

LISRELモデルによる 情報処理能力の解析

An Analysis of the Information Processing Ability Using the LISREL Model

(1992年4月8日受理)

福 森 護
Mamoru Fukumori

Key words: LISREL, Information processing ability, Factor analysis

Abstract

The purpose of this paper is to propose a model showing the structure of information processing ability and to further study the model with LISREL. The model's structure was studied through an "information processing ability index" composed of 16 measures. It was carried out on 216 junior high school students. A Factor analysis was then conducted. The results showed that the factor structure was composed of three elements: the "speed" factor, the "visual" factor and the "verbal" factor. The results from the factor analysis and those from our preceding research, already reported, were considered together to propose a structural model on information processing ability. A follow up study using LISREL showed that the model has a high application degree.

1. は じ め に

情報処理に関する能力の定義・測定方法に関しては、知能の定義と同様に多種多様であり、統一的なものは確立されていない。一般に、情報処理の能力を考える場合、コンピュータ業務への職業適性、知能や学力の側面から捉えられることが多く、その検査項目も知能検査や学力検査などと類似したもので構成されることが多い。脇本・平井・福森¹⁾は、情報処理能力を学力・知能・作業能力などを包括した総合的かつより基礎的な能力と捉え、近年の人工知能の知見なども考慮にいたした上で、16の項目によって構成される情報処理能力検査を作成した。その検査項目は、次のような内容になっている。

- ① 対応：ひらがなと数字の対応表を見ながら文字をコードに変換する。(30問, 2分)
- ② 配列訂正1：2組の数字・文字列を比較し、一致していない箇所を見つける。(40問, 2分)
- ③ 配列訂正2：2組の記号・図形列を比較し、一致していない箇所を見つける。(40問, 2分)
- ④ 探索1：10個の英文字列と9個の英文字列を比較し、抜けている文字を検索する。(20問, 2分)
- ⑤ 探索2：10個の記号列と9個の記号列を比較し、抜けている記号を検索する。(20問, 2分)

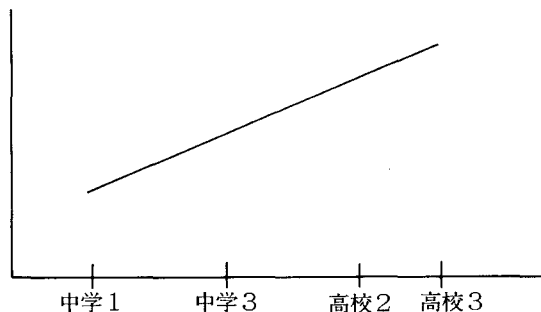
*本研究は、平成3年度文部省科学研究費奨励研究(A) (課題番号03858087) の補助を受けた。

- ⑥ 推理1：数列のルールを見つける。(20問, 2分)
- ⑦ 推理2：文字列のルールを見つける。(20問, 2分)
- ⑧ 図形：示された図形を右に90度回転させた図形を描く。(10問, 2分)
- ⑨ 記憶：示された文字・図形を記憶し, 質問に答える。(3問, 50秒)
- ⑩ ルール：与えられたルールに従って, ある図形がどのように変化するかを答える。(20問, 3分)
- ⑪ 判定・識別：条件によって出口の異なる道筋を示した図を見ながら, ある図がどの出口になるかを判定する。(30問, 2分)
- ⑫ 組み合わせ：分解された漢字を組み合わせてもとの漢字を作る。(20問, 3分)
- ⑬ パターン認識：同じパターンの図形を探す。(3問, 1分10秒)
- ⑭ 真偽：ある文章が成り立つという条件のもとで, その後に示された文章が成り立つかどうかを答える。(7問, 5分)
- ⑮ 三段論法：3つの文章のうち, 最初の2つの文章が成り立つとき, 最後の文章が成り立つかどうかを答える。(10問, 5分)
- ⑯ 問題解決：種々なタイプの問題を解く。(7問, 20分)

以上の16の尺度は, 全て所要時間内にできるだけ多くの問題を解くというタイプのものである。

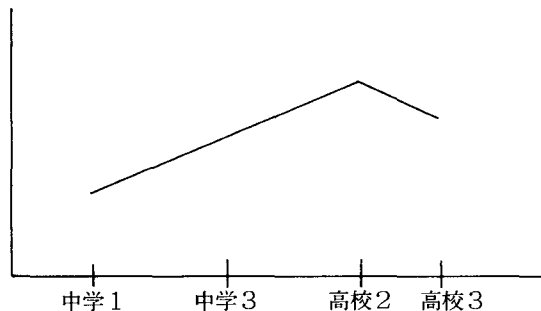
平井²⁾は, この尺度を用いて岡山市内の中学1年生から大学生までの約300名に調査を行い, 主成分分析により「記憶-判断」軸, 「思考-スピード」軸の2つの主成分軸を抽出した。また, 平井・福森³⁾は, この尺度を用いて, 各能力の発達のなパターンを検討を行い, 次の3つのパターンを見いだした。

1. 年齢と共に能力が向上するパターン



配列訂正1, 配列訂正2, 図形, 組み合わせ, 真偽, 問題解決の尺度がこのパターンにあてはまる。

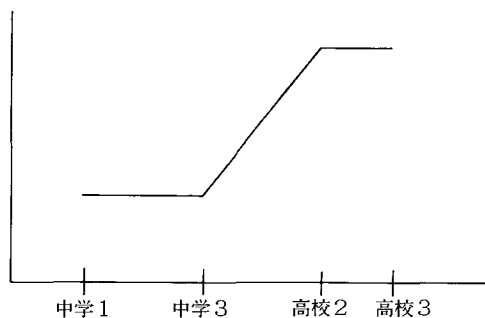
2. 高校あたりまでは向上するがその後能力が低下するパターン



対応, 探索1, 探索2, 推理1, 推理2, 判定・識別, パターン認識, 記憶の尺度がこのパターンに

あてはまる。

3. 中学から高校にかけて急激に能力が向上するパターン



ルール, 三段論法の尺度がこのパターンにあてはまる。

本研究では, これらの先行研究を考慮にいた上で, 情報処理能力の構造モデルを提案し, 共分散構造解析の一つである LISREL を用いて, そのモデルの検討を行う。

2. 主因子法による探索的な因子分析

岡山市内の中学生216名に対し, 上記の情報処理能力検査を実施した。

各尺度間の相関係数は, 表1に示すとおりである。これを見ると, 相関係数が0.6以上が1つ(配列訂正1と配列訂正2), 0.5以上が5つ(対応と配列訂正1など)ある以外は, 全て相関係数は0.5未満となっており, 全体的に尺度間の相関は高くないことが示されている。特に, 三段論法については, どの尺度とも相関係数が低い傾向があることがわかる。

表1. 16の尺度間の相関係数

| | 対応 | 配列1 | 配列2 | 探索1 | 探索2 | 推理1 | 推理2 | 図形 |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 対応 | 1.000 | | | | | | | |
| 配列訂正1 | 0.548 | 1.000 | | | | | | |
| 配列訂正2 | 0.579 | 0.658 | 1.000 | | | | | |
| 探索1 | 0.432 | 0.451 | 0.444 | 1.000 | | | | |
| 探索2 | 0.450 | 0.561 | 0.542 | 0.511 | 1.000 | | | |
| 推理1 | 0.471 | 0.514 | 0.495 | 0.406 | 0.416 | 1.000 | | |
| 推理2 | 0.355 | 0.386 | 0.408 | 0.428 | 0.408 | 0.386 | 1.000 | |
| 図形 | 0.260 | 0.295 | 0.351 | 0.280 | 0.342 | 0.398 | 0.412 | 1.000 |
| 記憶 | 0.263 | 0.284 | 0.287 | 0.193 | 0.222 | 0.304 | 0.292 | 0.308 |
| ルール | 0.349 | 0.356 | 0.407 | 0.331 | 0.344 | 0.460 | 0.294 | 0.464 |
| 判定・識別 | 0.392 | 0.434 | 0.436 | 0.323 | 0.387 | 0.399 | 0.337 | 0.377 |
| 組合せ | 0.330 | 0.377 | 0.412 | 0.359 | 0.399 | 0.346 | 0.454 | 0.440 |
| パターン認識 | 0.256 | 0.346 | 0.388 | 0.293 | 0.319 | 0.365 | 0.241 | 0.334 |
| 真偽 | 0.413 | 0.322 | 0.420 | 0.268 | 0.380 | 0.305 | 0.374 | 0.318 |
| 三段論法 | 0.034 | 0.026 | 0.171 | 0.144 | 0.114 | 0.078 | 0.172 | 0.062 |
| 問題解決 | 0.298 | 0.339 | 0.401 | 0.273 | 0.417 | 0.396 | 0.348 | 0.402 |

| | 記憶 | ルール | 判定 | 組合せ | パターン | 真偽 | 三段 | 問題 |
|--------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 記憶 | 1.000 | | | | | | | |
| ルール | 0.290 | 1.000 | | | | | | |
| 判定・識別 | 0.303 | 0.407 | 1.000 | | | | | |
| 組合せ | 0.215 | 0.318 | 0.336 | 1.000 | | | | |
| パターン認識 | 0.293 | 0.268 | 0.357 | 0.269 | 1.000 | | | |
| 真偽 | 0.258 | 0.253 | 0.372 | 0.351 | 0.229 | 1.000 | | |
| 三段論法 | 0.037 | 0.076 | -0.010 | 0.123 | 0.039 | 0.170 | 1.000 | |
| 問題解決 | 0.259 | 0.340 | 0.347 | 0.362 | 0.329 | 0.483 | 0.057 | 1.000 |

この相関係数行列をもとに固有値を算出した結果、6.210, 1.137, 1.113, 0.736, 0.682… となり、固有値 1 以上という基準から 3 因子を想定して、主因子法による因子分析（反復解、 $\epsilon = 0.00001$ ）をおこなった。その結果から、第Ⅰ因子は、単純作業のスピード型の項目の負荷量が高いため、「処理のスピード」の因子、第Ⅱ因子は、図形の処理に関わる項目の負荷量が高いため、「視覚処理」の因子、第Ⅲ因子は、論理的思考を要求する項目の負荷量が高いため、「言語処理」の因子と解釈した。表 2 はバリマックス回転後の因子負荷量である。

表 2. バリマックス回転後の因子負荷量

| | 第Ⅰ因子 | 第Ⅱ因子 | 第Ⅲ因子 | 共通性 |
|--------|--------|---------|--------|--------|
| 対応 | 0.6361 | 0.2519 | 0.1661 | 0.4956 |
| 配列訂正 1 | 0.7627 | 0.2704 | 0.1032 | 0.6655 |
| 配列訂正 2 | 0.6820 | 0.3213 | 0.2546 | 0.6332 |
| 探索 1 | 0.4918 | 0.2251 | 0.3264 | 0.3991 |
| 探索 2 | 0.5573 | 0.2830 | 0.3458 | 0.5102 |
| 推理 1 | 0.4857 | 0.4770 | 0.1071 | 0.4749 |
| 推理 2 | 0.2879 | 0.3679 | 0.4821 | 0.4507 |
| 図形 | 0.0988 | 0.6892 | 0.2333 | 0.5392 |
| 記憶 | 0.2065 | 0.4232 | 0.0609 | 0.2255 |
| ルール | 0.2982 | 0.5426 | 0.0743 | 0.3889 |
| 判定・識別 | 0.3877 | 0.5027 | 0.0725 | 0.4082 |
| 組合せ | 0.2599 | 0.4032 | 0.4142 | 0.4017 |
| パターン認識 | 0.3023 | 0.4267 | 0.0549 | 0.2764 |
| 真偽 | 0.2828 | 0.3471 | 0.3917 | 0.3539 |
| 三段論法 | 0.0356 | -0.0079 | 0.3333 | 0.1124 |
| 問題解決 | 0.2442 | 0.4857 | 0.2887 | 0.3879 |

3. LISRELによるモデルの検討

この因子分析の結果および先行研究の結果から、情報処理能力の構造モデルとして、図1のようなモデルを想定し、LISREL^{4) 5)}を用いて確認的因子分析を行い、検討を行う。

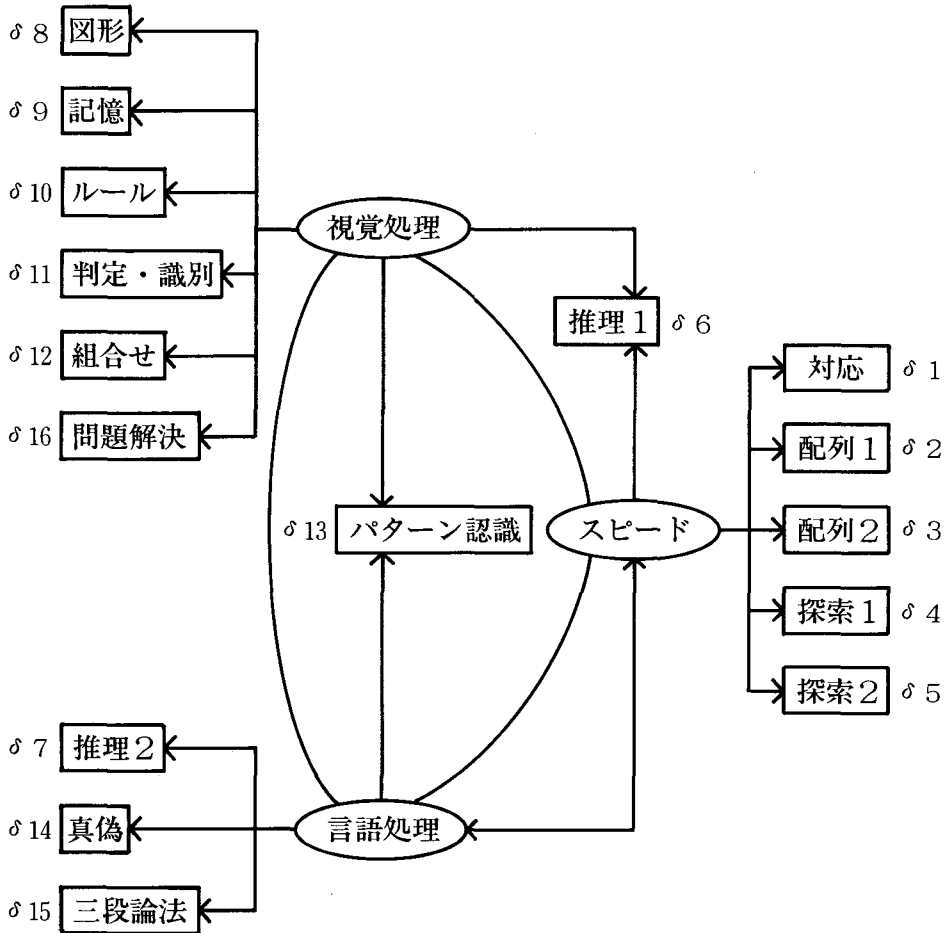


図1. 情報処理能力の構造モデル

共分散構造分析における LISREL モデルとは、内生概念のベクトルである η についての構造方程式、

$$\eta = \beta \eta + \Gamma \xi + \zeta \quad \dots\dots\dots (1)$$

内生指標と内生概念との関係を表す測定モデル、

$$y = \Lambda_y \eta + \epsilon \quad \dots\dots\dots (2)$$

外生指標と外生概念との関係を表す測定モデル、

$$x = \Lambda_x \xi + \delta \quad \dots\dots\dots (3)$$

の3つの式によって表すことができる。確認的因子分析を行う場合、 $\beta = I$, $\Gamma = O$, $\Delta_y = O$, $\epsilon = O$ を仮定し、(3)式の測定モデルを用いる。LISRELでは、観測された標本共分散行列Sと理論上の共分散行列 Σ との適合関数Fを最小化するようなパラメータを求める。適合関数としては、ULS (重み無し最小2乗法), GLS (一般化最小2乗法), ML (最尤推定法)があり、それぞれ

$$F_{ULS}(S; \Sigma^*) = \text{tr} [(S - \Sigma^*)^2] \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$F_{GLS}(S; \Sigma^*) = \text{tr} [(S - \Sigma^*) S^{-1}]^2 \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$F_{ML}(S; \Sigma^*) = \text{tr} (\Sigma^{*-1} S) + [\log |\Sigma^*| - \log |S|] - (\gamma + s) \quad \dots\dots\dots (6)$$

を最小にするような Σ^* を求める。

今回は、最尤推定法を用いて、(6)式

を最小にするような Σ^* を求める。

この方法によって得られたモデルが適当であるかどうかについては、自由度、 χ^2 値、確率水準によって判断されるが、LISRELの場合は、適合度指数、修正適合度指数が算出され、その値が1に近いほどモデルの適合が良いと考えることができる。

LISREL VIを本モデルに適用した結果は右のようになる。

この結果を見ると、モデルの適合度については、適合度指数が0.939と高い値になっており、図1のモデルが比較的よくあてはまっていることが示されている。また、変量と因子との関係を表す λ_x の値を見てみると、三段論法 (VAR15) の第III因子への値が小さいものになっており、モデルを再検討することにより、より適合度の高いモデルを構築することが可能であると考えられる。

次に、因子間の関係を表す ϕ の値は、全て0.33~0.48になっており、3因子のモデルに特に問題がないことを示している。また、 δ の値を見ると、三段論法が0.974と高い値になっている以外は、0.7以上が記憶

LISEL ESTIMATES (MAXIMUM LIKELIHOOD) :
MLによる推定値

| LAMBDA X | | | | | | |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | KSI 1 | KSI 2 | KSI 3 | | | |
| VAR 1 | 1.000 | .000 | .000 | | | |
| VAR 2 | 1.128 | .000 | .000 | | | |
| VAR 3 | 1.157 | .000 | .000 | | | |
| VAR 4 | .880 | .000 | .000 | | | |
| VAR 5 | 1.017 | .000 | .000 | | | |
| VAR 6 | .467 | .622 | .000 | | | |
| VAR 7 | .000 | 1.000 | .000 | | | |
| VAR 8 | .000 | 1.038 | .000 | | | |
| VAR 9 | .000 | .751 | .000 | | | |
| VAR 10 | .000 | .979 | .000 | | | |
| VAR 11 | .000 | 1.020 | .000 | | | |
| VAR 12 | .000 | .986 | .000 | | | |
| VAR 13 | .000 | .843 | -.012 | | | |
| VAR 14 | .000 | .000 | 1.000 | | | |
| VAR 15 | .000 | .000 | .237 | | | |
| VAR 16 | .000 | .000 | 1.049 | | | |
| PHI | | | | | | |
| | KSI 1 | KSI 2 | KSI 3 | | | |
| KSI 1 | .484 | | | | | |
| KSI 2 | .348 | .377 | | | | |
| KSI 3 | .330 | .335 | .460 | | | |
| THETA DELTA | | | | | | |
| | VAR 1 | VAR 2 | VAR 3 | VAR 4 | VAR 5 | VAR 6 |
| | .516 | .388 | .353 | .625 | .499 | .547 |
| | VAR 7 | VAR 8 | VAR 9 | VAR 10 | VAR 11 | VAR 12 |
| | .623 | .594 | .788 | .639 | .608 | .633 |
| THETA DELTA | | | | | | |
| | VAR 13 | VAR 14 | VAR 15 | VAR 16 | | |
| | .738 | .540 | .974 | .494 | | |
| SQUARED MULTIPLE CORRELATIONS FOR X - VARIABLES | | | | | | |
| | VAR 1 | VAR 2 | VAR 3 | VAR 4 | VAR 5 | VAR 6 |
| | .484 | .614 | .647 | .375 | .501 | .453 |
| SQUARED MULTIPLE CORRELATIONS FOR X - VARIABLES | | | | | | |
| | VAR 7 | VAR 8 | VAR 9 | VAR 10 | VAR 11 | VAR 12 |
| | .377 | .406 | .212 | .381 | .392 | .387 |
| SQUARED MULTIPLE CORRELATIONS FOR X - VARIABLES | | | | | | |
| | VAR 13 | VAR 14 | VAR 15 | VAR 16 | | |
| | .262 | .460 | .026 | .506 | | |
| TOTAL COEFFICIENT OF DETERMINATION FOR X - VARIABLES IS | | | | | .953 | : 決定係数 |
| MEASURES OF GOODNESS OF FIT FOR THE WHOLE MODEL : モデルの適合度 | | | | | | |
| CHI-SQUARE WITH 99 DEGREES OF FREEDOM IS 138.04 (PROB. LEVEL = .006) | | | | | | |
| (自由度、カイ2乗値、確率水準) | | | | | | |
| GOODNESS OF FIT INDEX IS .939 : 適合度指数 | | | | | | |
| ADJUSTED GOODNESS OF FIT INDEX IS .916 : 修正適合度指数 | | | | | | |
| ROOT MEAN SQUARE RESIDUAL IS .041 : 残差の平方の平均の平方根 | | | | | | |

とパターン認識がある程度で、他の値はそれほど高い値にはなっていない。この値から、いくつかの尺度についてはモデルの再検討が必要であると考えられるものの全体的にはモデルのあてはまりは良いといえる。

以上見てきたように、本モデルについては、適合度が良いことが示されたものの、いくつかの尺度については検討の余地が残されており、さらに別のモデルをLISRELに適用することで、より良いモデルを構築することができると考えられる。

最後に、本論文の作成にあたり、LISRELの使用方法及びその解釈について貴重な助言を頂いた、日本電気ソフトウェア株式会社 井上恭子さんに心から感謝します。

参 考 文 献

- 1) 脇本和昌、平井安久、福森護(1986) 情報処理適性検査 三晃書房
- 2) 平井安久(1990) ある種の情報処理能力について(I) 岡山大学教育学部研究集録 第84号 179-186.
- 3) 平井安久、福森護(1990) ある種の情報処理能力について(II) 岡山大学教育学部研究集録 第85号 61-67.
- 4) Jöreskog, K.G. and Sörbom, D. (1979) Advances in factor analysis and structural equation models. Abtbooks.
- 5) Jöreskog, K.G. and Sörbom, D. (1981) LISREL V : Analysis of linear structural relationships by maximum likelihood and least squares. National Educational Resources, Inc.