短距離走の動作に関する経験的知識の研究

稲垣 敦¹⁾ 松浦 義行¹⁾

Study of experiential knowledge regarding movement of sprint running

Atsushi Inagaki¹ and Yoshiyuki Matsuura¹

Abstract

The purposes of this study were to examine the sex differences in structure of experiential knowledge regarding movement of sprint running, to estimate degree of subjective importance of the knowledge, and to clarify the relationship between both.

Thirteen hundred and six college athletes participated in this study. The first questionnaire was designed to determine the key items to investigate the structure of experiential knowledge regarding movement of sprint running and 224 items were chosen. The degree of importance of each item was assessed on 7-point rating scale. MDSCAL and COSCAL were applied to a dissimilarity matrix in terms of each part of the body (i.e., head, arms, torso and legs), the extracted dimensions were rotated orthogonally based upon Normal Varimax criterion. Additionally, SMACOF, KARASCAL, IMDSCAL and ICOSCAL were applied to the data in terms of each part of the body so as to examine suitability of Weighted Euclidean Distance Model (WEM) and Simple Euclidean distance Model for each group (SEM) as representing the sex difference of structure. Furthermore, Schönemann's general Procrustes rotation was applied to ensure an appropriate comparison. similarity of the dimensions of male and female were evaluated by coefficient of congruence. Next, the degree of importance of each item was estimated and sex differences were evaluated. Lastly, the relationship between the degree of subjective importance and the dimension was evaluated with multiple regression analysis.

Analysis of data indicated that three-dimensional spaces for head and torso, and four for arms and legs were good enough to explain the structure of experiential knowledge in each group. Thus the number of attributes systematizing knowledge are equal in both groups. Obvious differences were recognized in goodness of fit between SEM and WEM, so that sex differences in structure were assumed to be qualitative. It could be inferred that the degree of importance of each item estimated in this study reflects specific knowledge regarding movement of sprint running because of high similarity between the results and general opinion of specialists in this field. High multiple correlations were obtained with regression analysis in all parts of the body, so that the degree of subjective importance was assumed to be determined with linear function of the dimensions obtained in this study.

Key words: sprint running, experiential knowledge, MDS

(Japan J. Phys. Educ., 36: 105—126, September, 1991.)

キーワード：短距離走，経験的知識，MDS

I. 緒 言

近年，専門家の経験的知識が重要視されてい

る領域において，その経験的知識を抽出して有効に利用しようとする研究が進められ，既に実用化の段階に入っている (Duda et al.⁸⁾, Feigenbaum⁹⁾, Lindsay et al.^{2,9)},

1) 筑波大学体育科学系

〒305 茨城県つくば市天王台 1-1-1

1. Institute of Health and Sport Sciences, University of Tsukuba, Tennodai, Tsukuba-city, Ibaraki (305)

McDermott³¹⁾, Pople et al.³³⁾). 運動やスポーツに関しても、動作、戦術、トレーニング、コンディショニング、選手の選抜、選手の将来性の予測などに関する専門家の経験的知識は有効に利用されていないばかりか、それを蓄積して体系的に整理し、評価・精選しようとする試みもほとんどないのが現状である。

さて、運動技能学習においては、特に動作に関する運動感覚的情報やそれに基づく経験的知識が重要となる。すなわち、Neisser³²⁾の知覚循環理論、Schmidt^{35,36)}のシマ理論、Adams^{1,2)}の閉回路理論においても位置づけられるように、動作の修正プロセスにおいては、このレベルの情報により「目標としている動作」を設定し、「現状の動作」を把握し、両者の「差異」を検出して「動作の修正方向」を決定している。また、専門家の経時的知識は力学的研究を適用すべき有意義な点を示唆できる可能性も含んでいる。さらに、実際の指導においても、教示やメンタルプラクティスにおける想起内容を提供できると考えられる。また、好ましい教示を精選することは、指導経験の少ない指導者の指導の質を高める上で貢献するであろう。したがって、動作に関する経験的知識を専門家から抽出して利用することは、指導法の発展と運動技能学習の効率化を促進すると考えられる。

しかし、専門家の経験的知識は各個人の限られた運動経験に依存している部分が多く、また、認知・思考というような主観的要素や体格・体力などの個人の特性の影響を受けていると考えられる。したがって、ある特定の専門家の経験的知識のみを重視するのではなく、多くの専門家の経験的知識から一般的な知識を抽出する必要がある。このような点から、稲垣ほか¹¹⁻²³⁾は、知識を「動作」に関する知識に限定し、具体的な運動として身体をすばやく移動させるという点で多くのスポーツの基礎であり、また、スキルがclosed (Poulton³⁴⁾)であることから、動作に関する感覚的情報が相対的に重要であるものの一つとして「短距離走」を採り上げて研究を進めてきた。

稲垣ほか¹⁸⁻²²⁾は経験的知識を整理するために、専門家が経験的知識を意識的に、あるいは無意識的に体制化するために用いている観点を明らかにすることを試みた。このため、知識を陸上競技選手から抽出し、短距離走選手の重要度評価の情報を利用して距離モデルの下で情報を集約し、知識を体制化している特性を抽出した。さらに、この知識構造の被験者に関する一般性を検討するため、被験者の特性として「運動経験」と「短距離走能力」を採り上げた。そして、この特性を端的に反映していると考えられる標識として「専門種目」と「100 m 走タイム」を採用し、この標識によって分類された集団間の知識構造の等質性を検討した。その結果、知識構造が質的に異なっていたことから知識構造の被験者に関する一般性の仮説は棄却され、被験者の運動経験や短距離走能力が知識構造、あるいは知識の構造化に関与していることが明らかにされた。

しかし、高い運動パフォーマンスは個人の体格・体力条件（特性）下における最適な動作系列によって達成されることが考えられる。したがって、動作と相互作用を持つと考えられる動作に関する知識は、体格・体力に関連する性の要因とも関連性があると考えられる。そこで、本研究では知識構造の性差を検討することを第1の目的とした。具体的には、①知識構造に性差があるか、②性差があるとすれば量的差異か（知識を体制化する特性を重視する程度の差異）、それとも質的差異か（知識を体制化する特性自体の差異）、③具体的にどのように異なっているか、という3点を検討した。

また、経験的知識を精選するためには、専門家の各知識（具体的には、項目）自体の重要度に関する情報を抽出することが直接的であり、かつ実用的であろう。なぜなら、これらの動作に関する経験的知識を有効に利用しようとする場合、フィジカルプラクティスにせよ、メンタルプラクティスにせよ、学習者に与えて学習者がこの内容を意識上の目標として利用する形式を採る可能性が高いと考えられるからである。

そこで、専門家による各知識の重要度評価から各知識の主観的重要度を推定することを、第2の目的とした。

さらに、膨大な量の経験的知識の情報を集約するためには、各知識（項目）自体の重要度ではなく、専門家が各項目の重要度を評価する際に、知識に含まれている「特性」のうちどの「特性」を重視しているかという点を明らかにすることが重要であろう。また、その「特性」のどちらの方向（に対応する内容）を肯定的に評価しているかという情報も重要であろう。そこで、上記の主観的重要度が知識に含まれているどのような「特性」に基づいて決定されているかを明確化することを、第3の目的とした。なお、この場合の「特性」は上述した体制化の特性に相当する。なぜなら、上記の一連の研究においては、専門家が短距離走パフォーマンスに対する知識の重要度の評価に利用していない特性（つまり、専門家が短距離走パフォーマンスと関係がないと考えている特性）を抽出することが有効ではないことから、この種の特性を無視し、重要度評価のデータから知識構造を推定するという手続きを採っているからである。したがって、ここで抽出される体制化の特性は重要度評価に関与する特性に限定され、直接的には「重要度評価に利用された特性」を示すものだからである。そこで、主観的重要度が各体制化の特性の線形関数により決定されるという構造を仮定し、この仮説の妥当性を検討した。そして、この仮説の妥当性が保証された後に、推定された線形関数のパラメータから主観的重要度に対する各体制化の特性の関連の程度と関連の方向性を推定した。

稲垣ほか²³⁾は、既に加速疾走局面の動作に関する経験的知識においてこれらの点を検討した。そこで、本研究では、中間疾走局面に関して同様な検討を加えるとともに、加速疾走局面と中間疾走局面の比較から疾走局面に関する一般性を検討することも目的とした。

以上のように、本研究は、

① 経験的知識を体制化している特性の抽出

② 各知識の主観的重要度の推定

③ 主観的重要度を決定する上での特性の重要度の推定

④ ①—③の性差の検討

⑤ ①—③の疾走局面間差の検討
の5つを目的とする。

II. 方 法

まず、短距離走の中間疾走局面の動作に関する経験的知識を自然言語（日本語）の形式で抽出するため、それらの知識を身体部位別（頭部、上肢部、体幹部、下肢部）に箇条書きで応答する自由記述法による第一次質問紙を作成し、大学の陸上競技選手 1,306 名に郵送で実施した結果、回収率は 33.5%（438 件）であった。このようにして収集された知識については、内容の不明瞭なものや同じものは削除し、一項目の中に評価の対象となる特性が複数とならないように項目化した結果、頭部 34、上肢部 67、体幹部 34、下肢部 89 の計 224 項目に整理された。この際、2つ以上の身体部位の動作の関係を強調している項目についてはそのままにし、特に強調していると考えられる方の部位に含めた。

次にこのようにして得られた各項目の重要度を7段階評定法により評価する第二次質問紙を作成し、第一次質問紙とほぼ等しい標本1,278名に同一の方法で実施した結果、回収率は42.5%（543 件）であった。このうち本研究では、短距離走動作の経験が豊富であり、かつ、高い短距離パフォーマンスを有しているという点で、短距離走動作の専門家であると考えられる短距離走選手、男子 84 名、女子 99 名を分析の対象とした。

まず、性別に身体部位ごとの項目間相関行列を算出し、下に示したように定義した項目間の非類似性を要素とする非類似性行列を算出した。

$$o_{ijk} = 1.0 - r_{ijk}$$

但し、 o_{ijk} と r_{ijk} は、 i 群（ $i=1 \sim N$ ； N は群数でこの場合2となる）における項目 j と k の非類似性と Pearson の積率相関係数をそれぞれ

示す ($j, k=1\sim n$; n は項目数)。

知識構造の性差の検討では、

- ① 性差がない
- ② 量的差異がある
- ③ 質的差異がある

という性差に関する3つのモデルを仮定した。ここで、①は知識を体制化している特性が共通で、各特性を重視する程度も等しい、②は知識を体制化している特性が共通だが、各特性を重視する程度が異なっている、③は知識を体制化している特性自体が異なっていることをそれぞれ示している。そして、それぞれの場合に相当するモデルを適合し、その適合度から性差がどのモデルにおける差異かを推測するという手続きを採った。具体的には、因子モデルよりも距離モデルの方が妥当であるという知見(稲垣²¹⁾)から、本研究でもユークリッド距離モデル(高根⁴¹⁾)の仮定の下で仮説の検討するので、①は男女に単純ユークリッド距離モデル(Simple Euclidean Distance Model; 以下、「SEM」と略す)、②は男女に重み付きユークリッド距離モデル(Weighted Euclidean Distance Model; 以下、「WEM」と略す)、③は性別にSEMを適合することに相当する。なお、前処理により構成された表面尺度としての非類似性は原型尺度としての項目間距離と比例関係を有していると仮定することは非現実的であり、また、測定誤差や標本誤差も含まれている。したがって、本研究では非類似性を間隔尺度と順序尺度を仮定した場合(実際には、「順序情報のみを利用した場合」と記すべきであろう)の両方においてモデルの妥当性を検討した。また、客観的に適合度を比較するためには、共通した目的関数を用いるMDS(Multidimensional Scaling)の適用によって得られた目的関数の値をもって評価することが要求される。そこで、全て距離において目的関数を定義する手法を採用した。

まず、制約条件の緩い順にモデルを適合させるため、男女別にSEMを適合させる(③に相当する)。この場合のモデルは、

$$g(o_{ijk}) = f(d_{ijk}) + e_{ijk}$$

であり、これを最小二乗基準の下で適合させる。但し、 d_{ijk} , e_{ijk} は*i*群における項目*j*と*k*の単純ユークリッド距離とその誤差であり、 g と f はそれぞれ o と d の最適変換(関数)を示す。非類似性に間隔尺度を仮定した場合には、 g は類似変換(similar transformation)で、 f はアフィン変換(affine transformation)である。また、順序尺度を仮定した場合には、 g は単調変換(monotonic transformation)であり、 f は類似変換となる。実際のモデルの適合には、前者ではCOSCAL(Cooper⁶⁾)、後者ではMDSCAL(Kruskal^{26,27)})を用いた。

次に、男女にWEMを適合させる(②に相当する)。この場合のモデルは、

$$g(o_{ijk}) = f(d_{ijk}) + e_{ijk}$$

であり、これを最小二乗基準の下で適合させる。但し、この場合は d_{ijk} が重み付きユークリッド距離であるという点で上と異なっている。実験のモデルの適合には、間隔尺度を仮定した場合には、Krane²⁵⁾による手法(以下、「KRASCAL」と略す)、順序尺度を仮定した場合にはSMACOF(Scaling by MAXimizing a CONVex Function; de Leeuw and Heiser⁷⁾)を用いた。

最後に、SEMを男女に適合する(①に相当する)。この場合のモデルは、

$$g(o_{ijk}) = f(d_{jk}) + e_{ijk}$$

であり、これを最小二乗基準の下で適合させる。但し、この場合は d_{jk} 単純ユークリッド距離で、 $d_{jk} = d_{ijk}$ ($i=1\sim N$)であるという点で上と異なっている。実際のモデルの適合には、間隔尺度を仮定する場合には上記のCOSCALを個人差モデルに拡張した手法(以下、「ICOSCAL」と略す)、順序尺度を仮定した場合には、IMDS-CAL(Kruskal^{26,27)})を用いた。

なお、初期配置は局所最小や退化した解に陥る確率が少なく、かつ、少ない反復回数で収束するという点で優れており(Arabie³⁾, Clark⁵⁾, Lingoes and Roskam³⁰⁾, Spence^{38,39)}, Spence and Young⁴⁰⁾), rational strating configurationと呼ばれていることから、全ての解析でTogerson⁴²⁾の計量的MDSによる同次元数

の布置を用いた。また、間隔尺度を仮定した場合の関数 f と順序尺度を仮定した場合の関数 g には群間差を許容した。つまり、単調関数と加算定数には群間差を許容したことになる。各モデルの適合度の比較には Stress1 の形式を用いた。但し、間隔尺度を仮定した場合にはその仮定上、非類似性の平方和で基準化したものを用いた。つまり、

$$\begin{aligned} \text{no fit} &= [\sum \{g(o) - f(d)\}^2 / \sum \{g(o)\}^2]^{1/2} \dots\dots\dots \text{間隔尺度の場合} \\ \text{no fit} &= [\sum \{g(o) - f(d)\}^2 / \sum \{f(d)\}^2]^{1/2} \dots\dots\dots \text{順序尺度の場合} \end{aligned}$$

さて、測定誤差や標本差による布置の変動に基づく次元の変動を考慮して次元を比較するためには、Schönemann and Carroll³⁵⁾ の general Procrustes rotation を適用した。この変換は、

$$\psi = \text{tr} [(X_t - \alpha X_r T - 1_n c')' (X_t - \alpha X_r T - 1_n c')]$$

を最小化する α (布置拡大の比率を示すスカラー)、 T (直交回転行列)、 c (原点移動ベクトル) を求めようとする手法である (但し、 X_t はターゲット行列、 X_r は被変換行列、 1_n は 1 を要素とする n 次元ベクトルを示す)。なお、次元の類似性は、coefficient of congruence (Burt⁴⁾, Tucker⁴³⁾, Wringley and Newhaus⁴⁴⁾ を用いた (Inagaki and Matsuura¹⁶⁾, 稲垣・松浦¹⁸⁾)。さらに、空間における有意な次元を同定するためには、因子分析で多用されている Normal Varimax 基準 (Kaiser²⁴⁾) による回転を布置のセントロイドを中心として適用した。

さて、次に、各項目の主観的重要度を推定するわけであるが、本研究では、高い短距離走能力を有し、かつ、その運動経験が豊富であるという点で短距離走の「動作」の専門家であると考えられる短距離走選手の平均的評価という意味で、短距離走選手の母集団の平均値として主観的重要度を定義した。したがって、正規性の仮定の下で、不偏性、有効性、一致性、十分性、最尤性という特性を満たすという点から、標本平均により推定した。

最後に、この主観的重要度が体制化の特性の

線形関数によって決定されているという仮説を検討する。これは、幾何学的には主観的重要度の方向を示すベクトルを知識空間に位置づけることに相当する。したがって、各体制化の特性 (次元) を独立変数とし、主観的重要度を従属変数とした線形重回帰分析を適用した。なぜなら、本研究では、求めるベクトルへの各項目の射影と主観的重要度間に設定された最小二乗基準の下でベクトルを設定しようとするからである。したがって、各体制化の特性の専門家が肯定的である方向は、重回帰分析の結果得られた回帰係数の符号により判断し、また、関与の程度は標準偏回帰係数、貢献度、知識空間へ射影した主観的重要度ベクトルとの角度などから評価すれば良い。

III. 結果と考察

1. 知識構造の検討

まず、最も制約条件の緩い SEM を男女別に適合するために MDSCAL を性別に適用した結果、Kruskal and Wish²⁸⁾ による基準から、男女とも共通に頭部と体幹部では 3 次元解、上肢部と下肢部では 4 次元解が採用された。このことは、直接的には短距離走動作の専門家であると考えられる短距離走選手の男女いずれもが動作に関する経験的知識から抽出した情報の重要度を 3 つ、あるいは 4 つの観点から評価していることを示唆している。これらの情報の重要度評価はその情報に関連する知識をもとにおこなわれているので、各部位の動作に関する知識が少なくともこれら 3 つ (4 つ) の特性から体制化されていると推測される。さらに、知識の「重要度」という特性が短距離走能力を高めることを目指している者にとって最も重要な特性であることを考慮すれば、上記の特性が経験的知識を体制化する上で特に重要な特性であると考えられる。このように、各知識の相互関連性を距離空間で表現するために等しい次元数が必要であるという点から、経験的知識の情報集約の程度には大きな性差はないと言えよう。また、稲垣ほか²³⁾ による加速疾走局面の解析でも同様な

表 1. MDSCAL の適用によって男女別に SEM を適合して得られた解における Stress1, 非類似性と距離の相関係数, 説明率

部位(次元数) 群\指標	頭部(3次元)			上肢(4次元)		
	Stress1	r	r ² ×100	Stress1	r	r ² ×100
男 子	.139	.813	66.1	.132	.804	64.6
女 子	.164	.772	59.6	.132	.795	63.2

部位(次元数) 群\指標	体幹(3次元)			下肢(4次元)		
	Stress1	r	r ² ×100	Stress1	r	r ² ×100
男 子	.128	.841	70.7	.140	.837	70.1
女 子	.121	.850	72.3	.140	.779	60.7

基準で次元数を決定しているが、全ての部位で 3 次元解が採用されている。このことは、中間疾走局面における動作が加速疾走局面よりも主観的に多くの観点から捉えられていることを示している。この差異は、第一次調査で収集し、編集された項目数にも表れている。すなわち、対象とした標本が全く同じであるにもかかわらず、加速疾走局面では 147 項目 (22, 48, 33, 44) で中間疾走局面では 224 項目 (34, 67, 34, 89) である (カッコ内は項目数の内訳で、頭部, 上肢部, 体幹部, 下肢部の順)。

表 1 は、男・女で採用された解における Stress1, 非類似性と距離との相関係数, 説明率を示している。Kruskal の基準を採用したことから Stress1 は、いずれの身体部位においても 0.2 未満である。また、非類似性と採用された空間における距離との相関係数は 0.772—0.850 であり、説明率も 59.6 %—72.3 % と高い値を示している。これは、稲垣ほか²³⁾による加速疾走局面の解析において得られた結果と同程度である。このように高い精度でデータを説明できるという点から、短距離走の中間疾走局面の動作に関する経験的知識間の関連性の変動の主要な部分が反映されていると言えよう。また、少ない次元でこれが達成されており、経験的知識の表現モデルとしての距離モデルの妥当性も暗示している。

そこで、この男女における知識構造をより包括的なモデルで説明 (表現) できる可能性を検

討するため、前述の各モデルを適合した。表 2 は、次元数を上述した数に固定して各 MDS 手法を適用して得られた解における非適合度を示したものである。この表では、同一尺度水準を仮定したモデル群内では上方ほど制約条件が厳しく、下方ほど制約条件が緩いモデルとなっているので、当然のことながら下方ほど値が低いことが認められる。そこで、制約条件を緩くすることによる非適合度の低下を比較してみる。まず、間隔尺度を仮定した場合において、次元に性差を許容しないモデル (第 1 行目) から次元に対するウェイトのみに性差を許容するモデル (第 2 行目) への低下と、次元に対するウェイトのみに性差を許容するモデル (第 2 行目) から次元に性差を認めるモデル (第 3 行目) への低下を比較すると、頭部と体幹部では前者の方が著しく大きい。反対に上肢部と下肢部では同程度かあるいは後者の方が大きいことが認められる。また、順序尺度と仮定した場合には、男子の下肢部を除いて前者の方が著しく大きいことが認められる。この結果は、単純に見れば WEM、すなわち男女における次元の特性が全て等しく、各次元を重視する程度に差異があるモデルを仮定することが適切であることを示唆するものである。しかし、非適合度の低下は制約条件の緩和の程度も考慮して評価すべきであろう。そして、これは表現するために必要とするパラメータ数、つまり推定されるパラメータ数の増加で評価することが考えられる。すると、

表 2. 各モデルを適合した場合の Stressl¹⁾

尺度 水準	部位性 手法 (モデル)	頭 部				上 肢 部			
		男 子		女 子		男 子		女 子	
		St ¹⁾	imp ²⁾	St ¹⁾	imp ²⁾	St ¹⁾	imp ²⁾	St ¹⁾	imp ²⁾
間隔 尺度	ICOSCAL ³⁾	.232		.207		.182		.171	
	KRASCAL ⁴⁾	.151	.082	.140	.067	.153	.029	.151	.020
	COSCAL ⁵⁾	.131	.020	.113	.027	.127	.026	.119	.032
順序 尺度	IMDSCAL ³⁾	.289		.296		.260		.258	
	SMACOF ⁴⁾	.181	.107	.198	.098	.173	.087	.174	.082
	MDSCAL ⁵⁾	.139	.042	.164	.034	.132	.041	.132	.042

尺度 水準	部位性 手法 (モデル)	体 幹 部				下 肢 部			
		男 子		女 子		男 子		女 子	
		St ¹⁾	imp ²⁾	St ¹⁾	imp ²⁾	St ¹⁾	imp ²⁾	St ¹⁾	imp ²⁾
間隔 尺度	ICOSCAL ³⁾	.250		.216		.211		.172	
	KRASCAL ⁴⁾	.156	.094	.130	.086	.187	.024	.163	.009
	COSCAL ⁵⁾	.118	.038	.100	.030	.129	.058	.122	.041
順序 尺度	IMDSCAL ³⁾	.286		.278		.270		.268	
	SMACOF ⁴⁾	.176	.110	.166	.112	.203	.067	.171	.097
	MDSCAL ⁵⁾	.128	.048	.121	.045	.140	.063	.140	.031

1) 厳密には Stressl とは異なる (本文参照)

2) モデルの制約条件を緩和することによる Stressl の改善量

3) 男女に SEM を適合 (男女に同一次元を仮定するモデル)

4) 男女に WEM を適合 (男女同一次元で、次元に対するウェイトの差異のみを許容するモデル)

5) 男女別に SEM を適合 (男女に異なった次元を許容するモデル)

パラメータ数は、次元に性差を許容しないモデル (第 1 行目) では $n \times m$ 、次元に対するウェイトのみに性差を許容するモデル (第 2 行目) では $m(n+N)$ 、次元に性差を認めるモデル (第 3 行目) では $n \times m \times N$ である。但し、 n , m , N はそれぞれ項目数 ($=34, 67, 34$ or 89)、次元数 ($=3$ or 4)、群数 ($=2$) である。したがって、パラメータ数の増加は、 $m \times N$ と $m(n \times N - n - N)$ 、つまり $2m$ と $m(n-2)$ となり ($N=2$)、 $n=4$ ならばパラメータの増加数が等しくなるが、 $n \geq 34$ と大きいことからいずれの部位においても後者のパラメータ数の増加の方が著しく大きい。にもかかわらず、前者の非適合度の低下が大きい傾向があるという結果は、

WEM の妥当性を支持するものである。

しかし、WEM の適合においては SEM と同一次元数を用いていることに注意すべきである。これは、男女の「全ての次元」の特性は等しい (但し、ウェイトは異なるが) という条件を課していることになる。しかしながら、いくつかの次元が男女共通であるという場合も考えられ、このような場合でも上記のような結果が得られる可能性が高い。特に、固有次元が共通次元より相対的に少なければ、上記のように後者の非適合度の低下は少ないはずである。この点を検討するためには、さらに次元数を多くした WEM を適合することが考えられる。つまり、ある次元は男女とも高いウェイトを有し (共

表3. 男女別に SEM(MDSCAL)を適合して得られた次元の回転後の coefficient of congruence

部位\回転法		Varimax				Procrustes			
群	次元	男 子				女 子			
		1	2	3		1	2	3	
頭部	1	067	-325	464		447	-095	365	
	2	400	060	540		-075	485	-205	
	3	-351	412	-382		283	-202	665	
体幹	1	-724	178	369		723	-111	-320	
	2	093	-581	-282		-093	555	218	
	3	040	156	-071		-320	261	333	

部位\回転法		Varimax				Procrustes			
群	次元	男 子				女 子			
		1	2	3	4	1	2	3	4
上肢	1	-279	-450	142	-248	804	043	-037	139
	2	-447	-167	-040	-225	043	480	-049	229
	3	061	051	285	030	-039	-052	323	-010
	4	-740	153	055	-007	145	237	-010	225
下肢	1	-546	200	-284	-222	503	-147	238	188
	2	079	-079	202	109	-181	437	-086	035
	3	125	-400	062	-079	278	-082	328	177
	4	279	055	266	177	239	036	193	200

注) 値は1,000倍してある

通次元), 他の次元では男女いずれかが高いウェイトを有するが他方はウェイトがほとんどゼロに近い(固有次元)というように表現可能であるからである。しかし, 男女の固有次元が互いに独立に近くなれば, このような結果は得られない。そこで, 男女別に SEM を適合して得られた次元の比較を試みた。表3の左の例は, MDSCALによって得られた次元に Normal Varimax 回転を適用して得られた次元間の coefficient of congruence を示している(座標の原点をセントロイドに設定してあるので Pearson の積率相関係数と等しい)。表に示されているように, いずれの部位でも1つあるいは2つの類似した次元の組合せが認められるが, その類似度はあまり高くなく, また, 複数の次元と中程度の類似性を示している次元も認められる。しかし, 解析に用いられたデータには, 標本誤差や測定誤差などの偶然誤差が含まれて

いると考えられ, これが次元の位置(設定)に影響していると考えられる。そこで, この点を考慮し, 男子の次元をターゲットとして女子の次元に general Procrustes 回転を実施した結果, 得られた女子の次元と男子の次元間の coefficient of congruence を示したのが, 表3の右の列である。しかし, 上で既に認められた弱い次元間の対応関係が若干明確になった程度であり, 新たな対応関係はほとんど認められない。また, 非常に高い類似度を示した次元の組合せも少ない。このような結果は, 女子の次元をターゲットとした場合でも得られた。上記の比較は各次元間の関連性を固定して行われているが, この条件を除いた場合に相互に非常に類似した次元が認められる可能性も否定できない。そこで, 男女の各次元を異性の空間に最小二乗の意味で最も類似した位置に設定することを試みた。表4は, 男女の各次元を示すベクト

表4. 重回帰分析の結果

部位	群次元	男 子			女 子		
		1	2	3	1	2	3
頭部		.508	.512	.740	.541	.631	.592
体幹部		.728	.588	.430	.800	.620	.186

部位	群次元	男 子				女 子			
		1	2	3	4	1	2	3	4
上肢部		.805	.530	.325	.325	.589	.515	.299	.764
下肢部		.583	.457	.411	.300	.638	.241	.438	.400

ルを異性の次元が張る空間に射影したベクトルと元のベクトル間の方向余弦を示している。これは（重）相関係数に相当するので、表3と比較することが可能である。表を見ると、各次元とも表3における最も類似している次元との coefficient of congruence よりも若干高くなっている程度である。また、たとえば女子の頭部の第3次元のように、このような緩い条件の下においても非常に低い値を示す次元が認められる。これらの次元は異性の空間において類似した方向性がないことを示しており、明らかに固有の次元であると言えよう。以上の結果は、男女が全く同じ特性の次元を有しているのではないことを示しているばかりでなく、共通であると考えられる次元が少なく、男女固有の次元も互いに独立であるとは言いがたいことも示唆している。したがって、WEM と男女別に SEM を適合した場合の非適合度の差異を無視すべきではなく、後者のモデルが適切であると判断した。したがって、男女における次元数は類似しているが質的に異なっている次元が多く、知識の構造の性に関する一般性の仮説は棄却された。そして、このことは、直接的には男女が全く同じ特性から重要度を評価しているのではなく、少なくともいくつかの異なった特性を用いて評価していることを示唆している。したがって、知識の体制化の特性は異なっていると推測される。

次に、非類似性の尺度水準をデータ説明の精度から検討するため、間隔・順序尺度のそれぞ

れを仮定し、男女別に SEM を適合した際の距離（モデル）による非類似性（データ）の説明率とその相関係数を表5に示した。身体部位や性によって差異はあるが順序尺度を仮定した場合の方が説明率で約2—11%とわずかに高い値を示している。しかし、順序尺度を仮定した場合にはディスパリティ（disparity, 高根⁴¹⁾）が潜在的な心的プロセスを反映した計量的データと考えることができるので、距離によるディスパリティの説明率と比較すると約16—30%の差異が認められる。そこで、本研究ではこの説明率の差異を重視し、以下、順序尺度の仮定の下で解析を進めることにする。

以上の知見から、性別に MDSCAL を適用し、知識を構造化している有意な特性を見つけるために得られた空間に Normal Varimax 基準による回転をした次元の解釈を示したのが表6である。

各身体部位別に得られた次元の特性を見てみると、まず、頭部に関する次元は、男子では「顔・首の緊張度（顔・首の緊張とリラックスを両極とする次元であり、以下、（顔・首の緊張—リラックス）のように記す）」、「顎の状態（顎を出す—引く）」、「首の運動（首の固定—張る）」、女子では「顎の状態（顎を引く—口を開く）」、「首の緊張度」、「視線（視線の固定—動かす）」に関する特性であると解釈され、解釈の上では第2次元に差異が認められ（カッコ内は、各次元の両極に対応する内容を示している）。

上肢部に関する次元は、男子では「腕振りの

表5. 男女別に SEM を適合した場合の適合度 (相関係数, 説明率)

尺度水準(手法)		間隔尺度(COSCAL)		順序尺度(MDSCAL)			
対象測度 部位 性\指標		非類似性一距離		非類似性一距離		ディスパリティー距離	
		$r^{1)}$	$r^2 \times 100^{2)}$	$r^{1)}$	$r^2 \times 100^{2)}$	$r^{1)}$	$r^2 \times 100^{2)}$
頭部	男子	.740	54.7	.800	64.0	.922	85.0
	女子	.735	54.0	.749	56.1	.890	79.2
上肢部	男子	.728	53.0	.800	64.0	.894	79.9
	女子	.749	56.1	.784	61.5	.896	80.3
体幹部	男子	.838	70.2	.860	74.0	.935	87.4
	女子	.836	69.9	.845	71.4	.932	86.9
下肢部	男子	.796	63.4	.831	69.1	.910	82.8
	女子	.714	51.0	.774	59.9	.879	77.3

1) Pearson の積率相関係数

2) 説明率 (%)

表6. 男・女において得られた次元の解釈

身体部位	次元	男	子	女	子
頭部	1	顔・首の緊張度		顎の状態	
	2	顎の状態		首の緊張度	
	3	首の運動		視線	
上肢部	1	腕振りの大きさ		腕の緊張度	
	2	腕振りの機能		肘角の変化	
	3	腕振りの力強さ		腕振りの積極性	
	4	注意する部位		腕振りの大きさ	
体幹部	1	姿勢		姿勢	
	2	腰の動作		腰の動作	
	3	腰入れ		体幹の緊張度	
下肢部	1	脚の回転の方向性		脚の回転の方向性	
	2	脚動作の強調点(1)		脚動作の強調点(4)	
	3	脚動作の強調点(2)		脚動作の強調点(5)	
	4	脚動作の強調点(3)		強調する部位	

大きさ(大きいー小さい)」、「腕振りの機能(リズムをとるだけー体を押さえる)」、「腕振りの力強さ(リラックスした軽い振りー力強い振り)」、「注意する部位(肩ー手)」, 女子では「腕の緊張度」、「肘角の変化(固定ー変化)」、「腕振りの積極性(積極的ー消極的)」、「腕振りの大きさ(大きいー小さい)」と解釈され、「腕振りの大きさ」に関する次元以外は解釈上異なっていた。

体幹部に関する次元は, 男子では「姿勢(前傾ー後傾)」、「腰の動作(腰の回転ー固定)」、「腰

入れ(腰を入れるー腰を引く)」, 女子では「姿勢(前傾する・腰を入れるー後傾する・腰を引く)」、「腰の動作(腰の固定ー回転)」、「体幹の緊張度(緊張ーリラックス)」と解釈され, 2つの次元は類似していた。

下肢部に関する次元は, 男子では「脚の回転の方向性(まっすぐー歪む)」、「脚動作の強調点(1)(キック強調ー大腿の引出し強調)」、「脚動作の強調点(2)(キック強調ー脚の回転強調)」、「脚動作の強調点(3)(キック強調ー足の振り下ろし強調)」, 女子では「脚の回転の方向性(まっすぐー歪む)」、「脚動作の強調点(4)(キック強調ー大腿・膝の引き上げ強調)」、「脚動作の強調点(5)(大腿・膝の引出し強調ー足の引き付け強調)」、「強調する部位(大腿ー足)」と解釈され、「脚の回転の方向性」に関する次元以外は解釈上異なっていた。これらの特性は, 短距離走動作の専門家であると考えられる短距離走選手が, 短距離走の中間疾走局面の動作に関する知識から抽出した情報の重要度を評価するために用いている観点であるという点で重要である。

以上のように, 短距離走の動作に関する知識の構造は性によって異なっており, 知識を構造化している特性自体が異なっていること(質的差異)が認められた。また, 身体部位別に見た場合, 体幹部では次元の特性の性差が小さく,

表7. 加速疾走局面において男・女で得られた次元の解釈¹⁾

身体部位	次元	男 子	女 子
頭部	1	顔の向き 呼吸の有無	顔と首の緊張度 顔の上げ方
	2	顔と視線の上げ方	視線の位置
	3	顔面と首の緊張の程度	顎の引き方
上肢部	1	他の部位との関連性の有無	手の緊張の程度 腕振りの大きさ
	2	他の部位との関連の方向性 上肢の緊張の程度	他の部位との関連の有無 上肢の緊張の程度
	3	肩の緊張度	他の部位との関連の方向性
体幹部	1	腰の高さ 腰いれの程度 背の伸展	腹筋の緊張の程度 腰の高さ
	2	前傾の程度 腰の回転の有無	上体の前傾の程度 背の伸展 脚動作との関連の方向性
	3	腹出しの有無	前への突っ込みの程度
下肢部	1	脚の回転の方向性 キック強調の程度	強調点(1)
	2	下腿の振り出しの程度 キックアップの大きさ 地面の捉え方	下腿の振り出しの程度
	3	大腿の出し方 下腿の動かし方	強調点(2)

1) 稲垣ほか²³⁾より引用

頭部、上肢部、下肢部では性差が大きいことが認められたが、特に、頭部において差異が大きいという結果は、これまでに報告した専門種目差 (Inagaki and Matsuura¹⁶⁾、稲垣・松浦¹⁸⁾、稲垣ほか²⁰⁾ や短距離走能力差 (稲垣・松浦¹⁹⁾、稲垣ほか²²⁾) において認められた傾向とは異なっていた。

次に、構造の疾走局面に関する知識構造の一般性を検討するため、上記の次元を加速疾走局面における次元 (稲垣ほか²³⁾) と比較した。表7は、加速疾走局面における次元の解釈であり、表8は両局面において共通な項目を用いて算出した両局面の次元間の coefficient of congruence である。表8に示されているように、男女の上肢部を除いて中程度以上の値を示している次元が1組ずつ認められる。しかし、解釈上類似しているにもかかわらず値が低い次元の組合

せや反対に解釈上異なっているにもかかわらず高い値を示している次元の組合せも認められる。これは一つには coefficient of congruence の算出において両局面で共通した項目のみを用いるので、次元の特性を解釈するために重要な項目が除かれて計算されていることによると考えられる。もう一つは、次元の解釈と次元間の類似性を評価する観点が若干異なることによると考えられる。つまり、次元の解釈は主として座標の絶対値が大きい項目を対象として行われるが、coefficient of congruence は全ての項目を対象とするからである。したがって、解釈上の内容から比較することも、coefficient of congruence で比較することも若干の問題が残るが、いずれの場合においても質的に異なっている次元が多いことが認められることから、疾走局面に関する知識の構造の一般性の仮説は棄却

表 8. 中間疾走局面と加速疾走局面に関する次元間の coefficient of congruence

疾走局面	中間疾走	性次元	加速疾走 ¹⁾					
			男 子			女 子		
			1	2	1	1	2	1
頭部	1	1	-.089	-.020	.752	-.219	-.153	.379
	2	2	.015	.441	.229	.385	-.771	-.091
	3	3	-.369	-.383	.388	-.063	.303	.108
上肢部	1	1	.068	-.377	.310	-.116	.343	-.398
	2	2	.230	-.101	.062	.377	.421	.121
	3	3	.138	.158	.149	-.284	.148	-.018
	4	4	.297	.036	.270	.276	.154	.164
体幹部	1	1	.496	.172	.089	.596	-.175	-.016
	2	2	.048	.083	.228	-.146	.347	.065
	3	3	-.410	-.157	.106	-.068	.164	-.223
下肢部	1	1	-.646	.166	-.006	.637	-.360	-.344
	2	2	.450	.030	.336	.149	.205	-.236
	3	3	-.465	.117	-.056	-.112	.061	-.072
	4	4	-.358	.120	.061	-.514	.130	.355

1) 稲垣はか²³⁾で報告された次元 (表 7 に対応)

すべきであろう。この結果は、直接的には短距離走選手が加速疾走局面と中間疾走局面の動作の重要度を異なった観点から評価していることを示唆している。そして、この観点の差異は多くの専門家が長年の短距離走トレーニングの経験を通して蓄積し、評価し、取捨選択した後の差異なので、有意味な情報が含まれている。

以上の結果は、短距離走動作に関する意識を変容させることによって短距離走能力の向上を目指す教示やメンタルプラクティスにおいて、対象者の「性」や「疾走局面」を考慮する必要性を暗示するものであろう。

2. 主観的重要度の検討

表 9 は、少なくとも男・女いずれかにおいて、主観的重要度が 5.0 以上であった項目を示したものである。各項目の重要度評価に用いた 7 段階評定尺度の各カテゴリーに対応する重要度の程度表現が、「全く重要でない」(1), 「重要でない」(2), 「余り重要でない」(3), 「どちらとも言えない」(4), 「やや重要である」(5), 「重要である」(6), 「非常に重要である」(7) であり、標準偏差が 1.0 前後であったことを考慮する

と、これらの項目は、重要度評価尺度の連続性と分布の正規性の仮定の下で、標本となった専門家の 80% 前後が肯定的に捉えている内容である。したがって、これらの項目は高い短距離走能力と豊富な短距離走の経験を有する短距離走選手に高い確率で支持されているという点から、経験的に重要である内容であると言えよう。さらに、表 9 の各項目を見ると、それぞれの内容が陸上競技の指導者が著した指導者において肯定的に述べられている内容や、多くの指導者が指導場面で選手に与える教示と類似している内容が多いことがわかる。たとえば、「頬が揺れるぐらいリラックスする」(H 2), 「顎を引く」(H 7), 「手は軽く握る」(A 3), 「手は軽く握る」(A 3), 「腕を前後に大きく振る」(A 22), 「腋を締めて振る」(A 33), 「力強く腕を振る」(A 44), 「肩をリラックスさせる」(A 47), 「上体を前傾させる」(T 1), 「腹を締める」(T 12), 「腰の位置を高く保つ」(T 17), 「腰を後ろに残さず乗せていく」(T 25), 「一直線上を走る」(L 1), 「まっすぐキックする」(L 37), 「膝を高く上げる」(L 55), 「膝を前に引き出す」(L 57), 「膝をまっ

表 9. 短距離走選手群における情報の主観的重要度

部位	項目番号	内 容	男 子		女 子	
			Mean ¹⁾	S.D.	Mean ¹⁾	S.D.
頭部	H2	頬が揺れるぐらいリラックスする	5.49	1.45	4.15	1.52
	H17	顎を引く	5.58	1.16	5.45	0.99
	H20	首をリラックスさせる	5.20	1.58	4.28	1.48
上肢部	A3	手は軽く握る	5.19	1.54	5.31	1.22
	A22	腕を前後に大きく振る	5.24	1.35	5.07	1.43
	A33	腋を締めて振る	4.78	1.49	5.27	1.18
	A44	力強く腕を振る	4.50	1.39	5.01	1.17
	A45	できるだけ速く腕を振る	4.96	1.46	5.35	1.27
	A46	腕をリラックスさせる	6.30	1.06	5.57	1.34
	A47	肩をリラックスさせる	6.24	1.10	5.86	1.13
体幹部	T1	上体を前傾させる	5.24	1.34	5.23	1.10
	T12	腹を締める	4.28	1.49	5.51	1.22
	T17	腰の位置を高く保つ	6.27	1.11	6.17	1.01
	T24	腰を入れる	5.23	1.58	5.27	1.47
	T25	腰を後ろに残さず乗せていく	5.39	1.58	6.10	1.07
	T28	腰を脚とともに引き出す	4.69	1.47	5.34	1.24
下肢部	L1	一直線上を走る	5.22	1.57	5.12	1.42
	L15	地面を足の裏でつかむ	4.59	1.54	5.24	1.41
	L16	着地時間を短くする	5.04	1.65	5.27	1.31
	L24	地面に押す様にキックする	4.96	1.42	5.16	1.21
	L37	まっすぐキックする	5.25	1.26	5.22	1.19
	L41	足を大腿に引き込むつもりで引きつける	4.74	1.51	5.19	1.24
	L46	足は尻の外側に引き付ける	5.59	1.13	3.13	1.05
	L47	足は尻にまっすぐ引き付ける	4.84	1.38	5.04	1.26
	L55	膝を高く上げる	5.34	1.33	5.30	1.26
	L57	膝を前に引き出す	5.11	1.44	5.42	1.04
	L60	膝をまっすぐ引き出す	4.99	1.35	5.00	1.14
	L65	腰の動きが脚を引き出す	4.81	1.38	5.07	1.30
	L71	膝を柔らかく使う	5.62	1.44	5.54	1.09
	L84	股を大きく開く	5.10	1.37	4.54	1.51
	L85	ストライドを広くして走る	5.41	1.27	5.23	1.42
	L86	ピッチの速さを強調する	5.36	1.35	5.77	1.12
	L88	脚の回転を強調する	4.82	1.50	5.22	1.25

1) 主観的重要度

すぐ引き出す」(L 60),「股を大きく開く」(L 84)などである。このように、本研究で設定された主観的重要度は、専門家としてコーチの経験的知識も十分に反映していると考えられることから、「経験的重要度」と一般化することが可能であろう。

次に、主観的重要度の性に関する一般性を検討するため、ここで得られた主観的重要度にお

ける性差の有無をt検定により検討した。表 10と表 11 は、それぞれ男子、および女子における主観的重要度が他方より有意に高いことが認められ項目を示している。表に示されているように、いずれの身体部位においても有意な性差が認められた項目が多いことから、主観的重要度の被検者の性に関する一般性の仮説は棄却すべきであろう。

表10. 男子における主観的重要度が女子より有意に高い項目 ($p<0.05$)

部位	項目番号	内 容	男 子		女 子	
			Mean ¹⁾	S.D.	Mean ¹⁾	S.D.
頭部	H2	頬が揺れるぐらいリラックスする	5.49	1.45	4.15	1.52
	H3	笑い顔で走る	3.34	1.66	1.93	1.10
	H20	首をリラックスさせる	5.20	1.58	4.28	1.48
	H32	シューシュー等と言いながら走る	2.87	1.43	2.42	1.40
	H33	口の中で歌を歌いながら走る	2.33	1.20	1.94	1.14
上肢部	A4	手は開く	4.21	1.34	3.53	1.41
	A9	腕を後ろに振った時に手を後方に反らせる	3.32	1.14	2.82	1.31
	A14	腕が体側を通る時に肘を伸ばす	3.17	1.49	2.49	1.25
	A15	肘の角度を前で小さくする	4.00	1.40	3.45	1.28
	A16	肘の角度を後ろで大きくする	4.04	1.45	3.35	1.32
	A34	腕は前で内側に入る	4.04	1.39	3.61	1.42
	A36	腕は後ろで内側にはいる	2.89	1.32	2.46	1.07
	A39	腕は下の方で振る	4.03	1.67	3.52	1.32
	A46	腕をリラックスさせる	6.30	1.06	5.57	1.34
	A47	肩をリラックスさせる	6.24	1.10	5.86	1.13
	A52	肩を上下動させる	2.64	1.20	2.23	1.12
	A58	腕振りで体が浮かない様に押さえる	4.22	1.20	3.83	1.28
	A60	腕振りで腰を回転させる	4.92	1.52	4.26	1.52
体幹部	T14	腹をリラックスさせる	4.05	1.40	2.82	1.35
	T16	背中をリラックスさせる	4.50	1.33	3.60	1.16
	T22	尻を後ろに出す	2.72	1.24	2.30	1.11
下肢部	L10	足の裏の外側で地面を捉える	4.18	1.34	3.72	1.29
	L19	膝を伸ばして着地する	4.25	1.46	3.43	1.41
	L31	足の裏の外側に重心がかかる	3.99	1.40	3.53	1.21
	L46	足は尻の外側に引き付ける	5.59	1.13	3.13	1.05
	L58	膝を内側に引き出す	3.95	1.26	3.31	1.07
	L75	足は内側に振り下ろす	3.47	0.96	2.94	1.21
	L77	足は外側に振り下ろす	3.23	1.01	2.85	1.19
	L79	かかとを振り下ろす	3.99	1.35	3.39	1.35
	L80	足首で地面をひっかく	4.41	1.36	3.90	1.37
	L82	足を地面にたたきつける	4.10	1.45	3.50	1.54
	L83	着地する時に足首の力を抜く	4.10	1.43	3.63	1.47
	L84	股を大きく開く	5.10	1.37	4.54	1.51

1) 主観的重要度

このように性差が認められたことから、実用化のためにより詳細な性差に関する情報を提供するために、各身体部位ごとに性差を検討することにする。

まず、頭部で有意差が認められたのが、H 14を除いて「顔面と頸部の緊張度」に関する項目であることがわかる。そして、男女とも顔面と頸部のリラックスに対して肯定的であるが、男

子の方が相対的によりリラックスすることを肯定していることが認められる。

上肢部に関しては、主として「上肢の緊張度」と「肘角の変化」に関する内容で差異があることがわかる。上肢の緊張度に関しては、男女ともリラックスさせることに対して肯定的であるが、男子の方がより肯定的であることが認められる(A 2, A 4, A 5, A 9, A 46, A 47)。肘角

表11. 女子における主観的重要度が男子より有意に高い項目 ($p < 0.05$)

部位	項目番号	内 容	男 子		女 子	
			Mean ¹⁾	S.D.	Mean ¹⁾	S.D.
頭部	H4	歯をくいしばる	2.45	1.43	2.94	1.37
	H14	決勝テープを見る	3.75	1.56	4.21	1.35
	H19	首に力を入れる	2.00	0.99	2.55	1.38
上肢部	A2	手はぎゅっと握りしめる	2.00	1.08	2.67	1.36
	A5	手首を固定する	3.15	1.28	3.57	1.39
	A10	肘の角度を固定する	3.83	1.41	4.65	1.14
	A12	肘の角度を90度にする	3.95	1.28	4.41	1.32
	A33	腋を締めて振る	4.78	1.49	5.27	1.18
	A44	力強く腕を振る	4.50	1.39	5.01	1.17
体幹部	T12	腹を締める	4.28	1.49	5.51	1.22
	T15	背筋に力を入れる	3.43	1.16	3.87	1.30
	T25	腰を後ろに残さず乗せていく	5.39	1.58	6.10	1.07
	T26	腰を伸ばしながらキックする	4.22	1.25	4.65	1.43
	T28	腰を脚とともに引き出す	4.69	1.47	5.34	1.24
下肢部	L4	かかとを着かない様に走る	3.62	1.60	4.12	1.54
	L6	重心の前方で地面を捉える	3.82	1.52	4.58	1.46
	L15	地面を足の裏でつかむ	4.59	1.54	5.24	1.41
	L18	膝を緩めて着地する	3.47	1.44	4.10	1.50
	L20	膝を曲げてためてからキックする	3.80	1.34	4.83	1.28
	L41	足を大腿に引き込むつもりで引き付ける	4.74	1.51	5.19	1.24
	L86	ピッチの速さを強調する	5.36	1.35	5.77	1.12

1) 主観的重要度

の変化に関しては、男子は中性的な評価であるが、女子は固定することに対して肯定的である (A 10, A 12, A 14, A 15, A 16)。その他、男子が「腕振りで腰を回転させること」(A 60)を、女子が「腋を締めること」(A 33)と「力強く腕を振ること」(A 44)をより肯定的に捉えていることなどが認められる。

体幹部に関しては、「体幹部の緊張度」と「腰の前後方向における動作」に関する内容で差異があることがわかる。体幹の緊張度に対しては、男子は中性的な評価であるのに対し、女子では背筋に関しては不明確であるが(T 15)、腹筋の緊張に対しては肯定的であることが認められる (T 12)。腰の前後方向における動作に関しては、男女とも腰を前に出すことに対して肯定的であるが、女子の方がより肯定的であることがわかる (T 22, T 25, T 26, T 28)。

下肢部に関しては、主として「脚動作の方向

性」と「着地の仕方」に関する内容で差異が認められる。「脚動作の方向性」に関しては、男子が足を尻の外側に引き付けることに肯定的であるのに対し、女子は否定的である (L 46)。また、脚を内・外方向に引き出したり振り下ろしたりすることに関しては男女とも否定的であるが、女子の方がより否定的である (L 58, L 75, L 77)。「着地の仕方」に関しては、男子は膝を伸ばして着地することに肯定的であるが、女子は膝を緩めて着地することに対して肯定的であることがわかる (L 18, L 19)。また、足を振り戻すような積極的な着地に対しては、男子が中性的評価であるのに対し、女子は否定的である (L 6, L 79, L 80, L 82)。その他、男子は股を大きく開くことに対してより肯定的であり (L 84)、女子はピッチの速さを強調することに対してより肯定的であることが認められる (L 86)。

表12. 中間疾走局面における主観的重要度が加速疾走局面より有意に高い項目 ($p < 0.05$)

項目番号 ¹⁾	内 容	中間 ²⁾	加速 ³⁾
H13	隣の選手を見る	2.74	1.90
H17	顎を引く	5.51	4.74
A16	肘の角度を後ろで大きくする	3.65	2.51
A23	コンパクトに腕を振る	4.17	2.74
A46	腕をリラックスさせる	5.87	5.42
A60	腕振りで腰を回転させる	4.55	3.97
T17	腰の位置を高く保つ	6.19	5.64
T18	腰を固定する	4.29	3.67
T19	腰を左右に振る	3.28	2.65
L1	一直線上を走る	5.20	4.44
L43	かかとが尻にかすめる様に脚を引き付ける	4.64	3.78
L55	膝を高く上げる	5.29	4.87
L84	股を大きく開く	4.78	4.07
L85	ストライドを広くして走る	5.35	4.65

1) 中間疾走局面における項目番号

2) 中間疾走局面における主観的重要度

3) 加速疾走局面における主観的重要度

このように身体部位別の比較をして特徴的なのは、下肢部を除いて男子の方が一貫してリラックスすることをより肯定的に評価していることである。この傾向は、短距離走が瞬発的な能力を必要とする運動であることを考えると、女子自身が相対的に瞬発力が不足していることを自覚しており、より力強い走りを指向していることを反映した結果ではないかと推測される。

次に、各項目の主観的重要度の疾走局面間の差異を検討するため、稲垣ほか²³⁾において得られた加速疾走局面に関する主観的重要度と比較した。但し、中間疾走局面と加速疾走局面において得られた項目が異なっていることから、二局面で共通な 101 項目を用いた。

まず、各局面における主観的重要度間の相関係数を算出した結果、0.877 とかなり高い値であったことから、両局面で共通した項目の主観的重要度は全体的には類似している傾向があると言えよう。そこで、次に、二局面における差異をより具体的に検討するため、個々の項目の

主観的重要度の差異を検討した。

表 12 は、t 検定の結果、中間疾走局面における主観的重要度が加速疾走局面においてより有意に高いことが認められた項目を示している。この中で、「コンパクトに腕を振る」、「腕振りで腰を回転させる」、「腰を固定する」、「かかとが尻にかすめるように脚を引き付ける」は中間疾走局面では値が 4.0 以上であり、加速疾走局面では 4.0 未満である。本研究で用いられた 7 段階評定尺度では中性的カテゴリーが 4.0 に対応することを考慮すると、これらの項目は、両局面でその重要度が大きく異なる項目であると言える。この結果は、スタートから加速疾走局面においては中間疾走局面よりも脚の動作が往復運動に近く、低い位置を足が通通すること (L 43) や、より強い腕振りによる反作用を用いて強いキックをし、また、ピッチを高める必要がある (A 23, A 60) という実際の動作から理解できよう。また、他の項目においても、たとえば、加速疾走局面で顎を引く (H 13) ことは上体を浮かせてしまうことから好ましくなく、肘を後ろで伸ばす (A 16) こと、股を大きく開くこと (L 84)、ストライドを広くして走ること (L 85) は、加速疾走局面で重要なピッチを低下させるため好ましくないと考えられる。また、腰の位置を高くすること (T 17) は、体が浮いてキックを十分にできなくなり、膝を高く上げること (L 55) は、下方向へのキックが中間疾走局面で相対的に大きく、加速疾走局面では後方へのキックが大きくなるという動作を反映していると考えられる。

表 13 は、反対に t 検定の結果、加速疾走局面における主観的重要度が中間疾走局面においてより有意に高いことが認められた項目を示している。この中で、「口を開く」、「肩を下に引っ張って下げる」、「腰を前に突き出す」、「足を地面に突き出す」の項目は加速疾走局面では値が 4.0 以上であり、中間疾走局面では 4.0 未満である。これらの項目は、両局面でその重要度が大きく異なる項目であると言える。この結果は、加速疾走局面では、キックに腕振りの反作用を用い

表13. 加速疾走局面における主観的重要度が中間疾走局面より有意に高い項目 ($p < 0.05$)

項目番号 ¹⁾	内 容	中間 ²⁾	加速 ³⁾
H5	口を開く	3.55	4.19
H19	首に力を入れる	2.28	3.01
A41	腕は後ろの方で振る	3.54	4.01
A48	肩を下に引っ張って下げる	3.32	4.30
A49	肩を固定して振らない	3.40	4.00
A61	腕振りて体を引っ張る	4.45	4.86
A62	腕振りて脚を引っ張る	4.79	5.35
T5	背中を丸める	2.59	2.95
T12	腹を締める	4.97	5.32
T13	腹を出す	2.32	2.69
T23	腰を前に突き出す	3.67	4.25
L16	着地時間を短かくする	5.15	5.81
L48	下腿はキック後、高く蹴り上げる	3.56	3.94
L80	足首で地面をひっかく	4.13	5.04
L82	足を地面にたたきつける	3.72	4.23

1) 中間疾走局面における項目番号

2) 中間疾走局面における主観的重要度

3) 加速疾走局面における主観的重要度

るため、また、体を浮かさないためにも肩を下げること (A 48) は好ましく、後方にキックするためにも腰を前に出すこと (T 23) は好ましいと考えられる。また、地面に足をたたきつけること (L 82) は、ピッチを高め、着地時の地面の反作用を用いるためにも好ましいと考えられる。また、他の項目でも、加速疾走局面では大きな力がかかることから身体は緊張気味になり (H 19)、腕振りの反動を用いる (A 61, A 62) 必要があると考えられる。また、ピッチを速くするため、肩は振らず (A 49)、着地時間は短くする (L 16) 必要があるからと考えられる。

以上に示したように、主観的重要度は加速疾走局面と中間疾走局面では、全体的に大きな量的差異はないと言えよう。しかし、個々の項目を見ると大きく異なっている項目も認められた。さらに、この結果が両局面において共通して得られた 101 項目において認められた結果であるということに注意すべきである。すなわち、抽出された項目が大きく異なっていることは、抽出されなかった局面ではその項目が重要でな

いと考えられていることを暗示している。したがって、動作に関する主観的重要度の各項目の重要度は厳密な意味で疾走局面に関して一般的であるとは言えなからう。

以上のように、主観的重要度の「性」や「疾走局面」に関する一般性は棄却された。このことは、短距離走選手が性によって、あるいは疾走局面によって異なった「動作に関する意識」をもっていることを暗示している。そして、この差異が多くの専門家が長年の短距離走トレーニングの経験を通して蓄積し、評価し、取捨選択した後の知識において生じた差異なので、その意味するものは大きい。したがって、この差異は男子と女子、加速疾走局面と中間疾走局面で異なった「動作に関する意識」(意識上の目標) をもつべきであることを暗示するものであろう。

3. 主観的重要度と体制化の特性との関連性の検討

1. と 2. で示したように、知識構造と主観的重要度の両方で性を認められたことから、両者の関連性についての検討も男女別に行われた。

表 14 は、性、身体部位別に得られた座標行列に、主観的重要度を従属変数、各体制化の特性を独立変数とした重回帰分析を適用した結果を示したものである。これらの表に示されているように、重相関係数は 0.847—0.958 と非常に高く、本研究で得られた体制化の特性によって主観的重要度の分散の 71.7—91.7 % を説明できることを示している。このように線形関数という極めて条件の厳しいモデルに対して高い適合度を示したことから、各項目の主観的重要度がこれらの体制化の特性の線形関数によって決定されるという構造を持つという仮説は妥当であると考えられる。そして、このことは、同時に得られた体制化の特性が主観的重要度を決定する特性(要素)、すなわち下位尺度であることを示している。

そこで、次に、各身体部位ごとに主観的重要度に対する体制化の特性の関連の程度と肯定的に捉えられている方向性(内容)を検討するこ

表14. 重回帰分析の結果

部位	性	次元	次元の解釈	b 係数	β 係数	$r^{(1)}$	貢献度 ²⁾	角度 ³⁾	
頭部	男子	1	顔・首の緊張度	-1.012	-.645	-.749	48.3	143.2	
		2	顎の状態	.454	.230	.329	7.6	73.4	
		3	首の運動	-.790	-.424	-.581	24.6	121.8	
		重相関係数/説明率				.879	80.5		
	女子	1	顎の状態	-.854	-.515	-.602	31.0	48.6	
		2	首の緊張度	-.699	-.414	-.501	20.7	122.1	
		3	視線	.709	.412	.513	21.1	58.1	
		重相関係数/説明率				.854	73.0		
	上肢部	男子	1	腕振りの大きさ	-1.292	-.841	-.851	71.6	169.5
			2	腕振りの機能	-.216	-.121	-.130	1.5	98.1
3			腕振りの力強さ	-.060	-.033	-.041	.1	92.2	
4			注意する部位	-.170	-.092	-.158	1.5	96.2	
重相関係数/説明率				.864	74.9				
女子		1	腕の緊張度	.505	.289	.426	12.3	67.6	
		2	肘角の変化	.786	.434	.604	26.2	55.1	
		3	腕振りの積極性	-.626	-.031	-.053	.2	92.3	
		4	腕振りの大きさ	.974	.549	.695	38.2	43.6	
重相関係数/説明率				.877	76.9				
体幹部	男子	1	姿勢	1.166	.847	.859	72.8	15.8	
		2	腰の動作	.157	.094	.037	.3	83.9	
		3	腰入れ	-.350	-.220	-.265	5.8	104.5	
		重相関係数/説明率				.888	78.9		
	女子	1	姿勢	-1.487	-.925	-.950	87.9	172.1	
		2	腰の動作	.123	.069	.253	1.7	85.8	
		3	体幹の緊張度	.231	.109	.186	2.0	83.3	
		重相関係数/説明率				.958	91.7		
	下肢部	男子	1	回転の方向性	-.774	-.631	-.705	44.5	144.1
			2	強調点(1)	.299	.232	.270	6.3	72.7
3			強調点(2)	-.367	-.281	-.327	9.2	111.1	
4			強調点(3)	-.345	-.275	-.429	11.8	110.7	
重相関係数/説明率				.847	71.7				
女子		1	回転の方向性	.944	.788	.846	66.7	16.9	
		2	強調点(4)	-.005	-.003	-.029	.0	90.2	
		3	強調点(5)	-.099	-.065	-.130	.8	94.5	
		4	強調する部位	-.338	-.230	-.415	9.5	106.2	
重相関係数/説明率				.877	77.0				

1) 主観的重要度と各次元の相関係数

2) 単位：%

3) 主観的重要度ベクトルの情報空間への射影と各次元のなす角度（単位：deg.）

とにする。

まず、頭部に関しては、男子では第1次元

（「顔・首の緊張度」）が著しく高い貢献度を有し

ている。女子では第1次元（「顎の状態」）が高

い貢献度を示しているが、他の次元との差異は男子において認められるほど大きくはない。したがって、男子では「顔・首の緊張度」、女子では「顎の状態」の特性が主観的重要度を評価するに当たって最も高いウエイトを与えられていることを示しており、明確な性差があると言える。各次元の主観的に重要な方向を見ると、男子において主観的に重要な方向は「顔・首のリラックス」(第1次元)、「顎を引く」(第2次元)、「首の固定」(第3次元)である。また、女子では「顎を引く」(第1次元)、「首のリラックス」(第2次元)、「視線の固定」(第3次元)である。このように、両性において「首のリラックス」、「顎を引く」という方向が主観的に重要な方向であることが共通に認められた。

上肢部に関しては、男子では第1次元(「腕振りの大きさ」)が著しく高い貢献度を有しており、他の特性は全く関与していないと言ってもよからう。しかし、女子では第4次元(「腕振りの大きさ」)と第2次元(「肘角の変化」)の2つの特性が高い貢献度を示しており、他の次元との差異は男子において認められるほど大きくはない。したがって、男子においては「腕振りの大きさ」の特性、女子では「腕振りの大きさ」、「肘角の変化」の特性が主観的重要度を評価する上で最も高いウエイトをもっていることを示しており、「腕振りの大きさ」の特性が重視されている点は共通していると言える。各次元の主観的に重要な方向を見ると、男子において主観的に重要な方向は「前後に大きな腕振り」(第1次元)、「腕振りで体を押える」(第2次元)、「力強い腕振り」(第3次元)、「肩の動きに注意する」(第4次元)であるが、上述したように第2、3、4次元の方向性は不明確である。女子では「腕のリラックス」(第1次元)、「肘角の固定」(第2次元)、「積極的な腕振り」(第3次元)、「小さな腕振り」(第4次元)であるが、第3次元はほとんど関与していない。このように、特に男子は大きな腕振りを重視し、女子は小さな腕振りを重視するというように、著しい性差が認められた。

体幹部に関しては、男女とも第1次元(「姿勢」)が著しく高い貢献度を示している。このことは、いずれも「姿勢」の特性が主観的重要度をほとんど決定することを示している。各次元の主観的に重要な方向を見ると、まず、男子において主観的に重要な方向は、「前傾」(第1次元)、「腰の固定」(第2次元)、「腰を入れる」(第3次元)であるが、上記のように第1次元以外の方向性は不明確である。また、女子では「前傾」(第1次元)、「腰の回転」(第2次元)、「体幹の緊張」(第3次元)であるが、男子と同様に第1次元以外は不明確である。このように、男女ともに「前傾」という1つの特性を極端に重視していることが認められた。しかし、男子は「腰の固定」を、女子は「腰の回転」を重視しているという点で反対であるが、関与の程度が極端に小さいので特に強調すべき差異ではないと考えられる。

最後に、下肢部に関しては、男女とも第1次元(「脚の回転の方向性」)が著しく高い貢献度を示している。したがって、下肢に関しては男女とも「脚の回転の方向性」の特性が主観的重要度をほとんど決定すると言ってもよく、性差は認められなかった。各次元の主観的に重要な方向を見ると、まず男子では、「まっすぐな脚の回転」(第1次元)、「大腿の引出しを強調」(第2次元)、「脚の回転を強調」(第3次元)、「脚の振り下ろしの強調」(第4次元)であるが、上述したように第1次元以外は方向性が不明確である。また、女子では「まっすぐな脚の回転」(第1次元)、「大腿・膝の引き上げ強調」(第2次元)、「大腿・膝の引出し強調」(第3次元)、「足の動きを注意」(第4次元)であるが、第1次元以外は方向性が不明確である。このように、男女とも「まっすぐな脚の回転」という方向が好ましいことが共通に認められた。なお、表15に各次元の主観的に重要な方向をまとめた。

このように、各特性が各項目の主観的重要度の決定に関与している程度は、身体部位によっては性差が認められたが、その関与の方向性には上肢部を除いて大きな差異は認められなかつ

表15. 体制化の特性の主観的に重要な方向性

部位	次元	男 子	女 子
頭部	1	顔・首のリラックス	顎を引く
	2	顎を引く	首のリラックス
	3	首の固定	視線の固定
上肢部	1	前後に大きな腕振り	腕のリラックス
	2	腕振りで体を押さえる	肘角の固定
	3	力強い腕振り	積極的な腕振り
	4	肩の動きに注意する	小さな腕振り
体幹部	1	前傾	前傾
	2	腰の固定	腰の回転
	3	腰入れ	緊張
下肢部	1	まっすぐな脚の回転	まっすぐな脚の回転
	2	大腿の引出しを強調	大腿・膝の引き上げを強調
	3	脚の回転を強調	大腿・膝の引出しを強調
	4	脚の振り下ろしを強調	足の動きに注意

注) アンダーラインは特に関与の程度が高く、方向性が明確な特性を示す

た。したがって、主観的重要度を決定するのに重視される特性は男女間で異なっているが、共通に得られた特性に関しては関与の方向性はかなり共通していると言えよう。このことから、専門家が経験的に重要であると考えている動作は基本的には類似しているが、その重要度の程度において性差があると言えよう。

次に、疾走局面間の差異の有無を検討するため、上記の結果と加速疾走局面における知見(稲垣ほか²³⁾)との比較を試みた。まず、頭部に関しては、いずれの局面においても顔や首をリラックスすることや顎を引くことが重要な方向であることが認められた。しかし、中間疾走局面では視線を固定することを重視するが、加速疾走局面では視線を徐々に上げることを重視するという点で明らかに異なっていた。上肢部に関しては、上肢や肩のリラックス、大きな腕振り、他の部位との関連性を重視する傾向がいずれの疾走局面においても認められた。体幹部では、前傾することや腰を入れることが共通して重視されている方向であることが認められた。また、男子では加速疾走局面では腰を回転させ、中間疾走では固定することを重視しているという傾

向が認められた。下肢部に関しては、脚を前後にまっすぐ回転させることを重視していることが共通して認められた。このように疾走局面に関しても、共通した特性では重要度評価との関連の方向性が等しいことが認められた。上記の疾走局面差は、各局面の疾走動作の差異から考えて当然のことと考えられる。しかし、ここで明らかにされた重視すべき動作の疾走局面間差異は、指導のための具体的な情報を与えてくれよう。

以上、本研究で得られた具体的知見は、短距離走選手という短距離走動作の専門家の経験的知識から抽出されたものなので、特に短距離走の指導経験の少ない指導者にとっては指導上の良い指針となるであろう。しかしながら、本研究で試みた疾走局面間の比較に関しては、両局面の標本が一致していないこともあり、さらに、確認的研究が必要であろう。

IV. 結 論

短距離走の中間疾走局面の動作に関する経験的知識の構造と主観的重要度、及び、その相互関連性を検討した結果、以下のような知見が得られた。

1. 重要度を評価する観点の数に差異はない。そして、頭部と体幹部では3つ、上肢部と下肢部では4つの特性から知識が体制化されている。しかし、男女間で動作に関する経験的知識の体制化の特性は質的に異なっている。

2. 本研究で設定された各項目の主観的重要度は、指導書や専門家の教示と類似しており、専門家の経験的知識を十分反映しているという点からも「経験的重要度」ということが可能である。また、多くの項目において主観的重要度に性差があり、さらに、疾走局面間(加速疾走局面と中間疾走局面)にも差異がある。

3. 主観的重要度は体制化の特性の線形関数によって決定されているという構造を有する。したがって、体制化の特性は主観的重要度の下位尺度と位置づけることができる。また、男女間で各体制化の特性と主観的重要度の関与の程

度は異なっているが、男女で共通に認められた構造化特性の肯定的な極性は同じである。

4. 知識の構造、主観的重要度、および両者の関係は疾走局面によって異なっている。しかし、共通に得られた構造化特性の肯定的な方向性はほとんど同じである。

謝辞：本研究では、調査の実施にあたり筑波大学陸上競技部前部長、関岡康雄教授をはじめ、多くの大学の陸上競技部の部長、監督、コーチの方々の御協力を得ました。また、多くの陸上競技部員の方に質問紙調査に協力して頂きました。これらの方々に対し、深く感謝の意を表します。

文献 (References)

- 1) Adams, J.A. (1971) A closed loop theory of motor learning. *Journal of Motor Behavior* 3: 111-150.
- 2) Adams, J.A. (1976) Issues for a closed loop theory of motor learning. In: Stelmach, G.E. (Ed.) *Motor control: Issues and trends*. Academic Press: New York, pp. 87-107.
- 3) Arabie, P. (1978) Random versus rational strategies for initial configuration in nonmetric multidimensional scaling. *Psychometrika* 43: 111-113.
- 4) Burt, C. (1948) The factorial study of temperamental traits. *BJP Statistics Section* 1: 178-208.
- 5) Clark, A.K. (1976) Re-evaluation of Monte Carlo studies in nonmetric multidimensional scaling. *Psychometrika* 41: 401-403.
- 6) Cooper, L.G. (1972) A new solution to the additive constant problem in metric multidimensional scaling. *Psychometrika* 37: 311-322.
- 7) de Leeuw, J. and Heiser, W. (1977) Convergence of correction matrix algorithms for multidimensional scaling. In: Lingoes, J.C. (Ed.) *Geometric representation of relational data*. Mathesis Press: Ann Arbor, Michigan, pp. 735-752.
- 8) Duda, R.O., Gaschnig, J.G. and Hart, P.E. (1979) Model design in the PROSPECTOR consultant system for mineal exploration. In: Michie, D. (Ed.) *Expert systems in the micro-electronic age*. Edinburgh University Press: Edinburgh, pp. 153-167.
- 9) Feigenbaum, E.A. (1977) The art of artificial intelligence: Themes and case studies of knowledge engineering. *IJCAI* 5: 1014-1029.
- 10) Guttman, L. (1968) A general non-metric technique for the finding the smallest coordinate space for a configuration of points. *Psychometrika* 33: 469-506.
- 11) 稲垣 敦・宮下 憲・大沢清二・松浦義行 (1985) 短距離走における技術イメージの構造. 日本体育学会第36回大会号 656.
- 12) 稲垣 敦・宮下 憲・大沢清二・松浦義行 (1986) 短距離走の技術に関するイメージの個人差と種目間差. 日本体育学会第37回大会号 372.
- 13) Inagaki, A., Matsuura, Y., Ohsawa, S. and Miyashita, K. (1986) The evaluation of information on skills of sprint running. 1986 Asian Games Scientific Congress Abstracts 183-184.
- 14) 稲垣 敦・宮下 憲・大沢清二・松浦義行 (1987) 短距離走の技術に関するイメージの重要度評価の試み. 日本体育学会第38回大会号 388.
- 15) 稲垣 敦・松浦義行 (1988) 短距離走の動作に関する主観的情報の構造. いばらき体育・スポーツ科学 3: 35-43.
- 16) Inagaki, A. and Matsuura, Y. (1988) A comparative study on the structure of subjective information regarding movement of sprint running among sprinters, distance runners, jumpers and throwers. 1988 Seoul Olympic Games Scientific Congress Proceedings 2: 766-772.
- 17) 稲垣 敦・松浦義行・大沢清二・宮下 憲・関岡康雄 (1988) 短距離走の動作に関する意識のパタンの構造とその変化. 日本体育学会第39回大会号 561.
- 18) 稲垣 敦・松浦義行 (1989) 短距離走の動作に関する主観的情報構造の専門種目に基づく運動経験による差異. いばらき体育・スポーツ科学 4: 1-11.
- 19) 稲垣 敦・松浦義行 (1989) 短距離走の動作に関する主観的情報構造のパフォーマンスレベルによる差異. 日本体育学会第40回大会号 228.
- 20) 稲垣 敦・松浦義行・関岡康雄・大沢清二・宮下 憲 (1989) 短距離走の動作に関する主観的情報の構造. 体育学研究 34(3): 201-214.
- 21) 稲垣 敦 (1990) 短距離走の動作に関する主観的情報の研究. 未発表学位論文. 筑波大学.
- 22) 稲垣 敦・松浦義行・関岡康雄・田中喜代次 (1990) 短距離走の動作に関する主観的情報の構造の短距離走能力による差異. ランニング学研究 1: 15-30.
- 23) 稲垣 敦・関岡康雄・松浦義行 (1990) 短距離走の動作に関する主観的情報の研究. 陸上競技研究 2: 30-45.
- 24) Kaiser, H.F. (1958) The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis. *Psychometrika* 23: 187-200.

- 25) Krane, W.R. (1978) Least squares estimation of individual differences in multidimensional scaling. *British Journal of Mathematical and Statistical Psychology* 31 : 193—208.
- 26) Kruskal, J.B. (1964) Multidimensional scaling by optimizing goodness of fit to a nonmetric hypothesis. *Psychometrika* 29 : 1—29.
- 27) Kruskal, J.B. (1964) Nonmetric multidimensional scaling : A numerical method. *Psychometrika* 29 : 115—129.
- 28) Kruskal, J.B. and Wish, M. (1978) *Multidimensional scaling*. SAGE ; Beverly Hills, California, p. 56.
- 29) Lindsay, R.K., Buchana, B.G., Feigenbaum, E.A. and Lederberg, J. (1980) *Applications of artificial intelligence for organic chemistry : The DENDRAL project*. McGraw-Hill : New York.
- 30) Lingoes, J.C. and Roskam, E.E. (1973) A mathematical and empirical analysis of two multidimensional scaling. *Psychometrika Monograph Supplement* 38 : 1—93.
- 31) McDermott, J. (1981) R1 : The formative years. *AI Magazine* 2(2) : 21—29.
- 32) Neisser, U. (1976) *Cognition and reality*. Freeman : San Francisco.
- 33) Popple, H.E., Myers, J.D. and Miller, R.A. (1975) DIALOG ; A model of diagnostic logic for internal medicine. *IJCAI* 4 : 848—855.
- 34) Poulton, E.C. (1957) On prediction in skilled movements. *Psychological Bulletin* 54 : 467—478.
- 35) Schönemann, P.H. and Carroll, R.M. (1970) Fitting one matrix to another under choice of a central direction and rigid motion. *Psychometrika* 35 : 245—255.
- 36) Schmidt, R.A. (1970) A schema theory of discrete motor skill learning. *Psychological Reviews* 82(4) : 255—260.
- 37) Schmidt, R.A. (1976) The schema as a solution to some persistence problems in motor learning. In : Stelmach, G.E. (Ed.) *Motor control : Issues and trends*, Academic Press : New York, pp. 41—65.
- 38) Spence, I. (1972) Monte carlo evaluation of three nonmetric multidimensional scaling algorithms. *Psychometrika* 13 : 119—157.
- 39) Spence, I. (1974) On the random ranking studies in nonmetric scaling. *Psychometrika* 39 : 267—268.
- 40) Spence, I. and Young, F.W. (1978) Monte Carlo studies in nonmetric scaling. *Psychometrika* 43 : 115—117.
- 41) 高根芳雄 (1980) 多次元尺度構成法. 東京大学出版会 : 東京.
- 42) Torgerson, W.S. (1952) Multidimensional scaling : I. Theory and method. *Psychometrika* 17 : 401—419.
- 43) Tucker, L.R. (1951) A method for synthesis of factor analysis studies. *Personal Research Section Report No. 984*. Department of Army : Washington, D.C., p. 43.
- 44) Wringley, C. and Neuhaus, J.O. (1955) The matching of two sets of factors. *Contract Report A-32 Task A*, University of Illinois : Urbana, Illinois, p. 13.

(平成 2 年 7 月 3 日受付)