしば、順唱は音韻ループを、逆唱は中央実行系（あるいは実行機能とも呼ばれている）を相対的に強く反映する課題として取り扱われている<sup>7)8)10)11)12)16)21)22)</sup>。

（なお、逆唱のような直後逆順再生の課題遂行は視空間的な表象機能に依拠しているという指摘もなされている<sup>20)</sup>。多人数の被験者を対象として各種記憶課題を実施し因子分析を行った研究では、順唱と逆唱はそれぞれ異なる因子に分離されるという結果が得られている<sup>27)29)</sup>。さらに最近の脳機能画像研究では、順唱と逆唱で関与する神経基盤に解離が存在することが報告されている。Hoshiら(2000)<sup>18)</sup>は、

順唱に比べて逆唱で両側前頭前野背外側部の活性化が高まることを認めた。また Gerton ら (2004)<sup>14)</sup>は、順唱と逆唱で共通する脳領域の活性化を認めたが、逆唱では順唱よりも広い領域で神経活動の高まりがあることを確認している。

先行研究をまとめると、相対的にみれば、順唱は音韻的短期記憶能力をより強く反映し、逆唱は実行機能をより強く反映する課題であるといえる。この仮説が正しいとすれば、WAIS や WISC の算数課題は、当然のことながら単純な音韻的短期記憶課題ではなく貯蔵した記憶内容に対する心的操作を伴った課題すなわち実行機能の関与が必要とされる課題であり、ゆえに順唱より逆唱との関連性が強いことが期待される。このことを明らかにするために、本研究では、成人と子どもを対象として、WAIS-R ならびに WISC-III の下位検査である算数、順唱、逆唱の関連性について検討することとした。

## ● Ⅱ. 研究1

### 1. 方法

**対象** 上越教育大学大学院に在籍する成人 36 名 (男性 17 名, 女性 19 名) を対象とした。対象者の平均年齢は 29.5 歳 (SD: 7.15, Range: 23-43 歳) であった。全ての対象者について、日本語が母国語であること、聴覚と発話に障害がないことを確認した。検査に先立ち、対象者に対して研究の主旨と内容を説明し同意を得た。

**手続き** WAIS-R 成人知能検査法<sup>34)</sup>の算数と数唱(順唱と逆唱)の2つの下位検査を個別に実施した。算数の実施手続きについては、検査の標準手続きを遵守した。数唱の実施手続きについては、基本的には検査の標準手続きとしたが、記銘刺激はコンピュータ制御のもとに女性の声でデジタル録音された数詞を1秒間隔でヘッドホンより聴覚提示した。数詞の提示が終了した1秒後に、再生開始の合図としてトーン刺激を提示した。対象者に対しては、トーン刺激が聞こえたら提示された数系列を口頭で再生するように教示した。順唱を実施した後に逆唱を行った。順唱・逆唱いずれも3桁から開始し、各桁に対して2試行を行った。両方の試行を誤答した桁で課題を中止した。

## 2. 結果

各対象者について、算数、順唱、逆唱の粗点をそれぞれ算出した。

各課題における対象者全体の平均と標準偏差を Table 1 に示す。また、年齢および各課題成績間における Pearson の積率相関係数を Table 2 に示す。年齢は、いずれの成績とも弱い相関しか認められず、統計的有意には至らなかった。算数、順唱、逆唱の成績間では、それぞれ同程度の有意な相関が認められた。このことより、成人では算数、順唱、逆唱それぞれの課題遂行に關与する認知機能に比較的高い共通性があることが示唆された。

参考までに順唱と逆唱をあわせた数唱の粗点と算数の粗点について分析をしたところ、統計的に有意な相関が得られた ( $r = .48, p < .01$ )。WAIS-R のマニュアル<sup>34)</sup>によれば、本研究対象者の平均年齢がおさまる標準化サンプルの 25~34 歳群における算数と数唱の相関は .44 である。このことより、本研究における対象者の課題遂行は WAIS-R 標準化サンプルとほぼ同等であることが示された。

Table 1 研究1 (成人)における算数、順唱、逆唱の粗点平均、標準偏差、範囲

	算数	順唱	逆唱
平均	15.4	8.0	8.3
標準偏差	4.3	1.7	2.0
範囲	6 - 25	5 - 12	4 - 13

Table 2 研究1 (成人)における年齢、算数、順唱、逆唱の相関関係

	年齢	算数	順唱
年齢			
算数	.21		
順唱	.09	.44 **	
逆唱	-.02	.39 *	.45 **

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

## ● Ⅲ. 研究2

### 1. 方法

**対象** 小学校低学年で通常の学級に在籍する児童 34 名を対象とした。内訳は、小学校 1 年生 12 名 (男性 1 名, 女性 11 名), 2 年生 14 名 (男性 6 名, 女性 8 名), 3 年生 8 名 (男性 3 名, 女性 5 名) であった。全ての対象児に対し

て, 日本語を母国語とすることと, 聴覚と発話に障害がないことを確認した. 検査を実施するにあたり, 保護者に対して研究の主旨と内容を説明し同意を得るとともに, 本人から検査への参加に対する了解を得た.

手続き 対象児に対して WISC-III 知能検査法<sup>35)</sup>の下位検査である算数と数唱(順唱と逆唱)を個別に実施した. 実施手続きは, 研究1と同様とした. 数唱における音声刺激は, 研究1と同じ女性の声でデジタル録音されたものを使用した. 順唱・逆唱ともに, WISC-III の標準手続きに従い, 2桁から開始した.

## 2. 結果

対象児ごとに算数, 順唱, 逆唱それぞれの粗点を算出した.

各課題における対象児全体の平均と標準偏差を Table 3 に, 算数と順唱および算数と逆唱の関連を表す散布図を Fig. 1 に示した. 散布図を見る限り, 算数と順唱, 算数と逆唱ともに緩

Table 3 研究2(子ども)における算数, 順唱, 逆唱の粗点平均, 標準偏差, 範囲

	算数	順唱	逆唱
平均	13.7	6.7	4.7
標準偏差	1.6	1.3	1.3
範囲	10 - 16	4 - 10	2 - 7

Table 4 研究2(子ども)における学年, 算数, 順唱, 逆唱の相関関係(下段)と学年による偏相関

	学年	算数	順唱	逆唱
学年	-			
算数	.61 **	-	.11	0.42 *
順唱	.37 *	.31	-	0.07
逆唱	.33	.52 **	.18	-

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



Fig. 1 研究2(子ども)における算数と順唱, 算数と逆唱の関連を示す散布図

やかな正の相関を示している. 算数-逆唱において, 算数 10 点・逆唱 7 点の遂行成績を示した一事例については, 対象児全体の布置から逸脱していると判断し, 外れ値として相関分析の対象から除外することにした. 学年および各指標間における Pearson の積率相関係数は, Table 4 に示したとおりである. 学年と算数, 学年と順唱の相関が有意であったので, 学年を制御変数として偏相関を算出した. その結果, 算数と逆唱の相関は有意であったが, そのほかの相関は有意に至らなかった.

## IV. 全体考察

本研究では, 成人(研究1)と小学校低学年の児童(研究2)を対象として, WAIS-R および WISC-III の下位検査である算数, 順唱, 逆唱の関連性について検討した. その結果, 成人では, 算数, 順唱, 逆唱それぞれの成績間に有意な相関関係が認められた. 一方, 低学年児では, 算数と逆唱の成績間に有意な相関が認められたが, 算数と順唱ならびに順唱と逆唱の相関は有意でなかった. 成人の結果は, 算数, 順唱, 逆唱の課題遂行に共通して関与する認知機能, いわゆる第3因子の存在を支持するものである. 一方, 小学校低学年の結果は, 3つの課題に共通する認知機能の存在を支持するものではなかった. 成人と低学年児で相関の有意性に差異が認められたということは, WISC-III でいう「注意記憶」の群指数を構成する3つの課題の遂行成績を解釈する際に, 年齢により解釈候補として考慮すべき認知機能が異なることがありうる, ということを示唆するものである.

まず最初に, 順唱と逆唱の関係について考察する. Reynold(1997)<sup>27)</sup>は, 5歳から19歳の子どもを対象として, 数唱課題を含む各種記憶検査を実施した. 因子分析の結果, 順唱と逆唱は異なる因子に分離されることが認められた. Swanson & Beebe-Frankenberger(2004)<sup>29)</sup>は, 小学1年生から3年生を対象として, 順唱と逆唱が異なる因子に属するという結果を得ている. Passolunghi & Siegel(2004)<sup>24)</sup>は小学5年生を対象として, Gathercoleら(2004)<sup>12)</sup>は7歳児と14歳児を対象として, Rasmussen & Bisanz(2005)<sup>26)</sup>は就学前の子ども(平均年齢5歳3ヶ月)と小学1年生を対象として, いずれも順唱と逆唱の相関には有意差が認められなかったと報告している. また Henry(2001)<sup>17)</sup>

は、知的障害のある子どもを対象として、数唱を含む各種ワーキング・メモリ課題を実施した。その結果、精神年齢で統制した偏相関では、順唱と逆唱の相関は有意ではなかった。本研究の結果は、これらの先行研究の結果と一致している。一方、成人を対象とした先行研究では、順唱と逆唱の間に有意な相関があることが報告されており<sup>15)</sup>、これも本研究の結果と一致している。成人の場合、音韻的短期記憶と実行機能は、ともにその発達のピーク段階に至っている。順唱であれ逆唱であれ、より高い課題遂行をなすには両機能が協同して関与することが必要であり、そのことが相関の高さに反映していると考えられる。しかしながら、小学校低学年では、機能発達がいまだアンバランスな状態にあることから、課題により遂行成績に解離が生じやすいのではなからうか。臨床的にも、この年齢においては、順唱では比較的高い遂行成績を示しているにもかかわらず、逆唱の遂行に困難を示す子どもが見受けられる。逆唱の効率的な遂行には音韻的短期記憶だけではなく実行機能の発達が必要であるとすれば、小学校低学年の段階では実行機能が未発達なため、実行機能関与の必要性に強弱のある順唱と逆唱の間で解離が生じたと推察される。先行研究の結果も合わせて考えると、少なくとも10歳前半までの子どもを対象とした場合、順唱と逆唱を単にまとめて「数唱」成績として解釈するのではなく、そのディスレパシーに注目することが解釈の視点として重要になるといえる。

つぎに算数と順唱、算数と逆唱の関係について考察する。先行研究の知見を踏まえて、算数は順唱よりも逆唱と関連性が高いという仮説を立てたが、成人の結果はこれを支持せず、一方、子どもの結果はこれを支持するものであった。このこともまた下位検査間の関係性には発達的な変化があることを示唆するものである。一般的には、発達途上の子どもにおいては個々の認知機能は未分化でそれぞれの独立性が低い状態にあるが、成長するに従い未分化であった認知機能はそれぞれ比較的独立したモジュールとして形成されていくと考えられる。そうであるとすれば、認知機能が未分化な子どもであるほど課題間の相関が強く、成人になるほど課題間の相関が低減することが期待されるのであるが、結果はその逆となっている。このことについては、成人では、個々の領域特異的な認知機能よりも、それらを課題に即して調整する等といった領域一般的な認知機能の役割が相

対的に強くなっていることが、相関の高まりとして表れたのではないかと考えられる。

小学校低学年児において、算数は、逆唱と有意な相関を示したが、順唱との相関は有意ではなかった。このことは、算数課題が要求する暗算による文章題の解決には、逆唱が反映する実行機能の働きが強く関与していることを明らかに示している。子どもの算数困難に関しては、初期の研究では短期記憶の問題が指摘されていたが<sup>28)33)</sup>、最近のワーキング・メモリ理論を基盤とした研究では、計算には中央実行系（実行機能）の関与が強いことを示唆するものが多く報告されている<sup>5)6)21)23)24)30)</sup>。Gearyら(1999)<sup>13)</sup>は、小学1年生を対象として、算数学習障害の危険性のある児童はそうでない児童に比べて逆唱の成績が有意に低い順唱では差がなかったと報告している。また、van der Sluisら(2005)<sup>32)</sup>は、10歳前後の子どもを対象として、読み障害と算数障害を併せ持つ子どもは順唱に問題はないが逆唱の遂行成績が低いことを認めた。本研究の結果は、これらの先行研究と一致しており、算数は順唱よりも逆唱との関連性が高いことを明らかにするとともに、算数と逆唱の両者に共通した課題遂行を支える認知的基盤として実行機能があるという仮説を支持するものである。Numminenら(2000)<sup>22)</sup>は、知的障害のある成人を対象として、算数能力検査と逆唱の成績に有意な相関を認めたが、順唱との相関は有意ではなかったと報告している。これらのことから、少なくとも小学校低学年の児童やあるいは知的な遅れのある成人を対象とした場合には、順唱と逆唱を単にまとめた数唱成績だけではなく、順唱・逆唱それぞれと算数成績との一貫性に注目して解釈を進めることが有効であるといえる。

最後に、算数、順唱、逆唱における解釈上の留意点について考察する。先に述べたように、小学校低学年の発達水準では順唱と逆唱の成績をまとめて一つの指標として取り扱うよりも、順唱と逆唱のディスレパシーに注目することが重要であるといえる。臨床的にも、この年齢の子どもでは、順唱と逆唱、順唱と算数、逆唱と算数などの組合せで遂行成績に大きな隔たりのある事例を経験することが多い。このような事例においては、音韻的短期記憶の発達に比較して、短期記憶内の貯蔵内容に対して更に逆順に並べ替える等の心的操作を加えるために必要な実行機能の発達が遅れていることが解釈の一候補として指定することができる。

算数など他の下位検査の成績と対照することで, この解釈候補の妥当性を検討することが必要である。多くの研究が順唱と逆唱に關与する認知機能の差異について指摘しているにもかかわらず, 一般的には, 数唱はその「固有の能力」として聴覚的短期記憶あるいは即時的な暗記再生が紹介されるにとどまっている<sup>9)31)</sup>。数唱にかぎらず, 各検査の遂行に關与する認知機能について確かな知見を確立し, その証拠を広く提供することが研究者にとって今後の課題である。

## 文 献

- 1)Baddeley, A. (1992) Working Memory. *Science*, 255, 556-559.
- 2)Baddeley, A. (1995) Working memory. In M. S. Gazzaniga (Ed.) *The cognitive neurosciences*. Massachusetts: MIT Press; pp.755-764.
- 3)Baddeley, A. D., & Logie, R. H. (1999) Working memory: The multiple- component model. In A. Miyake & P. Shah (eds.) *Models of workingmemory: Mechanisms of active maintenance and executive control*. Cambridge: Cambridge UP;pp.28-61.
- 4)Bors, D. A., & MacLeod, C. M. (1996) Individual differences in memory. In E.L. Bjork & R.A. Bjork (Eds.) *Memory*. San Diego: Academic Press; pp.411-441.
- 5)Bull, R., Johnston, R. S., & Roy, J. A. (1999) Exploring the roles of the visual-spatial sketchpad and central executive in children's arithmeticalskills: Views from cognition and developmentalneuropsychology. *Developmental Neuropsychology*, 15, 421-442.
- 6)Bull, R., & Scerif, G. (2001) Executive functioning as a predictor of children's mathematics ability: Inhibition, switching, and working memory. *Developmental Neuropsychology*, 19, 273-293.
- 7)Conners, F. A., Carr, M. D., & Willis, S. (1998) Is the phonological loop responsible for intelligence-related differences in forward digit span? *American Journal of Mental Retardation*, 103, 1-11.
- 8)Davis, H. L., & Pratt, C. (1995) The development of children's theory of mind: The working memory explanation. *Australian Journal of Psychology*, 47, 25-31.
- 9)藤田和弘・上野一彦・前川久男・石隈利紀・大六一志 (2005) *WISC-III アセスメント事例集: 理論と実際* 日本文化科学社
- 10)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.
- 11)Gathercole, S. E., Pickering, S. J., Ambridge, B., Wearing, H. (2004) The structure of working memory from 4 to 15 years of age. *Developmental Psychology*, 40, 177-190.
- 12)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.
- 13)Geary, D. C., Hoard, M. K., & Hamson, C. O. (1999) Numerical and arithmetical cognition: Patterns of functions and deficits in children at risk for a mathematical disabilities. *Journal of Experimental Child Psychology*, 74, 213-239.
- 14)Gerton, B. K., Brown, T. T., Meyer-Lindenberg, A., Kohn, P., Holt, J. L., Olsen, R. K., & Berman, K. F. (2004) Shared and distinct neurophysiological components of the digits forward and backward tasks as revealed by functional neuroimaging. *Neuropsychologia*, 42, 1781-1787.
- 15)Groth-Marnat, G., & Baker, S. (2003) Digit span as a measure of everyday attention: A study of ecological validity. *Perceptual and Motor Skills*, 97, 1209-1218.
- 16)Hale, J. B., Hoepfner, J.-A. B., & Fiorello, C. A. (2002) Analyzing digit span components for assessment of attention processes. *Journal of Psychoeducational Assessment*, 20, 128-143.
- 17)Henry, L. A. (2001) How does the severity of a learning disability affect working memory performance? *Memory*, 9, 233-247.
- 18)Hoshi, Y., Oda, I., Wada, Y., Ito, Y., Yamashita, Y., Oda, M., Ohta, K., Yamada, Y., & Tamura, M. (2000) Visuospatial imagery is a fruitful strategy for the digit span backward task: A study with near-infrared optical tomography. *Cognitive Brain Research*, 9, 339-342.

- 19)Lezak,M.D.(1995)Neuropsychological assessment. 3rd edition. New York: Oxford University Press. (三村將・松村太郎(監訳)(2005)レザック神経心理学的検査集成 創造出版.)
- 20)Li, S.-C., & Lewandowsky, S. (1995) Forward and backward recall: Different retrieval processes. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 21, 837-847.
- 21)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.
- 22)Numminen, H., Service, E., Ahonen, T., Korhonen, T., Tolvanen, A., Petja, K., & Ruoppila, I. (2000) Working memory structure and intellectual disability. *Journal of Intellectual Disability Research*, 44, 579-590.
- 23)Passolunghi, M. C., & Siegel, L. S. (2001) Short-term memory, working memory, and inhibitory control in children with difficulties in arithmetic problem solving. *Journal of Experimental Child Psychology*, 80, 44-57.
- 24)Passolunghi, M. C., & Siegel, L. S. (2004) Working memory and access to numerical information in children with disability in mathematics. *Journal of Experimental Child Psychology*, 88, 348-367.
- 25)Ramsay, M. C., & Reynolds, C. R. (1995) Separate digits tests: A brief history, a literature review, and a reexamination of the factor structure of the test of memory and learning (TOMAL). *Neuropsychology Review*, 5, 151-171.
- 26)Rasmussen, C., & Bisanz, J. (2005) Representation and working memory in early arithmetic. *Journal of Experimental Child Psychology*, 91, 137-157.
- 27)Reynolds, C. R. (1997) Forward and backward memory span should not be combined for clinical analysis. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 12, 29-40.
- 28)Siegel, L. S., & Linder, B. A. (1984) Short-term memory processes in children with reading and arithmetic learning disabilities. *Developmental Psychology*, 20, 200-207.
- 29)Swanson, H. L., & Beebe-Frankenberger, M. (2004) The relationship between working memory and mathematical problem solving in children at risk and not at risk for serious math difficulties. *Journal of Educational Psychology*, 96, 471-491.
- 30)Swanson, H. L., & Sachse-Lee, C. (2001) Mathematical problems solving and working memory in children with learning disabilities: Both executive and phonological processes are important. *Journal of Experimental Child Psychology*, 79, 294-321.
- 31)上野一彦・海津亜希子・服部美佳子(編)(2005)軽度発達障害の心理アセスメント 日本文化科学社
- 32)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.
- 33)Webster, R. E. (1980) Short-term memory in mathematics-proficient and mathematics-disabled students as a function of input-modality/ output-modality pairings. *Journal of Special Education*, 14, 67-78.
- 34)Wechsler, D. (品川不二郎・小林茂雄・藤田和弘・前川久男: 訳編著)(1990) 日本版 WAIS-R 成人知能検査法 日本文化科学社.
- 35)Wechsler, D. (日本版 WISC-III 刊行委員会: 訳編著)(1998) 日本版 WISC-III 知能検査法 日本文化科学社.