

## 体力と水泳パフォーマンスとの関連

田井村 明 博

### Relationship between physical fitness and swimming performance

Akihiro TAIMURA

#### Abstract

The purpose of this study to clarify the relationship between physical fitness and swimming performance. In 787 boy and girl swimmers (ages 9-21), 35 physical fitness and two swimming performance were carried out. As a result of multiple factor solution, several factors were extracted and interpreted. Then, the relationships of the factor scores of physical fitness with swimming performance at all age group levels were determined, the major findings of which are shown below.

- 1) The more the age increases, the more the degree of the relationship between physique - static strength factor and swimming performance decreases.
- 2) The more the age increases, the more the degree of the relationship between dynamic strength factor and swimming performance increases.
- 3) In girls over 18 years, the relationship between fat factor and swimming performance becomes more significant.

#### 緒 言

今日まで、体力各要素と水泳パフォーマンスとの関連についての研究は、Cureton<sup>1)</sup>、宮下<sup>11)</sup>、出村ら<sup>4, 5, 6)</sup>、田井村<sup>17)</sup>によって数多く報告され、水泳パフォーマンスを成就するのに必要とされる体力要素が見いだされコーチングやトレーニング法の開発に貢献してきた。しかしながら、これまでの研究ではオリンピック選手を含む大学生男子選手<sup>1, 3, 4, 5, 17)</sup>、大学生男子・女子選手を同時に取り扱ったもの<sup>11)</sup>がほとんどであり、体力各要素と水泳パフォーマンスとの関連について年齢や性を考慮した

検討はまだ十分になされていない。また、体力各要素と水泳パフォーマンスとの関連を検討する際に、体力の各測定項目を独立なものであるという作業仮説のもとに、単相関係数、重相関係数などによって関連の程度の検討が行われてきた。体力各測定項目間には程度の差こそあるが相関関係が存在することを考えると、能力を単一測定項目から推定するより、複数測定項目から推定する方がより合理的であると考えられる。

そこで本研究では、11～21歳までの水泳選手の体力および水泳パフォーマンスを測定し、対象とした被験者全員に共通な能力領域を抽出した上で、それらの関連について性、年齢による違いを検討することが研究の目的である。

## 研究 方 法

### 1. 被験者

大学、高等学校、中学校の水泳部員およびスイミングクラブの選手で日本水泳連盟の規定する年齢段階別、性別資格表による5級以上を有する者、合計787名であった。年齢段階はエージグループの年齢区分に従い、B (9-10歳)、C (11-12歳)、D (13-14歳)、E (15-17歳)、F (18-21歳)とした (Table 1.)。

Table 1. Subjects

Age group(age)	Boy	Girl
B (9 to 10)	75	72
C (11 to 12)	118	97
D (13 to 14)	75	60
E (15 to 16)	98	14
F (18 to 21)	112	76
<b>Total</b>	<b>468</b>	<b>319</b>

### 2. 測定項目

体力の能力領域からは一般の体力テストに用いられているもの<sup>9)</sup>、過去の水泳選手の体力に関する研究において水泳パフォーマンスと関連があると推測された項目<sup>1, 4, 5, 6, 11, 13, 17)</sup>、さらに測定の諸条件 (妥当性, 信頼性, 実用性) 等を考慮し Table 2. に示す合計35項目を選択した。体力の測定項目の内、筋力領域ではNicksら<sup>12)</sup>の仮説、柔軟性の領域では、Nicksら<sup>12)</sup>の仮説、Cureton<sup>2)</sup>、Leighton<sup>10)</sup>、大山<sup>14)</sup>、Fleishman<sup>8)</sup>の示しているテスト項目からそれぞれ選択した。水泳パフォーマンスの測定項目は宮下<sup>11)</sup>、出村<sup>4, 5, 6)</sup>、野村<sup>13)</sup>など多くの研究者が用いている泳法 (クロール)、距離 (25, 200m) を選択した。

Table 2. Measurement item

Ability domain	Item
1. Physique	a) Height, Upper limb length, Lower limb length b) Body weight, Chest girth (inspiration, expiration), Upper arm girth, Thigh girth, Skinfold fat (triceps, scapular)
2. Muscular Strength	a) Static : Back, Grip (R, L), Arm (R), Leg (up, down) b) Explosive : Vertical jump c) Endurance (dynamic) : Push ups, Squat jump, Sit ups
3. Flexibility	a) Static : Trunk (flexion, extension), Trunk lateral flexion (R, L), Trunk rotation (R, L), Ankle (flexion, extension), Shoulder (flexion, extension) b) Dynamic : Bend and twist touch
4. Cardio-Respiratory function	Vital capacity, Breath holding
5. Agility	Body reaction time, Squat Thrust
6. Balance	One leg balance
7. Swimming performance	25m, 200m crawl speed swim

### 3. 測定方法

- a) 腕筋力：被検者は仰臥の姿勢をとり、クロールのプルの要領で腕を水平に脚方向へ引く力を測定した。
- b) 脚筋力（上方，下方）：被験者は伏臥の姿勢をとり、バタ足の要領で下肢を上方および下方に引く力を測定した。
- c) 腕立て伏せ，スクワットジャンプ，上体起こし：1分間に何回行われたかを回数によって測定し，1分間の内最初の20秒間は2秒に1回の速さで統制し，残りの40秒間にできるだけ多くの動作が行われるように指示し測定した。
- d) 柔軟性領域：大山<sup>14)</sup>，Leighton<sup>2)</sup> が用いている方法論的に妥当性の高い角度法を用いて測定した。
- e) 水泳パフォーマンス：水中スタートによる全力泳のタイムを測定した。
- f) その他：一般的に体力テストなどで行われている方法<sup>9)</sup> により測定した。

## 結果と考察

### 1. テストの信頼性

本研究に用いたテストの信頼性を再テスト法によって検討するために，男子大学生

選手153名に対して、体力の項目では2～3人、水泳パフォーマンスの項目では4～5人のグループでサークル方式ですべての項目について2回の測定を実施した。得られた結果からピアソンの相関係数を計算し、これを信頼性とした結果、全身反応時間の0.836が最低でほとんどの項目では、0.900以上の高い信頼性を示しており要求されるテストの信頼性を十分に満足できるものであると考えられる。

## 2. 解析変数の決定

本研究では、体力を各測定項目の一次結合から成る因子として推定する立場をとっていることから、項目数に大小があることは解析の方法論上不合理になる。即ち因子分析を適用する場合にある領域の項目数が大なることは、その領域の全分散に対する貢献量が大きいことであり、いくつかの能力の推定には不適當であると考えられる。このことから特に測定項目の多い形態、筋力、柔軟性の各領域においては測定項目の因子妥当性を検討した。まず、本研究の性別にすべての被験者に共通な能力推定のための変数を決定するため、形態、筋力、柔軟性の各領域ごとの相関行列を求めた。さらに年齢による影響を取り除いた偏相関行列に、主因子法による因子分析を適用し、固有値が1.0以上の因子についてNormal Varimax基準による直交回転をほどこし因子の抽出を行った。その結果、男子では形態領域2因子、筋力領域3因子、柔軟性領域6因子が、女子では形態領域2因子、筋力領域3因子、柔軟性領域5因子が抽出された。各因子において高い負荷量を示しており（各領域を推定するのに十分な精度であること）、過去の研究において水泳パフォーマンスと関連があると推定された項目を選択した結果、形態領域；身長、皮脂厚合計値、筋力領域；腕筋力、脚筋力（上方）、垂直跳び、腕立て伏せ、スクワットジャンプ、柔軟性領域；立位体前後屈可動域、立位体側屈可動域、立位体捻転可動域、立位肩挙可動域、足首関節可動域の合計12項目となり以後の解析においてはこれらの項目を採用することにした。

## 3. 体力の能力領域の推定

体力の変数を用い能力領域の推定を行う為に、先に用いられた年齢による影響を取り除いた性別の偏相関行列から、最終的に選択された17項目の行列をとり出した。この性別の相関行列に主因子法による因子分析を適用し、固有値が1.0以上のものについてNormal Varimax基準による直交回転をほどこし多因子解を導いた。Table 3-1, 3-2は性別の回転後の因子パターン行列を示したものである。

男子の場合、4因子が抽出され、それぞれの因子において高い因子負荷量を示している変数は、第1因子；身長、腕筋力、脚筋力（上方）、肺活量、第2因子；立位体前後屈可動域、立位体側屈可動域、立位体捻転可動域、足首関節可動域、立位肩挙可

動域, 第3因子; 皮脂厚合計値, 腕立て伏せ, スクワットジャンプ, 運動後の息こらえ, 第4因子; 脚筋力 (上方), スクワットジャンプ, 全身反応時間, バーピーテスト, バランスであり, それぞれ, 第1因子; 体格および静的筋力因子 (physique and static strength), 第2因子; 柔軟能力因子 (flexibility), 第3因子; 動的 (持久) 筋力因子 (dynamic strength), 第4因子; 運動協調能力因子 (coordination) と解釈された。

女子の場合, 5因子が抽出され, それぞれの因子において高い因子負荷量を示した変数は, 第1因子; 身長, 腕筋力, 脚筋力 (上方), 肺活量, 第2因子; 立位体前後屈可動域, 立位体側屈可動域, 立位体捻転可動域, 足首関節可動域, 立位肩挙可動域, 第3因子; 腕立て伏せ, スクワットジャンプ, 第4因子; 垂直跳び, 全身反応時間, バーピーテスト, バランス, 第5因子; 皮脂厚合計値であり, それぞれ, 第1因子; 体格および静的筋力因子 (physique and static strength), 第2因子; 柔軟能力因子 (flexibility), 第3因子; 動的 (持久) 筋力因子 (dynamic strength), 第4因子; 運動協調能力因子 (coordination), 第5因子; 脂肪因子 (fat) と解釈された。

男女差について検討すると, 第1, 2, 4因子については, ほとんど同じ変数が同じ因子に高い因子負荷量を示していることから同じ能力因子として考えることができ

Table 3-1 Rotated factor pattern matrix (boy)

Variable	F1	F2	F3	F4	Communality
Height	.822	-.096	-.057	-.178	.720
Total skinfold fat	.040	.037	-.643	.097	.426
Arm strength	.649	-.115	.086	.149	.464
Leg strength (upward)	.573	.013	-.231	.437	.573
Vertical jump	.462	.034	.255	.283	.345
Push ups	.063	.019	.681	.041	.470
Squat jump	-.013	.068	.402	.392	.320
Trunk mobility	.048	.680	.149	.126	.503
Trunk lateral mobility	-.146	.584	.163	.093	.398
Trunk rotation mobility	.051	.532	-.096	-.010	.295
Ankle mobility	-.003	.424	-.071	.218	.232
Shoulder mobility	-.025	.496	.104	-.035	.259
Vital capacity	.829	.140	.101	-.094	.726
Breath holding	.084	.147	.335	.035	.142
Total body reaction time	-.112	-.110	.014	-.447	.225
Squat thrust	.018	.267	.034	.461	.285
Balance	-.026	.039	.014	.362	.133
Amount of contribution	2.379	1.670	1.366	1.117	6.516
Degree of contribution	36.51	25.63	20.96	17.14	100.00

る。第3因子については、因子の解釈では同一の命名を行なったが、皮脂厚合計値の負荷量が男子では高い値を示していたが、女子では第5因子として独立して抽出されたことから同一の能力因子として考えることは不適當と思われる。このことは、出村<sup>5)</sup>の報告同様に女子水泳選手の場合、皮脂厚が重要な体力要素の1つであることを示しているものと考えられる。

Table 3-2 Rotated factor pattern matrix (girl)

Variable	F1	F2	F3	F4	F5	Communality
Height	.770	-.076	-.103	-.109	.034	.622
Total skinfold fat	.157	-.032	-.175	-.003	.816	.722
Arm strength	.740	.065	.128	-.027	.008	.569
Leg strength (upward)	.635	-.011	.000	.262	.199	.512
Vertical jump	.389	.097	.081	.401	-.351	.451
Push ups	.105	.023	.756	-.019	-.145	.604
Squat jump	-.016	.078	.767	.241	-.063	.657
Trunk mobility	.061	.799	.130	.090	.091	.675
Trunk lateral mobility	.041	.712	.149	.107	.063	.546
Trunk rotation mobility	.192	.591	-.096	.025	-.092	.404
Ankle mobility	-.009	.384	-.126	.250	-.044	.228
Shoulder mobility	-.015	.619	.053	-.098	-.097	.405
Vital capacity	.767	.160	.020	.019	.032	.617
Breath holding	.338	.193	.154	-.102	-.139	.205
Total body reaction time	-.054	-.007	-.202	-.477	-.073	.277
Squat thrust	.049	.064	.161	.507	-.180	.322
Balance	-.106	.050	-.114	.384	.064	.178
Amount of contribution	2.493	2.123	1.396	1.036	.949	7.994
Degree of contribution (%)	31.190	26.56	17.46	12.96	11.87	100.00

#### 4. 体力能力領域と水泳パフォーマンスとの関連

因子として抽出した体力の能力領域と水泳パフォーマンスとの関連を検討するために、先に抽出された体力因子の因子スコアを求めた。さらに計算された因子スコアと水泳パフォーマンスとの相関係数を年齢段階別、性別に求め横軸を年齢段階、縦軸を相関係数とするグラフ上にプロットした。

##### a) 25mクロールスピード泳との関連

Figure 1-1. は男子について体力各能力領域と25mクロールスピード泳との相関係数を年齢段階ごとにプロットしたものである。第1因子の場合、Dグループまではほぼ同程度の関連を示し、その後急激に減少している。第2因子の場合、Cグループまではほぼ同程度の関連を示し、CグループからDグループにかけてやや減少しその後は一定である。第3因子の場合、BグループからCグループにかけて減少し、CグループからEグループまで増大しており第1因子とは逆のパターンを示している。第4因子の場合、BグループからCグループにかけて増大し、CグループからDグループでは一定でその後減少している。

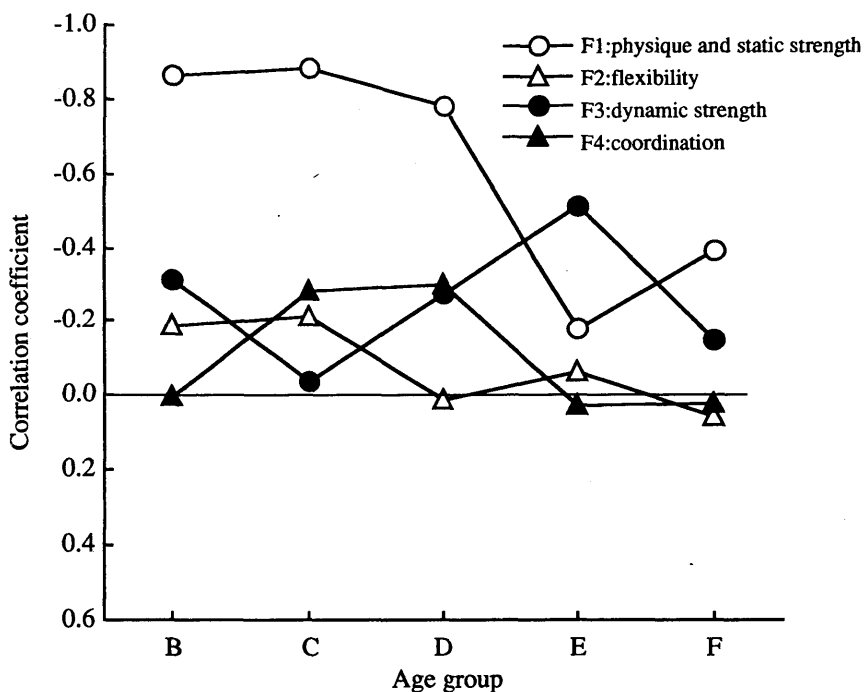


Figure 1-1. Relationship between 25m crawl and factors (boy)

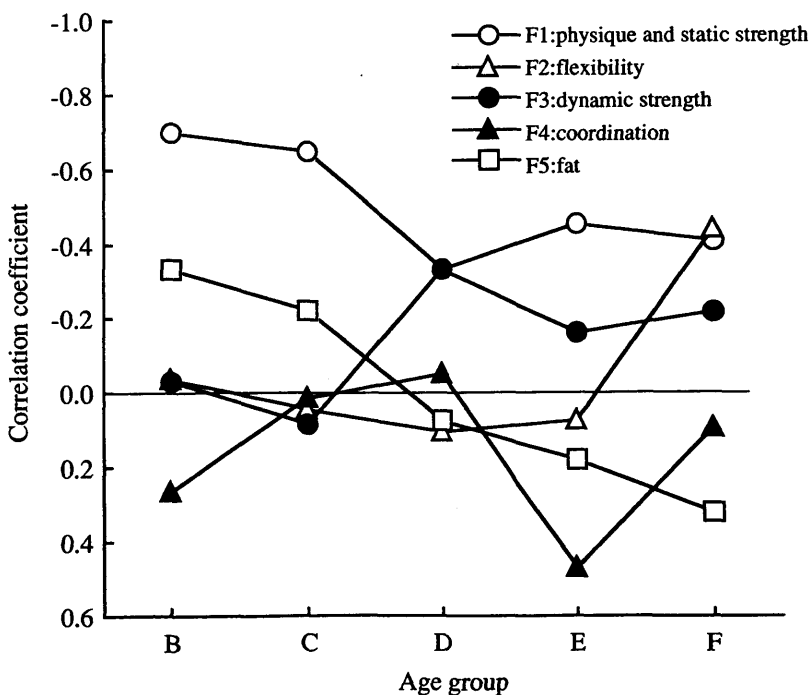


Figure 1-2. Relationship between 25m crawl and factors (girl)

Figure 1-2. は女子についてプロットしたものである。第1因子の場合、Cグループまではほぼ同程度でその後減少している。第2因子の場合、Dグループまでやや減少しその後急激な増加の傾向を示している。第3因子の場合、CグループからDグループにかけて増加しており、その後わずかに減少している。第4因子の場合、Dグループまで増加傾向を示しその後は減少している。第5因子の場合、年齢段階が増加するにつれて関連の程度は減少しており、Fグループではプラスの有意な相関を示している。

以上の結果から、各因子とも25mクロールスピード泳との関連は男女ともに各年齢段階によって各因子ごとに異なり、複雑な変化を示している。その中で、他と比較してはっきりとした傾向を示しているのは、男女で第1因子、第3因子、女子で第5因子である。第1因子は、男女ともEグループを除く他のグループにおいて有意な相関を示しており、年齢段階の増加とともに関連の程度が減少している。また関連の程度が著しく変化するのは、男子でDグループからEグループ、女子でCグループからDグループであり。この時期は発育発達において、体格諸属性の発育速度の減少が始まる時期であり、この時期以前においては、体格および静的筋力因子との間により関連があることが推測される。このことは、学童水泳選手を対象とした「加齢に伴う体格や筋力などの体力要因の発達は水泳スピードの発達に貢献する」という出村<sup>6)</sup>の報告と一致する。逆に、第3因子の場合は、この時期に関連の程度が急増しており、この時期以後では単に体格や静的筋力のみでなく、水泳パフォーマンスを成就するのにより効率のよい動き（動的筋力）との間に関連があることが推測される。

女子の場合、第5因子において年齢段階の増加に伴い、関連の程度がマイナスの相関係数からプラスの相関係数と変化しており、Fグループではプラスの有意な相関を示している。このことは年齢段階においては皮脂厚が大になることが水泳パフォーマンスの成就には適切でないことが推測され、Sprague<sup>16)</sup>、出村<sup>6)</sup>の報告、女子においては身体組成やソマトタイプが水泳パフォーマンスと関連するというSidersら<sup>15)</sup>の報告と一致し、同時に身体のサイズに適する（抵抗に対する）筋力が必要であることも示唆すると考えられる。

## 2) 200mクロールスピード泳との関連

Figure 2-1. は男子について体力各能力領域と200mクロールスピード泳との相関係数を年齢段階ごとにプロットしたものである。第1因子の場合、EグループからFグループにかけてやや増加しているが、ほぼ年齢段階の増加に伴って減少している。第2因子の場合、CグループおよびEグループでやや増加の傾向を示しているが全体としてはその関連の程度が減少傾向にある。第4因子の場合、BグループからCグループにかけて増加しその後減少の傾向である。



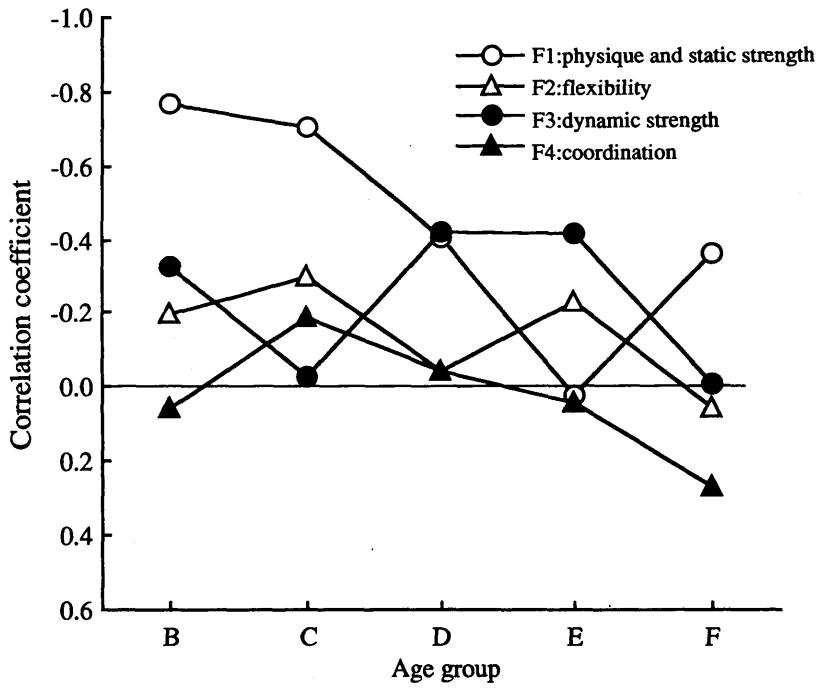


Figure 2-1. Relationship between 200m crawl and factors (boy)

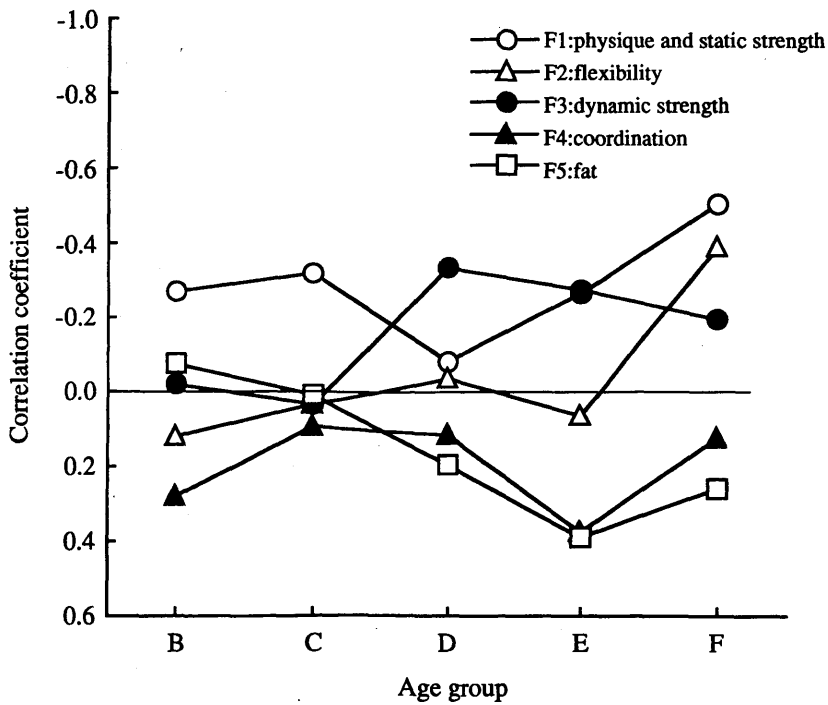


Figure 2-2. Relationship between 200m crawl and factors (girl)

Figure 2-2. は女子についてプロットしたものである。第1因子の場合、Dグループでやや減少しているものの全体としてその後増加傾向にある。第2因子の場合、Eグループでやや減少しているが、全体的に年齢段階の増加に伴い増大している。第3因子の場合、Dグループで増大しその後わずかではあるが減少している。第4因子の場合、Cグループでやや増大し、Eグループで減少しているが全体としてはほぼ同程度である。第5因子の場合、EグループからFグループにかけてやや増大しているものの、全体として年齢段階の増加に伴い減少している。

以上の結果から、各因子と200mクロールスピード泳との関連は男女ともに各年齢段階によって各因子ごとに異なっているが、全体的に25mと比較してその関連の程度は小さい。男子において注目すべき点は、第1因子と第3因子の交差する段階が25mと比較して1年齢段階早く、200mクロール泳ではより動的（持久的）な能力を必要とすることを意味すると考えられ、Cureton<sup>1)</sup>の示した結果と一致する。女子の場合、多少の変化はあるが全体的に有意な相関が少なくなっている。男子の場合も年齢段階が上がるに従ってその関連の程度が減少していることから、本研究で測定できなかった他の領域との関連が存在することが推測される。

Wakayoshiら<sup>18)</sup>は酸素摂取量、ストローク率と泳速度に有意な強い関連があることを示し、それらの回帰式から水泳パフォーマンスを評価できることを報告している。大学男子水泳選手を対象にした野村<sup>13)</sup>らの報告では、水泳パフォーマンスに対して基礎水泳技能、協応性の貢献度が大きかった。本研究において、性別、泳距離別をとわず特に全年齢段階を通じて関連の程度の大である第1因子（体格および静的筋力因子）と第3因子（動的筋力因子）は、宮下<sup>11)</sup>、出村ら<sup>4)</sup>、Eastman<sup>7)</sup>が報告しているように、各種水泳パフォーマンスを成就するのに重要な基礎的能力因子であると推測される。基礎的能力因子の獲得がなされた以後は、それらの能力が総合された結果として酸素摂取量や効率的なフォームづくりなどが水泳パフォーマンスの成就にとってより重要な因子になると考えられる。

## ま と め

本研究は、体力と水泳パフォーマンスとの関連について年齢段階別、性別に検討することが研究の目的であった。本研究における被験者、テスト項目および方法などによる制限内ではあるが以下に示す結果が得られた。

- 1) 体力各能力領域と水泳パフォーマンスとの関連は年齢段階によって異なり、体格および静的筋力因子は男女の25mクロールスピード泳および男子の200mクロールスピード泳と関連があり、年齢段階が上がるにつれてその関連の程度は減少し、動

- 的（持久的）筋力因子はこの因子とは逆の傾向を示している。
- 2) 体力各能力領域と水泳パフォーマンスとの関連は性によって異なり、25mクロールスピード泳にておいて、体格および静的筋力因子と動的筋力因子の関連の程度が著しく変化する時期は、男子で15才頃、女子で13才頃であり、女子の方が2～3年早い。
  - 3) 女子の場合特に18才以後において、他の能力領域と比較して脂肪因子が水泳パフォーマンスに影響を及ぼしている。

## 文 献

- 1) Cureton T. K. (1940) Review of a decade of research in aquatics at Springfield College. Res. Quart. 11:72-74.
- 2) Cureton T. K. (1941) Flexibility as an aspect of physical fitness. Res. Quart. 12:381-390.
- 3) Cureton T. K. (1951) Physical fitness of champion athletes. University of Illinois Press, Urbana, Illinois : pp. 11-60.
- 4) 出村慎一・松浦義行 (1979) 筋力と水泳パフォーマンスとの関係. 体育学研究 24:59-70.
- 5) 出村慎一 (1986) 大学競泳選手の体格,体力及び水泳技能の性差. 体育学研究 31:151-162.
- 6) 出村慎一 (1990) 学童水泳選手における水泳能力の因子構造とその性差. 体育学研究 35:219-230.
- 7) Eastman N. (1967) The relationship of arm extensor muscle strength to sprint crawl swimming. J. Health Physical Edu. and Recreation 5:18-20.
- 8) Fleishman E. A. (1965) The structure and measurement of physical fitness. Prentice Hall, New Jersey :pp. 76-80.
- 9) 石田俊丸 (1972) 体力の診断とトレーニング. 道和書院, 東京:pp. 8-106.
- 10) Leighton J. R. (1942) A simple object and reliable measure of flexibility. Res. Quart. 13:205-216.
- 11) 宮下充正 (1965) 水泳の科学. 体育の科学社, 東京:pp. 1-25.
- 12) Nicks D.C. and Fleishman E.A. (1962) What do physical fitness tests measure? - A review of factor analytic studies. Educational and Psychological Measurement 22:77-94.

- 13) 野村照夫・松浦義行 (1987) 水泳パフォーマンスに關与する能力の抽出とその相対的貢獻度 - 大学男子一流水泳選手の場合-. 体育学研究 31:293-303.
- 14) 大山良徳 (1974) 体力づくりと身体柔軟性. 不昧堂, 東京:pp. 224-256.
- 15) Siders, W. A., Lukaski, H. C., and Bolonchuk, W. W. (1993) Relationships among swimming performance, body composition and somatotype in competitive collegiate swimmers. *J. Sports Med. Phys. Fitness* 33:166-171.
- 16) Sprague, H.A.(1976) Relationship of Certain Physical Measurements to Swimming Speed. *Res. Quart.* 47:810-814.
- 17) 田井村明博 (1981) 柔軟性と水泳パフォーマンスとの關係-大学男子水泳選手-. 長崎大学教養部紀要 (自然科学篇) 21(2):71-78.
- 18) Wakayoshi, K., D'Acquisto, L. J., Cappaert, J. M., and Troup, J. P. (1995) Relationship between oxygen uptake, stroke rate and swimming velocity in competitive swimming. *Int. J. Sports Med.* 16:19-23.