

研究の動向

項目反応理論を用いた生活技能構造の計量的研究の動向

大妻女子大学人間生活文化研究所 下田 敦子

1. 技能構造とその発達に関する計量的研究（因子分析的研究）に関する先行研究

このテーマに関連した研究は非常に分厚く、20世紀の間に急速に発展した因子分析法の開発とその応用に関する膨大な知見が存在する。小論では因子分析と項目反応理論を用いた生活技能構造の計量的研究に直接的に関係する報告についてのみ簡潔に解説したい。

まずこの分野の嚆矢は Pearson¹⁾ の『科学の文法』(The grammar of science, 1892) に提案された正規積率相関係数の発明に遡る。それまで概念的にしか取り扱えなかった関係という概念はこれによって数量として取り扱うことが可能になり、積率相関係数 (products correlation coefficients) という計量概念によって様々な応用が科学全般の広汎な分野でなされるようになった。相関分析、因子分析あるいは多変量解析による広汎な応用、展開が1970年代あたりから家政学分野にも広がってきた²⁾³⁾。Pearson に続く Spearman⁴⁾ が提案した因子分析法は積率相関係数を手掛かりにして人間の精神的能力を測定するという独創的な試みであった。この方法は多数の被験者に対して、多数の知的能力を測定すると思われるテストを課し、得られた相関係数行列から知的能力に貢献している潜在的な因子を線形代数学の力を借りて抽出するという大胆なものであった。この時の因子分析法は一般因子 (General factor) と呼ばれるただ1つの知能因子だけをやや曖昧さが残る解析法で抽出するというものであったが、やがて厳密な主成分分析という解法が Hotelling⁵⁾ によって提案された。幸にも大型電子計算機が実用化され、大量のデータを高速で計算できるようになった。こうして膨大な線形代数学の計算が可能になり、Thurstone⁶⁾ の提案による多因子構造モデル (multiple

factor model) によって知能等の概念が構成されるというより一般的なモデルに発展した。因子分析によって人間の能力を多面的に測ることのできる科学が確立し、知能テスト、性格テスト、態度尺度など人間の持つ多様な能力を扱う計量諸科学が発達した¹⁾²⁾。周知のようにこの分野の研究蓄積は膨大であって、成書も多く、実践的な応用に関する事典も出版されており、著者らの「中国少数民族の履きものから見た文化クラスター」に関する家政学分野の研究も計量科学分野の一端として事典に収録されるようになった⁷⁾。

ここで人間の能力の発達を計量的視点から捉えた研究者としては、Cattell⁸⁾ をあげなければならないだろう。Cattell によれば能力発達には単に生理学的な側面のみでなく学習による文化需要 (acculturation) が反映しており、これらが学習によって発達過程で次第に体系化されると考えられている。この立場は発達に伴う能力の変化を因子構造の分化として示すという方向で、多くの学的成果を生み出している。市村⁹⁾¹⁰⁾ の「人の能力は年齢の発達に伴って統一的なものからよりまとまりのあるいくつかの能力の群あるいは因子群に変化していく」という仮説もこうした立場の一つである。つまり知能、運動能力をはじめとして、生活技能などの人間の様々な能力、例えば衣服製作技能や調理技能などにもこれらの仮説を対応させることが出来るのである。

次いでこうした人間の身体能力や職業能力の計量と発達に関連した因子分析による代表的な研究成果を紹介しておく。

人間の身体に関連した諸能力を計量化する研究はアメリカを中心にして1950年以降、体力や運動能力といった分野において盛んに行われた。この分野では Larson¹¹⁾ や Fleishman and Hempel¹²⁾、そして Nicks and Fleishman¹³⁾ らの身体能力とその発達に関する多くの優れた業績がある。Larson は身体能力の構造化を基礎的な体力からやがて運動能力そしてスポーツの専門的な能力へと階層的に積み上げるモデルを提案した。この研究によって人間の身体能力を構造的に捉えるという理論的な枠組みが鮮明

Atsuko SHIMODA

大妻女子大学人間生活文化研究所、専任講師、博士 (生活科学)。
〔著書など〕無文字社会における染織技術の伝承、2015、家政教育社。
カヤン女性の身体変工・装飾と価値体系、2015、家政教育社。
フィールドはタイ北部からミャンマー東部にかけての少数民族が暮らす山岳地域。

な形で登場し、この理論に立脚した様々な身体能力に関するテストが作られた。現在世界中で実施されているスポーツテストや体力テストもこうした成果のアウトプットの一つである。日本では松浦¹⁴⁾らが日本人を対象として1970年代にこの分野を日本で確立し、やがて『数理体力学¹⁵⁾』が公刊された。このなかで松浦はLarsonの体力構造モデルや、Cureton¹⁶⁾らの体力の同心円構造モデルなどを日本人のデータで修正し、さらにこれを精緻な多段因子分析法 (multi-step-factor analysis) で整理している。やがて1980年以降になると身体能力だけでなく、職業訓練・教育分野において森^{17)~19)}が松浦らの能力構造論に独自の職業技術分野の項目を導入してこの分野に新たな局面を拓いた。この研究は実際の技能訓練や企業内の教育に焦点を当てた非常に実践的なものであった。しかし総括的にいえば、家政学分野に於ける本格的なこの種の研究は現在でも未開発の分野であるといえよう。

なお、小論では「技術」と「技能」について以下のとおり定義し使用している。

技術：言語や映像などで客観的に把握し記述可能な実体。

技能：人が身に付け習得した技術の能力。外部にはパフォーマンスとして表現され把握される。

2. 衣服製作技術構造の研究における因子分析から項目反応理論への発展

スポーツ技能の獲得過程と同じように、「機織りの能力」も基本的には、「未分化の状態からやがて技能の習熟に伴って一般的なものから徐々に専門的なものへ分化していく」という仮説を立てることができる。他の様々な身体技能と同じように、衣服製作の場合も、それを構成するより細かな技術要素間の相関係数行列 (または分散・共分散の行列) から何らかの有意な構造 (因子構造など) を見出し、それを手掛かりにして発達とそれに対応した教授学習過程の順序構造や学習の順序性を探求することが可能である。紙面の都合で詳細な解説を省かざるを得ないが、筆者が現在までに手掛けているのは、こうした研究のひとつであり、簡単に言えば以下のである。

筆者は東南アジアに点在する無文字社会 (nonliterate society) において、これまで口伝と模倣でしか伝承しえなかった衣服製作技術を数量的な側面から客観的なデータとして把握し、その技術要素間の関係 (相関係数行列) の解析から衣服製作技術構造を明らかにし、さらに項目反応理論を用いてその伝承の仕方を合理化しようとしている^{20)~23)}。

ここで用いる項目反応理論 (Item Response Theory : IRT) は因子分析の一分野の手法であり、現在最も厳密

で信頼できる人間の能力を測定する方法 (テスト手法) である。ちなみにTOEICを始めとして権威あるテストの多くがこの方法によって作製されている^{*1)}。

簡潔にいうと、IRTでは衣服製作技術を構成するそれぞれの有限個の要素を一つの主要な因子軸の中で易しいものから難しいものへと配列し、そこに困難度という普遍性を持つ計量単位を定義して、それによって測られた個々の技術要素の難しさ (易しさ) を手掛かりに教授学習過程を易しいものから難しいものへと編成するというものである。

IRTに関しては後述するが、先行文献としてはまず Rasch²⁴⁾ を挙げ、広く日本で普及することに貢献のあった文献として大友²⁵⁾ や豊田²⁶⁾²⁷⁾ 等を挙げる事が出来る。既にこの数学的理論は確立しており、『IRT from SSI』²⁸⁾ などの文献も出版されているので詳しくはそれらを御覧いただきたい。

3. IRTによる衣服製作技能の発達研究の方法論

北海道のA中学校で作られ実施されたテスト結果と沖縄のB中学校で作られ行われたテスト結果は決して比較できない。テストに於ける平均点とは「あるテストに対して」「ある集団が平均的にどの程度の点をとったか」を示したものである。テストの内容が難しくれば平均点は下がり、易しければ平均点は上がる。一方、テストした集団の能力が高ければ平均点は上がり、能力が低ければ平均点は下がる。したがって内容の異なる別々のテストの平均点を比較することは出来ない。もちろんテストや実施状況が違えば個人の得点の評価も出来ない。テスト結果はそれを行った項目自体を始め、行った場所やタイミング、集団などに依存して相対的であり、一義的に得点結果を評価、比較できないのである。少なくとも古典的なテスト理論ではそうであった。発達研究でテストを用いる場合でも、6歳の児童と10歳の児童について、ある特性についてのテストを行って、両群の能力について比較するときには、同一のテスト結果でなければ両群の比較はできない。しかし同じテストを何回も使うのは学習効果を排除できない。だからといって別のテストを使えばやはり結果は比較できない。同一の対象者群に対してできるテスト項目の数にも限界がある。深刻な矛盾である。

さらに拡張して言うと、和服の製作技術とアンデスの衣服製作技術の難易度を比較することは出来ないし、AとBとCの異なる調理技術や、文化財修復技術のどれが学習し易いかなどを比較することは科学的には手がつけられない問題であった。少なくともテストの素点や測定値だけからしか能力特性や項目特性を測定しようとする立場 (古典的テスト理論) からは困難であった。こうし

た古典的テスト理論の限界を克服した方法が現代テスト理論としてのIRTである。

(1) 技術要素の難しさと識別力の推定

IRTにおいて、技術要素の特性すなわち潜在的な能力（衣服製作の能力）は一般的には「困難度 (item difficulty)」, 「識別力 (item discrimination)」の2つのパラメータで表現される。困難度は技術要素の難しさ、易しさの指標であり、これによって技術要素を易しいものから難しいものへと計量し、並べることができる。識別力はその技術要素のもつ能力判定の感受性、あるいはテスト項目として測ろうとしている能力についての判別力である。ここでは「衣服製作技術の能力」をそれぞれの技術要素がどの程度測っているかの指標になる。筆者は、この指標をある技術要素を学習するときの「落ちこぼれ易さ」の尺度にしている。

いま、ある技術要素（例えば針に糸を通す技術）のある時点における習得率を $p_j(\theta)$ とし、その難しさを b_j 、落ちこぼれ易さ・識別力を a_j とする。これらの関数は次のように示される。

$$p_j(\theta) = 1 / (1 + \exp(-1.7a_j(\theta - b_j)))$$

$p_j(\theta)$: 正答確率

θ : 潜在特性値 (範囲は $-\infty < \theta < +\infty$)

a_j : 識別力 b_j : 技術要素の困難度

この項目特性を表現する曲線を項目特性曲線 (item characteristic curve: ICC) という (図1)。ここで縦軸は当該の技術要素に対する正答確率を示す。横軸は潜在特性値 (θ) であり対象者集団が当該の技術要素に対して持っている能力 (小論では衣服製作の技能) の尺度である。メモリ0の地点は衣服製作能力が集団の当該技術要素に対する平均値 (正答確率は0.5の点にあるということを示す。さらに言えばこの技術要素に対して潜在特性値 (θ) が2.0であるような対象者の正答確率は、ほぼ0.9であるということを示す。また、この曲線は単調増加関数

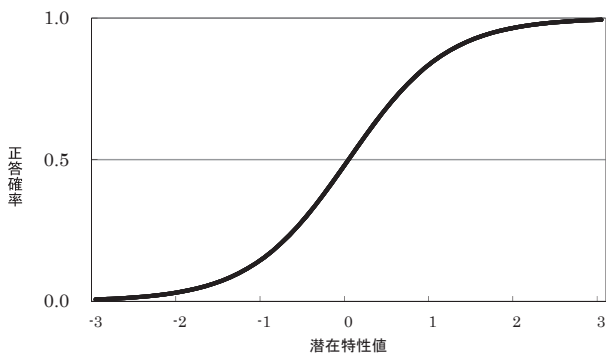


図1. 項目特性曲線

(横軸に潜在特性値 θ , 縦軸に正答確率 $p_j(\theta)$)

であり、 $\theta < \theta^*$ ならば、 $p_j(\theta) < p_j(\theta)^*$ となる。つまり潜在特性値が高ければ、当該の技術要素に対して正答確率は高くなるということを示す。IRTでは項目（ここでは技術要素）に対する正答確率を潜在特性値 ($-\infty < \theta < +\infty$) ごとに表すことで対象者集団から独立して項目そのものの「特性」と、対象者の能力を表すことが出来る。IRTが、一つ一つの項目に能力特性と反応の関係に数理モデルを導入していることが、古典的テスト理論との大きな違いである。

1) 困難度 (b_j)

ICCを規定するパラメータの1つである「項目困難度 (item difficulty)」は「項目の難しさ」の程度を表すパラメータである。項目 j の困難度を b_j と表す。ここで技術要素の習得率 $p_j(\theta)$ と困難度 b_j との関係を関数で表現すると次のようである。

$$p_j(\theta) = 1 / (1 + \exp(-1.7(\theta - b_j)))$$

p_j : 正答確率 θ : 潜在特性値 b_j : 技術要素の困難度

この式は困難度 b_j を定めれば、潜在特性値 θ の関数になる。このように、困難度 b_j のみに項目の特性を表現するモデルを1パラメータモデルと呼ぶ。

図2は困難度が $b = -1.5$, $b = 0.0$, $b = 1.5$ の場合について描いたものである。

潜在特性値を $\theta = 0$ に固定して、それぞれの項目に対する正答確率を解釈していく。まず、 $b = 1.5$ である技術要素のICCでは、潜在特性値 θ のメモリ0と正答確率の交点は0.1以下である。潜在特性値の衣服製作の能力が0である対象者集団が当該の技術要素を習得している確率は10%以下ということであり、比較的難しい技術要素といえることができる。一方、同じ潜在特性値を持つ対象者は $b = 0.0$ の項目に対しては0.5の確率で正答する。また、潜在特性値 $\theta = 0$ の対象者は $b = -1.5$ の項目に対してはほぼ0.9の確率で正答する。比較的易しい技術要素である。

2) 識別力 (a_j)

ICCを規定するもう一つのパラメータは「識別力 a_j (item discrimination)」である。これは、ICCの変曲点で

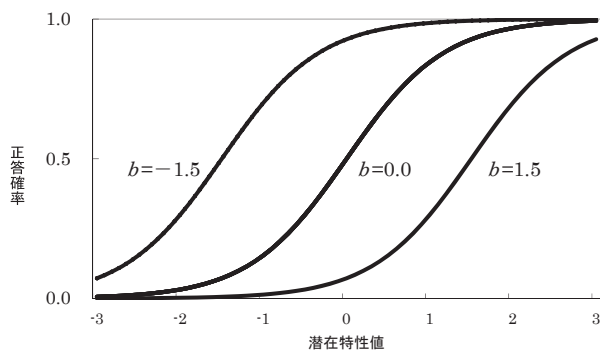


図2. 困難度の異なるICC (3つの項目を同時に表示)

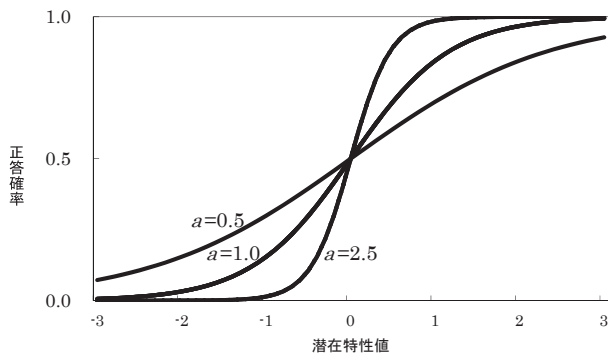


図3. 識別力の異なる ICC (3つの項目を同時に表示)

の傾きを表すパラメータで、 a で表す。このパラメータが意味するところは「 $\theta=bj$ 付近において潜在特性値 θ の違いをどれほど正答確率 $p_j(\theta)$ に反映させるか」である。また、識別力 a_j の取りうる範囲は、 $0 < a_j < +\infty$ となる。識別力 a_j が負の値だと ICC が単調増加関数とならないため、 a_j は非負の値をとる。

図3は、困難度を $b=0.0$ に固定して、識別力 a_j をそれぞれ $a=0.5$ 、 $a=1.0$ 、 $a=2.5$ の場合について描いた ICC である。識別力 a_j が高い項目の方が ICC の立ち上がり方が急になっている。また、 $a_j < a_j^*$ のとき $p_j(\theta)$ と $p_j^*(\theta)$ の値は、 $\theta=bj$ を境に逆転している。識別力 a_j は項目が想定した潜在特性（因子）からの影響の度合い（因子負荷量）を表している。識別力が低いということは、その想定した因子以外からの影響が強いため潜在特性の微妙な違いがそのまますぐに正答確率 $p_j(\theta)$ の違いに結びつかないということである。Takane²⁹⁾では、共分散構造分析とIRTの関係が述べられているが、ここでは識別力は因子負荷量を用いて算出されることが示されている。（ここでは分かりやすく説明するために1パラメータモデルを説明しているが、以下の研究では2パラメータモデルを使っている。）

4. 衣服製作技術データの分析例

ここではミャンマーの最深部に生活するカヤン族が伝承してきた衣服製作の技術についての数値データを用いて解析した事例を紹介する。まず、この研究の社会的な意味合いである。

カヤン社会は文字をもたない無文字社会である。文字を持たないということは衣服製作についても技術の伝承は母から娘に口伝と身体技術の模倣によって伝えられている。それ故に衣服製作技術を一通り全てにわたって習得するには長大な時間がかかる。概ね10歳頃に開始し、成人となり自分の最初の子供が誕生する頃までには習得しておかなければならない。従って工業化が進んだ現代社会では最果て、最深部の僻地でも、伝統的な民族服は化繊の衣料に置き換わり易く、ことに男物のそれは急速

にジーンズやTシャツに置き換わっている。天然繊維を用い、人力に頼る伝統服は年々減少しており、それに伴って伝統衣服製作のための技術が消失しつつある。このまま放置すれば美しい民族服は近い将来に無くなってしまふだろうし、民族独自のアイデンティティーに直結する衣服製作技術も消えてしまふだろう。そうした切迫感もあって、伝統技術を持っている女性たちが生存している今のうちに調査（測定）を実施して、これを保存し、より合理的でより易しく、短期間に習得できる技術の習得システムを提案し、これを伝統衣服の保存に役立てようというのが主旨である。ここで、前述の因子分析と項目反応理論が有用なツールとなる。

いまここにカヤン族の伝統衣服についての完成された製作技術の体系がある。この技術体系には原材料を栽培する技術、染色する技術・・・縫製の技術などのまとまりを持った技術系統とがある。さらにこれらの技術系統はより細かなそれらを構成している技術要素（項目）からなる、と考える。これらの項目に分解された技術要素（小論では72）がそれぞれに相関しつつも独立した項目として把握できるとする。この項目ごとの習得に関する難しさ、易しさを実データから項目反応理論の助けを借りて推計しておき、この数値を易しい技術要素から順次並べ、最終的には最も難しい技術要素に到達する。こうして系統的な学習順次性を確保することで、カヤン族の衣服製作技術体系を再構成しようとするのである。

(1) データの収集

前述の技術要素に関して、カヤン社会で実際に衣服製作技術にかかわりを持つ女性全員を対象にして、技術の習得状況調査を行う。

まだ学習を開始して間もない10歳程度の女性から、成人となりおおよそ技能を習得した女性82人がその対象者である。事前の調査からここでは衣服製作技術を72項目からなる技術要素に分解した。技術全体は際限なく細分化することが出来るが、ここでは無意味な厳密さを捨てて、実用的に意味をもつ要素に限定している。ここで全対象者について72個の技術要素について「習得しているか、否か」を実査を行ってデータ収集し、このデータ行列から出発する。

(2) 解析の対象となる技術要素の精選

IRTによる解析に先立つ解析として、72個の技術要素の平均値と標準偏差により項目の精選を行う。ここでは平均値が1か0、標準偏差が0の技術要素を解析から除く。全員出来るとか全員出来ないという項目には情報量が無いからである。実際には、この手続きの結果、表1のとおり72の技術要素のうち6項目（9、10、11、13、

表1. 項目反応理論の解析により推定された48の技術要素の識別力, 困難度

技術系統	技術要素項目番号	技術要素	識別力	困難度
製糸	1	綿花の種子をスコップを用いて植える・栽培する・結実した綿を収穫する	0.763	-0.692
	2	綿の中の種子を綿繰器を用いて取り除く	0.881	-0.012
	3	種子が取り除かれた綿を綿弓を用いて解す(綿打ち)	1.083	1.088
	4	綿の繊維を揃えて, 心棒を用いて篠を作る(綿棒作り)	1.222	0.590
	5	紡ぎ車を用いて篠から繊維を引き出して綿糸を紡ぐ	1.179	0.890
	6	紡ぎ車の紡錘部分に巻かれた綿糸を総揚げ用具を用いて巻き直す(総揚げ)	1.320	0.759
	7	容器に水を入れて火にかけて煮沸したところに総揚げ用具から外した総糸を入れて煮て, 乾かす(精練)	1.805	1.205
	8	米と水を煮て糊になったところに, 精練した総糸をつけて, 攪拌棒でかき混ぜながらしばらく煮て, 乾かす	1.640	1.295
染色	9	総糸を, 緋括りのための総揚げ用具と総糸保持具を用いて整経し, 機の状態に設置して, 糸を分けるための竹筒を用いながら, パナナの葉で総糸を括る(防染括り)	—	—
	10	藍の葉を潰して水を加えて染液を作る	—	—
	11	樹皮を杵, 臼, まな板, ナイフなどを用いて砕き水を加えて煮沸し染液を作る	—	—
	12	介殻虫を叩いて潰し, 水を加えて, 煮沸して染液を作る	—	—
	13	(藍, 樹皮, 介殻虫を含めて)植物性染料, 動物性染料から抽出した染液を用いて, 総糸を染色する	—	—
	14	米と水を煮て糊になったところに, 染色した総糸をつけて, 攪拌棒でかき混ぜながらしばらく煮て, 乾かす	—	—
整経	15	製作しようとしている衣服の寸法(丈×幅)に合わせて織り糸の量を準備する	0.974	1.333
	16	製作しようとしている衣服の寸法(丈, 幅)を綿糸を用いて計測する	2.125	1.112
	17	製作しようとしている衣服の寸法(丈, 幅)に合わせて, 整経台を設置する(総糸保持具を設置する)	2.090	1.173
	18	総糸を, 総掛け用具を用いて, 球状に巻き直す	0.870	-1.342
	19	機に総糸を引き渡す(2本の糸を片手で持ち, 糸綜統を作りながら, 整経台に総糸を輪状に引き渡す)	1.873	0.925
	20	機に総糸を引き渡す(4本の糸を片手で持ち, 糸綜統を作りながら, 整経台に総糸を輪状に引き渡す)	1.763	1.211
	21	機に総糸を引き渡す(3色の糸を使用する, 2本の糸を片手で持ち, 糸綜統を作りながら, 整経台に総糸を輪状に引き渡す)	2.048	1.010
	22	機に総糸を引き渡す(5色の糸を使用する, 2本の糸を片手で持ち, 糸綜統を作りながら, 整経台に総糸を輪状に引き渡す)	1.872	1.323
製織	23	機に総糸を引き渡す(10色の糸を使用する, 2本の糸を片手で持ち, 糸綜統を作りながら, 整経台に総糸を輪状に引き渡す)	—	—
	24	機に総糸を引き渡す(糸綜統を作りながら, 整経台に緋模様の糸(総糸)を輪状に掛ける)	—	—
	25	総糸が掛けられた総糸保持具を整経台から外して, 機として設置する(ここで, 総糸保持具の交換と, 模様織りに合わせて新たな糸綜統, 伸子を挿入する)	1.289	1.021
	26	布を織る際に総糸が絡まないように総糸をブラシで梳く	1.238	0.588
	27	糸玉の糸を, 杵に螺旋状に巻き取る(緯糸を準備する)	1.068	-0.551
	28	布を織る(総糸, 緯糸を1本ずつ交差させて平織り組織を織る)	2.043	0.958
	29	布を織る(緋模様を織る)	—	—
	30	布を織る(3本の綜統を用いて模様を織り込む)	—	—
	31	布を織る(5本の綜統を用いて模様を織り込む)	—	—
	32	布を織る(3色の緯糸を交換して模様を織り込む)	—	—
	33	布を織る(5色の緯糸を交換して模様を織り込む)	—	—
	34	布を織る(10色の緯糸を交換して模様を織り込む)	—	—
	35	布を織る(総糸を2本, 緯糸を1本ずつ交差させる)	—	—
	36	布を織る(緯糸を2本, 総糸を1本ずつ交差させる)	1.064	1.743
	37	布を織る(2色の緯糸を交互に挿入して模様を織り込む)	—	—
	38	布を織る(総糸を指ですくって地糸とは別の糸で模様を挿入する)	—	—

	39	製作しようとしている衣服の寸法どおりに布を裁断する	1.271	1.139
	40	製作しようとしている衣服の寸法どおりに布を縫合する	1.310	0.446
	41	布を縫合する（並縫い）	1.873	-0.489
	42	布を縫合する（縫い目を>型にする）	2.291	0.073
	43	布を縫合する（縫い目を×型にする）	1.399	0.396
	44	布を縫合する（縫い目をZ型にする）	1.329	0.574
	45	布を縫合する（縫い目を⊗型にする）	1.304	0.963
	46	布を縫合する（縫い目を//型にする）	3.088	-0.104
	47	布を縫合する（折り山と地布部分の縫い目を//型にする）	3.542	-0.262
	48	布にビーズ（数珠玉植物、管状のイネ科植物のこ）を縫い留める	—	—
裁断・縫合・刺繍	49	布に刺繍する（サテンステッチ）	—	—
	50	布に刺繍する（チェーンステッチ）	—	—
	51	布に刺繍する（1）	—	—
	52	布に刺繍する（2）	1.738	1.413
	53	布に刺繍する（3）	—	—
	54	布に刺繍する（4）	1.831	1.032
	55	布に刺繍する（5）	1.365	0.233
	56	布に刺繍する（6）	1.186	1.582
	57	布に刺繍する（7）	1.268	1.626
	58	布に刺繍する（8）	1.742	0.990
	59	布に刺繍する（9）	—	—
	60	布に刺繍する（10）	—	—
	61	布に刺繍する（11）	1.525	1.134
	62	布に刺繍する（12）	1.553	0.915
	63	布に刺繍する（13）	1.827	1.398
	64	布に刺繍する（14）	1.936	1.250
布端糸始末	65	布端を糸で縁取る（ブランケットステッチ）	1.957	0.070
	66	織り糸端に結び留めを作る	2.423	-0.233
	67	織り糸端に結び留めを作る（ひとえ結び）	2.314	-0.481
	68	布の端糸を、10数本を一単位として3等分して交差させる	1.971	-0.869
	69	織り糸端を捻る	2.752	-0.352
	70	捻糸を作る（織り糸端を捻ってから結び留めを作る）	3.183	-0.265
	71	組紐を作る	1.478	0.432
	72	布端に組紐を縫い付ける	0.812	1.317

31, 38) がそれに当たる。ついで、情報量が0ではないが、限りなく小さい技術要素の削除を行う。その結果、(12, 14, 23, 24, 29, 30, 32, 33, 34, 35, 37, 48, 49, 50, 51, 53, 59, 60) の計18項目を削除することにした。現実にはこれらの技術要素は現在では使用しなくなっている要素だった。こうして項目の精選を行った結果48 (72-6-18) の技術要素が因子分析の対象項目となった。かくして、精選した技術要素群に因子分析を施して衣服製作技術体系を貫通する共通的な潜在因子を抽出した。因子分析を施すと、さらにノイズとなるような枝葉末節的な技術要素が見つけれ、これらも削除してゆくこととなる。そこでは、

- ①主要な因子に対して貢献していない項目の排除を行う。ここでは因子負荷量が0.2未満の技術要素
- ②因子負荷量が負となっている項目の削除つまり、共

通因子が測定している因子特性とは逆の方向を測定してしまう技術要素

しかし、ここでは①②に該当するものはなく、最終的に有効な情報を持つと考えられる技術要素は48項目であった。かくして72項目は48の技術要素に精選され、これが次の項目反応理論・解析の対象となった。

(3) 一次元性の確認

このデータ行列（82人の女性×48の技術要素）に対して主因子法による因子分析を施すと、その結果は第1因子の固有値が突出して高い値を示し、第2因子以下の固有値は殆ど無視できるレベルであった。このことから、この第1因子を構成する48項目をもって衣類製作技術の能力つまり「技能」を測定することが出来ると判定した。このデータセットがカヤン族の衣服製作技術の教授・学

習の体系を計量的に検討するための minimum essentials ということである。続いて IRT 解析の段階である。

(4) データの解析結果について

IRT 解析は BILOG-MG3 プログラムによった。推定された 2 つのパラメータの識別力と困難度を表 1 に示す。なおここで、識別力は、それぞれの技術要素がどの程度、対象者の能力の「習得している」「習得していない」を敏感に測ることができるかの指標であることから、この値が低いとテストとしては個人差を識別することが出来にくく、高いと敏感に識別できる、ということであり、識別力が高い（判別力が高い）ということは、それを習得するための特別な手ほどき、トレーニングがなければ習得することが難しいということであり、識別力が低いということはその反対である。

ここで、最も識別力が低いのは項目 1 の「綿花栽培」であった。畑に種を撒き特別な手入れをせずとも時期がくれば収穫する、という技術は比較的易しく、あまり特別な訓練をせずとも習得できるのである。一方、識別力が最も高いのは 47 の「布を縫合する（折り山と地布部分の縫い目を // 型（まつり縫い）にする）」という技術要素である。その値の高さから特別な訓練が必要な技術であって、特に丁寧に教える必要がある技術であると解釈できる。図 4 には推定されたパラメータにより 48 の ICC を同時に表示した。

この図 4 には 48 の技術要素は易しいものから難しいもの、衣服製作技能を敏感に測定できるものからそうでないものが混在していることが一見してわかる。これらの曲線を分類、考察してゆけば、どのような学習順次性が望ましいかを判断する手掛かりとなるのである。そこで 48 項目の ICC を、推定された識別力と困難度の値を用い

てクラスター分析によって分類してみた。必ずしも分類作業をする必要はないが、思考の節約のためにはこうした機械分類を使うことは有効である。この場合、48 の技術要素は 5 つのクラスターに分類された。これらのクラスターを一括して要約すると以下ようになる。簡単のために、これらのクラスターと ICC との関係を示す図を作成してみた。図 5 を見て頂きたい。

図 5 によれば、クラスター 1 は困難度（習得するのは易しく）、識別力は共に低い技術要素である。たとえば、項目 1、2 の「綿花の栽培の技能」はこれに当たる。項目 18、27 といった「糸を巻く技能」もこのクラスターに分類される。

これらの技術は、他の技術要素に比べて比較的易しく、初期の訓練で習得できる技術であることがわかる。ICC はなだらかな S 字カーブが特徴である。

図 5 によれば、クラスター 2 は困難度は中等度だが、識別力は高い技術要素である。これに分類されるのは、布を縫合する技術要素の項目 41、42、46、47、65、織り糸端を始末する技術要素の項目 65、66、67、68、69、70 である。前記の図 6 に比べると、急激な立ち上がりを見せる S 字曲線であり、この場合は落ちこぼれ易く、しかも技術的には比較的易しい。技能水準が平均的な人たちは習得確率は 50% であっても、残りの習得できていない 50% の対象者集団は特訓をしなければまず習得出来なくなるかもしれない、という際立った特徴を持つ技術要素である。比較的易しく見える技術であっても不完全な習得状態が見落とされる危険性を孕んであり、それが起点になって後にそれ以上には上達できにくくなる可能性がある分岐点となるようなデリケートな技術要素である。このような技術の学習では落ちこぼれの学習者が出ないように、指導者が注意して当たる必要がある。

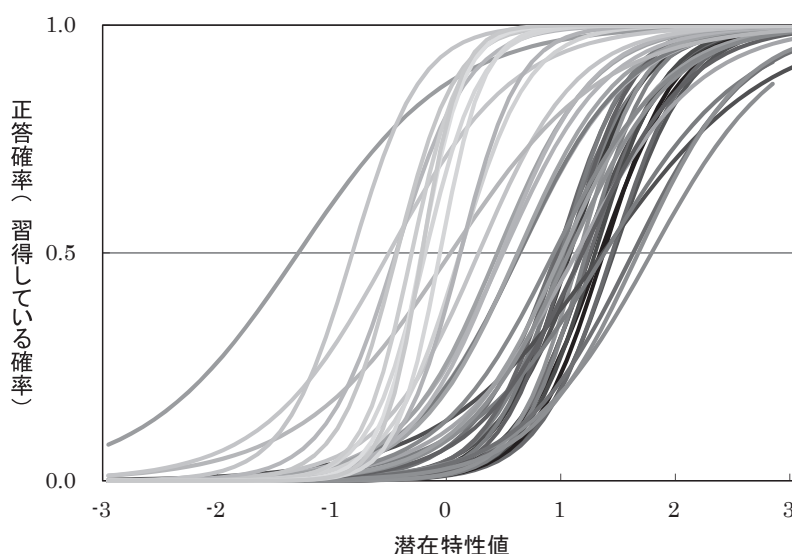


図 4. 推定された 48 項目の項目特性曲線を同時に表示した

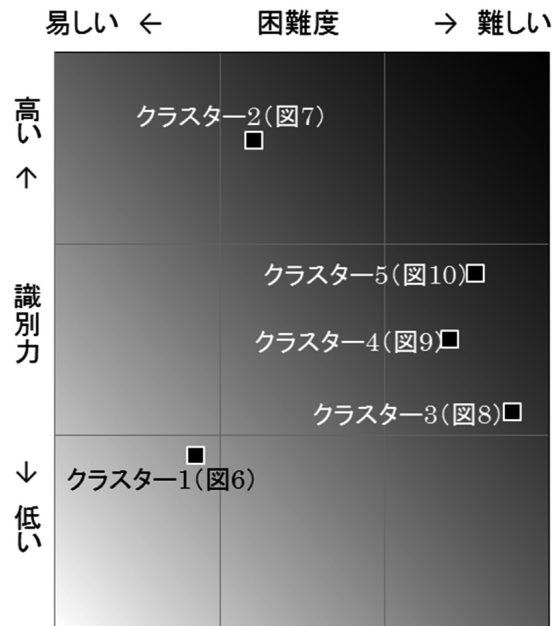


図5. 困難度と識別力による4つのクラスターのクロス集計

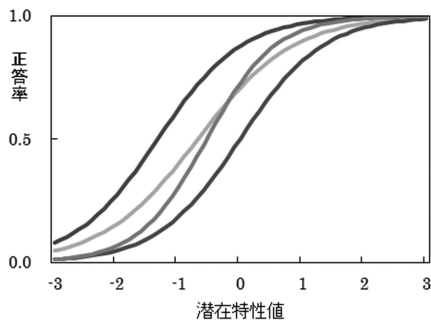


図6. クラスター1

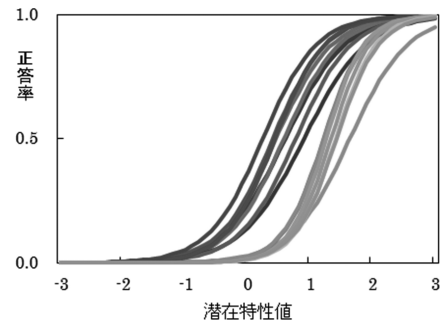


図9. クラスター4

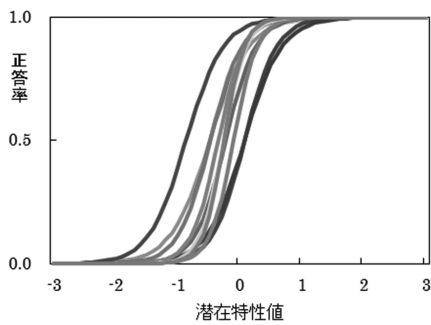


図7. クラスター2

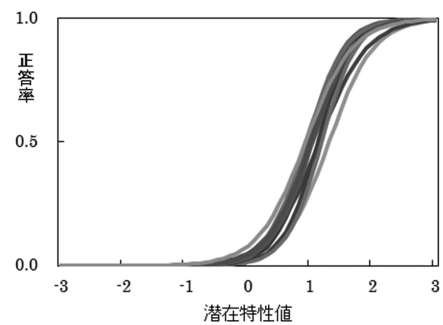


図10. クラスター5

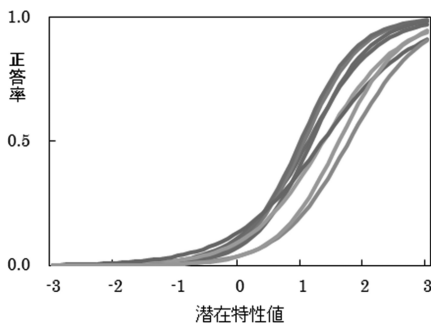


図8. クラスター3

クラスター3は困難度は高いが、識別力は比較的低い技術要素である。このクラスターには項目3, 15, 25, 36, 39, 45, 56, 72が分類される。

クラスター4は困難度は高いが、識別力は中等度の技術要素である。このクラスターに分類される技術要素は4, 5, 6, 7, 20, 22, 26, 40, 43, 44, 52, 55, 57, 63, 64, 71である。

クラスター5は困難度は高く、識別力も比較的高い技術要素である。このクラスターに分類される技術要素は

8, 16, 17, 19, 21, 28, 54, 58, 61, 62であり、カヤン族の衣服製作技術体系の中で最も上位に位置づけることが出来、習得の難しい技術要素が分類される。この技術要素群は上級者のコーチの下に、繰り返して練習し、着実に一つ一つの技術を習得していかなければならないであろう。

以上、簡単に ICC とそのパラメータである困難度と識別力の関係から、技術要素について難しさと落ちこぼれ易さについて解説してきた。こうして難易度を手掛かりに低いものから順に技術要素を配列して行くのだが、ここで大事なことは、表1に示した「技術系統の別に行う」ということである。(この点に関しては解説の範囲が広がるのでここでは上記の内「製糸」に関する技術系統についての事例を紹介しておく。)

事例紹介：技術系統「製糸」技術要素の学習の順序性

図11によれば困難度の低い技術要素から徐々に難易度を上げて困難度の高い技術要素を学習するようにする(矢印の方向)。

項目1と2は習得し易く特別な手ほどきを必要としない技術要素であり、学習者は教授者の示範を見よう見まねで取組み始めることができるであろう。この事例によれば、

1. 綿花の種子をスコップを用いて植える・栽培する・結実した綿を収穫する → 2. 綿の中の種子を綿繰器を用いて取り除く

その次に取り組む課題の順番は、

- 項目4 (綿の繊維を揃えて、心棒を用いて籐を作る(綿棒作り))
- 項目6. 紡ぎ車の紡錘部分に巻かれた綿糸を総揚げ用具を用いて巻き直す(総揚げ)
- 項目5. 紡ぎ車を用いて籐から繊維を引き出して綿糸を紡ぐ

である。これが学習者にとっては無理のない順序である。

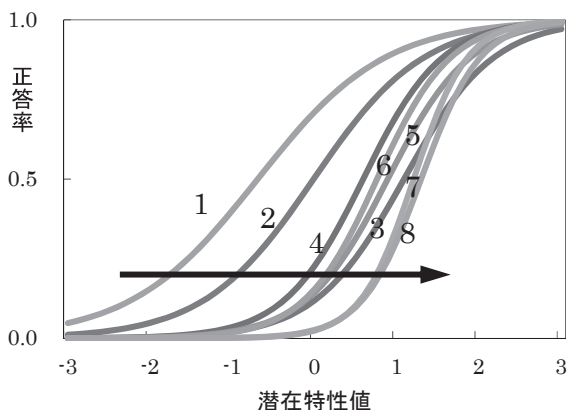


図11. 技術系統「製糸」の技術要素の項目特性曲線を同時に表示

る。ここで注意しなければならないのはこのシーケンスは製作工程の順序とは異なる、ということである。

ICCを観察すると、項目4, 6, 5の曲線は立ち上がり急になっている。じっくりと時間をかけて焦らず、項目4が完全に習得できたら項目6へ、それが完全にできたら次へ…というように進めていく。項目5の次は、

- 項目3. 種子を取り除かれた綿を綿弓を用いて解す(綿打ち)

である。次の項目7と8は困難度に殆ど差がないので同時に行ってもよいであろう。識別力が高い項目である。

- 項目7. 容器に水を入れて火にかけて煮沸したところに総揚げ用具から外した総糸を入れて煮て、乾かす(精練)

- 項目8. 米と水を煮て糊になったところに、精練した総糸をつけて、攪拌棒でかき混ぜながらしばらく煮て、乾かす

以上が技術系統「製糸」についての学習順序性ということである。時に伝統衣服製作技術に関しては、これらのうちで、習得困難な技術要素だけを特に取り出して、それを集中的に習得すればよいのではないかという質問がなされるが、そういうことではなく、身体化した技能として獲得していく(身体技法として習得する)ためには、易しい技術から難しい技術へと順次習得していくという学習のプロセスが必須である。技能の獲得と蓄積には mastery learning としての学習の順次性が不可欠であるということ付記しておきたい。このことは、スポーツであるときに突然素晴らしいパフォーマンスが達成されることはないのと同じである。

脚注

*1 TOEIC が全世界で有効性を認められる所以は受験者数の多さや、どこかの権威者がこれを評価しているからではなく、まずは英語能力がIRTによって測定されているからである。つまり、何処で、いつ、項目の異なるテストで計られていても、500点は普遍的に500点と評価できる絶対性が理論的に保障されるからである。

引用文献

- 1) Pearson, K. The grammar of science (reprinted, originally published in 1892), Dover Publications, 2004, 1-394
- 2) 大澤清二. 行動の計量化. 保健の科学. 1980, 22, 881-884
- 3) 大澤清二, 稲垣敦, 菊田文夫. 生活科学のための多変量解析. 家政教育社, 1992, 1-200
- 4) Spearman, C. "General Intelligence," Objectively Determined and Measured. American Journal of Psychology.

- 1904, 15, 201-293
- 5) Hotelling, H. Analysis of a complex of statistical variables into principal components. *Journal of Educational Psychology*. 1933, 24, 417-441
 - 6) Thurstone, L. L. *Multiple-factor analysis*. University of Chicago Press, 1947, 1-535
 - 7) 下田敦子, 大澤清二. “中国少数民族の履きものから見た文化クラスター.” 多変量解析実例ハンドブック (72編). 柳井晴夫, 他編. 東京. 朝倉書店, 2002, 820-833
 - 8) Cattell, J. M. *Mental tests and measurements*. *Mind*. 1890, 15, 373-380
 - 9) 市村操一. 発達に伴う運動能力構造の変化. 筑波大学教育学博士学位論文, 1980, 1-341
 - 10) 市村操一. 青年期における運動能力の因子構造の発達的变化. 筑波大学体育科学系紀要. 1982, 5, 19-23
 - 11) Larson, L. A.; Yom, R. D., *Measurement and Evolution in Physical, Health, and Recreation Education*. The C. V. Moby Company, 1951, 206-208
 - 12) Fleishman, E. A.; Hempel, W. E. Jr. A factor analysis of dexterity tests, person. *Psychology*. 1954, 7, 14-32
 - 13) Nicks, D. C.; Fleishman, E. A. What do physical fitness tests measure?—A review of factor analytic studies. *Educational and Psychological Measurement*. 1962, 77-94
 - 14) 松浦義行. 運動能力の因子構造. 不昧堂, 1968, 1-358
 - 15) 松浦義行. 数理体力学. 朝倉書店, 1993, 1-201
 - 16) Cureton, T. K. *Physical fitness appraisal and guidance*. The C. V. Moby Company, 1947, 1-566
 - 17) 森和夫. 生産技能の習熟過程—技能習熟にともなう能力構造の変化 (指導科報告シリーズ 〈no. 4〉). 職業訓練大学校, 1985, 1-195
 - 18) 森和夫, 梅本清. 第2の技術移転の時代に向けて—指導技術養成システムとマニュアルの開発. 海外職業訓練. 1991, 22, 1-11
 - 19) 森和夫. PROTと人作り. 財団法人海外職業訓練協会, 2002, 1-217
 - 20) 下田敦子, 大澤清二. 無文字社会 (Sgaw Karen Community) における発達課題としての製織身体技術の伝承—年齢階梯別身体技術習得率の検討—. 発育発達研究. 2006, 30, 1-6
 - 21) 下田敦子, 大澤清二, 大久保智哉. 無文字社会 (Sgaw Karen Community) における衣服製作身体技術習得プロセスの探索—項目反応理論 (2母数モデル) による推定. 発育発達研究. 2008, 37, 1-8
 - 22) 大久保智哉, 下田敦子. 項目反応理論による発育・発達データの分析. 子どもと発育発達 [特集 発育・発達データを解析する最新の手法]. 2009, 7, 15-20
 - 23) Shimoda, A.; Ohsawa, S.; Okubo, T. Optimization problems for body technique instruction age from analysis of average age of skill acquisition using discrimination and difficulty parameters. *Japan Journal Human Growth Development Research*. 2011, 53, 12-22
 - 24) Rasch, G. Probabilistic models for some intelligence and attainment tests, Danish Institute for Educational Research (originally published in 1960). Expanded edition. Chicago. University of Chicago Press, 1980
 - 25) 大友賢二. 項目応答理論入門. 大修館書店, 1996, 1-313
 - 26) 豊田秀樹. 項目反応理論入門編. 朝倉書店, 2002, 1-177
 - 27) 豊田秀樹. 項目反応理論事例編. 朝倉書店, 2002, 1-192
 - 28) Du Toit, M., Ed. *IRT from SSI*. Scientific Software International, 2003, 1-906
 - 29) Takane, Y.; de Leeuw, J. On the relationship between item response theory and factor analysis of discretized variables. *Psychometrika*. 1987, 52, 393-408