

海外における知能研究と CHC 理論¹⁾

東京福祉大学心理学部 三好 一英

筑波大学大学院人間総合科学研究科・心理学系 服部 環

Intelligence studies within foreign countries and the Cattell-Horn-Carroll (CHC) Theory

Kazuhide Miyoshi (*School of Psychology, Tokyo University and Graduate School of Social Welfare, Iseaki 372-0831, Japan*)

Tamaki Hattori (*Institute of Psychology, Graduate School of Comprehensive Human Sciences, University of Tsukuba, Tsukuba 305-8572, Japan*)

The aim of this paper is to introduce one of the latest theories of human cognitive abilities; namely, the Cattell-Horn-Carroll (CHC) Theory. The CHC Theory is accepted within many countries because of its considerably high levels of validity, although it is still hardly known within Japan. We present a brief historical review of the CHC framework and introduce Woodcock-Johnson III and KABC-II as a couple of tests of cognitive abilities based on CHC Theory.

Key words: intelligence, cognitive ability test, CHC theory

本稿は、海外では非常に妥当性の高いモデルとして認知されているものの、日本ではまだまだあまり知られていない最新の知能理論である Cattell-Horn-Carroll (CHC) 理論について紹介するとともに、CHC 理論に基づいて作成された知能検査を用いた知能研究の最前線について概観することを目的としたものである。

はじめに

筆者らが心理学の教育を受けた頃、国内の心理学の教科書に記述されていた知能理論は、Spearman の 2 因子説と Thurstone の多因子説、Guilford の立体構造モデルなどであった。そして、村上 (2007) も指摘するように、この状況は現在に至っても同様である。このことをそのまま受け止めるとするなら

ば、知能研究は以後何の進展も見せていないことになるが、もちろんそのようなことはなく、現在も多くの研究者によって新たな知見が提出され、着々と学問的蓄積がなされている。しかし、国内における知能研究が盛り上がりや欠く中、海外における最近の知能研究の状況が日本語で紹介される機会も非常に少ないため、知能研究の進展が教科書の記述に反映されることもなく、結果として知能に関する教科書の解説には長い間大きな変化が見られないままである。

しかし、海外では知能に関する理論的研究は近年大いに発展している。また、それを受けて多くの知能検査が知能理論の想定する知能因子を測定可能なように作成、あるいは改訂されている。そして、それらの知能検査を用いて、知能理論の妥当性を検証していくというのが現在の知能研究の主流である。そこで本稿では、新しい知能理論の中でも特にその妥当性の高さが注目され、多くの研究者に支持されている Cattell-Horn-Carroll (CHC) 理論に関する話題を中心に、近年の知能研究の状況について紹介していく。

1) 本研究は平成 21 年度科学研究費補助金 (基盤研究 (C) 課題番号 20530585) の助成を受けた。また、Woodcock-Johnson III 等の検査と文献を検討する際、藤吾郎君 (筑波大学人間学群心理学類) の協力を得た。

CHC 理論とは

Cattell-Horn の Gf-Gc 理論

Spearman と Thurstone が知能に関する一般因子 g の存在をめぐる対立していた 1940 年代、Spearman の下で大学院生として認知能力に関する研究を行っていた Cattell は一般因子 g を 2 つに分解し、流動性知能 (fluid intelligence: Gf) と結晶性知能 (crystallized intelligence: Gc) と位置づけた (Cattell, 1943, 1963)。子安 (1999) によると、流動性知能とは、記憶・計算・図形・推理など、いわゆる「頭の回転の速さ」に関わる問題群によって測定されるもので、

- (1) 文化や教育の影響を比較的受けにくい。
- (2) 個人の能力のピークが早期 (10 代の後半から 20 代の前半) に現れる。
- (3) 老化に伴う能力の衰退が顕著である。

という 3 つの大きな特徴を持つとされる。他方、結晶性知能は単語理解・一般的知識などに関する問題群によって測定され、

- (1) 文化や教育の影響を大きく受ける。
 - (2) 能力のピークに達する時期が遅い。
 - (3) 老化による衰退が緩やかである。
- という特徴があるとされている。

初期の Gf-Gc 理論において想定された知能因子は上記の 2 つのみであったが、Cattell の弟子であった Horn は、Cattell が恩師の知能理論を拡張したのと同様に、恩師の Gf-Gc 理論を拡張した。Cattell の 2 分法に対し Horn は決してこのモデルを受け入れなかった。実に Horn 自身の博士論文の時点で、自らの研究結果がこれら 2 つの一般因子よりも多くの因子を支持していると信じていた。Horn はその後、視覚的知能 (visual intelligence: Gv)、短期の習得と検索 (short-term acquisition and retrieval: Gsm)、長期の貯蔵と検索 (long-term storage and retrieval: Glr)、認知的処理速度 (cognitive processing speed: Gs) の 4 つの能力因子を加えた。その後、反応時間/決定速度 (correct decision speed: CDS または Gt)、量的知識 (quantitative knowledge: Gq)、読み書き能力 (reading and writing skills: Grw)、聴覚的知能 (auditory intelligence: Ga) なども加えた。

名称としては Gf-Gc 理論という名前がその後も続いたが、想定された 10 の能力因子は互いに同格であり階層的な関係を持つものではないと Horn は考えていた (Kaufman, 2009)。また、Horn は Spearman の弟子でありながらも知能の構造に対しては多因子説の立場であったため、一般知能因子 g の存在については否定的であった (McGrew,

2005)。

Carroll の 3 層理論

Carroll (1993) は知能構造に関する研究を概観し、調査対象とした世界中の 2000 以上の研究の中から、相関行列が利用できることなどいくつかの基準をクリアした 460 以上の知能検査の結果を因子分析法によりメタ分析を行った。再分析の結果から、知能が 3 つの階層構造をなすことを発見し、知能の 3 層理論を発展させた (Carroll, 2005)。第 1 層目には約 70 項目からなる特殊な能力因子が置かれた。第 2 層目には、Horn の能力因子とおおよそ一致した 8 つの広範な知能因子が置かれた。そして、第 3 層目には Spearman と同じく一般因子 g が置かれた。Carroll のこの 3 層モデルは先行研究の再分析から得られたモデルであり、何らの恣意的な仮定なく純粋にデータに基づいたモデルであることは特筆すべき点である。

CHC 理論へ

Horn は一般因子 g の存在については懐疑的であったが、広範な能力因子に焦点を当てた点においては Carroll と一致する部分も多く、1990 年代の後半ついに 2 つの理論の統合が図られることとなった。この統合された理論が CHC 理論である。McGrew (2005) の記述を参考にして作成した CHC 理論の全体像を Fig.1 に示す。CHC 理論は、知能に階層的な構造を仮定し、70 以上の狭い能力因子からなる第 1 層、そして、その上位に広範な能力因子からなる第 2 層を置く。

Carroll の 3 層理論を CHC 理論の一部と考え、階層構造の頂上に第 3 層として一般因子 g を置くかどうかについては、今日でも合意は得られていない。一般因子 g に関してはそもそも Cattell-Horn の Gf-Gc 理論と Carroll の 3 層理論とで見解が分かれている。Carroll にとって g は決定的であり理論の基礎となるものであったが、Horn にとってそれは呪われたものであった。 g は彼らにとって争いの種であったため、Horn と Carroll の存命中ほとんど触れられることはなかった。そのため、第 3 層についてはたいてい無視されており、CHC 理論におけるその役割も不明瞭なままである (McGrew, 2005)。その後、確認的因子分析を用いたモデルの検討などにより、モデルの妥当性の検証は現在も数多くなされているが、 g に関する議論は固まっておらず、結局、一般因子 g の扱いについて統一した見解は得られていない。

CHC 理論の知能因子 以下では、Fig. 1 で示し

general能力因子

broad能力因子

narrow能力因子

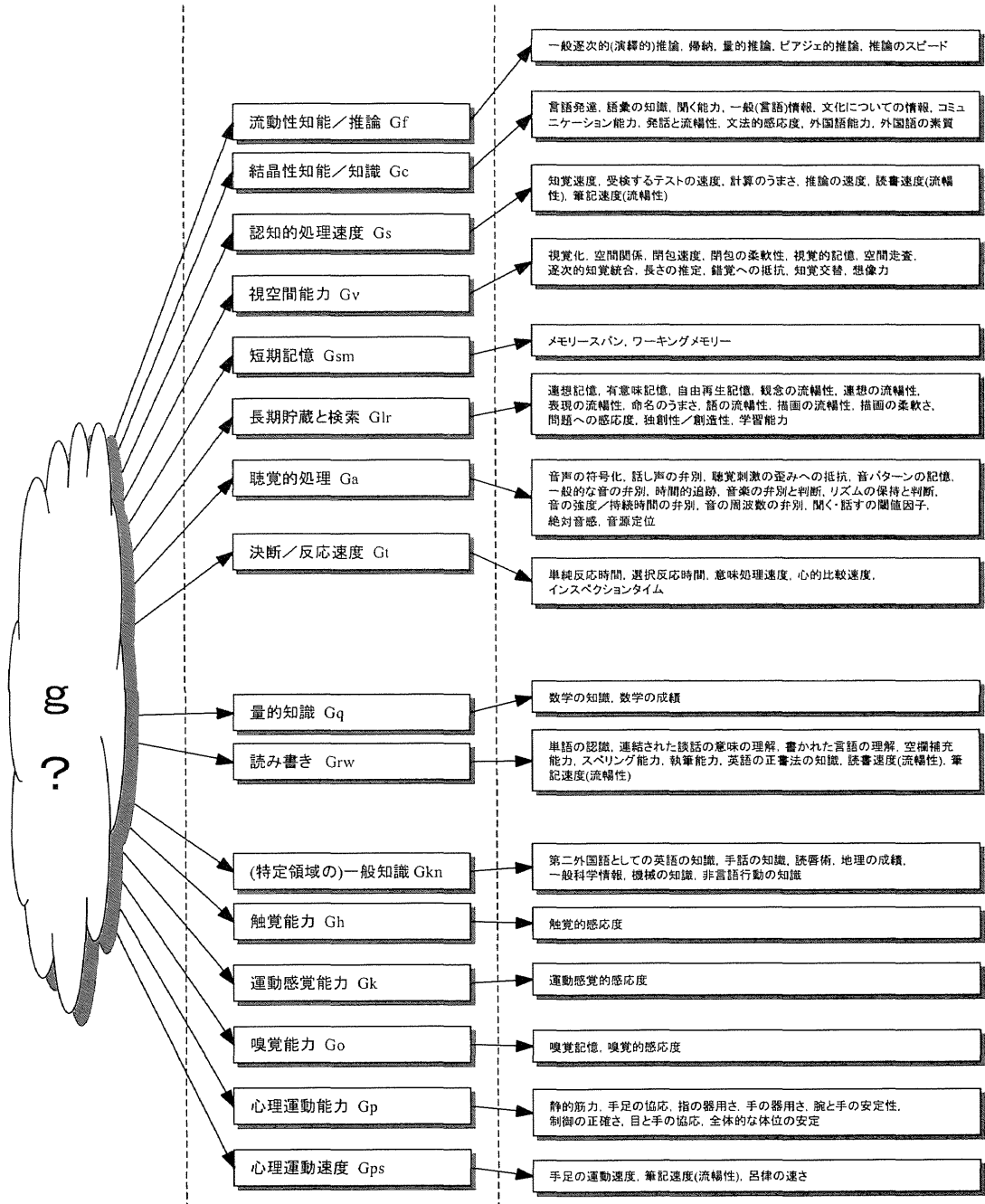


Fig. 1 CHC 理論の概念図

た主要な10の広範な能力因子とそれを測定する下位検査例について紹介する。GfとGcについては先で述べたため、ここでは残りの8つについて述べる。

・認知的処理速度 (cognitive processing speed: Gs) 時間をかければ解ける比較的単純な課題を素早く正確に解いていく認知的処理速度に関する能力である。数列の中から決められた数字のみを探し出す課題などがこれに該当する。

・視空間能力 (visual-spatial abilities: Gv) 視覚的なパターンや刺激の知覚・分析・貯蔵・検索・操作・思考に関する能力である。曖昧図形や一部が欠けた図形から元の図形を推測させる課題や、積み木の山から見えない部分を想像してブロックの数を答えさせる課題などがこれに該当する。

・短期記憶 (short-term memory: Gsm) 与えられた情報を数秒間保持し、その後、取り出すことに関する能力である。電話番号を電話をかけるまで覚えておく課題や、一連の指示内容を保持させ、課題を遂行させる課題などがこれに該当する。

・長期貯蔵と検索 (long-term storage and retrieval: Glr) 保持した情報を長期記憶から取り出すことに関する能力である。判じ物などの学習課題を10分程度行った後、一定の間隔を置いて再度課題を行うことにより測定する。この間隔は30分から8日間とテストによって異なる。

・聴覚的処理 (auditory processing: Ga) 聴覚的刺激の知覚・分析・統合や、音パターンの中のかすかな差異の検出に関する能力である。単語から一部の音素を取り除いた音を聞かせ、元の単語を同定させる課題などが挙げられる。

・決断/反応速度 (decision/reaction time or speed: Gt) 刺激に対する反応や決定の素早さに関する能力である。単純反応時間、選択反応時間、意味処理速度などを測定する。

・量的知識 (quantitative knowledge: Gq) 量的情報や数的表象の操作に関する能力である。具体的には数学の能力である。

・読み書き能力 (reading/writing: Grw) 書き言葉の基本的な読み、読みの流暢性、筆記による意見表出などに関する能力である。綴りに関する知識など

も含まれる。

なお、最後の2つ、GqとGrwについては能力因子と考えるか、それとも単に学力と考えるかで意見が分かれている。Kaufman (2009) は、GqとGrwは単に学校教育における到達度評価であり、知能ではないとの見解を示している。

第2層に広範な能力因子をいくつ置かかは、研究者によって微妙に見解が異なる。Kaufman (2009) は上記の10個を挙げながらも、GqとGrwは知能ではないとの見解を示している。McGrew (2005) は上記の10個に、(特定領域の) 一般知識 (general [domain-specific] knowledge: Gkn), 触覚能力 (tactile abilities: Gh), 運動感覚能力 (kinesthetic abilities: Gk), 嗅覚能力 (olfactory abilities: Go), 心理運動能力 (psychomotor abilities: Gp), 心理運動速度 (psychomotor speed: Gps) の6つを加えた合計16個をCHC理論の広範な能力因子として紹介している。

CHC理論に基づいた知能検査

現在、海外で用いられている知能検査の多くは、CHC理論をはじめとする何らかの知能理論に基づき、その知能理論に沿った知能因子を測定可能となるように作成・改訂が行われている。Table 1は、Kaufman (2009) の記述を基に主な知能検査と測定可能な能力因子について整理したものである。中でもWoodcock-Johnson III (WJ-III: Woodcock, McGrew & Mather, 2001) は最多の7因子を測定可能である。もともとGf-Gc理論に準拠していたWJ-RがWJ-IIIへと改訂を検討していた時にCHC理論と出会い、CHC理論に最も準拠した知能検査を志向して改訂が行われているためである。

WJ-IIIは認知能力テストと到達度テストの2種類から構成されている。認知能力テストは20の下位検査項目からなり、Table 1に挙げた7つの広範な能力因子を測定することが可能である。到達度テストは22の下位検査項目からなり、読み、音声言語、数学、文字言語、その他の能力を測定することが可能である。ただし、Gq、Grwを直接測定している

Table 1 CHC理論に準拠した主な知能検査と測定可能な能力因子

知能検査名	測定可能な能力因子
Woodcock-Johnson III (WJ-III)	Gf, Gc, Gv, Gsm, Glr, Ga, Gs
Stanford-Binet-5	Gf, Gc, Gv, Gsm, Gq
Differential Ability Scales II (DAS-II)	Gf, Gc, Gv, Gsm, Gs
Kaufman Assessment Battery for Children II (KABC-II)	Gf, Gc, Gv, Gsm, Glr

わけではない。

また、KABC-II (Kaufman & Kaufman, 2004) は 2つの理論的根拠に基づいて作成されている。1つは K-ABC が依拠した Luria の神経心理学モデルであり、もう1つが CHC 理論である。Luria のモデルの視点では継次処理と同時処理の認知処理過程を測定し、CHC 理論の視点では視空間能力 (Gv)、短期記憶 (Gsm)、流動性知能/推論 (Gf)、長期貯蔵と検索 (Glr)、結晶性知能/知識 (Gc) を測定する。わが国では、さらに多くの能力因子を測定する日本語版 KABC-II の標準化 (藤田・石隈・青山・熊谷・服部・小野, 2009) が計画されている。

CHC 理論の妥当性に関する研究

CHC 理論の妥当性に関しては、多くの研究 (Morgan, Rothlisberg, McIntosh & Hunt, 2009; Phelps, McGrew, Knopik & Ford, 2005; Sanders, McIntosh, Dunham, Rothlisberg & Finch, 2007; Tusing & Ford, 2004) が、確認的因子分析の手法を用いた検討により、データが最も強く支持するモデルが CHC 理論を表現したモデルであることを確認している。また、検査対象となる集団におけるバイアスの度合についても、性差 (Camarata & Woodcock, 2006; Keith, Reynolds, Patel & Ridley, 2008)、人種 (Edwards & Oakland, 2006; Murray, 2007)、英才児/非英才児 (Rizza, McIntosh & McCunn, 2001)、知的障害児と健常児 (Bergeron & Floyd, 2006)、検査者のバイアス (Fiorello, Thurman, Zavertnik, Sher & Coleman, 2009; van Noord & Prevatt, 2002) などについて検討されている。また、Lohman (2003) や Sanders et al. (2007) のように WJ-III と他の知能検査を組み合わせることで並存妥当性について検討したものもある。

CHC 理論を応用した実践研究

WJ-III には認知能力テストと到達度テストの 2種類があることは先に述べたが、LD 児教育関連で学校心理学的観点から到達度テストを利用した研究が多数報告されている。数学に関するものでは、数学の苦手な子どもの認知能力因子を平均的な子どものそれと比較することで LD の診断モデルを提案しているもの (Proctor, Floyd & Shaver, 2005) や、数学に関する下位検査の成績と CHC 理論の能力因子との関係を探ったもの (Floyd, Evans & McGrew, 2003) などがある。読みに関するものでは、読字障害児の読書に関する能力の向上を介入実験により確

認したもの (Manset-Williamson & Nelson, 2005)、読みのスキルに関係のある CHC 理論の能力因子を探ったもの (Benson, 2008; Evans, Floyd, McGrew & Leforgee, 2001; Floyd, Keith, Taub & McGrew, 2007; Gregg, Hoy, Flaherty, Norris, Coleman, Davis & Jordan, 2005)、読解能力と知識の効果が、課題文の内容 (説明文/物語文) によって非対称であることを示したもの (Best, Floyd & McNamara, 2008; McNamara, Floyd, Best & Louwerse, 2004) などがある。

まとめと課題

CHC 理論は、Cattell-Horn の Gf-Gc 理論と Carroll の 3 層理論を統合して生まれた非常に妥当性の高い知能理論であり、現在世界中で最も受け入れられている理論である。一般知能 g の扱いに関する議論は未だ決着を見ないが、CHC 理論に基づいた知能検査が作成されることで、CHC 理論はさらにその有用さを増していくだろう。しかし、商業用の認知能力テストによって測定された因子数が年々増加していることを発見した Frazier & Youngstrom (2007) は、そのことに関連して、

- (1) モデルが複雑化していくこと。
- (2) 多くの解釈要素のある臨床的に有用な査定を出版者が欲しがること。
- (3) 研究者が興味を持ちそうな (しかし臨床的にはあまり役に立たない) マイナーな因子を出版者が欲しがること。
- (4) テストの因子構造を決定するための統計的基準が寛大になること。

の 4 つの問題を提起している。そして、将来的な認知能力検査の方向性について、開発者は付加的な因子まで測定できるようにテストバッテリーをどんどん長くしていく可能性が今後もあるが、臨床家は確実に一般知能能力を査定することのできるむしろ短いテストバッテリーによる簡便な方法に興味を持っているという、開発者と利用者の認識の乖離を指摘している。CHC 理論における主要な広範な能力因子は 10 であるが、「マイナー」なものまで含めるとその数は 16 にまで膨れ上がる。安易に能力因子を増加させていくことには慎重であるべきである。

引用文献

- Benson, N. (2008). Cattell-Horn-Carroll cognitive abilities and reading achievement. *Journal of Psychoeducational Assessment*, 26, 27-41.

- Bergeron, R. & Floyd, R.G. (2006). Broad cognitive abilities of children with mental retardation: An analysis of group and individual profiles. *American Journal of Mental Retardation*, **111**, 417-432.
- Best, R.M., Floyd, R.G. & McNamara, D.S. (2008). Differential competencies contributing to children's comprehension of narrative and expository texts. *Reading Psychology*, **29**, 137-164.
- Camarata, S. & Woodcock, R. (2006). Sex differences in processing speed: Developmental effects in males and females. *Intelligence*, **34**, 231-252.
- Carroll, J.B. (1993). *Human cognitive abilities: A survey of factor-analytic studies*. New York: Cambridge University Press.
- Carroll, J.B. (2005). The three-stratum theory of cognitive abilities. In D.P. Flanagan & P.L. Harrison (Eds.) *Contemporary intellectual assessment: theories, test, and issues*. 2nd ed. New York: The Guilford Press. pp.69-76.
- Cattell, R.B. (1941). Some theoretical issues in adult intelligence testing. *Psychological Bulletin*, **38**, 592.
- Cattell, R.B. (1963). Theory of fluid and crystallized intelligence: A critical experiment. *Journal of Educational Psychology*, **54**, 1-22.
- Edwards, O.W. & Oakland, T.D. (2006). Factorial invariance of Woodcock-Johnson III scores for African Americans and Caucasian Americans. *Journal of Psychoeducational Assessment*, **24**, 358-366.
- Evans, J.J., Floyd, R. G., McGrew, K.S. & Leforgee, M.H. (2001). The relations between measures of Cattell-Horn-Carroll(CHC) cognitive abilities and reading achievement during childhood and adolescence. *School Psychology Review*, **31**, 246-262.
- Fiorello, C.A., Thurman, S.K., Zavertnik, J., Sher, R., & Coleman, S. (2009). A comparison of teachers' and school psychologists' perceptions of the importance of CHC abilities in the classroom. *Psychology in the Schools*, **46**, 489-500.
- Floyd, R.G., Evans, J.J. & McGrew, K.S. (2003). Relations between measures of Cattell - Horn - Carroll(CHC) cognitive abilities and mathematics achievement across the school-age years. *Psychology in the Schools*, **40**, 155-171.
- Floyd, R.G., Keith, T.Z., Taub, G.E. & McGrew, K. S. (2007). Cattell-Horn-Carroll cognitive abilities and their effects on reading decoding skills: g has indirect effects, more specific abilities have direct effects. *School Psychology Quarterly*, **22**, 200-233.
- Frazier, T.W. & Youngstrom, E.A. (2007). Historical increase in the number of factors measured by commercial tests of cognitive ability: Are we overfactoring? *Intelligence*, **35**, 169-182.
- 藤田和弘・石隈利紀・青山真二・熊谷恵子・服部 環・小野純平 (2009) KABC-IIの最新情報—新世代知能検査 KABC-IIとは?— 日本 K-ABC アセスメント学会第12回大会.
- Gregg, N., Hoy, C., Flaherty, D.A., Norris, P., Coleman, C., Davis, M. & Jordan, M. (2005). Decoding and spelling accommodations for postsecondary students with dyslexia — It's more than processing speed. *Learning Disabilities: A Contemporary Journal*, **3**, 1-17.
- Kaufman, A.S. (2009). *IQ testing 101*. New York: Springer publishing company.
- Kaufman, A.S. & Kaufman, N.L. (2004). *KABC-II: Kaufman Assessment Battery for Children*. 2nd ed. MN: AGS Publishing.
- Keith, T.Z., Reynolds, M.R., Patel, P.G. & Ridley, K. P. (2008). Sex differences in latent cognitive abilities ages 6 to 59: Evidence from the Woodcock-Johnson III tests of cognitive abilities. *Intelligence*, **36**, 502-525.
- 子安増生 (1999). 知能 中島義明・安藤清志・子安増生・坂野雄二・繁榊算男・立花政夫・箱田裕司 (編) 心理学辞典 有斐閣 pp.579.
- Lohman, D.F. (2003). The Woodcock-Johnson III and the cognitive abilities test (Form 6): A concurrent validity study. http://faculty.education.uiowa.edu/dlohman/pdf/cogat_WJIII_final_2col%202r.pdf (2010年3月20日)
- Manset-Williamson, G. & Nelson, J.M. (2005). Balanced, strategic reading instruction for upper-elementary and middle school students with reading disabilities: A comparative study of two approaches. *Learning Disability Quarterly*, **28**, 59-74.
- McGrew, K.S. (2005). The Cattell-Horn-Carroll theory of cognitive abilities. In D.P. Flanagan & P.L. Harrison (Eds.) *Contemporary intellectual assessment: theories, test, and issues*. 2nd ed.

- New York: The Guilford Press. pp.136-181.
- McNamara, D.S., Floyd, R.G., Best, R. & Louwerse, M. (2004). World knowledge driving young reader's comprehension difficulties. *Proceedings of the 6th international conference on Learning sciences*, 326-333.
- Morgan, K.E., Rothlisberg, B.A., McIntosh, D.E. & Hunt, M.S. (2009). Confirmatory factor analysis of the KABC-II in preschool children. *Psychology in the Schools*, **46**, 515-525.
- Murray, C. (2007). The magnitude and components of change in the black-white IQ difference from 1920 to 1991: A birth cohort analysis of the Woodcock-Johnson standardizations. *Intelligence*, **35**, 305-318.
- Phelps, L., McGrew, K.S., Knopik, S.N. & Ford, L. (2005). The general(g), broad, and narrow CHC stratum characteristics of the WJ III and WISC-III tests: A confirmatory cross-battery investigation. *School Psychology Quarterly*, **20**, 66-88.
- Proctor, B.E., Floyd, R.D. & Shaver, R.B. (2005). Cattell-Horn-Carroll broad cognitive ability profiles of low math achievers. *Psychology in the Schools*, **42**, 1-12.
- Rizza, M.G., McIntosh, D.E. & McCunn, A. (2001). Profile analysis of the Woodcock-Johnson III tests of cognitive abilities with gifted students. *Psychology in the Schools*, **38**, 447-455.
- Sanders, S., McIntosh, D.E., Dunham, M., Rothlisberg, B.A. & Finch, H. (2007). Joint confirmatory factor analysis of the differential ability scales and the Woodcock-Johnson tests of cognitive abilities-third edition. *Psychology in the Schools* **44**, 119-138.
- Tusing, M.E. & Ford, L. (2004). Examining preschool cognitive abilities using a CHC framework. *International Journal of Testing*, **4**, 91-114.
- van Noord, R.G. & Prevatt, F.F. (2002). Rater agreement IQ and achievement tests effect on evaluations of learning disabilities. *Journal of School Psychology*, **40**, 167-176.
- Woodcock, R.W., McGrew, K.S. & Mather, N. (2001). *Woodcock-Johnson III*. Itasca, IL: Riverside Publishing.

(受稿 3 月 23 日 : 受理 4 月 30 日)