



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	読みとワーキングメモリー：「学習障害」研究と認知科学
Author(s)	室橋, 春光
Citation	LD研究, 18(3): 251-260
Issue Date	2009-10-25
Doc URL	<a href="http://hdl.handle.net/2115/42649">http://hdl.handle.net/2115/42649</a>
Right	
Type	article (author version)
Additional Information	



Instructions for use

読みとワーキングメモリー  
—「学習障害」研究と認知科学—

Reading and working memory: Studies for “learning disabilities” and cognitive sciences

室橋春光

Harumitsu MUROHASHI

北海道大学大学院教育学研究院  
Hokkaido University, Faculty of Education

キーワード: ワーキングメモリー 音韻ループ 視空間スケッチパッド エピソードバッファ ディスレキシア

Key words: working memory, phonological loop, visuospatial sketchpad, episodic buffer, dyslexia

ワーキングメモリーは、Baddeleyらにより1970年代に提案され、現在まで展開され続けている、認知心理学領域における主要概念である。発達障害のメカニズムを考える上で、ワーキングメモリーという概念は重要な役割を有しているといえる。学習障害、ADHD、自閉症に関してそれぞれ多数の研究が進められ、ワーキングメモリーはいずれの障害においても関与することが認められているものの、各障害において主要原因とみなしうるかどうかについては議論が錯綜している。しかし少なくとも学習障害領域では、ワーキングメモリーは、その障害メカニズムに密接に関連しており重要な要因であるといえる。本論では、特に読み活動を中心にワーキングメモリーの役割を検討する中で、学習障害研究と認知科学の関係を考えてみたい。

## 1. “読み書き”という行為

「学習障害とは、基本的には全般的な知的発達に遅れはないが、聞く・話す・読む・書く・計算するまたは推論する能力のうち特定のものの習得と使用に著しい困難を示す様々な様態を示すものである」(文部科学省,1999)。聞く・話す・読む・書く・計算する、というそれぞれの機能が、ヒトの創り出した音声刺激や視覚刺激に対する内部表象への変換作業あるいは動作への表出作業を扱っている。そしてそれらは(“推論”も含め)、種々の様態のコミュニケーションを可能にしている重要な機能である。

しかし、読み書きという行為は、人類の歴史からみれば、まだまだ新しい営みに属するといえよう。それは、脳の働きからみれば、まだ専用の回路を獲得したとはいえない状況なのかもしれ

れない。古代には、読むこと書くことは、限られた専門家の仕事であった。しかし時を経て近代に至り、学校制度の確立とともに、読み書きは、国民の義務となっていたのである。それは、日本でいえばわずか 100 年ほど前のことに過ぎない。

読み書きは、少なくとも発達途上においては、脳の諸機能を総動員する作業であるといえる。義務教育において最も基礎能力であるとされる“読み書き”の能力が獲得されるのは、実は容易なことではない。ヒトの脳は無論、コンピューターのような“機械”なのではなく、遺伝と環境の関わり合いを可能にする生物学的基盤の中で、時間をかけて創りあげられていく壮大なシステムなのである(室橋,2007)。

そこには、当然のことながら、ある環境内での個体差が存在する。読む能力、あるいは書く能力がいち早く獲得され、その能力を円滑に使いこなせる子どもいれば、時間をかけてゆっくりその能力を獲得し、その能力を円滑に使いこなすことは困難な子どももいる。そのような様々ありかたは生物学的には極めて自然なことであるといえるが、他方で文化・社会の発展は、そのような子どもの能力の在り方を、ある範囲に収めることを求めるようになってきた。また私たちの知覚・認知には、曖昧な刺激の存在を許さずに“白か黒か”に峻別する特性がある。そのような特性の存在のために、私たちは子どもを”できる“、“できない”に峻別する傾向をもつことになる。

ヒトは目的に向かって“努力”することができる。ある構えをつくり、時間をかけて関連する学習を行い、最終的には関連する 1 つひとつの機能を統合して所与の目的を達成するシステムとして創り上げていくのである。教育は、そのような機能を最大限に発揮させようとする営みであるといえる。読み・書きは、教育の出発点に位置する重要な基礎的機能であり、幼児期・児童期の大部分をかけて習得されていく。読み・書きのような行為において働く脳の重要な機能は、情報の変換と統合といえるであろう。そのような場合に重要な役割を果たす認知心理学的システムが、ワーキングメモリーである。

## 2. ワーキングメモリー・システム

Hebb(1949)が神経系の永続的な変化を含む長期記憶と、一時的な電氣的活動による短期記憶の区別を提案して以来、記憶研究はめざましい発展を遂げてきている。認知科学領域では、Atkinson and Shiffrin(1968)の記憶2要因モデルが有名であるが、次第に記憶のダイナミックな過程が注目されるようになった。

さて、ある目的に関連する機能を統合していくときに、密接に関連する重要なメカニズムが、ワーキングメモリーというシステムである。ワーキングメモリーは、Baddeley and Hitch(1974)により提唱された極めてシンプルな、何らかの事態に直面した際に短時間のうちに生じる入力情報の処理に関連する記憶システムのモデルである。Baddeley らの提案したワーキングメモリーは 3 つの部分からなる。視空間刺激入力用のいわばメモ帳である“視空間スケッチパッド”、言語音声入力用の“音韻ループ”、作業を監督する役割をもつがその処理資源に限界のある

“中央実行部”である。

その後、このモデルはさらに発展して、エピソードバッファが付加された(Baddeley,2000)。このサブシステムは、視覚・聴覚など多次元的符号化を可能にし、またエピソードを統合的に創出するための情報結合を可能にするものであるが、容量は限定的である(Repovs and Baddeley,2006)。

#### (1) 音韻ループ

音韻ループは、言語情報の特定の処理に関与する2つの成分からなると考えられている。1つは、音韻貯蔵部(phonological store)であり、これは、2, 3秒間で減衰する音響的あるいは音韻的なかたちの記憶痕跡を保持する。もう一つは調音リハーサル部(articulatory rehearsal)であり、内言的性質をもつ(Repovs and Baddeley,2006)。調音リハーサル部の機能は、音韻貯蔵部に保持されている内容をリハーサルし、再調音して記憶痕跡をリフレッシュすることである。また音韻貯蔵部の容量は、利用可能な時間内に調音できる項目数によって制限される。

#### (2) 視覚的空間スケッチパッド

視覚的空間スケッチパッドは、視覚的、空間的情報の維持と操作に関連すると考えられている。これには、空間情報と視覚情報を扱う独立した2つの部分が存在すると考えられている(Repovs and Baddeley,2006)。これらは、それぞれ独立した貯蔵部と維持・操作機能をもつとみられている。また、音韻ループになぞらえて、視空間スケッチパッドにも、visual cache と呼ばれる受動的視覚貯蔵部と、inner scribe と呼ばれる動的空間リハーサル部が存在すると考えられている(Logie,1995)。

視覚ワーキングメモリーは、通常3つから 4 つの特徴を扱うことができるが、場合によっては 16 以上の特徴を扱うことも可能であることから、それらの特徴が統合された対象(object)のかたちで情報を保持していると考えられる。単純な課題ではより多くの特徴を扱うことができるが、複雑な課題になると扱いうる特徴の数は減少する。また特徴結合そのものは概ね自動的に行われるが、後続の処理によって容易に妨害されてしまう(Repovs and Baddeley,2006)。

我々の視覚的世界(見え)は比較的安定しているが、これは視覚ワーキングメモリによって支えられていると考えられる。ある場面のごく一部に変化があっても、我々はそれに極めて気づきにくい。その変化を検出できるのは、何らかの関心を持つ領域に限定されるのである。

入力情報の視覚ワーキングメモリへの転送は、経験などに基づくトップダウン的処理の影響を受けることが知られているが、他方で視覚的手がかりといったボトムアップ的処理の影響も受ける。知覚はトップダウン的処理とボトムアップ処理の双方の影響を受けながら成立する。視覚ワーキングメモリは、視知覚が成立する“場所”であるといえるかもしれない。認知に関わる障害において、視知覚成立に向けたトップダウン的処理とボトムアップ的特徴の影響のあらわれかたに差異が生じうる(室橋,2008)。そして、視覚ワーキングメモリは、知覚のみならず視覚的

イメージにも密接に関連している。

空間ワーキングメモリにも、受動的な情報貯蔵部と動的なリハーサルメカニズムが存在すると考えられている。随意的な眼球運動が、空間ワーキングメモリーを妨害することが多くの研究によって認められている。このように、眼球運動のコントロール過程は、位置特定の情報を扱う空間ワーキングメモリに関与すると考えられている。そのほかにも、腕の動きなど身体運動も空間ワーキングメモリに影響を及ぼすことが知られている。これは、実際の動きでなくとも、動きを想像するだけでも影響することが知られている(Quinn and Ralston,1986; Johnson,1982)。随意的な注意も、腕の運動も、いずれも空間的注意の切り替えを伴う。もし空間的注意の切り替えに関わるシステムがそれらに共通のものであるならば、それらは相互に干渉しうることになる。空間ワーキングメモリ内に保持されている位置から注意を他へ切り替えると、その位置情報を保持する能力が損なわれることが知られている(Smyth,1996)。このようなことから、空間ワーキングメモリーと空間的選択的注意とは、相互にオーバーラップする機能であろうと考えられている。空間ワーキングメモリー内の情報を活性化しておくリハーサルの機能は、記憶された位置情報に注意を焦点化する作業でもあるといえる。

視覚探索課題もまた、空間ワーキングメモリと関連性を示すことが知られている。視覚探索課題も空間ワーキングメモリーも、空間的注意の配分という点で共通しているとみることができると。他方眼球運動は、空間ワーキングメモリーに対して、注意の切り替えよりも強い影響力をもつとする考えもある。眼球運動の統制過程は、位置特定の表象の短期リハーサルに決定的影響を与えるとも想定されている(Peason and Sahraie,2003)。視空間ワーキングメモリーと眼球運動の強い結びつきが存在するとすれば、空間ワーキングメモリーにおける位置情報は、眼球運動レベルでも表象されている、と考えられよう。

### (3) 中央実行部

中央実行部は、ワーキングメモリシステムのモデルにおいて最も重要な部分であるが、またその機能がよく解明されていない部分でもある。中央実行部は、一般的処理資源に密接に関わる部分であるが、その容量は限定的であると考えられてきた。

日常的な出来事に対しては習慣的対応が可能だが、新規事態では入力される刺激情報と長期記憶情報が活発に結合されることになる。このようなとき、注意機能には処理容量の限界があり、そのコントロールが重要になる。したがって、中央実行部の最も重要な役割は、注意のコントロールであるといえる。限界のある容量を有効に利用するためには、注意の切り替えを柔軟かつ効率的に行うことが要請される。また入力情報と関連する長期記憶を結びつける役割も重要となる(Repovs and Baddeley,2006)。

中央実行部には、情報貯蔵成分と一般的な認知処理過程群が存在する。そして、貯蔵部内には、まさにこれから処理を受ける、あるいは受けつつある情報が存在している。複雑な課題下では、中央実行部は、注意コントロール資源として機能し、注意を焦点化して施行されている課題間での注意の分割や注意の切り替えを行う。このような状況では、音韻ループは実行

プログラムの一時的な貯蔵成分のひとつとして機能し、視空間スケッチパッドは視覚的、空間的注意を誘導する役割を果たすことになる(Repovs and Baddeley,2006)。

図2挿入

#### (4) エピソードバッファ

エピソードバッファは、音韻ループや視空間スケッチパッド、それに長期記憶から、当該事象に関連する視覚・聴覚など異種の情報を集めて、ひとつの多次元表象を創り出す“場所”である(図2)。エピソードバッファは、まだ発展途上のサブシステムのモデルであり、今後の研究が必要とされている。エピソードバッファにも容量制限があり、それは中央実行部の働きに依存している。ここでの情報のリハーサルは意識的な覚知に基づいて行われ、新しい表象を創出して操作する。そしてそのことが、新たな心理的空間を創り出すことを可能にする。この際、脳活動としては、前頭領右側が活発になることが知られている(Prabhakaran, Narayanan, Zhao et al.,2000)。

このようにエピソードバッファは、心理的活動に重要な役割を果たすことが想定されているサブシステムである。ここである課題に必要な情報群が一時的に保持され、その間に統合されてさらに必要な諸操作が行われていくのである。

### 3.ワーキングメモリーと言語

上述のようなワーキングメモリーシステムは、ヒトが新しい事態におかれ、あるいは新しい課題に直面してそれを解決するように求められる状況で活躍する。現代のヒトが文化に直面し、社会に参加する上で重要な役割をもつ心理的機能が言語であるが、その獲得は前述のごとく決して容易な作業ではない。そこでは、ワーキングメモリーシステムが十全に機能することが求められる。

#### (1) 音韻ループ

ワーキングメモリー、特に音韻ループは、母語の学習に重要な役割を果たしていると考えられる。Baddeleyらは、音韻ループが新出語の新奇な音韻形態を学習する際に、決定的役割を果たすことを指摘している(Baddeley, Gathercole, and Papagno, 1998)。彼らは、通常発達を示す4才児に卑語復唱や絵画語彙テストなどを実施し、5歳時にも同様の検査を行った(Gathercole & Baddeley, 1990; Gathercole, Willis, Emslie, & Baddeley, 1992)。その結果、語彙と卑語復唱が比較的高い相関を示した( $r=0.525$ )。Baddeleyらは、その後も4-13歳の子どもたちを対象に同様の検討を行い(Baddeley, Gathercole, & Papagno, 1998)、数唱よりも非語の復唱が語彙獲得のよりよい指標であることを見いだしている。これは、親近性の低い音韻系列を復唱しなければならないという状況が、言語学習状況と類似しているためであろう(Baddeley,2003)。音韻的記憶がより有効に働く子どもでは、それだけ言語獲得は有効に行わ

れ、また獲得され長期記憶に格納されている語彙群が、エピソードバッファ上で非語復唱を助けることになろう。

Gathercole(1995)は、英語に類似の非語と類似性の低い非語を作成し、被験者に提示した。その結果、英語に類似の非語の方が、そうでない非語よりも復唱が容易であった。このことは、言語習慣が非語復唱に影響していることを示している。また英語と類似性の低い非語の復唱成績は、その後の語彙学習成績とより密接に関連していた。

非語の復唱においては、音韻ループと調音リハーサルの両方が関連していると考えられる。調音リハーサルが、初期言語獲得により密接に関連していると想定され、音韻ループは言語種には比較的関連しないと考えられる。Gathercoleら(Gathercole, Pickering, Hall, and Peaker, 2001)は、7-8歳の子どもを対象として、4語のうち2語の語順が同じか異なる2つの語系列を聞かせ、2番目の系列と1番目の系列の再生または再認(異同弁別)を課題とした(例えば第一系列がdog, pen, hat, tipであるとき、第二系列が dog, hat, pen, tip)。その際、非語が含まれている系列の方が、含まれない系列よりも成績が低かった。また成人を対象として同様の課題を実施した結果、系列再生の場合には語彙性効果がみられたが、再認の場合には認められなかった。系列再生における語彙性効果は、非語の音韻同定における誤りの増加から推定された。この語彙性効果は、再生の場合における項目情報の再統合に起因するのではないかとみられた。同様の現象は第二言語の場合にも見出されており、系列再生時に母語の優位性が明確に認められたが、再認時には認められなかった。これらのことから、言語習慣の存在は、音韻貯蔵部に直接影響を与えるのではなく、表出あるいはリハーサルを通して語彙を獲得する場合に、最大の効果をもつと考えられる(Baddeley, 2003)。

Adamasらは、言語処理とワーキングメモリの関係を発達の観点から論じている。彼らは、ワーキングメモリの音韻性成分が言語発達において果たす役割、特に音韻表象の長期学習における役割について検討している(Adams and Willis, 2001)。またBaddeleyらによるモデルの効用と限界について検討する中で、処理資源の限界性について論じている。この限界性は、処理の自動化が密接に関連していると想定され、もし自動的に処理できない新奇な音声形態を行う場合には、ワーキングメモリの音声成分がその刺激情報を保持することが求められることになる。この場合、その保持は、子どもが作り出せる発声の複雑さの程度に依存することになる。

## (2) 視空間スケッチパッド

視空間スケッチパッドは、言語獲得については、音韻ループほどには中心的役割を果たしていないように見える。しかし乳幼児期において、ある物体あるいは事象に対してある音声的表象を結合することが言語獲得の初期過程であるとするならば、そこには視空間スケッチパッドも一定の役割をもつことになろう。現代では音声言語獲得にあわせて、書記言語獲得が開始される。この時点は、視空間スケッチパッドは、書記素、形態素の獲得に重要な役割を果たすことになる想定される。また、書記言語獲得後も、日常の読み活動における視空間スケッチパッド

ドの役割は重要であり、文章群の表象を維持し、眼球を文章の初めの部分から次へ移していく際に重要な機能を有している。なお視空間スケッチパッドは、算数領域においてより重要な役割を果たすと考えられる。

### (3) 中央実行部

中央実行部は、ワーキングメモリスパンの個人差を決定する主要因子のひとつであると考えられる。ワーキングメモリのスパンは、通常、処理と貯蔵を同時に要求される課題を用いて測定される。文章を音読しながら各文章の指定語を記憶しておき、あとで再生を要求されるリーディングスパンテスト(Daneman and Carpenter,1980)や、暗算課題中に挿入された単語の記銘を求められるオペレーションスパンテスト(Tunmer and Engle,1989)などで測定される。ワーキングメモリスパンは、読みを含む複雑な認知的スキルにおいて頑健な予想因子であることが知られている。したがって中央実行部は、ワーキングメモリスパンにおいて、読み活動を支える主要な要因であるといえる。ただしワーキングメモリスパンの差が言語理解の程度に大きな影響を及ぼすことは疑いないが、他方で関連する意味的知識の程度も言語理解の程度に影響する重要な要因である(Baddeley,2003)。

菅原らは、成人被験者をリーディングスパンテストの結果により高スパン群と低スパン群に分け、リーディングスパンテスト遂行中の脳活動を fMRI により測定した(Osaka and Osaka,2007)。その結果、高スパン群では前頭前野背外側部(DLPFC)、帯状回前部(ACC)、上頭頂小葉(SPL)を主要な要因とする実行系機能が、より活発に働くことが示唆された。SPLでは視覚的注意の統制や注意の切り替え、焦点化などに重要な役割を有していると想定されている。またDLPFCでは注意の維持が、ACCでは課題達成のために必要な注意管理(葛藤解決や不必要情報の抑制など)に関与すると想定されている。SPLは、DLPFCやACCと協働して実行機能の役割を果たしていると考えられている。この結果は、リーディングスパンテストという状況での限られたかたちではあるが、読み活動中の注意管理に関する中央実行部の機能を、脳活動レベルで示したものと見えよう。

### (4) エピソードバッファ

エピソードバッファの役割は、その課題において必要な視覚情報や言語情報などを関連する長期記憶情報とともに結合し、多面的な要素を持つひとつの表象とするための作業を行うことにある。読むという行為は、まさにそのような作業の連続の中に実現するといえよう。

現時点では、言語学習や読みに関するエピソードバッファの役割についてはまだ十分に検討されておらず、今後の研究が求められよう。言語的理解においてエピソードバッファが果たすと想定される役割は、意味論的領域のみならず、統語論的領域ならびに語用論的領域に及ぶことになろう。

Rudnerら(Rudner and Ronnberg,2008)は、エピソードバッファは必ずしも中央実行部機能を必要とせず、他のネットワーク群との協働を必要とすると想定している。しかし、文章処理

中には、中央実行部とエピソードバッファの協働が必要になるとしている。また Rudner ら (Rudner, Fransson, Ingvar, Nyberg, and Ronnberg, 2007)は、ニューロイメージング研究からエピソードバッファの創出には頭頂領が、その維持には前頭領が関与していると想定している。

#### 4. 読み困難とワーキングメモリー

ワーキングメモリーは、前述のごとく、読み能力の獲得と流暢な使用の際に重要な役割を果たすと想定される。したがって、ある子どものワーキングメモリーが十全に機能しないならば、読み能力の獲得に時間を要し、また流暢に使用することに困難を生じることになる。

Gathercole ら (Gathercole, Alloway, Willins, et al., 2006)は、ワーキングメモリーと読みならびに算数能力との関係を、言語や記憶などの能力を測定してそれらとの関連性を検討した。この研究には、平均年齢 9 歳 (6-11歳) の子どもたち46名が参加した。彼らは、付加的教育支援を必要とする児童と認定されていた。行動的・情緒的問題は有していなかった。Wechsler Object Reading Dimension (WORD)など数種類の言語、記憶、音韻などの検査を受けた。その結果、読み困難度は、複雑記憶(WMTB-C:逆唱、点数え、リスニングスパンからなる児童用ワーキングメモリーテストバッテリーにより測定)、言語、音韻 STM、音韻覚知能力と関連していた。他方、算数困難度は、複雑記憶、音韻 STM、音韻覚知能力と関連していた。これらのことは、複雑記憶課題で示されたワーキングメモリースキルが、読みと算数の技術と知識の獲得において重大な制約となることを示唆している。

Berninger らは、12年にわたる研究から、ワーキングメモリーのサブシステム機能と遺伝子の関連性を検討した。その結果、6番染色体上のDNA変異が、急速・自動的切り替えの緩慢、不注意、目標指向活動と結びついている可能性を指摘した。また15番染色体上のDNA変異は、音韻的な word-form と結びついている可能性が指摘された。ディスレキシアをもつ子どもでは、形態的 word-form により焦点化することが要求されると推定された。また音韻ループ機能の維持により強い困難を有することも指摘された。さらに、書記素ループ機能も損傷している場合には、アルファベットの書字学習にも困難を有することが指摘された。中央実行部の損傷では、口語ならびに書記言語の処理においてワーキングメモリーの効率性が妨げられることが指摘された (Berninger, Raskind, Richards, et al., 2008)。

Schuchardt らは、特異的学習障害 (specific learning disorders) のある27名の子ども (2-7学年) を対象とし、ディスレキシア並びに算数障害の有無を変数として、ワーキングメモリー機能を調べた。その結果、算数障害では視空間記憶が、ディスレキシアでは音韻ループと中央実行部がそれぞれ障害されていた (Schuchardt, Maehler, and Hasselhorn, 2008)。

Swanson らは、読み障害のみの子ども、読み並びに算数障害のある子ども、言語性IQの低い読み障害のある子ども、そして読みにも熟達している子どもの4群84名 (11-17歳) について、3年間にわたるワーキングメモリー機能の縦断的研究を行った。その結果、読み熟達群がワー

キングメモリーのより高い成長を示した。また音韻ループに示される短期記憶よりも、注意の統制に示されるワーキングメモリー機能の方が、読み理解と読み流暢さの成長により密接に関連していた。このことは、読み障害の背景に存在する、ワーキングメモリーの実行成分の成長が阻害されるという考えを支持する(Swanson and Jerman,2007)。

Kibby らは、読み障害のある子どもと定型発達を示す子ども20名ずつ(9-13歳)を対象として、Baddeley のワーキングメモリーモデルの3つのサブシステム機能を調べた。その結果、読み障害のある子どもでは音韻ループが損傷していたが、視空間スケッチパッドと中央実行部は損傷されていなかった。そして、音韻処理については音韻貯蔵部における損傷が推定された。(Kibby, Marks, Morgan, et al.,2004)。

Jeffriesらは、特別な教育的ニーズ(SEN)のある子ども(合併症のないディスレキシア21名と協調運動障害(dyspraxia)、情緒・行動問題などを含む困難のある子ども26名)とニーズのない子ども40名を対象として、ワーキングメモリー機能を検討した。その結果、SENのある子どもたちは、音韻ループ機能において低い成績を示した。しかしディスレキシア群は合併症群に比べて、音韻覚知の成績が低かった。他方、ディスレキシア群の視空間スケッチパッド機能は、ニーズのない群と同様の成績を示した。合併症群では視空間機能に関する成績は、大部分の検査で最も低かった。(Jefries and Everatt,2004)。

Ramus らは、ディスレキシアを対象として行われた研究のうち、音韻表象欠陥説にかかわるものを検討した(Ramus and Szenkovits,2008)。その結果、彼らはディスレキシアにおいては音韻表象が生成されないのではなく、音韻表象へのアクセスが困難であるとする仮説を提案した。すなわち、音韻貯蔵部や音韻ループにおける問題というよりは、中央実行部あるいはエピソードバッファの問題であると想定することになる。Ramus らは、感覚表象へのアクセスの一般的困難なのでは必ずしもなく、ケースによって異なると想定している。

このように、ディスレキシアを対象とした研究では、いずれも音韻処理に関する問題が指摘されているものの、どのような処理に問題があるのかについては、確定しない。研究によって用いられる課題内容も様々であり、対象となる子どももその特性については多様であると想定される。ワーキングメモリー機能と「障害」との間に一義的な関係を見いだすことには、困難が予想される。

土田らは、自閉症スペクトラム指数(AQ)とワーキングメモリー容量との関係を、定型発達成人(大学生)を対象として検討した(土田、室橋,印刷中)。その結果、AQのより高い群では低群よりも視空間ワーキングメモリーの容量が小さかった。他方、音韻性ワーキングメモリーの容量には、差は認められなかった。自閉性障害のある人では、音韻性ワーキングメモリー容量と視空間ワーキングメモリー容量との間に乖離があることが知られており(Williams, Goldstein, Carpenter, et al.,2005)、定型発達の範囲内でもそのような傾向が存在することを示唆している。学習障害と診断される子どもたちの中には、自閉性障害の認知特性を合わせて示す子どもも存在する(片桐、室橋,2009)。土田らの結果と併せて考えれば、学習障害領域における

視空間ワーキングメモリーの問題が、自閉性障害の要因をも含んで発現する可能性が示唆される。

## 5. 認知科学と学習障害研究

本稿では、ワーキングメモリーシステムについて、Baddeleyの考え方に基づき、言語関連の研究の一部を紹介した。ワーキングメモリー概念は極めてシンプルであるが、それだけに記憶という面からの「こころのモデル」たりうるか、という疑問はつきまとう中でもエピソードバッファというサブシステム概念は興味深い。心の中核的な機能を扱うとみられるだけに、今後の研究の展望は必ずしも容易ではないであろう。しかし、「学習障害」という概念が子どもの言語学習に関わる多くの困難を取り込み複雑さを内包しているだけに、その解明のためにはシンプルな“分析のための道具”が有用となるかもしれない。認知心理学は、コンピュータサイエンスを強力な背景として誕生した。それだけに機械論的把握という側面は強く存在するが、そのことを十分に念頭に置きつつ、このシンプルな道具を用いて「学習障害」を読み解く作業を行ってみたいことには、意味があると考えられる。さらに本稿では学習障害領域に限定してワーキングメモリーシステムを検討したが、ワーキングメモリーに関連する問題は、ADHDや広汎性発達障害の領域でも検討されている(Doyle, 2006; Martinussen, Hayden, Hogg-Johnson, et al., 2005; O’Hearn, Asato, Ordaz, et al., 2008; Happe, Booth, Charlton, et al., 2006)。教育という観点から発達障害をみると、医学的診断概念とは別に、ワーキングメモリー障害という視点をおき、その心理学的メカニズムに対応した学習指導・援助を共通して行うことが可能となるかもしれない(室橋, 2005)。これは今後の研究に待たなければならないが、認知科学から発達障害をみることの意義は、そのような観点からも存在するであろう。ワーキングメモリーの障害のある子どもには、学校における日々の課題は、過重なものとなっている可能性が高く、結果として子どもたちは知識や技術の獲得が困難になっている。彼らのワーキングメモリー機能に応じた学習指導が必要とされるのである。

## 引用文献

- Adams,A.-M. and Willis, C.(2001): Language processing and working memory: A developmental perspective. In J.Andrade (Ed.) Working memory in perspective. Psychology Press, Hove, UK.
- Atkinson,R.C. and Shiffrin,R.M.(1968): Human memory: A proposed system and its control processes. In K.W. Spence (Ed.), The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory. Academic Press, New York.
- Baddeley,A.D. and Hitch,G.J.(1974): Working memory. In G.A.Bower(Ed.) Recent advances in learning and motivation (vol8, pp.47-90). Academic Press, New York.
- Baddeley,A.D., Gathercole,S.E., and Papagno,C.(1998): The phonological loop as a language learning device. *Psychological Review*, 105, 158-173.
- Baddeley,A.D.(2000): The episodic buffer: Anew component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences*, 4, 417-423.
- Baddeley,A (2003): Working memory and language: an overview. *Journal of Communication Disorders*, 36, 189-208.
- Berninger,V.W., Raskind,W., Ricahards, T., Abbott,R., and Stock,P.(2008): A multidisciplinary approach to understanding developmental dyslexia within working –memory architecture: genotypes, phenotypes, brain, and instruction. *Developmental neuropsychology*, 33(6), 707-744.
- DanemanM., and Carpenter,P.A.(1980): Individual differences in working memory and reading. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 19, 450-466.
- Doyle,A.E.(2006): Executive functions in attention-deficit/hyperactivity disorder. *Journal of Clinical Psychiatry*, 67(Suppl.8), 21-26.
- Gathercole,S.E. and Baddeley,A.D.(1990) Phonogical memory deficits in language disorderd children: Is there a causal connection? *Journal of Memory and Language*, 29, 336-360.
- Gathercole,S.E., Willis,C., Emslie,H., and Baddeley, A.D.(1992): Phonological memory and vocabulary development duraing the early school years.: A longitudinal study. *Developmental Psychology*, 28, 887-898.
- Gathercole,S.E.(1995): Is nonword repetition a test of phonological memory or long-term knowledge? It all depends on the nonwords. *Memory and Cognition*, 23, 83-94.
- Gathercole,S.E., Pickering,S.J., Hall,M., and Peaker,S.M. (2001): Dissociable lexical and phonological influences on serial recognition and serial recall. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 54, 1-30.
- Gathercole,S.E., Alloway,T.P., Willis,C. and Adams, A.-M.(2006): Working memory

- in children with reading disabilities. *Journal of Experimental Child Psychology*, 93, 265-281.
- Happe,F., Booth,R., Charlton,R., and Hughes,C.(2006): Executive function deficits in autism spectrum disorders and attention-deficit/hyperactivity disorder: examining profiles across domains and ages. *Brain and Cognition*, 61(1), 25-39.
- Hebb,D.O.(1949): Organization of behavior. Jon Willy & Sons.
- Jeffries,S., and Everatt,J.(2004): Working memory: its role in dyslexia and other specific learning difficulties. *Dyslexia*, 10(3), 196-214.
- Johnson,P.(1982): The functional equivalence of imagery and movement. *Quarterly Journal of Experimental Psychology A*, 34, 349-365.
- 片桐正敏, 室橋春光(2009):LD(学習障害)やLDの疑いのある人たちにみられる弱い中枢性統合の認知スタイル LD研究, 18(1), 43-51.
- Kibby,M.Y., Marks,W., Morgan,S., and Long,C.J.(2004): Specific impairment in developmental reading disabilities: a working memory approach. *Journal of Learning Disabilities*, 37(4), 349-363.
- Logie,R.H.(1995): Visuo-spatial working memory. Hove,UK: Erlbaum.
- Martinussen,R., Hayden,J., Hogg-Johnson,S., and Tannok,R.(2005) A meta-analysis of working memory impairments in children with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Journal of Academy for Child Adolescent and Psychiatry*, 44(4), 377-384.
- 文部省(1999): 調査研究協力者会議最終報告(「学習障害児に対する指導について」)
- 室橋春光(2005): 実行機能からみたLD・ADHD・自閉症の心理的特異性と共通性 LD研究, 14(1), 41-45.
- 室橋春光(2007): LD のトータルな理解をめざして—生物学的基盤から社会的環境まで—. LD研究, 16(1), 2-9.
- 室橋春光(2008):統合失調症における Magnocellular 系機能をめぐって 精神保健研究, 54, 63-71.
- Osaka,M., and Osaka,N.(2007): Neural bases of focusing attention in working memory: An fMRI study based on individual differences. In N.Osaka, R.H.Logie, and M.D'Espisto (Eds.), *The cognitive neuroscience of working memory*. Oxford Press, Oxford,UK.
- O'Hearn,K., Asato,M. Ordaz,S., and Luna,B.(2008): Neurodevelopment and executive function in autism. *Developmental Psychopathology*, 20(4), 1103-1132.
- Peason,D.G. and Sahraie,A.(2003): Oculomotor control and the maintenance of spatially and temporally distributed events in visuo-spatial working memory. *Quarterly Journal of Experimental Psychology A*, 56, 1089-1111.

- Prabhakaran,V., Narayanan,K. Zhao,Z., and Gabrieli,J.D.(2000): Integration of diverse information in working memory within the frontal lobe. *Nature of Neuroscience*, 3, 85-89.
- Quinn,J.G. and Ralston,G.E.(1986): Movement and attention in visual working memory. *Quarterly Journal of Experimental Psychology A*, 38, 689-703.
- Ramus,F. and Szenkovits,G.(2008): What phonological deficit? *Quarterly Journal of Experimental Psychology(Clochester)*, 61(1), 129-141.
- Repovs and Baddeley,A.(2006): The multi-component model of working memory: explorations in experimental cognitive psychology. *Neuroscience*, 139, 5-21.
- Rudner,M., Fransson, P., Ingvar,M., Nyberg,L., and Ronnberg,J.(2007): Neural representation of binding lexical signs and words in the episodic buffer of working memory. *Neuropsychologia*, 45(10), 2258-2276.
- Rudner,M., and Ronnberg,J.(2008): The role of the episodic buffer in working
- Russo,N., Flanagan,T., Iarocci,G., Berringer,D., Zelazo,P.D., and Burack,J.A.(2007) :Deconstructing executive deficits among persons with autism: implications for cognitive neuroscience. *Brain and Cognition*, 65(1), 77-86.
- Schuchardt,K., Maehler,C., and Hasselhorn,M.(2008): Working memory in children with specific learning disorders. *Journal of Learning Disabilities*, 41(6), 514-523.
- Smyth,M.M.(1996) Interference with rehearsal in spatial working memory in the absence of eye movements. *Quarterly Journal of Experimental Psychology A*, 49, 940-949.
- Swanson,H.L., and Jerman,O.(2007): The influence of working memory on reading growth in subgroups of children with reading disabilities. *Journal of Experimental Child Psychology*, 96(4), 249-283.
- 土田幸男, 室橋春光 (印刷中): 自閉症スペクトラム指数とワーキングメモリ容量の関係: 定型発達の成人における自閉性障害傾向 *認知心理学研究*
- Willams,D.L., Goldstein,G., Carpenter,P.A., and Minshew,N.J.(2005): Verbal and spatial working memory in autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 35, 747-756.