

クラスター分析を用いた運動負荷時の呼吸循環系 パラメーターの類似性について

吉田剛一郎*, 萩原 純雄*, 長尾 愛彦**

Relationship Between Cardiac Parameters on Exercise Loadings by means of Cluster Analysis

Goichiro YOSHIDA*, Sumio HAGIHARA*, Naruhiko NAGAO**

Summary

The purpose of this study was to examine the relationship between the parameters of the respiratory system on several kinds of exercise, by means of cluster analysis with the Ward method after changing each datum to Z-values. The results obtained were as follows:

- 1) $\dot{V}O_{2max}$ was in closer connection with the myocardium mass of the left ventricle per body surface area than the myocardium mass of the left ventricle.
- 2) HR_{max} , $\dot{V}O_{2max}$, and $\dot{V}O_{2max}/kg$ were included in the same cluster regardless of whether swimming or running was involved.
- 3) $\dot{V}E_{max}$ was included in the first cluster with body mass in the case of running, and was included in the first cluster with body height in the case of swimming.
- 4) After 10 weeks of endurance training, total work capacity, $\dot{V}O_{2max}$, $\dot{V}E_{max}$ were included in the cluster of each after 5 weeks of endurance training, rather than those of before training. That is, the work capacity, $\dot{V}O_{2max}$, $\dot{V}E_{max}$ of 10-week endurance training could be anticipated from the results of work capacity, $\dot{V}O_{2max}$, $\dot{V}E_{max}$ of 5-week endurance training more than before training had commenced.
- 5) Concerning the 6-month endurance run training in young children, the maximum running speeds of both before and after training were included in same cluster.

KEY WORDS: *Cluster analysis, Respiratory system, Exercise*

【目 的】

数多くの調査項目を、より少ない項目に集約して、調査項目の特性、類似性を表現する方法の一つにクラスター分析がある。

クラスター分析は分散分析、因子分析および主成分分析などの分析手段が、分布の正規性を有す

ることにその論拠をおくのに反し、データの正規性を必ずしも必要としない分析手段である。

厳密には、クラスター分析の一連の結果は、そのサンプル集団にしかあてはまらない。得られた一連の結果は、帰納的に考えることにより、他の類似した集団、より一般的な大きな集団に適用して考えることは可能である。

* 鹿屋体育大学 National Institute of Fitness and Sports in Kanoya, Kagoshima, Japan.

** 前鹿屋体育大学教授

クラスター分析において、指標間の類似度およびクラスター構成法は種々の組み合わせが考えられる。いずれの構成手法を用いても、指標間の距離は変化を示すが、指標間の相互関係については各構成手法においてよく類似した傾向を示す¹²⁾。本検討で採用したWard法は、まず一次的に全データの全体的なクラスタリングを実施し、その結果に基づき各個体のクラスタリングを行うので、デンドログラム上に示される分類能に優れ、類似度を理解し易いという特徴をもっている。

クラスター分析は社会科学、心理学などの生命科学分野で広く利用されているが、スポーツ医・科学への応用は、筆者らが行った報告等¹⁻²⁰⁾がそのほとんどである。

本報は、各種学術雑誌に掲載されたスポーツと呼吸循環系の指標に関する資料をクラスター分析したものである。

【方 法】

分析はSPSS統計パッケージBase manual V3.0J²⁰⁾およびAdvanced Statistics V2.0²⁰⁾を用いた。

クラスタリングに際しては、各測定値の重みを等しくする目的で測定値をZ-変換したあと、ユークリッド距離を用いたWard法²⁰⁾により分析した。

本報で分析した呼吸循環系についての資料は平田ら²⁵⁾、正野ら²⁶⁾、山地ら²⁷⁾、北村ら²⁸⁾、吉沢ら²⁹⁾の各文献資料で、それらの資料において用いた指標は次に示すとおりである。

1. 運動選手の左室心筋重量と有酸素性作業能指標との関連について

平田ら²⁵⁾の報告している鹿屋体育大学の新生生のうち、柔道：19名、剣道：22名、陸上競技(短、跳、投、混)：13名、中・長距離ランナー：8名、サッカー：5名、ラグビー：6名、水泳：5名、計78名を対象とし、心エコーを用いて求めたデータである。

測定項目は左室拡張期径(LVDd)、左室収縮期径(LVDs)、心室中隔厚(IVS)、左室後壁厚(PW)、1回拍出量(SV)、左室駆出率(EF)、

左室心筋重量(LVM)、体重あたりの左室心筋重量(LVM/kg)、体表面積あたりの左室心筋重量(LVM index)の計9指標ならびに、1500m走、5.4km走、12分間走、自転車エルゴメーターによる酸素摂取量($\dot{V}O_2$)、体重あたりの酸素摂取量 $\{\dot{V}O_2 [ml/(kg \cdot min)]\}$ 、体重あたりの最大酸素摂取量 $\{\dot{V}O_2 \max [ml/(kg \cdot min)]\}$ の計6項目の各パラメーターに身長、体重、体表面積を加えた総計18項目である。

2. 運動負荷の様態の差による呼吸循環系の指標について

(a) 正野ら²⁶⁾の実施した、6名の大学水泳部員の、水泳および走行運動負荷時の各々の最大換気量($\dot{V}E \max$)、最大呼吸数($f \max$)、最大心拍数(HR max)、換気性作業閾値での心拍数(HR at VT)、最大酸素摂取量($\dot{V}O_2 \max$)、体重あたりの最大酸素摂取量($\dot{V}O_2 \max/kg$)、換気性作業閾値での酸素摂取量($\dot{V}O_2 \text{ at VT}$)、換気性作業閾値での酸素摂取量と最大酸素摂取量との比($\dot{V}O_2 \text{ at VT} \% \dot{V}O_2 \max$)、換気性作業閾値での心拍数と最大心拍数との比(HR at VT % HR max)および年齢、身長、体重、皮下脂肪率の計22項目の各指標である。

(b) 山地ら²⁷⁾の実施した男女大学生18名の最大および最大下のトレッドミル走、自転車エルゴメーター、階段式トレッド歩行各様式の、最大酸素摂取量($\dot{V}O_2 \max$)、体重あたりの最大酸素摂取量($\dot{V}O_2 \max/kg$)、肺換気量($\dot{V}E$)、最大心拍数(HR max)ならびに呼吸商(RQ)と、身長、体重、年齢の計18項目の各指標である。

3. トレーニングにともなう呼吸循環系指標の変化について

(a) 北村ら²⁸⁾の実施した、大学生男子10名、女子15名、計25名の階段昇降運動による全身持久性トレーニング前、トレーニング中(5週目)、およびトレーニング後(10週目)の、総仕事量、最大酸素摂取量、最大換気量、体重あたりの最大酸素摂取量、最高心拍数、および年齢、身長、

体重を加えた計18項目の各指標である。

(b) 吉沢ら²⁹⁾の実施した19名の幼児の持久性トレーニング6ヶ月間のトレーニング前, 後の安静時心拍数 (HR), 最大心拍数 (HR max), 安静時の血中乳酸値 (LA), 血中最高乳酸値 (Peak LA), 体重あたりの酸素摂取量 ($\dot{V}O_2/kg$), 体重あたりの最大酸素摂取量 ($\dot{V}O_2 \text{ max}/kg$), 最大走行速度 ($V \text{ max}$) の計14項目の各指標である。

【結 果】

1. 運動選手の左室心筋重量と有酸素性作業能指標との関連

平田ら²⁵⁾の報告している鹿屋体育大学の新入生のうち78名を対象とし, 心エコーを用いて求めたデータ総計18項目について, 各クラブの平均値をZ-変換した後, ユークリッド距離を用いたWard法によるクラスター分析を実施した。結果は図1に示すとおりである。

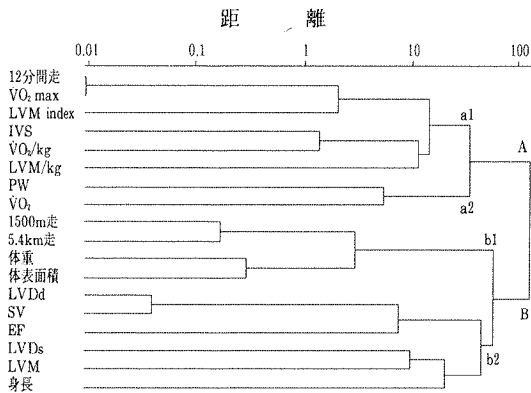


図1. 身長, 体重, 体表面積, 12分間走, 1500m走, 5.4km走ならびに左室拡張期径 (LVDd), 左室収縮期径 (LVDs), 心室中隔厚 (IVS), 左室後壁厚 (PW), 1回拍出量 (SV), 左室駆出率 (EF), 左室心筋重量 (LVM), 体重あたりの左室心筋重量 (LVM/kg), 体表面積あたりの左室心筋重量 (LVM index) 各指標のデンドログラム

A, Bに大きくクラスター化された各指標は, さらに12分間走・最大酸素摂取量 ($\dot{V}O_2 \text{ max}$) を含む a1 群, 左室後壁厚 (PW)・酸素摂取量 ($\dot{V}O_2$) を含む a2 群, 持久走を含む b1 群, 左室

拡張期径 (LVDd)・1回拍出量 (SV) を含む b2 群にそれぞれ区分された。

2. 運動負荷の様態の差による呼吸循環系の指標

(a) 正野ら²⁶⁾の実施した6名の大学水泳部員の, 水泳および走行運動負荷時の各々の呼吸循環系指標, および年齢, 身長, 体重, 皮下脂肪率の計22項目の各指標を, それぞれZ-変換した後, ユークリッド距離を用いたWard法によるクラスター分析した結果は図2に示すとおりである。

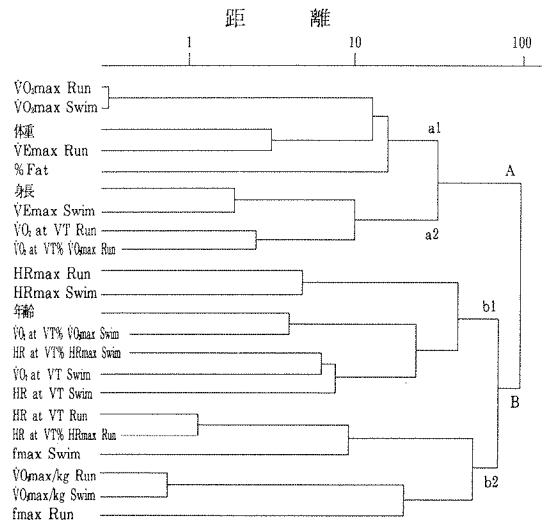


図2. 水泳および走行運動負荷時のVEmax, fmax, HRmax, HR at VT, $\dot{V}O_2 \text{ max}$, $\dot{V}O_2 \text{ max}/kg$, $\dot{V}O_2 \text{ at VT}$, $\dot{V}O_2 \text{ at VT}\% \dot{V}O_2 \text{ max}$, HR at VT% HRmax, および身長, 体重, %Fat 各指標のデンドログラム

A, Bに大きくクラスター化された各指標は, さらに最大酸素摂取量 ($\dot{V}O_2 \text{ max}$) を含む a1 群, 身長を含む a2 群, 最高心拍数 (HR max) を含む b1 群, 最大呼吸数 (f max) を含む複合 b2 群にそれぞれ区分された。

(b) 山地ら²⁷⁾の実施した男女大学生17名の最大および最大下のトレッドミル走, 自転車エルゴメーター, 階段式トレッド歩行各様式の, 最大酸素摂取量 ($\dot{V}O_2 \text{ max}$) 等の15項目ならびに身長, 体重, 年齢の計18項目の各指標を, それぞれZ-変換した後, ユークリッド距離を用い

た Ward 法によるクラスター分析した結果は図 3 に示すとおりである。

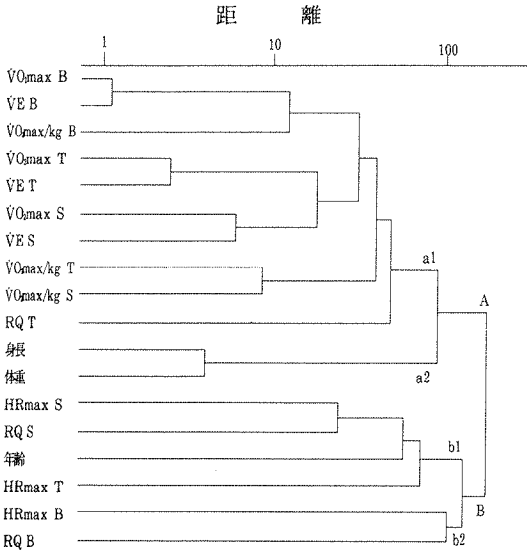


図 3. トレッドミル走 (T), 自転車エルゴメーター (B), および階段式トレッド歩行 (S) 運動時の $\dot{V}O_2\max$, $\dot{V}O_2\max/\text{kg}$, $\dot{V}E$, $HR\max$ ならびに RQ と身長, 体重, 年齢, 各指標のデンドログラム

A, B に大きくクラスター化された各指標は, 最大酸素摂取量 ($\dot{V}O_2\max$)・換気量 ($\dot{V}E$) を含む a1 群, 身長・体重を含む a2 群, 階段式トレッド歩行時の最高心拍数 ($HR\max S$)・トレッドミル走時の最高心拍数 ($HR\max T$) を含む b1 群, 自転車エルゴメーター時の最高心拍数 ($HR\max B$) と呼吸商 (RQ B) を含む b2 群にそれぞれ区分された。

3. トレーニングにともなう呼吸循環系指標の変化

(a) 北村ら²⁸⁾の実施した, 大学生男子10名, 女子15名, 計25名の階段昇降運動による全身持久性トレーニング前, トレーニング中 (5週目), およびトレーニング後 (10週目) の, 総仕事量等18項目の各指標を, それぞれZ-変換した後, ユークリッド距離を用いた Ward 法によるクラスター分析した結果は図 4 に示すとおりである。

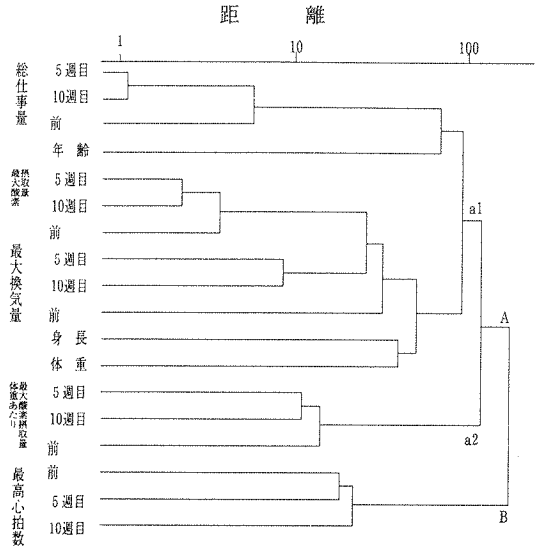


図 4. 階段昇降運動による全身持久性トレーニング前, トレーニング中 (5週目), トレーニング後 (10週目) の総仕事量, 最大酸素摂取量, 最大換気量, 体重あたりの最大酸素摂取量, 最高心拍数, 年齢, 身長, 各指標のデンドログラム

A, B に大きくクラスター化された各指標は, さらに総仕事量・最大酸素摂取量・最大換気量を含む a1 群, 体重あたりの最大酸素摂取量を含む a2 群, 最高心拍数を含む B 群に区分された。

(b) 吉沢ら²⁹⁾の実施した19名の幼児の持久性トレーニング6ヶ月間のトレーニング前, 後の安静時心拍数 (HR) 等の計14項目の各指標を Z-変換した後, ユークリッド距離を用いた Ward 法によるクラスター分析した結果は図 5 に示すとおりである。

A, B に大きくクラスター化された各指標は, さらに最大走速度 ($V\max$)・体重あたりの最大酸素摂取量 ($\dot{V}O_2\max/\text{kg}$)・血中最高乳酸値 (Peak LA) を含む a1 群, 体重あたりの酸素摂取量 ($\dot{V}O_2/\text{kg}$)・最高心拍数 ($HR\max$) を含む a2 群, 心拍数 (HR)・血中乳酸値 (LA) を含む B 群に区分された。

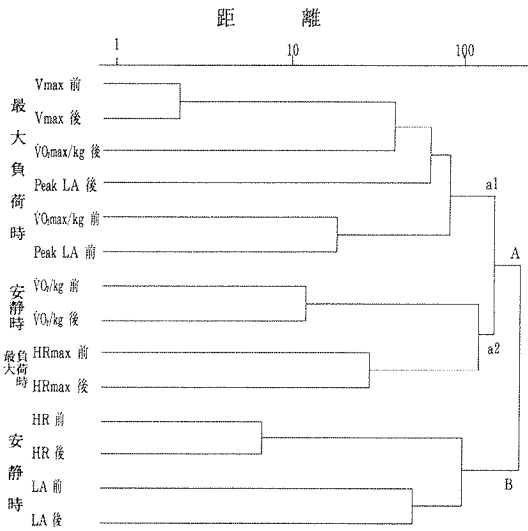


図5. 幼児の持久性トレーニング6か月間のトレーニング前、トレーニング後のHR, HRmax, LA, Peak LA, $\dot{V}O_2\text{max}/\text{kg}$, $\dot{V}O_2/\text{kg}$, $V\text{max}$ 各指標のデンドログラム

【考 察】

クラスタ分析は与えられた如何なるデータに対しても分類が可能で、全く思いがけない面が分類の過程で明らかになることがある。それ故、仮説を示唆する一つの方法であり、規則性を探るのに最も有用な働きをする効果的な分析手段の一つでもある。

結果が既知の事実と一致することにより、クラスタ分析の有する数理的妥当性を確認することとともに、未知の各調査項目間の関連を数理的に明確にすることも可能である。しかしながら、得られたクラスタはそれ自身が完成された結果ではなく、グルーピングに関しての一つの考えをまとめたものにすぎないことも理解しておかねばならない。

クラスタ分析は、データにある構造を与えるとともに、データの中に実際に存在する構造を明らかにする一つの手段である。

以上のような考えに立つと、クラスタ分析が

もたらす結果は、データが全母集団の十分な構造を明確に示しているものではなく、興味深いクラスタの一つでもあれば、それがデータの一部についての推論に結びつき、延いては、それにとまなう他のいくつかのクラスタは、そのデータの特徴を示すことにつながる。

1. 運動選手の左室心筋重量と有酸素性作業能指標との関連について

(a) クーパー³⁰⁾は12分間走テストは驚くほど正確に全体的な基礎体力を示し、最大酸素摂取量と非常に高い相関を示すとしている。本データにおいても、図1に示すとおり、12分間走の成績は $\dot{V}O_2\text{max}$ と非常に近い距離をもった第一次のクラスタを形成している。この結果は平田らの報告における $\dot{V}O_2\text{max}$ 値は、12分間走の結果から、浅見の計算式 $\dot{V}O_2\text{max} \{l/(\text{kg} \cdot \text{min})\} = 0.02125d - 7.236^{31}$ (但し $d = 12$ 分間走の走行距離) から求めた推定値であることに、その原因があると考えられる。

(b) 最大酸素摂取量はまた、体表面積あたりの左室心筋重量 (LVM index) とも高次のクラスタを形成している。この事実は、最大酸素摂取量は、左室心筋重量 (LVM) よりも、体表面積あたりの左室心筋重量と関係することを推測させている。

(c) 1回拍出量 (SV) は、左室拡張期径 (LVDd) と1次のクラスタを、左室駆出率 (EF) とは高次のクラスタを形成している。また、1回拍出量は左室拡張期径、左室駆出率とともに左室収縮期径 (LVDs)、左室心筋重量 (LVM) と身長を含む大きなクラスタを形成しており、これらの指標と関連の大きいことが推測される。この結果は、1回拍出量は、左室収縮期径、左室拡張期径の各値を用いた推定値であることに原因を求めることができる。

1回拍出量を、身長と体重の面からみると、身長とは前述のとおり、1つの大きなクラスタを形成する一方、体重とは別の更に大きなクラスタを形成している。この結果は、1回拍出量は体重より身長に関係する割合が大きいこと

を示している。

- (d) 自転車エルゴメーターによる実測酸素摂取量 ($\dot{V}O_2$) は左室後壁厚 (PW), 体重あたりの酸素摂取量 ($\dot{V}O_2/\text{kg}$) は心室中隔厚 (IVS) とそれぞれ第1次のクラスターを形成し, 各々関係することが推測される。

2. 運動負荷の様態の差による呼吸循環系の指標について

- (a) 運動負荷を, 水泳時と走行時の2つの場合について呼吸循環系の指標の関係をみると (図2), 次のようなことが判明する。

I) よく似た傾向を示すと考えられる第1次のクラスターを形成している指標は, 最高心拍数 (HR max), 最大酸素摂取量 ($\dot{V}O_2 \text{ max}$) および体重あたりの最大酸素摂取量 ($\dot{V}O_2 \text{ max}/\text{kg}$) である。この結果は HR max, $\dot{V}O_2 \text{ max}$, $\dot{V}O_2 \text{ max}/\text{kg}$ の各指標は運動負荷種目が水泳, 走行の差に関わらず, ほぼ同一の結果となることを示している。

II) 走行時の最大換気量 ($\dot{V}E \text{ max Run}$) は体重と, 水泳時の最大換気量 ($\dot{V}E \text{ max Swim}$) は身長と, それぞれ第1次のクラスターを形成している。この結果は, 最大換気量に関しては, 運動負荷に大きく体重が関与する走行時と, 水の浮力による体重の負荷がほとんど無視できる水泳時とでは, 関与する体格指標が異なることを示している。

III) 最大呼吸数 ($f \text{ max}$) は, 走行負荷時には体重あたりの最大酸素摂取量 ($\dot{V}O_2 \text{ max}/\text{kg}$) と, 水泳負荷時には走行負荷時の換気性作業閾値時点の心拍数に関係する2つの指標と, それぞれ異なる指標とクラスターを形成している。すなわち, 最大呼吸数も水泳, 走行負荷の負荷様態の差により, 影響を受け合う因子が異なることになる。

IV) 水泳負荷時には, 換気性作業閾値時点での最大心拍数に対する心拍数比 (HR at VT % HR max), 同時点での酸素摂取量と, 同時点での心拍数の3つの指標は1つのクラスターを形成し, 走行負荷時とは異なることを示し

ている。

- (b) トレッドミル走, 自転車エルゴメーター, 階段式トレッド走行の各運動負荷様態の差による呼吸循環系指標の関係をみると (図3), 次のようなことが考えられる。

I) 上記3種の運動負荷様態ごとに, 最大酸素摂取量 ($\dot{V}O_2 \text{ max}$) と換気量 ($\dot{V}E$) はそれぞれ, 第1次のクラスターを形成し, 最大酸素摂取量と換気量は, それぞれの負荷様態に応じて近い関係を示している。その関係の深さを, 分析結果の距離からみると, 自転車エルゴメーターの場合が最も関係が深く, ついでトレッドミル走となる。階段式トレッド歩行では, 前2者と比較すると, 換気量と最大酸素摂取量との関係はやや距離があるという差が認められる。

II) 体重あたりの最大酸素摂取量 ($\dot{V}O_2 \text{ max}/\text{kg}$) は, 自転車エルゴメーター負荷では, 最大酸素摂取量などと同一の高次のクラスターを形成している。

III) 一方, トレッドミル走, 階段式トレッド歩行各負荷時の体重あたりの最大酸素摂取量は, お互いに第1次のクラスターを形成しており, 自転車エルゴメーター負荷時とは異なる。この結果は, トレッドミル走, 階段式トレッド歩行は, いずれも体重が運動負荷に大きく作用するのに対し, 自転車エルゴメーター負荷では体重の影響が前2者に比べると小さいことにその原因があると考えられる。

3. トレーニングにともなう呼吸循環系の指標の変化について

トレーニングにともなう呼吸循環系の指標の変化の推定, 関連する指標の抽出が可能となれば, 各個人のトレーナビリティ, トレーニング効果の向上, トレーニングによる事故防止を目指すうえで非常に有益である。

- (a) 北村らの実施した健康な男女計25名の持久性トレーニングは, 被験者個々について決定された強度で, 階段昇降運動を1日1回, 1回10分, 1週間に3回の頻度で10週間行われている。

トレーニング前, 5 週目, 10週目の各指標のデンドログラム (図4) から次のようなことが考えられる。

- I) 5 週目と10週目の総仕事量, 最大酸素摂取量, 最大換気量, 体重あたりの最大酸素摂取量は, それぞれ第1次のクラスターを形成している。また, これらの指標は持久性トレーニング前の値とも第2次のクラスターを形成している。
 - II) 最高心拍数は, トレーニング前と5 週目とが第1次のクラスターを形成し, 10週目の値とは前2者と第2次のクラスターを形成しているが, 第1次, 第2次の距離の差はほとんどないという結果を示している。
 - III) これらの結果は, 5 週目のデータは, 更に持久性のトレーニングを5 週続けた10週間経過後のデータを推定することが可能であることを示すと考えられる。
 - IV) 更なる持久性トレーニングの効果の推定に際しては, 総仕事量は最も確度が高く, ついで最大酸素摂取量, 最大換気量, 体重あたりの最大酸素摂取量の順に, その推定の確かさが減ずる傾向にあることを示している。
- (b) 吉沢らの幼児の毎日約900 mのトレーニング走を週5回, 6ヶ月にわたり負荷した前後の呼吸循環系の指標の結果 (図5) から次のようなことが考えられる。
- I) 最大走速度 (V_{max}), 最大負荷時の心拍数 (HR max), 安静時の心拍数 (HR), 安静時の血中乳酸値 (LA), ならびに安静時の体重あたりの酸素摂取量 ($\dot{V}O_2/kg$) は, いずれもトレーニング前とトレーニング後の値に第1次のクラスターを形成しており, これらの指標では, トレーニング前値が6ヶ月のトレーニング後の値を類推させている。
 - II) 最大酸素摂取量 ($\dot{V}O_2 max$) は, トレーニング前には血中最高乳酸値と第1次のクラスターを形成している。この結果は, トレーニング前には血中最高乳酸値が高い程, 体重あたりの最大酸素摂取量が大きくなる傾向を示している。しかしながら, 6ヶ月間のトレ

ニング後には, このような傾向が弱くなることを示している。

- III) 最大走速度は, トレーニング前後を比較すると, 個人ごとによく似た値を示す傾向がある。

【ま と め】

各種学術雑誌に掲載されたスポーツと呼吸循環系の各指標に関する資料のデータをZ-変換したあと, Ward法を用いたクラスター分析を試みたところ, 次のような結果を得た。

- ①最大酸素摂取量は左室心筋重量よりも, 体表面積あたりの左室心筋重量のほうに関係が深い。
- ②HR max, $\dot{V}O_2 max$, $\dot{V}O_2 max/kg$ の各指標は, 運動負荷種目が, 水泳, 走行の差に関わらず, ほぼ同一の結果を示すクラスターを形成する。
- ③最大換気量は, 走行負荷では体重と, 水泳負荷では身長と, それぞれ第1次のクラスターを形成する。
- ④持久性トレーニングの10週後の総仕事量, 最大酸素摂取量, 最大換気量等の測定値は, トレーニング前の各測定値よりも, トレーニング5週経過後の各測定値とそれぞれ第1次のクラスターを形成し, トレーニング5週経過後の測定値から, トレーニング10週後の推定が可能であることを示している。
- ⑤幼児の6ヶ月間における毎日約900 mのラントレーニングでは, 最大走速度において, トレーニング前後の個人毎の値は, よく似た値を示す傾向がある。

【参 考 文 献】

- 1) 澤田芳男: 熊本県体育協会における女子のスポーツ適性に関する研究(1) 実業団女子ハンドボール一流選手の形態的機能的特性の経年変化ならびに多変量解析による体力の特性. 昭和58年度日本体育協会スポーツ適性に関する研究, 第3報: 217-222, 1983.
- 2) 長尾愛彦, 井本岳秋, 澤田芳男, 唐津邦利: クラスター分析による中高年者の皮下脂肪の類型化. 医学と生物学, 108(3): 123-125, 1984.
- 3) 長尾愛彦, 井本岳秋, 澤田芳男, 唐津邦利: クラ

- スター分析による中高年者の皮下脂肪分布パターンと血清コレステロールとの関連. 医学と生物学, 108(3) : 127-129, 1984.
- 4) K. Karatsu, N. Nagao, J. Arie, T. Inomoto, Y. Imai, Y. Sawada : Classification of subcutaneous skinfold thickness in the middle-aged by Cluster analysis, and the relationship between its distribution pattern and serum cholesterols. *J. Sports Med.* 27 : 453-460, 1987.
 - 5) 志村正子, 阿部康夫, 長尾愛彦, 今井義量, 平田文夫 : 各種運動フォームの分析について その1 一流スプリンターの疾走フォームのクラスター分析. 鹿屋体育大学学術研究紀要, 4 : 23-31, 1989.
 - 6) N. Nagao, Y. Imai, J. Arie, Y. Sawada : Energy intake profile in the triathlon competition by means of cluster analysis. *J. Sports Med.* 31 : 62-66, 1991.
 - 7) N. Nagao, Y. Imai, J. Arie, Y. Sawada : The Kaike triathletes' hematocrit values. *J. Sports Med.* 32 : 201-205, 1992.
 - 8) 石田好恵, 金久博昭, 福永哲夫, 中村栄太郎 : 日本人一流選手の皮下脂肪厚と筋厚. *Jap. J. Sports Sci.* 11(9) : 587-595, 1992.
 - 9) 西田孝宏, 岸 邦彦, 長尾愛彦 : クラスター分析によるソウルオリンピック候補柔道選手の運動生理学的特性について. 鹿屋体育大学学術研究紀要, 9 : 67-74, 1993.
 - 10) 長尾愛彦 : クラスター分析による運動部の類似性・特異性. 学生の健康管理及び競技力向上のための調査研究報告書 (第1報). 鹿屋体育大学学生の健康管理及び競技力向上のための調査研究委員会編, 80-86, 1992.
 - 11) 長尾愛彦 : クラスター分析を用いた運動部間および調査項目間の類似性について. 学生の健康管理及び競技力向上のための調査研究報告書 (第2報). 鹿屋体育大学学生の健康管理及び競技力向上のための調査研究委員会編, 117-126, 1994.
 - 12) 松原 章, 吉田剛一郎, 長尾愛彦 : クラスター分析による剣道正面撃ちの習熟過程について. 鹿屋体育大学学術研究紀要, 11 : 23-31, 1994.
 - 13) 長尾愛彦, 唐津邦利, 澤田芳男 : データからみた1993年夏の全国高等学校野球大会出場チームの分析 一地方予選成績のクラスター分析一. 平成5年度熊本県体育協会スポーツ医科学委員会紀要, 9 : 44-55, 1994.
 - 14) 真鍋純子, 川崎順一郎, 米沢 久, 唐杉 敬 : 高齢者向簡易体力測定 (K-Y式健康度調査) の考案. 九州体育学会第43回大会号, 38, 1994.
 - 15) 安藤 幸, 調枝幸治 : Laban R. の "The Eight Basic Effort Actions" から作成した運動課題に対する観賞者の意味づけ 一クラスター分析を通して一. 日本体育学会第46回大会号, 633, 1995.
 - 16) 唐津邦利, 長尾愛彦, 澤田芳男 : 競技種目別体力検査項目選定に関する基礎的研究 一クラスター分析による共通性と特殊性の区分と競技種目の類型化一. 九州スポーツ医学会誌, 7 : 89-97, 1995.
 - 17) 長尾愛彦 : 競技に対する達成動機 (T S M I) 調査について 一クラスター分析を用いたサークル間, 調査項目間の差異について一. 学生の健康管理及び競技力向上のための調査研究報告書 (第3報). 鹿屋体育大学学生の健康管理及び競技力向上のための調査研究委員会編, 91-98, 1995.
 - 18) 三浦 健, 吉田剛一郎, 長尾愛彦 : バスケットボール競技におけるクラスター分析の活用例. 鹿屋体育大学学術研究紀要, 15 : 127-135, 1996.
 - 19) 長尾愛彦, 田代祐基, 岩崎健一, 澤田芳男 : クラスター分析のスポーツ医・科学への一応用. 平成7年度熊本県体育協会スポーツ医科学委員会紀要, 11 : 117-124, 1996.
 - 20) 長尾愛彦, 吉田剛一郎 : クラスター分析を用いた調査項目間の類似性, 相異性の変化について. 学生の健康管理及び競技力向上のための調査研究報告書 (第4報). 鹿屋体育大学学生の健康管理及び競技力向上のための調査研究委員会編, 79-87, 1996.
 - 21) 長尾愛彦, 吉田剛一郎, 橋本祐一 : クラスター分析を用いた各種データの解析. 鹿屋体育大学学術研究紀要, 17 : 27-36, 1997.
 - 22) SPSS/PC+™ Base Manual V3.0J 日本語対応データ解析ソフトウェア Vol.1 & Vol.2. SPSS社.
 - 23) SPSS/PC+™ Advanced Statistics V2.0 日本語対応データ解析ソフトウェア. SPSS社.
 - 24) Romesburg 著, 西田英郎・佐藤嗣二訳 : 実例クラスター分析. 163-170, 第一版, 1992, 内田老鶴圃, 東京.
 - 25) 平田文夫, 武田誠司, 末次哲朗, 齊藤和人 : 新人運動選手の左室心筋重量と有酸素性作業能力の関係. 鹿屋体育大学学術研究紀要, 10 : 43-50, 1993.
 - 26) 正野知基, 堀田 昇, 大柿哲朗, 清水富弘, 藤島和孝, 金谷庄蔵 : 水泳選手の水泳時および走行時の呼吸循環系の応答. *Ann. Physiol. Anthropol.* 12(3) : 145-150, 1993.
 - 27) 山地啓司, 北島一郎, 高野光弘, 榊原政春 : 最大および最大下のトレッドミル走, 自転車駆動, 階段式トレッドミル歩行における酸素摂取量と心拍

- 数との比較. Jap. J. Sports Sci. 8(3): 163-168, 1989.
- 28) 北村潔和, 堀田朋基, 福田明夫, 山地啓司: 階段昇降運動による全身持久性トレーニングが最大酸素摂取量に及ぼす影響. Jap. J. Sports Sci. 8(6): 386-391, 1989.
- 29) 吉沢茂弘, 本多宏子, 漆原 誠, 中村 伸: 幼児における持久走の呼吸循環機能に及ぼすトレーニング効果に関する研究. 体力科学, 39: 243-255, 1990.
- 30) ケネス. H. クーパー著, 加藤橋夫監修, 広田公一・石川 亘訳: エアロビクス. 53, 11版 8刷, 1980, ベースボールマガジン社, 東京.
- 31) 浅見俊雄: “Aerobics” を日本人に適用する 2, 3 の問題点について. 体育科学, 2: 101-108, 1974.