

認知能力検査の標準化と心理統計法

服部 環

(法政大学 現代福祉学部)

- 予定
 - 認知能力（知能）の因子構造
 - 標準化の流れ
 - 得点化（粗点化）の方法
 - 粗点と評価点および標準得点との関係
 - 既存の検査との得点比較（Flynn効果）
 - KABC-IIから見た認知能力の因子構造

知能 (intelligence)

- Journal of Educational Psychology (1921) の誌上シンポジウム「知能とその測定」
 - 抽象的思考を行う能力
 - 新しい状況へ適切に適応していく能力
 - 学習を支える能力
 - 知能検査で測った能力

- Gottfredson (1994,1997) の記事 (52名の署名)
 - 知的能力であり、とりわけ
 - 推論する能力
 - 計画を立てる能力
 - 問題を解決する能力
 - 抽象的に思考する能力
 - 複雑な考えを理解する能力
 - 迅速に, また, 経験から学習する能力

- Colman(2001)
 - Wechslerの定義も有力であるが、辞書を編纂する上では、単純に認知能力（cognitive ability）とするのが最善であろうとしている。
 - Cognitive Abilities Test™ Form 6（Verbal, Quantitative and Nonverbal；CogAT® Form 6）（Lohman & Hagen, 2005）
 - Woodcock–Johnson IV Tests of Cognitive Abilities

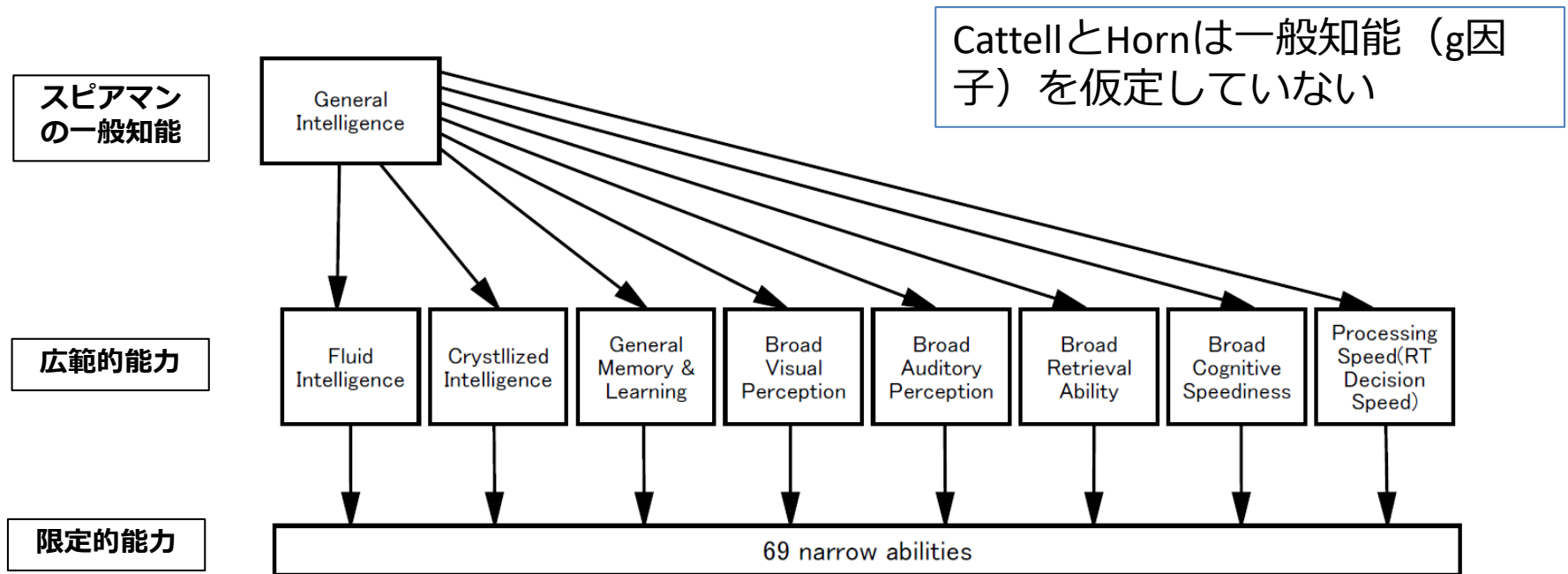
- 計算能力や読み書き能力のような，学力とも言えるような力を測定している。
- テーマを「認知能力検査」とした。
- 「知能・認知検査」（上野, 2013）

認知能力（知能）の構造

- スピアマンの2因子理論（1904）
 - 「古典，仏語，英語，数学，音程の弁別，音楽的才能」が共通して測定する1つの能力を一般知能（g因子）とした。
- サーストンの多因子理論（1938）
 - 57種のテスト得点から7因子（言語理解力，語の流暢性，数的能力，空間能力，連想記憶力，知覚速度，帰納的推論能力）を抽出した。
- ギルフォードの立体構造モデル（1956）

- CHC理論 (Schneider & McGrew, 2012)

- Cattellの流動性・結晶性知能理論, Hornの広範的能力理論, Carrollの3階層理論を統一的に表現した理論である。因子分析により導かれた。
- 現在, 最も有力とされる。



Carroll (2005)

個別式検査とその作成

- Woodcock–Johnson IV Tests of Cognitive Abilities (**WJ IV**) (米国：2014)
 - **CHC理論**に準拠して作成された。
- Kaufman Assessment Battery for Children, Second Edition (**KABC-II**) (米国：2004, 日本：2013)
 - **ルリア理論**と**CHC理論**に準拠して作成された。
- Wechsler Intelligence Scale for Children-Fifth Edition (**WISC-V**) (米国：2014, 日本 **WISC-IV**：2010)
 - 以下, **KABC-II**を中心に紹介する。

広範的能力 (Schneider & McGrew, 2012)

- 獲得知識

- 結晶性知能 Gc ■
- 量的推論 Gq ■
- 読み書き能力 Grw ■
- 領域固有知識 Gkn

- 流動性知能 Gf ■

- 記憶

- 短期記憶 Gsm ■
- 長期記憶と検索 Glr ■

- 感覚

- 視覚的处理 Gv ■
- 聴覚的处理 Ga
- 触覚能力 Gh
- 臭覚能力 Go

- 一般速度

- 処理速度 Gs
- 意志決定・反応速度 Gt
- 精神運動処理速度 Gps

- 運動

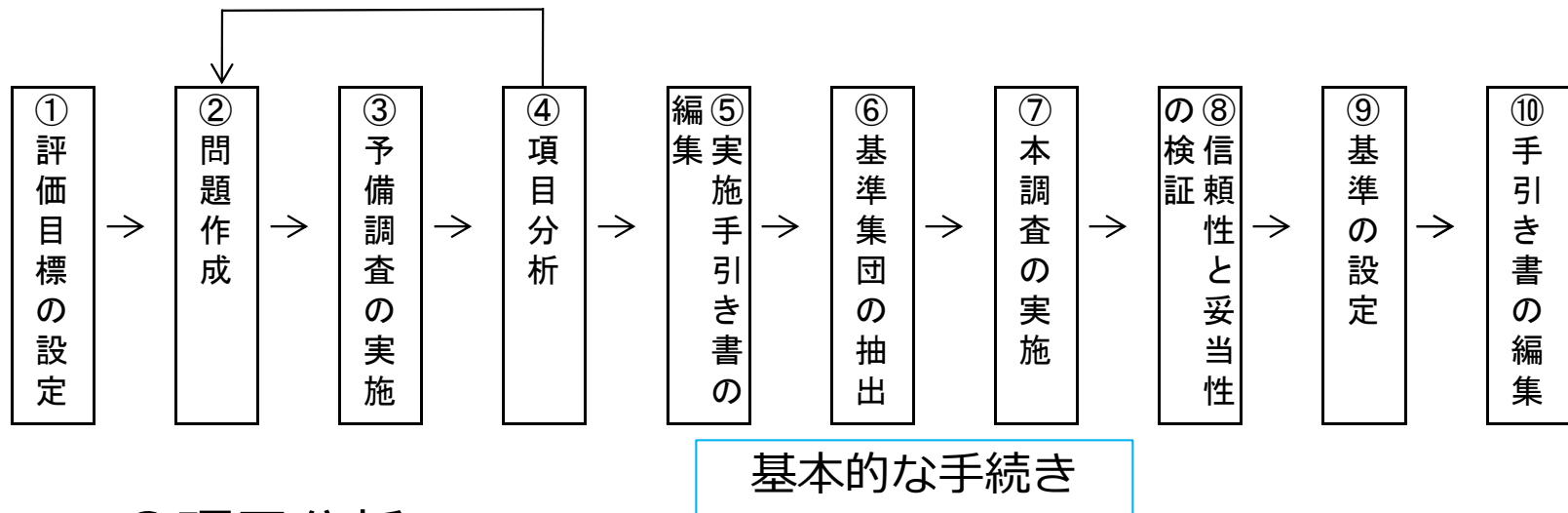
- 運動感覚能力 Gk
- 精神運動能力 Gp

- ■印 を付した広範的能力は, KABC-II で測定できるとされている。
- WISC-IVの場合, 言語理解が Gc , 知覚推理が Gv , ワーキングメモリが Gsm , 処理速度が Gs へほぼ対応している(繁 柊・大六・星野・立脇・上野, 2011)。
- CHC理論は村上(2007)でも紹介されている。

相談事例

- 小野・小林・原・東原・星井（2017）
 - 5歳から17歳の幼児，児童，生徒の相談事例が紹介されている。
- K-ABCアセスメント研究（K-ABCアセスメント学会）
 - 複数の検査結果と行動観察に基づいて支援方法を提案し，改善を図っている。

KABC-IIの標準化と心理統計法



- ④項目分析
 - 平均値, 年齢別平均値, IT相関係数, 因子構造
- ⑧信頼性の検証
 - 折半信頼性係数 (スピアマン・ブラウン), 再検査信頼性係数
- ⑧妥当性の検証
 - 因子的妥当性, 旧版 (K-ABC), WISC-III, WAIS-III, DN-CAS, 学力検査との相関分析
- ⑨基準の設定
 - 評価点 (下位検査), 標準得点 (下位検査を総合した尺度)

標準化に要したサンプルサイズ

調査と調査期間	KABC-II
パイロット調査	544*
予備調査	534
本調査 (1年齢当たり)	2587** (166.9)
本調査期間	2009年～2010年

* 集団式を含む。

** テスターは574名（特別支援教育担当）であった。

※ KABC-IIの本調査

- 43都道府県（東日本が60.4%；国勢調査では59.3%）
- 男子：48.9%
- 軽度の知的障害児（者）：1.6%（学校基本調査報告書を参考に計画）
- 僻地指定校：2.2%（学校基本調査報告書を参考に計画）

粗点の求め方 (1)

－ 中止ルールあり －

重み付き合計点を粗点とする下位検査

容易 ← → 困難																				粗点
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
－	－	－	○	○	○	×	○	×	○	×	×	×	×	×	－	－	－	－	－	8
正答扱い			基点ルールと中止ルールに従って実施された範囲												誤答扱い					

- 子ども負担を軽くするために、容易な項目と誤答が続いた後の項目を提示しない。
 - － 易しい未提示項目を**正答**，難しい未提示項目を**誤答**扱いとする。
- ある程度の誤答が続いた後に正答があることは少ない。

粗点の求め方 (2)

－ 中止ルールなし －

指定された実施範囲の得点から粗点を求める下位検査

容易 ← → 困難																				得点	粗点	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20			
－	－	－	○	×	○	○	○	×	○	×	×	×	－	－	－	－	－	－	－	5	11	
未提示			指定された実施範囲										未提示									

－	－	－	－	－	－	○	○	○	×	○	○	○	×	×	○	－	－	－	－	7	15
未提示						指定された実施範囲										未提示					

・ IRTを利用して得点を粗点へ換算

- － 本調査で全項目の困難度を共通の尺度上で推定したので，実施した項目に依存せずに尺度値を求めることができる。
- － ラッシュモデルでは，合計点が尺度値を推定する十分統計量である。

評価点

- 下位検査（限定的能力）ごとに，平均値が10，標準偏差が3となるように粗点を変換したものである。
- 1から19の自然数とする。
 - 次式で粗点の線形変換を行い，四捨五入すればよい。

$$3 \times \left[\frac{x - \bar{x}}{s(x)} \right] + 10$$

$3 \times \left[\frac{x - \bar{x}}{s(x)} \right] + 10$ を使えない理由

- 正規分布に近づかない。
- 粗点が同一の場合，高年齢の方が評価点は小さいか，同じでなくてははいけない。
- また，年齢ごとのスムージングのみでは，不都合が生じることがある。

たとえば，

粗点と評価点の対応表

粗点	年齢																							
	3:00～	3:03～	3:06～	3:09～	4:00～	4:03～	4:06～	4:09～	5:00～	5:03～	5:06～	5:09～	6:00～	6:04～	6:08～	7:00～	7:04～	7:08～	8:00～	8:04～	8:08～	9:00～	9:04～	9:08～
：	：	：	：	：	：	：	：	：	：	：	：	：	：	：	：	：	：	：	：	：	：	：	：	：
35	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	18	18	17	16	15	14	13	13	12
34	19	19	19	19	19	19	18	18	18	18	18	18	18	18	18	17	17	16	14	14	14	12	12	11
33	19	19	19	19	19	18	18	18	17	17	17	17	17	17	17	16	16	15	13	13	12	12	11	11
32	19	19	19	19	19	18	17	17	17	17	16	16	16	16	16	15	15	14	12	12	11	11	10	10
31	19	19	19	19	19	18	17	17	16	16	16	16	16	16	15	14	14	13	12	11	10	10	9	9
30	19	19	19	19	19	18	16	16	15	15	15	14	14	14	13	12	12	12	11	10	9	9	8	8
29	19	18	18	18	18	17	16	16	15	15	15	14	13	12	13	11	11	10	10	9	8	7	7	7
28	18	18	18	18	18	17	16	15	14	14	13	12	11	11	10	10	10	9	8	8	7	6	6	6
27	18	17	17	17	17	16	15	14	13	12	12	11	10	10	9	9	9	8	7	6	5	5	5	5
26	18	17	17	16	17	15	14	13	12	11	10	10	10	9	9	8	8	7	6	5	5	5	5	5
25	18	16	16	15	15	14	13	12	10	10	10	9	9	7	7	6	7	6	5	5	5	4	4	4
24	17	16	15	14	14	12	12	11	10	9	9	8	8	6	6	5	5	5	4	4	4	4	3	3
23	17	15	14	13	12	12	11	10	9	9	8	8	7	5	5	5	5	4	3	3	3	3	3	3
22	15	14	13	12	12	11	10	9	8	8	7	7	6	4	4	4	4	3	2	2	2	2	2	2
21	14	13	11	11	10	10	9	8	7	7	6	6	5	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2
20	13	11	10	10	9	9	8	7	6	6	5	5	4	2	2	3	3	2	2	2	2	2	1	1
19	12	10	9	8	8	7	6	6	5	5	4	4	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1
18	10	9	8	7	7	6	5	5	4	4	4	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1
：	：	：	：	：	：	：	：	：	：	：	：	：	：	：	：	：	：	：	：	：	：	：	：	：

年齢ごと（縦）に評価点を見る限り不都合はないが、粗点ごとに見ると、評価点が逆転している年齢がある。

KABC-IIの評価点換算表

- Kaufman & Kaufman（2013）の手続き
 - 各基準年齢ごとに、粗点のパーセンタイル順位に対応する評価点（平均10，標準偏差3）を算出する。ただし，最小値を1，最大値を19とする。
 - 各基準年齢ごとにスムージングを行う。
 - 全体のスムージングを繰り返す。

KABC-II尺度の標準得点

- 広範的能力を測定するために、平均値が100、標準偏差が15となるように、評価点合計を変換したものである。（WISC-IVでは合成得点と呼ばれる）
- 年齢によって受検する下位検査が異なるので、基準年齢ごとの換算表が必要となる。
- ただし、同一の下位検査を受けている年齢群の間で評価点合計の等分散性の検定を行い、同一と見なせる年齢では、共通の換算表とした。

標準得点換算表の例

評価点合計	年齢					
	2	3	4	5	6	7～18
：	－	：	：	：	：	：
42	－	127	127	131	129	124
41	－	126	122	127	126	122
40	－	125	120	122	123	119
39	－	122	119	119	121	117
38	153	121	115	117	120	115
37	149	118	113	115	117	113
36	145	115	111	113	113	112
35	143	112	110	111	110	109
34	139	110	107	108	109	107
33	137	108	105	106	107	105
32	135	105	103	102	105	103
31	132	103	102	101	105	102
30	129	100	99	98	101	100
29	127	98	97	97	98	97
28	124	97	96	95	96	95
27	120	92	94	92	93	94
26	116	88	92	90	90	92
：	：	：	：	：	：	：

IQは上がり続ける（Flynn効果）

- Flynn(1987)には、5か国の変化が図表に基づき紹介されている（数値はディアリ[2004]でも紹介されている）
- IQスコアは、1年に0.3点上昇すると言われている。

KABC-IIとK-ABCの比較 (n=94)

検査名	尺度名	M	SD
KABC-II	認知総合	100.0	13.9
2013年	習得総合	102.5	13.7
	CHC総合	101.0	13.4
K-ABC	認知処理過程	105.6	12.6
1993年	習得度	106.9	14.6

実施順序を逆にして、94名に新旧の検査が実施された。実施間隔は2か月以下が多い。

最上位の因子数に関する話題

- 一般知能（g因子）を仮定する方がよいかどうか
 - 先行研究
- KABC-IIを用いた分析

Kaufman, Reynolds, Liu, Kaufman & McGrew (2012)

- 参加者
 - 4歳から19歳までの総計2520名である。
 - 検査
 - KABC-II, KTEA-II, WJ IIIである。
 - 確認的因子分析（多母集団）
 - COG-*g*因子（認知）とACH-*g*因子（習得）の相関係数は .77～.94（平均=.83）であった。
 - 相関関係は強いが、COG-*g*因子とACH-*g*因子は同一因子とは言えない。
- 2因子

Reynolds, Keith, Flanagan & Alfonso (2013) (その1)

- 参加者
 - 6歳から16歳までの423名である。
- 検査
 - KABC-II , WISC-III , WISC-IV , WJ III , および PIAT-R/NU (Peabody Individual Achievement Test-Revised/Normative Update) の一部。
- 確認的因子分析の結果
 - Kaufmanら (2012) とは逆に g 因子を仮定する2次因子モデルの方がわずかに適合性は高い。
→ 1因子

Reynolds, Keith, Flanagan & Alfonso (2013) (その2)

- 社会経済的地位と性別を統制
 - Gf（流動性知能）と g 因子を統計的には区別できない。
 - Gfの誤差分散を推定すると, Gfと g の相関係数は .98である。

Martins, Alves & Almeida (2016)

- 参加者
 - 4歳から10歳までの総計472名のポルトガル児。
- 検査
 - ECCOs 4/10（ポルトガルで開発された検査）, WISC-III, WPPSI-Rである。
- 確認的因子分析
 - 空間把握, 言語理解, 基礎的処理を仮定したモデルを採択している。
 - g 因子を仮定できるかどうかを検証していない。

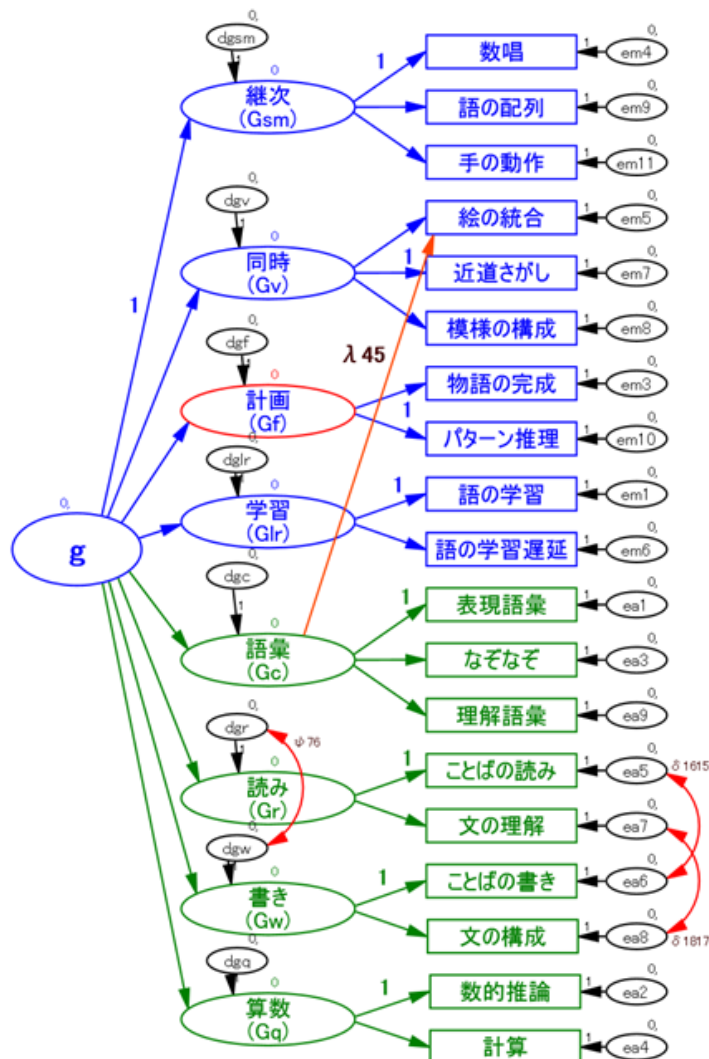
Deary, Strand, Smith & Fernandes (2007)

—学業成績と認知能力の相関—

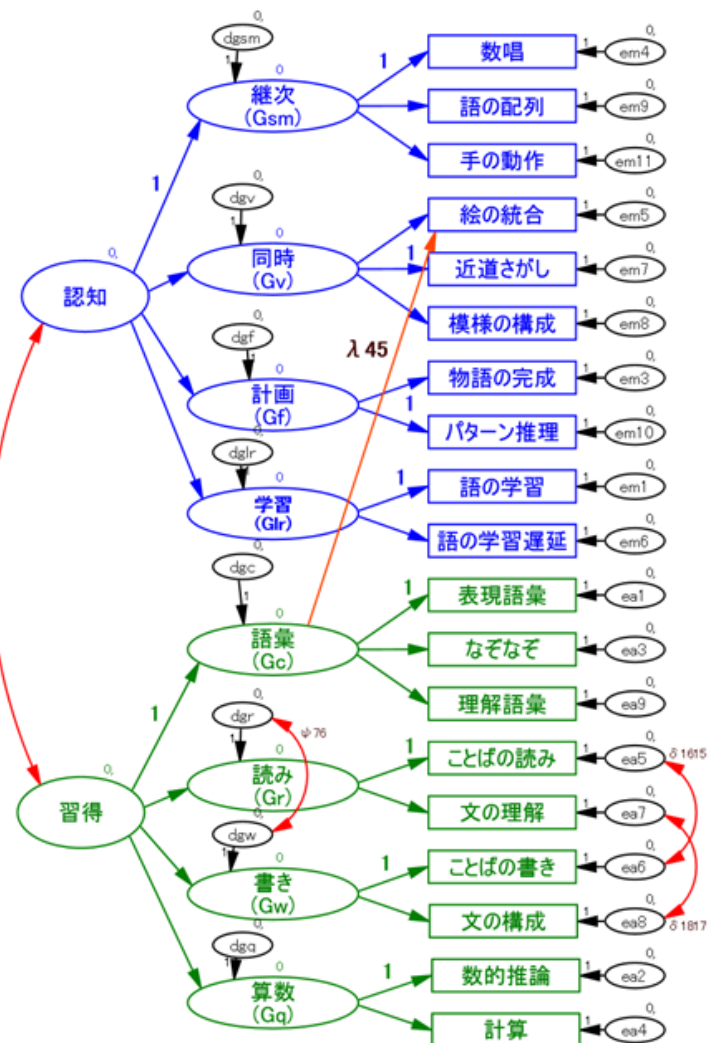
- 対象
 - 11歳のイギリス児童13248名（5年間）
- 検査等
 - Cognitive Abilities Test second edition（CAT2E ; 集団式検査）
 - 16歳時の学業成績（General Certificate of Secondary Education ; GCSE得点）
- $r(\text{認知}, \text{学力}) = .81$

KABC-IIを用いた検討

CHCモデル



カウフマンモデル



多母集団確認的因子分析

- 分析対象年齢
 - 7歳から18歳（合計1837名）（実施する下位検査が同一）
- 下位検査
 - 「顔さがし」を除く19下位検査（カウフマンモデル）
- 使用したデータ（Kaufman & Kaufman, 2013）
 - 下位検査間の相関係数
 - 下位検査の標準偏差と平均値
- ソフトウェア
 - LISREL 8.54（Jöreskog & Sörbom, 2003）

分散共分散および平均値の等値性

- 12年齢群の間において、分散共分散および平均値を等値とするモデルの適合性
 - $df=2299$, χ^2 乗値=2669.48, $p<.001$
 - RMSEA=.033, 90%CI:[.027, .038]
 - CFI=.988
- 分散共分散のみの場合
 - $df=2318$, χ^2 乗値=2666.29, $p<.001$
 - RMSEA=.027, 90%CI:[.019, .033]
 - CFI=.991
- 等値と見なして良いであろう

CHCモデルの採択モデル

- 1次・2次因子負荷量，下位検査の平均値，因子分散，誤差分散，一部の誤差共分散を自由推定するモデル，および等値制約を課すモデル（全24）
- 等値制約を課すモデルを採択
 - χ^2 乗値=4072.07 ($df=2430$) , RMSEA=.067, AIC=4228.07, CAIC=4736.31, CFI=.959
 - 分散共分散のみを構造化した場合
 - RMSEA=.064, CFI=.963
 - 日本版KABC-IIのCHC総合指標には「絵の統合」を使用していない。

カウフマンモデルの採択モデル

- 1次・2次因子負荷量, 下位検査の平均値, 因子分散, 誤差分散, 一部の誤差共分散を自由推定するモデル, および等値制約を課すモデル (全24)
- 等値制約を課すモデルを採択
 - χ^2 乗値=3912.24 ($df=2429$), RMSEA=.063, AIC=4070.24, CAIC=4585.00, CFI=.963
 - 分散共分散のみを構造化した場合
 - RMSEA=.061, CFI=.966である。

採択したモデルの比較

- CHCモデルよりも、カウフマンモデルの方がわずかに適合性は高い。
 - 認知因子と習得因子の相関関係は強いが
($r=.87$) , 異なる因子とみなすことができる。
 - これは, Kaufmanら (2012) の結果を支持している。
- WISC-IVでは, 1因子モデルの方が適合性は高いとされている (繁桝・リー, 2013) 。

引用・参考文献 (1)

- Alfonso, V. C., Flanagan, D. P., & Radwan, S. (2005). The impact of the Cattell-Horn-Carroll theory on test development and interpretation of cognitive and academic abilities. In Flanagan, D. P., & Harrison, P. L. (Eds.), *Contemporary Intellectual Assessment: Theories, Tests, and Issues* (2nd ed.) (pp. 185-202). New York, NY: Guilford Press.
- Baltes, P. B., & Reese, H. W. (1984). The life-span perspective in developmental psychology. In Bornstein, M. H. & Lamb, M. E. (Eds.), *Developmental psychology*. An advanced textbook (pp. 493-531). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Carroll, J. B. (2005). The three-stratum theory of cognitive abilities. In Flanagan, D. P., & Harrison, P. L. (Eds.), *Contemporary Intellectual Assessment: Theories, Tests, and Issues* (2nd ed.) (pp. 69-76). New York, NY: Guilford Press.
- Colman, A. M. (2001). *A Dictionary of Psychology* (3rd ed.). Oxford University Press.
- イアン・ディアリ (繁榎算男訳) (2004). 知能 岩波書店
- Deary, I. J., Strand, S., Smith, P., & Fernandes, C. (2007). Intelligence and educational achievement. *Intelligence*, **35**, 13-21.
- Flynn, J. R. (1987). Massive IQ Gains in 14 Nations: What IQ Tests Really Measure ?, *Psychological Bulletin*, **101**(2), pp. 171-191.
- Gottfredson, L. S. (1997). Mainstream Science on Intelligence (editorial) (PDF), *Intelligence*, **24**, 13-23.
- Horn, J. L., & Blankson, N. (2005). Foundations for better understanding of cognitive abilities. In Flanagan, D. P., & Harrison, P. L. (Eds.), *Contemporary Intellectual Assessment: Theories, Tests, and Issues* (2nd ed.) (pp. 41-68). New York, NY: Guilford Press.

引用・参考文献 (2)

- Horn, J. L., & Blankson, N. (2005). Foundations for better understanding of cognitive abilities. In Flanagan, D. P., & Harrison, P. L. (Eds.), *Contemporary Intellectual Assessment: Theories, Tests, and Issues (2nd ed.)* (pp. 41-68). New York, NY: Guilford Press.
- Jöreskog, K.G. & Sörbom, D. (2003). *LISREL 8.54(Computer Program)*. Lincolnwood, IL: Scientific Software International, Inc.
- Kaufman, A. S., & Kaufman, N. L. (2004). *Kaufman Assessment Battery for Children, Second Edition (KABC-II)*. San Antonio, TX: Pearson.
- Kaufman, A. S., & Kaufman, N. L. (2013). 日本版KABC-IIマニュアル 丸善出版
- Kaufman, S. B., Reynolds, M. R., Liu, X., Kaufman, A. S., & McGrew, K. S. (2012). Are cognitive g and academic achievement g one and the same g? An exploration on the Woodcock-Johnson and Kaufman tests. *Intelligence*, **40**, 2, 123-138.
- Martins, A. A., Alves, A. F., & Almeida, L. S. (2016). The factorial structure of cognitive abilities in childhood. *European Journal of Education and Psychology*, **9**, 38-45.
- 丸善出版株式会社 KABC-IIの概要 (2016). <http://pub.maruzen.co.jp/kabc/index.html> (参照日 : 2016年4月1日)
- 村上宣寛 (2007). IQってホントは何なんだ? 日経BP社
- 日本K-ABCアセスメント学会 (2016). 日本版KABC-IIの取り扱いと検査結果報告についての注意点
<http://www.k-abc.jp/about/> (参照日 : 2016年4月1日)

引用・参考文献 (3)

- 小野純平・小林 玄・原 伸生・東原文子・星井純子（編集）（2017）. 日本版KABC-IIによる解釈の進め方と実践事例 丸善出版
- Reynolds, M., Keith, T. Z., Flanagan, D. P., & Alfonso, V. C. (2013). A cross-battery, reference variable, confirmatory factor analytic investigation of the CHC taxonomy. *Journal of School Psychology*, **51**, 535-555.
- Schneider, W. J., & McGrew, K. S. (2012). The Cattell-Horn-Carroll model of intelligence. In Flanagan, D. P., & Harrison, P. L. (Eds.), *Contemporary Intellectual Assessment: Theories, Tests, and Issues (3rd ed.)* (pp. 99-144). New York, NY: Guilford Press.
- 繁樹算男・大六一志・星野崇宏・立脇洋介・上野一彦（2011）. WISCの最新データに基づく発達的变化の分析, 日本テスト学会第9回大会
- 繁樹算男・シヨーン・リー（2013）. CHC理論と日本版WISC-IVの因子構造－標準化データによる認知構造の統計学的分析－ 日本版WISC-IVテクニカルレポート（#8） 日本文化科学社（https://www.nichibun.co.jp/documents/kensa/technicalreport/wisc4_tech_8.pdf）
- 上野一彦（2013）. 21世紀における知能検査の動向－ウェクスラー知能検査を中心に－ 第7回「日本テスト学会賞」記念講演およびワークショップ
- Wechsler, D. (2010). 日本版WISC-IV知能検査 理論・解釈マニュアル 日本文化科学社

本日はありがとうございました。