HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	発達障害研究と認知科学
Author(s)	室橋, 春光
Description	講演論文
Citation	基礎心理学研究, 29(1), 47-52
Issue Date	2010
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/44710
Type	journal article
File Information	murohashi.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

The Japanese Journal of Psychonomic Science
2010, Vol. 29, No. 1, 47–52

講演論文

発達障害研究と認知科学

室 橋 春 光

北海道大学

Studies of developmental disorders and cognitive sciences

Harumitsu MUROHASHI

*Hokkaido University**

Perceptual and cognitive mechanisms play crucial roles in developmental disorders, such as developmental dyslexia, and autism. With regard to developmental dyslexia, various hypotheses such as disorders in phonological processing, the magnocellular system, and cerebrum-cerebellum circuits have been discussed. Perceptual stability may be an important factor in the problems with reading in developmental dyslexia. The human brain may not have evolved sufficiently to automatically process "letter" as with "face". This could explain why it is difficult to transform and integrate information related to sounds and letters/words in developmental dyslexia. Studies in cognitive neurosciences should contribute to determining the cause of developmental dyslexia and other disorders.

Key words: cognitive mechanism, perceptual stability, developmental dyslexia, integration, brain evolution

1. はじめに

発達障害の中でも特に学習障害と自閉症スペクトラム (Wing, 1996) には，知覚・認知機能の発達過程における脆弱性が存在すると想定される．認知科学や発達認知神経科学領域においては，学習障害のうち読字困難に関して「音韻処理障害」(Shaywitz & Shaywitz, 2008) が代表的障害モデルであるが，このほかにも「Magnocellular 系処理障害説」(Livingstone, Rosen, Drislane, et all., 1991) や「小脳処理障害説」(Nicolson and Fawcett, 2009) など，障害の多様な側面の存在を指摘するモデルも存在する．自閉症メカニズムに関しては，「心の理論 (Theory of Mind) 説」(Baron-Cohen, Leslie, & Frith, 1985) や「弱い全体的統合 (Weak Central Coherence) 説」(Frith & Happe, 1994) などが注目されてきた．また発達障害圏内での合併性が低くなく，共通的基盤の存在も想定される．知覚・認知機能における発達過程の脆弱性を検討する中で，ヒトの認知的特異性がみえてくるかもしれない．

本稿では，発達障害の枠組みでとらえられるもののうち，学習障害の中核的存在である developmental dyslexia の知覚・認知・学習メカニズムについて検討する．学習障害では，発達過程における知覚・認知機能が主要な問題となっており，これらを取り上げるなかで，認知科学が発達障害研究において果たしてきた役割をみていきたい．

2. 発達障害とは

WHO の精神および行動の障害分類 (ICD-10: WHO, 1992) によれば，心理的発達の障害（基本的には会話および言語，学習能力，運動機能，の各特異的発達障害，ならびに広汎性発達障害で構成される）に含まれるものの共通点として，①発症は常に乳幼児期あるいは小児期であること，②中枢神経系の生物学的成熟に深く関係した機能発達の障害あるいは遅滞であること，③精神障害の多くを特徴づけている，寛解や再発がみられない安定した経過であること，を挙げている．なお ICD-10 には，「小児期および青年期に通常発症する行動および情緒の障害」も設定され，ここに多動性障害や行為障害などが

* Faculty of Education, Hokkaido University, N11W7, Kita-ku, Sapporo

Copyright 2010. The Japanese Psychonomic Society. All rights reserved.

含まれている.

またアメリカ精神医学会(APA)の定める精神疾患の診断・統計マニュアル(DSM-IV-TR: APA, 2000)では,「通常,幼児期,小児期または青年期に初めて診断される障害」として,精神遅滞,学習障害,運動能力障害,コミュニケーション障害,広汎性発達障害,注意欠陥および破壊的行動障害,幼児期または小児期想起の哺育,摂食障害,チック障害,排泄障害,幼児期,小児期,または青年期の他の障害(分離不安障害など)を挙げている.多様な障害種が,発症時期という共通性でくくられたかたちになっている.

このように発達障害については,一般的には医学領域の概念として理解されてきたが,明確な定義は存在しない.ここに,発達障害を疾病概念として捉えることの難しさをみることができる.

ICD-10にみられるように,発達障害は生物学的基盤を有しており,他方で環境の影響,特に教育という働きかけにより獲得されていく機能の発達にかかわるものである.このように,生物-心理-社会の3相の相互作用の中で,発達障害は立ち現れるのであり,ここに発達障害を心理学的,特に基礎心理学的視点からとらえていくことの重要性がある.発達障害の基礎的メカニズムを探ることにより,日常的行動や常識のうちに隠された,人間の本質的な姿を把握し得るかもしれない.

3. 学習障害と発達性ディスレキシア

(1) 学習障害

「学習障害 Learning Disability」(LD)という用語は,1960年代にアメリカで使用され始めた.知的機能の全般的発達遅滞はないが,それにもかかわらず読む・書くなどの能力の習得や使用に困難のある状態を指す教育領域の用語であった.日本ではLDへの本格的な取り組みは1990年代になって始まった.文部省は,LDを次のように定義した(文部省,1999).

「学習障害とは,基本的に全般的な知的発達に遅れはないが,聞く,話す,読む,書く,計算する又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状態を示すものである.学習障害の原因として,中枢神経系に何らかの機能障害があると推定されるが,視覚障害,聴覚障害,知的障害,情緒障害などの障害や,環境的な要因が直接的な原因となるものではない.」

アメリカ精神医学会の制定したDSM-IV (TR)では,学習障害(Learning Disorders)は,基本的には読字障害(reading disorder),書字表出障害(expressed writing disorder),算数障害(arithmetic disorder)の3つに分けられている.このうち,読字障害の定義は次のようになっている.

読字障害: reading disorder

A. 読みの正確さと理解力についての個人施行による標準化検査で測定された読みの到達度が,その人の生活年齢,測定された知能,年齢相応の教育の程度に応じて期待されるものより十分に低い.
B. 基準Aの障害が読字能力を必要とする学業成績や日常の活動を顕著に妨害している.
C. 感覚器の欠陥が存在する場合,読みの困難は通常それに伴うものより過剰である.

(2) 発達性ディスレクシア

読みに関する障害については,ヨーロッパ圏では1800年代後半から,脳損傷により生じた難読症(dyslexia)の研究が行われてきた.その後,発達過程において生ずる類似の症例が,小児に見いだされるようになった.発達期における読みの障害は,developmental dyslexiaと呼ばれる.

国際ディスレクシア学会(International Dyslexia Association)は,ディスレクシアについて,正確で流暢な語の再認が困難であること,綴りの能力やデコーディング能力が十分でないこと,をもって特徴づけられるとしている.そして,神経学的な原因による特定的な学習の障害であるとし,他の認知能力に困難はなく,教室などでの効果的な指導が行われてもなお予期し得ない言語の音韻処理の欠陥により生ずるものであるとしている.また,読み理解における困難や読み経験の不足が,語彙や背景知識の獲得を二次的に遅らせることもある,としている(Lyon, Shaywitz, & Shaywitz, 2003).

4. 発達性ディスレクシアの障害メカニズム

(1) 音韻処理

読むという作業は,聞く・話すという能力に密接に関連しており,それらの発達過程のなかで母語の音韻体系が獲得されていることが前提となる.そして,その言語における書記素 grapheme と音素 phoneme を連合させる学習を行うなかで,読みの能力が獲得されていく.その学習の際に,単語が複数の音素からなることを覚知できるという音韻意識 phonological awareness が重要な役割を果たす.音韻意識を調べる方法としては,単語の中から指定された音を除いて発音する音韻削除 phonological deletion や,2つの単語の語頭音を入れ替えて発音する頭音転換 spoonerism などが知られている.これらの作業には,音韻弁別能力に加えてワーキングメ

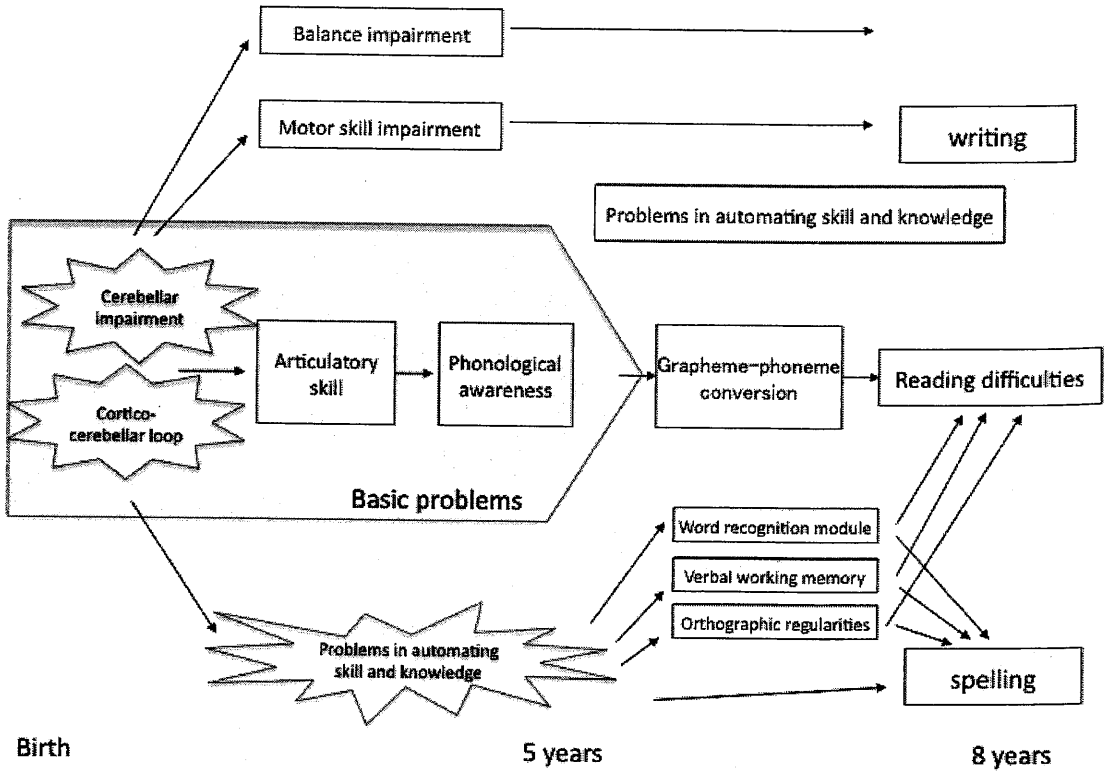

Figure 1. Ontogenetic causal model of Dyslexia (alteration from Nicolson & Fawcett, 2009).

モリーも関与する．また偽単語 pseudo-word や非単語 non-word の音読も用いられる．

音韻処理にかかわる部位は特定されてきており，文字の特徴再認処理にかかわる後頭側頭領域の一部（視覚語彙領域：Visual Word Form Area とも呼ばれる．Dien, 2009; Price & Devlin, 2004），角回，様相間統合と音韻処理にかかわる中上側頭回，前頭前野などが指摘されている (Temple, 2002; Shaywitz & Shaywitz, 2008)．いずれも言語処理に関しては左半球側が優位である．発達性ディスレクシアでは，これらの部位における活動度が低いことが報告されてきた．そして読みに関する訓練を行うと，その後これらの部位の活性化が起こることも報告されている．

読むという作業でもう一つ重要な要素は，IDA の定義にもみられるように，流暢性である．現実には読み速度について発達に応じて期待される水準があり，正確に読めても遅い場合には読み困難をもつことになる．読み速度は，文字列をできるだけ速く音読していく急速呼称検査 Rapid Automatized Naming (Denkla & Rudel, 1976) により計測される．

書記素–音素の対連合には意識レベルの処理，すなわち“努力”を要する学習が必要であるが，徐々に自動化されるようになり，円滑な音読が可能になる．それに伴って，より高次で複雑な処理を要する読解作業に“努力”を振り向けられるようになる．このためには，ワーキングメモリーの発達を必要とする．この一連の自動化作業には，小脳の機能が重要であるとする Nicolson らの見解がある (Nicolson & Fawcett, in press)．Nicolson らは，読み書きの困難の背後には手続き学習が自動化しにくいという問題があり，小脳機能が関与しているとみている (Nicolson & Fawcett, in press)．Nicolson らは，大脳皮質と小脳を結ぶ回路群が技術や知識の自動化に密接にかかわると考えており，この回路群の機能が損なわれることにより，書記素–音素の連合，語再認，言語性ワーキングメモリー，書字統制などに影響が出ると想定している (Figure 1)．そして，発達障害における合併性にも，これらの回路群の機能不全が共通的基盤として関与すると想定している．

dyslexia では，潜在学習 implicit learning に問題があるとする考え方もある (Folia, Uden, Forkstar, Ingvar, Hagoort, & Petersson, 2008; Howard, Howard, Japikse, & Eden, 2006; Menghini, Hagberg, Caltagirone, Petrosini, & Vicari, 2006; Stoodley, Harrison & Stein, 2006)．読みの学習では初期には音素と書記素の対連合学習を顕現的なかたちで学習するが，次第に潜在的な学習の割合が増加し，通常はそれらが有効に作用し合って読み能力が獲得されていくと想定される．しかし，dyslexia のある子どもでは，この学習が容易に進行

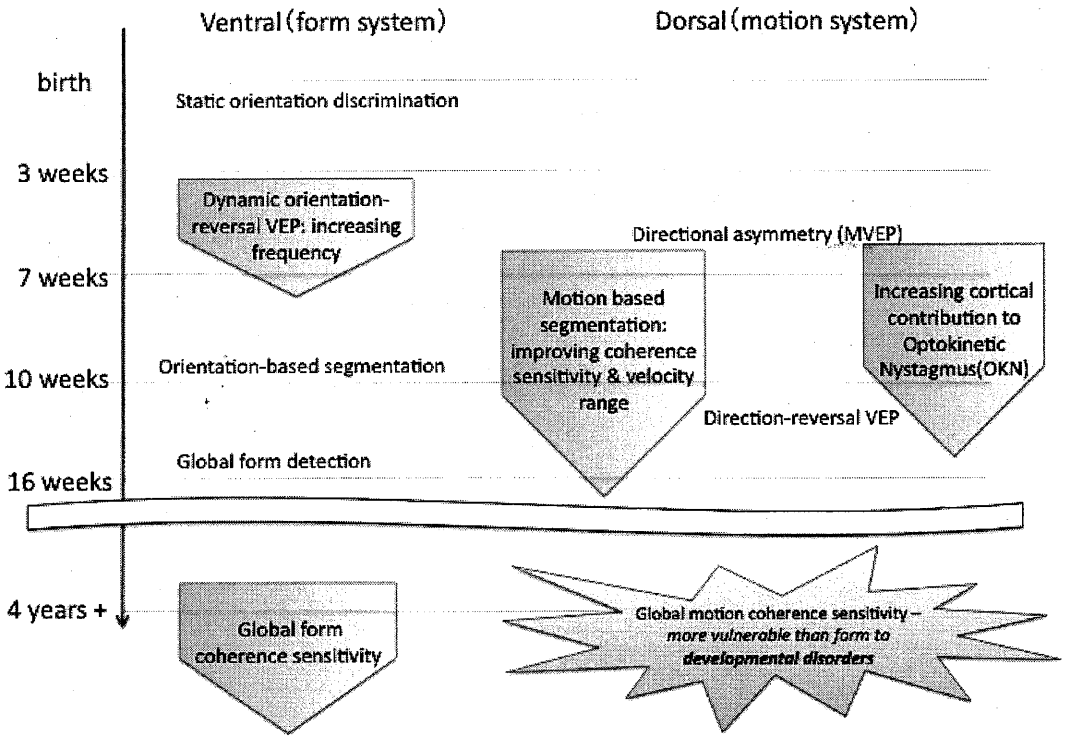

Figure 2. developmental changes of form and motion processing (alteration from Braddick, Atkinson & Wattam-Bell,2003).

しにくいと想定される．また文法の獲得にも潜在学習は重要な役割を果たしていると考えられており，言語学習が遅れる要因となる可能性がある．

Ahissar (2007) は，特定の刺激に対する知覚的適応に問題があるとする，アンカー仮説を提唱している．Ahissar は，2つ音の刺激の高低弁別課題において，1つを標準刺激とし他方を変化刺激として継時的に呈示した（標準→変化，あるいは変化→標準）．その際に変化刺激は，標準刺激よりも必ず高い音であった．もう1つの条件は，2音がともに変化する中で高低を判断するものであった．その結果，dyslexia のある子どもは，通常発達の子どもが容易に判断していた標準刺激–変化刺激条件での弁別がより困難であった．彼らはこのことから，特定の刺激に対する安定した知覚が形成されにくいことに問題があると想定した．

(2) 視覚処理

読みに関する視覚情報処理では，親近性の高い文字や単語レベルの形態処理を高速に行う視覚的語彙領域 visual word form area と呼ばれる領域の存在することが知られているが，ほかにも読字に関連する視覚処理系の問題が指摘されてきた．

視覚系には，色や形に感受性のより高い小細胞経路（Parvocellular 経路）と，運動に感受性のより高い大細胞経路（magnocellular 経路）のあることが知られている (Gazzaniga, Ivry, & Mangun, 2009). Developmental dyslexia では，このうち，magnocellular 経路の問題により読字過程に困難の生ずることが指摘されてきた (Livingstone et al., 1991; Stein, 2001). magnocellular 経路と読字困難との関連性は必ずしも明らかではないが，視知覚の安定性や両眼視の安定性などに影響することによるとみられている (Stein, 2001).

Braddick, Atkinson, & Whattam-Bell (2003) は，視覚における背側系機能の問題が，読み困難のみならず，発達途上で様々な困難に関与する可能性のあることを指摘した．運動や空間情報処理に関連の深い背側機能が発達初期から不全であることは，発達の流れのいわば上流の問題であり，このことが発達の流れが下流に向かうに従って様々な側面に影響を及ぼすと考えられ得る．この機能は，視知覚の安定性に深く寄与すると想定される．この dorsal-stream vulnerability 仮説については議論のあるところだが，発達障害の共通的基盤としてとらえうる点，また発達軸を考慮する点で，興味深い (Figure 2.).

(3) ワーキングメモリー

ワーキングメモリーは，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ている．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ろう．そしてこれまでの多くの研究から，読み困難には，ワーキングメモリー機能の不全が関与することが示唆されている (Gathercole, Alloway, Willins, & Adams, 2006; Berninnger, Raskind, Richards, Abbott, & Stock, 2008; Schuchardt, Maehler, & Hasselhorn, 2008; Swanson & Jerman, 2007; Kibby, Marks, Morgan, & Long, 2004; Jeffries & 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 & Szenkovits, 2008). その結果，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．

5. 「読みの困難」からみた脳機能の特性

読みの困難にかかわる知覚・認知機能の問題の一部を概観した．音素–書記素の変換処理が中心的問題と想定され得るるものの，読みに関連する少なくない機能に不全が指摘されている．

読み書きという行為は，人類の歴史からみれば，まだ新しい営みに属するといえる．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．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．そのような様々なあり方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あり方を，ある範囲に収めることを求めるようになってきた．

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一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つくり上げていく (Hebb, 1949). 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．

読みの困難を脳機能の問題としてみたとき，それは単に文字と音を結びつけるという学習の問題にとどまらない．文字の発明は人類の歴史からみれば近時のことであり，文字処理専用の脳機能が具備されるほど進化したとはいえないであろう．現有する機能を再利用し (Dehaene & Cohen, 2007)，脆弱な側面をも抱えつつ，脳機能は展開される．このようなことが，発達障害の定義が曖昧であることと関連しているといえるかもしれない．しかし，発達途上でそれらの課題にアプローチして，環境の力で発達を促すことは可能であり，そのためには脳機能の発達的理解が重要となるであろう．そのことが，読みの困難を発達軸に沿って認知科学的あるいは神経科学的に理解するなかでうかがわれる．

引用文献

Ahissar, M. (2007). Dyslexia and the anchoring-deficit hypothesis. *Trends in Cognitive Sciences*, **11**, 458–65.

American Psychiatric Association (2000). DSM-IV-TR, Diagnostic and statistical manual of mental disorders fourth edition, text version.

Baron-Cohen, S., Leslie, A. M., & Frith, U. (1985). Does the autistic child have a “theory of mind”? *Cognition*, **21**, 37–46.

Berninger, V. W., Raskind, W., Ricahards, T., Abbott, R., & Stock, P. (2008). A multidisciplinary approach to understanding developmental dyslexia within working—memory architecture: genotypes, phenotypes, brain, and instruction. *Developmental neuropsychology*, **33**, 707–744.

Braddick, O., Atkinson, J., & Wattam-Bell, J. (2003). Normal and anomalous development of visual motion processing: motion coherence and ‘dorsal-stream vulnerability’. *Neuropsychologia*, **41**, 1769–1784.

Dehaene, S., & Cohen, L. (2007). Cultural recycling of cortical maps. *Neuron*, **6**, 384–398.

Denckla, M. B., & Rudel, R. (1976). Rapid “automatized” naming (R.A.N.): dyslexia differentiated from other learning disabilities. *Neuropsychologia*, **14**, 471–479.

Dien, J. A. (2009). Tale of two recognition systems: implications of the fusiform face area and the visual word form area for lateralized object recognition models. *Neuropsychologia*, **47**,1–16.

Dien, J., Franklin, M. S., Michelson, C. A., Lemen, L. C., Adams, C. L., & Kiehl, K. A. (2008). fMRI characterization of the language formulation area. *Brain Research*, **1229**, 179–192.

Folia, V., Uddén, J., Forkstam, C., Ingvar, M., Hagoort, P., & Petersson, K. M. (2008). Implicit learning and dyslexia. *Annual of New York Academy Sciences*, **1145**, 132–150.

Frith, U., & Happé, F. (1994). Autism: beyond "theory of mind". *Cognition*, **50**, 115–132.
Gabrieli, J. D. (2009). Dyslexia: a new synergy between education and cognitive neuroscience. *Science*, **325**,280–283.
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.
Gazzaniga, M. S., Ivry, R. B., & Mangun, G. R. (2009). Cognitive neuroscience: The biology of the mind. (third ed.), 209, New York, W. W. Norton Company.
Hebb, D. O. (1949). Organization of behavior. New York, Wiley.
Howard, J. H. Jr, Howard, D. V., Japikse, K. C., & Eden, G. F. (2006). Dyslexics are impaired on implicit higher-order sequence learning, but not on implicit spatial context learning. *Neuropsychologia*, **44**, 1131–1144.
Jeffries, S., & Everatt, J. (2004). Working memory: its role in dyslexia and other specific learning difficulties. *Dyslexia*, **10**, 196–214.
Kibby, M. Y., Marks, W., Morgan, S., & Long, C. J. (2004). Specific impairment in developmental reading disablities: a working memory approach. *Journal of Learning Disabilities*, **37**, 349–363.
Livingstone, M. S., Rosen, G. D., Drislane, F. W., & Galaburda, A. M. (1991). Physiological and anatomical evidence for a magnocellular defect in developmental dyslexia. *Proceedings of National Academy of Sciences in U.S.A.*, **88**, 7943–7947.
Lyon, G. R., Shaywitz, S. E., & Shaywitz, B. A. (2003). Definition of dyslexia. *Annals of dyslexia*, **53**, 1–14.
Menghini, D., Hagberg, G. E., Caltagirone, C., Petrosini, L., & Vicari, S. (2006). Implicit learning deficits in dyslexic adults: an fMRI study. *Neuroimage*, **33**, 1218–1226.
文部省.「学習障害及びこれに類似する学習上の困難を有する児童生徒の指導方法に関する調査研究協力者会議 (1999)「学習障害児に対する指導について（報告)」
Nicolson, R. I., Fawcett, A. J., & Dean, P. (2001). Developmental dyslexia: the cerebellar deficit hypothesis. *Trends in Neuroscience*, **24**, 508–511.
Nicolson, R. I., & Fawcett, A. J. (in press). Dyslexia, dysgraphia, procedural learning and the cerebellum. *Cortex*, 1–11.
Price, C. J., & Devlin, J. T. (2004). The pro and cons of labelling a left occipitotemporal region: "the visual word form area". *Neuroimage*, **22**, 477–479.
Ramus, F., & Szenkovits, G. (2008). What phonological deficit? *Quarterly Journal of Experimental Psychology, (Colchester)*, **61**, 129–141.
Schuchardt, K., Maehler, C., & Hasselhorn, M. (2008). Working memory in children with specific learning disorders. *Journal of Learning Disabilities*, **41**, 514–523.
Shaywitz, S. E., & Shaywitz, B. A. (2008). Paying attention to reading: the neurobiology of reading and dyslexia. *Developmental Psychopathology*, **20**, 1329–1349.
Stein, J. (2001). The magnocellular theory of developmental dyslexia. *Dyslexia*, **7**, 12–36.
Stoodley, C. J., Harrison, E. P., & Stein, J. F. (2006). Implicit motor learning deficits in dyslexic adults. *Neuropsychologia*, **44**, 795–798.
Swanson, H. L., & Jerman, O. (2007). The influence of working memory on reading growth in subgroups of children with reading disabilities. *Journal of Experimental Child Psychology*, **96**, 249–283.
Temple, E. (2002). Brain mechanisms in normal and dyslexic readers. *Current Opinion in Neurobiology*, **12**, 178–183.
Wing, L. (1997). The autistic spectrum. *The lancet*, **350**, 1761–1766.
World Health Organization (1992). ICD-10, Classification of mental and behavioral disorders.