

平成14年度 博士論文

題 目：自覚的コンディショニングの
系列的変動の分析評価

指導教官：田中 喜代次 助教授

所 属：筑波大学大学院博士課程
体育科学研究科

学籍番号： 985447

氏 名：中野 貴博

目 次

第 1 章	序論	・ ・ ・ 1
1.1	研究目的	・ ・ ・ 2
1.2	研究意義	・ ・ ・ 7
1.3	問題	・ ・ ・ 12
1.4	仮説	・ ・ ・ 15
1.5	用語の定義	・ ・ ・ 17
1.6	研究の限界	・ ・ ・ 22
1.7	研究のフレームワーク	・ ・ ・ 24
第 2 章	関連文献	・ ・ ・ 30
2.1	コンディション管理に関する文献研究	・ ・ ・ 31
2.2	単一事例研究法に関する文献研究	・ ・ ・ 36
2.3	多変量時系列データの分析に関する文献研究	・ ・ ・ 39
2.4	時系列分析の適用に関する文献研究	・ ・ ・ 44
第 3 章	分析手法と手順	・ ・ ・ 48
3.1	因子分析	・ ・ ・ 49
3.2	共分散構造構造	・ ・ ・ 53
3.3	ランダムイゼーション検定	・ ・ ・ 56
3.4	因子不変性の検討	・ ・ ・ 58
3.5	動的因子分析	・ ・ ・ 60
3.6	時系列分析	・ ・ ・ 64
第 4 章	研究課題 1	・ ・ ・ 68
	自覚的コンディション変動の因子構造の検証	
4.1	目的	・ ・ ・ 69
4.2	方法	・ ・ ・ 69

4.3	結果	・・・75
4.4	考察	・・・81
第5章	研究課題2	・・・84
	単一事例研究法における統計解析法を用いた トレーニング期分け間における自覚的 コンディションの個体内系列変動分析	
5.1	目的	・・・85
5.2	方法	・・・85
5.3	結果	・・・90
5.4	考察	・・・100
第6章	研究課題3	・・・102
	トレーニング期分け間における自覚的 コンディション因子構造の不変性	
6.1	目的	・・・103
6.2	方法	・・・103
6.3	結果	・・・108
6.4	考察	・・・113
第7章	研究課題4	・・・116
	自覚的コンディション変動の動的因子構造	
7.1	目的	・・・117
7.2	方法	・・・117
7.3	結果	・・・126
7.4	考察	・・・139

第 8 章 研究課題 5	・ ・ ・ 146
時系列分析法による自覚的コンディション変動分析	
8.1 目的	・ ・ ・ 147
8.2 方法	・ ・ ・ 147
8.3 結果	・ ・ ・ 151
8.4 考察	・ ・ ・ 163
第 9 章 総括	・ ・ ・ 167
9.1 自覚的コンディション変動の因子構造分析	・ ・ ・ 168
9.2 自覚的コンディション変動の変動分析	・ ・ ・ 170
9.3 結語	・ ・ ・ 172
9.4 今後の課題	・ ・ ・ 174
謝辞	・ ・ ・
参考文献	・ ・ ・ 175
資料	・ ・ ・ 188
関連論文	・ ・ ・ 197

第 1 章

序 論

1.1 研究目的

競技者のコンディショニングでは、目指す大会期日に照準を合わせてトップコンディションになるように準備することを目的とし、選手自らがコントロールしていかなければならない(萩田, 1995)。コンディション(心身の状態)は、体重、体温、脈拍、自覚的体調、情緒などの複数の簡易項目を用いてほぼ毎日測定することが可能であり、各個人のコンディション変動に関するデータが多変量時系列データの形で得られる(中野・西嶋, 2001)。コンディションは個体内においてトレーニング内容や量などの影響を受けて変動すると考えられるために、競技水準が高くなり、個別性の原則に基づいた(Ravizza and Daruty, 1985)個別のトレーニング計画が実施されるようになるほど、その変動も個別性が強くなるのが特徴である。このため、競技水準の高い個々の選手についてコンディションの個体内変動を的確に分析評価できれば、コンディショニングを実施している選手、監督、コーチなどに有益な情報をフィードバックすることが可能となり、選手自らによるコンディション管理(コントロール)を容易にすることが可能となる。

一方、コンディション変動に関する研究では、反復測定を伴う実験計画法を用いている場合が多く、要因の効果をグループ間の平均値の差によって検証している。このような方法では個人差を誤差変動と考えると平均値の変動から因子の効果を検証する。しかしながら、研究の考察において「個人差の存在を考慮するべきである」と述べられている(川原, 1991; 菅原, 1996; 菅原ほか, 1999)ことが多い。この問題を解決するためには、個体内変動に着目することが必要であると考えられる。そのための研究方法として単一事例研究法が考えられる。単一事例研究法は、平均値では消されてしまう個人内の変化に興味がある場合に有効であり(Barlow and Hersen, 1984; 岩本・川俣, 1996)、一事例ではあるものの、独立変数と従属変数を決めて数量的データを収集し、反復測定をして統計処理をすることによって、客観的な評価が可能となる(丹野・山田, 2000)。単一事例

研究法により得られた結果より一般的見解を得るためには、単一事例研究法の概を多標本に適用する必要がある。しかしながら、多標本の個別データを客観的に評価する方法は未開発である。この点は研究の限界であると考えられるが、個別性を重視したデータ採取から分析・評価までの手順を一般化することで、今後、結果の積み重ねによる一般化を可能にする。

競技者のコンディション評価に関する研究には、血液検査による体調評価の妥当性を示すもの(河野,1990),コントロールテストを用いた体力評価(和久・河野,1993),POMSなどの質問紙テストによる精神状態の評価(川原,1991)などがある。いずれの報告も横断的データを用いて任意の時点でのコンディションを捉えるためには有効な手段であると考えられるが、個々人の系列的なコンディション変動を評価することを目的として尺度構成されてはいない。本来、心身のコンディションは強い個別性を持って日々の変動を繰り返しているものであり、任意の時点での状態把握に加えて、簡易な項目を用いて毎日のコンディションチェックを継続的に行い、その系列的な変動を統計学的に分析評価することが必要である。しかしながら、トレーニングに伴う体力・運動能力の発達傾向を評価した研究などにおいてもグラフ観察法を用いることが主流であり、経年的あるいは経週的変動に対する統計学的な評価は行われていない。そのため、結論が主観的であり統計学を用いた客観的な結論が得られていない(山田,1998b)。原因としては、系列的変動を示すデータに対する統計解析法が未開発あるいは難解であったことと、コンディションの系列的変動は個別性が大きく、集団の平均値を用いてコンディション変動を評価した場合、推測統計学的に有意な結果を得ることが困難であったことが考えられる。

近年の単一事例研究分野における推測統計学的手法の発展(山田,1998a;山田,1999)は、これらの問題を解消し、個々の競技者における系列的なコンディション変動の評価を可能にするものであると考えられる。また、計量経済学分野では、系列的に変動する経済においては、様々な因子が複雑に絡まりあって1つのシステムを作り上げているという考えに基づいて、その中の核となる主要なものを抜き出し、これら相互の因果関係

を分析する計量モデル分析法が確立されている(刈屋,1987).系列的変動を司る因子を抽出し,その因果構造を明らかにするという考え方は,本研究において扱う個人のコンディションのように複数の項目を用いて観察される事柄における変動因子の抽出および,その因果構造モデルの検証に適用することが可能である.体育科学分野における研究においても,アンケート調査などのように複数の項目により観察された事柄を因子分析などの手法を用いて因子を抽出し,その構造を明らかにするという研究は多く行われている.また,単一事例研究法はひとつのケースについてある一定期間,少なくともひとつの独立変数について繰り返し測定を行うことを基本方略としており(Kazdin,1982;Barlow and Hersen,1997),時系列に沿った反復測定が基本となる.そのため,データの系列的な変動に対しても適切な統計手法を用いることで分析評価を行うことが求められる.

本研究において扱う個人のコンディション変動に関するデータは単一事例研究法の考えに沿って得られる.そのため,系列的変動の評価を行うことで有用な結果を導くことができるものと考えられる(Horne and Yang and Ware,1982;Morley and Adams,1989).しかしながら,個人のコンディション変動に関するデータに代表されるような多変量時系列データに対する分析評価法は体育科学の分野では提案されてきていない.そのため,体育科学分野においては集団の中の一個人に焦点が当てられた研究が行われてこなかった.近年,個人サポートの重要性が頻繁に叫ばれるようになり,研究においても特徴のある個人の存在は無視できない.このような観点からも個人の系列的変動データへの評価法を確立することは有効であると考えられる.特に競技現場においては,個別性の強い選手のコンディション変動に対しても適切な評価を与えることが可能になり,目標とする大会へのコンディショニング作りに役立つことは間違いない.そこで,本研究では個人のコンディション管理データに因子構造分析と変動分析を二本柱とした統計的分析法を適用することで,選手のコンディション変動を適切に評価することを目的とした.

以上のように,競技者のコンディション変動データは,個別,多変量,時

系列を特徴としているために数理モデルを適用した統計分析は未開であった。本研究における因子構造分析では、選手のコンディション変動がどのような構造をしており、変動因子はどの項目でチェックできるかを統計的に明らかにすることで選手がコンディション管理を行い易くすることを目的とした。さらに、変動分析では、トレーニング期分けでのコンディションの変化を統計的に明らかにする。また、時系列分析により各因子の変動傾向を明らかにし、それに伴うパフォーマンス成就の予測モデルを作成することで選手の目標達成のために必要なコンディション管理を明らかにすることを目的とした。

時系列変動因子構造の分析においては、現在では因子分析と共分散構造分析の2つの手法が中心であると言える。研究課題1では、コンディション変動に関する因子構造が潜在的なコンディション管理という概念下の少数の変動因子により構成されていることを示す。研究課題3では、同定された因子構造がトレーニング期分けに左右されることなく不変であるかということを検証する。同時にトレーニング期分け間で因子構造のどの部分に変化が生じているかを検証する(狩野2002)。研究課題4では、データが時系列に観察された多変量データであることを考え、最新の手法(Molenaar, 1985; Wood and Brown, 1994)を用いることで時間変化に伴う構造の変化を検証し、時間的に複雑に絡み合った観測項目により構成される因子構造としてコンディション変動因子構造を示すことを目的とした。

変動分析においては、単一事例研究法の分野で確立されている方法として測定期間中に何らかの介入行為を行うことによって、ベースライン期(介入以前の期間)と処理期(介入中の期間)の変化を検討する方法がある(Edgington, 1992; Crosbie, 1993)。本研究では、自覚的な心身のコンディションに対して、練習内容などの変化が考えられるトレーニング期分けを介入行為と捉えることによって、単一事例研究法のデザインが適用できるものと考えられる。単一事例研究法は、応用行動分析の専門学術雑誌(Journal of Applied Behavior Analysis)が創刊されたのを機に、心

理学，精神医学の論文でも利用されるようになった．近年は，行動分析学などの分野で高い注目を浴びており(山田,1996;桑田,1998;山田,1998a;山田,1998b)，特に系列的な変動をするデータに対しての統計的分析手法が多く提案されてきている．中でもランダマイゼーション検定(Edgington,1978;Edgington,1992)などの新しい仮説検定法を用いることで個体内の系列的変動データに対して推測統計学的手法を用いた実証研究が成立している．このような統計学的な認識が可能になることは，これまでの視覚的判断のみによって行われていた評価法から1段階進んだ客観的評価を可能にするものと考えられる．研究課題2では，これらの推測統計学的手法を適用してトレーニング期分け間でのコンディションの系列的变化を統計的に明らかにする．研究課題5では，変動因子の傾向把握およびそれに伴う予測モデルの作成を行う．時系列変動の分析法としては古くから経済学の分野を中心に発展した時系列分析法がある(Box and Jenkins,1976;北川,1998)．しかしながら，時系列分析法はその理論の難解さと分析の難しさ，さらには多くの時系列データの必要性のために体育科学の分野で適用された例は少ない．しかし，近年はアプリケーションソフトの発展に伴い時系列分析を実行することも容易になったと言える．そこで，本研究では，個人における長期のコンディションデータを得て，伝統的で，かつ理論的にも優れた手法である時系列分析法を適用し，コンディション変動因子の変動傾向の把握および周期性の探索を行う．加えて複数の因子の変動から予想される選手のパフォーマンス予測モデルを作成することで，パフォーマンス発揮を予測するために特に考慮すべき因子を明らかにすることを目的とした．

1.2 研究意義

1) コンディションの自己管理方法の開発

競技スポーツ、レクリエーションスポーツ、健康運動などのあらゆるスポーツ活動において心身の状態を正確に把握し整えていくことは、最適なパフォーマンスを発揮するためにも、また運動によって喜びや満足感を得ていくためにも非常に重要なことであると考えられる。

和久ら(1996)の考えに基づいて、スポーツトレーニングに伴うコンディション管理の方法として、選手自身が行うセルフコントロール、トレーナーやコーチが行うプライマリーコントロール、そしてスポーツドクターによる二次コントロールの三層構造(図1.1)が考えられる。この中で最も下位の層に位置する自身によるセルフコントロールがなされなくては、そこから上位の層におけるコントロールも十分な機能を果たすことは難しいと言える。より上位なコンディショニングを実現するためにも、スポーツ選手を始めとした運動を行う人が自らの手でコンディションを個々に把握していくための指標の提案と、それを正確に評価していく方法を確立することが必要である。

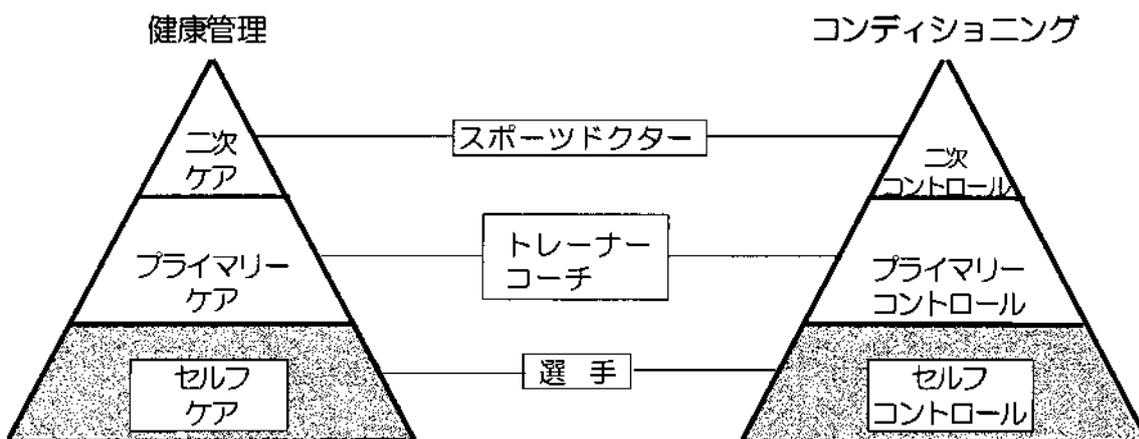


図1.1 健康管理とコンディショニングの三層構造 (和久・河野, 1996 改)

2) 個人の時系列変動データに対する統計学的方法の適用

年間のトレーニング過程では、選手自らがコンディションを把握することが必要不可欠である。また、選手自身によるコンディション管理データは極めて個別性が強いものとなることが容易に想定される。従来は、一個体内における系列的変動現象を計量的に扱うことは困難であった。しかし、これまでのグラフ観察による視認的方法(Barlow and Hersen, 1984; 山田, 1996)に加えて、単一事例研究法における統計的手法として、ランダムイゼーション検定(Edington, 1975; Edington, 1992)などの新しい手法を用いることで簡易に計量的なコンディション変動を評価可能となる(山田, 1998b)。また、長期の時系列なコンディションデータを得ることができれば時系列分析の適用も可能であり、より詳細な評価ができるものと考えられる。

単一事例研究法における研究のフレームワークは、同一個人あるいは同一集団における系列的変動を評価するのに適しており、個体間の差を検討するのではなく個体内変動を検討するものである(Barlow and Hersen, 1984)。臨床心理学分野では、図1.2のように、研究方法体系を階層構造として示している。図中の「一事例実験」は単一事例研究に相当する。Dryden et al. (1991)によると、最も下位の階層に位置する事例研究(ケース・スタディ法)は、一例だけのものから多数例を集めて比較する多数例研究までであるが、これらに共通している点は事例の報告という点である。一事例実験は、統計処理を用いることにより客観的評価を可能にするという意味で事例研究より一歩進んだ段階として説明される。個人差の大きな現象を扱っていく上では、一事例実験の導入と発展が有用である(丹野・山田, 2000)。

以上のことを踏まえると、本研究において近年発展してきた単一事例研究法における推測統計学的方法を適用して、自覚的なコンディションの系列的変動を評価することは体育科学分野における学術的要求に応えるものであると考えられる。

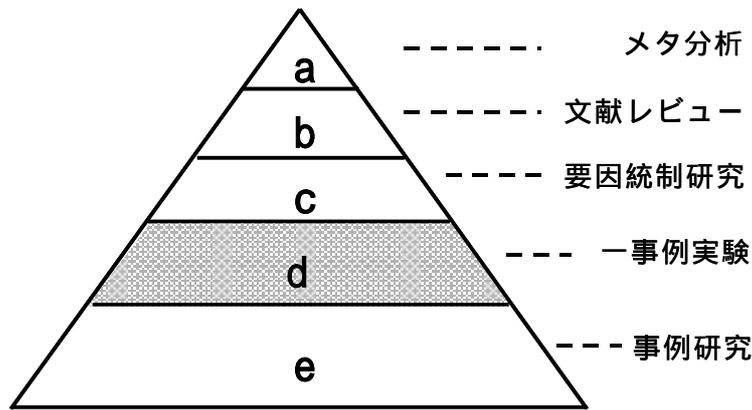


図 1.2 研究方法体系（丹野，2000）

3) 自覚的コンディション変動の因子構造の検証

自覚的コンディションは、体重、体温、脈拍、自覚的体調、情緒などの複数の簡易項目を用いて毎日の観察および測定が可能である（中野，2001）。複数の項目を用いて観察および記録されたデータを正確に解釈し評価するためには少数の因子にデータを縮約する方法が使われる。因子分析などを用いて多変量データを少数の因子に縮約し解釈を行う方法は古くから行われてきている（Spearman，1904；Cattell，1952）。選手のコンディションに関しても、このような方法を適用することでコンディションがどのような因子の関わり合いにより変動しているかを示すことが可能になる。また因子間の関係を検証することで、コンディション変動に関する各変動因子間の因果関係を明確にすることも有効である。近年、計量経済学分野において行われている時系列データの因子分析モデル（津田，1994；縄田，1997）は、株価の変動に共通する因子を解析するものであり、この考え方は複数の項目で評価されるコンディション変動因子の分析にも適用することができる。共分散構造分析の発展により、コンディションの変動という直接測定不可能な概念を変動因子間の因果関係の背後に仮定し検証することもできるようになった。また、因子得点などを用いて各因子を新しい指標とし、その変動を分析評価することも有効であろう。さらに同定された因子構造が常に不変であるかを検証し、いつの時期でも現場のコンディ

ショニングの考えに適用可能な構造であるかを検証することも必要である (Meredith, 1993; 狩野, 1997)。データが時系列データの場合には, 因子を構成する観測項目間にも時間差が生じていることが想定されるため, データの系列相関を考慮して観測項目に時間差を組み込んだ変数により因子構造を示すことの意義も大きい。

以上のように, 自覚的コンディション変動の因子構造を様々な視点から検証し明示することで, 複雑に関係を及ぼし合う因子の関係性を明らかにすることができる。現場においてコンディションを管理していく上でも, コンディション変動の因子構造ならびに因子の関係性を把握しておくことは重要である。

4) 個人のコンディションに関する多変量時系列データの分析評価

単一事例研究法の考えに沿って得られる, 個人のコンディションに関するデータは多変量時系列データになる。多変量時系列データの形式には多くの情報量が含まれる(北川, 1998)が, 主にデータが時系列であることに起因して分析評価は複雑なものとなる。しかしながら, 的確な分析手法と評価を行うことで多くの情報を抽出することが可能である。多変量データに求められる因子構造の検証の意義については前述の通りである。一方, 時系列データでは時系列データ特有の系列相関を考慮することが求められる (Morley and Adams, 1989)。近年, 提案された動的因子分析法は, これら2つの意義に応える最新の手法であり, 時間軸に沿った要因間の変化や構造の変化を検証することが可能になる (Molenaar, 1985; Wood and Brown, 1994)。単一事例研究法により得られるデータへの適用の有効性も示されている (Wood and Brown, 1994; Hershberger and Corneal and Molenaar, 1994)。そのため, 本研究におけるコンディションデータに動的因子分析法を適用して意味ある分析結果を示すことは学術的にも極めて意義の高いことである。個人の時系列データを評価する際には, いずれの分析法においても比較対照は異なる時点での自分であり, 個別性の強い現象における分析評価法に新しい視点を加えることができるものと思われる。

5) コンディション変動の変動分析と予測

時系列に観察される個人のコンディション変動を各因子ごとに分析することでシーズンを通した選手のコンディション変動を捉えることが可能になる。時系列データに対する分析法は多くのデータ数を必要とする (Box and Jenkins, 1976; 山田, 1998a) が, 本研究ではランダムイゼーション検定 (Edington, 1975; Edington, 1992) などの, 単一事例研究法の分野において提案されている簡易な時系列分析法を適用することで統計的な評価を可能にする。しかしながら, 時系列に観察される事柄に関しては, 古くから提案され理論的にも優れている時系列分析法 (Box and Jenkins, 1976) を適用することで, より詳細な分析評価が可能になると思われる。近年のコンピュータ並びにアプリケーションソフトの発展に伴って時系列分析を行うことも以前よりは容易になった。このような状況を考えあわせると長期のコンディションデータを得て, 時系列分析を適用し, 周期性などの詳細な分析結果を示すことは有意義であると考えられる。加えて, 同定された因子構造ならびに因子の変動傾向をもとに, 各変動因子を予測変数とした選手のパフォーマンス予測モデルを構築することで, パフォーマンス決定のために重視すべき因子の存在を明らかにできるものと考えられる。

1.3 問題

一般的問題

本研究では、スポーツトレーニングに伴う個々人のコンディション変動の因子構造はいかなるものであり、どのような分析手順により検証できるか、という問題と、変動因子の変動傾向はいかなるものであり、どのような分析手順により検証できるか、という2つの一般的問題を解決することを目的とした。

一般的問題は、以下のような下位問題から構成された。

下位問題

1. 個体内における自覚的コンディション変動における因子構造は、どのようなものか。

高度なコンディショニングを実現するための自己管理を促進するために自覚的なコンディション変動の因子構造を明らかにするべきである。

自覚的なコンディションは複数の観測項目を用いて評価される。さらに、それぞれの項目は、いくつかの潜在的な自覚的コンディション変動因子における下位領域として存在していると考えられる。そこで、本研究では、始めに自覚的コンディション変動因子の仮説構造を構築し、各因子の下位領域(実際の観測変数)を対象者にとって適するように設定する必要がある。

(1-1, 自覚的コンディション変動の尺度構成)

実際に、対象者に適したコンディション変動因子を用いて系列的な変動を評価していくためには、設定された観測変数がどのような因子構造を示しているかを確かめる必要がある。また、各変動因子は相互に関連があるものと考えられるために、より高次の潜在因子を導入するべきである。このため、二次因子構造により自覚的なコンディションの因子構造を示す。

(1-2, 自覚的コンディション変動因子構造の検証)

(研究課題1)

2. トレーニング期分け間で自覚的コンディションの変動因子は変化しているか.

これまでのコンディション評価に関する研究では、コントロールテストや血液検査を用いた任意の時点での状態把握が主に行われてきた。しかし、そのような評価方法に加えて、強い個別性を持ってトレーニング内容や量などの影響を受けながら日々変動を繰り返している自覚的なコンディションの変動を評価していくことの重要性を前節で述べた。トレーニング内容の変化を反映させるためには、トレーニングの期分けの概念を導入する。また、個別性を重視するために、この分野において単一事例研究法を適用することは有効である。さらに、これまでのように変動を視覚的にグラフ観察するのみではなく、統計学的な分析手法との併用によって、より客観的にトレーニング期分け間で自覚的コンディションの変動因子が変化していることを示す。

(研究課題2)

3. トレーニング期分けに伴い、自覚的コンディション変動の因子構造はどのように変化するか.

研究課題2で示したようにトレーニング期分け間で変動因子は変化していた。そのため、トレーニング期分け間において因子構造が不変であるかという問題を検討するべきである。同時に、因子間の構造だけでなく、因子と観測項目間の関係性が微妙に変化することも考えられる。そのため、不変モデルの局所評価を行うことでトレーニング期分けにより因子とそれを説明する観測項目の関係性の変化を検討する必要がある。

(研究課題3)

4．自覚的コンディション変動の因子構造は，時間差を考慮した変数で構成できるか．

本研究では研究課題1，研究課題3で自覚的コンディションの個体内変動に関する因子構造の分析評価を行った．しかし，時系列に観察されたコンディションの系列的変動を考慮した構造を示すことはできなかった．

コンディションは，毎日のトレーニング生活に伴って変動しており，体重，体温，脈拍，自覚的体調などの簡易な項目を用いてほぼ毎日，主体的に測定することで，各個人のコンディション変動に関する時系列データが得られる．このようなデータは多変量時系列データの形式となり，各因子を時間的に複雑に絡み合った変数構成により説明するべきであると考えられる．つまり，コンディション変動の因子構造を同日の項目，前日の項目，前々日の項目など時間的に複雑に絡み合った因子構造として明示するべきである．

(研究課題4)

5．自覚的コンディション変動因子の変動傾向はどのようなものか．

研究課題4で確認された変動因子は時系列な変動を繰り返す因子である．そのため，各変動因子の時系列な変動傾向を捉える必要がある．また，定常，非定常，上昇，下降などの傾向に加えて変動の周期性の存在も考えられる．変動因子に変動傾向が存在すれば，選手のパフォーマンス変動との関係性を検討することの有効性が考えられる．変動因子を予測変数としたパフォーマンス予測の時系列モデルを作成することで，パフォーマンス発揮のために重視すべき因子の存在を統計的に明らかにするべきである．

(研究課題5)

1.4 仮説

1. 個体内における自覚的コンディション変動における因子構造は、二次因子構造である。

自覚的なコンディション変動は、複数の項目を用いて評価できると考えられる。さらに、時系列データの因子分析モデルを適用することで、いくつかの変動因子として抽出することができるものと予想される。

また、これらの因子間には相互に関連があるものと考えられ、より高次の潜在因子の存在が予想される。高次の潜在因子を導入可能な二次因子分析を用いることで、良好な適合度の得られる妥当な二次因子モデルが検証されれば、対象者にとって適切な自覚的コンディションの因子構造を示すことができる。これによって、自覚的なコンディション変動を因子ごとに評価していくことの妥当性が示せる。

2. 個人の自覚的コンディションの変動因子はトレーニング期分け間で変化する。

競技者の自覚的なコンディションは、強い個別性を持って日々変動を続けている。単一事例研究法を適用することで、個別性を重視した個体内の自覚的なコンディション変動に焦点を当てられるものと考えられる。また、健康管理とコンディショニングの3層構造を考えると自覚的なコンディション変動を評価していくことは、コントロールテストや血液検査などによるコンディション把握のための基礎段階として重要であると言える。実際の評価では、従来のグラフ観察による視覚的判断法に加えて、新たな統計的手法を取り入れることで、より客観的な評価を可能にする。

さらに、トレーニング期分け間の因子の変動を統計的に分析することにより、トレーニング内容や量の変化に影響を受けた自覚的コンディションの変動因子の変化を評価することができる。

3．トレーニング期分けに伴い自覚的コンディション変動の因子構造は変化する部分がある．

研究課題2でトレーニング期分け間で変動因子構造は変化していた．それに伴い同時にトレーニング期分け間で因子構造および因子と観測項目間の関係性が変化することが予想される．期分け間の因子構造の不変性および不変モデルの局所評価を行うことで，因子構造の不変部分と変化部分を明らかにすることができる．これによって，トレーニング期ごとに重視すべきコンディションチェック項目を適切に設定可能になる．

4．自覚的コンディション変動の因子構造は動的因子構造である．

自覚的コンディションが複数の項目を用いて時系列に観察されることを考慮すると，その因子構造を動的な構造で示すことができれば観測項目間の複雑な時間的關係性を示すことができるのではないか．従来は，このような構造を示すことは難しかったが，最新的手法である動的因子分析法を適用することで，動的構造を示すことが可能になる．これにより，コンディションチェックを当日の指標だけでなく，前日や前々日の状態を考慮した形で行えるようになる．

5．自覚的コンディションの変動因子には傾向が存在する．

自覚的コンディションの変動因子には変動の仕方に傾向が存在することが予測される．時系列グラフならびにスペクトル解析を用いることで，統計的に変動因子の変動傾向と周期性の探索が可能になる．さらに，変動傾向をもとに，選手のパフォーマンス変動予測との関係性を検討することでパフォーマンス発揮のために重視すべき因子の存在を統計的に明らかにすることができる．

1.5 用語の定義

1) コンディションとコンディショニング

スポーツトレーニングに伴って変動するコンディションは、西嶋(1990a)、西嶋ら(1999a)、西嶋ら(1999b)の定義に準拠し、競技的状态を構成する心身の状態であると定義した。

同様に、コンディショニングは、現在のコンディションから目標とするコンディションとの間のギャップを最小化するプロセス(西嶋,1990a;西嶋ほか,1999a;西嶋ほか,1999b)であると定義した。スポーツ選手においては自らのコンディションを高める過程(小林,1992)である。

2) 自覚的なコンディション

本研究では、自覚的に観察される項目を中心に練習ならびに簡易な生理学的項目により構成したコンディション管理のQCシートによって測定された心身の状態を自覚的なコンディションとした。

3) 単一事例研究法(Single-case Study)

単一事例研究法は文字通り単一の被験者あるいはグループに対する研究方法である。平均値では相殺されてしまいがちな一個人内の変化に興味がある場合に有効である(Barlow and Hersen, 1984; 岩本・川俣, 1990)。さらに、一事例ではあるが、独立変数と従属変数を決めて数量的データを取り、反復測定をして統計処理をすることによって、かなり客観的な評価が可能となる(丹野・山田, 2000)。

4) 系列依存性

時系列に沿って観察を重ねたデータには、データ相互に相関関係を示す傾向があり、そのようなデータを系列依存性のあるデータという(Barlow and Hersen, 1984)。すなわち、継続的に集められたデータでは、その時の被験者の評価値により次の時点における被験者の状態をある程度予測で

きてしまう。

5) 自己相関係数

系列依存性のあるデータに対しては高い自己相関が認められることから、一般に系列依存性の有無の判断に自己相関係数が用いられる (Jones and Weinrott and Vaught, 1978; Barlow and Hersen, 1984; 縄田, 1997)。自己相関係数は同一変数の時間的な相関構造を表すものである (津田, 1994)。研究課題 2 では、系列依存性の有無を確認するために自己相関係数を用いている。また、研究課題 4 では動的因子構造において考慮すべきラグ数を決定するために自己相関係数および偏自己相関係数を用いている。

6) 視覚的判断

視覚的判断は、単一事例研究法におけるデータの評価法として伝統的に使われてきた方法であり、グラフ観察により行われる。しかし、この方法は評定者間の一致度が低くなる (山田, 1998b) ことが問題視されており、近年、視覚的判断と統計的検定法との併用が勧められている (Jones and Weinrott and Vaught, 1978; Park and Marasculio and Gaylord-Ross, 1990; 桑田, 1998)。これにより、異なる評定者においても同一の評価が得られることが期待されている。

7) QCシート

QCとはQuality Controlの略であり、もともとは生産管理における良い製品を製造するための管理活動のことである (椿, 1989)。西嶋 (1990a) は、QCの概念フレームワークを主体的な健康づくりおよび主体的なスポーツコンディショニングに応用した。本研究では、西嶋 (1990a) のスポーツコンディショニングにおけるQCの方法に準拠して「コンディショニングのQCシート」を作成した。

8) 適合度

実際に観測されたデータの分散共分散行列と作成されたモデルで再現さ

れる分散共分散行列の一致度合い。適合度検定には一般に χ^2 乗検定が用いられる。しかし、 χ^2 乗検定は厳密には、モデルと観測データが異なっているとは言えないことを示すものであり、積極的に作成されたモデルを肯定するものではない。そこで、本研究では適合度を示す指標としてGFI、AGFI、NFI、RMSEA、 χ^2 乗(p値)などを用いた。

GFIは、作成されたモデルが、標本分散共分散行列を説明する割合を示し、0.9以上の値がモデル採択の基準とされる。AGFIはGFIを修正したものであり、自由度調整済みGFIと呼ばれ、GFIの値が同一になる異なったモデルの選択に役立つ。また、NFIは、最も当てはまりが悪いと想定される独立モデルの適合度と比較した値であり、値が0ならば独立モデルと同程度に当てはまりが悪いことを示す。また、RMSEAはモデルの真の分散・共分散行列との距離を表し、 χ^2 乗(p値)はモデルが正しいという仮説を検定する(狩野, 1997; 豊田, 1998a; 山本・小野寺, 1999)。

9) 因子構造の不変性

尺度構成手続きにおいて、異なる集団および時期において尺度の因子構造が不変であるかを検証する必要性が述べられている。また、不変モデルにおいて局所評価することの有効性もあげられる。不変性は、異なる集団あるいは時期において同様の構造を仮定して多母集団の同時分析を適用することで検証が可能である。不変性の水準に関しては多くの提案がされているが、本研究においては、まず各因子が強い影響を受ける観測変数が全ての期間において同様であるかを確かめるために、存在する全てのパスの配置が一致したモデルが適合するものを配置不変。次に、因子と観測変数との関係性の大きさが全ての期間において同様であることを確かめるために、対応するパスの大きさが全て等しいモデルが適合するものを測定不変。全ての期間において配置および関係の大小に加えて、因子間相関と誤差も等しいとすることで、完全にモデルが一致することを確認するために、測定不変が成立し、かつ因子間相関行列および誤差相関行列も一致したモデルが適合するものを強因子不変として、その適合性を検討した。

9) 多変量時系列データ

一定の時間的間隔をもって時間軸に沿って観察されるデータを時系列データという。さらに、複数の項目を用いて、それぞれが時系列に観察され、これら一つ一つの時系列データを同時に扱う際のデータ形式を多変量時系列データという。時系列データ同様にデータの系列依存性が問題になり、しばしば時間的関係を考慮した分析が適用される。

10) 動的構造

本研究では、同時点における観測変数により構成される通常の要因構造に対して、時間的に複雑に絡み合った観測変数を用いて構成される構造を動的構造と呼ぶ。例えば、疲労因子は、前々日の就寝時刻と前日の平均気温と当日の朝食満足度の3つの観測変数によって説明されるなど。

11) ラグ

ラグとは時間的遅れのことを言う。時系列モデルにおいては、前期や前々期の変数を作成して、ラグ付き変数と呼ばれる変数を用いることがある。

12) 時系列

等しい時間間隔に沿った数値の列のことを時系列といい、同様に等しい時間間隔に沿って得られたデータのことを時系列データという。時系列データのことを単に時系列と呼んだり、ある変数Aに関する時系列データのことを系列Aと呼ぶことがある。

13) 定常・非定常

時間 t とともに変わるデータの集合を確率過程 $x(t)$ と言うが、このような確率過程 $x(t)$ において平均値や分散、自己共分散が時間 t に依存しない時、確率過程 $x(t)$ を定常であるという。逆に何らかの傾向があったり、分散が一定とは言えない、平均値がある時を境に変化するような確率過程 x

(t)を非定常であるという。

14) 階差

階差を取るとは差を取ることであり，例えば1次の階差を取る場合には現在のデータと一期前のデータとの差を取る．非定常な時系列に対して階差を取ることによって，しばしば定常な時系列になることが知られている．時系列データの線形予測モデルであるARIMAモデルのIは階差を表している．

$$\text{階差： } \quad \Delta x(t) = x(t) - x(t-1)$$

15) ホワイトノイズ

確率過程 $x(t)$ において平均が0，分散が一定の分布に従っており一次からn次までの自己相関が0とみなせる系列をホワイトノイズという．時系列予測モデルでは，残差がホワイトノイズになればモデルにより説明されていない時間的関連がないとみなし，予測モデルとして妥当であるとされる．残差がホワイトノイズになっているかどうかを検定するのがBox-Ljung検定である．

1.6 研究の限界

1) 定義による限界

本研究では、自覚的に観察される項目によって得られるコンディションを対象としている。和久ら(1996)の提案を改良したコンディションの三層構造のベース部分に位置づけられているセルフコントロールに基づくコンディショニングを対象とするために、自覚的に継続的観察が可能なコンディションに限定した。

2) 測定項目による限界

本研究で用いた測定項目が自覚的なコンディションチェックを行う上で万人に適するとは言えない。その為、個別性を重視する意味でも対象者に適する項目を柔軟に設定する必要がある。この点に関しては、本研究で行っている項目設定手続きも参考となると考える。

3) 単一事例研究法の適用による限界

一個人内の変化に興味がある場合に有効な単一事例研究法を適用しているために、一般的な結論を導くものとは立場が異なる。あくまで、個体内における系列的な変動の評価方法を開発するという立場で本研究は進められる。得られた結果を完全に一般化するためには、多標本多変量時系列データの分析法の開発が必要となるため、現段階では本研究で示す方法による結果の蓄積が望まれる。

4) 数理モデルによる限界

本研究では、主に統計学による分析手法の提案を行っている。そのため、評価法は数理モデルに基づくものとなる。数理モデルでは、現象の100%を説明することは理論上不可能である。

5) 分析手法による限界

本研究では、現在、一般的に使用可能である分析手法、あるいはプログラムなどが提案されており、実用可能な手法の範囲内で可能な分析評価を行っている。そのため統計学の発展に伴う限界がある。

1.7 研究のフレームワーク

1.7.1 課題構成

本研究ではスポーツ選手におけるコンディション変動の個別性を重視して、個人の自覚的コンディションを複数の項目を用いて継続的に測定したものを分析評価していく。その過程において5つの課題を設定した。課題構成をするに当たっては2つの背景に基づいて行った。

1つ目は複数の項目を用いて自覚的コンディションを測定するために、コンディション変動がいくつかの因子により構成されていることを示すことが有効であると考え、自覚的コンディション変動の因子構造を明らかにするための課題を設定した。課題1ではコンディション変動を二次因子構造の形で示すことを目的とした。課題3ではトレーニング期分け間の構造の不変性を検討することで、トレーニング期ごとの構造の特徴および因子と観測項目間の関係性の変化を検討することを目的とした。課題4ではコンディション変動の要因構造を同日の項目、前日の項目、前々日の項目など時間的に複雑に絡み合った要因構造として示すことを目的とした。

2つ目は自覚的コンディションの時系列に沿った変動を分析評価するために変動分析の方法に関する課題を設定した。課題2ではトレーニング期分けを自覚的コンディション変動への介入行為と捉えることで、トレーニング期分け間の個体内系列変動を視覚的判断および少数の時系列データでも適用可能な新しい推測統計学的方法を適用することで客観的に分析評価することを目的とした。課題5では自覚的コンディションデータに関する各変動因子の変動の周期性の検討およびARIMAモデルによるコンディション変動因子を用いたパフォーマンス予測の可能性ならびに、その際に特に重視すべき変動因子を明らかにすることを目的とした。

以上の課題を通して、本研究では複数項目を用いて時系列に観察される個人のコンディション変動を、因子構造分析および変動分析という2つの視点から分析評価する。

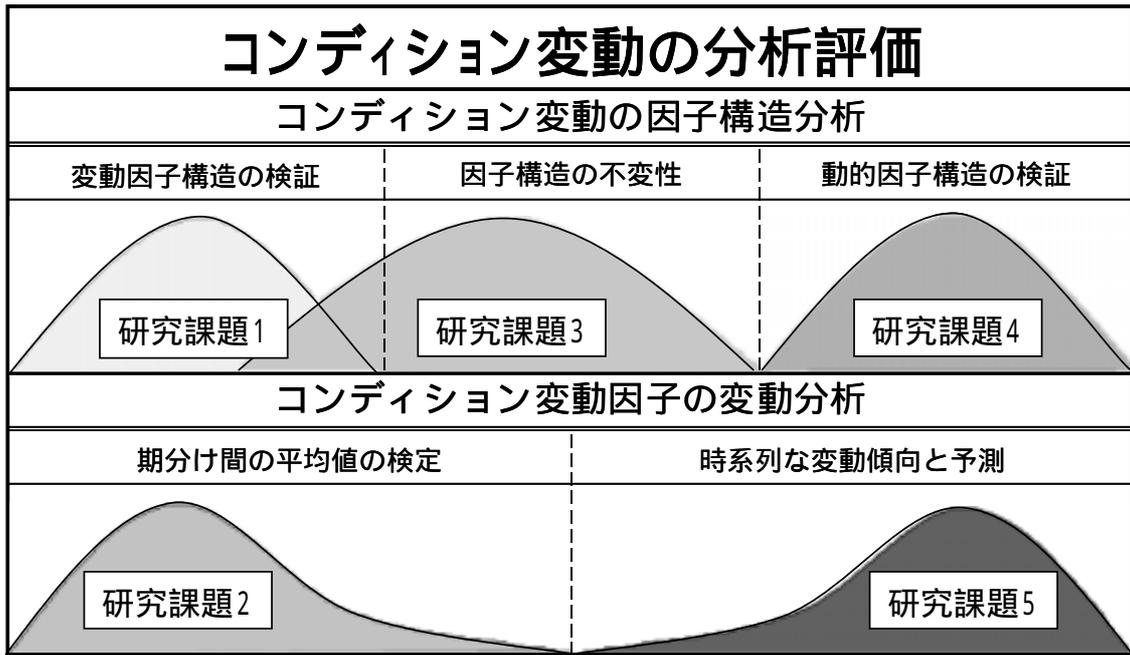


図 1.3 研究課題構成とその背景

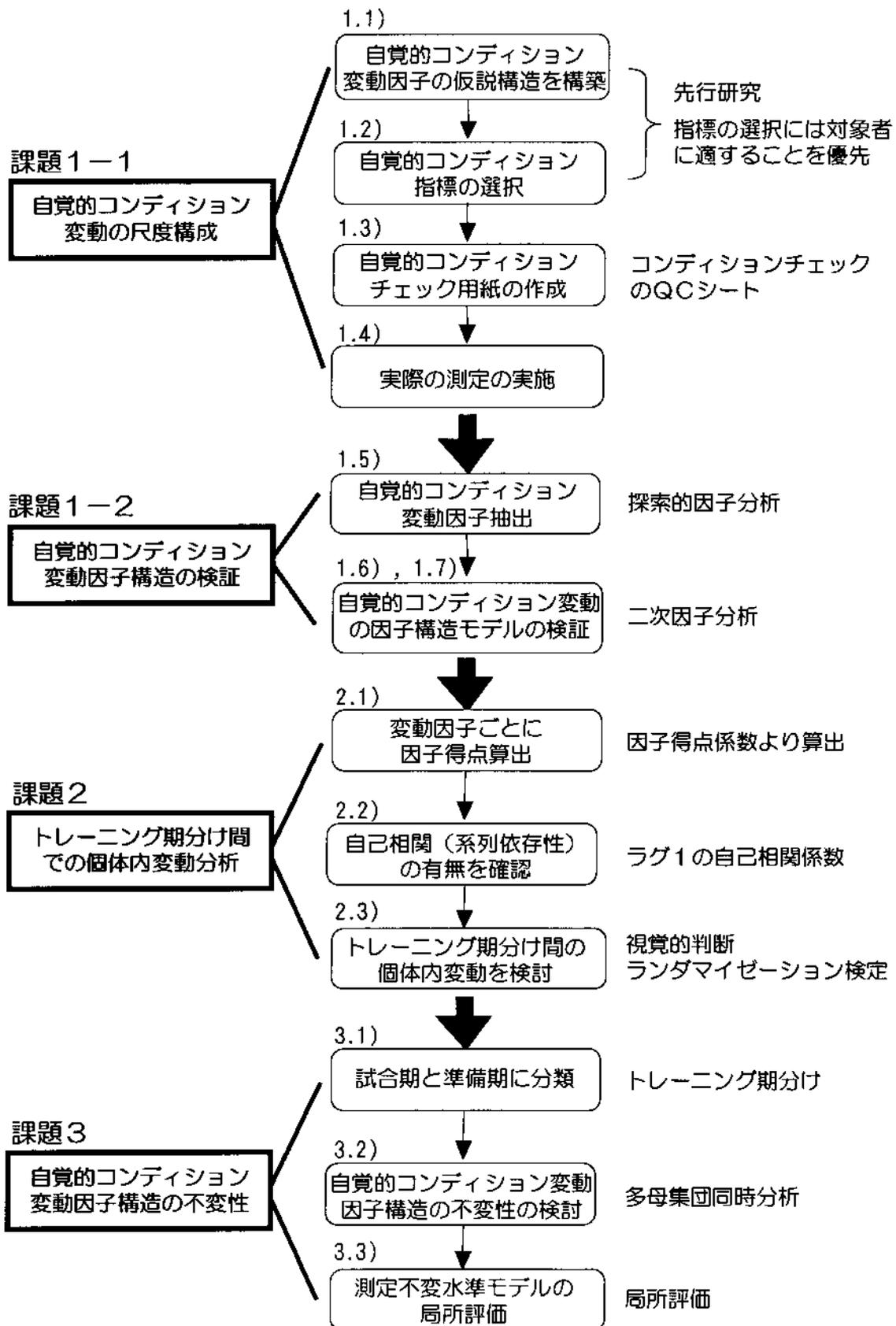


図1.4 研究のフレームワーク (課題1, 2, 3)

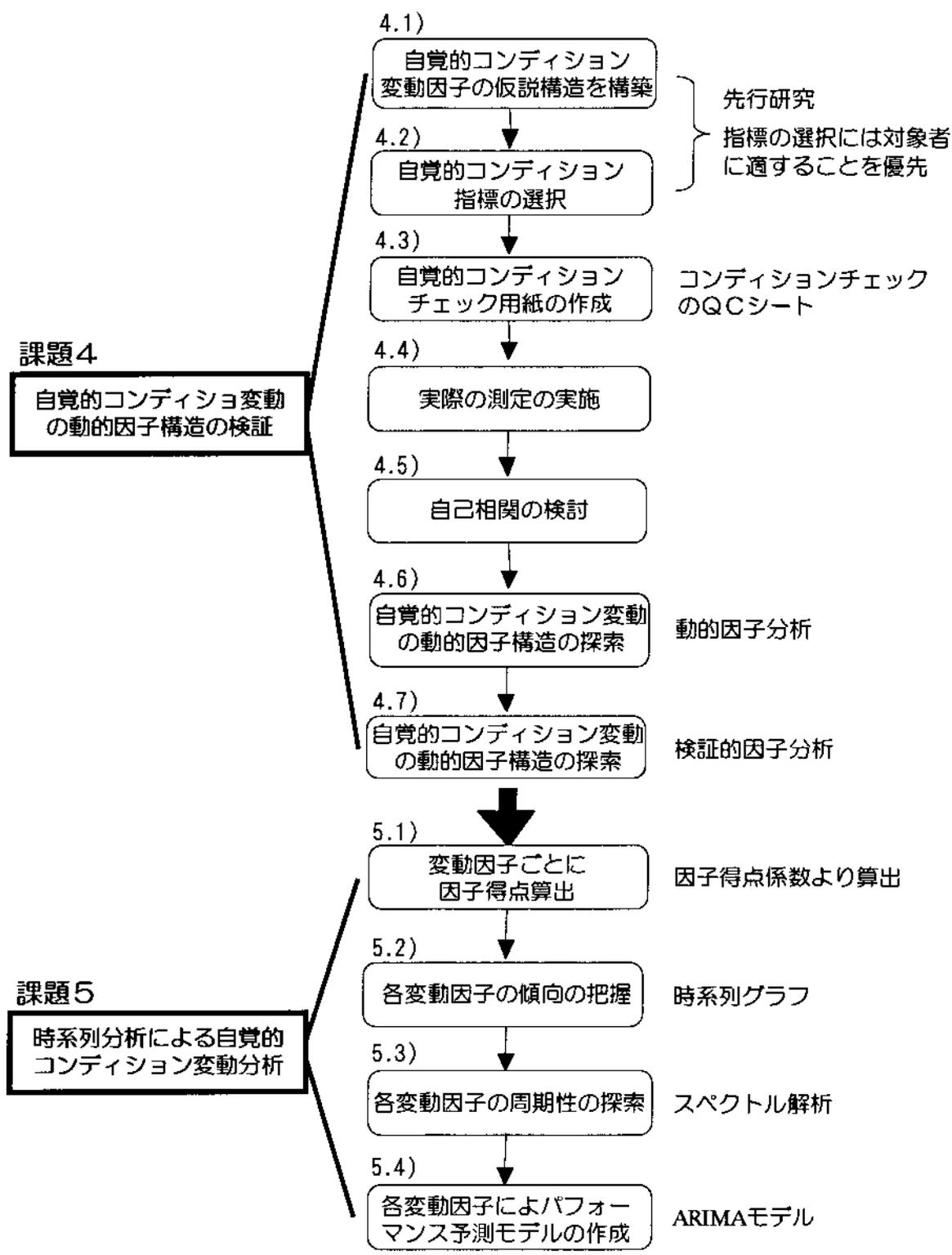


図 1.5 研究のフレームワーク（課題 4，5）

1.7.2 各研究課題の手続き

各課題は以下のような手続きで行われた（図 1.3，図 1.4）。

課題 1)

- 1．選手の自覚的コンディション変動因子の仮説構造を構築
- 2．内容的妥当性があり，毎日の調査が可能と思われる自覚的コンディション指標を選択
- 3．自覚的コンディションチェック用紙（QC用紙）を作成
- 4．実際の測定の実施
- 5．探索的因子分析により自覚的コンディションの変動因子を抽出
- 6．探索的因子分析の結果をもとに，自覚的コンディションの変動因子構造モデルを作成
- 7．二次因子分析により自覚的コンディション変動の因子構造モデルを検証．

課題 2)

- 1．課題 1 のモデルで承認された変動因子ごとに因子得点を算出
- 2．データの自己相関（系列依存性）の有無を確認
- 3．トレーニング期分け間におけるコンディション変動因子の個体内変動を視覚的判断とランダムイゼーション検定の併用により検討

課題 3)

- 1．トレーニング期分けを試合期と準備期に分類
- 2．個別分析により承認されたモデルに対して各不変水準の検討
- 3．測定不変水準モデルの局所評価

課題 4)

- 1 . 選手の自覚的コンディション変動因子の仮説構造を構築
- 2 . 内容的妥当性があり , 毎日の調査が可能と思われる自覚的コンディション指標を選択
- 3 . 自覚的コンディションチェック用紙 (QC 用紙) を作成
- 4 . 実際の測定の実施
- 6 . データの自己相関の検討 (モデルに組み込むラグ数の決定)
- 7 . 探索的立場による動的因子分析の実行
- 8 . 検証的因子分析による自覚的コンディションの動的因子構造の検証

課題 5)

- 1 . 課題 4 のモデルで承認された変動因子ごとに因子得点を算出
- 2 . データの時系列グラフによる傾向の把握
- 3 . スペクトル分析による変動因子の周期性の検討
- 4 . ARIMA モデルを用いたパフォーマンス予測モデルの作成と診断

第 2 章

関連文献

ここでは，1)コンディショニング管理に関する文献研究，2)単一事例研究法に関する文献研究)，3)多変量時系列データの分析に関する文献研究，4)時系列分析の適用に関する文献研究について要点をまとめ文献のレビューを行う．

2.1 コンディション管理に関する文献研究（研究意義1に相当）

和久ら（1996）は，スポーツ選手のコンディション管理を三層構造からなるものとして説明している．三層構造では，選手自身によるセルフコントロールが最下位層にあり，次に，トレーナーやコーチ，スポーツドクターによるプライマリーコントロールが来る．そして，最上位層には専門医による二次コントロールが位置付けられている．実際の競技現場では，セルフコントロールとプライマリーコントロールが中心になる．中でも，最も基本になるのはセルフコントロールであり，セルフコントロールが成されなければ上位のコントロールが十分な機能を果たすことができないと述べられている．また，セルフコントロールに関しては，個々の選手に適した指標が必要であり，それらの指標を用いて日常的にチェックするべきであるとしている．このように，コンディション管理を行う上で，選手自身による自己管理は欠くことのできないものである．自己管理を行うための指標の例としては，心拍数や血圧，体温，体重，平衡機能，自覚的な体調や疲労，睡眠状況などの自覚的なコンディション項目とProfile of mood state (POMS)（横山・荒記，1994）が推奨されている．

香田ら（1994）は，組織的な健康管理体制について筑波大学剣道部における例を用いて示している．内容は，メディカルスタッフによるメディカルチェックを大きな柱として，その他にPOMSによるコンディションの把握，稽古，傷害記録の管理などを行っている．これによって，同部における戦績は目覚ましく向上した．香田らの方法は，多くのスタッフを使って，和久らの示したコンディション管理を全ての層に渡って実現した例であると考えられる．しかし，香田らも述べているように，大学の部活やクラブ

チームにおいてこのような組織的なコンディション管理を行っているチームは希であり，サポートチームを組織的に構成することが難しいのも現実である．この意味でも，サポートチームを必要としないセルフコントロールを，コンディション管理のベースとして実現する必要性がある．

コンディションの自己管理の指標としては，血液検査や尿検査を用いたもの，脈拍，体重などの簡易な生理学的項目を用いたもの，主にPOMSを用いた心理テストによるもの，QCリストを用いたセルフコントロールによるものなどがある．また，指標の提案ではないがサーカディアンリズム（Atkinson and Reilly, 1996；千葉，1975）などの時間生物学的検討を加えることも意味があるものと考えられる．

血液検査項目を用いた例として，白井ら（1998）は血中のヘモグロビン濃度がパフォーマンスを決定する要因のひとつと考え，陸上長距離選手に対して，ヘモグロビン値とパフォーマンス（走速度）の関連を検討している．その結果，有意な相関を得て，コンディション状態を表すひとつの指標として提案している．尿検査を用いた研究としては，川原（1992）がオーバートレーニングに関する研究の中で，コンディションチェックの指標として示している．陸上長距離選手14名に対して，27日間の合宿中に起床時および練習後に尿検査を行ったところ，起床時にはほとんどの場合，異常が見られなかったが，練習後にはしばしば尿蛋白，尿潜血が見られている．特に，練習負荷が大きいほど尿潜血が出現し易かったと述べられているが，尿蛋白，尿潜血の出現には個人差があり，評価にあたっては個人差を考慮する必要があるとしている．このような，血液検査や尿検査をコンディション管理の指標として用いることは有効であると考えられる．しかし，このような検査は日常的に簡易に行えるとは言い難い．そのため，毎日のセルフコントロール項目として用いるのは難しい．和久ら（1996）も，血液検査や尿検査は第二層のプライマリーコントロールとして位置付けており，セルフコントロールの結果が情報のベースとなると述べている．

簡易な生理学的項目を用いたコンディション管理において，よく用いられているのは脈拍と体重である．中でも起床時の脈拍が指標となるとして

いるものも多く見られる (Dressendorfer and Wade and Scaff , 1985 ; 川原 , 1992 ; 小林 , 1992 ; 和久・河野 , 1993) . Dressendorfer et al . (1985) は 12 人の男子長距離選手に対して疲労状態と起床時の脈拍 , 体重 , 直腸温 , 血圧との関係を調べた . その結果 , 疲労状態と有意な関係を見出したものは起床時の脈拍だけであったことを示し , これがオーバートレーニングの兆候を捉えることや防止することの指標になるかもしれないと述べている . 体重に関しては , Dressendorfer et al . (1985) の研究でもそうであったように積極的な関係を示しているものは多くないが , 小林 (1992) がまとめている見解によると , 起床後 , 排尿してから 10g 単位で体重を測定するとコンディションの目安となるとされている . これらの研究から , 起床時の脈拍や体重などの簡易な生理学的項目がコンディション管理の指標となることが考えられる . また , これらの項目は , 選手自身が日常的に測定可能でありセルフコントロールの項目としても適していると考えられる .

POMS を用いている研究も数多く見られる (Morgan , 1987 ; 山本 , 1990 ; 川原 , 1991 ; 小林 , 1992 ; 徳永ほか , 1992) . 川原 (1991) は陸上選手の高所トレーニング合宿 (14 日間) 中の POMS 評価の変化を観察し , POMS の構成要素である T : 不安 , D : 抑うつ , A : 怒り , V : 元気 , F : 疲労 , C : 混乱の変化を示している . これによると , 疲労状態では V が低下し , F の上昇が見られ , さらにコンディションが悪化すると T , D , A , などの要素も上昇してきたとされている . また POMS テストでは疲労状態だけでなく精神的ストレスの影響も見られ , 評価の際にその背景を考慮する必要があると述べている . Morgan (1987) は , 競技でのピークパフォーマンス時には POMS によって積極的な精神健康状態となり , 気分や情緒の障害は , パフォーマンスを低下させることを見い出している . このように , POMS はコンディションの変化を反映した結果を導いてくれる質問紙であると言える . しかし , 多くの場合 , POMS は過去 1 週間や過去 3 日間などについて問うもの (横山・荒記 , 1994) であり , 項目数も 65 項目と多く日常的な測定には不向きであると思われる .

そこで、西嶋ら(1990a;1999b;2000b)が提案してきているQCリストを用いたセルフコントロールによるコンディション管理が挙げられる。QCとはQuality Controlの略であり、もともと生産管理に用いられていた考えを健康管理やスポーツ選手のコンディショニング管理に応用している。QCリストは、体調や疲労、食事の状態などを自覚的に評価する項目と、練習内容や練習における強度、満足感、意欲などを自覚的に評価する項目に加えて、脈拍や体重、体温などの簡易な生理学的項目も測定し、記録していくように作られている。項目数も、20項目前後でありセルフコントロールには適当であると考えられる。この方法を用いた研究の多くでは、一時点を捉えるコンディション指標として扱っているのではなく、フィードバック効果があり(西嶋,1990a)自己管理を促すことができる(西嶋ほか,1999a;西嶋ほか,1999b)コンディショニングの方法であることが示されている。QCリストによるコンディション管理法は、セルフコントロールを実現するために適した方法であると考えられる。

また、サーカディアンリズムなどの時間生物学的検討を行った研究では、浅見ら(1985)が全身反応時間、タッピング、握力、垂直跳に対して日間変動を検討し、各項目に個人の周期があることを見い出している。Faria et al.(1982)の研究では運動前の安静時体温および安静時脈拍に関して、日中に増加を示し夜になると下降を示したことを述べている。菅原(1996)は、人の朝方、夜型といったクロノタイプごとに運動負荷に対する自律神経反応性の違いを検討し、その違いを示した。これらの研究より、コンディション管理に用いる指標にも個人のタイプごとに、日内変動や一定の周期を持った日間変動がある可能性がある。そのため、各指標、特に体温や脈拍などの簡易な生理学的指標に対しては毎日、同一のタイミングで測定していく必要性があると言える。

以上のことより、コンディショニング管理のためには、まず第一にセルフコントロールを実現する必要性があり、そのための方法としては簡易な生理学的指標も盛り込んだQCリストを用いて日常的に行っていくのが良いと考えられる。簡易な生理学的指標に対しては毎日、できるかぎり同一の

タイミングで測定することが求められる。また、コンディション指標の変化には個人差があることも示されていたので、個体内の変動を評価していくことが必要であると考える。

2.2 単一事例研究法に関する文献研究（研究意義2に相当）

ある特定個人の行動を科学的に研究するという事は、心理学、生理学では歴史的に相当古いことである（Barlow and Hersen, 1984）。このような領域において厳密な科学となるための最初の実験はいずれも単一の個体についてであった。この研究方法の基本的な方法としてKazdin(1982)は、ひとつのケースについて異なる水準のもとで、ある一定期間、少なくともひとつの独立変数について繰り返し測定を行うことと述べている。これが、単一事例研究法の基本方略であると言える。また、近年の単一事例研究法における統計的検定法の発展を踏まえて、丹野ら（2000）は、一事例ではあるものの独立変数と従属変数を決めて数量的データを収集し、反復測定を行い統計処理をすることによって、かなり客観的な評価が可能となると述べている。このように、単一事例研究法は、平均値では消されてしまう個人内の変化に興味がある場合に有効である（Barlow and Hersen, 1984；岩本・川俣, 1990）。スポーツ選手のコンディション管理においても個別性を重視する必要があるため、他者との比較よりも個人内の変動に興味があることが多い。そのため、スポーツ選手の個体内におけるコンディション変動を捉えるためには単一事例研究法は適していると考えられる。

単一事例研究法では、時系列に沿った反復測定の中で、何らかの介入行為を行うことによって、ベースライン期と処理期の変化を検討する（Barlow and Hersen, 1984）。ベースライン期をグループ比較研究におけるコントロール群と捉えることで内的妥当性を保証することができる。これにより従来の事例研究の短所を克服し、ひとつの事例から妥当な推論を引き出すことを可能にした点において方法論的発展を果たしたとされている（山田, 1996）。ここで、内的妥当性とは従属変数の数値の違いが本当に独立変数の違いによってもたらされたのかどうかのことである（平井, 2000）。つまり、単一事例研究法では、ベースライン期と処理期が存在するため介入行為が重要になる。コンディション管理においては、トレーニングの内容や量の変化がコンディションに最も影響を与えるものと考えら

れる。Matvejev (1985), 中村 (1988), 村木 (1994) によれば選手のトレーニングは, トレーニング期分けごとにその内容を計画するものであるため, トレーニング期分けごとにトレーニング内容や量に明確な変化が存在すると考えられる。そのため, トレーニング期分けが選手のコンディションに大きく影響を与える介入行為であると考えられることができる。これによって, 単一事例研究法を適用した際にベースライン期と処理期の設定も容易に行える。

単一事例研究法におけるデータの評価方法については, これまでは評定者による視覚的判断に頼る所が大きかった。しかし, Jones et al. (1978) は視覚的判断の適用の是非に対して, 応用行動分析を含む心理学において, 3年から17年の研究経験を持つ研究者11名を対象に実験を行い, 視覚的判断の評定者間一致度が0.50 ~ 0.65と低かったことを指摘している。同様に, Park et al. (1990) は, 応用行動分析の正式な訓練を受け, 3年から10年の間, 同領域について研究をしている博士号を有する人を含む5人の研究者を被験者として, 視覚的判断に関する実験を行い, 評定の一致度は0.60であるという結果を出している。これらの結果はKazin (1982) が評定一致度の推奨水準としている0.80には全く及ばない結果であった。これらの結果を踏まえて山田(1998b)は, 視覚的判断の専門家の目は音楽の専門家の耳ほどには信頼できるものではないと結論づけている。このことより視覚的判断だけに頼る方法では客観性が乏しいと言わざるを得ない。そのために, 客観性の獲得できる統計的仮説検定法が必要である。

しかし, 個体内における時系列データが有する系列依存性のために一般的に使われている統計的仮説検定法であるt検定や分散分析などの方法は, 有意差が無いにも関わらず, 有意差有りとしてしまう, 第一種の誤りを統制できないとされている(山田, 1996; 山田1998a)。そこで, 山田(1998a)は系列依存性を有するデータに対しても適用可能な統計的仮説検定法としてランダムイゼーション検定(Edgington, 1992)を提案している。これらの結果より, 一事例研究法におけるデータの評価法として視覚的な判断と統計的検定法とを併用していくべきことが最近では推奨されている(桑田,

1998 ; 山田 , 1998b) .

視覚的判断を行うに当たっては ,Schempp(1987) ,Zaichkowsky(1979) , Jones et al . (1978) が述べているように , 時系列変動データの変動傾向を吟味する最初の手掛かりは , 平均値や回帰直線の切片によるレベルの変化 , 回帰直線の傾きによる勾配の変化 , あるいは勾配の有無であるので , データの変動傾向を捉える第一歩としてトレーニング期分け間ごとの回帰直線の変化を視覚的に判断するのが良いと考えられる . Jones et al . (1978) はレベルおよび勾配の変化では , 期分け間に不連続が見られたならば , 介入要因 (トレーニングの期分け) による変化であったと判断できると述べている .

以上のことより , スポーツ選手の個体内におけるコンディション変動を捉えるためには , 単一事例研究法は適しており , トレーニング期分けを介入行為とすることも自然であると考えられる . また , ランダムマイゼーション検定と視覚的判断の併用によりデータを評価することで , これまで以上に客観性の獲得できる評価が可能になることが期待される .

2.3 多変量時系列データの分析に関する文献研究

(研究意義3, 4に相当)

本研究で扱っている選手のコンディション管理データは、一つの変数のみで捉えることは不可能である。そのため、複数の項目を用いて測定および観察を続けることになる。ここでは、このような多変量データに対する近年の分析法に関する研究および、データが時系列という条件が加わった多変量時系列データの分析法に関する研究に関して考察する。

池田(1971)は複数の項目を用いて測定された場合には、多数の変数の関係を同時に考える場合が多く、多数の変数を同時に分析することを考えなければならないと述べている。コンディションデータにおいても同様のことが言える(西嶋ほか, 2000b; 中野ほか, 2002)。本研究の立場では複数の項目により測定されるコンディションを少数の要因に縮約して解釈することを目的としているために、因子分析(Spearman, 1904; Thurstone, 1947; Cattell, 1952)が最も適した方法であると考えられる。また、近年は因子分析と回帰分析の融合として紹介される(狩野, 1997)ことの多い共分散構造分析が発展している(豊田, 1998b; 豊田, 2000)。豊田(1991)は、共分散構造分析の最大の特徴は潜在変数間の関係性を記述できることとあり、多くの構成概念や観測変数を同時的に分析するための手法であると述べている。また、豊田(1991)は、従来の多変量解析と比較した場合の特徴を二つ挙げている。一つ目は構成概念間の関係を表すモデルを分析者が自らの仮説に基づいて構成できること。二つ目は再分析を繰り返すことで、より適合したモデルを作成できることである。このような優れた性質のためにForenelli(1982)は第二世代の多変量解析であると言っている。共分散構造分析の持つこのような特徴は、複数の因子が複雑に絡み合うと考えられるコンディション(西嶋ほか, 2000b; 中野・西嶋, 2001)の因子構造を示すのに役立つものと考えられる。Biddle et al.(2001)も体育心理学における有効な分析法として共分散構造分析を挙げている。共分散構造分析で扱える典型的なモデルとしていくつかのものが挙げられる。

最も基本的で最もよく見受けられるものが検証的因子分析モデルである。検証的因子分析は通常、探索的因子分析とセットで用いられることが多い(山本・小野寺, 1999)。従来の因子分析法では、因子が全ての観測変数に影響を及ぼすと仮定しているのに対して、検証的因子分析では一つの因子に限られた観測変数にのみ影響を及ぼし、それ以外の観測変数には影響を及ぼさないという強い仮説に基づいている。この意味で従来の因子分析では因子に対する仮説を探索するのに対して、検証的因子分析では因子に関する仮説を検証する(狩野, 1997)。そのため従来の因子分析のことを探索的因子分析と呼ぶことがある。探索的因子分析の結果をもとにそれぞれの因子によって説明される観測変数を絞り込むことで、検証的因子分析の仮説モデルを構築することができる。そのため検証的因子分析で得られる結果は、探索的因子分析の結果を有効に使った結果であると考えられる。また、共分散構造分析における二次因子モデル(山本・小野寺, 1999; 西嶋, 2000c)ではより高次の潜在変数を導入して要因構造を検証できる。さらに、潜在変数間の関係性を記述できる多重指標モデル(Biddle, 2001; 豊田, 1998b; 田部井, 2001)なども適用可能である。本研究でも、コンディション変動の各因子を探索的因子分析から検証的因子分析への手順を踏むことでコンディション変動の因子を示すことができる。さらに、各変動因子はいずれもコンディション変動という、より高次の概念のもとに存在しているということを二次因子分析を適用することで示すことが可能であると考えられる。

さらに、同定された要因構造に関しては因子の不変性の問題がある(狩野, 1997; 清水, 1997; 清水, 1996; Meredith, 1993)。一般に因子分析では初期解に対して因子の回転をすることで単純構造化された結果を解釈する(柳井ほか, 1995)。しかし、ここで得られた構造が他の集団や時点においても不変であるかということが因子の不変性の問題である。清水(1996)は、WAIS-Rという個別知能検査の8尺度に対して9つの年齢集団間における因子不変性の検討を行っている。さらに清水(1997)は、状態-特性不安尺度に対して男女を別々の集団とすることで、異なる集団間に

における因子不変性と、半年間隔で行われた同様の測定に対して異なる時期における因子不変性の検討を行っている。清水(1996, 1997)では、不変性の水準として、布置不変(配置不変)、因子パターン不変(測定不変)、強因子不変、厳格な因子不変の4つの水準で検討をしている。不変水準に関しては様々な水準での検討が行われているが(Bollen, 1989; Meredith, 1993; Marsh, 1993; 清水, 1996; 狩野, 1997)、狩野(1997)は因子不変性を満たしていると言える水準は測定不変水準以上であると述べている。清水(1997)で行われている異なる時期における因子不変性の検討は、本研究における、異なるトレーニング期間での因子不変性の考えに適用可能である。また、狩野(2002)は、因子不変性の検討の際には、統計的に異なると結論された箇所について考察を加えることの重要性を述べており、本研究ではこの考えに従いモデルの局所評価を行っている。

ここまでは主に多変量で測定されるデータをいかなる方法で要因構造として示すかについて過去の文献を踏まえて論じた。しかしながら、データが多変量であるということを考え合わせると、より複雑になり分析方法としても異なる方法が提案されている。本研究では、特に多変量時系列データに対する因子分析法に関して文献研究を行った。

多変量時系列データに対する因子分析法はいくつかの提案がされている。最も古典的と言えるものがCattell(1952)により提案されたpテクニックによる因子分析法である。pテクニックとは、通常の変数×被験者数をRテクニックと呼ぶのに対して、変数×時点のデータ形式のことを言う(Cattell, 1952; 池田, 1971)。Cattellのpテクニックによる因子分析法では、データセット形式をこのように捉えただけであり、分析自体は通常の因子分析と変わらない。西嶋ら(2000)は、この方法によりコンディション変動の因子構造の探索的因子分析を行っている。本研究でも、この考えを採用して研究課題1および研究課題3では因子構造の検証を行っている。現在、コンピューターアプリケーションソフトを用いて簡易に分析可能な多変量時系列データに対する因子分析法は、この方法だけである。しかしながら、近年、時系列データ特有の系列相関を考慮した因子分析法も提案

されている。そのひとつが、Molenaar (1985) により提案された動的因子分析法である。Anderson (1963) は、従来の p テクニックによる因子分析法はラグ付き共分散を考慮できていないことを指摘した。Molenaar の動的因子分析法は、Anderson (1963) が示した p テクニックによる因子分析法の理論的欠点を解決する方法であった。その意味で p テクニックによる因子分析法の拡張として動的因子分析法は位置づけられている (Wood and Brown, 1994)。動的因子分析では、ラグ付き分散共分散行列を算出し、分析の出発点とすることで Anderson (1963) が示した理論的欠点を解決している (Molenaar, 1985; Wood and Brown, 1994; 豊田, 2000)。Wood and Brown (1994) は、動的因子分析法は個人における多変量の繰り返しデータに対して適用できる有効な方法であると紹介している。発案者である、Molenaar 自身も Molenaar (1997) で、個体内変動の時系列分析法としての動的因子分析法の有効性を示している。また、Velicer and Plummer (1998)、Kettunen and Ravaja (2000) でも、多変量時系列データに対する動的因子分析法の利点が示されている。動的因子分析法が巧みに適用された例としては、Hershberger et al. (1994) が、父と娘における情緒的反応と継父とまま娘における情緒的反応の時間的変化を調べるために適用した論文がある。これにより、情緒的反応の因子構造が時間的ラグを考慮することで変化することを示している。Hershberger et al. (1994) は、同論文の中で動的因子分析における因子の回転についても触れている。Hershberger et al. (1994) は動的因子分析においても、通常の因子分析同様に因子の回転を行うことで単純構造に達した因子パターン行列を各ラグごとに独立に解釈するべきであると述べている。また、解釈の立場として、動的因子分析では因子に対して明確な仮説を立てて分析に望むことは難しいと考えられるために探索的立場で解釈するべきであると述べている。

多変量時系列データに対する因子分析法としては、他に時系列因子分析 (Toyoda, 1997; Buuren, 1997; 豊田, 2000) と独立成分分析 (Jutten and Herault, 1991; Attias, 1999) がある。時系列因子分析は、互いに

関連のある多数の時系列の背後に、観測できない少数の時系列が存在するという観点から提案された方法である (toyoda, 1997)。この方法では、各因子がARMA過程に従っているという仮定を置くために、かなり複雑である (豊田, 2000)。一方、独立成分分析は、因子分析というよりは主成分分析に近い。独立成分分析は、複数の独立に観測される変数が混合したデータとして観測された時に、統計的に独立な変数の線形結合として表現する方法である (甘利, 1998)。独立成分分析は、脳波のデータやfMRI (functional Magnetic Resonance Imaging) という人の神経活動に伴う信号変化を捉える装置のデータ、あるいはMEG (Magnetoencephalography) という脳磁計の時系列データの解析への適用が試みられている (Jutten and Herault, 1991; Attias, 1999)。しかし、調査データなどに適用された例は見受けられない。

以上のように、本研究で扱っているコンディション管理データのような多変量時系列データに対する因子分析法には様々なものが提案されている。この中で、本研究の立場に最も適していると考えられる方法は動的因子分析であろう。時系列因子分析も外れてはいないが、動的因子分析は個人における多変量の繰り返しデータに対する適用の有効性が示されている点からも最も適していると考えられる。また独立成分分析は、本研究のように同一個人における判断基準に基づいてコンディションに関する複数の項目のデータを得た場合は、各変数が独立であるとは考えづらい。そのため、本研究と独立成分分析は立場を異にするものと考えられる。このような学術的な背景を踏まえて、本研究では、これまでの多変量時系列データに対する因子構造分析に加えて動的因子分析の適用を試み、時間差に伴う構造の変化を検討した。現在、汎用アプリケーションソフトには動的因子分析は組み込まれていないために簡易に行えるとは言い難い。しかしながら、Wood and Brown (1994) は、汎用アプリケーションソフト SAS 上で動作するマクロを紹介している。本研究では、コンディション変動に対する動的構造を検証するために、Wood and Brown (1994) のマクロを改良して分析を実行した。

2.4 時系列分析の適用に関する文献研究（研究意義2，5に相当）

選手のコンディション管理データを毎日得ることで、データは時系列データになる。前節の多変量時系列データの分析では、主に多変量であることに重点が置かれていた。時系列分析ではデータの系列的変動を分析することに主眼が置かれ、その方法として簡易な方法からARIMAモデル(Box and Jenkins, 1976)のような複雑な予測モデルまで考えられる。これらの方法を文献を通して考察する。

時系列分析とは、単一被験者あるいは被験者グループの各手続き期のデータを経過時間に沿って分析するものである(Hartmann et al., 1980; Jones and Vaught and Weinrott, 1977)。本研究のように、単一被験者の個別性に注目して時系列データを採取した場合には時系列分析を適用することができる。Barlow and Herson(1984)によれば時系列分析を適用する場合には二つの重要な特徴がある。一つは系列依存性の処理を考慮することであり、もう一つは手続き間の行動変化に注目することにある。本章第2節におけるEdgington(1992)のランダムイゼーション検定は系列依存性を処理できている平均値の差の検定であり、一種の時系列分析と言える。また、行動変化に注目する意味での時系列分析としては、White(1972)の中央分割法がある。この手法は期分け間のデータの直線傾向を示すものであり、推測統計手法として用いられるというよりは、基本的には手続き期内、手続き期間の変化過程を記述する目的で考案されたものである。

Horne and Yang and Ware(1982)は、多くの単一被験者における時系列データを採取する研究デザインにおいて最も興味ある結果はデータの傾向が変化することであると述べている。Horne and Yang and Wareは毎日のある行動の発現頻度を異なる2つの環境下で観察した時系列データを例に用いている。ある時を境に環境を変えることによるデータの傾向の変化を示している。傾向を把握するためには、最小二乗法により求められる回帰直線を用いて直線の傾きが変化していることを示し、これより環境の変化による影響を示している。また、同論文の中では、異なる環境下で

の自己相関も検討している。自己相関は時系列データ特有の相関係数であり、有意な相関は系列依存性の存在を示す(縄田, 1997)。いくつかのラグまでが有意な自己相関を示すかを検討することで、時系列データの傾向の強さを判断している。時系列分析自体はどれも単純な計算というわけにはいかず、ローデータを一つの方程式に当てはめればよいというのではない。まず、データの傾向を捉える必要があり、その意味で分析はまずデータの系列依存性の評価から始めるという考え方もある(Barlow and Hersen, 1984)。時系列データにおける系列依存性は例外的にあるのではなく、必ずあるものとも考えることもある(Hartman, 1974; Jones and Vaught and Weinrott, 1977; Thoresen and Elashoff, 1974)。

Horne and Yang and Ware (1982) と似た方法を示しているものに、Cooney and Clarke and Morris (1986) の論文と Hartman et al. (1974) の論文がある。Cooney and Clarke and Morris (1986) 並びに Hartman et al. (1974) では分割時系列分析 (Interrupted time-series analysis)、という簡易な時系列分析を提案している。この方法では、ベースライン期と介入期とを明確に分けて検討している。分割時系列分析には、もう一つ Crosbie (1993) の方法がある。Crosbie は期分け間のデータの傾向の変化を検討するために、ベースライン期と介入期を明確にして各期の回帰直線の勾配の差を統計的に検定している。さらに、各期における初期水準の差を統計的に検定することも行っている。統計的検定をしている点で Crosbie (1993) の方法は Cooney and Clarke and Morris (1986) や Hartman et al. (1974) の方法より一歩進んでいると考えられる。また、Crosbie の方法には、ITSA CORR という名前のコンピュータアプリケーションソフトもある。

Morley and Adams (1989) は、単一被験者における時系列データに対する簡易な推測統計学的方法をまとめている。Morley and Adams は、探索的立場でのデータ解析を推奨している。紹介されている方法では、始めに系列がランダムであるかを検討し、系列の中での分岐点を視覚的ならびに統計的に探索している。次に、データの系列依存性の検討。平均値を用

いた変動傾向の検討．平均値並びに分散を用いた変動傾向の検討を示している．

ここまでに示した文献により提案されている方法は，確かに時系列分析であるが，いずれも簡易な方法により時系列データの傾向を捉えることを目的としたものである．時系列の研究には，時系列データの分析と時系列モデルの分析という2つの側面がある（Hervey, 1981）．これまでの方法は時系列データの分析に属し，Hervey（1981）によれば，その目的は系列の特徴をまとめ，その顕著な特徴を性格づけることにある．時系列データの分析には，もう一つ周期的変動に対する分析がある．その代表と言えるものがスペクトル分析である．スペクトル分析はフーリエ解析と密接な関係がある（石村，1999；Hervey, 1981；Brockwell and Davis, 1996）．スペクトル分析はフーリエ解析により得られたフーリエ級数をもとに算出されるピリオドグラム値を用いて，データの周期性を検討できる（石村，1999）．宮野（2002）によれば，ピリオドグラムはパワースペクトルと呼ばれる自己相関関数が持つ情報を周波数領域で表現し直したものに等しい．Murphy（1990）は，時系列データに対してフーリエ解析をもとに周期性を検討することの有効性を示している．

一方，時系列モデルの分析の目的は，それによって将来の予測を可能にすることである（Hervey, 1981）．本来，時系列モデルは系列自身の過去に関してのみ説明される（Hervey, 1981）．時系列モデルの分析ではある程度のデータ数の確保が必要と言われ，最低50，できれば100のデータポイントが欲しいと言われている（Barlow and Hersen, 1984；山田，1998a）．現在，時系列モデルとして最も知られている方法がBox and Jenkins（1976）のARIMAモデルである．体育科学分野の研究においてARIMAモデル適用の有効性を示しているものに，Helmbold et al.（2000）の論文がある．しかしながら，Helmbold et al. は厳密な意味でのARIMAモデルによる検討までは行えていない．アトピー性皮膚炎の患者二人に対して，いくつかの指標を用いて時系列な測定を行い分析しているが，結果的にはラグ0からラグ2までを考慮した際の各指標間の相関を見ているま

でに留まっている。この点の物足りなさは、Helmbold et al. 自身も指摘している。本来の ARIMA モデルの目的は線形予測モデルにある（宮野，2002）。ARIMA モデルは強力な線形予測モデルであり（宮野，2002），モデル作成までの一連の方法は Box and Jenkins がその著書（1976）の中で系統立てている。Box and Jenkins の方法は，その後，時系列分析に関する多くの著書にまとめられている（Gottman，1981；Hervey，1981；Brockwell and Davis，1996）。Box and Jenkins 法（1976）を適用した例としては多くあるが，体育科学分野では Helfenstein（1986）や Crabtree et al.（1990）の論文がある。特に，Crabtree et al.（1990）の論文は厳密に Box and Jenkins の方法（1976）に従っている。Crabtree et al.（1990）では，分割時系列分析の有効性も示されているが，主に ARIMA モデルの作成とモデルの診断を行っている。用いているデータは，血糖値低下と運動（ウォーキング）に関するものである。最初に運動量の系列データにおける自己相関と偏自己相関をもとに ARIMA モデルのパラメータ値を決定し運動量に関する ARIMA モデルを作成している。次に，運動量系列を予測変数として，血糖値系列の ARIMA 予測モデルを作成している。そして，Box and Jenkins の方法（1976）に従い，モデルの診断として残差分析を行っている。以上の手順を通して，運動量に基づく血糖値低下の予測モデルを妥当な形で示している。

また，時系列モデルには，Crabtree et al.（1990）の論文にも利用されているように応用的な方法として時系列回帰モデルも存在する（Hervey，1981；Brockwell and Davis，1996，Totterdell，1999）。この方法では ARIMA モデルと通常の回帰モデルのように予測変数を用いる方法とを組み合わせる。これにより，従属変数への予測変数の影響力を規定できる。

以上のように，時系列分析には時系列データの分析と時系列モデルの分析の2つの側面があり，前者は多くが簡易的な方法を取っている。一方で後者は ARIMA モデルに凝縮されていると言える。本研究ではこれらのことを踏まえて，時系列データへの分析として 1 期分け間の変化を捉えること， 2 周期的変動を捉えること， 3 ARIMA 予測モデルの作成をすることを研究課題 2 並びに研究課題 5 にて行った。

第 3 章

分析手法と手順

3.1 因子分析

3.1.1 因子分析モデル

因子分析は、20世紀初頭に Spearman (1904) が知能構造の分析の手法として発表したのがその始まりである。Spearman は、古典、フランス語、英語、音程弁別などのテストの結果の相関関係を分析して、これらのテストの成績を規定する知能とよばれる因子を抽出するための手法として発表した (柳井ほか, 1999)。

因子分析モデルでは、2つの変数間に高い相関が見られるのは、ある共通の原因によって、引き起こされる程度が大きいことを意味する。共通に作用する因子が共通因子と呼ばれるもので、相関係数の大きさは、それぞれの変数に共通する因子の強さを反映するといってもよい。例えば、2つの変数 x 、 y に共通する因子を f とすると、このとき、それぞれの変数のうち共通因子 f で説明されない部分を ϵ_x 、および ϵ_y とすれば

$$x = a_x f + \epsilon_x, \quad y = a_y f + \epsilon_y$$

というモデルを想定することができる。このモデルは因子分析の1因子モデル (図3.1) を表している。

因子分析は、現在では、Spearman の1因子モデルを拡張した、多因子モデルが一般的である。多因子モデルでは、複数の変数に共通する因子 f を複数の共通因子 f_1, f_2, \dots, f_m に置き換えたものである。

$$x_1 = a_{11} f_1 + a_{12} f_2 + \dots + a_{1m} f_m + \epsilon_1,$$

$$x_2 = a_{21} f_1 + a_{22} f_2 + \dots + a_{2m} f_m + \epsilon_2,$$

$$x_p = a_{p1} f_1 + a_{p2} f_2 + \dots + a_{pm} f_m + \epsilon_p,$$

このモデルは因子分析の多因子モデル (図3.2) を表している。

1因子モデル、多因子モデル、いずれのモデルにおいても複数の変数が1つあるいは複数の共通因子と独自因子 () と呼ばれる、1変数のみに影響を与える因子によって説明されると考えたものである。

また、因子分析には共通因子について f_1, f_2, \dots, f_m が平均0、分散

1の確率変数とみなされる場合と、確率変数とはみなされずに、 m 個の因子得点が、通常の因子分析のように確率変数とみなされる場合とがある。前者を変量モデルと呼び、後者を母数モデルと呼ぶ。本研究における因子分析は変量モデルである。

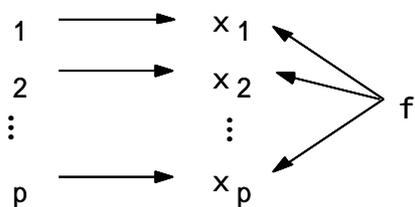


図3.1 因子分析の1因子モデル

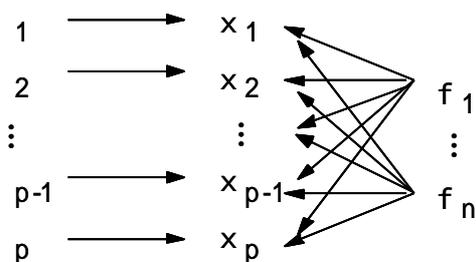


図3.2 因子分析の多因子モデル

3.1.2 探索的因子分析と検証的因子分析

探索的因子分析と検証的因子分析の違いは、因子に対する仮説を構築（探索）するのが探索的因子分析であり、因子に対する仮説を検証するのが検証的因子分析である。

探索的因子分析では、全ての因子が、全ての観測変数に影響を与え得るという仮説に基づいたモデルであると言える。全ての因子が全ての観測変数に影響を及ぼすと仮定しているために、分析結果では因子ごとに影響の度合いに大小が生じる。そのため、各因子に大きな影響を及ぼす変数を中心に因子の解釈が行われる。つまり、因子からの影響の大きい観測変数はどれであるかを探索し、因子が何であったかを探索する分析法である。一

般には因子数も未知であり探索するが，因子数の決定法には種々の提案があり，一般的に固有値 1 以上の因子を抽出することが多い．共分散構造分析を用いて探索的因子分析を行った場合には各種適合度指標も因子数決定の目安となる．探索的因子分析モデルをパス図で示すと，図 3.3 のようになる．

また，探索的因子分析には因子回転という概念がある．因子間に相関が無いとするモデルが直交モデルであり，直交モデルではバリマックス法が最も一般的には使われている．一方，因子間に相関があると仮定したモデルが斜交モデルであり，直接オブリミン法やプロクラテス法，プロマックス法などがあるが，本研究では，近年，探索的因子分析の標準的な出力になった（豊田，2000）プロマックス法による斜交回転を行った．

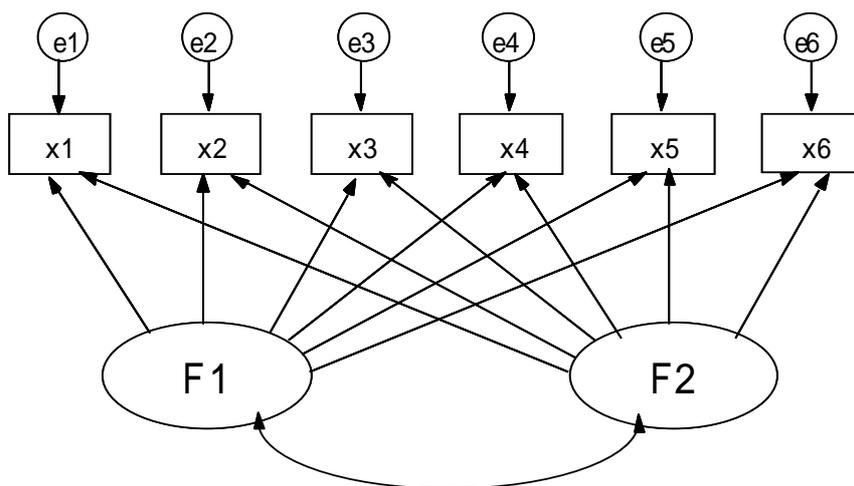


図 3.3 探索的因子分析モデル

検証的因子分析では，一つの因子に限られた観測変数にのみ影響を及ぼし，それ以外の観測変数には影響を及ぼさないという強い仮説に基づいている．そのため，検証的因子分析では，観測変数と想定される因子に関する仮説が必要になる．検証的因子分析モデルを図で表すと図 3.4 のようになる．

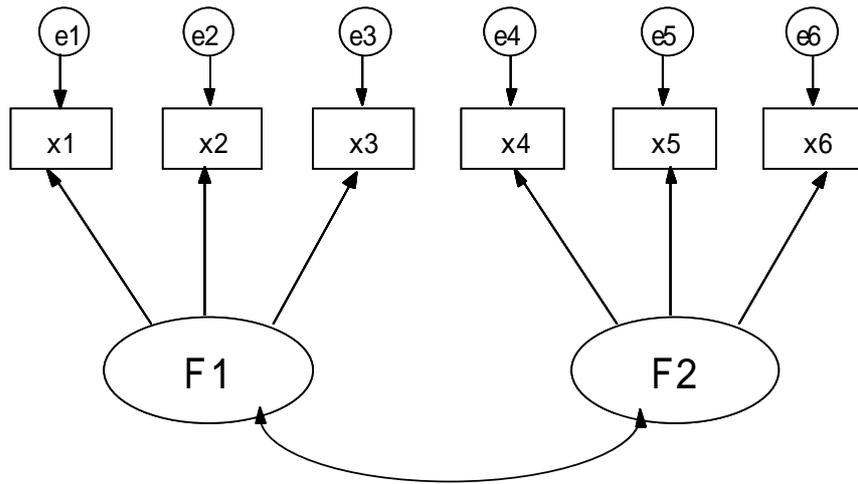


図 3.4 検証的因子分析モデル

3.2 共分散構造分析

3.2.1 基本理論

共分散構造分析とは，検証的因子分析法とパス解析の2つの手法を土台として，因子分析の対象となるすべての変数に関する既存の知識を取り入れて，変数間の共分散構造から，より積極的に因果関係を検証するための方法である．共分散構造分析の最大の特徴は潜在変数間の因果関係を扱うことにある．

潜在変数を扱う代表的な分析法には因子分析がある．一方，因果関係を扱う分析法には回帰分析がある．しかし，因子分析は，潜在変数と観測変数間の関係を明らかにするものであり，因果関係は扱わない．また，回帰分析は観測変数間の因果関係を扱うだけで，潜在変数は扱わなかった．その意味で共分散構造分析は因子分析と回帰分析を一体化した分析法と理解することができる．

共分散構造分析におけるモデルの基本の1つは次式のように示される．

因果の関係 因果の原因 + 誤差

これをパス図で表現すると図3.5のように表すことができる．

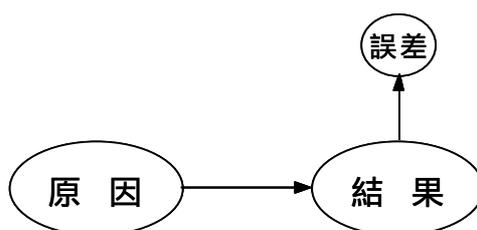


図3.5 共分散構造分析における基本モデル

この関係を基本として，その組み合わせによりモデル全体を構成する．一般にモデルに表れる全ての変数の分散・共分散は，パス係数と独立変数の分散・共分散で表せることから，共分散構造モデルにおける推定の対象は，パス係数と独立変数の分散・共分散ということになる．ここで，観測変数間の分散・共分散を，パス係数と独立変数の分散・共分散で表したものを共分散構造と呼び，共分散構造分析の名前はここから来ている．

3.2.2 共分散構造分析における代表的なモデル

ここでは、共分散構造分析の代表的なモデルとして、多重指標モデルと二次（高次）因子分析モデルを示す。また、前節で述べた、検証的因子分析モデルも共分散構造分析における代表的なモデルである。

始めに、多重指標モデルを示す。多重指標モデルは図 3.6 のようなモデルで表される。このモデルでは、2つの構成概念の間の因果関係を扱い、それぞれがいくつかの観測項目で構成されると考えている。各潜在変数が複数の観測変数で測定されるモデルであることから、多重指標モデルと呼ばれる。

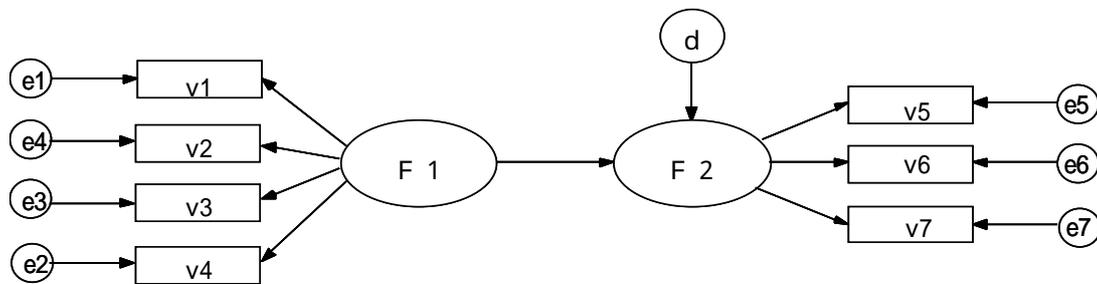


図 3.6 多重指標モデル

次に二次（高次）因子分析モデルを図 3.7 に示す。通常の因子分析では、複数の観測変数の特性を示す構成概念である因子を調べる。これに対して 2 次因子モデルでは、抽出された複数の因子の、さらに背後に因子を仮定するものである。探索的因子分析の結果、因子間相関が高くなるような場合には、高次の因子を想定する方が妥当な場合が多い。本研究においても、探索的因子分析の結果、それぞれの因子間に相関が認められたために、高次の因子を想定した二次因子分析により、モデルの検証を行った。

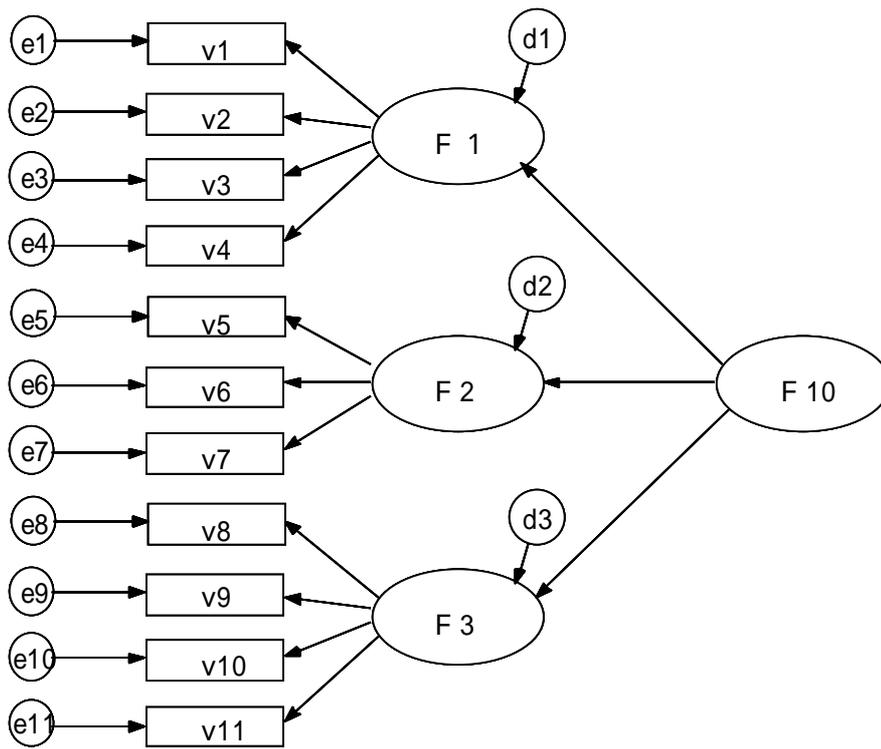


図 3.7 二次（高次）因子分析モデル

3.3 ランダマイゼーション検定

3.3.1 ランダマイゼーション検定の理論

ランダマイゼーション検定は，母集団に関する仮定を持たないノンパラメトリックな統計的検定法である．近年，単一事例実験データに適用が提案されており，理論的には，母集団の正規性ならびに母集団からのデータのランダム抽出を前提としないで，実験条件のランダム振り分けのみに基づく統計的検定である．またデータの系列依存性も問題にしない．介入の効果がないという仮説の下で実験から得られた統計量が，可能なランダム振り分けの組み合わせの，それぞれで算出される統計量と比較してどれだけ極端な数値かを判定するものである．

3.3.2 Fisher の Lady-tasting-tea 実験

ランダマイゼーション検定の考え方は，Fisher (1935) の有名な「紅茶を見分ける婦人 (Lady-tasting-tea) の実験」に基づいている．Fisher の 3 原則といわれる実験推論の原則の 1 つである無作為化の原則を説明するためにこの実験を示した．紅茶を見分ける婦人実験は，操作交代デザインを用いた単一事例実験である．

ある婦人は紅茶にミルクを加えたものと，ミルクに紅茶を加えたものという 2 種類の条件の紅茶を区別できるという．これを検証するために実験が設計された．まず，8 つのティカップが用意される．そのうちの 4 つのカップは紅茶にミルクを加えたもので，残りの 4 つのカップはミルクに紅茶を加えたものにする．これらの 8 つのカップを婦人の前ででたらめな順番に並べ，それぞれがどちらの条件の紅茶かを判断してもらう．婦人にはどちらの条件も 4 つずつ用意したこと，並べ方はでたらめに並べたことを伝える．

答えは 8 つのカップすべてを正確に答える場合も含めて $8!/4!4! = 70$ 通り考えられる．そのうちすべてに正解するのは 1 通りしかない．よって，

婦人の判断はまったくでたらめに行われているという仮説の下で，婦人が8つのカップすべてを正しく区別できる確率は $1/70$ であるから，実際にすべて正しく答えた場合は婦人の判断はでたらめではないと判定することができる．そのp値は $1/70$ となる．

このようなFisherの考えをもとに，Pitman (1937) はデータのランダム抽出を仮定しないで，データのランダム振り分けにのみ基づく統計的検定としてランダムイゼーション検定を紹介した．その後，Edgington (1967) によって，単一事例データへの適用が提案された．

3.3.3 手続き

Edgington (1967) はFisherのLady-tasting-tea実験と同様な単一事例実験の例を用いて，単一事例実験データへのランダムイゼーション検定の適用法を説明している．ランダムイゼーション検定の手続きは以下のようなものである．

対立仮説を設定する（帰無仮説は条件の違いによる処理効果の差がないということ）．

有意水準 を決める．

測定時期の回数を決める．

実験条件をランダムに振り分ける．

検定統計量を決める．

実験を実施し，データを収集する．

得られたデータについて検定統計量の実現値を算出する．

すべてのランダム振り分けの組み合わせについて検定統計量を算出して，検定統計量の分布を得る．

得られた検定統計量の実現値以上の検定統計量が得られるランダム振り分けの組み合わせが何通りあるか調べ，p値を算出する．

3.4 因子不変性の検討

3.4.1 個別分析

因子不変性を検討するためには、共分散構造分析における多母集団同時分析を行う。多母集団同時分析の事前分析として、不変性を検討する各母集団(本研究では各トレーニング期)ごとに個別分析を行う。個別分析は、予め同時分析を行うために仮説されたモデルをそれぞれの集団において検証することも考えられる(鈴木, 2002)が、本研究では探索的因子分析の結果をもとに要因構造モデルを構築し、各トレーニング期ごとにモデル修正を施しそれぞれに良好な要因構造モデルを検証することを第一段階とした。その上で、個別分析の結果をもとに不変性を検討するための要因構造モデルを決定した。個別分析から不変性検討のモデルを構築する過程は、第一に各トレーニング期に存在するパスは全て採用してモデルを構築し、その結果どちらの期間に対しても有意なパス係数が得られないパスを削除し、最終的に不変性を検証する仮説構造とする方法を採用した(中野, 2001)。

3.4.2 多母集団同時分析

因子不変性とは、複数個の測定についてそれらの因子構造が母集団によらず一致していることである。因子不変性を検討するための多母集団同時分析では、不変性を検討する各母集団に対して同様の要因構造モデルを仮説する。仮説されたモデルに対して様々な水準における不変性の検討を行う。不変性を検討する水準には様々な水準が提案されている(Bollen, 1989; Marsh, 1993; Meredith, 1993; 狩野, 1997; 豊田, 1998b)。最も等値条件の少ない水準は配置不変である。配置不変は各要因と観測変数間の要因構造が母集団間で同様であることを確かめるために、存在する全てのパスの配置が一致したモデルが適合するものを言う。次に測定不変水準が

挙げられる。測定不変は要因と観測変数との関係性の大きさが全ての期間において同様であることを確かめるために、対応するパスの大きさが全て等しいモデルが適合するものを言う。ここまでの水準で不変性が認められるものを因子不変性があると言える(狩野,1997)。これ以降の水準は様々な提案がされているが、重要なのは不変性水準でモデルが適合するかではなく、最も自由母数を減らすことができている適合した制約条件を導くかであると言える。そのために、因子不変性の検討では、不変性の検討だけでなくモデルにおいて局所的に不変とは言えない部分を丁寧に検討する局所評価の必要性があることが述べられている(狩野,2002)。これにより、母集団ごとの構造の特徴を明確に示すことが可能となる。また、これにより、最も自由母数を減らすことができている適合した制約条件を導くことができる。

3.5 動的因子分析

3.5.1 基本理論

動的因子分析は、時系列データに対する因子分析法として Cattell (1952)により提案されたPテクニックによる因子分析では解決できなかったラグ付き共分散を考慮できないという理論的欠点 (Anderson, 1963)を解決するために Molenaar (1985)により提案された因子分析法である。動的因子分析はPテクニックによる因子分析法を拡張した手法であり、時間的ラグを考慮した因子分析法である。モデル式は以下のようになる。

$$Z_t = \lambda_u (t-u) + \epsilon_t$$

ここで、 Z ：観測変数， λ ：因子負荷量， F ：潜在変数， ϵ ：誤差変数，添え字 t は時間を表し，添え字 u は組み込むラグ数である。最大の特徴は時間 t が各変数に考慮されている点および、因子負荷量行列ラムダにラグ数を示す u が組み込まれている点である。データ解析は共分散構造方程式のプログラムを用いて実行することができるが、Hershberger et al. (1994) や Wood & Brown (1994) では各ラグにおける因子負荷量行列に対する明確な仮説を持って行っているのではなく、ラグによる因子負荷量行列の構造の違いを見ており、検証的立場ではなく探索的立場に立った因子分析法として紹介している。

図 3.8 は、ラグ 1 を考慮に入れた動的因子分析の 1 因子モデルをパス図により表現したものである。このモデルの中には、時間差を持った関係が 2 つの形で現れられている。1 つ目は、観測変数間に存在する系列相関は図 3.8 における「F Lag1」のように時間差を持った潜在変数として現れると仮定している。2 つ目は図 3.8 の破線部分であり、これはラグ付きの因子負荷を示す。また、図 3.8 中の双方向矢印は観測時点間における誤差間の相関を認めていることを示している。

動的因子分析では、ラグ付きの分散共分散行列を用いることで、データの系列相関を考慮に入れることができ、分析結果は各ラグにおける因子負荷

量行列が別々に求められる。これにより、従来の因子分析とは異なり、時間的ラグを考慮した際の構造の変化を捉えることが可能になる。

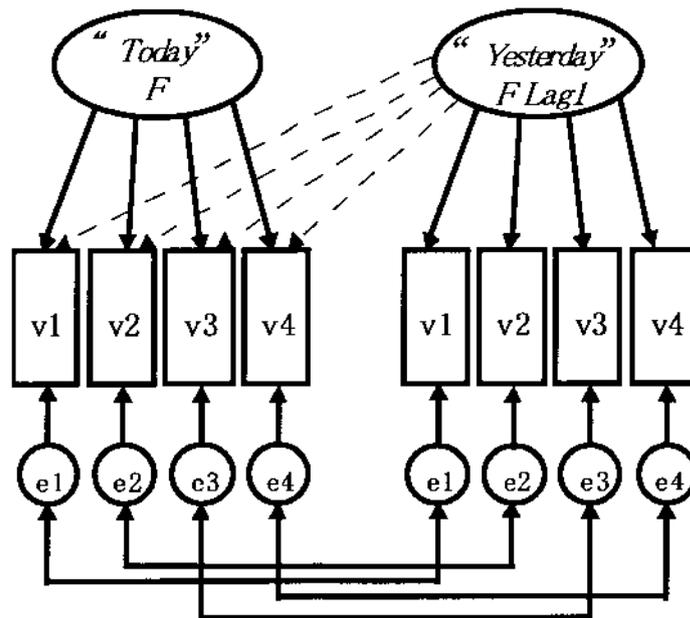


図 3.8 動的因子分析のパス図表現

3.5.2 ラグ付き分散共分散行列

動的因子分析では、最初に分散共分散行列に組み込むラグの数を決定しなければならない。各変数における自己相関、偏自己相関を算出し、その有意性を検討することで組み込むべきラグ数を決定することができると考えられる。ここで、 n 次の自己相関とは元のデータと元のデータを n 期ずらしたものの同一変数内における相関係数のことで、一方 n 次の偏自己相関とは途中の 1 期から $n - 1$ 期までの影響を取り除いた後の相関係数のことである (石村, 1999 ; 縄田, 1997)。図 3.10 は、ラグ 1 までのラグ付き分散共分散 (トープリッツ行列) の形式およびサイズを模式的に表したものである。トープリッツ行列は正方対称行列である。図 3.10 における三角部分には通常分散共分散行列が配置され、四角部分には変数にラグ 1 を与えた際の分散共分散行列が配置される。同様にラグ 2 やラグ 3 を考慮する際には積み上げ式に分散共分散行列のサイズは大きくなるが、形状

はやはり正方対称行列となる．同様にラグ2までのラグ付き分散共分散の形式およびサイズを模式的に表したものが図3.11である．動的因子分析では，このようなラグ付き分散共分散行列を分析の出発地点とする．

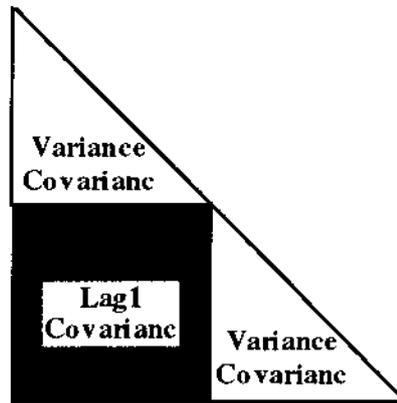


図3.9 ラグ1の分散共分散行列の形式およびサイズの模式図

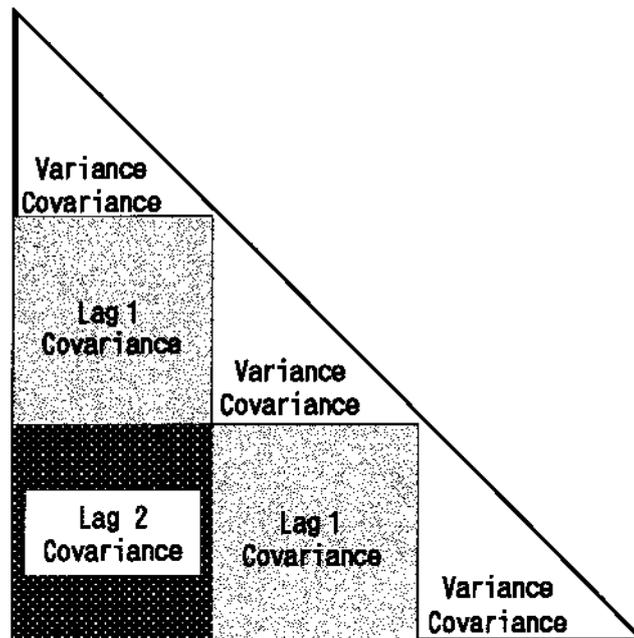


図3.10 ラグ2の分散共分散行列の形式およびサイズの模式図

3.5.3 分析結果の解釈

動的因子分析法では、分析結果は各ラグにおける因子負荷量行列が別々に求められる。しかしながら、初期解をそのまま解釈することは通常の因子分析以上に難しい。そこで、因子の回転を行うことで単純構造化して解釈を行うことが勧められる。動的因子分析では、因子間相関を単位行列に仮定しているために斜交回転を行うことはできない。そのためバリマックス回転やコーティマックス回転などの直交回転を行う。動的因子分析ではラグごとに別々の因子負荷量行列が得られるために、因子の回転を行う際も各ラグにおける初期解を独立に扱って行う。

また、動的因子分析では各ラグの因子負荷量行列に対して明確な仮説を立てることは難しいと考えられる。そのため、主に時間的ラグによる因子負荷量行列の変化を見ており、探索的立場による分析法であると言える。よって解釈も探索的立場で行うべきである。しかしながら、近年の因子構造の検証手続きを模して探索的立場で行った動的因子分析の結果をもとに動的因子構造を仮定し、共分散構造分析における検証的因子分析モデルを用いることで構造の検証を行うことが可能である。これにより、因子によっては当日の変数 ($t - 0$) と前日の変数 ($t - 1$)、さらには前々日の変数 ($t - 2$) とが複雑な関係を及ぼして合っていることが明らかになり時間的なずれをもって複雑に影響を及ぼしていることも示すことができるようになる。また、検証的因子分析の適用により因子間の相関も考察することが可能になる。

3.6 時系列分析

3.6.1 時系列グラフ

統計処理の第一歩は、やはりデータのグラフ表現である。時系列データにおいてはグラフ表現の重要性は通常のデータ以上であると考えられる。時系列データをグラフ表現する場合は折れ線グラフの形状になる。横軸は常に時間である。データの時系列グラフ表現は定常・非定常を判断する基礎材料となる。また、変動傾向や周期変動の存在可能性、ランダムウォーク、ホワイトノイズなどの判断にも役立つ。特に時系列データの基本パターンとしては、トレンド、周期変動、不規則変動がある。時系列データはこれら3つが合成されたものと考えられている。

－基本パターン1.トレンド－

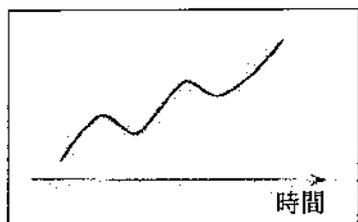


図3.11 右上がりの時系列グラフ

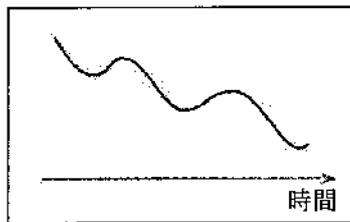


図3.12 右下がりの時系列グラフ

－基本パターン2.周期変動－

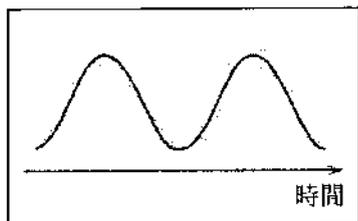


図3.13 周期変動の時系列グラフ

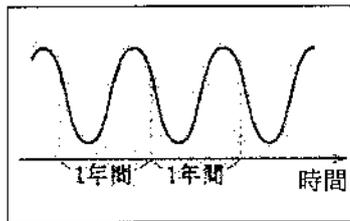


図3.14 季節変動の時系列グラフ

－基本パターン3.不規則変動－

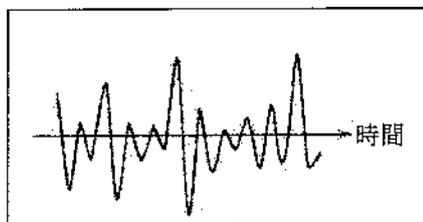


図3.15 ノイズありの時系列グラフ

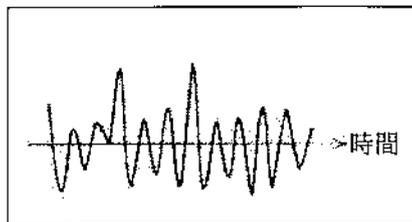


図3.16 ホワイトノイズの時系列グラフ

3.6.2 スペクトル解析

時系列な変動には全くの不規則変動も存在するが、多く場合何らかの傾向を持っていると考えられる。上昇傾向や下降傾向などもその例であるが、特徴的な傾向として周期変動があげられる。スペクトル解析では、時系列変動の最大周期成分を抽出することができる。スペクトル解析は数学におけるフーリエ級数と密接な関係がある。フーリエ級数の一般形は以下のような式になる。

$$\text{フーリエ級数： } x(t) = \sum_{i=1}^k \{A_i \cos 2\pi f_i t + B_i \sin 2\pi f_i t\} + e(t)$$

一般式からもわかるようにフーリエ級数とは、時系列な変動 $x(t)$ をサイン、コサインといった三角関数を用いた式により表現したものである。ここで、三角関数を考えるとサインやコサインには明確な周期が存在する。しかしながら、その周期性を示す波は同一ではなく、関数に着く係数の大小などにより振幅や周期も様々に変わる。このため、フーリエ級数においても係数 A, B の値により関数の周期性に変化が生じる。この係数 A, B により算出される値がピリオドグラムである。ピリオドグラムは以下の式で表される。

$$\text{ピリオドグラム： } \frac{N}{2} \{A_i^2 + B_i^2\}$$

そのため、ピリオドグラムの値の相対的な大小を比較することで時系列中に潜んでいる最も大きな周期を求めることができる。例えば、以下のような典型的な例が挙げられる。

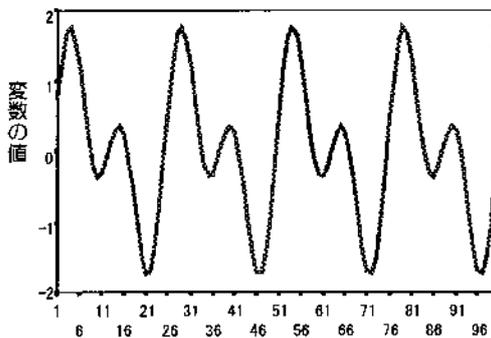


図3.17 周期11と22の時系列グラフ

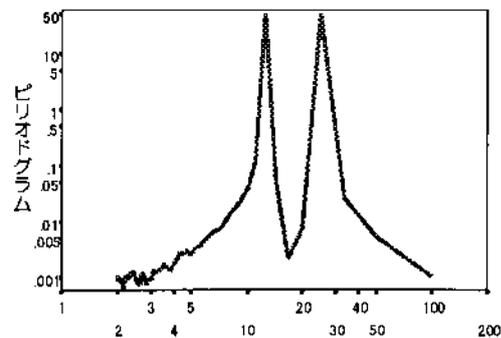


図3.18 周期11と22のピリオドグラム

3.6.3 ARIMAモデル(自己回帰積分移動平均モデル)

一般的に知られている時系列データに対する線形予測モデルには、指数平滑化とARIMAモデルがある。理論や計算量は指数平滑化の方が簡便であるが、モデルの精度としてはARIMAモデルの方が優れていることが多く、広く知られている。ARIMAモデルを提案し、その作成手順を一般化したのはBoxとJenkinsである。ARIMAモデルは、細かくはAR(自己回帰)I(階差)MA(移動平均)に分けられる。ARモデルやMAモデルは一般に定常傾向の強い時系列に対して有効な線形予測モデルを与えることができる。非定常な時系列に対してはI(階差)を取ることで、多くが定常に近い状態になることが知られている。これらの性質を融合して作成される線形予測モデルがARIMAモデルである。そのため、ARIMAモデルはARモデルやMAモデル、ARMAモデルの上位概念であると言える。つまりARIMAモデル(p, d, q)の次数 $p=1, d=0, q=0$ ならばARモデルになり、 $p=1, d=0, q=1$ ならばARMAモデルになるといった具合である。BoxとJenkinsにより示されたARIMAモデル作成手順は、ARIMA(p, d, q)の次数の決定、ARIMAモデルの推定、ARIMAARIMAモデルの診断の3つの手順である。に関してはARの次数 p とMAの次数 q は自己相関係数と偏自己相関係数の値によりある程度の見通しを得ることができる。の推定法には最尤法や最小二乗法がある。のモデル診断では作成された時系列モデルに時間的関連が残っていないことを確認するBox-Ljung検定が提案されている。Box-Ljung検定における帰無仮説は、「残差がホワイトノイズ(時間的関連のない系列)である」である。本研究においても、BoxとJenkinsの方法に従って線形予測モデルを作成した。また、作成されたモデルに対する評価指標としては、モデルによって説明される系列の全変動の割合の推定値を示す R^2 (決定係数)と系列がモデルの予測レベルからどれだけ離れているかを示すMAE(平均絶対誤差)、モデルの全体的な適合度を示すBIC(標準化ベイジアン情報基準量)などが挙げられる。

ARIMAモデルのような線形予測モデルは、不規則な時系列の変動を表現す

るための強力な近似手法であると言える。モデルを記述するパラメータも自己相関係数などから比較的容易に決定することができる。また、近年は情報処理技術の発展に伴い複雑な計算を要する線形予測モデルを容易に行えるアプリケーションソフトも開発されており適用がし易くなった。しかしながら、カオスと呼ばれる不規則な定常時系列に対しては線形予測モデルだけではなく非線形予測モデルの方が高い精度が得られることもある。非線形予測モデルとしてはスプライン関数やシステムダイナミクス、ニューラルネットワークなどの方法が提案されており、今後のより一層の発展と普及が期待される。本研究では、時系列データへの予測モデルとして最も普及していると考えられる線形予測モデルであるARIMAモデルを適用した。

第 4 章

研究課題 1

自覚的コンディション

変動の因子構造

4.1 目的

研究課題1では、始めに探索的因子分析を用いて複数の観測項目によって測定および観察された自覚的なコンディションがどのような因子から構成されているかを明らかにすることを目的とした。探索的因子分析により、対象者に固有な自覚的コンディション変動の因子構造モデルを作成するための手掛かりとした。続いて、各変動要因子に共通に関与すると思われる二次因子を導入した二次因子分析を用いて自覚的コンディション変動の因子構造モデルを検証することを目的とした。

4.2 方法

4.2.1 対象者

対象者は、筑波大学水泳部に所属する女子選手1名であった。年齢22歳、身長166.0cm、体重54.0kg（測定開始時）、競技種目200m個人メドレー、最高競技成績は大学選手権優勝（平成10年度）であった。以下に対象者の身体的特徴及び競技歴をまとめる（表4.1）。

表 4.1 対象者の特徴

特徴	対象者
身長	166.0cm
体重	54.0kg
BMI	19.6
年齢	22歳
性別	女
競技年数	14年
種目	200m個人メドレー
最高競技成績	大学選手権優勝 (平成10年度)

4.2.2 測定項目

本研究では，菅野ら（1992），大庭ら（1998），西嶋ら（2000b）の定義に準拠し，西嶋ら（1990a）が使用した記録用紙である「コンディションのQCシート」で用いられている項目に基づいて測定項目を選択し，対象者が容易に使用できるように改良を加えた．和久ら（1996）の提案項目の中から，起床時脈拍，起床時体温，練習終了後体重およびトレーニング内容に関する項目を付加した．食事に関する項目は，朝食，昼食，夕食における栄養バランスと食事量に関する満足度（食事満足）を選定した．最終的に基本的な生活習慣に関する項目を8項目，練習に関する項目を13項目，体調に関する項目を5項目と感想欄を用意した．

合計26項目の中から内容的妥当性と記述統計量および対象者との相談によって最終的に分析対象とした項目は以下の16項目であった（表4.2）．

1）基本的な生活習慣に関する項目

就寝時刻，睡眠時間，朝食満足，昼食満足，夕食満足

2）練習に関する項目

朝練習時刻，朝練習総泳距離（泳いだ距離），朝練習後体重，
午後練習時刻，午後練習総泳距離（泳いだ距離），午後練習後体重，
自覚的練習強度，自覚的練習意欲，自覚的練習達成感

．朝練習時刻と午後練習時刻をたして総練習時刻とした．

朝練習総泳距離と午後練習総泳距離をたして総泳距離とした．

一日の最後の練習後の体重を用いて最終練習後体重とした．

3）体調に関する項目

自覚的体調，自覚的疲労感，起床時体温，起床時脈拍，
自覚的な心身の状態

4.2.3 測定方法

測定期間は2月23日から9月5日の計195日28週間であり、期間中は毎日継続して測定を行った。その内、2月23日から3月22日までの1ヶ月間で対象者に適する項目の決定をした。

各項目において、時間に関する項目は24時間表記で記録した。体重は10g単位で小数点以下第1位まで、総泳距離はメートル単位で記入した。脈拍、体温は実測値を記入した。それ以外の項目には、標本データの正規性を確保するために5件法尺度を用いた。練習時間は一日の総練習時間、総泳距離（泳いだ距離）は一日の合計、練習後体重は一日の最後の練習後の体重を分析に用いた（表4.2）。

記録用紙はB4用紙一枚に1週間分を記入できるように作成した。記録用紙は測定期間中は対象者が所有し、期間終了後に複写を入手した。

また、本研究では、コンディションがトレーニング内容や量などの影響を受けて変動するという考えのもとに、トレーニング期分けをコンディション変動の介入要因であると仮定して、期間中に6つのトレーニング期を設定して測定を行った。

領域	項目(単位)	評価方法	測定方法
基本的	就寝時刻(時:分)	24時間表記	
	生活習慣	分単位まで	
練習	睡眠時間	5件法*	栄養及び量に関して自覚的に満足度
	朝食満足	5件法*	"
	昼食満足	5件法*	"
	夕食満足	5件法*	
	総練習時間	分単位まで	一日の練習時間を算出
	総泳距離	m単位まで	一日の合計泳距離を算出
	最終練習後体重(kg)	1/10Kg位まで	一日の最後の練習後に測定した体重
体調	自覚的練習達成感	5件法*	一日の練習達成感
	自覚的練習意欲	5件法*	一日の練習意欲
	自覚的練習強度	5件法*	一日の練習強度
	自覚的体調	5件法*	一日の体調
	自覚的疲労	5件法*	一日の疲労感
	心身の状態	5件法*	5:発達中, 4:好調, 3:不調, 2:痛み・悩み, 1:疾病異常
	起床時体温(度)	1/10度まで	
起床時脈拍(拍)	1分間値		

*5件法は, 5を最も良い状態とし, 1を最も悪い状態とした

表 4.2 測定項目と測定方法

4.2.4 統計解析

1) 記述統計量

観測されたデータの記述統計量として、標本数、平均値、中央値、標準偏差、最大値、最小値、有効N数、欠損N数を算出した。算出された記述統計量より、データの傾向を把握した。

2) 探索的因子分析

対象者のコンディション変動にマルチファクター（多因子）モデル（津田，1994）を適用し、複数のコンディション項目の系列の変動の背後に潜む変動因子を抽出するために、探索的因子分析を実施した。最尤法を用いて固有値1.0以上の因子を抽出し、斜交プロマックス回転を施した。ここで、ファクターモデルとは、多変量間の相関関係に基づき、それぞれの変数のもつ変動の背後に現実には観測できない因子と呼ばれる潜在変量を仮定し、各観測変数をできる限り少数の因子の線形1次結合によって表すことを考えたモデルである。ファクターモデルの基本形は、

$$X_{ti} = \mu_i + \sum_k a_{tk} F_{tk} + \epsilon_{ti}$$

(k = 1, 2, \dots, p, t = 1, 2, \dots, T, i = 1, 2, \dots, N)

で表すことができる。ここで、 a_{tk} は F_{tk} に対する関係の度合を示す共通因子負荷量である。この基本形では、因子の種類として、すべての変数に共通に影響を与える共通因子 F_{tk} と個々の変数に固有に影響を与える固有因子 ϵ_{ti} の2種類が含まれている。本研究では、対象者のコンディション変動に関するT日間の情報をN個の変数によって測定できた時、ある時点tでのコンディション変動に関する変数iによって測定された値 X_{ti} が、変数iの平均 μ_i とすべての変数に共通なp個の共通因子 F_{tk} (k = 1, 2, \dots, p) と、変数iに固有な因子 ϵ_{ti} の線形1次結合で表されると仮定したモデルである。

基本的な生活習慣（睡眠、食生活）、練習、体調に関する項目を測定したことから、抽出された変動因子間に相関があることが想定される。この理由から、探索的因子分析では初期解に対して斜交プロマックス回転（柳井ほ

か，1995）を施し，因子パターン行列および因子間相関行列を得た（西嶋ほか，2000b）．因子パターン行列における因子負荷量が0.4以上の変数に言及して各因子を解釈した．また，探索的因子分析にはSPSS 9.0Jを用いた．

3）二次因子分析

斜交プロマックス回転を施した探索的因子分析の結果より得られた因子間相関を考慮すると，抽出された因子（一次因子）間に共通に關与する高次な因子（二次因子）が存在することが推察されるために，共分散構造分析による二次因子分析を実施した．モデルの適合度指標には，データの分散・共分散に対するモデルの説明率を示すGFI，AGFI，NFI（狩野，1997；山本・小野寺，1999）を使用した．二次因子分析には，Amos 4.0Jを用いた．

4.3 結果

4.3.1 記述統計量

表4.3 測定項目の記述統計量を示す。基本的生活習慣の中の食事に関する3項目と、練習に関する練習の意欲、達成感、強度、体調、疲労などの5件法で評価した多くの項目の平均値は、2.6～4.1の範囲であった。特徴的な傾向が見られたのは、朝食満足では平均値が2.6、中央値が2であった。一方、夕食満足では平均値が4.1、中央値が4であった。このことから、対象者は夕食重視の食生活であったことが伺えた。その他の項目の平均は、それぞれ一日の総練習時間が3時間19分、総泳距離が6,290m、最終練習後体重が54.6Kg、起床時脈拍が47拍、起床時体温が36.4度、就寝時刻は午前1時7分（表中では午後25時7分）、睡眠時間が6時間31分であった。

表4.3 各項目の記述統計量

領域	項目(単位)	標本数	平均値	中央値	標準偏差	最大値	最小値	有効N	欠損N
基本的生活習慣	就寝時刻(時:分)	162	25:07 (1:07)	25:00 (1:00)	1:36	29:00	22:30	162	5
	睡眠時間(時間:分)	162	6:31	6:30	1:43	11:30	2:00	162	5
	朝食満足(1-5)	167	2.6	2	1.1	5	1	167	0
	昼食満足(1-5)	166	3.4	3	1.0	5	1	166	1
	夕食満足(1-5)	162	4.1	4	1.1	5	1	162	5
練習	総練習時間(分)	120	198.8	200	70.9	390	10	120	47
	総泳距離(m)	127	6290	6000	2973	15100	200	127	40
	最終練習後体重(kg)	119	54.6	55	0.8	56.2	53	119	48
	自覚的練習強度(1-5)	135	3.8	4	1.1	5	1	135	32
	自覚的練習意欲(1-5)	135	3.9	4	1.1	5	1	135	32
	自覚的練習達成感(1-5)	135	3.6	4	1.0	5	1	135	32
体調	自覚的体調(1-5)	140	3.6	4	0.9	5	1	140	27
	自覚的疲労(1-5)	140	3.3	3	1.0	5	1	140	27
	起床時体温(度)	157	36.4	36.4	0.3	37.0	35.8	157	10
	起床時脈拍(拍)	159	47	47	1.0	49	45	159	8
	心身の状態(1-5)	165	3.4	3	0.9	5	1	167	0

4.3.2 探索的因子分析によるコンディション変動因子の抽出

表4.4,4.5は,最尤法による因子分析の初期解に対して斜交プロマックス回転を行った後の因子パターン行列および因子間相関行列である。測定開始時においては,自覚的なコンディション項目を基本的な生活習慣,練習,および体調に関する項目に大別して決定したが,探索的因子分析の結果,16項目の全分散の51%を説明する5つの因子が得られ,因子パターン行列は単純構造に達した。0.4以上の因子負荷量を示す項目に言及して因子の解釈を行った所,第1因子から順に,自覚的体調・意欲,食事満足,練習量,自覚的疲労,体重の変動に関する因子と解釈できた。因子間相関は低度から中等度の有意な相関が見られた。特に,自覚的体調・意欲変動因子と体重変動因子に関しては,いずれの因子とも中等度以上の相関係数が得られた。

また,欠損値は練習に関する項目に対しては全体の平均値で置換し,それ以外の項目は対象が学生であったために生活リズムが一週間単位であると考え,それぞれ一週間ごとの平均値で置換した。

以下に,各因子の解釈を示す。

1) 第1因子：自覚的体調・意欲

第1因子において,高い因子負荷量を示したのは自覚的練習達成感,自覚的練習意欲,自覚的体調,であった。そのため,自覚的な体調に関する因子と解釈した。いずれの項目においても因子負荷量は正の値を示しているため,因子得点が高い方が自覚的に体調がよく意欲もあつたことを示す。

2) 第2因子：食事満足

第2因子では,主に朝食満足,昼食満足,夕食満足が高い因子負荷量を示した。この結果より,食事満足に関する因子と解釈した。因子負荷量はいずれも正の値を示していたことから,因子得点が高いほど食事において満足感が高かつたことを示す。

3) 第3因子：練習量

第3因子では総練習時間，総泳距離の項目が高い因子負荷量を示した。このことより，第3因子では練習量の変動を示していると考えられ練習量に関する因子と解釈した。いずれの項目の因子負荷量も正の値を示していたので因子得点が高いほど，練習量が豊富であったことを示す。

4) 第4因子：自覚的疲労

第4因子では，自覚的疲労，自覚的練習強度の項目が高い因子負荷量を示した。そのため，この因子は疲労に関する因子と解釈した。因子負荷量は，自覚的疲労（低得点ほど疲労）で正の値を示し，自覚的練習強度では負の値を示していたために，因子得点が低い方が疲労状態にあったことを示す。

5) 第5因子：体重

第5因子では，最終練習後体重と就寝時刻の項目が高い因子負荷量を示した。この結果より第5因子を最も左右する項目は最終練習後体重なので，この因子は体重に関する因子と解釈した。因子負荷量はいずれの項目においても負の値を示していたので，因子得点が低いほど，体重が増加してしまっていたことを示す。

さらに，本研究では自覚的コンディション変動因子は相互に関連があるものと考え，因子間に相関を認めるプロマックス斜行回転による因子分析を採用しているために各因子間の相関係数行列が得られた(表4.4)。前述の通り，いずれの因子間にも中程度以上の因子間相関が観察されたことより，得られた変動因子間に共通に関与する高次の因子が存在することが予想された。

次節で，高次の潜在因子を導入した二次因子分析の結果を示す。

表 4.4 プロマックス回転後の因子負荷量行列

項目	自覚的 体調・意欲	食事満足	練習量	自覚的 疲労	体重	共通性
自覚的練習達成感	0.99	-0.09	0.00	-0.10	-0.25	1.06
自覚的練習意欲	0.62	-0.04	0.04	-0.06	0.35	0.52
自覚的体調	0.50	0.21	-0.01	0.38	0.02	0.44
朝食満足	-0.04	0.88	-0.16	-0.21	-0.15	0.87
昼食満足	0.06	0.75	-0.06	-0.01	-0.24	0.63
夕食満足	-0.04	0.51	0.29	0.09	-0.16	0.38
心身の状態	0.33	0.35	0.03	0.29	-0.16	0.35
総練習時間	-0.10	-0.07	0.93	0.11	0.11	0.91
総泳距離	0.11	-0.09	0.71	-0.15	-0.10	0.56
自覚的疲労	0.11	-0.24	-0.10	0.76	-0.10	0.67
自覚的練習強度	0.16	0.22	0.35	-0.40	0.05	0.35
起床時体温	0.07	-0.09	-0.09	-0.38	0.26	0.23
最終練習後体重	-0.21	0.12	0.04	0.29	-0.65	0.56
就寝時刻	0.06	-0.34	0.04	0.21	-0.43	0.35
起床時脈拍	0.05	-0.11	-0.04	-0.13	0.33	0.14
睡眠時間	-0.11	-0.17	0.06	-0.02	0.30	0.13
因子寄与	1.86	2.07	1.63	1.36	1.23	8.15
因子寄与率(%)	11.64	12.96	10.18	8.47	7.69	50.94

表 4.5 因子間相関行列

因子	自覚的 体調・意欲	食事満足	練習量	自覚的 疲労	体重
自覚的体調意欲	1.00	0.50	0.23	0.24	0.62
食事満足	0.50	1.00	0.18	0.17	0.58
練習量	0.23	0.18	1.00	-0.12	0.25
自覚的疲労	0.24	0.17	-0.12	1.00	0.29
体重	0.62	0.58	0.25	0.29	1.00

4.3.4 自覚的コンディション変動の因子構造モデル

前節の探索的因子分析の結果より自覚的なコンディションの変動因子として自覚的体調・意欲，食事満足，練習量，自覚的疲労，体重に関するものと解釈できる5つの因子が抽出された。また，それぞれの因子間には中程度以上の相関関係が認められた。このことより，5つの因子に共通に関連する高次元潜在因子を仮定するべきであると判断された。そこで，自覚的コンディション変動という二次因子を導入して二次因子分析を行った。

図4.1に二次因子を導入した後のコンディション変動の因子構造モデルの標準解を示す。図中の矢印上の数値はパス（因果）係数であり，潜在変数間および潜在変数 観測変数間の相対的な影響（因果）の強さを示している。楕円は潜在変数，長方形は観測変数，円は誤差変数を示す。

二次因子のコンディション変動から各一次因子（下位領域）へのパス係数では，体重因子への値が最も大きく0.94であった。自覚的体調・意欲因子には0.72，食事満足因子には0.62，練習量因子には0.26，自覚的疲労因子には0.39であり，いずれも有意なパス係数が得られた。二次因子モデルの選択妥当性を示す適合度は，GFIが0.939，AGFIが0.916と0.9以上を示しモデルは十分に観測変数間の共分散を説明していた。また，NFIも0.860と高い値を示していた。

研究課題2では，このモデルにより因果関係の認められた各変動因子の因子得点を用いて，自覚的なコンディションの系列的变化を因子ごとに分析・評価した。

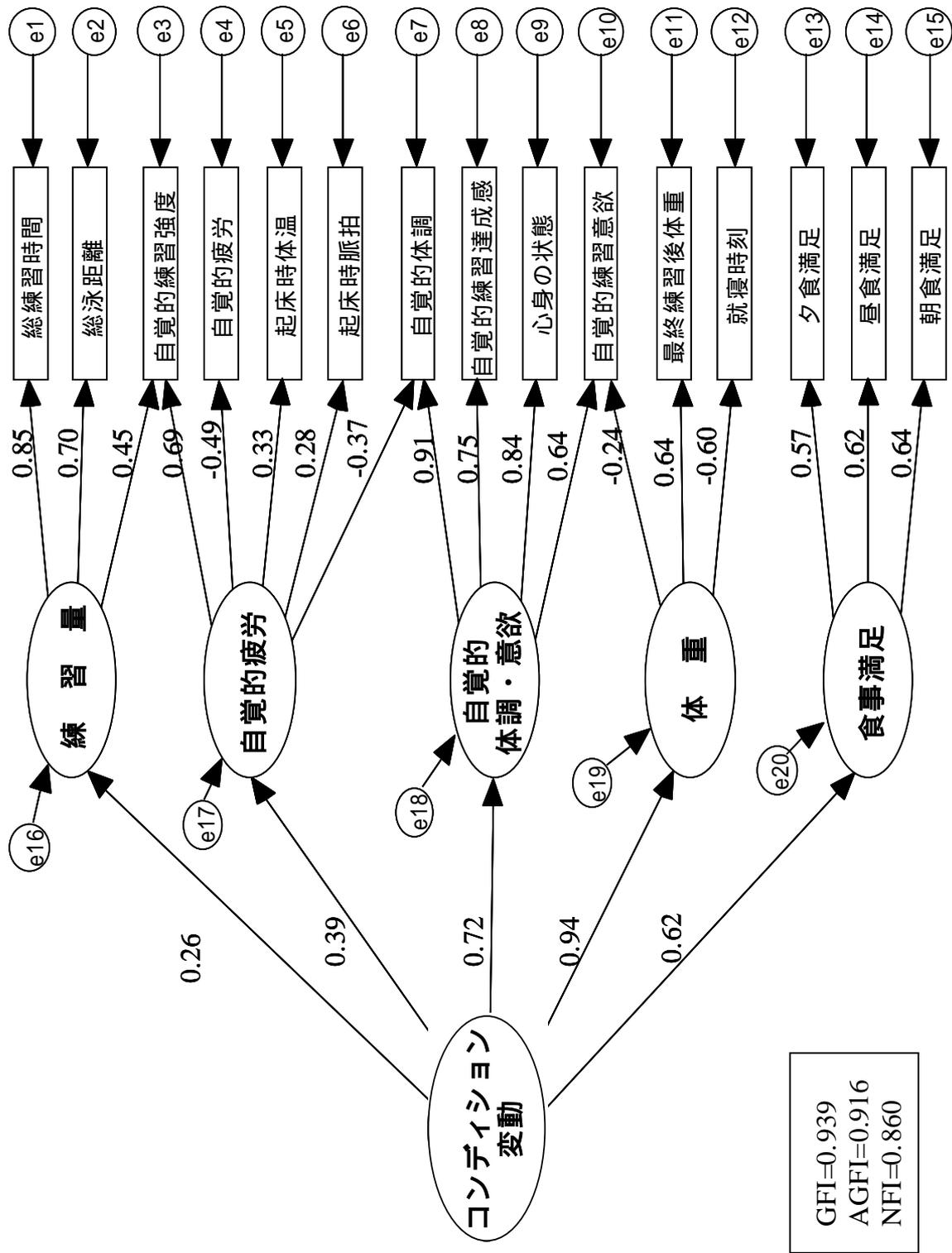


図 4.1 自覚的コンディション変動の因子構造モデル

4.4 考察

4.4.1 自覚的コンディションの変動因子

本研究では、自覚的なコンディションを複数の項目を用いて評価した。さらに、マルチファクターモデルを適用することで、自覚的コンディション変動に潜在する主因子を抽出した。抽出された自覚的コンディション変動因子は、自覚的体調・意欲、食事満足、練習量、自覚的疲労、体重の変動に関する5つの因子であった。これらは自覚的コンディション変動の下位領域と考えられる。本研究において抽出された変動因子の構成は、西嶋ら(2000b)の結果のように生活時間帯により区分されるものとは異なり、練習に関する項目を多く取り入れた大庭ら(1998)の結果に類似していた。

しかし、本研究課題で示されたコンディション変動の因子構造は、シーズンを通じたコンディション管理において不変であるかという問題が考えられる。特にトレーニング期分けにより因子構造およびそれを説明する観測項目の関係性の変化が考えられる。この点は尺度構成における因子不変性の問題という観点で学術的にも取り上げられている問題である(Marsh, 1993; 狩野, 1997; 豊田, 1998)。この問題に関しては、研究課題3でさらに検証を行うこととする。

また、統計学的見知からは、理論的には因子分析を適用する際に、ラグ付きの共分散行列を考慮するべきであることが近年、示唆されている(Hershberger and Corneal and Molenaar, 1994; Wood and Brown, 1994; 豊田, 2000)。しかし、現段階においては、ラグ付きの共分散行列を考慮した因子分析(動的因子分析)を行うには、高度のプログラミング技術を必要とするという限界がある。しかし、今後、動的因子分析を適用可能にすることによって、観測データ自体の分散を強く反映させられる変動因子の抽出が可能になるものと思われる。また、これにより時間変化に伴う構造の変化を捉えることができるようになるものと思われる。この点は、本研究における今後の大きな課題のひとつである。

本研究課題では、自覚的コンディションの下位領域として抽出された変動因子間には相関があるもと仮定し、因子分析の初期の解に対して因子間の相関を認める斜交プロマックス回転を施した。その結果、各変動因子間には低度から中等度の相関が認められた。この結果は、得られた変動因子の背後に共通に関与する高次の潜在因子の存在を示唆するもの（山本・小野寺，1999；西嶋ほか，2000b）であった。このことより、本研究では探索的因子分析の結果と観測変数の内容的妥当性に基づいて、一次因子の観測変数を設定した二次因子分析を適用して、自覚的コンディション変動の因子構造モデルを検証した。

4.4.2 自覚的コンディション変動の因子構造

自覚的コンディション変動の因子構造モデル（図4.1）は、二次因子分析の結果、二次因子から各一次因子（下位領域）へのすべてのパスに有意なパス係数が得られた。また、二次因子モデルの適合度はGFI, AGFIともに0.9以上であり、かつ両者の差が小さいことよりトレーニングに伴うコンディション変動の二次因子構造モデルは妥当であると判断された（豊田ほか, 1992; 狩野, 1997）。このことより、自覚的なコンディションの系列の変動は自覚的体調・意欲, 食事満足, 練習量, 自覚的疲労, 体重に関する5つの因子の変動が関与していることが確認された。これより、これら5つの変動因子を用いてコンディション変動を観察できることが示唆され、構成概念妥当性が確認されたと言える。また、簡易にコンディションの変動を捉えようとする際には自覚的体調・意欲, 食事満足, 練習量, 自覚的疲労, 体重の変動に関する5つの因子に強く関係を及ぼす観測項目を用いて観察できることも推察される。

高次因子分析モデルを用いたコンディションの因子構造に関する検討は、これまでのQCリストを用いた縦断的研究（西嶋, 1990a; 西嶋, 1990b; 西嶋ほか, 1999b; 西嶋ほか, 2000b; 菅野ほか, 1992; 大庭ほか, 1998）においては行われてこなかった。従来は、あくまで抽出された因子で説明されるという仮定のもとに検討が進められていた。しかし、本研究では観測変数間の背後に潜む潜在的な因子を分析に導入できる（狩野, 1997; 山本・小野寺, 1999）二次因子分析を用いることで、変動因子とコンディションという高次概念との因果関係を検討することができた。その結果、妥当であると判断できる因子構造が示され、従来の仮定を検証することができた。この方法を用いることで、個人に最適な自覚的コンディション変動の因子構造が検証できた。これにより各個人に適した情報伝達が可能となり、コンディショニング過程におけるコンディション自己管理によるフィードバック効果を向上させることができる。

第 5 章

研究課題 2

単一事例研究法における統計解析法を用いた
トレーニング期分け間における自覚的
コンディションの個体内系列変動分析

5.1 目的

研究課題2では、研究課題1で検証された自覚的コンディション変動の因子構造に基づき、分析対象とする自覚的コンディションの変動因子とする。各変動因子に対して、個別性を重視するために単一事例研究法の考えを適用する。トレーニング期分けを自覚的コンディション変動への介入行為と捉えることで、トレーニング期分け間の個体内系列変動を統計的に分析・評価することを目的とした。また、系列的変動の評価には視覚的判断に加えて、近年発展した時系列データに適用可能な新しい推測統計学的方法を適用することで、トレーニングに伴う自覚的コンディションに関する各変動因子の推移をより客観的に評価することを目的とした。

5.2 方法

5.2.1 対象者

対象者は、筑波大学水泳部に所属する女子選手1名であった。課題1と同様の対象者であるために特徴は省略する。(表4.1)

5.2.2 測定項目

1) 基本的な生活習慣に関する項目

就寝時刻，睡眠時間，朝食満足，昼食満足，夕食満足

2) 練習に関する項目

朝練習時刻，朝練習総泳距離（泳いだ距離），朝練習後体重，
午後練習時刻，午後練習総泳距離（泳いだ距離），午後練習後体重，
自覚的練習強度，自覚的練習意欲，自覚的練習達成感

- ・朝練習時刻と午後練習時刻をたして総練習時刻とした。
- 朝練習総泳距離と午後練習総泳距離をたして総泳距離とした。
- 一日の最後の練習後の体重を用いて最終練習後体重とした。

3) 体調に関する項目

自覚的体調，自覚的疲労感，起床時体温，起床時脈拍，
自覚的な心身の状態

5.2.3 測定方法

測定は課題1と同様であり，B4の用紙1枚に1週間分を記入できるように作成し2月23日から9月5日の計195日28週間，毎日継続して測定を行った。その内，2月23日から3月22日までの1ヶ月間で対象に適する項目の決定をした。各項目の評価方法は，課題1で示した通りである（表4.2）。

5.2.4 トレーニングの期分け

因子の変動を分析評価していくために本研究では主に大会を区切りとしてトレーニング期分けを行った。トレーニング期は対象者の判断および，対象者の所属するクラブのトレーニング計画を参考に設定した（表5.1）。

表5.1 トレーニング期分け

トレーニング期	期 間
1. 短水路選手権	3/23 ~ 4/5(14日間)
2. 準備期1	4/6 ~ 5/24(49日間)
3. 日本選手権	5/25 ~ 6/14(21日間)
4. 準備期2	6/15 ~ 7/5(21日間)
5. 国公立大会	7/6 ~ 8/9(35日間)
6. 学生選手権	8/10 ~ 9/5(27日間)

5.2.5 測定期間中の競技成績

表5.2に、測定期間中に対象者が出場した試合の結果を示す。短水路選手権では、短水路における自己ベストを更新し5位であった。日本選手権では、予選落ちという結果であった。国公立大会では、2位であった。最後の学生選手権では、自己ベストを更新して優勝した。

表5.2 測定期間中の競技成績

大会	記録			水路	順位
短水路選手権	*2	15	86	短水路	5位
日本選手権	2	23	77	長水路	予選落ち
国公立大会	2	23	78	長水路	2位
学生選手権	*2	19	38	長水路	優勝

*は自己ベスト, 競技種目: 女子200m個人メドレー

5.2.6 統計解析

1) 因子得点の算出

各変動因子の系列的変動を評価するために因子得点を算出した。算出には課題1により作成された自覚的コンディション変動の要因構造モデルより計算された因子得点係数行列(表5.3)を用いた。因子得点係数行列の算出には回帰法を用いた。因子得点は、平均値が0、標準偏差が1になるように求められた標準得点であり、各因子への観測変数の重み付きの得点である。

2) 自己相関係数の算出

因子ごとの代表値である因子得点に対して、ラグ1の自己相関係数を算出し、変動因子の系列依存性を検討した(縄田,1997)。系列依存性の存在が認められたデータにおいては従来のt検定や分散分析などの統計的検定法では誤って有意差を検出してしまう第一種の誤りを犯してしまうことが問題となるために、系列依存性の存在を問題としないランダムイゼーション検定法を適用した(山田,1997a)。

3) 回帰直線の切片およびレベルの変化

時系列変動データの変動傾向を吟味する最初の手掛かりは、平均値や回帰直線の切片によるレベルの変化、回帰直線の傾きによる勾配の変化、あるいは勾配の有無である(Jones and Weinrott and Vaught, 1978; Zaichkowsky, 1979; Schempp, 1987)。本研究では、データの変動傾向を捉える第一歩として、トレーニング期間ごとの回帰直線の変化を視覚的に判断した。レベルの変化では、期分け間に不連続が見られたならば介入要因(トレーニングの期分け)による変化であったと判断できる。勾配についても同様な判断ができる(Jones and Weinrott and Vaught, 1978)。単一事例研究のデータパターンには、レベルと勾配の変化に対して以下のような6つのパターンが考えられ(Barlow and Hersen, 1984)、これを

基準に変動傾向について考察することができる。

レベル変化あり・勾配変化なし

レベルもしくは勾配に変化あり

レベル変化あり・勾配変化あり

(ex. 上昇傾向から急激な上昇へ, レベルも上昇)

レベル変化なし・勾配変化あり

(ex. 上昇傾向から下降 傾向へ)

レベル変化なし・勾配変化あり

(ex. フラットから上昇傾向へ),

レベル変化あり・勾配変化あり

(ex. フラットから上昇傾向へ, レベルは低下)

3) ランダマイゼーション検定

系列依存性のあるデータに対しても第一種の誤りを犯すことなく統計的検定を行える検定法として近年, 提案された平均値の差の検定である。ランダマイゼーション検定は, データ相互間の独立性及び分布を仮定としないノンパラメトリック検定である。母集団からのランダム抽出を前提とせず, 実験条件のランダム振り分けにのみ基づく。また, 検定結果の算出方法は可能なランダム振り分けの組み合わせの, それぞれで算出される統計量と比較して, 得られたデータによる統計量がどれだけ極端な値かを判定している。本研究では, 各変動要因に対して回帰直線の切片とレベルによる変動把握に加えて, トレーニング期分け間の差をランダマイゼーション検定を行うことで統計学的に分析した。平均値の差の検定は, 各トレーニング期に対してひとつ前のトレーニング期とで行った。危険率は5%水準とした。解析プログラムは, 1992年にEdgingtonの開発したRANDOMIZATION TEST(2nd ed)を使用した。

5.3 結果

5.3.1 変動因子得点

研究課題2では、研究課題1で示された自覚的コンディション変動の因子構造に基づき検討する変動因子を決定した。検討する変動因子は自覚的体調・意欲、食事満足、練習量、自覚的疲労、体重の5要因である。これらの因子は自覚的コンディションを示す下位領域であり、自覚的コンディションの変動を反映するものであることが確認されている。変動の検討には、図3.1の自覚的コンディション変動の因子構造における因子得点係数行列（表5.3）より、各因子の因子得点を算出した。

表5.3因子得点係数行列

項目	自覚的 体調意欲	食事満足	練習量	自覚的 疲労	体重
自覚的練習達成感	0.150	0.013	-0.007	0.007	0.010
自覚的練習意欲	0.178	0.048	-0.006	0.009	0.058
自覚的体調	0.314	0.018	0.035	-0.027	0.013
朝食満足	0.009	0.223	0.001	0.001	0.016
昼食満足	0.008	0.195	0.001	0.001	0.014
夕食満足	0.006	0.152	0.000	0.001	0.011
心身の状態	0.249	0.022	-0.011	0.011	0.017
総練習時間	0.000	0.000	0.005	0.000	0.000
総永距離	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
自覚的疲労	-0.023	-0.006	0.020	-0.016	-0.005
自覚的練習強度	0.770	0.024	0.083	0.053	0.021
起床時体温	0.049	0.012	-0.041	0.035	0.011
最終練習後体重	-0.032	-0.074	-0.003	-0.005	-0.104
就寝時刻	-0.011	-0.026	-0.001	-0.002	-0.037
起床時脈拍	0.010	0.003	-0.009	0.007	0.002

5.3.2 自己相関（系列依存性）

データの系列依存性の有無を検討するために各変動因子ごとにラグ1の自己相関係数を算出した（表5.4）。いずれの変動因子においても有意な自己相関係数が得られた。このことより，得られたデータには系列依存性が存在すると判断された。この結果を踏まえて，以後の分析では系列依存性の存在を問題にしない統計解析法であるランダムイゼーション検定を用いた。

表5.4 自己相関係数

変動因子	自己相関係数	P値
自覚的体調・意欲	0.410	0.001
食事満足	0.384	0.001
練習量	0.527	0.001
自覚的疲労	0.463	0.001
体重	0.375	0.001

5.3.3 トレーニング期分け間における変動因子の変動分析

1) 自覚的体調・意欲因子(図5.1, 5.2)

図5.1, 5.2は, 自覚的体調・意欲因子の系列的変動を示しており, パス係数より因子得点(FS)が高い方がよい状態を示していると判断される。変動傾向を把握するために, まず, 回帰直線の勾配とレベルの差を検討したグラフを観察すると, 大会の設定されていた期間とそれ以外の期間のレベル間に大きな差がみられた。しかし, 日本選手権期間のみレベルが向上しておらず, 表5.2に示されるように大会における成績が低水準であったのを裏付ける結果であったことがわかる。勾配においては, 全体的にフラットに近い傾向が観察されたが, 最後の学生選手権の期では, 唯一明らかな上昇傾向を示しており, レベルも高かったことを考え合わせると, 他の期に比べて体調・意欲ともに大会に向けてよい状態になっていったことが推察された。ランダムイゼーション検定の結果では, 短水路選手権の期から準備期1にかけて統計学的に有意な低下が見られた。準備期2と国公立大会の期においても有意な上昇があり, さらに最終目標の学生選手権の期においてもよい状態が維持されており学生選手権での好成績を裏付けるものであった。これより, 統計学的にも大会の設定されている期と準備期とでは体調・意欲に大きな変動があったことが確認された。

2) 食事満足因子(図5.3, 5.4)

図5.3, 5.4は, 食事満足因子の系列的変動を示しており, パス係数より因子得点が高い方が食事の栄養および量ともに満足度が高いと判断される。最初に回帰直線の勾配とレベルのグラフでは, 準備期2とその前後の大会の期(日本選手権の期, 国公立大会の期, 学生選手権の期)のレベルに明らかな差が観察された。中でも, 学生選手権の期では高い値を示していた。勾配は準備期1では大きな変化傾向は見られなかったが, その他の期間ではいずれも明らかな上昇傾向が観察された。中でも, 準備期2と国公立大会の期においては連続的な上昇傾向を示しており, 2つの期が学生選手権

のための準備期として作用していたことが推察された。ランダムイゼーション検定による平均値の差の検定では，準備期と大会のある期間との間には統計学的有意差が認められた。これは，回帰直線のレベルと勾配を視覚的に捉えた結果と概ね一致していた。唯一，準備期 1 と日本選手権の期との間で有意な上昇が観察されなかったが，これは，日本選手権での悪い結果と対応する分析結果であった。

3) 練習量因子 (図 5.5, 5.6)

図 5.5, 5.6 は，練習量因子の系列的変動を示しており，パス係数より因子得点が高い方が練習量が豊富であると判断された。回帰直線の勾配とレベルのグラフを見ると，いずれの期においても開始時点のレベルには大きな差は見られなかった。国公立大会の期のみ若干低い値であったが，大きな差ではなかった。勾配では短水路選手権，日本選手権，学生選手権といった，いずれも高いウェイトをおいた大会の期において明らかな練習量の上昇傾向が観察された。しかし，準備期 2 と国公立大会の期では練習量が下降傾向にあり，練習量が獲得できていなかったことは明らかであった。ランダムイゼーション検定の結果，平均値は短水路選手権期間と準備期 1 との間以外の全ての期間で統計的に有意な上昇あるいは下降が認められた。しかし，国公立大会の期間では，日本選手権から，準備期 2 への移行で，有意に低下した練習量がさらに有意な低下を示しており，レベルや勾配の結果と同様に練習量が獲得できなかったことが統計学的にも確認された。

4) 自覚的疲労因子 (図 5.7, 5.8)

図 5.7, 5.8 は，自覚的疲労因子の系列的変動を示しており，パス係数より因子得点が高い方が自覚的に疲労感がなく良い状態を示していると判断できる。回帰直線の勾配とレベルのグラフでは，各期の開始時点のレベルには大きな特徴は見られなかった。勾配においては短水路選手権，日本選手権，国公立大会，学生選手権といった大会の設定されていた各期間では因子得点は明らかな上昇傾向にあった。しかし，2つの準備期ではほとん

ど勾配がなく，一定の疲労状態であったことが観察された．このことより，大会に向けて疲労は軽減されていたことが推察された．平均値の差を統計学的に分析した結果を見ると，準備期 1 と日本選手権期間を除くすべての期間に有意差が認められており，2 つの準備期においては，それ以外の大会のあった期に比べると疲労していたことが統計学的にも確認された．準備期 1 と日本選手権期間では唯一，有意差が見られなかったが，これは表 5.5 の大会結果にも表れているように日本選手権においては他の大会に比べると疲労している状態であったことを示していると考えられた．

5) 体重因子 (図 5.9 , 5.10)

図 5.9 , 5.10 は，体重因子の系列的変動を示しており，パス係数より因子得点が高い方が低体重であったことを示す．回帰直線の勾配とレベルのグラフでは，レベルにおいてかなりのちらばりが見られた．全体的に見ると測定期間中の前半に比べ後半でレベルが低くなっており体重がわずかながら上昇していたことが推察された．勾配については，国公立大会と学生選手権の期では大会に向けて因子得点が明らかに上昇しており，体重が低下していたことが見て取れた．平均値を統計学的に検定した結果では，日本選手権の期までは有意な変化は見られなかった．しかし，準備期 2 で一度有意に体重の増加が見られた．その後，国公立大会の期で有意な体重の低下を示し，最後の学生選手権の期では維持されていた．評価の結果と表 5.2 の大会結果を合わせて考えると，対象者においては大会に向けて体重が低下を示していた方がよい状態となることが推察された．

各変動因子におけるグラフを視覚的判断と統計学的検定を用いて評価したところ，対象者においては良好な競技成績が得られた大会期と準備期では，いずれの因子も変動の傾向が大きく変わっていた（国公立大会，学生選手権）．一方で，連続する大会期と準備期に大きな変動のなかったケースでは，競技成績が好ましくなかったことが統計的にも確認された（日本選手権）．これにより，評定者間に差のない客観的な評価が行えた．

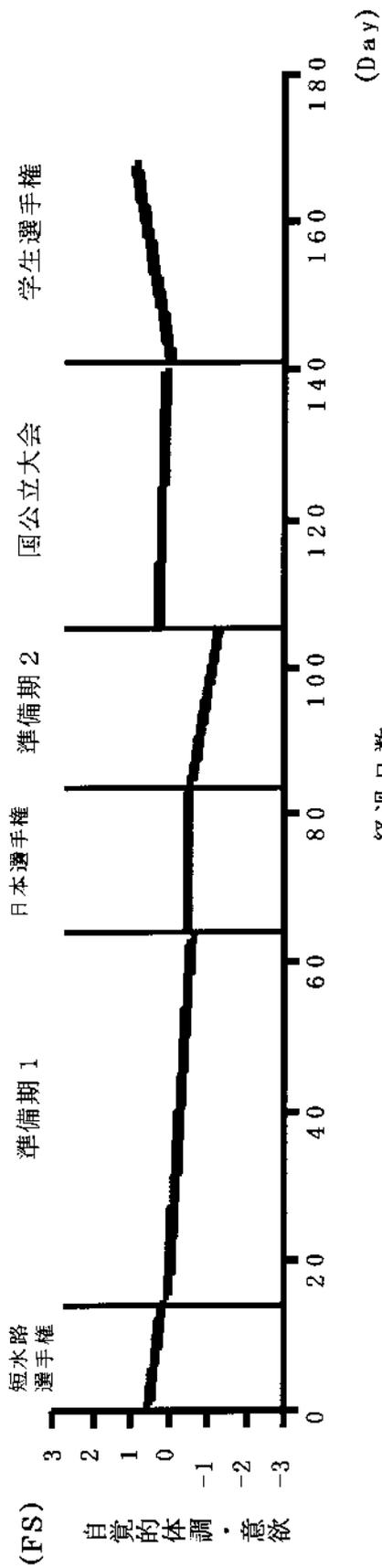


図 5.1 自覚的体調・意欲因子の系列的変動グラフ (回帰直線)

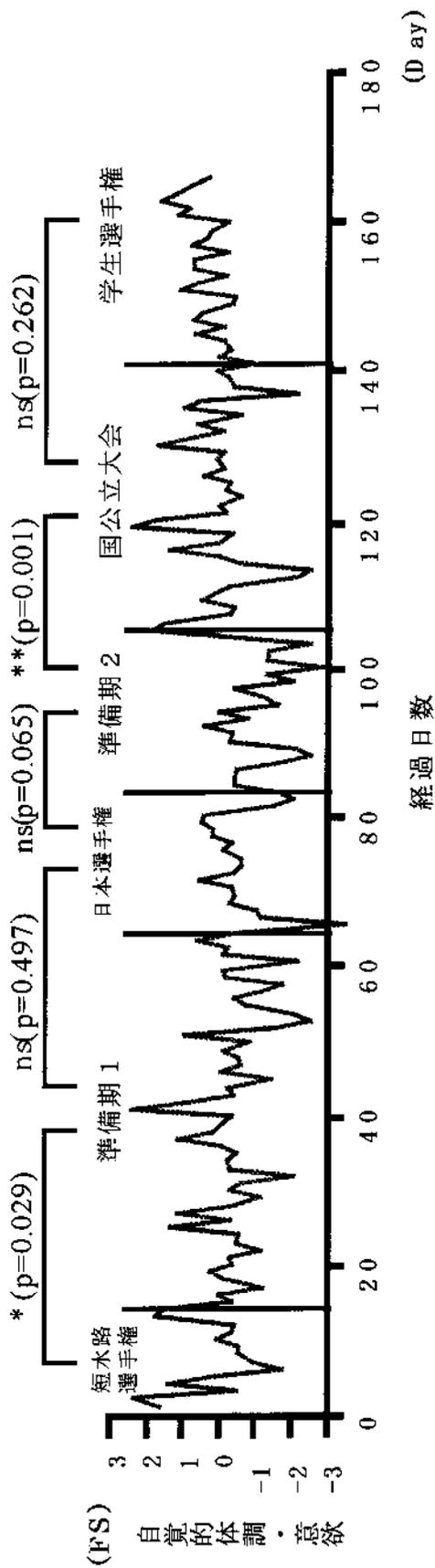


図 5.2 自覚的体調・意欲因子の系列的変動グラフ (観測値)

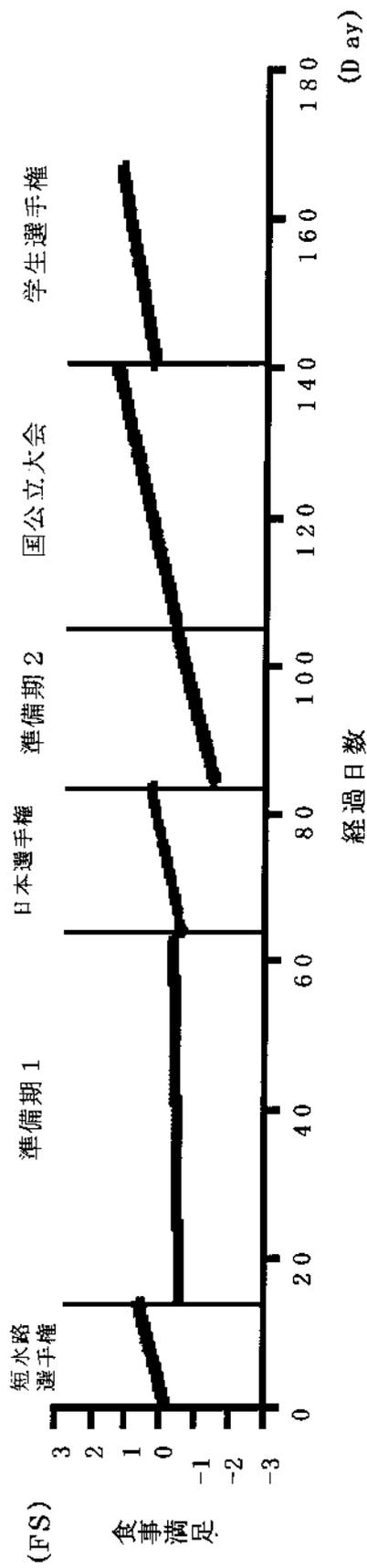


図5.3 食事満足因子の系列的変動グラフ (回帰直線)

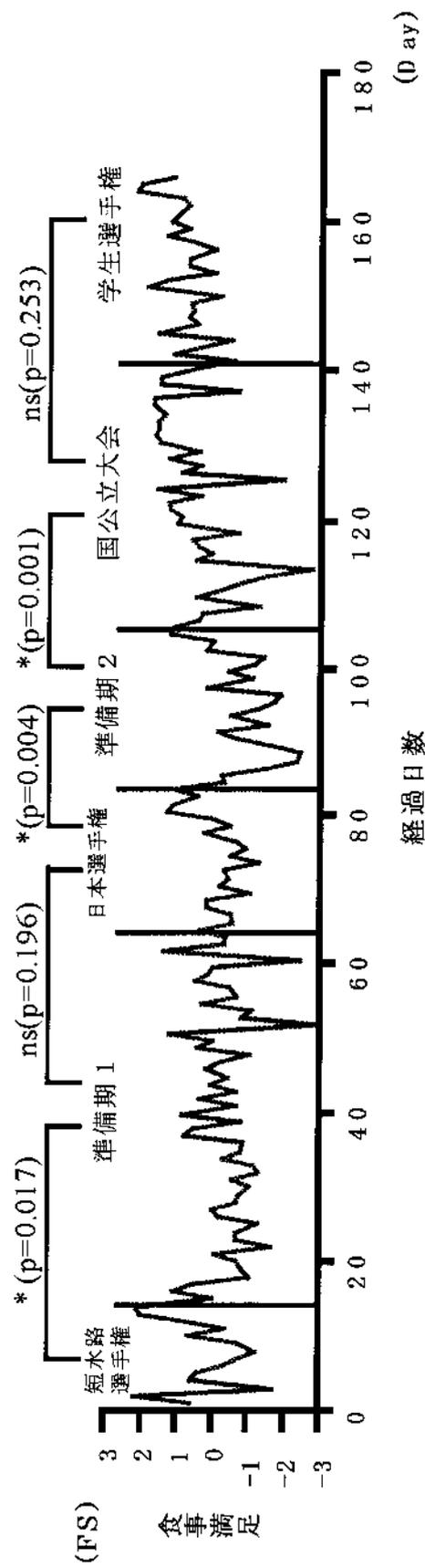


図5.4 食事満足因子の系列的変動グラフ (観測値)

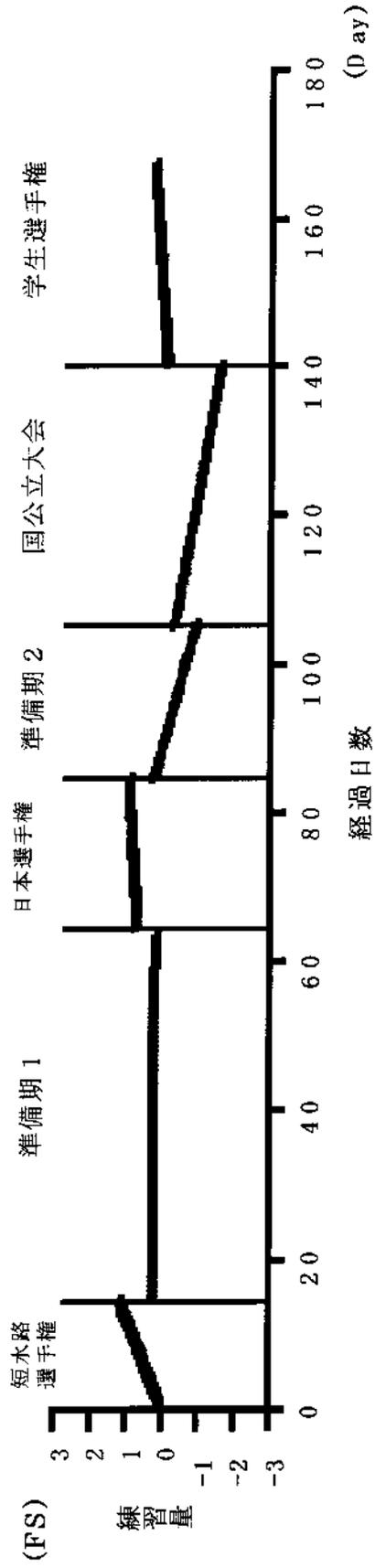


図5.5 練習量因子の系列的変動グラフ (回帰直線)

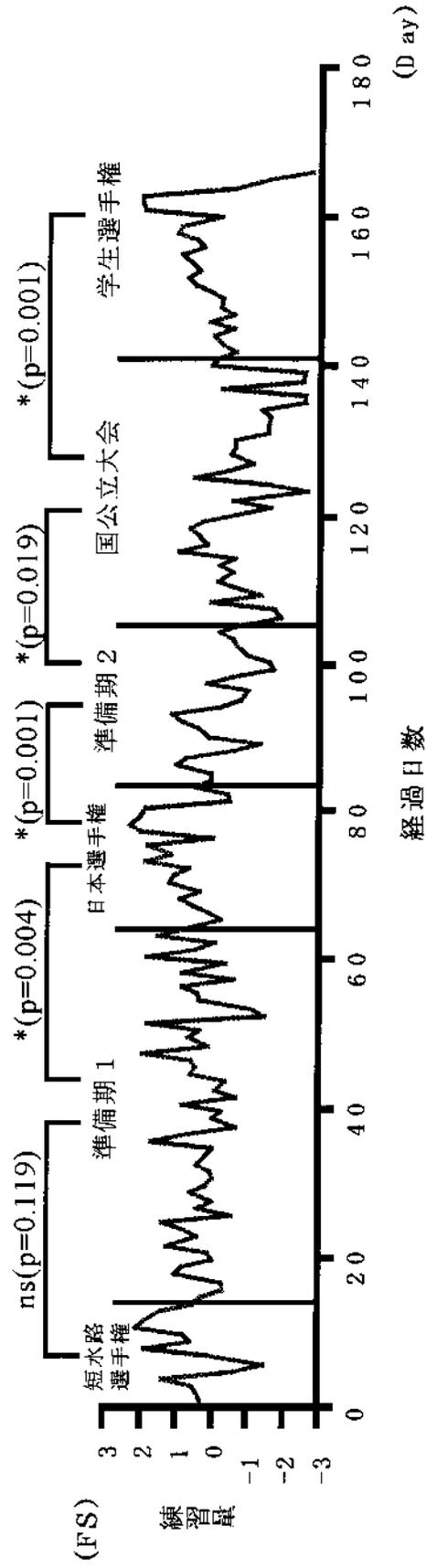


図5.6 練習量因子の系列的変動グラフ (観測値)

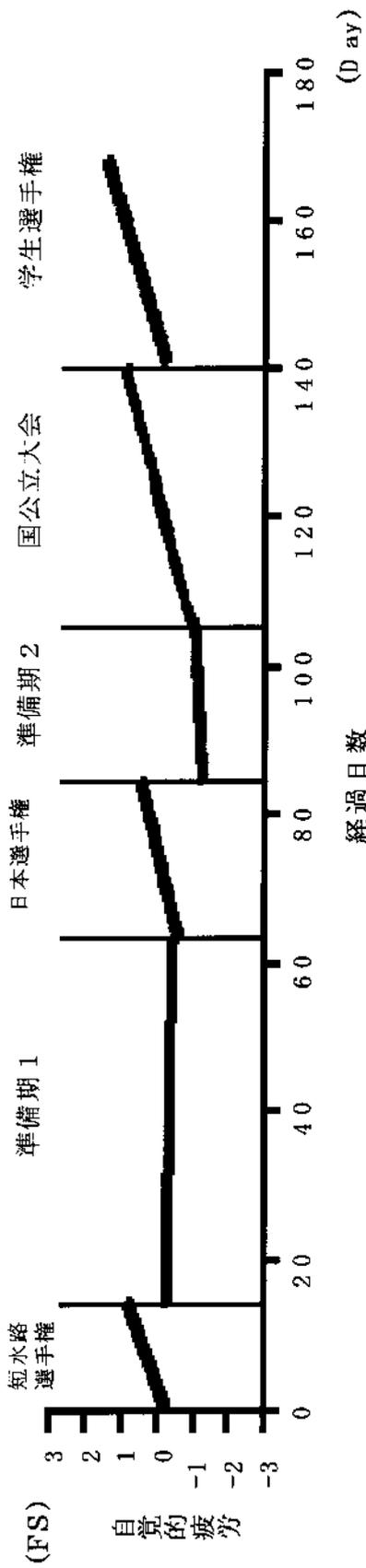


図5.7 自覚的疲労因子の系列的変動グラフ(回帰直線)

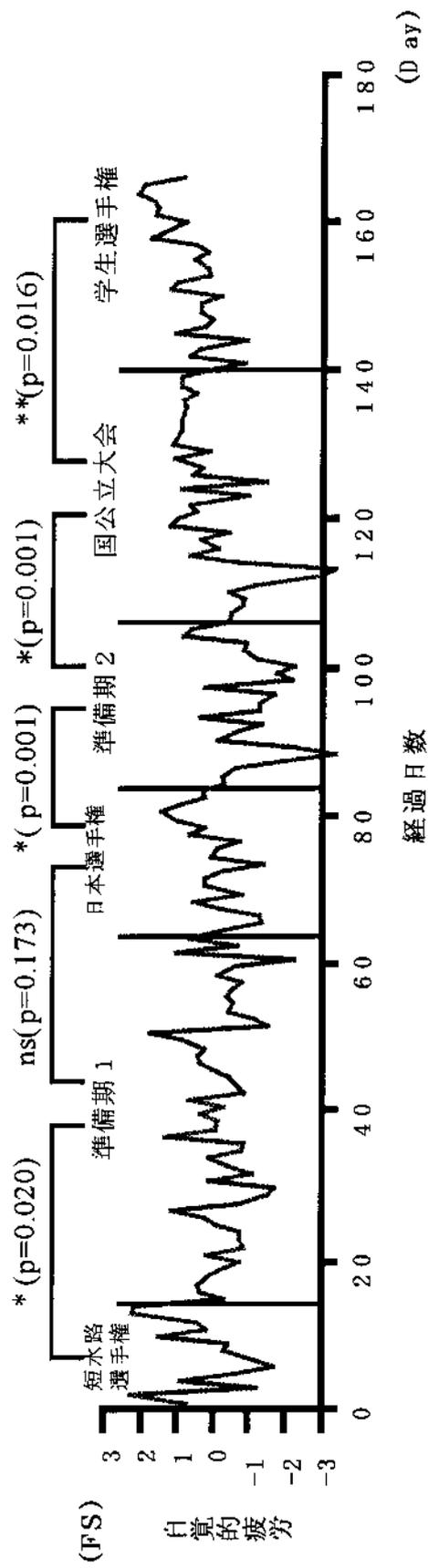


図5.8 自覚的疲労因子の系列的変動グラフ(観測値)

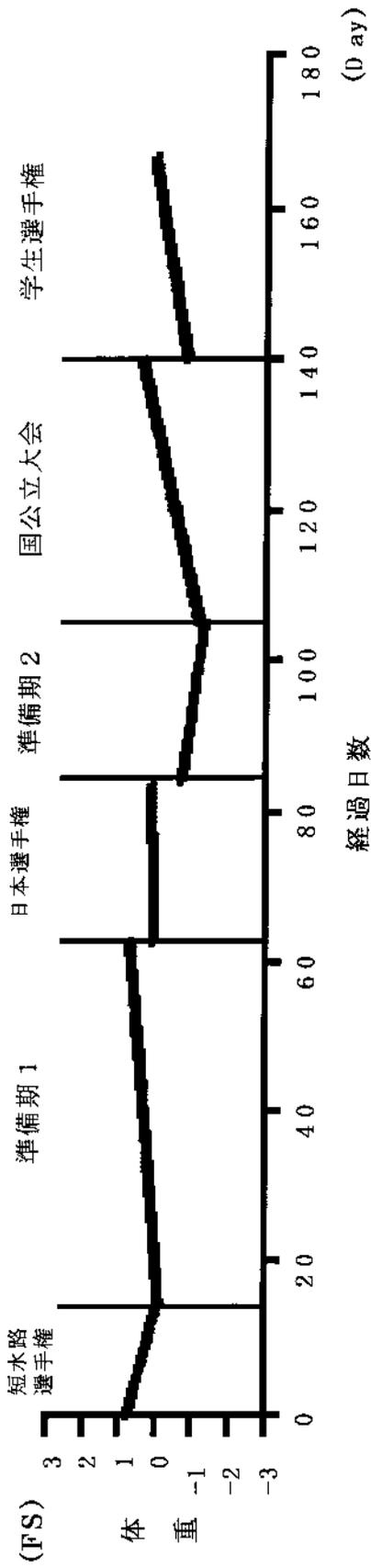


図5.9 体重因子の系列的変動グラフ (回帰直線)

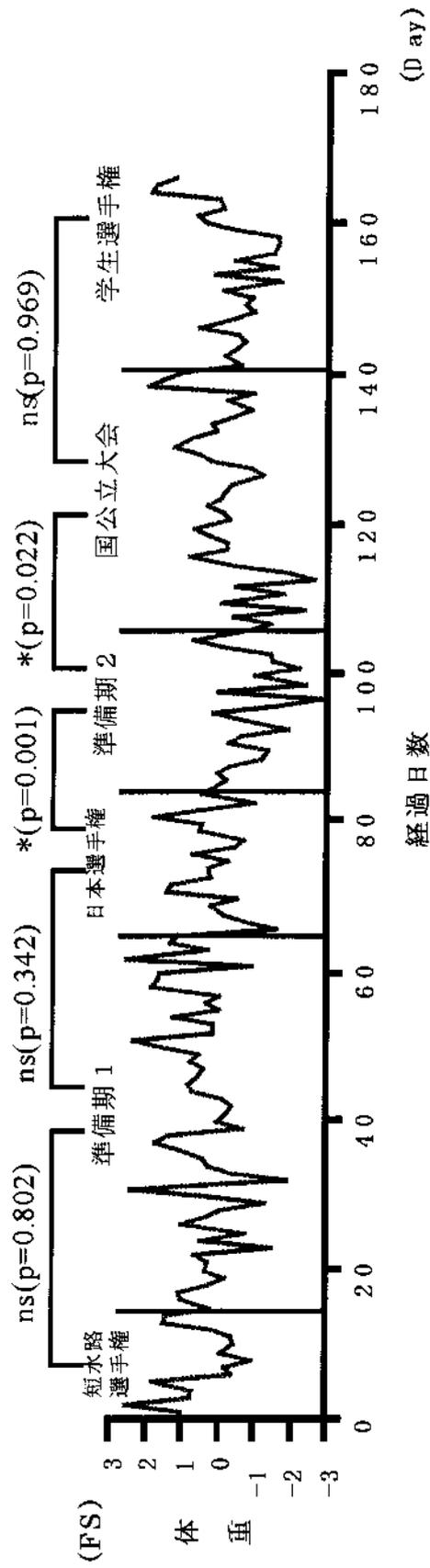


図5.10 体重因子の系列的変動グラフ (観測値)

5.4 考察

トレーニング内容や量の変化に伴う自覚的なコンディションの個体内変動を，大庭ら（1998）や西嶋ら（2000b）の立場のように，適切な手法を用いて統計学的に分析・評価し，客観的な結果を得ることにより，個々の選手に適した自己管理を促すことができるものと考えられる．また，系列の変動に対しても新たな統計学的分析法を適用することで，統一した見解の得られる客観的な評価が行えたものと思われる．

これまでは，系列の変動データに特有の系列依存性のために通常の一般的な推測統計学的分析が行えなかった．また，ARIMAモデルなどの時系列分析法は計量経済学分野などを中心に開発されている（尾崎ほか，1998）ものの，そのメカニズムは複雑であり，かつ分析の適用には多くのデータポイントを必要としていた（山田，1999）．そのため，一般的な手法として体育科学分野に取り入れられることはなかったと考えられる．Schempp（1987）によって，教師の教授行動による生徒の行動の安定性を一年間のデータ採取後に，時系列分析によって評価しようと試みたものがある．しかし，この研究で実際に評価対象となっているのは1から10までのラグによる自己相関係数であり，本来の時系列分析が目的とする変動の評価や予測とはかけ離れたものであった．

そこで，本研究では時系列データに対する，より簡易な分析評価法として系列の変動を評価するための第一歩であるレベルと勾配の変化を視覚的に捉えた上で，ランダムイゼーション検定を用いることにより，トレーニング期分け間の平均値の差の検定を行った．これによって期分け間のコンディション変動を統計的に認識することが可能となった．選手個人について，トレーニングに伴うコンディション変動を簡易に確認し，コンディションを自己管理に生かしていくためには，以上のような系列の変動データに対する新しい統計学的手法と伝統的なグラフ観察による視覚的判断を組み合わせる用いることが有用であるといえる．山田（1998b）や桑田（1998）も視覚的な判断だけで系列の変動を検討するのみでは共通の見解を

得ることは難しいと述べている。統計的仮説検定法を併用することで、単純な折れ線グラフによる変動の観察だけでは変化を捉えにくかった結果が、統計学的な有意差を確認することで変動を捉え易くなり、時系列な変動をより客観的に評価する可能性があると述べている。

以上のことより、視覚的判断と統計的仮説検定を併用することで時系列な個体内変動をこれまで以上に客観的に評価できることが示唆される。

単一事例研究法の適用においては、研究デザインとして重要な介入行為が必要であった。しかし、トレーニング期分けを自覚的なコンディション変動に対する介入行為として導入することで適用可能であることが示された。選手のトレーニングは期分けごとにその内容を計画するものである(村木, 1994; 中村, 1988; Matvejev, 1985)ため、トレーニング期分けごとにトレーニング内容や量に明確な変化が存在する。本研究では、自覚的コンディションがトレーニング期分けという介入行為に影響を受けて変動していることが確認された。これは、トレーニング期分けの設定を明確にする上でも有効な方法であると考えられる。また、単一事例研究法を用いて、同一個人内の変動を捉えたことによって個人差を重視した評価が可能になった。個人に焦点を当てた評価可能性は、これまでの集団評価の中に埋もれていた個人から、個人評価の集合による集団を形成していく第一歩となると考えられる。

以上のように系列依存性の影響を排除した簡易な統計学的分析法の適用が提案された。今後、時系列データの蓄積によりARIMAモデルなどの時系列分析法を適用することで一見不規則な変動に対して変動傾向を統計学的に捉え、変動の予測を行っていくことも可能になると思われる。これにより、選手の自己管理能力の向上を促進できることが期待される。

第 6 章

研究課題 3

トレーニング期分け間における
自覚的コンディション因子構造の不変性

6.1 目的

研究課題1で抽出された変動因子間に相関が認められ、変動因子間に共通に關与する高次な潜在因子の存在が示された。因子構造を検証する際には、同一の項目を用いた異なる集団、あるいは異なるトレーニング期間における構造の不変性（因子不変性）を検討することの必要性が示されている（狩野，1997；清水，1997；清水，1996；Meredith，1993）。また、構造の不変性を検討することでコンディション変動の因子構造は、シーズンを通したコンディション管理において不変であるかという問題が検討できる。同時に、不変モデルの局所評価を行うことでトレーニング期分けにより因子構造およびそれを説明する観測項目との関係性の変化が検討できる。

以上のことを踏まえて、各トレーニング期分け（試合期，準備期）ごとに個別分析によりコンディション変動の因子構造を課題1で示したように二次因子構造の形で示す。個別分析の結果をもとに、構造の不変性を検証するモデルを構築し、多母集団同時分析により自覚的コンディションの因子構造の不変性を検討した。また、不変性の成立しない部分を局所評価することでトレーニング期ごとの構造の特徴および因子と観測項目間の関係性の変化を検討することを目的とした。

6.2 方法

6.2.1 対象者

対象者は、筑波大学水泳部に所属し、200m個人メドレーを専門種目とする女子選手1名であった。課題1と同様の対象者であるために特徴は省略する。（表4.1）

6.2.2 測定項目

1) 基本的な生活習慣に関する項目

就寝時刻，睡眠時間，朝食満足，昼食満足，夕食満足

2) 練習に関する項目

朝練習時刻，朝練習総泳距離（泳いだ距離），朝練習後体重，
午後練習時刻，午後練習総泳距離（泳いだ距離），午後練習後体重，
自覚的練習強度，自覚的練習意欲，自覚的練習達成感
・朝練習時刻と午後練習時刻をたして総練習時刻とした。
朝練習総泳距離と午後練習総泳距離をたして総泳距離とした。
一日の最後の練習後の体重を用いて最終練習後体重とした。

3) 体調に関する項目

自覚的体調，自覚的疲労感，起床時体温，起床時脈拍，
自覚的な心身の状態

6.2.3 測定方法

測定は，課題1と同様であり，B4の用紙1枚に1週間分を記入できるように作成し2月23日から9月5日の計195日28週間，毎日継続して測定を行った。その内，2月23日から3月22日までの1ヶ月間で対象に適する項目の決定をした。各項目の評価方法は，課題1で示した通りである（表4.2）。

6.2.4 トレーニングの期分け

トレーニング期分け間における自覚的コンディションの因子構造の不変性を検討するために，課題2におけるトレーニング期分けをさらに大きく2つの期に分類した。目標大会の設定されている1)，3)，5)，6)を試

合期，それ以外の2)，4)を準備期とした．本来，トレーニング期分けは鍛錬期(オフシーズン)，準備期(プレシーズン)，試合期(インシーズン)を繰り返すことが理想と考えられるが，対象者における測定期間中には，明確な鍛錬期と呼べる期間はなく(全日本選手権後に3日間だけオフが設定されていた)鍛錬期として設定するに値する期間はなかった．そのため本研究では，試合期および準備期の2つに大別して因子構造の不変性を検討した．トレーニング期分けは，対象者の判断および，対象者の所属するクラブのトレーニング計画を参考に設定した(表6.1)．

表6.1 トレーニング期分け

トレーニング期	期 間	分 類
1. 短水路選手権	3/23 ~ 4/5(14日間)	試合期
2. 準備期1	4/6 ~ 5/24(49日間)	準備期
3. 日本選手権	5/25 ~ 6/14(21日間)	試合期
4. 準備期2	6/15 ~ 7/5(21日間)	準備期
5. 国公立大会	7/6 ~ 8/9(35日間)	試合期
6. 学生選手権	8/10 ~ 9/5(27日間)	試合期

6.2.6 統計解析

1) 個別分析

コンディション変動の二次因子構造の因子不変性を検討するために、まず各トレーニング期ごとに個別分析を行った。各トレーニング期のコンディション変動の因子構造を課題1で示されたように二次因子構造の形で検証した。個別分析では、課題1で示した探索的因子分析の結果を重視して因子構造の仮説モデルを構築した。個別分析の結果は因子不変性を検討するための仮説構造を構築するための材料とした。個別分析で良好とならないモデルは不変性を検討する以前に構造として意味を成さないと考えられる。個別分析にはAmos 4.0Jを用いた。

2) 因子構造の不変性(因子不変性)

コンディション変動の二次因子構造の因子不変性を検討するために、個別分析の結果より試合期モデルと準備期モデルに存在するパスは全て採用して不変性を検討するモデルを構築した。その結果、どちらの期間に対しても有意なパス係数が得られないパスを削除し、最終的に不変性を検証する構造とした(中野,2001)。多母集団同時分析による因子不変性の検討では、様々な水準での検討が提案されている(狩野,1997;清水,1996;Meredith,1993)が、本研究においては、まず各因子と観測変数間の構造がトレーニング期分け間で同様であるかを確かめるために、存在する全てのパスの配置が一致したモデルが適合するものを配置不変、次に、因子と観測変数との関係性の大きさが全ての期間において同様であることを確かめるために、因子と観測変数間のパス係数の大きさが全て等しいモデルが適合するものを測定不変、全ての期間において配置および関係の大小に加えて、因子間相関と誤差も等しいとすることで、完全にモデルが一致することを確認するために、測定不変が成立し、かつ因子間相関行列および誤差相関行列も一致したモデルが適合するものを強因子不変として、その適合性を検討した。多母集団の同時分析にはAmos 4.0Jを用いた。

3) 局所評価

因子不変性の検討では、不変性の検討だけでなくモデルにおいて局所的に不変とは言えない部分を丁寧に検討する局所評価の必要性があることが述べられている(狩野,2002)。これにより、トレーニング期ごとの構造の特徴を明確に示すことが可能となる。本研究では、測定不変モデルにおいてパス係数の等値条件を緩めたモデルを弱測定不変と呼び、同時に検討することで因子と観測変数がトレーニング期間によって等値と言えない部分を探索した。そして、モデルにおいて等値と言えないと判断された部分を局所評価した。これにより、トレーニング期ごとに重視すべきコンディション管理項目の違いを示すことができる。

6.3 結果

6.3.1 個別分析

図6.1, 6.2は, 試合期および準備期における個別分析の結果である. 個別分析の結果をもとに不変性を検討するための因子構造モデルを決定した. 試合期モデルと準備期モデルに存在するパスは全て採用してモデルを構築し, その結果どちらの期間に対しても有意なパス係数が得られないパスを削除し, 最終的に不変性を検証する仮説構造とした. 具体的には試合期の個別分析では存在した食事満足因子から総練習時間へのパスおよび, 食事満足因子から就寝時刻へのパスの削除した. また, 準備期の個別分析では存在した体重因子から就寝時刻へのパスも削除した. 最終的に不変性を検討した要因構造モデルが図6.3である.

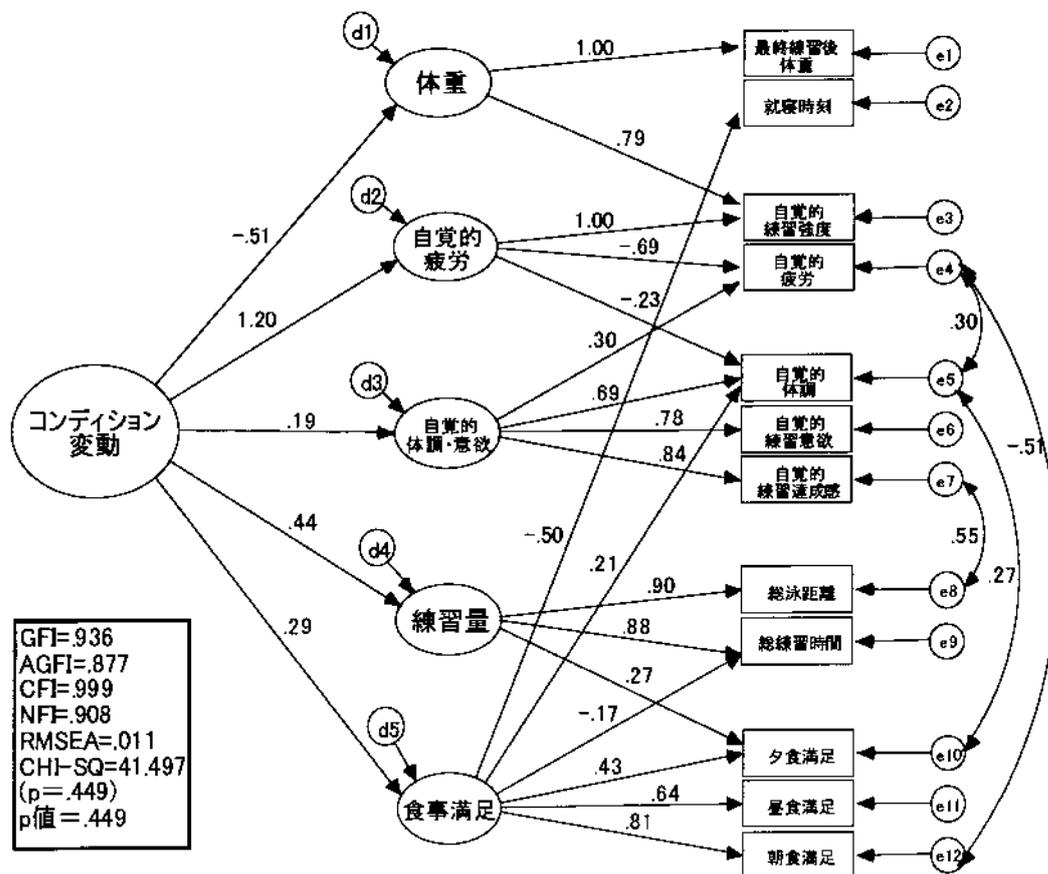


図6.1 コンディション変動の二次因子構造：個別分析（試合期）

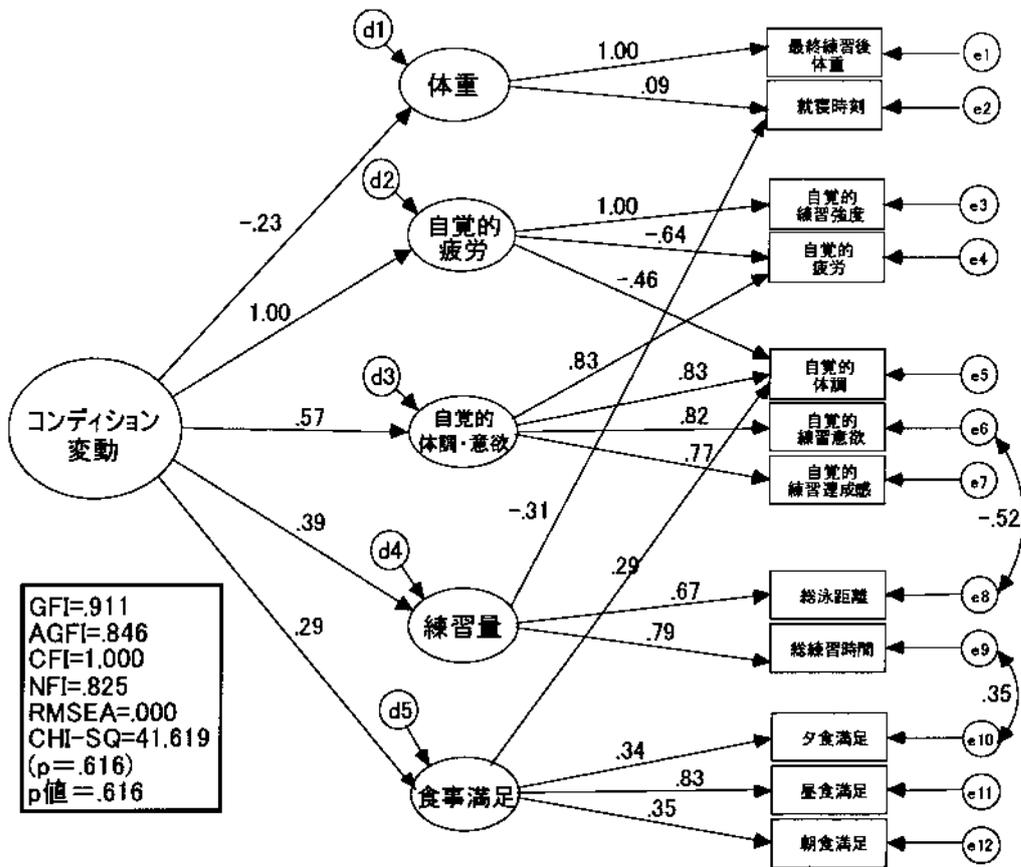


図 6.2 コンディション変動の二次因子構造：個別分析（準備期）

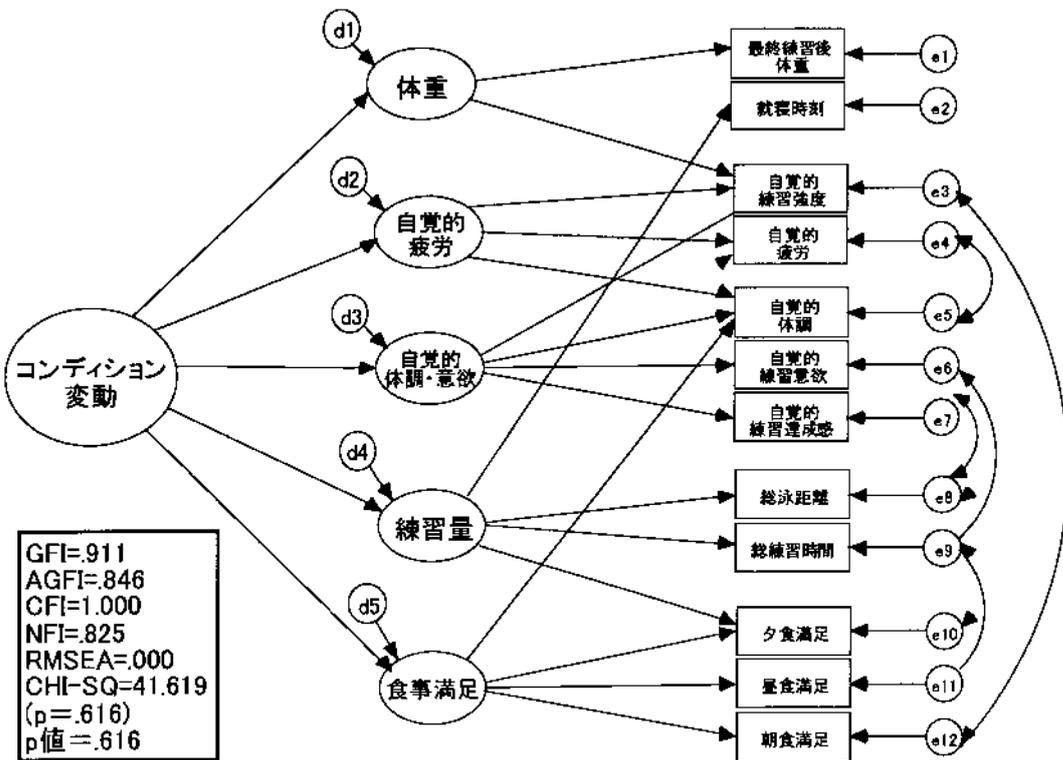


図 6.3 トレーニング期分け間の不変性を検討した因子構造モデル

6.3.2 因子構造の不変性（因子不変性）

表6.2は、各因子不変性水準におけるコンディション変動の二次因子構造モデルの適合度である。強因子不変水準は全ての適合度指標において良好な値ではなく明らかに成立しないことが示された。測定不変水準では良好な値を示した適合度指標もあったが、全てが良好とは言えず完全に受容されているとは言えない結果であった。配置不変水準は多くの適合度指標においてモデルの受容基準を満たしており、試合期、準備期の間では配置不変が成立し、コンディションの因子構造は不変であることが確認された。本研究では、さらに測定不変水準モデルにおいて、いくつかの因子と項目間におけるパス係数の等値制約を削除した弱測定不変を検討した。その結果、多くの適合度指標においてモデルの受容基準を満たしていた。また、モデル間比較の指標であるAICにおいては最も良好な値を示していた。

表 6.2 コンディション変動の二次因子構造の不変性（適合度）

適合度指標	配置不変	弱測定不変	測定不変	強因子不変
GFI	0.906	0.885	0.874	0.839
AGFI	0.821	0.815	0.799	0.789
CFI	0.956	0.937	0.917	0.856
NFI	0.846	0.809	0.791	0.711
RMSEA	0.042	0.047	0.053	0.064
P値(χ ² 値)	0.036	0.010	0.002	0.000
AIC	254.431	250.037	260.147	273.324

6.3.3 モデルの局所評価

不変性が完全には受容されなかった測定不変水準のモデルにおいて、パス係数の等値性を検定した結果に基づいて、モデルの制約条件を緩めた弱測定不変水準のモデルを検討した。等値性の検定結果より等値条件を削除したのは、体重因子から自覚的練習強度、自覚的体調・意欲因子から自覚的疲労、練習量因子から就寝時刻へのパスであった。その結果を示したモデルが図6.5および図6.6であり、弱測定不変水準における試合期の変動因子構造と準備期の変動因子構造を示している。適合度指標は改善が見られ、多くの適合度指標においてモデルの受容基準を満たしていた。また、モデル間比較の指標であるAICにおいては最も良好な値を示していた。

図6.5、図6.6におけるパス係数より体重因子から自覚的練習強度へのパスは試合期にのみ強い関係性が認められ、自覚的体調・意欲因子から自覚的疲労、練習量因子から就寝時刻へのパスは準備期にのみ強い関係が見られた。

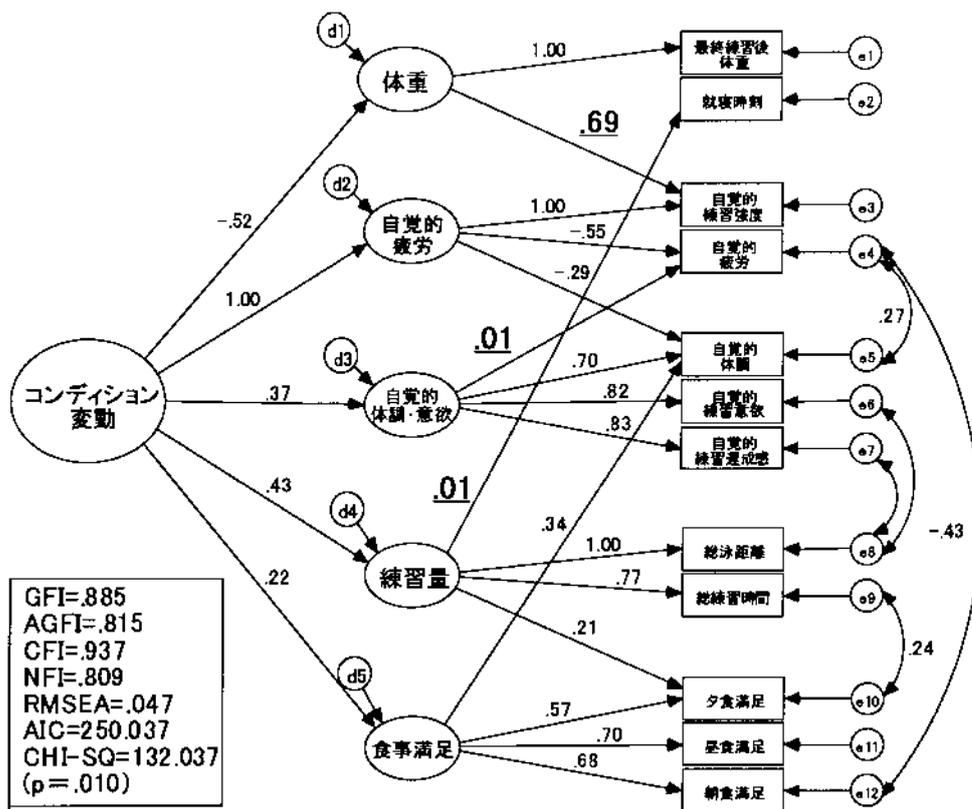


図 6.5 弱測定不変でのコンディション変動の二次因子構造 (試合期)

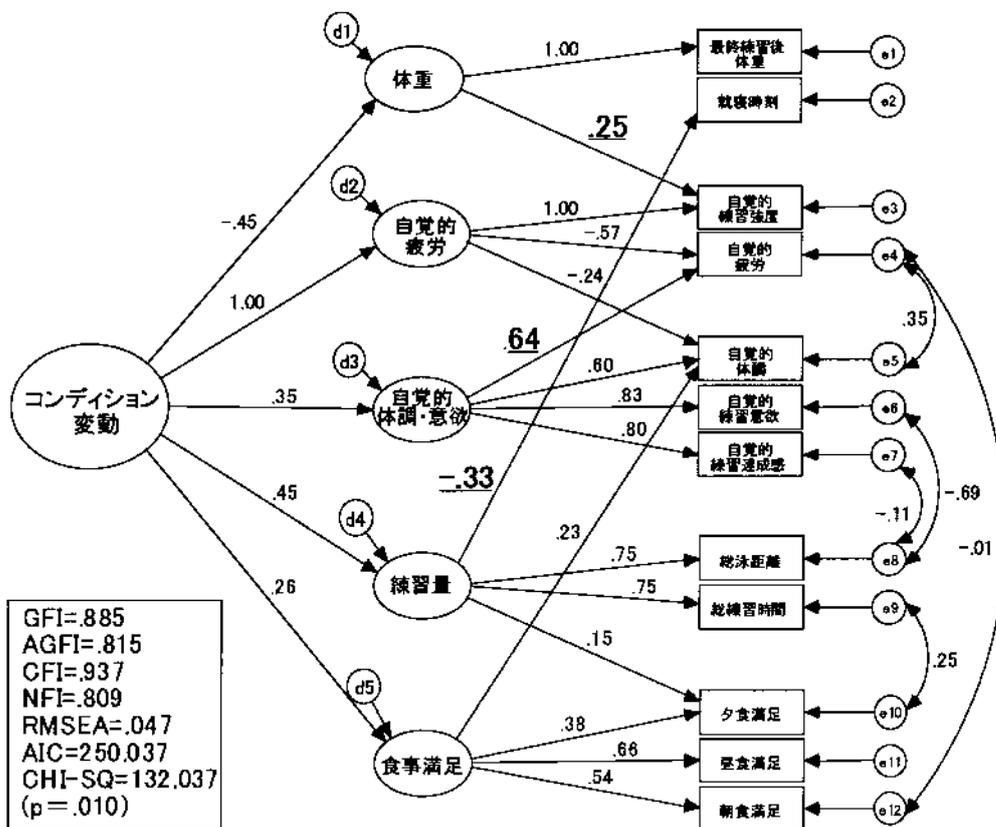


図 6.6 弱測定不変でのコンディション変動の二次因子構造 (準備期)

6.4 考察

6.4.1 因子構造の不変性

個別分析により、それぞれのトレーニング期ごとに二次因子構造が検証された。その結果より、トレーニング期分間における自覚的コンディション変動の二次因子構造の因子不変性を多母集団同時分析によって検討した。

多母集団の同時分析による配置不変水準での検討では、モデルの適合度はGFIは0.906、AGFIは0.821、CFIは0.956、NFIは0.846、RMSEAは0.042、 χ^2 (P値)は0.036であり、GFI、CFI、RMSEAではモデルの受容基準を満たしており、配置不変が成り立っていることが確認された。このことより、対象者における自覚的コンディション変動の要因構造はトレーニング期分けに関係なく同様であることが示唆された。一方、測定不変水準での検討では、モデルの適合度はGFIは0.874、AGFIは0.799、CFIは0.917、NFIは0.791、RMSEAは0.053、 χ^2 (P値)は0.002であり、CFI以外の全ての指標がモデル受容基準を満たしていなかった。配置不変水準の結果と比べても適合度に明らかな低下が見られ、測定不変は成立しないと判断された。このことより、構造はトレーニング期分け間で同じと言えるが、各要因と影響を与える変数との関係性は変化している部分があることが推察された。そこで、パス係数の等値性の検定結果に従い改良を加えた弱測定不変水準モデルを検討したところ、GFIは0.885、AGFIは0.815、CFIは0.937、NFIは0.809、RMSEAは0.047、 χ^2 (P値)は0.010であり、適合度が改善された。加えてAICが全水準の中で最も良好であったことより、このモデルを最良のモデルであると判断した。この結果は、等値性を仮定しなかった要因と観測変数間の関係には、トレーニング期分け間で変化があることを示唆していた。

強因子不変水準での検討では、モデル適合度はGFIは0.839、AGFIは0.789、CFIは0.856、NFIは0.711、RMSEAは0.064、 χ^2 (P値)は0.000であり、全ての指標においてモデルは受容されないことが示された。配置

不変水準，測定不変水準の結果と比べても明らかに適合度の値は低く，強因子不変水準は成立しないことが示された．

以上の結果は，コンディション変動の二次因子構造は，配置不変および弱測定不変は成立することを示すものであった．本研究における測定期間中は試合期と準備期のみが繰り返されていたが，配置不変が成立することより，本対象者においては準備期から試合期にかけて変動因子は不変であることが明らかとなった．また，配置不変と測定不変がおおよそ成立していたことより尺度構成としてはトレーニング期が異なっても同様の尺度が使えると考えられた(狩野,1997)．弱測定不変水準の成立より示唆されたトレーニング期分け間における要因と観測変数間の関係性の変化に関しては局所評価によりさらに考察を加えた．

6.4.2 局所評価

測定不変水準のモデルに対して具体的に改良を加えた点は、体重因子から自覚的練習強度，自覚的体調・意欲因子から自覚的疲労，練習量因子から就寝時刻へのパス係数に対する等値条件の削除であった。等値性を削除した変動因子と観測項目間のパス係数は、試合期と準備期では関係性が異なっていることを示していた。多母集団同時分析の結果では、体重因子と自覚的練習強度とのパス係数は試合期にのみ大きくなることから、試合期においては練習の強度が体重の増減に強く影響するが、準備期では影響が弱くなることが推察された。自覚的体調・意欲因子と自覚的疲労，練習量因子と就寝時刻のパス係数は試合期ではいずれも0.01と極めて低く有意でなかったが、準備期ではそれぞれ0.64，-0.33と有意な値であり、準備期においてのみその関係性が大きいことが示された。

以上のことから、準備期と試合期ではコンディション変動因子に及ぼす影響の大きさが変化しない項目と、練習強度と体重因子の関係のように、影響の大きさが変化する項目が存在することが示された。このことから、トレーニング期に関係なく適用可能な共通の測定項目と、それぞれのトレーニング期に特有の測定項目とを使い分けてコンディション変動を観察することが有効であることが示唆された。

本課題では、女子競泳選手に固有に存在するコンディションの変動因子構造を検証し、トレーニング期分け間の因子構造の不変性を検討することで、シーズンを通じたコンディション管理項目のあり方を示した。研究課題4では、系列的なコンディション変動の因子構造の検証法として、データの系列相関を考慮した因子構造を捉えることを今後行っていきたい。これにより、各因子を同日の項目，前日の項目，前々日の項目など時間的に複雑に絡み合った因子として示すことが可能になることが期待される。

第 7 章

研究課題 4

自覚的コンディション変動の動的因子構造

7.1 目的

コンディションの変動は、トレーニング内容や量などの影響を受けて変動するために、競技水準が高くなるほど個人差が大きくなるのが特徴である。このため、複数の選手のデータを平均するよりも、個々の選手について個体内変動を捉える方が得られる情報が多い。本研究では、これまでの課題を通して自覚的コンディションの個体内変動に関する因子構造を明らかにしてきた。しかしながら、コンピュータアプリケーションソフト上の限界からコンディションの系列的変動を考慮した構造を示すことのできる分析法を適用することができなかった。

そこで研究課題4では、コンディションが系列的に変動していること、データが時系列データであることを考慮して、最新の手法である動的因子分析法のプログラムを作成し適用することで、選手のコンディション変動の因子構造を同日の項目、前日の項目、前々日の項目など時間的に複雑に絡み合った因子構造として示すことを目的とした。

7.2 方法

7.2.1 対象者

対象者は、筑波大学水泳部に所属する女子選手1名(Sub.A)および社会人女子競歩選手1名(Sub.B)であった。Sub.Aは課題1と同様の対象者である。Sub.Bは、年齢23歳、身長154.0cm、体重46.0kg、BMI19.4(測定開始時)、競技歴13年、競技種目20km(主に)、最高競技成績は全日本選手権優勝、アジア大会4位であった。最高記録は1時間33分43秒(20Km)であった。表7.1に対象者の特徴を示す。

表 7.1 対象者の特徴

	Sub . A	Sub . B
身長	166.0cm	154.0cm
体重	54.0kg	46.0kg
BMI	19.6	19.4
年齢	22歳	23歳
性別	女	女
競技年数	14年	13年
種目	200m個人メドレー	20Km
最高競技成績	大学選手権優勝	全日本選手権優勝 アジア大会 4 位

7.2.2 測定項目

測定項目は対象者ごとに、個別に設定した。それぞれの対象者において測定および最終的に分析対象項目として選択された項目は以下の通りであった。Sub . Aに関しては課題 1 と同様の項目設定から、内容的妥当性および記述統計量より以下の15項目を分析対象とした、詳細は課題 1 と同じため省略する。

【Sub . A における測定項目（表 4.2）】

1) 基本的な生活習慣に関する項目

就寝時刻，睡眠時間，朝食満足，昼食満足，夕食満足

2) 練習に関する項目

朝練習時刻，朝練習総泳距離（泳いだ距離），朝練習後体重，
午後練習時刻，午後練習総泳距離（泳いだ距離），午後練習後体重，
自覚的練習強度，自覚的練習意欲，自覚的練習達成感

・朝練習時刻と午後練習時刻をたして総練習時刻とした。

朝練習総泳距離と午後練習総泳距離をたして総泳距離とした。

一日の最後の練習後の体重を用いて最終練習後体重とした。

3) 体調に関する項目

自覚的体調，自覚的疲労感，起床時脈拍，
自覚的な心身の状態

【Sub.Bにおける測定項目（表7.2）】

Sub.Bにおいては，Sub.Aとは異なり，まず主体分類（自覚的体調領域）と生活環境分類，自然環境分類（気象条件領域）の3分類を用意した。この内，生活環境に関しては，練習，食事，起床時，睡眠に関する4領域に分けて項目を設定した。菅野ら（1996），大庭ら（1998），西嶋ら（2000b），中野ら（2002）の定義に準拠し，心身の状態を測定する自覚的な体調項目と練習（トレーニング）を含む基本的な生活習慣を測定するライフスタイル項目及び，気象条件などの環境要因を測定する項目をそれぞれ用いた。また，和久ら（1996）が提案している競技選手におけるセルフコントロール項目の中から，起床時脈拍，起床時体温，練習後体重，練習内容に関する項目を付加した。食事に関する項目は，朝食，昼食，夕食における栄養バランスと食事量に関する自覚的な満足度（食事満足）と一日の食欲を選定した。

主体分類においては自覚的体調領域の項目として自覚的体調，自覚的疲労感，情緒不安定性の3項目を測定した。生活分類においては練習領域の項目として自覚的練習意欲，自覚的練習強度，自覚的練習達成感，自覚的練習疲労感，練習時間，練習後体重，練習後体脂肪，最終練習後体重の8項目，食事領域の項目として朝食満足，昼食満足，夕食満足，食欲，排便状況の5項目，起床時領域の項目として起床時脈拍，起床時体温，起床時体重，起床時体脂肪，起床時血圧の5項目，睡眠領域の項目として就寝時刻，起床時刻，睡眠時間，熟睡度の4項目を測定した。環境分類においては気象条件領域の項目として日照時間，平均湿度，天気，平均気温，最高気温，最低気温の6項目を測定した。

測定された合計31項目の中から，分析対象項目を選定した．分析対象項目は内容的妥当性及び記述統計量を考慮して選択した．また，対象者が実際に測定を行った際に継続的に測定を行い易かった項目を選択した．分析対象として最終的に選択された項目は，主体分類から3項目，生活分類から10項目，環境分類から2項目の合計15項目であった．以下に箇条書きにて示す．また表7.2にて測定方法と一緒に一覧を示す．

1) 主体分類 (自覚的体調領域)

自覚的疲労感，自覚的体調，情緒不安定性

2) 生活環境分類項目 (練習領域，食事領域，起床時領域，睡眠領域)

自覚的練習意欲，自覚的練習強度，自覚的練習達成感，夕食満足，起床時脈拍，起床時体重，起床時体脂肪，就寝時刻，睡眠時間，熟睡度

3) 自然環境分類 (気象条件領域)

日照時間，平均湿度

7.2.3 測定方法

測定は，Sub.Aでは課題1と同様であり，B4の用紙1枚に1週間分を記入できるように作成し2月23日から9月5日の計195日間，毎日継続して測定を行った．その内，2月23日から3月22日までの1ヶ月間で対象に適する項目を決定した．各項目の評価方法は，課題1で示した通りである．

Sub.Bでは，「コンディションのQCシート」の形式を採用し，A4横置き用紙一枚に1週間分を記入できるように記録用紙を作成した．測定期間中は対象者が記録用紙を所有し，期間終了後に複写を入手した．多くの項目がSub.Aと同様の方法で測定されたが，夕食満足，昼食満足，朝食満足の3項目は対象者の意向により少・普・多の3件法を用いた．また，気象条件に関する項目は実測値を少数第一まで記録し，天気に関しては「晴，曇，雨，雪」から選択した(表7.2)．測定期間は，平成12年5月1日から

平成14年4月14日の714日，102週間であった．Sub.Bにおいては，平成11年より自己管理促進のために同様の試みを行っていたが平成14年より社会人選手となったために，この時点で新たに今回のQCシートを再作成した．その後1ヶ月間（平成13年4月）を測定項目の最終的決定期間とし，本研究では平成14年5月よりのデータを対象として研究を進めた．測定項目の最終的決定には，競技選手から長期間にわたり毎日のコンディションデータを収集するに当たり，対象者にとって負担にならないものであることに十分留意した．対象者と事前に相談し，継続可能な測定内容と量を設定した．また，測定を続けることで対象者の自己管理が促されるものであることを重視した．測定開始に当たっては対象者に対してコンディションの自己管理の重要性及び本測定に伴う自己管理の促進を指導した．

分類	領域	項目 (測定法)
主体	自覚的体調	自覚的疲労感 (5件法)* 情緒不安定性 (5件法)*
		自覚的体調 (5件法)*
	練習	自覚的練習意欲 (5件法)*
		自覚的練習強度 (5件法)*
		自覚的練習達成感 (5件法)*
		最終練習後体重 (1/10Kg位まで)
	食事	朝食満足 (3件法)
		夕食満足 (3件法)*
		排便状況 (4:快 3:難 2:下 1:無)
		起床時脈拍 (実測値:1分間値)*
起床時体重 (1/10Kg位まで)*		
起床時	起床時体脂肪 (実測値:1/10%まで)*	
	起床時体温 (実測値:1/10度まで)	
	起床時血圧 (実測値)	
睡眠	起床時刻 (24時間表記)*	
	就寝時刻 (24時間表記)* 睡眠時間 (24時間表記)* 熟睡度 (5件法)*	
自然環境	気象条件	天気 (4:晴 3:曇 2:雨 1:雪)
		日照時間 (24時間表記)*
		平均湿度 (実測値:1/10%まで)*
		平均気温 (実測値:1/10度まで) 最高気温 (実測値:1/10度まで) 最低気温 (実測値:1/10度まで)

5件法は、5を最も良い状態とし、1を最も悪い状態とした。

*:分析対象項目

表 7.2 測定項目と測定方法 (Sub.B)

7.2.4 統計解析

1) 欠損値処理 (Sub.B)

本研究で用いたデータには、いくつかの欠損値が見られた。特に、練習に関する項目に多く見られたが、これは練習を行っていない日は練習関連の項目を記入していないためである。データが時系列データであることを考慮して線形トレンド法を用いて欠損値を置換した。線形トレンド法では既存の系列は1 ~ nのスケールの指標変数で回帰され、欠損値はその予測値で置換される。

2) 記述統計量

観測されたデータの記述統計量として、標本数、平均値、中央値、標準偏差、最大値、最小値、有効N数、欠損N数を算出した。算出された記述統計量よりデータの傾向を把握した。

3) 動的因子分析

多変量時系列データには時系列データ特有の系列相関があるために一般的な因子分析法ではなく、系列相関を考慮した因子分析法である動的因子分析の適用が近年提案されている(Molenaar, 1985; 豊田, 1998; Velicer and Plummer, 1998; Wood and Brown, 1994)。これまでは、時系列データに対する因子分析法としてはCattell (1952)により提案されたPテクニックによる因子分析法があった。Pテクニックによる因子分析法は時期を観測対象とする多変量データに通常因子分析法を適用しているものであり、データの系列相関を考慮できないという理論的欠点を持っていた(Anderson, 1963)。動的因子分析はこの問題を解決する因子分析法としてラグ付きの分散共分散行列を用いて因子分析を行う手法であり、Molenaar (1985)により提案された方法である。

動的因子分析では、最初に分散共分散行列に組み込むラグの数を決定する。本研究では各変数における自己相関係数、偏自己相関係数の有意性を

検討することで、考慮すべき時間的ラグの数が決定できるものと考え、この値をもとに分散共分散行列に組み込むラグ数を決定した。

因子抽出法は最尤法を用い、直交回転を行って因子負荷量行列を得た。動的因子分析はラグごとに初期解が得られるため、各ラグにおける初期解を独立に扱い因子の回転を行った (Hershberger and Corneal and Molennar, 1994)。動的因子分析では因子間相関行列を単位行列に仮定しているため斜交回転は行えない (Velicer and Plummer, 1998)。本研究では直行回転を行うことで単純構造を得た。各ラグの因子構造に対して因子負荷量が0.2以上の変数を中心に因子の解釈を行った。

動的因子分析では、分析結果は各ラグにおける因子負荷量行列が別々に求められる。そのため、時間的ラグを考慮した際の構造の変化を捉えることが可能である。動的因子分析では、各ラグにおける因子負荷量行列に対する明確な仮説を立てることは難しく、主に、時間的ラグによる因子負荷量行列の構造の変化を見ており、検証的立場ではなく探索的立場に立って解釈するべきだと言える。そのため本研究では検証的因子分析を応用することでコンディション変動の動的構造を明確な形で示した。

4) 動的因子構造の検証的因子分析

探索的立場で行った動的因子分析の結果をもとに、自覚的コンディション変動の動的因子構造を仮定し、共分散構造分析における検証的因子分析モデルを用いて構造の検証を行った。推定方法は最尤法を用いた。仮定した動的因子構造には、各変数においてラグを与えない変数 ($t-0$)、一日のラグを与えた変数 ($t-1$)、二日のラグを与えた変数 ($t-2$) を作成して用いた。また、同様のモデルを用いたラグ無しの通常の因子構造モデルとの適合度合いを比較した。モデルの適合度指標には、データの分散・共分散に対するモデルの説明率を示す GFI, AGFI, 最も当てはまりの悪い独立モデルとどれだけかけ離れているかを示す CFI, NFI, モデルの真の分散・共分散行列との距離を表す RMSEA, 真のモデルとそのモデルとの近さを表す AIC, AIC よりもモデルの複雑さに対して厳しいペナルティを課した BIC を

用いた（狩野，1997；豊田，1998；山本・小野寺，1999；田部井，2001）．自覚的なコンディション変動の動的因子構造を明示することで，一日あるいは二日前の状態を考慮すべきか，その日の状態を考慮すべきかが判断できるようになる．さらに，因子によっては当日の変数（ $t-0$ ）と前日の変数（ $t-1$ ），さらには前々日の変数（ $t-2$ ）とが複雑な関連を及ぼしていることが明らかになり，時間的なずれをもって複雑に影響を及ぼしていることも示すことができるようになる．また，検証的因子分析の適用により因子間の相関も考察することが可能になる．

7.3 結果

7.3.1 記述統計量

Sub.Aにおける記述統計量は、課題1で示した通りであった(表4.3)。Sub.Bにおける記述統計量を表7.3に示す。5件法で評価した項目の平均値は、2.7～3.4の範囲であった。また、3件法を用いた夕食満足では平均値は2.0であった。特徴的な傾向が見られたのは、起床時体重の最大値が51.4Kgに対して最小値が42.4kgと大きな幅が見られた。また、標準偏差も2.0Kgと大きく、対象者においては体重のコントロールが重要であったことが推察された。また、起床時体脂肪においても似た傾向であった。睡眠領域の項目では、就寝時刻、睡眠時間ともに標準偏差は1時間以内であり、比較的安定していたものと思われる。

表7.3 各項目の記述統計量 (Sub.B)

分類	領域	項目(単位)	標本数	平均値	中央値	標準偏差	最大値	最小値	有効N	欠損値N
主体	自覚的 体調	自覚疲労感(1-5)	713	2.7	3	0.5	4	1	713	1
		自覚的体調(1-5)	713	3.0	3	0.6	5	1	713	1
		情緒不安定性(1-5)	713	2.7	3	0.5	5	1	713	1
生活 環境	練習	練習意欲(1-5)	464	3.1	3	0.5	5	2	464	250
		練習強度(1-5)	463	2.7	3	1.0	5	1	463	251
		練習達成感(1-5)	465	3.0	3	0.6	5	1	465	249
	食事	夕食満足(1-3)	714	2.0	2	0	3	1	714	0
	起床時	起床時脈拍(拍)	712	50.2	50	5.5	76	40	712	2
		起床時体重(kg)	705	46.7	46	2.0	51.4	42.4	705	9
		起床時体脂肪(%)	693	23.7	23	2.4	29.5	19.5	693	21
	睡眠	就寝時刻(時間:分)	714	22:20	22:10	0:30	2:00	20:00	714	0
		睡眠時間(時間:分)	714	6:48	6:30	1:00	9:50	2:12	714	0
自然 環境	気象条件	熟睡度(1-5)	711	3.4	3	0.8	5	1.5	711	3
		日照時間(時間:分)	714	6:06	6:48	4:12	12:54	0:00	714	0
		平均湿度(%)	714	62.1	61	14.6	94	21	714	0

7.3.2 自己相関，偏自己相関係数

課題2ではデータの系列依存性を確認するために自己相関係数を算出した。ここでは自己相関係数の有意性を検討することで動的因子分析を行う際に考慮する時間的ラグの数を決定した。Sub.Aにおける自己相関および偏自己相関係数を表7.4に示す。ラグ1およびラグ2の自己相関係数は16変数中14変数において有意な値が得られた。ラグ3の自己相関係数では、13変数で有意な値が得られた。また偏自己相関係数では、ラグ1は自己相関と同じことを意味しており、ラグ2では9変数が有意な値を示した。ラグ3では2つの変数のみが有意な値を示した。これらの結果に基づいて、Sub.Aではラグ2までのラグ付き分散共分散行列を用いて動的因子分析を実行することとした。

同様に、Sub.Bにおける自己相関および偏自己相関係数を表7.5示す。ラグ1の自己相関係数および偏自己相関係数はすべての項目で有意な相関が見られた。一方、ラグ2の自己相関係数は15項目中11項目において有意な値が得られた。ラグ2の偏自己相関係数は15項目中9項目で有意な相関が見られた。しかし、ラグ2の偏自己相関係数は有意となった9項目の相関係数においても最大で0.339であった。これらの結果に基づいて、Sub.Bではラグ1までのラグ付き分散共分散行列を用いた動的因子分析を適用することとした。

表 7.4 自己相関係数・偏自己相関係数 (Sub.A)

項目	ラグ1	ラグ2	ラグ3	ラグ1	ラグ2	ラグ3
	自己相関	自己相関	自己相関	偏自己相関	偏自己相関	偏自己相関
就寝時刻	0.320*	0.289*	0.304*	0.320*	0.208*	0.191*
睡眠時間	-0.065	0.046	-0.001	-0.065	0.042	0.004
朝食満足	0.549*	0.407*	0.331*	0.549*	0.151*	0.087
昼食満足	0.258*	0.294*	0.2720*	0.258*	0.244*	0.172*
夕食満足	0.066	0.031	0.057	0.066	0.027	0.054
総練習時間	0.416*	0.342*	0.238*	0.416*	0.205*	0.050
総泳距離	0.379*	0.319*	0.297*	0.379*	0.205*	0.150
最終練習後体重	0.868*	0.842*	0.773*	0.868*	0.360*	-0.032
自覚的練習達成感	0.557*	0.452*	0.374*	0.557*	0.205*	0.090
自覚的練習意欲	0.747*	0.724*	0.631*	0.747*	0.376*	0.034
自覚的練習強度	0.348*	0.325*	0.205*	0.348*	0.231*	0.045
自覚的体調	0.613*	0.398*	0.273*	0.613*	0.036	0.026
自覚的疲労	0.688*	0.458*	0.314*	0.688*	0.082	0.004
心身の状態	0.631*	0.516*	0.384*	0.631*	0.099	-0.013
起床時脈拍	0.377*	0.168*	0.089	0.377*	0.030	0.020

* : p < .05

表 7.5 自己相関係数・偏自己相関係数 (Sub.B)

項目	ラグ1	ラグ2	ラグ1	ラグ2
	自己相関	自己相関	偏自己相関	偏自己相関
自覚的疲労感	0.219*	0.132*	0.219*	0.088*
自覚的体調	0.707*	0.650*	0.707*	0.300*
情緒不安定性	0.426*	0.300*	0.426*	0.146*
自覚的練習意欲	0.125*	0.088*	0.125*	0.073
自覚的練習強度	0.515*	0.442*	0.515*	0.241*
自覚的練習達成感	0.129*	0.070	0.129*	0.055
夕食満足	0.183*	0.042	0.183*	0.009
起床時脈拍	0.199*	0.191*	0.199*	0.158*
起床時体重	0.971*	0.959*	0.971*	0.288*
起床時体脂肪	0.960*	0.948*	0.960*	0.339*
就寝時刻	0.253*	0.221*	0.253*	0.168*
睡眠時間	-0.156*	-0.011	-0.156*	-0.036
熟睡度	0.494*	0.444*	0.494*	0.265*
日照時間	0.288*	0.055	0.288*	-0.030
平均湿度	0.488*	0.266*	0.488*	0.036

* : p < .05

7.3.4 動的因子分析（動的因子構造の探索）

【Sub.A】

表7.6は、回転後のラグ0における因子パターン行列である。練習量、食事満足、自覚的疲労、自覚的体調、脈拍と解釈される5つの因子が抽出された。練習量因子では総練習時間、自覚的練習強度、総泳距離が、食事満足因子では朝食満足、昼食満足、自覚的練習意欲が、自覚的疲労因子では自覚的疲労が、自覚的体調因子では自覚的体調が0.3以上の高い因子負荷量を示した。その他にも練習量因子における夕食満足や食事満足因子における夕食満足、自覚的疲労因子における最終練習後体重、自覚的体調因子における就寝時刻、睡眠時間、脈拍因子における起床時脈拍の因子負荷量は相対的に高い値を示したので因子の解釈の参考にした。

表7.7は、回転後のラグ1における因子パターン行列である。練習強度、自覚的疲労、自覚的体調、練習量、食事満足と解釈される5つの因子が抽出された。練習強度因子では自覚的練習強度、自覚的練習意欲、心身の状態、自覚的練習達成感が、自覚的疲労因子では自覚的疲労、自覚的体調因子では自覚的体調、就寝時刻が、練習量因子では総練習時間、総泳距離が0.3以上の高い因子負荷量を示した。ラグ0の時と同様に、その他にも自覚的体調因子における自覚的練習達成感、食事満足因子における朝食満足、昼食満足、夕食満足、は因子負荷量が相対的に高い値を示したので因子の解釈の参考にした。

表7.8は、回転後のラグ2における因子パターン行列である。食事満足、自覚的疲労、練習量、心身の状態、自覚的体調と解釈される5つの因子が抽出された。食事満足因子では昼食満足、夕食満足、心身の状態、自覚的練習達成感が、自覚的疲労因子では自覚的疲労が、練習量因子では自覚的練習強度、総練習時間、総泳距離が、心身の状態因子では心身の状態が、自覚的体調因子では自覚的体調が0.3以上の高い因子負荷量を示した。ラグ0、ラグ1同様に、その他にも食事満足因子における朝食満足、自覚的疲労因子における就寝時刻、練習量因子における自覚的疲労、心身の状態因

子における自覚的練習強度，最終練習後体重，自覚的練習意欲は因子負荷量が相対的に高い値を示したので因子の解釈の参考にした。

ラグ0，ラグ1，ラグ2すべての因子パターン行列を見ると，練習量，食事満足，自覚的疲労，自覚的体調の4因子に関してはいずれのラグにおいても変動要因として抽出された。しかし，考慮する時間的ラグによって各因子を構成する変数が異なることが確認された。ラグ0，ラグ1，ラグ2での分散説明率はそれぞれ，約21%，約27%，約21%であり，合計で約69%の分散を説明することができた。

【Sub.B】

表7.9は，回転後のラグ0における因子パターン行列である。練習，気象条件，睡眠，起床時，と解釈される4つの因子が抽出された。練習因子では自覚的練習意欲，自覚的練習達成感，自覚的練習強度，情緒不安定性が，気象条件因子では平均湿度，日照時間が，睡眠因子では睡眠時間が0.2以上の高い因子負荷量を示した。また，相対的に高い因子負荷量を示した項目も因子の解釈の参考にした。因子の解釈上，特に参考とした項目は練習因子における熟睡度，自覚的体調，起床時因子における起床時体重，就寝時刻であった。

表7.10は，回転後のラグ1における因子パターン行列である。睡眠，気象条件，自覚的体調，起床時，と解釈される4つの因子が抽出された。睡眠因子では睡眠時間，就寝時刻が，気象条件因子では平均湿度，日照時間が，自覚的体調因子では自覚的疲労感，自覚的体調，情緒不安定性が，起床時因子では情緒不安定性，熟睡度が0.2以上の高い因子負荷量を示した。また，ラグ0の際と同様に相対的に高い因子負荷量を示した項目も因子の解釈の参考にした。因子の解釈上，特に参考とした項目は起床時因子における起床時体脂肪，起床時体重であった。

ラグ0，ラグ1両方の因子パターン行列において，気象条件，睡眠，起床時の3因子が共通変動因子として抽出された。さらに，ラグ0では練習因子が共通変動因子として抽出され，ラグ1を考慮すると新たに自覚的体調

因子が共通変動因子として抽出された。ラグ0，ラグ1での分散説明率はそれぞれ約13%，約23%であり，合計で約36%の分散が説明されていた。また，共通性は一般的な因子分析と同様に各測定値の分散の中で共通因子によって説明される分散の割合を示していると考えられ，表中にある共通性を分散説明率と同様に合計して求められる。探索的立場で用いた動的因子分析では分散説明率は約36%と低目の値となった。しかし，本研究では，近年の因子構造の検証手続きと同様に，動的因子分析の結果をもとにコンディション変動の動的変動因子構造を仮定し，共分散構造分析による検証的因子分析モデルを用いることでより説明力の高いコンディション変動の動的因子構造を検証した。

表 7.6 回転後の因子パターン行列:ラグ 0 (Sub.A)

項目	F1	F2	F3	F4	F5	共通性
	練習強度	自覚的疲労	自覚的体調	練習量	食事満足	
自覚的練習強度	0.83	-0.04	-0.03	-0.12	0.12	0.72
自覚的練習意欲	0.42	-0.05	0.16	0.13	0.07	0.23
心身の状態	0.43	0.02	0.26	0.10	0.05	0.27
自覚的練習達成感	0.36	0.01	0.29	0.05	0.12	0.23
最終練習後体重	-0.16	-0.07	0.04	0.04	-0.03	0.03
自覚的疲労	-0.20	0.95	0.20	-0.10	0.06	1.00
睡眠時間	0.20	-0.03	-0.06	-0.02	-0.13	0.06
起床時脈拍	0.16	-0.05	-0.03	-0.01	-0.03	0.03
自覚的体調	-0.10	0.00	0.55	-0.03	-0.11	0.32
就寝時刻	0.11	0.14	0.40	0.22	-0.05	0.24
夕食満足	0.04	0.00	-0.02	0.03	0.21	0.05
昼食満足	0.18	0.05	-0.12	-0.11	0.22	0.11
朝食満足	0.26	-0.02	-0.13	-0.19	0.22	0.17
総練習時間	-0.05	-0.03	0.11	0.58	0.12	0.37
総泳距離	-0.02	-0.02	0.00	0.43	-0.04	0.18
因子寄与	1.44	0.94	0.74	0.67	0.23	4.02
因子寄与率 (%)	9.58	6.26	4.91	4.49	1.54	26.77

表 7.7 回転後の因子パターン行列:ラグ 1 (Sub.A)

項目	F1	F2	F3	F4	F5	共通性
	練習強度	自覚的疲労	自覚的体調	練習量	食事満足	
自覚的練習強度	0.83	-0.04	-0.03	-0.12	0.12	0.72
自覚的練習意欲	0.42	-0.05	0.16	0.13	0.07	0.23
心身の状態	0.43	0.02	0.26	0.10	0.05	0.27
自覚的練習達成感	0.36	0.01	0.29	0.05	0.12	0.23
最終練習後体重	-0.16	-0.07	0.04	0.04	-0.03	0.03
自覚的疲労	-0.20	0.95	0.20	-0.10	0.06	1.00
睡眠時間	0.20	-0.03	-0.06	-0.02	-0.13	0.06
起床時脈拍	0.16	-0.05	-0.03	-0.01	-0.03	0.03
自覚的体調	-0.10	0.00	0.55	-0.03	-0.11	0.32
就寝時刻	0.11	0.14	0.40	0.22	-0.05	0.24
夕食満足	0.04	0.00	-0.02	0.03	0.21	0.05
昼食満足	0.18	0.05	-0.12	-0.11	0.22	0.11
朝食満足	0.26	-0.02	-0.13	-0.19	0.22	0.17
総練習時間	-0.05	-0.03	0.11	0.58	0.12	0.37
総泳距離	-0.02	-0.02	0.00	0.43	-0.04	0.18
因子寄与	1.44	0.94	0.74	0.67	0.23	4.02
因子寄与率 (%)	9.58	6.26	4.91	4.49	1.54	26.77

表 7.8 回転後の因子パターン行列:ラグ 2 (Sub.A)

項目	F1 食事満足	F2 自覚的疲労	自 練習量	F3 心身の状態	F4 自覚的体調	F5 自覚的体調	共通性
昼食満足	0.45	-0.06	-0.16	-0.20	-0.01		0.27
朝食満足	0.28	-0.03	-0.20	-0.03	-0.18		0.15
夕食満足	0.34	-0.01	0.04	-0.05	0.02		0.12
心身の状態	0.46	-0.06	0.03	0.31	-0.05		0.32
自覚的練習達成感	0.36	-0.01	-0.03	0.25	0.07		0.20
就寝時刻	-0.24	-0.29	-0.24	-0.16	-0.17		0.25
自覚的疲労	-0.25	0.84	0.25	-0.05	-0.02		0.83
自覚的練習強度	0.04	-0.16	0.40	-0.29	-0.12		0.29
総練習時間	0.04	0.05	0.32	0.05	-0.02		0.11
総泳距離	-0.05	0.06	0.31	0.00	-0.03		0.10
最終練習後体重	0.01	0.16	-0.04	-0.27	0.03		0.10
自覚的練習意欲	0.00	0.01	0.01	0.26	-0.03		0.07
自覚的体調	0.10	0.04	-0.15	-0.01	0.41		0.20
睡眠時間	-0.19	-0.01	-0.09	0.02	-0.10		0.06
起床時脈拍	-0.01	0.07	-0.01	0.10	0.03		0.02
因子寄与	0.91	0.87	0.57	0.47	0.27		3.08
因子寄与率 (%)	6.04	5.77	3.81	3.13	1.77		20.51

表 7.9 回転後の因子パターン行列:ラグ 0 (Sub.B)

項目	F1 練習	F2 気象条件	F3 睡眠	F4 起床時	共通性
自覚的練習意欲	0.77	-0.02	-0.10	-0.04	0.60
自覚的練習達成感	0.75	0.02	0.03	-0.12	0.58
自覚的練習強度	0.27	0.08	-0.07	0.08	0.09
情緒不安定性	0.26	0.04	0.02	0.00	0.07
熟睡度	0.14	0.07	0.02	0.09	0.03
自覚的体調	0.13	0.04	-0.02	0.13	0.04
平均湿度	0.07	0.42	0.03	-0.02	0.18
日照時間	-0.03	-0.32	-0.04	0.12	0.12
自覚的疲労感	-0.06	0.15	0.12	0.08	0.05
起床時体脂肪	-0.03	-0.14	-0.01	-0.08	0.03
睡眠時間	-0.02	-0.03	0.25	-0.04	0.07
夕食満足	-0.01	-0.02	-0.05	0.02	0.00
起床時体重	-0.02	-0.02	0.02	-0.10	0.01
就寝時刻	0.01	0.01	0.02	-0.09	0.01
起床時脈拍	0.03	0.10	-0.01	0.03	0.01
因子寄与	1.34	0.35	0.10	0.10	1.89
因子寄与率 (%)	8.96	2.32	0.68	0.65	12.61

表 7.10 回転後の因子パターン行列:ラグ 1 (Sub.B)

項目	F1 睡眠	F2 気象条件	F3 自覚的体調	F4 起床時	共通性
睡眠時間	0.93	0.00	0.00	0.08	0.88
就寝時刻	0.89	0.02	0.06	0.07	0.80
平均湿度	-0.01	0.75	0.10	0.10	0.58
日照時間	-0.05	-0.61	0.03	-0.05	0.37
夕食満足	0.02	-0.10	0.04	0.06	0.02
自覚的疲労感	0.10	-0.04	0.54	0.12	0.32
自覚的体調	0.01	-0.02	0.35	0.13	0.14
情緒不安定性	-0.03	-0.11	0.33	0.29	0.21
起床時脈拍	0.05	-0.04	-0.07	-0.02	0.01
熟睡度	0.02	0.03	0.07	0.21	0.05
自覚的練習達成感	0.03	0.00	0.03	0.18	0.03
自覚的練習意欲	-0.03	0.04	0.08	0.08	0.02
起床時体脂肪	0.00	0.01	-0.04	-0.07	0.01
起床時体重	-0.02	0.02	-0.06	-0.06	0.01
自覚的練習強度	-0.01	0.00	0.00	0.02	0.00
因子寄与	1.68	0.96	0.57	0.24	3.44
因子寄与率 (%)	11.22	6.38	3.78	1.59	22.97

7.3.5 動的因子構造の検証

【Sub.A】

コンディション変動の動的因子構造を検証するために、各項目において二日のラグを与えた変数 ($t-2$) と一日のラグを与えた変数 ($t-1$) とラグを与えない変数 ($t-0$) を作成した。また、同様の項目を用いてラグ無し通常因子構造モデルとの適合度合いも比較した。

図7.1は動的因子構造モデルの検証結果である。動的因子分析において因子の解釈の参考とした項目を中心にモデルを構成した。そのため、いずれのラグにおける因子負荷量行列でも高い因子負荷量の得られなかった睡眠時間と起床時脈拍の項目はモデルから除外した。動的因子分析の結果より練習量因子および食事満足因子を構成する項目はラグを与えない変数 ($t-0$) のみで構成した。自覚的疲労因子では前日 ($t-1$) および前々日 ($t-2$) の就寝時刻の変数を適用し、それ以外はラグを与えない変数 ($t-0$) で構成した。自覚的体調因子ではラグ1の因子負荷量行列における因子負荷量がいずれの観測変数においても最も高い値であったために一日のラグを与えた変数 ($t-1$) を用いた。また、モデルの修正指標をもとにモデルに改良を加えた。検証されたモデルの適合度は $GFI=0.832$, $AGFI=0.732$, $NFI=0.734$, $CFI=0.785$, $RMSEA=0.127$ であった。また、モデル間比較の指標として用いられる $AIC=319.337$, $BIC=543.392$ であった。

動的因子構造モデルとの適合度合いを比較するために、すべての観測変数をラグを与えない変数 ($t-0$) とした以外は同じモデルを構成して検証した。就寝時刻に関しては動的因子構造では ($t-1$) , ($t-2$) と2つの時点を採用していたためにラグ無しモデルでは一日づつラグの少ない ($t-1$) ($t-0$) とえて検証した。検証されたモデルの適合度は $GFI=0.816$, $AGFI=0.708$, $NFI=0.732$, $CFI=0.777$, $RMSEA=0.138$ であった。また、モデル間比較の指標として用いられる $AIC=352.542$, $BIC=575.597$ であった。表7.12に動的因子構造とラグ無し因子構造の適合度比較を示した。全ての適合度指標において動的因子構造の方が良好な値を示しており、Sub.Aにお

いては自覚的コンディション変動の因子構造を動的な因子構造として示す方が良いことが確認された。

【Sub.B】

Sub.Aと同様にコンディション変動の動的因子構造を検証するために、各項目において一日のラグを与えた変数($t-1$)とラグを与えない変数($t-0$)を作成した。また、同様の項目を用いてラグ無しの通常の因子構造モデルとの適合度合いも比較した。

図7.2は動的因子構造モデルの検証結果である。動的因子分析において因子の解釈の参考とした項目を中心にモデルを構成した。そのため夕食満足と起床時脈拍の項目はモデルから除外した。動的因子分析の結果より練習因子を構成する項目はラグを与えない変数($t-0$)のみで構成した。それ以外はいずれの項目もラグ1を与えることで因子負荷量が増加していたために一日のラグを与えた変数($t-1$)を用いた。また、モデルの修正指標をもとにモデルに改良を加えた。検証されたモデルの適合度は $GFI=0.964$ 、 $AGFI=0.936$ 、 $NFI=0.939$ 、 $CFI=0.956$ 、 $RMSEA=0.059$ であり良好であった。また、モデル間比較の指標として用いられる $AIC=258.600$ 、 $BIC=543.977$ であった。

動的因子構造モデルとの適合度合いを比較するために、すべての観測変数をラグを与えない変数($t-0$)とした以外は同じモデルを構成して検証した。検証されたモデルの適合度は $GFI=0.952$ 、 $AGFI=0.914$ 、 $CFI=0.934$ 、 $NFI=0.919$ 、 $RMSEA=0.073$ であった。また、モデル間比較の指標として用いられる $AIC=324.037$ 、 $BIC=609.414$ であった。表7.12に動的因子構造とラグ無し因子構造の適合度比較を示した。全ての適合度指標において動的因子構造の方が良好な値を示しており、このことよりSub.Bにおいても自覚的コンディション変動の因子構造を動的な因子構造として示す方が良いことが確認された。

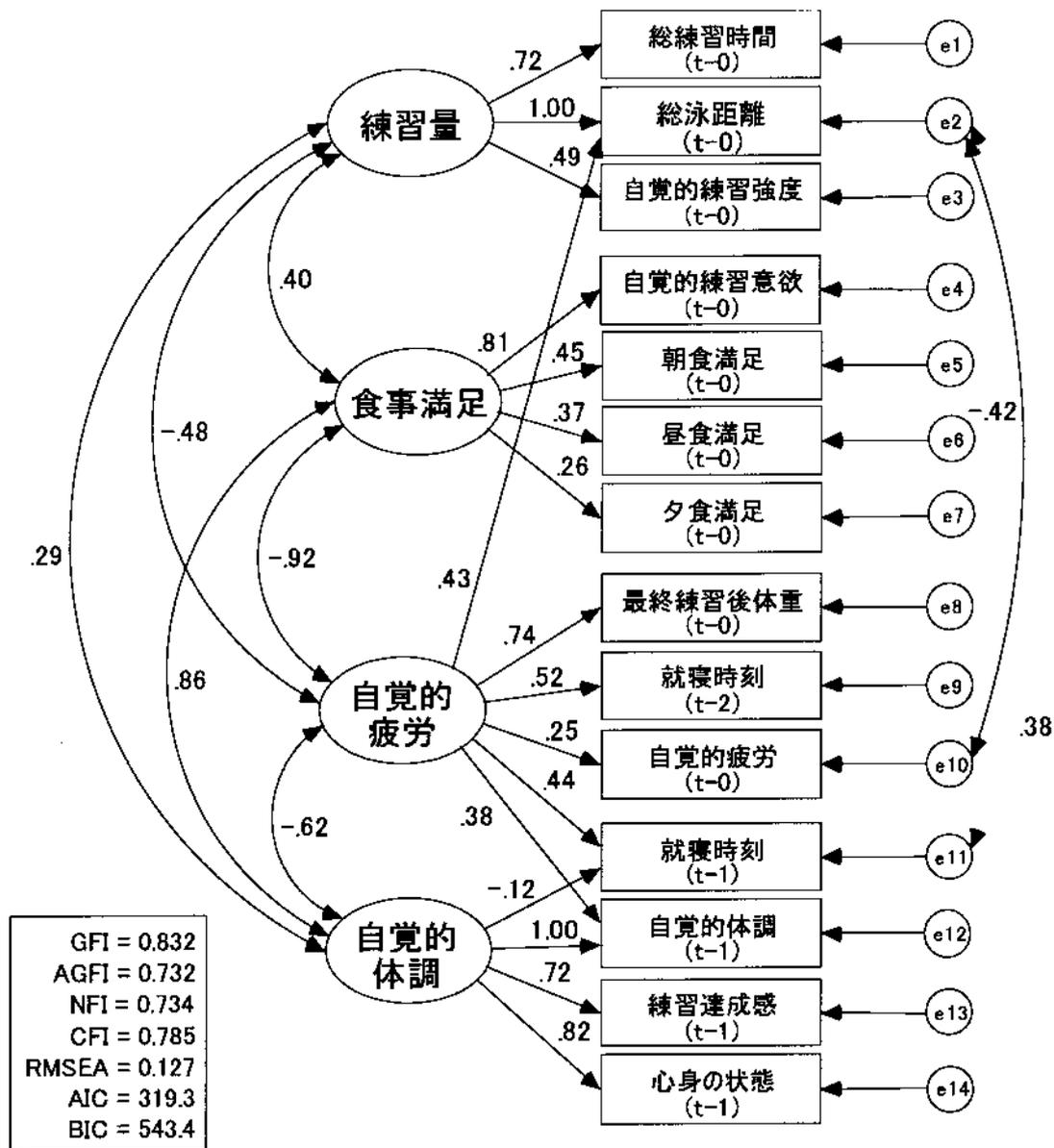


図7.1 ラグ付き変数を用いた動的因子構造 (Sub.A)

表7.11 ラグ無しモデルとラグ付きモデルの適合度比較 (Sub.A)

適合度指標	動的因子構造	ラグ無し因子構造
GFI	0.832	0.816
AGFI	0.732	0.708
NFI	0.734	0.732
CFI	0.785	0.777
RMSEA	0.127	0.138
AIC	319.337	351.542
BIC	543.392	575.597

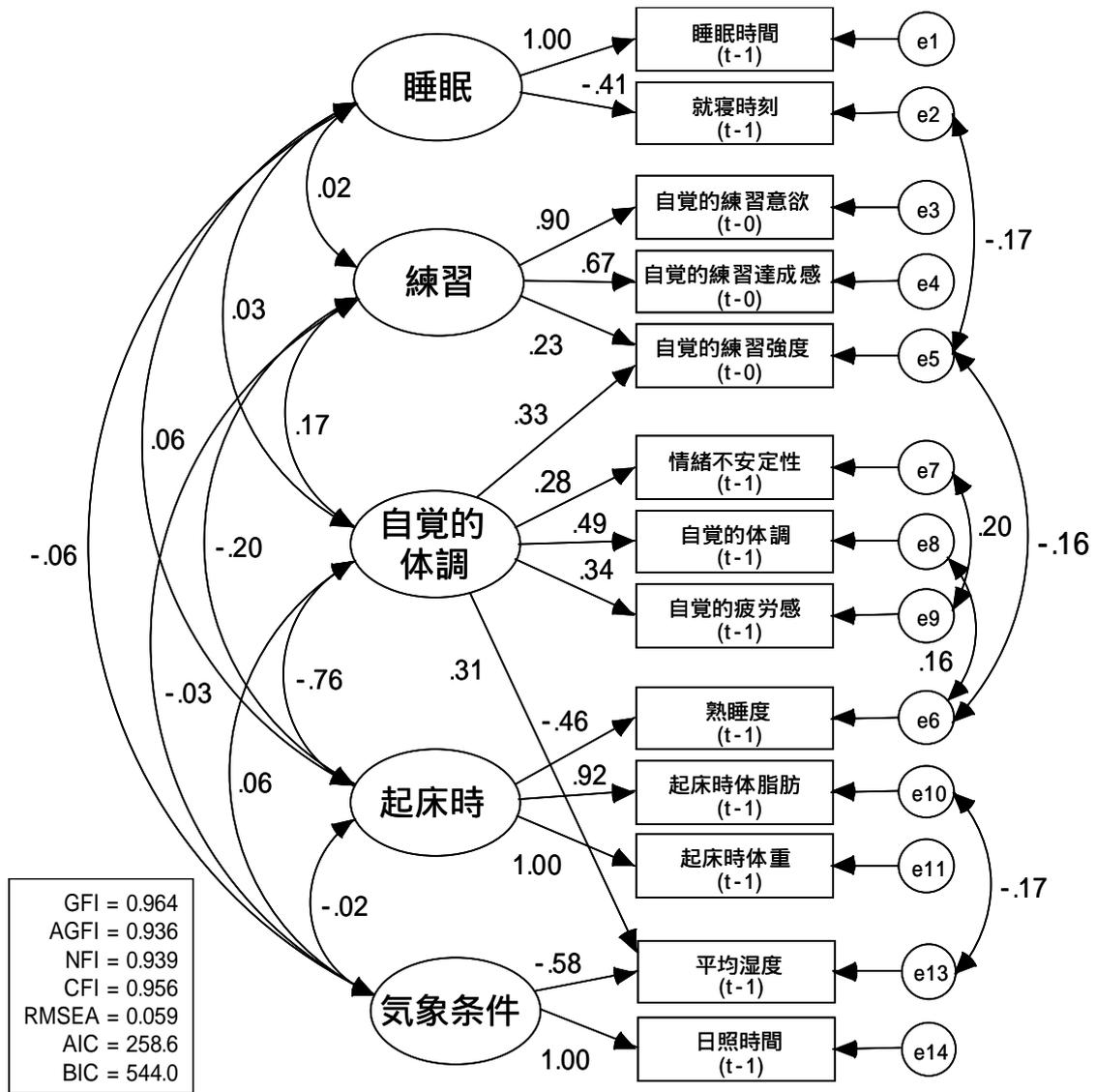


図7.2 ラグ付き変数を用いた動的因子構造 (Sub.B)

表7.12 ラグ無しモデルとラグ付きモデルの適合度比較 (Sub.B)

適合度指標	動的因子構造	ラグ無し因子構造
GFI	0.964	0.952
AGFI	0.936	0.914
NFI	0.939	0.919
CFI	0.956	0.934
RMSEA	0.059	0.073
AIC	258.600	324.037
BIC	543.977	609.414

7.4 考察

7.4.1 多変量時系列データへの動的因子分析の適用

本研究のように複数の項目を用いて継続的にコンディションデータを得た場合、データは多変量時系列データの形式になる。多変量のデータに対しては古くから因子分析などの手法によりデータを縮約し解釈を進める方法が行われてきたが、時系列データとなると一般的な因子分析法では理論的な欠点が存在した (Anderson, 1963)。これまで、多変量時系列データにはデータセットを通常の被験者×変数ではなく、時間×変数とすることによる P テクニック (池田, 1971) による因子分析法が適用されることがあったが、この方法は理論的欠点とともに分析結果においても時系列データ特有の情報を得ることができなかった。本研究のデータも例外ではなく、P テクニックによる因子分析法の適用では不十分であると考えられた。そこで本研究では、近年、提案されている (Molenaar, 1985) 動的因子分析を用いてデータを縮約して解釈することを試みた。動的因子分析を実際に用いた例としては、Hershberger et al. (1994) が行った、父と娘における情緒的反応と継父とママ娘における情緒的反応に適用したものがあつた。これにより、情緒的反応の因子構造が時間的ラグを考慮することで変化することを示している。

本研究では、Wood & Brown (1994) が示したプログラムをもとにアプリケーションソフト SAS Ver8.2 におけるプログラムを作成し動的因子分析を実行した。Wood & Brown で示されたプログラムは因子分析の初期解を求めることと、複数のモデルを適合度により比較することを目的としたものであつたが、本研究では Hershberger et al. (1994) で提案されているように探索的因子分析の立場から初期解に対して直行回転を適用して因子の解釈を行った。動的因子分析の結果、例えば Sub.B における練習因子のように時間的ラグを与えない段階において抽出される変動因子と、自覚的体調因子のように時間的ラグを与えることで抽出されるものが観察

された。それ以外の気象条件，睡眠，起床時の因子においても動的因子分析により影響を与える項目が時間的ラグを持つかどうかを推察することができた。これにより，各因子に対して観測項目が一日あるいは二日などの時間的ラグを持って影響を及ぼすことが示された。動的因子分析の適用により，これまでのpテクニックによる因子分析では不可能であった時間的ラグを考慮した因子構造が確認でき，時間的ラグを持ってコンディション管理に影響を及ぼしている変数の存在を明示することができるようになった。同様に，時間的ラグの有無に関わらず構造の変わらないコンディションの変動因子も明示することができた。

以上のことより，コンディションに関する多変量時系列データに対して動的因子分析を適用することで，時間的ラグを考慮した際の各因子の変化および，影響を及ぼす項目の変化が確認できることが示唆された。

また，本研究ではSub.Aではラグ2までの分散共分散行列を用いることで全分散説明率が約69%と高くなったが，Sub.Bではラグ1までの分散共分散行列を用いて得られた全分散説明率が約36%と低目であった。Suba.Bにおいてもラグ2までの分散共分散行列を考慮することで全分散の説明率を上げることは可能であると思われるが，多くのラグを考慮しすぎると解釈が乱雑になることが考えられる。実際Sub.Aにおいても，検証的因子分析の段階でラグ2の変数が採用されたのは就寝時刻のみであり，ラグ2以上を考慮することは現実的ではないものと思われる。他の研究論文においてもラグ2以上を考慮しているものは見られなかった(Hershberger and Corneal and Molenaar,1994;Kettunen and Ravaja,2000)。このような解釈の難しさに対しては，探索的立場で行った動的因子分析をもとに検証的因子分析モデルを構築し検証することで，現実的な解釈が可能にできると考えられる。本研究でも，この手順により妥当な自覚的コンディション変動の動的因子構造を明示できたものと思われる。動的因子分析は多変量時系列データに対して時間的ラグを考慮した因子構造を明示するためには有効であるが，あくまで探索的立場で行い，その後の検証的因子分析により解釈を行う方が現実的な結論を導けるものと考えられ

た .

7.4.2 自覚的コンディション変動の動的変動因子構造

【Sub.A (探索モデルを中心に)】

探索的立場による動的因子分析の結果，各ラグにおいて抽出されたコンディション変動因子は，練習量，食事満足，自覚的疲労，自覚的体調の共通な4因子と，ラグ0における脈拍因子，ラグ1における練習強度因子，ラグ2における心身の状態因子であった．これらの共通変動因子は西嶋ら(2000)の結果のように生活時間帯により区分されるものとは異なり，練習に関する項目を多く取り入れた大庭ら(1998)の結果に類似していた．

ラグごとのコンディション変動の因子構造は，各ラグ共通の因子として，練習量，食事満足，自覚的疲労，自覚的体調が抽出されたが，因子によっては強い説明力を持つ変数の構成が変わっていた．中でも，自覚的疲労因子において，ラグ0，ラグ1では関係の強い変数ではなかった就寝時刻が，ラグ2では0.29と時間的経過とともに大きな因子負荷量を示すようになっていた．これより，就寝時刻が時間的ラグを持って自覚的疲労に影響をおよぼしていることが推察された．また，自覚的体調因子において，自覚的体調がラグ0に比べてラグ1，ラグ2においていずれも高くなっていたことより自覚的体調が当日よりも，前日，前々日の状態に影響を受けることが推察された．練習量，食事満足因子に関しては，考慮するラグが変わっても大きな構造の変化は見られなかった．ラグ0でのみ抽出された脈拍の因子は，起床時脈拍が0.27と最も高い因子負荷量を示していたが，ラグ1やラグ2においては起床時脈拍は高い因子負荷量を示しておらず，起床時脈拍が独立して変動している可能性が示唆された．練習強度因子はラグ1でのみ抽出されており，また，この因子では練習強度が特に高い因子負荷量を示したことより，前日の練習強度が練習内容に強く影響していたことが推察された．ラグ2でのみ抽出された心身の状態因子はラグ0では練習強度因子と類似した項目が強い関係性を示していたことより，ラグ2における心身の状態因子は練習強度因子とも解釈できるものと思われる．このことは，やはりその日の練習強度が前日あるいは前々日の練習強度に影響

を受けていることを示唆していたと言える。

このように、動的因子分析を用いて時間的ラグを考慮した際の因子構造を検証することで、各ラグに共通の因子として練習量、食事満足、自覚的疲労、自覚的体調の4因子を抽出することができた。また、起床時脈拍はいずれの因子とも高い因子負荷量が得られなかったため、独立して変動をしていたことが推察され、変動因子というよりは独立した変動をする観測項目であると判断された。

以上の探索的立場による動的因子分析の結果より、コンディション変動に関する4つの変動因子を仮定し共分散構造分析における検証的因子分析モデルを用いて自覚的コンディション変動の動的因子構造を検証した。ラグ付き変数を用いたモデルとラグ付き変数を用いないモデルの適合度を比較した所、いずれの適合度指標においてもラグ付き変数を用いたモデルの方が良好な値を示した。モデルの適合度自体は若干低めであり観測変数の分散を十分に説明できてるとまでは言えない結果であったが、Sub.Aにおいては自覚的コンディション変動の因子構造は動的構造で示す方がよいことは示唆された。

検証された動的因子構造より、各変動因子間には強い関係性があることが示唆された。また、練習量因子および食事満足因子は同日の観測項目を用いてコンディションチェックが行えることが推察された。一方で、自覚的体調因子は強い説明力を持つ観測変数がいずれも前日の変数であり、練習量因子や食事満足因子とは一日の時間的ずれを持って影響を及ぼし合っていることが推察された。自覚的疲労因子に関しては、概ね同日の変数によりチェック可能であるが、就寝時刻のみは前日および前々日の値をチェックする必要があることが示唆された。

【Sub.B (検証モデルを中心に)】

同様に Sub.B における動的因子分析の結果は，ラグ 0 ，ラグ 1 共通して抽出された変動因子は気象条件因子，睡眠因子，起床時因子であった．さらに，ラグ 0 では練習因子が，ラグ 1 では自覚的体調因子が抽出された．練習因子はラグ 0 でのみ抽出されたことより，観測項目もすべてラグ 0 の変数で構成されると判断できた．同様に自覚的体調因子はラグ 1 のみで抽出されたことより観測変数もすべてラグ 1 の変数で構成されると判断できた．ラグに関係なく共通に抽出された因子に対する各観測項目の因子負荷量を見ると，概ね同様の項目が高い因子負荷量を示していたが，いずれもラグ 1 の因子負荷量の方が高い値となりラグ 1 を考慮することで関係性が増すことが推察された．

動的因子分析の結果より，時間的ラグを考慮した変数を用いることでコンディション変動に関する 5 つの変動因子を仮定し，共分散構造分析における検証的因子分析モデルを用いて自覚的コンディション変動の動的因子構造を検証した．ラグ付き変数を用いたモデルとラグ付き変数を用いないモデルの適合度を比較した所，いずれの適合度指標においてもラグ付き変数を用いたモデルの方が良好な値を示した．中でも，モデル間比較の指標である AIC 及び BIC は大きく減少しており良好なモデルとなっていた．このことよりやはり Sub.B においても自覚的コンディションの変動因子は項目によって時間的ラグを持って影響を受けていることが確認された．

検証された動的因子構造によれば一日の時間的ラグを考慮することで，睡眠，練習，自覚的体調，起床時，気象条件に関する 5 つの変動因子が存在することが示された．これらの因子の構成は，西嶋ら (2000) の結果のように生活時間帯により区分されるものと，練習に関する項目を多く取り入れた大庭ら (1998) の結果の両方を包括した因子構成になっていたものと考えられる．各変動因子において最も強い関連の見られた項目は睡眠因子では一日前の睡眠時間，練習因子では当日の自覚的練習意欲，自覚的体調因子では一日前の自覚的体調，起床時因子では一日前の起床時体重，気象条件では一日前の日照時間であった．因子間のパス係数より練習，自覚

的体調，起床時因子の3因子の因子間には相互に関連を持って変動していることが推察された．特に自覚的体調因子と起床時因子は強い相関が観察された．3つの因子の中で練習因子はラグ無しの変数のみで構成されており，自覚的体調因子および起床時因子が主にラグ付きの変数で構成されていることから，練習は前日の自覚的体調および起床時の影響を受けていたことが示唆された．

以上のように動的因子分析及び検証的因子分析を用いることで時間的ラグを考慮した動的因子構造を捉えることが可能であり，これにより各コンディション変動因子の時間的関係性を確認することが可能になることが示された．この結果をもとに，各変数における時間的なずれを考慮することでより有効なコンディションチェックが可能になるものと考えられる．今後は抽出された変動因子の因子得点などを用いて，時系列分析法の適用などによる変動傾向の把握，及びデータマイニング手法などを用いた変動因子間における変動の規則性を調べていくことが有効であると考えられ，今後の課題である．

第 8 章

研究課題 5

時系列分析法による 自覚的コンディション変動分析

8.1 目的

研究課題5では、研究課題4で検証された自覚的コンディション変動の因子構造における各変動因子の変動傾向および周期性を探索し明らかにする。加えて、変動の周期性に基づいた時系列モデルを適用して競技パフォーマンス変動の予測モデルを検討する。時系列変動に着目するために、系列相関を考慮した構造になっている研究課題4の因子構造を用いた。最終的に変動因子を予測変数とすることで対象者の競歩パフォーマンス予測モデルを作成することを目的とした。

8.2 方法

8.2.1 対象者

対象者は、社会人女子競歩選手1名であった。課題4におけるSub.Bと同様の対象者であるために特徴は省略する(表7.1)。研究課題5では時系列分析を適用するため、多くのデータポイントを必要とする。そのため、長期のコンディションデータを得たSub.Bのみを対象とした。

8.2.2 測定項目

1) 主体分類(自覚的体調領域)

自覚的疲労感, 自覚的体調, 情緒不安定性

2) 生活環境分類項目(練習領域, 食事領域, 起床時領域, 睡眠領域)

自覚的練習意欲, 自覚的練習強度, 自覚的練習達成感, 夕食満足,
起床時脈拍, 起床時体重, 起床時体脂肪, 就寝時刻, 睡眠時間, 熟睡度

3) 自然環境分類 (気象条件領域)

日照時間, 平均湿度

4) 競歩パフォーマンス

練習における 1 km ごとのラップタイム

8.2.3 測定方法

測定は, 課題 4 と同様であり, A 4 の用紙 1 枚に 1 週間分を記入できるように作成し平成 12 年 5 月 1 日から平成 14 年 4 月 14 日の 714 日, 102 週間, 毎日継続して測定を行った. 対象者においては平成 11 年より自己管理促進のために同様の試みを行っていたが平成 14 年より社会人選手となったために, この時点で新たに今回の QC シートを再作成した. その後 1 ヶ月間 (平成 13 年 4 月) を測定項目の最終的決定期間とし, 本研究では平成 14 年 5 月よりのデータを対象として研究を進めた. 各項目の評価方法は, 課題 4 で示した通りである (表 7.2).

練習中におけるラップタイムはパフォーマンスを測定する意味で平成 12 年 9 月 18 日より測定した (82 週間). 各練習中に実施される歩行距離によってラップタイムの変化が想定されるために, 本研究では最も頻繁に行われていた 4 ~ 8 Km の歩行距離が設定された練習におけるラップタイムを分析に用いた. また, 4 Km 未満ではスピード強化, 10Km を超えるような長距離では持久力強化を意識するという対象者の意向も考慮して分析対象とする距離を決定した.

8.2.4 統計解析

1) 時系列グラフ

研究課題4で検証されたコンディション変動の動的変動因子構造の結果をもとに各変動因子の因子得点を算出した。1週間を1生活サイクルと考え、各因子に対して1週間に1データとなるように因子得点の平均値を算出した。また、時系列予測の結果の現場への応用を考え1週間ごとのデータとすることとした。時系列分析の最初の手順として時系列グラフを作成し、各コンディション変動因子の長期的傾向（定常、非定常、上昇傾向など）を時系列グラフの形状より観察した（石村，1999）。

2) スペクトル解析

研究課題5では、各変動因子の周期性を探索することがひとつの目的であった。そこで、各変動因子の系列を三角関数を用いたフーリエ級数で表現し最大周期を見つけ出すスペクトル分析（Hervey，1981；石村，1999）を行った。スペクトル分析の結果はピリオドグラム $\frac{1}{N}\{A^2+B^2\}$ を示すことで周期性を観察した。フーリエ級数ならびにピリオドグラムの値は以下のような式により算出され、この値の最も大きくなる点が各時系列における最大周期であると判断できる。特出した最大値が存在しない場合は、明確な周期は存在せず、極端な上昇や下降傾向が見られない場合は定常的な変動であったと判断できる。

$$\text{フーリエ級数： } x(t) = \sum_{i=1}^k \{A_i \cos 2\pi f_i t + B_i \sin 2\pi f_i t\} + \varepsilon(t)$$

ピリオドグラム：

時系列グラフによる変動傾向の把握とスペクトル分析による周期性の探索により、変動因子の傾向が明確になる。傾向を正確に把握することはARIMAモデルによる時系列予測への基礎材料となる。

3) ARIMA モデル

ARIMA (Auto regressive integrated moving average; 自己回帰積分移動平均モデル) は, AR (Auto regressive; 自己回帰モデル), MA (moving average; 移動平均モデル), ARMA (Auto regressive moving average; 自己回帰移動平均モデル) を包含した呼び方であり, 線形予測モデルである (北川, 1998; 宮野, 2002). 一般に AR モデルや MA モデル, ARMA モデルは定常傾向の強い時系列の線形予測モデルであり, ARIMA モデルは非定常時系列の予測モデルである. 予測したい系列の過去の変動のみから予測モデルを作成することもできるが, 関連のあると考えられる他の系列を用いることで, より精度の高い予測モデルが作成できるものと考えられる. ARIMA モデルの作成手順は以下のようになる.

ARIMA(p, d, q) モデルの同定

p, d, q の次数を時系列グラフや自己相関, 偏自己相関を参考に決定.

ARIMA(p, d, q) モデルの推定

最小二乗法や最尤法などで係数を求める (本研究では最小二乗法).

ARIMA(p, d, q) モデルの診断

残差に対し, Box-Ljung 検定を行うことで残差に時間的関連が残っていない (ホワイトノイズである) ことを確認する.

このような時系列モデル作成の手順をボックスジェンキンス法という. 本研究課題では, ボックスジェンキンス法 (Box and Jenkins, 1976) に従い, パフォーマンス予測モデルを作成した. 作成された予測モデルの精度を比較することで, 発揮されるパフォーマンス決定のために必要な予測変数を明らかにした. 時系列モデルの作成は SPSS 社製のアプリケーションソフト DecisionTime1.0 を用いた.

8.3 結果

8.3.1 時系列グラフによる変動傾向の把握

コンディションの各変動因子の因子得点をプロットしたグラフが図8.1から図8.5である。因子得点は、前述の通り1週間を1生活サイクルと考え、各因子に対して1週間に1データとなるように平均値を算出したものをプロットした。横軸が週を表し、縦軸は各変動因子の因子得点である。

1) 気象条件因子 (図8.1)

気象条件因子は得点が高いほど蒸し暑く、条件としては悪かった考えられる。グラフを見る限り変動に大きな傾向は見受けられず、ほぼ0を中心として ± 1 の範囲に多くのデータが分布していた。このことより、気象条件はおよそ一定のレベルで留まっている定常的な変動であったことが確認された。

2) 睡眠因子 (図8.2)

睡眠因子は、得点が高いほど睡眠時間が長いことを示す。対象者の睡眠因子得点は大きな変動は少なく、気象条件因子と同様に、0を中心として ± 1 の範囲に多くのデータが分布していた。これより、定常的な変動をしていたことが確認された。また、記述統計量を考慮すると、期間中を通して7時間前後の平均的睡眠時間であったことが観察された。

3) 練習因子 (図8.3)

練習因子は、得点が高いほど達成感や意欲が高く、良い状態で練習が行っていたことを示す。時系列グラフからは定常とも取れるが、変動を繰り返しながらも若干の上昇傾向にあったことが観察された。第20週項に変異点があり、それ以降では、明らかに練習因子得点水準が変化していた。この変動傾向は期間後半における好結果を裏付ける結果であった。

4) 自覚的体調因子 (図 8.4)

自覚的体調因子は得点が高いほど良い状態を示している。時系列グラフからは期間中を通して変動を繰り返しながらも若干の上昇傾向を示していたことが観察された。この点は、対象者において期間後半に好結果が連続したことを裏付ける結果であった。また、第 20 週頃と第 70 週頃、約 85 週頃で自覚的体調因子得点の水準が変化していることが観察された。水準の変化から、第 70 週頃から第 85 週頃において体調がピークであったと言える。この時期は対象者が、自己ベストを連続で記録した時期であり、体調の改善がレース結果につながったと考えられる。

5) 起床時因子 (図 8.5)

起床時因子は主に起床時体重の変動が因子得点の変動に影響していると考えられる。時系列グラフより、徐々に減少傾向にあったことが観察された。また第 35 週ごとに同様の形をした 3 つの山が観察され、明らかに周期的な変動を繰り返しながら減少していったことが確認された。

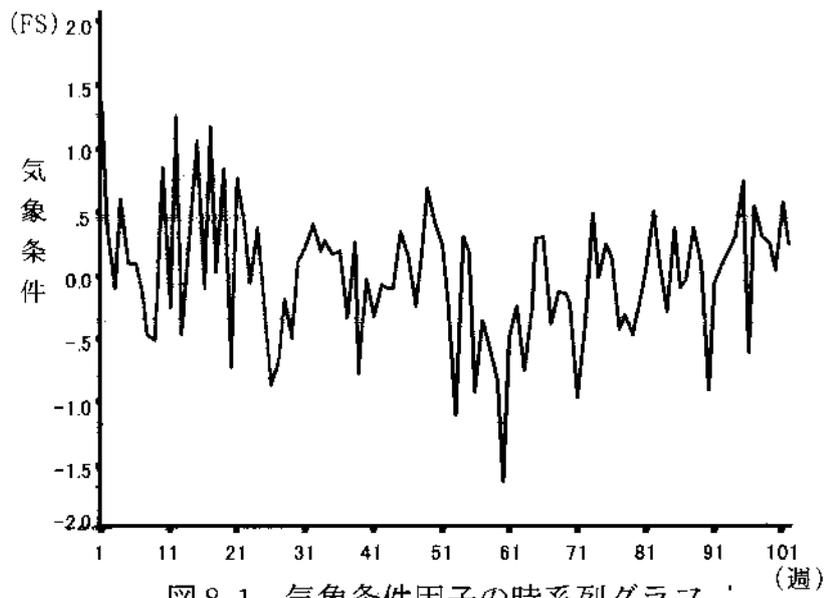


図 8.1 気象条件因子の時系列グラフ (週)

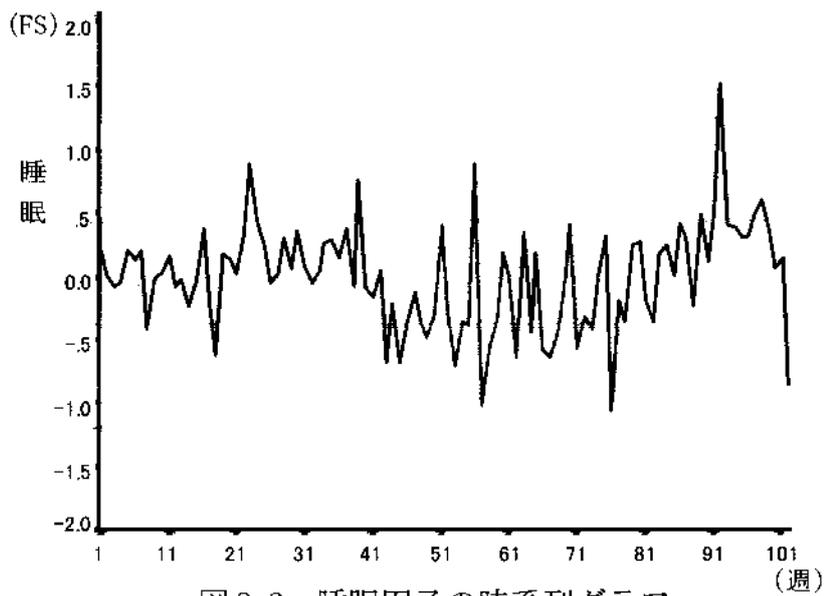


図 8.2 睡眠因子の時系列グラフ (週)

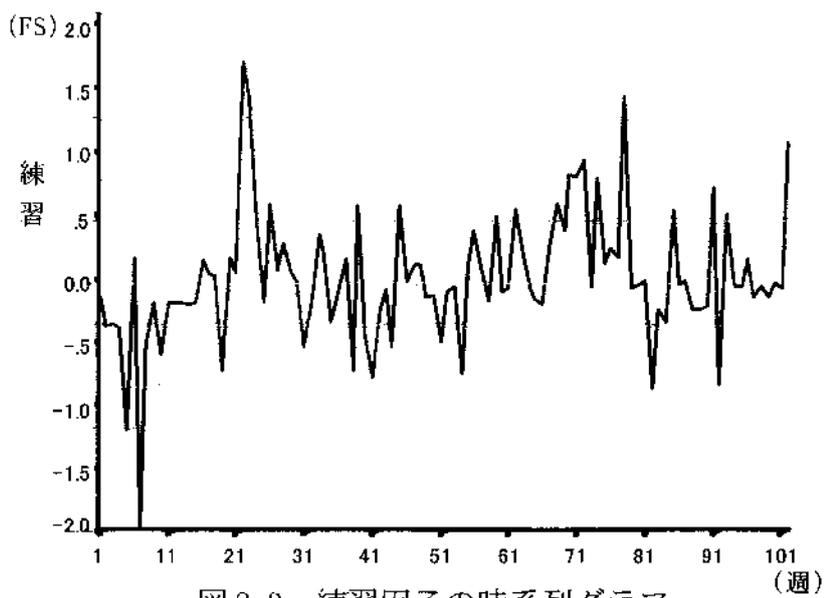


図 8.3 練習因子の時系列グラフ (週)

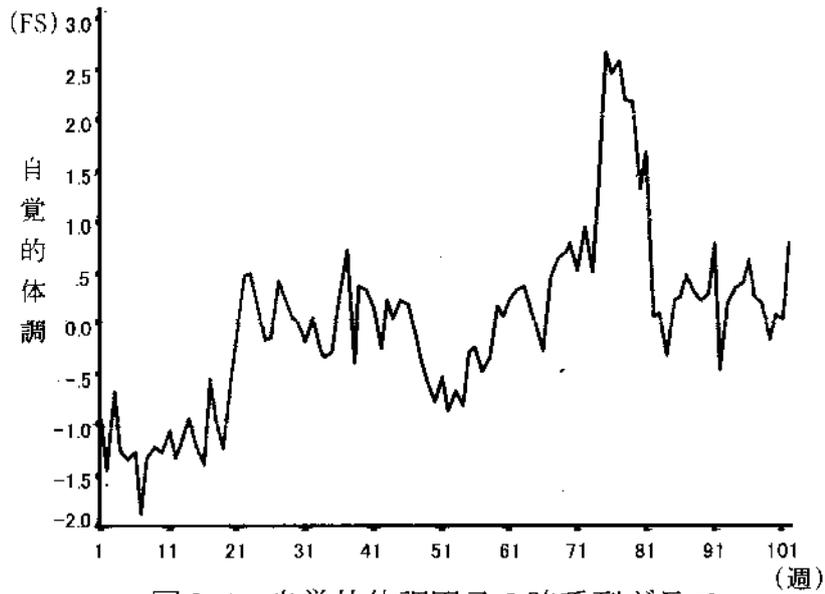


図 8.4 自覚的体調因子の時系列グラフ

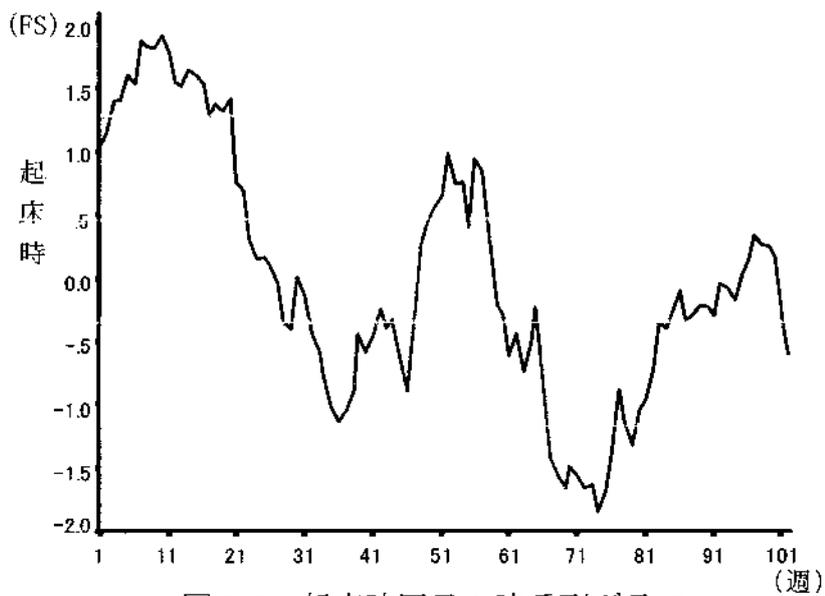


図 8.5 起床時因子の時系列グラフ

8.3.2 スペクトル解析による変動の周期性

コンディションの各変動因子の周期性を探索するために、各変動因子得点の系列をフーリエ級数で表現した結果より得られるピリオドグラム値をプロットしたグラフが図8.6から図8.10である。スペクトル解析ではピリオドグラム値が最大となる点を見つけ出すことで、最大周期成分を抽出することができる。各グラフは横軸が週を表し、縦軸はピリオドグラム値である。データが102週間であったために、最大で51週間までの周期に注目した。

1) 気象条件因子 (図8.6)

気象条件因子では特出すべきピリオドグラム値はなく、これとって特徴的な周期がなかったことが確認された。これは気象条件因子の変動が定常的な変動であったことを裏付けいていた。本研究においては気象条件として湿度と日照量を用いているために、気温などに比べて大きな変動は観察されなかったものと考えられる。

2) 睡眠因子 (図8.7)

睡眠因子においても気象条件因子と同様に、特出するべきピリオドグラム値は観察されなかった。明白な周期は観察されなかったが、強いて挙げるとすれば、2週間強(16,17日あたり)の周期が最も強い周期であった。しかし、時系列グラフの観察結果も考慮すると、睡眠因子の変動は定常的であり安定した睡眠時間が獲得できていたと結論づけられる。

3) 練習因子 (図8.8)

練習因子は時系列グラフでは若干の上昇傾向を把握するまでであったが、スペクトル分析の結果より約6週,12週,18週の3つのほぼ同様の強さの周期が観察された。いずれも6週間の繰り返しとなっていることより、6週間周期が基本となっていたと結論づけられる。

4) 自覚的体調因子 (図 8.9)

自覚的体調因子は、時系列グラフでは全体として若干の上昇傾向が観察された。スペクトル解析の結果では、これに加えて約 18 週間 (約 4 ヶ月) の最も強い周期として抽出された。これより、自覚的体調は約 4 ヶ月周期を繰り返しながら、わずかずつ上昇していったことが確認された。

5) 起床時因子 (図 8.10)

起床時因子では、約 32 週間ごとの周期性が強く現れていた。また、最大周期ではないが、約 16 週間の周期も他と比べて特出していた。これより、約 16 週間の小さな周期を繰り返しながら約 32 週間の大きな周期となり、起床時の状態が変動していたことが確認された。

以上、5 つの変動因子の変動傾向と抽出された周期性を表 8.1 にまとめた。これらの結果に基づいて、変動に傾向および周期性の観察された練習因子、自覚的体調因子、起床時因子の 3 因子をパフォーマンス予測モデルの予測変数と用いることとした。気象条件因子、睡眠因子は定常的と判断されたために、対象者においては大きな変化はないと考え、パフォーマンス予測の予測変数としては適用しないこととした。

(ピリオドグラム)

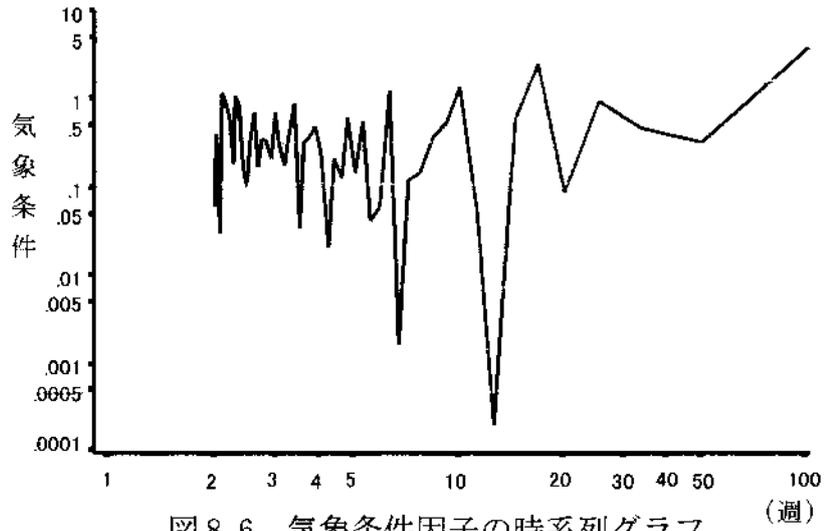


図 8.6 気象条件因子の時系列グラフ

(ピリオドグラム)

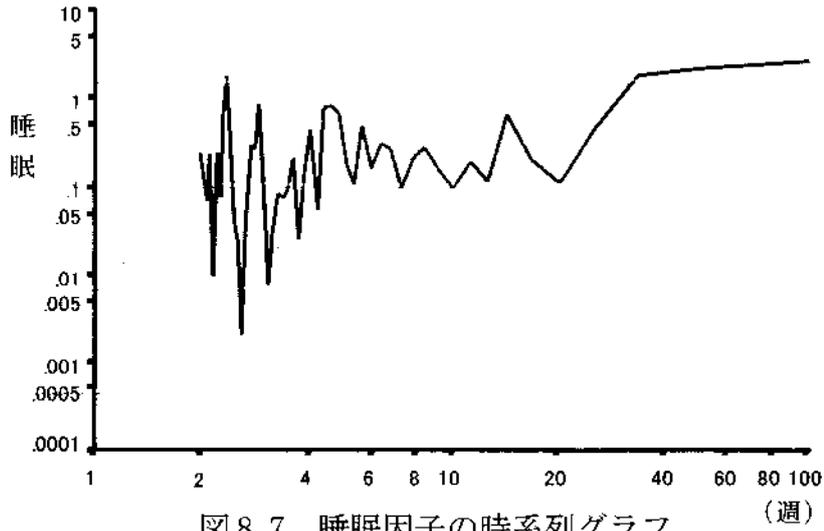


図 8.7 睡眠因子の時系列グラフ

(ピリオドグラム)

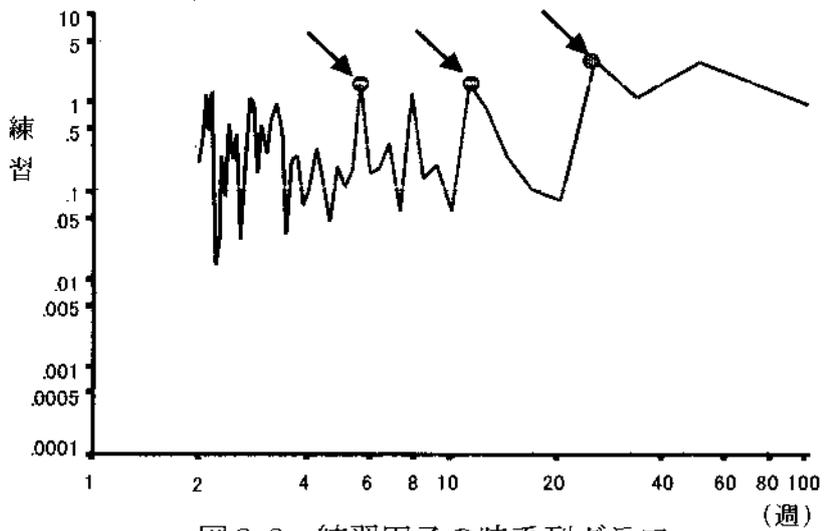


図 8.8 練習因子の時系列グラフ

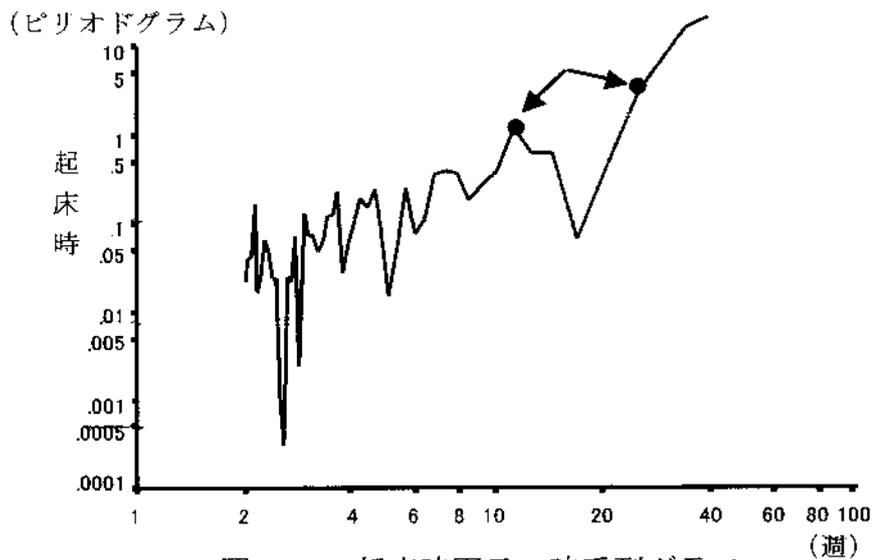
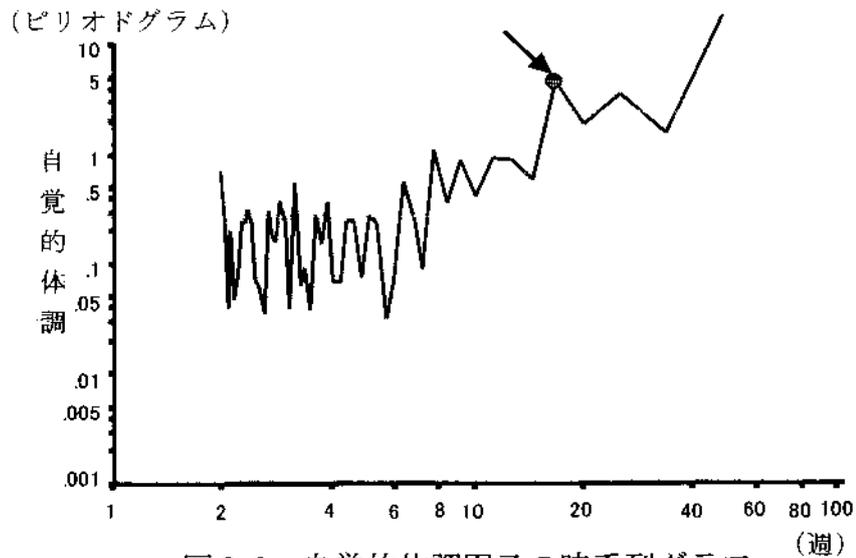


表 8.1 各因子の変動傾向と周期

因子	変動傾向	周期性
気象条件	定常	なし
睡眠	定常	なし
練習	およそ定常	約6週, 12週, 18週
自覚的体調	若干の上昇傾向	約18週
起床時	周期的	約16週, 32週

8.3.4 ARIMA モデルによる競歩パフォーマンスの線形予測モデル

ARIMAモデルは時系列なデータに対して、自己回帰、階差、移動平均を用いることで線形予測を行う方法である。本研究課題では選手のパフォーマンス（ラップタイム）の線形予測モデルを作成し、様々なモデルに対してその精度を検証した。パフォーマンス予測モデルの作成に先立ち、変動に傾向および周期性の確認された練習因子、自覚的体調因子、起床時因子の3因子に対して最適なARIMAモデルを作成した。

練習因子では、ARIMA(1.0.1)のモデルが最も最適なモデルであった。Box-Ljung検定のP値は0.39であり、時系列モデルとしての採択基準を満たしていた。決定係数は0.10であり、予測モデルとしては精度は高くならなかった。これは、練習因子が定常に近いものであったことが原因であると思われる。しかし、練習はパフォーマンスを予測する上で欠くことはできないと考えられ、また、自覚的体調因子や起床時因子との相関も研究課題4で認められていることより予測変数として用いることにした。自覚的体調因子では、ARIMA(1.0.1)のモデルが最も最適なモデルであった。Box-Ljung検定のP値は0.97であり、時系列モデルとしての採択基準を満たしていた。決定係数は0.76であり、予測モデルとしても十分な精度であった。起床時因子では、ARIMA(0.1.1)のモデルが最も最適なモデルであった。Box-Ljung検定のP値は0.12であり、時系列モデルとしての採択基準を満たしていた。決定係数は0.93であり、予測モデルとしても高い精度であった。

1) 予測変数なしによるラップタイム系列のみでの予測モデル

(モデル1)(図8.11)

始めに、練習におけるラップタイムの週平均値のみを用いてラップタイムを予測するARIMAモデルを作成した。Box-Ljung検定のP値は0.10であり、時系列モデルとしての採択基準を満たしていた。決定係数は0.36であり、毎週のラップタイム平均のみでは精度の高いパフォーマンス予測モデル

ルを作成することはできなかった。そこで、次にラップタイムの週平均に加えて自覚的体調，練習，起床時因子の毎週の因子得点の平均値を予測変数としたパフォーマンス予測モデルを作成した。

2) 自覚的体調，練習，起床時因子を予測変数とした予測モデル

(モデル2)(図8.12)

モデル1に対して自覚的体調，練習，起床時因子を予測変数として加えたパフォーマンス予測モデルを作成した。Box-Ljung検定のP値は0.19であり，時系列モデルとしての採択基準を満たしていた。決定係数は0.52であり，モデル1に比べ予測力の高いモデルが作成された。これにより，パフォーマンス予測には日常のパフォーマンスに加えて自覚的体調，練習，起床時因子を考慮するべきであることが示された。

3) モデル2に対してレース週を干渉事項として考慮した予測モデル

(モデル3)(図8.13)

モデル3では，モデル2に対してさらにレース週のみを特別視して別系列と考えた場合のパフォーマンスモデルを作成した。その結果，Box-Ljung検定のP値は0.06であり，時系列モデルとしての採択基準を満たしていた。決定係数は0.65であり，モデル2以上に予測力の高いモデルが作成された。これより，パフォーマンス予測には自覚的体調，練習，起床時因子を予測変数とし，さらに日常のパフォーマンスとレース週におけるパフォーマンスを区別して考慮することで，高い確率で発揮できるパフォーマンスが予測できることが示された。

表 8.2 各変動因子の ARIMA モデル

因子	AR (自己回帰)	I (階差)	MA (移動平均)	平均絶対誤差 (MAE)	決定係数 (R^2)	Box-Ljung検定 (P値)
練習	1	0	1	0.34	0.10	0.39
自覚的体調	1	0	1	0.32	0.76	0.97
起床時	0	1	1	0.20	0.93	0.12

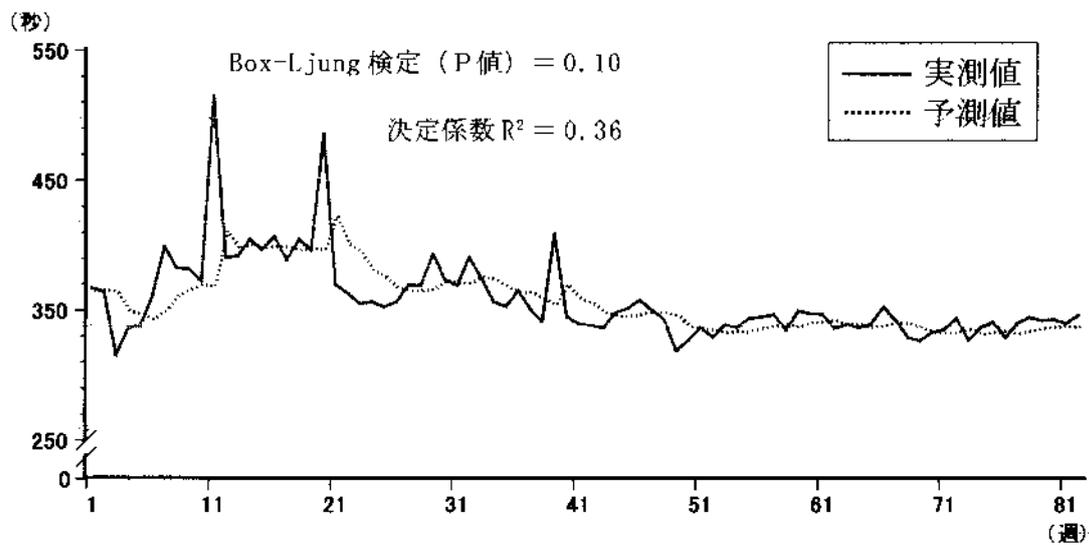


図 8.11 予測変数なしによるラップタイム系列のみでの予測モデル
(モデル 1)

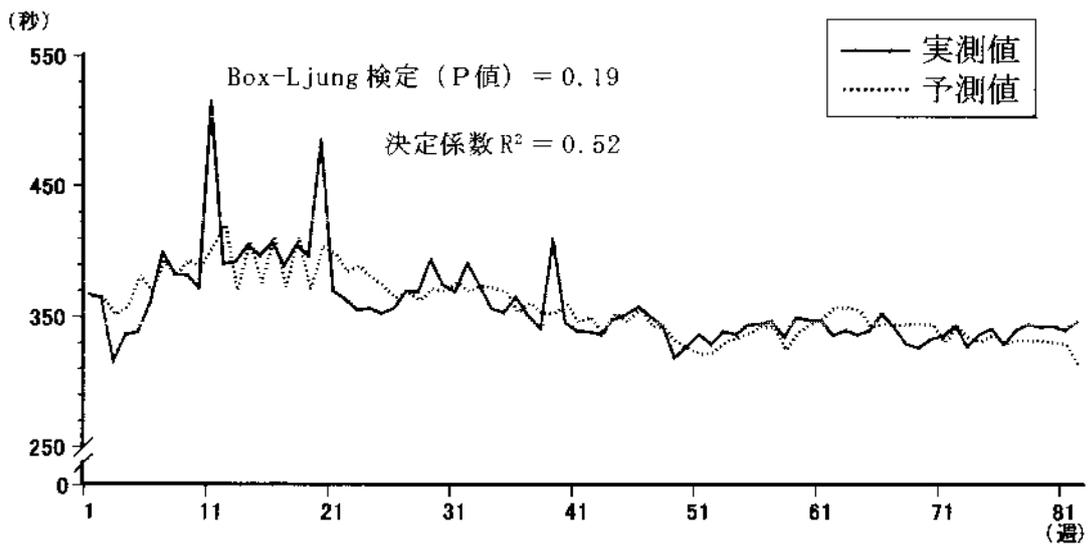


図 8.12 自覚的体調, 練習, 起床時因子を予測変数とした予測モデル
(モデル 2)

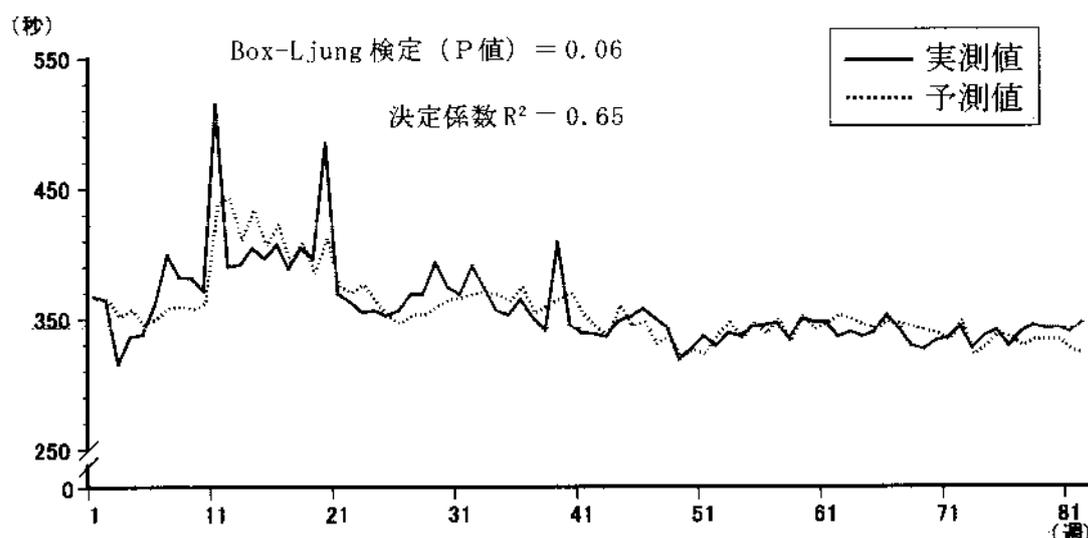


図 8.13 モデル 2 に対してレース週を干渉事項として考慮した予測モデル (モデル 3)

表 8.3 ラップタイム予測モデルの概要および適合度

モデル	従属変数	予測変数 (AR,I,MA)	事象/干渉事項	平均絶対誤差 (MAE)	決定係数 (R^2)	Box-Ljung検定 (P値)
予測変数なしによる系列のみでの予測モデル (モデル1)	ラップタイム	1. 過去のラップタイム系列(1,1,2)	なし	14.7	0.36	0.10
自覚的体調, 練習, 起床時因子を予測変数とした予測モデル (モデル2)	ラップタイム	1. 過去のラップタイム系列(1,1,2) 2. 自覚的体調因子の系列(1,1,1) 3. 起床時因子の系列(0,1,1) 4. 練習因子の系列(1,0,1)	なし	14.5	0.52	0.19
モデル2に対してレース週を干渉事項として考慮した予測モデル (モデル3)	ラップタイム	1. 過去のラップタイム系列(1,1,2) 2. 自覚的体調因子の系列(1,1,1) 3. 起床時因子の系列(0,1,1) 4. 練習因子の系列(1,0,1)	レース週	13.1	0.65	0.06

表 8.4 予測モデルにおけるパラメータ推定値

モデル	定数項	ラップタイム (I=1)		起床時因子 (I=1)		体調因子 (I=0)			練習因子 (I=0)			レース (I=2)		
		AR (1)	MA (1)	AR (0)	MA (1)	AR (0)	AR (1)	MA (1)	AR (0)	AR (1)	MA (1)	AR (0)	AR (1)	MA (2)
モデル1	-0.27	-0.701	0.546	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
モデル2	-1.03	-0.831	0.999	0.496	0.837	2.766	3.509	-0.764	-15.800	-17.690	0.611	-	-	-
モデル3	-1.062	-0.879	0.999	5.086	0.867	-1.866	2.360	-0.167	0.985	-6.618	0.673	-0.272	-11.580	-0.521

8.4 考察

8.4.1 コンディション変動因子の変動傾向

本研究課題では時系列グラフとスペクトル解析を用いて自覚的なコンディション変動に関する変動因子の変動傾向を捉えた。

気象条件因子の時系列グラフからは、はっきりとした傾向を読みとることができなかった。さらに、スペクトル解析の結果でも目立って大きな周期は観察されず、気象条件因子は定常的な変動をしている因子であると推察された。また、睡眠因子においても気象条件因子と同様に時系列グラフ、スペクトル解析ともに特徴的な傾向は抽出されず、定常的な変動をしている因子であると推察された。気象条件は本来、日本の気候特性を考えると四季の存在が考えられるが、本研究で用いた項目は湿度と日照量であり、これらの項目は年間を通して大きな変化はないということが確認された。変化が少ないということより、日本においては気象条件の変化によってパフォーマンス発揮が左右されることも少ないと考えられた。しかしながら、海外遠征などのように、極端に気象条件が変化する場合には無視できない因子となることが予想される。睡眠因子は因子得点の多くのウェイトが睡眠時間にある。そのため、対象者においては睡眠時間が安定していたことが確認された。睡眠は本来、疲労状態などと密接な関連があると考えられるが、研究課題4においても睡眠因子が他の因子とは相関があまり見られなかったように対象者においては睡眠が独立した変動をしていたものと推察された。気象条件と睡眠の因子は期間中を通して定常的であり、他の因子とは独立した形で変動を繰り返していたと推察されたためにパフォーマンス予測モデルの予測変数には適さないと判断した。しかしながら、いずれの因子も内容的にはコンディション管理には欠くことができない因子であることは変わらないと考えられる（西嶋，2002b；中野，2002）。

次に、練習因子では時系列グラフから若干の上昇傾向が観察された。詳細には期間中を通して上昇傾向というよりは、途中で練習因子の因子得点

のレベルが変わっていた。またスペクトル解析の結果では、明確とは言えないまでも、6週、12週、18週の3つのほぼ同様の強さの周期が観察された。練習因子の変動は、研究課題2で示したような期分けの概念に従い変動していた可能性も考えられる。その場合、試合のスケジュールに左右されることが想定されるため、定期的な周期となって表れにくいことが考えられる。しかしながら、研究課題4で自覚的体調因子と起床時因子とは相関が認められたことより、これらの因子の周期的変動にも影響を受けて変動していることが考えられ、パフォーマンスを決定づける重要な因子であることが推察された。

自覚的体調因子では時系列グラフより明らかな上昇傾向が観察され、対象者において期間中後半にむけて良い状態となっていたことがわかった。これは、QCシートによるコンディションの自己管理の成果であるとも言えよう。また、スペクトル解析では、約18週(4ヶ月)の周期成分が抽出され、自覚的体調が年間を通して3回の周期的変動を繰り返す可能性が示唆された。このような周期的傾向は、試合設定などに極めて役立つものと考えられる。

起床時因子の時系列グラフには明らかに3つの山が観察された。また、期間中を通して初期に比べ後半で因子得点の値が下がっていることより体重が減少していたことも確認された。スペクトル解析の結果では、約32週間の周期が最大周期成分として抽出され、この結果は時系列グラフの3つの山を裏付ける結果であった。起床時の状態がこのように大きく変化をしながらも周期的に変動していることより、選手のコンディション把握には極めて役立つことが考えられる。同時に、競歩パフォーマンス予測モデルの予測変数としても役立つことが推察された。

以上のように、時系列グラフとスペクトル解析を用いて因子の変動傾向を把握することで、各対象者において安定した定常的な変動をする因子と何らかの傾向や周期を持って変動する因子を明確にすることができる。これにより、特に周期性などの傾向を持った因子の変動に注意を払うことで的確に選手のコンディションを捉えることができるようになるものと考えられる。

8.4.2 ARIMA モデルによるパフォーマンス予測

時系列データに対する線形予測モデルとして強力な近似手法である ARIMA モデルを用いて選手のパフォーマンス予測モデルを作成した。予測モデルの作成を通して、パフォーマンスを予測するために自覚的コンディション変動に関する変動因子が重要であることを示した。選手のパフォーマンスとしては前述のように練習中の 1 Km ごとのラップタイムを用いた。

始めに、予測変数は用いずにラップタイムの系列のみを用いた ARIMA モデルを作成した。このモデルは時系列モデルとしては採択基準を満たしたが、決定係数が 0.36 と予測の精度は高いとは言えない結果であった。つまり、練習において発揮されるパフォーマンスのばらつきを規定することは難しく、不規則な変動であったことが推定された。そこで、時系列グラフとスペクトル解析の結果より何らかの変動傾向が観察され、パフォーマンス予測に役立つと考えられた自覚的体調、起床時、練習の 3 因子を予測変数としてモデルに組み込んだ。その結果、決定係数は 0.52 となり、予測の精度としては 16% もの向上が見られた。この結果は、自覚的体調、起床時の状態、練習状態を管理することで発揮できるパフォーマンスがコントロールできる可能性があがることを示しているものと考えられた。

さらに、対象者においては期間中にいくつかの大会が設定されていた。そこで、大会の設定されていた週のみは別の系列と考え、干渉事項として予測変数に加えることにした。その結果、決定係数は 0.65 に向上した。これは、自覚的体調、起床時の状態、練習の状態に加えて、レース週を他の週とは練習でのパフォーマンスが異なる週として設定することで、約 65% の確率で発揮パフォーマンスを予測できることを示していると考えられた。

線形予測モデルでは、妥当な予測変数を多くし干渉事項などを多く考慮することで精度の向上は図れるが、多すぎる管理項目の設定は現実的ではないと考えられる。本研究で提案している予測モデル式においてもパラメーターの数は多く、予測式から関係性を考察することは難しい。しかしながら、競歩パフォーマンス発揮との関係が確認された因子に関するコン

ディションの自己管理項目と練習におけるパフォーマンスを測定し管理することは現実的に実行可能な範囲である。予測の精度が約65%という値も現場のニーズに十分応える値であると思われる。

このような結果は、これまでは主張に留まっていたコンディションの自己管理の必要性を、統計学的に証明した結果であると言える。

第 9 章

総 括

本研究では個人のコンディション管理データに因子構造分析と変動分析を二本柱とした統計的分析法を適用することで、選手のコンディション変動を適切に評価することを目的として行われた。本章では、コンディション管理データの因子構造分析と変動分析の2つの視点から総括を述べる。

9.1 自覚的コンディション変動の因子構造分析

研究課題1では、自覚的コンディション変動の因子構造モデルを検証することを目的とした。探索的因子分析、検証的因子分析、二次因子分析と段階を追っていくことで妥当な因子構造モデルが検証できることを示した。また、妥当な構造が示されたことより測定項目の構成概念妥当性も確認された。研究課題1では構造の妥当性を検証したが、データが時系列であることを考慮すると、時期により自覚的コンディション変動の因子構造は不変であるかを検討する必要がある。この点を研究課題3で検討した。

研究課題3では、選手のコンディションに強い影響を与えると考えられるトレーニング期分け間での因子構造の不変性を検討することで、シーズンを通したコンディション管理項目のあり方を示した。試合期、準備期といったトレーニング期分け間でコンディション変動の因子構造の配置は不変であることが示された。一方で、因子と測定項目間の関係性に変化の生じる部分が明らかにされた。これにより、トレーニング期ごとにコンディション管理のために重視する項目を変化させることの有効性が示された。

研究課題4では、コンディションが系列的に変動していること、データが時系列データであることを考慮して、最新の手法である動的因子分析法のプログラムを作成し適用することで、選手のコンディション変動の因子構造を同日の項目、前日の項目、前々日の項目など時間的に複雑に絡み合った因子構造として示すことを目的とした。動的因子分析及び検証的因子分析を用いることで時間的ラグを考慮した動的因子構造を捉えられることが示された。これにより各コンディション変動因子の時間的関係性を確認することが可能になった。この結果をもとに、各項目間の時間的関係性

を考慮することでより有効なコンディションチェックが可能になるものと考えられる。

以上のように、自覚的コンディション変動の因子構造分析として、研究課題1で測定項目の構成概念妥当性を示し、研究課題2でトレーニング期分け間での因子構造の不変性を検討し、研究課題4では時系列データ特有の動的因子構造を検証した。

9.2 自覚的コンディション変動の変動分析

研究課題2では、コンディション変動に関する各変動因子に対して、個別性を重視して単一事例研究法を適用した。トレーニング期分けを自覚的コンディション変動への介入行為と捉えることで、トレーニング期分け間の個体内系列変動を統計的に分析・評価することを目的とした。各変動因子はトレーニング期分けにより変動の様子が変わることが確認された。また、大会における成績の善し悪しと変動因子の変動傾向とには関連があることが示唆された。評価に関しては、従来の視覚的判断法と時系列データに適用可能な最新の統計的仮説検定を併用することで時系列な個体内変動をこれまで以上に客観的に評価できることが示された。また、単一事例研究法を用いることで、同一個人内の変動を捉えたことによって個人差を重視した評価が可能になった。

研究課題5では、時系列分析を用いて各変動因子の傾向および周期性を把握した。加えて、変動の周期性に基づいた時系列モデルを適用してパフォーマンス変動の予測モデルを検討した。最終的に変動因子を予測変数とすることで対象者におけるパフォーマンス予測モデルを作成することを目的とした。対象者におけるパフォーマンスは練習中のラップタイムを用いた。傾向および周期性の把握では、定常的な変動をする因子と何らかの傾向あるいは周期性を持って変動を繰り返す因子の存在が明らかになった。パフォーマンス予測の時系列モデルでは、自覚的体調、起床時の状態、練習状態を管理することで発揮できるパフォーマンスがコントロールできる可能性が示された。さらに、対象者においては期間中にいくつかの大会が設定されており、大会の設定されていた週のみは別の系列と考え、干渉事項として予測変数に加えることで予測精度の向上が見られた。これは、自覚的体調、起床時の状態、練習の状態に加えて、レース週を他の週とは練習におけるパフォーマンスが異なると考えることで、高確率で発揮パフォーマンスを予測できることを示していると考えられた。統計学を用いた予測モデルにおいても、このようなコンディションの管理がパフォーマ

ンス発揮に大きな関与を与えることが確認された。予測の精度が約65%という値も現場のニーズに十分応える値であると思われる。この結果は、これまで主張に留まっていたコンディションの自己管理の必要性を、統計学的に証明した結果であるとも言える。

9.3 結語

本研究では選手のコンディショニングにおいて欠くことのできないコンディションの自己管理を研究対象とした。競技者のコンディション変動データは、個別、多変量、時系列を特徴としているために数理モデルを適用した統計分析は未開であった。本研究における因子構造分析では、選手のコンディション変動がどのような構造をしており、変動因子はどの項目でチェックできるかを統計的に明らかにすることで選手がコンディション管理を行い易くするための指針を与えるものであったと思われる。さらに、変動分析では、トレーニング期分けでのコンディションの変化を統計的に明らかにし、試合における結果と関係があることを示した。また、時系列分析により各因子の変動傾向ならびに周期性を明らかにし、それに伴うパフォーマンス発揮の予測モデルを作成することで選手の目標達成のためにコンディション管理が重要であることを示した。

本研究の学術的貢献としては、これまで困難であった個別、多変量、時系列といった特徴を持つデータに対する分析・評価法を様々な視点からアプローチし、意味のある結果を出すことでその有効性と実用性を示した。今後、このようなアプローチの体系化ならびに繰り返しのよって、より一般的な知見が得られるものと考えられる。また、現段階では個別性に注目しての多変量時系列データの分析、評価が限界であるため、分析、評価の手順の一般化といった側面が強いが、今後、多標本多変量時系列データへの分析、評価法を開発し、得られた結果に対しても即時的に一般化可能な知見を得られるようにしていく必要がある。

本研究の社会的貢献としては、まずコンディションの自己管理のスポーツ現場への適用が考えられる。さらに、本研究で示した分析、評価を行うことで選手のコンディション管理のために有用なフィードバック情報を与えることができる。特に、これまではチェックするだけで評価の難しかった毎日のコンディション管理データに対して時間的変化を考慮しての構造ならびに、その時系列な変動傾向を明らかにできることは年間を通したコ

ンディショニングにおいて極めて有用であると考えられる。また，コンディショニングの管理項目を柔軟に改変することで健康管理への応用も可能であると思われる。

9.4 今後の検討課題

本研究では、コンディション変動の個別性を重視して対象者にとって最適なコンディション項目を複数設定し、時系列なコンディション変動を分析、評価した。本研究で得たコンディションデータは個人における多変量時系列データであり、極めて多くの情報量を含んでいた。しかしながら、データより得られた結果は対象者特有のものとも考えられる。これは、コンディション変動の個別性より当然のことと考えられるが、科学的研究において得られた結果を一般化するために、現段階では未開発の多標本多変量時系列データを適切に分析、評価できる方法を提案していく必要がある。

また、競技現場での応用を考え、今後はコンディション変動因子を管理することで最良のパフォーマンスが発揮できるようになることを示していくことで、現場への普及を促していきたい。

参考文献

- 1) 甘利俊一 (1998) 独立成分解析とは . Computer today 87 : 38-43.
- 2) 甘利俊一・村田 昇(2002)独立成分分析多変量データの新しい手法 . サイエンス社 : 東京 , pp21-30 .
- 3) Anderson, T. W. (1963) The use of factor analysis in the statistical analysis of multiple time series. Psychometrika 28 : 1-25 .
- 4) 浅見高明・小宮山伴与志・渋川侃二・石島 繁 (1985) 測定値の日間変動からみた幼児の体力トレーニング効果の検討 . 体育科学 13 : 103-110.
- 5) Atkinson, G., and Reilly, T. (1996) Circadian variation in sports performance. Sports Medicine 21 : 292-312.
- 6) Attias, H. (1999) Independent factor analysis. Neural Computation 11 : 803-851 .
- 7) Barlow, D. H., and Herson, M. (1984) Single-case experimental designs: strategies for studying behavior change (2nd ed.). Pergamon: New York. (高木俊一郎・佐久間徹(監訳)1988 , 一事例の実験デザイン , 二瓶社 : 東京) , pp1-222 .
- 8) Biddle, S. J. H., Markland, D., Gilbourne, D., Chatzisarantis, N. L. D., and Sparkes, A. C. (2001) Research methods in sport and exercise psychology: quantitative and qualitative issues .Journal of Sports Sciences 19 : 777-809 .
- 9) Boollen, K. A. (1989) Structural equations with latent variables . Wiley : pp355-369 .
- 10) Box, G. E. P., and Jenkins, G. M.(1976)Time series analysis: Forecasting and control . Holde-Day : San Fransisco , pp85-125 .

- 11) Buuren, S. V. (1997) Fitting ARMA time series by structural equation models. *Psychometrika* 62(2): 215-236.
- 12) Brockwell, P. J., and Davis, R. A. (1996) Introduction to time series and forecasting. Springer-Verlag: New York.
(逸見 功・田中 稔・宇佐見嘉弘・渡辺則生(訳)2001, 入門時系列解析と予測, CAP 出版: 東京), pp1-253.
- 13) Cattell, R. B. (1952) Factor analysis: an introduction and manual for the psychologist and social scientist. Harper, New York: pp102-112.
- 14) 千葉喜彦(1975) 生物時計: サーカディアンリズムの機構. 岩波書店: 東京.
- 15) Cooney, J. B., Clarke, J., and Morris, G. L. (1986) Analysis of the physiological stress profile: The interrupted time-series design. *Biofeedback and Self-Regulation* 11(3): 231-245.
- 16) Crabtree, B. F., Ray, S. C., Schmidt, P. M., O'Connor, P. J., and Schmidt, D. D. (1990) The individual over time: time series application in health care research. *Journal of clinical epidemiology* 43(3): 241-260.
- 17) Crosbie, J. (1993) Interrupted time-series analysis with brief single-subject data. *Journal of Consulting and Clinical Psychology* 61: 966-974.
- 18) Dahlstrom, W. G. (1983) Single-case research designs: Elegant analyses. *Psychosomatic medicine* 45(6): 469-470.
- 19) Deprospero, A. and Cohen, S. (1979) Inconsistent visual analysis of intrasubject data. *Journal of Applied Behavior Analysis* 12: 273-579.

- 20) Dressendorfer, R. H., Wade, C. E., and Scaff, J. H.(1985)
Increased morning heart rate in runners:A valid sign
of overtraining?. The Physician and Sports medicine
13 : 77-86.
- 21) Dryden, W. and Rentoul, R. (Eds). 丹野義彦 (監訳)(1991) 認
知臨床心理学入門認知行動アプローチの実践的理解のために,
東京大学出版会 : 東京 , pp37-49.
- 22) Edgington, E. S. (1967) Statistical inference from n=1
experiments . Journal of Psychology 65 : 195-199.
- 23) Edgington, E. S. (1975) Randomisation tests for one-sub-
ject operant experiments . Journal of Psychology 90 :
57-68.
- 24) Edgington, E. S. (1992) Randomisation tests (2nd ed.).
Marcel Dekker: New York , pp263-302 .
- 25) Faria, I. E. and Drummond, B. J. (1982) Circadian changes
in resting heart rate and body temperature, maximal
oxygen consumption and perceived exertion. Ergonomics
25 : 381-386.
- 26) Fornell, C. (1982) A second generation of multivariate
analysis . Praeger , New York .
- 27) Fisher, R. A.(1935)Design of experiments. Hafne: New York .
- 28) Gottman, J. M.(1981)Time series analysis:A comprehensive
introduction for social scientists .Cambridge Univer-
sity Press , New York , pp255-269 .
- 29) 萩田太 (1995) コンディショニングの科学 . トレーニング科学研究会
編 . ピーキング . 朝倉書店 : 東京 , pp19-28 .

- 30) Hartmann, D. P.(1974)Forcing square pegs into round holes:
Some comments on " An analysis of variance model for
the intrasubject replication design". Journal of Ap-
plied Behavior Analysis 7 : 635-638 .
- 31) Hartmann, D. P., Gottman, J. M., Jones, R. R., Gardner, W.,
Kazdin, A. E., and Vaught, R. S. (1980) Interrupted
time-series analysis and its application to behav-
ioral data . Journal of Applied Behavior Analysis 13 :
543-559 .
- 32) Helfenstein, U. (1986) Box-Jenkins modeling of some viral
infectious diseases . Statistics in medicine 5 : 37-47 .
- 33) Helmbold, P., Gaisbauer, G., Kupfer. J., and Haustein, U.
(2000) Longitudinal case analysis in atopic dermati-
tis. Acta derrmato-venereologica 80(5): 348-352 .
- 34) Hershberger, S. L., Corneal, S. E., and Molenaar, P. C.
(1994) Dynamic factor analysis: An application to
emotional response patterns underlying daughter/fa-
ther/ and stepdaughter/stepfather relationships .Struc-
tural equation modeling 2 : 31-52.
- 35) Hervey, A. C.(1981)Time series models. Philip Allan Pub-
lishers Limited:Oxford.(国友直人・山本 択(訳)1999 ,時
系列モデル入門 , 東京大学出版会 : 東京) , pp1-63 .
- 36) 平井洋子 (2000) 臨床心理学研究の技法 . 下山晴彦編 . データ処理の
基本技法 - 量的(定量的) 研究法 - . 福村出版 : 東京 , pp66-77 .
- 37) Horne, G. P., Yang, M. C. K., and Ware, W. P. (1982) Time
series analysis for single-subject designs. Psycho-
logical Bulletin 91(1): 178-189 .
- 38) 池田央 (1971) 行動科学の方法 . 東京大学出版会 : 東京 , pp127-240 .

- 39) 井上文夫(2000)健康管理概論. 東あかね・石樽清司編. 健康管理. 国宝社:東京, pp71-90.
- 40) 石栗 建(1998)大学一流サッカー選手の縦断的コンディショニングの変動について. 筑波大学大学院修士論文.
- 41) 石村貞夫(1999)SPSSによる時系列分析の手順. 東京図書:東京, pp2-161.
- 42) 岩本隆茂・川俣甲子夫(1996)シングル・ケース研究法 - 新しい実験計画法とその応用 -. 勁草書房:東京, pp127-297.
- 43) Jones, R. R., Weinrott, M. R., and Vaught, R. S. (1977) Effects of serial dependency on the agreement between visual and statistical inference. *Journal of Applied Behavior Analysis* 11:277-283.
- 44) Jutten, C., and Herault, J. (1991) Blind separation of sources, Part 1: An adaptive algorithm based on neuromimetic architecture. *Signal processing* 24:1-10.
- 45) 菅野 淳・西嶋尚彦(1992)サッカーのトレーニング管理に関する研究 -QC手法を用いた実践例 -. 第12回サッカー医・科学研究報告書:143-148.
- 46) 菅野 淳・西嶋尚彦(1996)プロサッカー選手のシーズンを通したコンディショニング - Jリーグサテライト選手における実践 -. *トレーニング科学* 8:43-50.
- 47) 狩野 裕(1997)グラフィカル多変量解析. 現代数学者:京都, pp116-228.
- 48) 狩野 裕(2002)共分散構造分析の基礎と実際. 大阪大学人間科学部講義資料:pp1-168.
- 49) 刈屋武昭(1987)計量経済分析の基礎と応用. 東洋経済新報社,東京:pp133-176.

- 50) 川原 貴 (1991) コンディションチェック指標としての体重, 脈拍, 尿検査, POMSの検討. 日本体育協会スポーツ医科学研究報告 9, オーバートレーニングに関する研究第2報: 85-91.
- 51) 川原 貴 (1992) オーバートレーニングに対する予防と対策. 臨床スポーツ医学 9: 489-495.
- 52) Kazin, A. E. (1982) Single-case research designs: methods for clinical and applied settings. Oxford University Press: New York, pp230-337.
- 53) Kettunen, J., and Ravaja, N. (2000) A comparison of different time series techniques to analyze phasic coupling: A case study of cardiac and electrodermal activity. Psychophysiology 37: 395-408.
- 54) Kinugasa, T., Miyanaga, Y., Shimojo, H., and Nishijima, T. (2002) Statistical evaluation of conditioning for an elite collegiate tennis player using a single-case design. Journal of strength and conditioning research 16(3): 466-471.
- 55) 北川原四郎 (1998) 時系列解析の方法. 尾崎統・北川源四郎編. 多変量時系列モデル. 朝倉書店: 東京, pp107-117.
- 56) 小林寛道 (1992) 疲労の自己チェック. 体育の科学 42: 351-356.
- 57) 香田郡秀・和久貴洋・河野一郎・武藤健一郎・佐藤成明 (1994) 競技力向上のための組織的健康管理 - 筑波大学剣道部における健康管理体制 -. 筑波大学運動学研究 9: 109-118.
- 58) 河野一郎 (1990) 免疫から見たオーバートレーニング. 臨床スポーツ医学 7: 557-560.
- 59) 桑田 繁 (1998) 心理学研究における評価の機能分析. 行動分析学研究 13: 59-62.

- 60) Marsh, H. W.(1993)The multidimensional structure of physical fitness:invariance over gender and age .Research Quarterly for Exercise and Sport 64(3):256-273 .
- 61) Matvejev, L. P., 江上修代(訳),川村 毅(監修)(1985)ソビエトスポーツ・トレーニングの原理 . 白帝社 : 東京 , pp316-348.
- 62) Meredith, W. (1993)Measurement invariance:factor analysis and factorial invariance. Psychometrika 58 :525-543 .
- 63) 宮野尚哉 (2002) 時系列解析入門 . サイエンス社 : 東京 , pp1-50 .
- 64) Molenaar, P. C. M. (1985) A dynamic factor model for the analysis of multivariate time series. Psychometrika 50 : 181-202 .
- 65) Molenaar, P. C. M. (1997)Time series analysis and its relationship with longitudinal analysis . International Journal of sports medicine 18 :232-237.
- 66) Morgan, W. P.(1987)Psychological monitoring of overtraining and staleness .British Journal of sports medicine 21: 107-114.
- 67) Morley, S., and Adams, M. (1989) Some simple statistical tests for exploring single-case time-series data .British Journal of Clinical Psychology 28 :1-18 .
- 68) 村木征人 (1994) スポーツトレーニング理論 . ブックハウス・エイチディ : 東京 , pp62-70.
- 69) 村木征人 (1979) トレーニング活動の記録と計画性 - マトベーエフ研究とその実践 - . 新体育 48 : 404-419.
- 70) Murphy, E. A.(1990)Editorial: Precision and insight. Journal of clinical epidemiology 43(3):211-214 .
- 71) 中村好男編 (1988) トレーニングの期分けとピーキング . コーチングクリニック 2 : 4-50.

- 72) 中野貴博,西嶋尚彦(2001)女子大学競泳選手のコンディション変動における因子構造の不変性. 体育測定評価研究 1: 35-43.
- 73) 中野貴博,山田剛史,西嶋尚彦(2003)動的因子分析法によるコンディション変動の要因構造分析. 体育学研究(印刷中)
- 74) 縄田和満(1997)TSPによる計量経済入門. 朝倉書店:東京, pp129-161.
- 75) 西嶋尚彦(1990a)サッカー選手の体力づくりのためのQC手法の開発. 第10回サッカー医・科学研究報告書:83-90.
- 76) 西嶋尚彦(1990b)サッカー選手のコンディショニングのための自己管理手法. トレーニング科学研究会 2: 68-77.
- 77) 西嶋尚彦(1990c)日常生活における Health Quality Control. 学校保健研究 32: 314-319.
- 78) 西嶋尚彦(1995)コンディショニングの科学. トレーニング科学研究会編. チームにおけるコンディショニングマネジメント. 朝倉書店:東京, pp9-18.
- 79) 西嶋尚彦・高倉亜維・榎本恵子・中野貴博(1999a)単一事例モデルを用いたコンディションの変動分析. Training Journal 233: 20.
- 80) 西嶋尚彦・高倉亜維・榎本恵子・中野貴博(1999b)単一事例モデルを用いたジュニア期サッカー選手のコンディションの変動分析. サッカー医・科学研究 19: 121-125.
- 81) 西嶋尚彦・鈴木和弘・小山 浩・川口千代・小松崎敏(2000a)中学校体育における主体的問題解決能力育成プロセスの因果構造分析. 体育学研究 45: 347-359.
- 82) 西嶋尚彦・中野貴博・山田剛史(2000b)単一事例研究法を用いた自覚的コンディション変動の統計的分析. 体育学研究 45: 619-630.
- 83) 西嶋尚彦(2000c)スポーツの統計学. 大澤清二編. 健康生活行動の計量分析. 朝倉書店:東京, pp125-145.

- 84) 西嶋尚彦, 中野貴博 (2002) トップコンディションを準備する . オペレーションズ・リサーチ 47 : 148-154 .
- 85) 大庭恵一・渋谷俊浩・西嶋尚彦・永井 純・和田典子 (1998) 女子長距離走者におけるコンディションの自己管理システムの開発 . 陸上競技研究 35 : 36-44 .
- 86) 尾関和夫・千葉力雄・中村達男・朝香鐵一 (監修) (1998) 現場長のQC必携, 日本規格協会 : 東京, pp1-101 .
- 87) Pitman, E. J. G. (1937) Significance tests which may be applied to samples from any populations. Journal of the Royal Statistical Society Series B 4:119-130.
- 88) Park, H. S., Marasculio, L., and Gaylord-Ross, R. (1990) Visual inspection and statistical analysis in single-case designs. Journal of Experimental Education 58 : 311-320.
- 89) Poling, A. and Fuqua, R. W. (1986) Research Methods in Applied Behavior Analysis . Plenum Press: New York , pp157-186 .
- 90) Ravizza, K., and Daruty, K. (1985) Paternalism and sovereignty in athletics limits and justifications of the coach's exercise of authority over the adult athlete . Journal of the philosophy of sport 11 : 71-82 .
- 91) Reboussin, D. M., and Morgan, T. M. (1996) Statistical consideration in the use and analysis of single-subject designs . Medicine and Science in Sports and Exercise 28 : 639-644 .
- 92) Reza, M., Nourbakhsh., and Ottenbach, K. J. (1994) The statistical analysis of single-subject data . A comparative examination 17 : 768-776 .

- 93) Spearman, C.(1904)“ General Intelligence ” objectively determined and measured .American Journal of psychology 15 : 201-293 .
- 94) Schempp, P. G.(1987)Behavioral stability in physical education, a one-year time-series analysis .Research Quartely for Exercise and Sport 58 :382-387.
- 95) Shambrook, C. J., and Bull, S. J.(1996)The use of single case research design to investigate the efficacy of imagery training .Journal of applied sport psychology 8 : 27-43.
- 96) Shifren, K., Hooker, K., Wood, P., and Nesselroade, J. R. (1997)Structure and variation of mood in individuals with parkinson 's disease: A dynamic factor analysis. Psychology and aging 12(2):328-339 .
- 97) 清水和秋(1996)日本版WAIS-Rの8尺度の因子普遍性 - 標準化9標本の多母集団同時分析 - . 関西大学社会学部紀要 28 : 97-112 .
- 98) 清水和秋(1997)状態一特性不安尺度の縦断的 simultaneous 分析 - 中学生男子と女子とを対象として - . 関西大学社会学部紀要 28 : 75-103 .
- 99) 白井克佳・岡本久美子・永井 純(1998)スポーツ選手におけるコンディショニングからみた貧血とパフォーマンス . 臨床スポーツ医学 15 : 1345-1347 .
- 100) 菅原順(1996)運動負荷に対する自律神経反応の評価と時間生物学的検討 . 筑波大学大学院修士論文 .
- 101) 菅原順・濱田豊・鍋倉賢治・西嶋尚彦・松田光生(1999)運動終了後の副交感神経活動の簡易評価法とコンディショニングにおける応用 . 体力科学 48 : 467-476 .
- 102) 鈴木宏哉・西嶋尚彦(2002)サッカーゲームにおける攻撃技能の因果構造 . 体育学研究 (印刷中) .

- 103) 田部井明美(2001)SPSS完全活用法共分散構造分析(AMOS)によるアンケート処理. 東京図書:東京, pp154-189.
- 104) 丹野義彦・山田剛史(2000)効果研究とメタ分析. 下山晴彦編. 臨床心理学研究の技法. 福村出版:東京, pp126-132.
- 105) Thoresen, C. E., and Elashoff, J. D. (1974)"An analysis-of-variance model for intrasubject replication design": Some additional comments. *Journal of applied behavior analysis* 7:639-641.
- 106) Thurstone, L. L. (1947) *Multiple factor analysis:a development and expansion of the vectors of mind*. University of Chicago Press:Illinois, 176-224.
- 107) 徳永幹雄・金崎良三・多々納秀雄・橋本公雄・高柳茂美(1992)スポーツ選手に対する心理的競技能力診断検査の開発. *デサントスポーツ科学* 12:178-190.
- 108) Totterdell, P. (1999) Mood scores: Mood and performance in professional cricketers. *British Journal of psychology* 90:317-332.
- 109) 豊田秀樹(1991)共分散構造分析の下位モデルとその適用例. *教育心理学研究* 39(4):467-478.
- 110) 豊田秀樹・前田忠彦・柳井晴夫(1992)原因を探る統計学. 講談社:東京, pp99-216.
- 111) Toyoda, H.(1997)Time series factor analysis model:factors generated by autoregression and moving average process. *Sociological theory and methods* 12:1-14.
- 112) 豊田秀樹・竹内 啓(監修)(1998a)SASによる共分散構造分析. 東京大学出版会:東京, pp57-63.
- 113) 豊田秀樹(1998b)共分散構造分析(入門編).朝倉書店:東京, pp246-264.

- 114) 豊田秀樹 (2000) 共分散構造分析 (応用編). 朝倉書店: 東京, pp75-98.
- 115) 豊田秀樹 (2001) 金鉱を掘り当てる統計学. 講談社: 東京, pp5-182.
- 116) 椿 常也 (1989) TQC の ABC. 日本事業出版社: 東京, pp12-15.
- 117) 津田博史 (1994) 株式の統計学. 朝倉書店: 東京, pp89-160.
- 118) 月本洋 (1999) 実践データマイニング. オーム社: 東京, pp1-25.
- 119) Velicer, W. F., and Plummer, B. A.(1998)Time series analysis in historiometry:A comment on Simonton. Journal of personality 66 : 476-486 .
- 120) 和久貴洋・河野一郎(1993)剣道選手のコンディションに関する研究-コンディション把握のための指標と競技現場におけるコンディション管理方法の検討-. 武道学研究 26 : 12-24.
- 121) 和久貴洋(1994)心拍数を利用したコンディショニング管理 .Training Journal 10 : 17-19.
- 122) 和久貴洋・河野一郎 (1996) スポーツのためのセルフケア .黒田善雄編 .コンディショニングに用いる指標 . 文光堂: 東京, 88-94.
- 123) White, O. R.(1972)A manual for the calculation and use of the median slope: A technique of progress estimation and prediction in the single case. University of Oregon : Oregon.
- 124) Wood, P., and Brown, D.(1994)The study of intraindividual differences by means of dynamic factor models: Rationale, Implementation, and Interpretation. Psychological Bulletin 116 : 166-186.
- 125) 山田剛史 (1996) 単一事例実験データへの統計的検定の適用について . 東京大学大学院修士論文 .
- 126) 山田剛史 (1998a) 単一事例実験データの分析方法としてのランダムイゼーション検定 . 行動分析学研究 13 : 44-58.

- 127) 山田剛史 (1998b) 単一事例研究における評価の専門性と一般性 . 行動分析学研究 13 : 63-65 .
- 128) 山田剛史 (1999) 行動の測定 : 単一事例研究のデザインとその分析 . 日本行動分析学会第 17 回年次大会号 : 37 .
- 129) 山田剛史 (2000) 一事例実験 . 下山晴彦編 . 臨床心理学研究の技法 . 福村出版 : 東京 , pp.133-140 .
- 130) 山田剛史 (2001) 講座 臨床心理学 2 臨書心理学研究 . 下山晴彦・丹野義彦編 . 一事實験とメタ分析 . 東京大学出版会 : 東京 , pp203-212 .
- 131) 山本嘉一郎・小野寺孝義 (1999) Amos による共分散構造分析と解析事例 . ナカニシヤ出版 : 京都 , pp1-109 .
- 132) 山本勝昭 (1990) オーバートレーニングの指標としての POMS について . 臨床スポーツ医学 7 : 561-565 .
- 133) 柳井晴夫・繁榎算男・前川眞一・市川雅教 (1995) 因子分析 - その理論と方法 - . 朝倉書店 : 東京 , pp.107-111 .
- 134) 山地啓司・松本秀史・中口正広 (1981) 心拍数から見た生体リズム . 体育の科学 31 : 809-813 .
- 135) 横山和仁・荒記俊一 (1994) 日本版 POMS 手引 . 金子書房 : 東京 , pp5-22 .
- 136) Zaichowsky, L. D. (1979) psychology of motor behavior and sport. Nadeau, C. H., Halliwell, W. R., Newell, K. M., and Roberts, G. C. (Eds) Psychology of Motor Behavior and Sport-1979. Human Kinetics : pp171-179 .

資料

1. コンディションチェックのQCシート1 (第7章におけるSub.A用)

目標	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	目	標	月	火	水	木	金	土	日	月	日
朝練時刻											
メイン・トータル											
練習後体重											
午後練時刻											
メイン・トータル											
練習後体重											
体幹補強											
チューブ											
ウェイト											
故障箇所											
練習強度	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1
練習意欲	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1
練習達成感	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1
体調	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1
疲労	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1
就寝時刻											
起床時刻											
睡眠時間											
体温/脈拍											
生理周期											
排便	快	難	下	無	快	難	下	無	快	難	下
朝食(栄養・量)	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1
昼食(栄養・量)	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1
夕食(栄養・量)	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1
心身の状態	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1
感想											

2. コンディションチェックのQCシート2 (第7章におけるSub.B用)

スポーツコンディションのQC

項目	目標	(月)	(火)	(水)	(木)	(金)	(土)
朝練時刻							
朝練時間							
本練時刻							
本練時間							
補練時刻							
補練時間							
練習意欲		5・4・3・2・1	5・4・3・2・1	5・4・3・2・1	5・4・3・2・1	5・4・3・2・1	5・4・3・2・1
練習強度		5・4・3・2・1	5・4・3・2・1	5・4・3・2・1	5・4・3・2・1	5・4・3・2・1	5・4・3・2・1
練習達成感		5・4・3・2・1	5・4・3・2・1	5・4・3・2・1	5・4・3・2・1	5・4・3・2・1	5・4・3・2・1
練習疲労感		5・4・3・2・1	5・4・3・2・1	5・4・3・2・1	5・4・3・2・1	5・4・3・2・1	5・4・3・2・1
練習前体重							
練習後体重							
就寝時刻							
起床時刻							
睡眠時間							
熟睡度(よく眠れたか)		5・4・3・2・1	5・4・3・2・1	5・4・3・2・1	5・4・3・2・1	5・4・3・2・1	5・4・3・2・1
起床時脈拍		/	/	/	/	/	/
起床時体温							
起床時体重							
排便		快・難・下・無	快・難・下・無	快・難・下・無	快・難・下・無	快・難・下・無	快・難・下・無
朝食(栄養・量)							
昼食(栄養・量)							
夕食(栄養・量)							
食欲		5・4・3・2・1	5・4・3・2・1	5・4・3・2・1	5・4・3・2・1	5・4・3・2・1	5・4・3・2・1
1日の体調		5・4・3・2・1	5・4・3・2・1	5・4・3・2・1	5・4・3・2・1	5・4・3・2・1	5・4・3・2・1
1日の疲労感		5・4・3・2・1	5・4・3・2・1	5・4・3・2・1	5・4・3・2・1	5・4・3・2・1	5・4・3・2・1
情緒不安定性		5・4・3・2・1	5・4・3・2・1	5・4・3・2・1	5・4・3・2・1	5・4・3・2・1	5・4・3・2・1
障害の有無							
障害の状態							

. 5段階評価は数値の大きい方を良い状態とする。また、時間は24時間表記で記入。

3 . 動的因子分析法の SAS プログラムおよびマクロ

【トープリッツ行列算出のための SAS プログラム】

```
/* データの読み込み */  
%INCLUDE '読み込む DFA 用マクロのパスとファイル名';  
/* 変数名を変換 */  
DATA 読み込むファイル名; SAS 上に作成するファイル名;  
COL1 = データファイル中の該当変数名;  
COL2 = データファイル中の該当変数名;  
COL3 = データファイル中の該当変数名;  
COL4 = データファイル中の該当変数名;  
COL5 = データファイル中の該当変数名;  
COL6 = データファイル中の該当変数名;  
COL7 = データファイル中の該当変数名;  
COL8 = データファイル中の該当変数名;  
COL9 = データファイル中の該当変数名;  
COL10 = データファイル中の該当変数名;  
COL11 = データファイル中の該当変数名;  
COL12 = データファイル中の該当変数名;  
COL13 = データファイル中の該当変数名;  
COL14 = データファイル中の該当変数名;  
COL15 = データファイル中の該当変数名;  
/* DFA マクロによる引数を指定 */  
%DFA(ファイル名, N 数, 変数の数, 因子数, ラグ数, ラグ数, NOPRINT);
```

(注) 下線部分は任意

【動的因子分析実行のための SAS プログラム】

```
/* データの読み込み */
%INCLUDE '読み込むDFA用マクロのパスとファイル名';
DATA ファイル名(TYPE=CORR);
  _TYPE_='CORR';
  INPUT _NAME_ $COL1-COL20;
  CARDS;
  COL1
  COL2
  COL3
  COL4
  COL6
  COL7
  COL8
  COL9
  COL10
  COL11
  COL12
  COL13
  COL14
  COL15
  COL16
  COL17
  COL18
  COL19
  COL20
  ;
%DFA_SCAN(ファイル名, CORR, N数, 変数の数, 因子数, ラグ数, ラグ数, PES);
%DFA_FIT(N数);
```

この部分には、トリーツ行列を入力。

ex)

1.00 . . .

0.85 1.00 .

0.63 0.54 1.00

など。

(注) 下線部分は任意

【動的因子分析のマクロ】

```
/* それぞれのマクロにおける引数の指定 */
/* DATA= データファイル, N=N数, P= 変数の数,
   MAX_Q= トープリッツラグ数, MAX_S= 因子負荷量行列ラグ数, 数 */

%MACRO DFA(DATA, N, P, MAX_Q, MAX_S, A, PRINT);
    %TOEPLITZ(&DATA, &P, &A, T_OUT);
    %DFA_SCAN(T_OUT, CORR, &N, &P, &MAX_Q, &MAX_S, &A, &PRINT);
    %DFA_FIT(&N);
%MEND DFA;
/*   DFA マクロ終了      */

/*   トープリッツ行列の算出マクロ */
%MACRO TOEPLITZ(INDATA, P, A, OUTDATA);
    DATA OUTDATA; SET &INDATA;
    ARRAY VARS{*} COL1-COL&P;
    %DO I=1 %TO &A;
        ARRAY L%EVAL(&I)VARS(*)L%EVAL(&I)NCOL1-L%EVAL(&I)NCOL%EVAL(&P);
        DO J=1 TO &P;
            L%EVAL(&I)VARS{J}=LAG%EVAL(&I)(VARS{J});
        END;
    %END;
    PROC CORR DATA=OUTDATA OUTP=LAGO NOPRINT;
        VAR COL1-COL&P;
        WITH COL1-COL&P;
    %DO I=1 %TO &A;
        PROC CORR DATA=OUTDATA OUTP=LAG%EVAL(&I) NOPRINT;
            VAR COL1-COL&P;
            WITH L%EVAL(&I)NCOL1-L%EVAL(&I)NCOL&P;
    %END;
    DATA LAGO; SET LAGO;
    IF _TYPE_ ^= 'CORR' THEN DELETE;
    DROP _TYPE_ _NAME_ ;
    %DO I=1 %TO &A;
        DATA LAG%EVAL(&I); SET LAG%EVAL(&I);
        IF _TYPE_ ^= 'CORR' THEN DELETE;
        DROP _TYPE_ _NAME_ ;
    %END;

    PROC IML;
    USE LAGO; READ ALL INTO LO;
    %DO I=1 %TO &A;
        USE LAG%EVAL(&I); READ ALL INTO L%EVAL(&I);
    %END;
    ALL = LO
    %DO I=1 %TO &A;
        %LET TEMP=L%EVAL(&I);
        &TEMP
    %END;
    %STR(;);
    OUTPUT=TOEPLITZ(ALL);
    CREATE OUTDATA FROM OUTPUT; APPEND FROM OUTPUT;
    DATA &OUTDATA(TYPE=CORR); SET OUTDATA;
%MEND TOEPLITZ;
/*   TOEPLITZ 終了      */
/*   推定計算 */
%MACRO
    DFA_SCAN(DATA, TYPE, N, P, MAX_Q, MAX_S, A, PRINT);
```

```

DATA DFAOUT;
LENGTH MODEL $ 16;F=. ;DF=. ;
%DFA_RUN(&DATA,&TYPE,&N,&P,1,0,&A,&PRINT,CORR_ERR=NO);
DATA DFAOUT;SET RAM;
RETAIN F;
IF(_NAME_^='FIT')THEN DELETE;
F=_ESTIM_;
MODEL="1 FACTOR P-TFA";
IF(F=.)THEN DELETE;
%LET S=0;%LET Q=1;
dF=%EVAL(((&P*(&P+1)/2)+&P*&P*&A) - (&Q*&P*(&S+1) + &P));
KEEP MODEL F dF;
%DO Q=1 %TO &MAX_Q;
  %DO S=0 %TO &MAX_S;
    %DFA_RUN(&DATA,&TYPE,&N,&P,&Q,&S,&A,&PRINT);
    %LET TVAR="&Q FACTOR &S LAG";
    DATA TEMP;SET RAM;
    RETAIN F;
    IF(_NAME_^='FIT')THEN DELETE;
    F=_ESTIM_;
    MODEL=&TVAR;
    IF(F=.)THEN DELETE;
    dF=%EVAL(((&P*(&P+1)/2)+&P*&P*&A) - (&Q*&P*(&S+1) + &P + &P*&A));
    KEEP MODEL F dF;
    DATA DFAOUT;SET DFAOUT TEMP;
    IF(F=.)THEN DELETE;
  %END;
%END;
%MEND DFA_SCAN;

/* DFA の実行 */
%MACRO DFA_RUN(DATA,TYPE,N,P,Q,S,A,PRINT,CORR_ERR=YES);

/* PROC CALIS = SEM のプロシージャ */
PROC CALIS DATA=&DATA &TYPE METHOD=ML TECH=QUANEW EDF=%EVAL(&N-1)
OUTRAM=RAM &PRINT OUTEST=EST MAXITER=500 MAXFUNC=2000;
LINEQS
%DO I=0 %TO &A;
  %DO J=1 %TO &P;
    %LET TEMP=
    COL%EVAL(&I*&P+&J)=;
    &TEMP
    %DO K=0 %TO &S;
      %DO L=1 %TO &Q;
        %LET TEMP=
        LAMB%EVAL((&J-1)*(&S+1)*&Q+&K*&Q+&L)%STR()f%EVAL
        (&I*&Q+&K*&Q+&L)+;
        &TEMP
      %END;
    %END;
    %LET TEMP=
    E%EVAL(&I*&P+&J);
    &TEMP
    %IF(&I=&A AND &J=&P)
      %THEN %STR(;);
      %ELSE %STR(,);
    FO=F;VO=V;QO=Q;AICO=AIC;SBCO=SBC;
  END;
/* EXPECTED VALUES*/
EV=DF;

```

```

EQ=1;
EAIC=-DF;
ESBC=DF-LOG(&N)*DF;
/* INCREMENTAL FIT INDICES */
V11=(V0-V)/V0;*Normed fit index;
Q12=(Q0-Q)/(Q0-EQ);*Nonnormed fit index;
AIC2=(AIC0-AIC)/(AIC0-EAIC);
SBC2=(SBC0-SBC)/(SBC0-ESBC);
FILE PRINT HEADER=HEAD;
PUT MODEL 1-16 .8 V11 21-30 .8 Q12 35-44 .8 AIC2 49-58 .8 SBC2 63-72 .8;
RETURN;
HEAD:
PUT;
PUT "TYPE TYPE ";
PUT "AKAIKE'S SCHWARZ'S";
PUT "NORMED NONNORMED INFORMATION BAYESIAN";
PUT "MODEL FIT INDEX FIT INDEX CRITERION CRITERION";
PUT;
RETURN;
%MEND DFA_FIT;

/* 終了 */

```

【動的因子分析における初期解を回転するための SAS プログラム】

```
data pat(type=factor);
  _type_='PATTERN';
  input _name_ $ v1 v2 v3 v4 v5 v6 v7 v8 v9 v10 v11 v12 v13 v14 v15;
  cards;
FACTOR1
FACTOR2
FACTOR3
FACTOR4
;
proc factor rotate=promax prerotate=none;
```

關 連 論 文

【原著論文】

- 1) 中野貴博，西嶋尚彦(2002)女子大学競泳選手のコンディション変動における因子構造の不変性．体育測定評価研究 1:35-43．
- 2) 中野貴博，山田剛史，西嶋尚彦(2003)動的因子分析法によるコンディション変動の要因構造分析．体育学研究(印刷中)．

【本論文に関連の深い学術論文】

- 1) 西嶋尚彦，高倉亜維，榎本恵子，中野貴博(1999)単一事例モデルを用いたジュニアサッカー選手のコンディション変動分析．サッカー医・科学研究 19:121-125．
- 2) 西嶋尚彦，中野貴博，山田剛史(2000)単一事例研究法を用いた自覚的コンディション変動の統計的分析．体育学研究 45(5):619-631．
- 3) 西嶋尚彦，中野貴博(2002)トップコンディションを準備する．オペレーションズリサーチ 47(3):148-154．

【受賞・表彰】

- 1) 中野貴博(2002)自覚的コンディションの系列変動分析.SPSS OPEN HOUSE 2002 研究奨励論文最優秀賞．

**女子大学競泳選手のコンディション変動における
因子構造の不変性**

中野 貴博・西嶋 尚彦

**Invariance of factorial structure of fluctuation of condition
for college women's swimmer**

Takahiro NAKANO, Takahiko NISHIJIMA

体育測定評価研究 Vol. 1 別刷

2001

日本体育測定評価学会

女子大学競泳選手のコンディション変動における 因子構造の不変性

Invariance of factorial structure of fluctuation of condition for college women's swimmer

中野 貴博¹⁾・西嶋 尚彦²⁾
Takahiro NAKANO¹⁾, Takahiko NISHIJIMA²⁾

Abstract

This study set out to identify the invariance of second-order factorial structure of the fluctuation of condition between in- and pre-season using structural equation modeling (SEM).

The subject was a female college swimmer who won the 200m individual medley in the inter-collegiate competition in 1998 in Japan. Sixteen items concerned with her perceived physical and mental condition, daily training workout and regular lifestyle were recorded on a quality control (QC) sheet every day for 167 days (24 weeks).

Exploratory factor analysis (EFA) with the maximum likelihood (ML) method and promax rotation was utilized to extract common factors of the fluctuation of condition. Confirmatory factor analysis (CFA) and second-order factor analysis (SFA) were used to confirm the factor structure model. The invariance of factorial structure of the fluctuation of condition was confirmed in the second-order factor structure.

Five fluctuation factors of perceived conditions and will, meal satisfaction, amount of practice, perceived fatigue, and weight were extracted and accounted for 54% of the total variance of the 16 variables. The validity of the second-order factor model was confirmed. The degree of the model fitting indicator GFI was .960, and .915 for AGFI, .987 for CFI, .942 for NFI, .039 for RMSEA, 46.233 (.142) for Chi-square (P-value). Configural invariance and loose measurement invariance levels were accepted in the examination of factor invariance. The loose measurement invariance level indicated the highest model fit, and measurement and strong factorial invariance level were not accepted.

These results indicated that the fluctuation of condition could be measured using common indicators except for some indicators between in- and pre-seasons.

Key Words : single case study method, structural equation modeling, second-order factor analysis, training periodization, factorial invariance.

I. はじめに

心身の状態（コンディション）を正確に把握し整えていくことは、競技スポーツにおいて最良のパフォーマンスを発揮するために極めて重要な要素である。競技者のコンディショニングでは、目指す大会期日に照準を合わ

せてトップコンディションになるように準備することを目的とし、選手自らがコントロールしなければならない。コンディションは、自覚的体調、自覚的疲労などの本人の体調に関する項目とコンディションに影響を及ぼす食事や起床、睡眠などの基本的な生活習慣に関する項目および、練習量などの練習（トレーニング）に関する項目を用いてほぼ毎日測定することが可能である。コンディシ

1) 筑波大学大学院 *Doctoral Program in Health and Sport Sciences, University of Tsukuba*

2) 筑波大学体育科学系 *Institute of Health and Sport Sciences, University of Tsukuba*

オンはトレーニング内容や量などの影響を受けて変動するために、競技水準が高くなるほど個性が強くなるのが特徴である。このために、競技水準の高い選手については個別にコンディションの変動構造を捉えていく必要がある。これによりコンディショニングを実施している選手、監督、コーチなどがトレーニング期間におけるコンディション変動を容易に把握し、自己管理する手助けとなることが期待される。

単一事例研究法における研究フレームワークは、同一個人あるいは同一集団における系列の変動を評価するのに適しており、個体間の差を検討するのではなく個体内変動を検討するものである¹⁾。競技選手のコンディション変動が個性の強いものであることを考慮して、本研究では単一事例研究法の考え方を適用して、ある個人の選手のコンディション変動データを分析することを試みた。

競技者のコンディション評価に関する研究には、血液検査による体調把握の妥当性を示すもの⁶⁾、コントロールテストを用いた体力把握⁷⁾、POMSなどの心理学的アンケートによる精神状態の把握⁸⁾などが実施されてきており、いずれの報告も任意の時点でのコンディションを捉えようとする立場では有用であると考えられる。しかし、縦断的な視点からコンディションの系列変動を取り扱った研究はなく、そのため、複数の要因が複雑に関係しあっていると考えられる選手のコンディション変動に関与する因子の構造が示されることはなかった。

また、計量経済学分野では系列的に変動する経済においては様々な因子が複雑に関係しあって1つのシステムを作り上げているという考えに基づいて主要な変動因子を抽出し、これら相互の因果関係を分析する計量モデル分析という方法が確立している⁹⁾。系列変動に関与する主要因子を抽出し、その因果構造を明らかにする立場は、本研究におけるコンディション変動の主要因子の抽出および、その因果構造モデルの検証に適用できると考えられる。また、近年の計量経済学分野における時系列データの因子分析モデル¹⁰⁾は、株価の変動に共通する主要因子を解析するものであり、同様に、複数の項目の時系列データを用いて測定することができるコンディションにおいても、時系列データの因子分析モデルとして解析することでコンディション変動に共通する主要因子が解析されることが期待される。

系列変動における因子分析モデルを用いた競技者のトレーニングに伴うコンディション変動因子の分析において、西嶋ら¹⁰⁾の報告では抽出された変動因子間に相関が認められ、変動因子間に共通に関与する、より高次元潜

在因子の存在が示唆されている。また、因子構造を検証する際には、同一の項目を用いた異なる集団、あるいは異なるトレーニング期間における構造の不変性（因子不変性）を検討することの必要性が示されている^{11,12)}。

以上のことを踏まえて、本研究では、トレーニング期分けに伴うコンディション変動因子構造の妥当性を検討するために、試合期および準備期におけるコンディション変動の二次因子構造の因子不変性を検証することを目的とした。

II. 方法

2.1 対象者

200m個人メドレーを専門種目とする大学生女子競泳選手1名を対象とした。測定開始時における年齢は22歳、身長は166.0cm、体重は54.0kgであった。最高競技成績は、平成10年（1998）学生選手権優勝、記録2分19秒38（自己ベスト）であり本研究により自己管理が促進された成果であったと思われる。

2.2 測定方法

競技に専念している選手から長期間にわたり毎日のコンディションデータを収集するに当たり、対象者の自己管理を促すものであり、対象者にとって負担にならないものであることに十分に留意して測定を実施した。

競技者の競技的状态を測定する項目は、菅野ら²⁾、大庭ら¹³⁾、西嶋ら¹⁰⁾の定義に準拠し、心身の状態を測定するコンディション項目とトレーニングを含む基本的な生活習慣を測定するライフスタイル項目を用いた。また、和久ら¹⁷⁾が提案している競技選手におけるセルフコントロール項目の中から、起床時脈拍、起床時体温、練習終了後体重、トレーニング内容に関する項目を付加した。食事に関する項目は、朝食、昼食、夕食における栄養バランスと食事量に関する満足度（食事満足）を選定した。基本的な生活習慣に関する項目を8項目、練習に関する項目を13項目、体調に関する項目を5項目用意した。コンディション項目は対象者が選定し、対象者にとって有用な形式の記録用紙を作成した。また、体調に関する項目として月経周期も記録したが、データは1日目、2日目…28日日のように連続的な値となり正規分布の仮定できないデータとなることから、分析対象からは除くこととした。

合計26項目の中から対象者によって最終的に選択された項目は、睡眠に関する項目では就寝時刻、睡眠時間

の2項目、食事に関する項目は朝食満足、昼食満足、夕食満足の3項目であった。練習に関する項目では、朝練習時刻、朝練習総泳距離、午後練習時刻、午後練習総泳距離、朝練習後体重、午後練習後体重、自覚的練習強度、練習意欲、練習達成感の9項目であった。体調に関する項目では、自覚的体調、自覚的疲労感、起床時体温、起床時脈拍、心身の状態の5項目であった。この中で練習に関する9項目においては、朝練習時刻と午後練習時刻を合計して総練習時間とし、朝練習総泳距離と午後練習総泳距離を合計して総泳距離とし、さらに体重に関しては、その日の最後の練習後の体重を用いて最終練習後体重とした。これにより、練習に関する項目は6項目に集約され、合計で16項目を用いて分析を行った。西嶋ら⁹⁾が使用した記録用紙である「コンディションのQCシート」に基づいて、対象者が容易に記録できるように測定用紙を作成した。

時間に関する項目は24時間表記で記録した。体重は小数点以下第1位まで、総泳距離はメートル単位で記入した。脈拍、体温は実測値を記入した。それ以外の項目には、標本データの正規性を確保するために5件法尺度を用いた。練習時間は一日の総練習時間、総泳距離は一日の合計、練習後体重は一日の最後の練習後の体重を分析に用いた。B4横置き用紙一枚に1週間分を記入できるように記録用紙を作成した。記録用紙は測定期間中は対象者が所有し、期間終了後に複写を入手した。

測定期間は167日(24週)間であった。測定期間中のトレーニングの期分けは以下の通りであり、

- ①短水路選手権までの期間：3月23日～4月5日
- ②日本選手権準備期：4月6日～5月24日
- ③日本選手権までの期間：5月25日～6月14日
- ④国公立大会及び学生選手権準備期：6月15日～7月5日
- ⑤国公立大会までの期間：7月6日～8月9日
- ⑥学生選手権までの期間：8月10日～9月5日

コンディション変動の因子構造の不変性を検討するために、目標大会の設定されている①、③、⑤、⑥を試合期、それ以外の②、④を準備期とした。本来、トレーニング期分けは鍛錬期(オフシーズン)、準備期(プレシーズン)、試合期(インシーズン)を繰り返すことが理想と考えられるが、対象者における測定期間中には、明確な鍛錬期と呼べる期間はなく(全日本選手権後に3日間だけオフが設定されていた)鍛錬期として設定するに値する期間はなかった。そのため本研究では、前述のように試合期および準備期の2つに大別して因子構造の不変性を検討した。

2.3 統計解析

競泳選手のコンディション変動に時系列データの因子分析モデル¹⁰⁾を適用し、複数のコンディション項目の系列的変動の背後に潜む変動因子を抽出するために、探索的因子分析を実施した。最尤法およびプロマックス斜交回転を用いて因子を抽出した。ここで、因子分析モデルとは多変量間の相関関係に基づき、それぞれの変量の持つ変動の背後に現実には観測できない潜在因子を仮定

表1. 測定項目

領域	項目(単位)	評価方法	測定方法
睡眠	就寝時刻(時:分)	24時間表記	
	睡眠時間	分単位まで	
食事	朝食満足	5件法*	栄養及び量に関して自覚的に満足度
	昼食満足	5件法*	"
	夕食満足	5件法*	"
練習	総練習時間	分単位まで	一日の練習時間を合計
	総泳距離	m単位まで	一日の泳距離を合計
	最終練習後体重(kg)	1/10Kg位まで	一日の最後の練習後に測定した体重
	自覚的練習達成感	5件法*	一日の練習達成感
	自覚的練習意欲	5件法*	一日の練習意欲
	自覚的練習強度	5件法*	一日の練習強度
体調	自覚的体調	5件法*	一日の体調
	自覚的疲労	5件法*	一日の疲労感
	心身の状態	5件法*	5:発達中、4:好調、3:不調、2:痛み・悩み、1:疾病異常
	起床時体温(度)	1/10度まで	
	起床時脈拍(拍)	1分間値	

*5件法は、5を最も良い状態とし、1を最も悪い状態とした

し、各観測変量をできるかぎり少数の因子の線形1次結合によって表すことを考えたモデルである。ファクターモデルの基本形は、

$$X_{it} = \mu_i + \sum_{k=1}^p \beta_{ik} F_{kt} + \varepsilon_{it}$$

$$(k=1,2,\dots,p, t=1,2,\dots,T, i=1,2,\dots,N)$$

で表すことができる。ここで、 β_{ik} は F_{kt} に対する関係の度合を示す共通因子負荷量である。この基本形では、因子の種類として、すべての変量に共通に影響を与える共通因子 F_{kt} と個々の変量に固有に影響を与える固有因子 ε_{it} の2種類が含まれている。本研究のモデルでは、対象者のコンディション変動に関するT日間の情報をN個の変量によって測定できた時、ある時点tでのコンディション変動に関する変量iによって測定された値 X_{it} が、変量iの平均 μ_i とすべての変量に共通なp個の共通因子 F_{kt} ($k=1,2,\dots,p$)と、変量iに固有な因子 ε_{it} の線形1次結合で表されると仮定したモデルである。

構造方程式モデリング（共分散構造分析，SEM）により、検証的因子分析を実施し、その結果に基づいてコンディション変動の二次因子構造を仮説し、検証した¹²⁾。二次因子構造モデルの適合度指標には、データの分散・共分散に対するモデルの説明率を示すGFI、AGFI、最も当てはまりの悪い独立モデルとどれだけかけ離れているかを示すCFI、NFI、モデルの真の分散・共分散行列との距離を表すRMSEA、モデルが正しいという仮説を検定する χ^2 乗（p値）^{3,13,18)}を用いた。

コンディション変動の二次因子構造の因子不変性を検討するために、個別分析と多母集団の同時分析を行った。個別分析では試合期モデルと準備期モデルに存在するパスは全て採用してモデルを構築した。その結果、どちらの期間に対しても有意なパス係数が得られないパスを削除し、最終的に不変性を検証する仮説構造とした。多母集団同時分析による因子不変性の検討では、様々な水準での検討が提案されている^{3,7,13)}が、本研究においては、まず各因子が強い影響を受ける観測変数が全ての期間において同様であることを確かめるために、存在する全てのパスの配置が一致したモデルが適合するものを配置不変、次に、因子と観測変数との関係性の大きさが全ての期間において同様であることを確かめるために、対応するパスの大きさが全て等しいモデルが適合するものを測定不変、全ての期間において配置および関係の大小に加えて、因子間相関と誤差も等しいとすることで、完全にモデルが一致することを確認するために、測定不変が成立し、かつ因子間相関行列および誤差相関行列も一致したモデルが適合するものを強因子不変として、その適合

性を検討した。また、測定不変モデルにおいてパス係数の等値条件を緩めたモデルを本研究では弱測定不変とし、同時に検討することで、因子と観測変数が期間によって等値と言えない部分を探索した。適合度指標は二次因子分析の時と同様の指標を用いた。

探索的因子分析にはSPSS 9.0J、検証的因子分析、二次因子分析、個別分析、多母集団の同時分析にはAmos 4.0Jを用いた。

Ⅲ. 結果

表2は、斜交プロマックス回転後の因子パターン行列および因子間相関行列である。用いられた16項目の全分散の54%を説明する5つの変動因子が得られ、因子パターン行列は単純構造に達した。0.4以上の因子負荷量を示す項目に言及して、第1因子から順に、自覚的体調・意欲、食事満足、練習量、自覚的疲労、体重の変動に関する因子であると解釈された。因子間相関は低度から中等度の有意な相関がみられた。特に、自覚的体調・意欲変動因子と体重変動因子に関しては、いずれの因子とも中等度以上の相関係数が得られた。ここで、自覚的体調・意欲変動因子に対する自覚的練習達成感の因子負荷量が1.00を越えているが、これは、探索的因子分析という立場からプロマックス回転のターゲット行列をバリマックス回転による因子分析の結果の4乗（SPSS9.0で推奨）としたためである。プロマックス回転は、バリマックス回転による結果のn乗をターゲット行列として回転を与えたものであり、nの値としては通常3か4が用いられるが、nの値を大きくすることにより大小関係を強調した結果が得られるようになるため、単純構造に達しやすくなり解釈が容易になる。本研究においてもnの値を小さくすることで1以下の因子負荷量に抑えることができるが、大小関係があいまいになるため探索的な立場においては解釈が困難になった。そこで、因子と観測変数の関係を捉えることを重視して本研究ではn=4として分析を行い解釈した。共通性においても、この理由から1を越える変数が見られた。

図1は、トレーニングに伴うコンディション変動における検証的因子分析の結果である。図中の矢印上の数値はパス（因果）係数であり、潜在変数間および潜在変数と観測変数間の相対的な影響（因果）の強さを示している。楕円は潜在変数、長方形は観測変数、円は誤差変数を示す。検証的因子分析では、探索的因子分析の結果において、いずれかの因子に0.4以上の因子負荷量を示し

表2. プロマックス回転後の因子パターン行列および因子間相関行列

項目	F1 自覚的 体調・意欲	F2 食事満足	F3 練習量	F4 自覚的疲労	F5 体重	共通性
自覚的練習達成感	1.19	-0.09	0.00	-0.10	-0.25	1.50
自覚的練習意欲	0.62	-0.04	0.04	-0.06	0.35	0.52
自覚的体調	0.50	0.21	-0.01	0.38	0.02	0.44
朝食満足	-0.04	0.88	-0.16	-0.21	-0.15	0.87
昼食満足	0.06	0.75	-0.06	-0.01	-0.24	0.63
夕食満足	-0.04	0.51	0.29	0.09	-0.16	0.38
心身の状態	0.33	0.35	0.03	0.29	0.20	0.36
総練習時間	-0.10	-0.07	0.93	0.11	0.11	0.91
総泳距離	0.11	-0.09	0.71	-0.15	-0.10	0.56
自覚的疲労	0.11	-0.24	-0.10	0.76	-0.10	0.67
自覚的練習強度	0.16	0.22	0.35	0.40	0.05	0.35
起床時体温	0.07	-0.09	-0.09	-0.38	0.26	0.23
最終練習後体重	-0.21	0.12	0.04	0.29	0.65	0.56
就寝時刻	0.06	-0.34	0.04	0.21	0.43	0.35
起床時脈拍	0.05	-0.11	-0.04	-0.13	0.33	0.14
睡眠時間	-0.11	-0.17	0.06	-0.02	0.30	0.13
因子寄与	2.29	2.07	1.63	1.36	1.24	8.60
因子寄与率 (%)	14.34	12.96	10.18	8.47	7.78	53.74
因子間相関						
F2: 食事満足	0.50					
F3: 練習量	0.23	0.18				
F4: 自覚的疲労	0.24	0.17	-0.12			
F5: 体重	0.62	0.58	0.25	0.29		

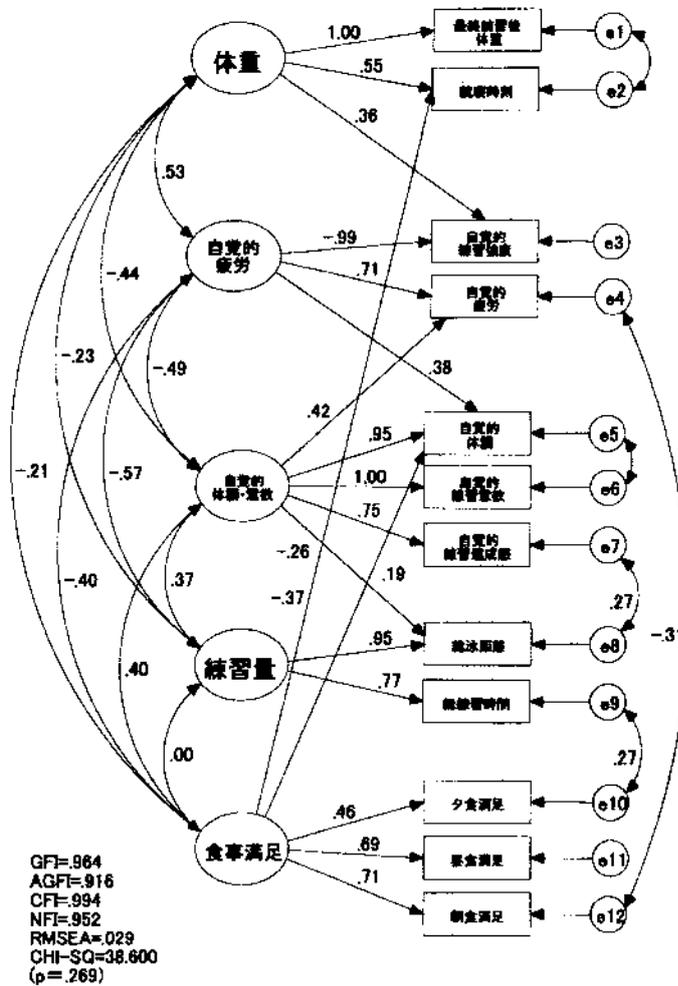


図1. コンディション変動の検証的因子構造

た項目のみを分析対象として、内容的妥当性を考慮した仮説モデルを構築した。また、モデルの修正指標をもとにモデルに改良を加えた。検証されたモデルの適合度はGFIは0.964, AGFIは0.916, CFIは0.994, NFIは0.952, RMSEAは0.029, χ^2 (P値)は0.269であり、良好であった。

図2はコンディション変動の二次因子分析の結果である。いずれのパス係数も有意な値が得られた。モデルの適合度はGFIは0.960, AGFIは0.915, CFIは0.987, NFIは0.942, RMSEAは0.039, χ^2 (P値)は0.142であり、妥当なモデルが構築された。

表3は、各因子不変性水準におけるコンディション変動の二次因子構造モデルの適合度である。強因子不変水準は明らかに成立しないことが示された。測定不変水準は、完全に受容されているとは言えない結果であった。配置不変水準は多くの適合度指標においてモデルの受容基準を満たしており、試合期、準備期の間では配置不変が成立していると判断された。

そこで、測定不変水準のモデルにおいてパス係数の等値性を検定した結果に基づいて、モデルの制約条件を緩めた弱測定不変モデルを検討した。等値条件を削除したのは、体重因子から自覚的練習強度、自覚的体調・意欲因子から自覚的疲労、練習量因子から就寝時刻へのパスであった。その結果を示したモデルが図3および図4であり、弱測定不変水準における試合期の変動因子構造と

表3. コンディション変動の二次因子構造の因子不変性 (適合度)

適合度指標	配置不変	弱測定不変	測定不変	強因子不変
GFI	0.906	0.885	0.874	0.839
AGFI	0.821	0.815	0.799	0.789
CFI	0.956	0.937	0.917	0.856
NFI	0.846	0.809	0.791	0.711
RMSEA	0.042	0.047	0.053	0.064
P値 (χ^2 値)	0.036	0.010	0.002	0.000
AIC	254.431	250.037	260.147	273.324

準備期の変動因子構造を示している。適合度指標は若干の改善が見られ、モデル間の比較の際に有用なAICは全水準の中で最も良好な値を示していた。

IV. 考察

4.1 コンディション変動の因子構造

菅野ら²⁾, 大庭¹²⁾, 西嶋ら¹⁰⁾によって心身のコンディションとコンディションに影響を及ぼすライフスタイル要素に関する系列的変動因子を評価する試みがなされてきた。これらの研究が、以前のコンディション評価に関する研究と異なっていた点は、コンディションの一時点を評価するのではなく、毎日変化するコンディション変動を評価しようとした点である。本研究では、同様な立

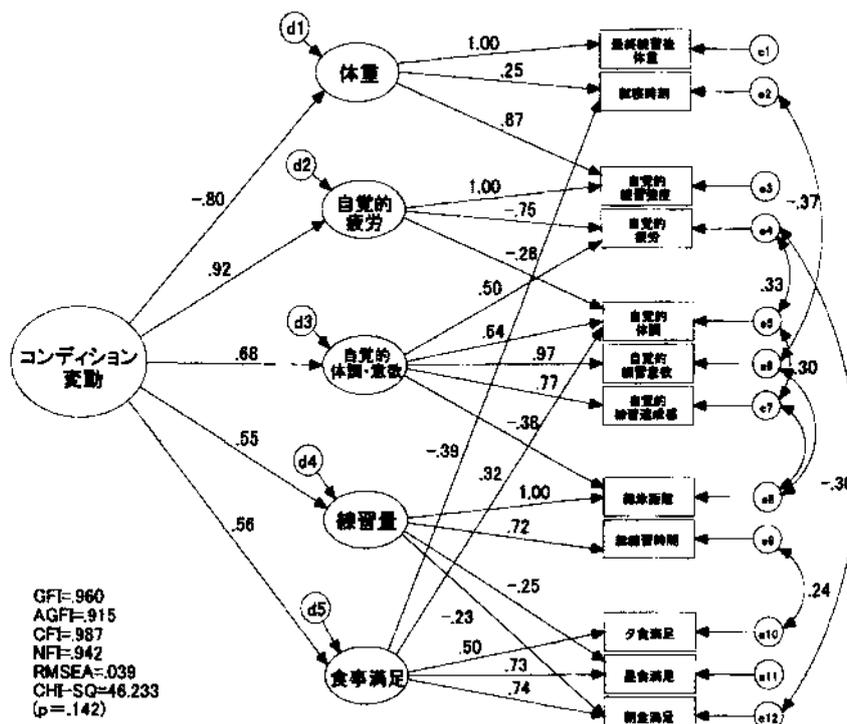


図2. コンディション変動の二次因子構造

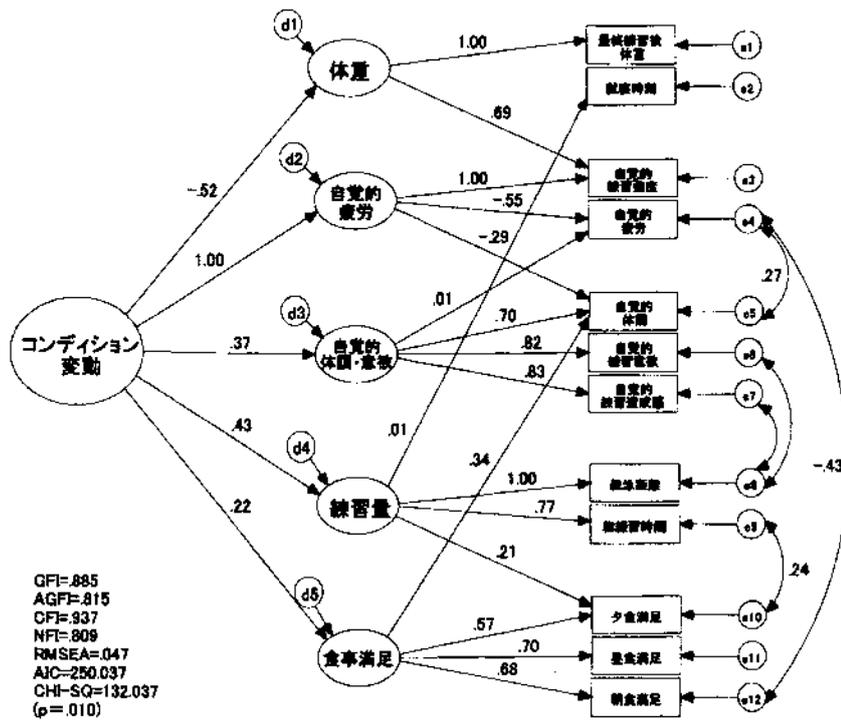


図 3. 弱測定不変水準でのコンディション変動の二次因子構造 (試合期)

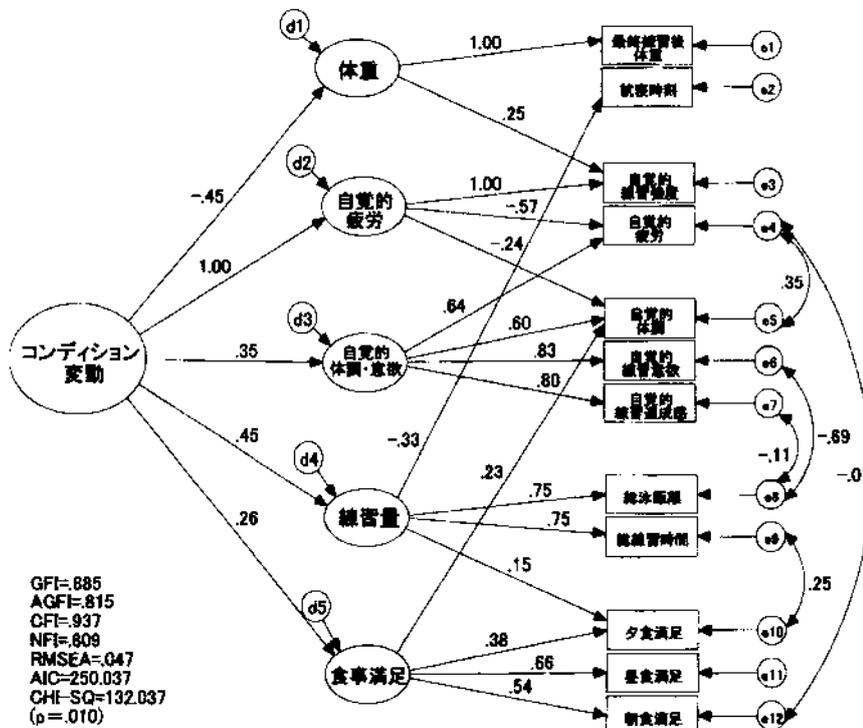


図 4. 弱測定不変水準でのコンディション変動の二次因子構造 (準備期)

場から競技水準の高い競泳選手のトレーニングに伴うコンディションの時系列な変動データを得て、変動の因子構造を検証した。

探索的因子分析および検証的因子分析の結果、コンディション変動因子としては、自覚的体調・意欲、食事満

足、練習量、自覚的疲労、体重の変動に関する5つの変動因子が抽出された。自覚的体調・意欲の変動因子は、最も因子寄与率が高く、この因子の変動が対象者におけるコンディション変動に大きく影響していることが推察された。特に練習達成感が高い因子負荷量を示していた

ことより、練習達成感は最重要項目であると考えられた。食事の満足感に関しては朝、昼、晩の食事の満足感が同一の変動因子として抽出され、内容的にも妥当な結果であった。練習量変動因子においては、総練習時間と総泳距離の変動が強く関係していた。自覚的疲労変動因子では、自覚的練習強度と自覚的疲労が高い因子負荷量を示したことより、練習量や泳距離以上に練習強度の増加が疲労と密接に関係して同一の変動因子として抽出されたものと推察された。体重変動因子では、最終練習後体重と就寝時刻が高い負の因子負荷量を示していたことより、練習後の体重の減少が大きい時ほど就寝時刻が早くなっていることが推察された。これらの下位領域は、西嶋ら¹⁰⁾の結果のように生活時間帯により区分されるものとは異なり、練習に関する項目を多く取り入れた大庭ら¹¹⁾の結果に類似していた。また、本研究では睡眠に関する項目がいずれの変動因子においても、あまり高い因子負荷量を示すことはなかった。今後は、食事の項目のように、睡眠の満足感を測定し検討していきたい。

因子間の相関は、低度から中等度の相関係数が認められた。この結果は、得られた変動因子の背後に共通に関与する高次の潜在因子の存在を示唆するものであり、西嶋ら¹⁰⁾の結果と同様であった。そこで、本研究では、検証的因子構造に基づいて、コンディション変動の二次因子モデルを構築した。二次因子から各一次因子（下位領域）へのパスは、全て有意なパス係数が得られた。モデルの適合度はモデルを受容する値が得られ、妥当な二次因子構造が検証された。これらの結果から、対象者のコンディション変動には、自覚的体調・意欲、食事満足、練習量、自覚的疲労、体重の変動に関する5つの変動因子が関与していることが推察された。

4.2 トレーニング期間における因子構造の不変性

二次因子構造の妥当性が示されたことから、個別分析と多母集団同時分析によって試合期と準備期におけるコンディション変動の二次因子構造の因子不変性を検討した。

多母集団の同時分析による配置不変の検討では、モデルの適合度はGFIは0.906、AGFIは0.821、CFIは0.956、NFIは0.846、RMSEAは0.042、 χ^2 （P値）は0.036であり、GFI、CFI、RMSEAではモデルの受容基準を満たしており、配置不変が成り立っていることが推察された。測定不変の検討では、モデルの適合度はGFIは0.874、AGFIは0.799、CFIは0.917、NFIは0.791、RMSEAは0.053、 χ^2 （P値）は0.002であり、CFI以外の全ての指標がモデル受容基準を満たしていなかった。配置不変の

結果と比べても適合度に明らかな低下が見られ、測定不変は成立しないことが推察された。しかし、パス係数の等値性の検定結果に従い改良を加えた弱測定不変モデルでは、GFIは0.885、AGFIは0.815、CFIは0.937、NFIは0.809、RMSEAは0.047、 χ^2 （P値）は0.010であり、適合度が改善された。加えてAICが全水準の中で最も低かったことより、このモデルを最良のモデルであると判断した。

具体的に改良を加えた点は、体重因子から自覚的練習強度、自覚的体調・意欲因子から自覚的疲労、練習量因子から就寝時刻へのパス係数に対する等値条件の削除であった。等値性を削除した変動因子と測定項目間の関係性は、試合期と準備期では異なっていることを示していた。多母集団同時分析の結果では、体重因子と自覚的練習強度とのパス係数は試合期にのみ大きくなることから、試合期においては練習の強度が体重の増減に強く影響するが、準備期では影響が弱くなることが推察された。自覚的体調・意欲因子と自覚的疲労、練習量因子と就寝時刻のパス係数は試合期ではいずれも0.01と極めて低く有意でなかったが、準備期ではそれぞれ0.64、-0.33と有意な値であり、準備期においてのみその関係性が大きいことが示された。

強因子不変水準での検討では、モデル適合度はGFIは0.839、AGFIは0.789、CFIは0.856、NFIは0.711、RMSEAは0.064、 χ^2 （P値）は0.000であり、全ての指標においてモデルは受容されないことが示された。配置不変水準、測定不変水準の結果と比べても明らかに適合度の値は低く、強因子不変水準においては成立しないことが示された。

以上の結果は、コンディション変動の二次因子構造は、配置不変および弱測定不変は成立することを示すものであった。本研究における測定期間中は試合期と準備期のみが繰り返されていたが、配置不変が成立することより、本対象者においては準備期から試合期にかけて変動因子は不変であることが明らかとなった。

また、弱測定不変が成立することより、準備期と試合期ではコンディション変動因子に及ぼす影響の大きさが変化しない項目と、練習強度と体重因子の関係のように、影響の大きさが変化する項目が存在することが示された。このことから、トレーニング期に関係なく適用可能な共通の測定項目と、それぞれのトレーニング期に特有の測定項目とを使い分けてコンディション変動を観察することが有効であることが示唆された。

本研究では、女子競泳選手に固有に存在するコンディションの系列変動因子構造を検証したものの、データの

系列相関を考慮した因子構造を捉えるまでには至っていない。データの系列相関を考慮した因子構造モデルを検証することが今後の課題であると思われる。

文 献

- 1) Barlow, D. H., Hersen, M. (1984) *Single-case experimental designs: strategies for studying behavior change* (2nd ed.). Pergamon: New York. (高木俊一郎・佐久間徹 (監訳) 1988, 一事例の実験デザイン, 二瓶社: 東京) pp41-64.
- 2) 菅野 淳, 西嶋尚彦 (1996) プロサッカー選手のシーズンを通したコンディショニング-Jリーグサテライト選手における実践-, トレーニング科学 8: 43-50.
- 3) 狩野裕 (1997) グラフィカル多変量解析. 現代数学者, 京都: pp186-224.
- 4) 川原貴 (1991) コンディションチェック指標としての体重, 脈拍, 尿検査, POMSの検討. 日本体育協会スポーツ医科学研究報告 9, オーバートレーニングに関する研究第2報: 85-91.
- 5) 刈屋武昭 (1987) 計量経済分析の基礎と応用. 東洋経済新報社, 東京: pp133-176
- 6) 河野一郎 (1990) 免疫から見たオーバートレーニング. 臨床スポーツ医学 7: 557-560.
- 7) Meredith, W. (1993) Measurement invariance, factor analysis and factorial invariance. *Psychometrika* 58: 525-543.
- 8) 縄田和満 (1997) TSPによる計量経済入門. 朝倉書店, 東京: pp71-102.
- 9) 西嶋尚彦 (1990) サッカー選手のコンディショニングのための自己管理手法. トレーニング科学研究会 2: 68-77.
- 10) 西嶋尚彦, 中野貴博, 山田剛史 (2000) 単一事例研究法を用いた自覚的コンディション変動の統計的分析. 体育学研究 45: 619-630.
- 11) 大庭恵一, 渋谷俊浩, 西嶋尚彦, 永井 純, 和田典子 (1998) 女子長距離選手におけるコンディションの自己管理システムの開発. 陸上競技研究 35: 36-44.
- 12) 大澤清二 (2000) スポーツの統計学. 朝倉書店, 東京: pp125-150.
- 13) 清水和秋 (1996) 日本版 WAIS-R の 8 尺度の因子普遍性-標準化 9 標本の多母集団同時分析-. 関西大学社会学部紀要 28: 97-112.
- 14) 清水和秋 (1997) 状態一特性不安尺度の縦断的同时分析-中学生男子と女子とを対象として-. 関西大学社会学部紀要 28: 75-103.
- 15) 豊田秀樹 (1998) 共分散構造分析 (応用編). 朝倉書店, 東京: pp75-98.
- 16) 津田博史 (1994) 株式の統計学. 朝倉書店, 東京: pp.89-160.
- 17) 和久貴洋・河野一郎 (1996) コンディショニングに用いる指標. (編) 黒田善雄. スポーツのためのセルフケア. 文光堂: 東京, pp. 88-94.
- 18) 山本嘉一郎, 小野寺孝義編著 (1999) Amosによる共分散構造分析と解析事例. ナカニシヤ出版, 東京: pp83-96.

動的因子分析法による コンディション変動の要因構造分析

中野貴博¹⁾, 山田剛史²⁾, 西嶋尚彦³⁾

Factor structural analysis of condition fluctuation by dynamic factor analysis

Takahiro Nakano¹⁾, Tsuyoshi Yamada²⁾, Takahiko Nishijima³⁾

Abstract

The purpose of this study was to identify the factorial structure of perceived condition fluctuation considering a time lag in a single case design applying dynamic factor analysis (DFA). The subject was a female swimmer who had won the 200-m individual medley in the inter-collegiate competition of 1998 in Japan. The 15 selected items measured her perceived physical and mental condition, the amount of the training per day and her regular lifestyle were recorded by herself on the "Quality Control (QC) Sheet" every day for 167 days, 24 weeks. Common factors of condition fluctuation were extracted from multivariate time-series data using DFA with the maximum likelihood (ML) method and quartimax rotation. The lag-2 variance/covariance was most optimal for DFA according to autocorrelation and partial autocorrelation of all variables. Five factors and the lag-2 DFA model were adopted considering several model-fitting indicators. The factorial structure of condition fluctuation was different in each lag model, although such factors as the amount of practice, meal satisfaction, perceived condition, and fatigue were extracted in all lag models. It was inferred that the factorial structure of perceived condition fluctuation in a female swimmer could be constructed with a time-lag consideration. It was expected that changes of factorial structure accompanying time progression could be confirmed by using DFA for multivariate time-series data.

Key words: multivariate time series analysis, swimmer, single-case-research

-
- 1) 筑波大学大学院
〒305-8574 茨城県つくば市天王台1-1-1
2) 東京大学大学院教育学研究科
〒113-0033 東京都文京区本郷7-3-1
3) 筑波大学体育科学系
〒305-8574 茨城県つくば市天王台1-1-1

1. Doctoral Program in Health and Sport Sciences, University of Tsukuba, 1-1-1 Tennodai, Tsukuba, Ibaraki 305-8574
2. Graduate School of Education, University of Tokyo, 7-3-1 Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo 113-0033
3. Institute of Health and Sport Sciences, University of Tsukuba, 1-1-1 Tennodai, Tsukuba, Ibaraki 305-8574

キーワード：多変量時系列分析，競泳選手，
単一事例研究

I. はじめに

スポーツ活動において心身の状態（コンディション）を正確に把握し整えていくことは、競技スポーツにおいて最良のパフォーマンスを発揮するために、またレクリエーションスポーツや健康運動を継続していくためにも極めて重要な要素である。競技者のコンディショニングでは、目指す大会期日に照準を合わせてトップコンディションになるように準備することを目的とし、選手自らがコントロールしなければならない。選手の主体的なコンディション管理は、コンディション管理の土台となる（和久・河野，1996）。

コンディションは毎日のトレーニング生活に伴って変動しており、体重、体温、脈拍、自覚的体調などの簡易な項目を用いてほぼ毎日、主体的に測定することで、各個人のコンディション変動に関する時系列データが得られる。コンディションの個体内変動はトレーニング内容や量などの影響を受けて変動するために、競技水準が高くなるほど個人差が大きくなるのが特徴である。このため、競技水準の高い選手については複数の選手のデータを平均するよりも、個々の選手について個体内変動を捉えるようにした方が得られる情報が多い。さらに、こうしたコンディションの個体内変動を簡易に分析および評価することができれば、スポーツコンディショニングを実施している選手、監督、コーチなどに有益な情報をフィードバックすることとなり、選手の主体的なコンディション管理を促進することができる。

競技者のコンディション評価に関する研究には、血液検査による体調把握の妥当性を示すもの（河野，1990）、コントロールテストを用いた体力把握（和久・河野，1993）、

POMSなどの心理学的アンケートによる精神状態の把握（川原，1991）などがある。いずれの報告も任意の時点でのコンディションを測定しようとするものであり、継続的測定による時系列データを得るまでには至っていない。また、トレーニングに伴う体力・運動能力の発達傾向を分析した研究においてもグラフ観察が中心であった。この原因としては、系列的変動を示すデータに対する統計解析法が未開発であったこと、コンディションの系列的変動は個別性が大きく、推測統計学的に有意な結果を得ることが困難であったことが考えられる。

近年の単一事例研究分野における推測統計学的手法の発展（山田，2000，2001）はこれらの問題を解消し、個々の競技者における系列的なコンディション変動の評価を可能にするものであると考えられる。単一事例研究法における研究のフレームワークは同一個人あるいは同一集団における系列的変動を評価するのに適しており、個体間の差を検討するのではなく個体内変動を検討するものである（Barlow and Hersen，1984）。単一事例研究は事例研究（ケース・スタディ法）より一步進んだ段階として説明される。単一事例研究は量的な測定を用いて独立変数と従属変数を決め、数量的データを取り、反復測定をして統計処理をするというものである（丹野，2000）。競技者のトレーニングに伴うコンディション変動のような個人差の大きな現象を扱っていく上では、単一事例研究法の導入が有用であると考えられる。

計量経済学分野では、系列的に変動する経済においてはさまざまな要因が複雑に絡まりあって1つのシステムを作り上げているという考えに沿って、その中の核となる主要なものを抜き出し、これら相互の因果関係を分析する計量モデル分析という方法が確立している（津田，1994）。時系列に変動するデータ間に潜在する主要要因を抽出し、

その因果構造を明らかにするという考え方はコンディション変動要因の抽出およびその因果構造モデルの検証に適用できる。

単一事例研究における多変量時系列データに対する変動要因抽出を目的として、西嶋ら(2000)は時系列に沿って測定したデータに対して因子分析を適用するというp技法因子分析を用いている。しかしながら、p技法による因子分析法では系列相関が考慮されていないという理論的問題点がある。この問題を解決する方法として、Molenaar(1985)は動的因子分析法という方法を提案している。Wood & Brown(1994)は本研究のような、単一の被験者において繰り返し測定をすることで時系列データを得るような測定をSSMRM(Single Subject Multivariate Repeated Measures)と呼び、これに適用できる有効な方法として動的因子分析法を示している。

以上のことを踏まえて、本研究では単一事例研究法の考え方に基づいて、時系列に変動する選手のコンディションデータに対して動的因子分析法を適用することによって、競技者のトレーニングに伴うコンディション変動要因の構造を検証することを目的とした。

II. 方法

2.1 対象者

200m個人メドレーを専門種目とする大学生女子競泳選手1名であった。測定開始時の年齢は22歳、身長は166.0cm、体重は54.0kgであった。最高競技成績は平成10(1998)年学生選手権優勝、記録2分19秒38(自己ベスト)であり、本研究期間内における最終的な成果であった。

2.2 測定方法

競技に専念している選手から長期間にわたり毎日のコンディションデータを収集するに当たり、西嶋ら(2000)の方法に準拠して、以下の諸点に留意して測定を行った。

- ①対象者の自己管理を促すものであること。
- ②個人のフィードバックデータとして有用なものとなること。
- ③対象者に対して負担にならない程度の作業量および作業内容であること。

したがって、コンディション項目は対象者が選定し、対象者にとって有用な形式の記録用紙を作成した。

本研究で取り扱う競技者の心身のコンディションは、菅野ら(1992, 1996)、大庭ら(1998)、西嶋ら(2000)の定義に準拠し、西嶋ら(1990)が使用した記録用紙である「コンディションのQCシート」で用いられている項目に基づいて測定項目を選択し、対象者が容易に使用できるように改良を加えた。また、和久ら(1996)が示している競技選手の健康管理に関する3層構造における最下位層に位置するセルフコントロールの概念は対象者の自己管理を促すものであると判断されたので、和久ら(1996)の提案項目の中から、起床時脈拍、起床時体温、練習終了後体重、トレーニング内容に関する項目を付加した。食事に関する項目は、朝食、昼食、夕食における栄養バランスと食事量に関する満足度(食事満足)を選定した。基本的な生活習慣に関する項目を8項目、練習に関する項目を13項目、体調に関する項目を5項目用意した。

合計26項目の中から、継続のし易さ、変動の捉え易さなどを考慮して対象者によって最終的に選択された項目は、基本的な生活習慣に関する項目では就寝時刻、睡眠時間、朝食満足、昼食満足、夕食満足であった。練習に関する項目では、朝練習時刻、朝練習総泳距離(泳いだ距離)、朝練習後体重、午後練習時刻、午後練習総泳距離(泳いだ距離)、午後練習後体重、自覚的練習強度、自覚的練習意欲、自覚的練習達成感、であった。体調に関する項目では、自覚的体調、自覚的疲労感、起床時脈拍、自覚的な心身の状態であった。

時刻に関する項目は24時間表記で記録した。体重は小数点以下第1位まで、総泳距離はメートル単位で記入した。脈拍、体温は実測値を記入した。それ以外の項目には5件法尺度を用いた。練習時間は一日の総練習時間、総泳距離(泳いだ距離)は一日の合計、練習後体重は一日の全練習終了後の体重を測定した。B4用紙横書き一枚に1週間分を記入できるように記録用紙を作成した。測定期間中、対象者が記録用紙を所有し、期間終了後に複写を入手した。

測定期間は、平成10年2月23日から平成10年9月5日までの167日、24週間であった。コンディショニングの第一目標は6月12日および13日の日本選手権であり、最重要な大会として9月4日の学生選手権を最終目標に設定した。

2.3 統計解析

本研究では主体的なコンディション管理に関する多変量時系列データに動的因子分析法を適用して、少数の共通変動要因を抽出し、その要因構造を検証した。

多変量時系列データには時系列データ特有の系列相関があり、そのために一般的な因子分析法を適用することは望ましくない。これまでは、時系列データに対する因子分析法としてはCattell (1952) により提案されたPテクニックによる因子分析法があった。Pテクニックによる因子分析法は時期を観測対象とする多変量データに直接因子分析法を適用しているものであり、ラグ付き共分散を考慮できないという理論的欠点を持っていた (Anderson, 1963)。この問題を解決するために提案された方法がMolenaar (1985) による動的因子分析法である。Figure 1は、ラグ1を考慮に入れた動的因子分析の1因子モデルをパス図により表現したものである。このモデルの中には、時間差を持った関係が2つの形で現れされている。1つ目は、観測変数間に存在する系列相

関はFigure 1における「F Lag1」のように時間差を持った潜在変数として現れると仮定している。2つ目はFigure 1の破線の部分であり、これはラグ付きの因子負荷を示す。また、Figure 1中の双方向矢印は観測時点間における誤差間の相関を認めていることを示している。多変量時系列データへの因子分析法としては、この他に、互いに関連のある多数の時系列の背後に観測できない少数の時系列が存在するという観点から提案された時系列因子分析法がある (Toyoda, 1997 豊田, 1998)。また、多変量時系列データからの因子抽出法として、独立成分分析 (Independent Component Analysis) (Jutten & Herault, 1991; Attias, 1999) という分析法も近年提案されている。独立成分分析は、脳波のデータやfMRI (functional Magnetic Resonance Imaging) という人の神経活動に伴う信号変化を捉える装置のデータ、あるいはMEG (Magnetoencephalography) という脳磁計の時系列データの解析への適用が試みられている方法であり、複数の独立に観測される変数が混合したデータとして観測された時に、統計的に独立な変数の線形結合として表現する方法である (甘利, 1998)。このため、観測される変数が独立なものであると考えられる場合には有効であると考えられるが、本研究のように同一個人における判断基準に基づいてコンディションに関する複数の項目のデータを得た場合は、各変数が独立であるとは考えづらい。そのため、本研究では独立成分分析の適用は行わなかった。

動的因子分析はP-テクニックによる因子分析を拡張した手法であり、時間的ラグを考慮した因子分析法である。モデル式は以下のようなになる。

$$Z_t = \sum \lambda_u \eta_{(t-u)} + \varepsilon_t$$

ここで、Z: 観測変数, λ : 因子負荷量, η : 潜在変数,

ε : 誤差変数, 添え字tは時間を表し, 添え

字 u は組み込むラグ数である。データ解析は構造方程式モデリングのプログラムを用いて実行することができるが、Hershberger et al. (1994) や Wood & Brown (1994) では各ラグにおける因子負荷量行列に対する明確な仮説を持って行っているのではなく、ラグによる因子負荷量行列の構造の違いを見ており、検証的立場ではなく探索的立場に立った因子分析法として紹介している。本研究においても同様の視点から探索的立場に立って分析を行った。実際の分析にあたって、本研究ではデータが欠損値を含んでいたために欠損値処理を行った。欠損値は主に練習関連の項目で見られたが、これは練習のない日にはこれらの項目は記入されなかったためである。対象者が学生であるために一週間サイクルの生活をしていると考え、項目ごとに一週間の平均値を用いて欠損値を埋めた。

動的因子分析では、最初に分散共分散行列に組み込むラグの数を決定する。本研究では各変数における自己相関、偏自己相関を算出し、ラグ数を決定した。ここで、 n 次の自己相関とは元のデータと元のデータを n 期ずらしたものの同一変数内における相関係数のことで、一方 n 次の偏自己相関とは途中の 1 期から $n-1$ 期までの影響を取り除いた後の相関係数のことである (石村, 1999; 縄田, 1997)。これらの相関係数の有意性を見ることで、考慮すべき時間的ラグの数が決定できるものと考えられる。Figure 2は、ラグ 1 までのラグ付き分散共分散 (トープリッツ行列) の形式およびサイズを模式的に表したものである。トープリッツ行列は正方対称行列である。Figure 2における三角部分には通常分散共分散行列が配置され、四角部分には変数にラグ 1 を与えた際の分散共分散行列が配置される。同様にラグ 2 やラグ 3 を考慮する際には積み上げ式に分散共分散行列のサイズは大きくなるが、形状はやはり正方対称行列となる。

決定されたラグ数を組み込んだラグ付き分

散共分散行列より動的因子分析を実行した。因子の抽出法は最尤法を用いた。抽出された因子数ごとに動的因子分析モデルの適合度指標を確認し、因子数を決定した。動的因子分析ではラグごとに初期解が得られるため、各ラグにおける初期解を独立に扱い因子の回転を行った。動的因子分析においては因子間相関行列を単位行列とする仮定を置いているために理論上、斜交回転は行えない。このような理由から、各変数が最も影響を及ぼす因子を明確にするために、変数における各因子への因子負荷量の分散の和を最大化させる回転であるコーティマックス基準による直行回転 (柳井ほか, 1995) を施した。各ラグの因子構造に対して因子負荷量が 0.3 以上の変数を中心に因子の解釈を行った。

モデルの適合度指標には、データの分散・共分散に対するモデルの説明率を示す GFI, AGFI, モデルが説明できなかった標本共分散行列 (相関行列) の残量を 1 セルあたりの平均として示す RMR, 最も当てはまりの悪い独立モデルとどれだけかけ離れているかを示す NFI (狩野, 1997; 豊田, 1998; 山本・小野寺, 1999) を用いた。また、モデルの真の分散・共分散行列との距離を表す RMSEA, モデルが正しいという仮説を検定する χ^2 乗 (p 値) も算出したが、動的因子分析においてはこれらの指標はあてにならないため、(豊田, 1998) モデル適合度判定には用いなかった。

III. 結果

Table 1 に測定項目の記述統計量を示す。基本的な生活習慣の中の食事に関する 3 項目と、練習に関する練習の意欲、達成感、強度、体調、疲労などの 5 件法で評価した多くの項目の平均値は、2.6~4.1 の範囲であった。特徴的な傾向が見られたのは、朝食満足では平均値が 2.6、中央値が 2 であった。一方、夕食満足では平均値が 4.1、中央値が 4 で

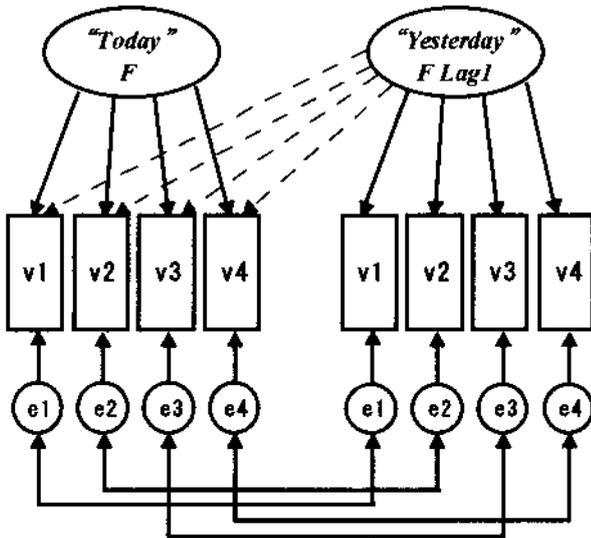


Figure 1. Path diagram of dynamic factor model

あった。このことから、対象者は夕食重視の食生活であったことが伺えた。その他の項目の平均はそれぞれ一日の総練習時間が3時間19分、総泳距離が6,290m、最終練習後体重が54.6Kg、起床時脈拍が47.1拍、就寝時刻は午前1時7分（表中では午後25時7分）、睡眠時間が6時間31分であった。総練習時間と総泳距離に関しては一日の練習の合計値を用いた。最終練習後体重に関しては、一日の全練習終了後の体重を用いた。

Table 2に、各変数における自己相関および偏自己相関係数を示す。ラグ1およびラグ2の自己相関係数は16変数中14変数において有意な自己相関係数が得られた。ラグ3の自己相関係数では13変数で有意な自己相関係数が得られた。また偏自己相関係数ではラグ1は自己相関と同じことを意味しており、ラグ2では9変数が有意な自己相関係数を示した。ラグ3では2つの変数のみが有意な自己相関係数を示した。これらの結果に基づいて、本研究ではラグ2までの標本トープリッツ行列を用いて動的因子分析を実行することとした。

Table 3に、因子数および各ラグ数における動的因子分析モデルの適合度を示す。自

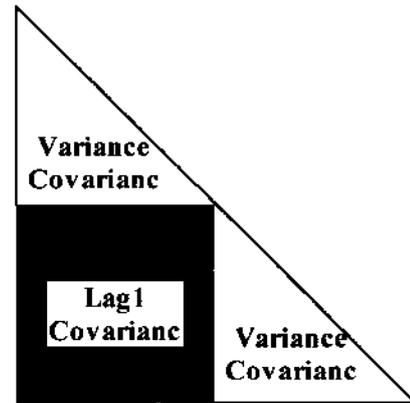


Figure 2. Toeplitz-transformed covariances for window size of 2

己相関係数と偏自己相関係数の値より、ラグ2までの標本トープリッツ行列を用いることに決定したが、ここでは参考のために標本トープリッツ行列に組み込むラグ数を0から2、抽出する因子数を4および5とした時の動的因子分析モデルの適合度を示した。すべての適合度指標は5因子ラグ2のモデルで最も高い値を示し、それぞれGFIは0.839、AGFIは0.783、RMRは0.115、NFIは0.841であった。いずれも全モデルの中で最も良い値を示していた。この結果に基づいて5因子2ラグのモデルを採用することにした。

によって、心身のコンディションとコンディションに影響を及ぼすライフスタイル要素に関する系列的変動要因を評価する試みがなされてきた。これらの研究が以前のコンディション評価に関する研究と異なっていた点は、コンディションの一時点を評価するのではなく、時々刻々と変化するコンディションの変動を評価しようとした点である。本研究では、同様な立場から競技水準の高い競泳選手におけるトレーニングに伴う時系列なコンディション変動に潜在す

Table 1. Descriptive statistics of measurement items

領域	項目 (単位)	標本数	平均値	中央値	標準偏差	最大値	最小値
練習意欲	自覚的練習意欲 (1-5)	135	3.9	4	1.1	5	1
	自覚的練習達成感 (1-5)	135	3.6	4	1.0	5	1
自覚的体調	自覚的体調 (1-5)	140	3.6	4	0.9	5	1
	心身の状態 (1-5)	165	3.4	3	0.9	5	1
	自覚的疲労 (1-5)	140	3.3	3	1.0	5	1
	自覚的練習強度 (1-5)	135	3.8	4	1.1	5	1
食事満足	朝食満足 (1-5)	167	2.6	2	1.1	5	1
	昼食満足 (1-5)	166	3.4	3	1.0	5	1
	夕食満足 (1-5)	162	4.1	4	1.1	5	1
練習	総練習時間 (分)	120	198.8	200	70.9	390	10
	総泳距離 (m)	127	6290	6000	2973	15100	200
体重	最終練習後体重 (kg)	119	54.6	55	0.8	56.2	53
脈拍	起床時脈拍 (拍)	159	47.1	47	1.0	49	45
睡眠時間帯	就寝時刻 (時:分)	162	25:07	25:00	1:36	29:00	22:30
	睡眠時間 (時間:分)	162	6:31	6:30	1:43	11:30	2:00

Table 2. Auto-correlation and partial auto-correlation of variables

項目	ラグ1	ラグ2	ラグ3	ラグ1	ラグ2	ラグ3
	自己相関	自己相関	自己相関	偏自己相	偏自己相	偏自己相
自覚的練習意欲	*0.747	*0.724	*0.631	*0.747	*0.376	0.034
自覚的練習達成感	*0.557	*0.452	*0.374	*0.557	*0.205	0.090
自覚的体調	*0.613	*0.398	*0.273	*0.613	0.036	0.026
心身の状態	*0.631	*0.458	*0.314	*0.631	0.099	-0.013
自覚的疲労	*0.688	*0.516	*0.384	*0.688	0.082	0.004
自覚的練習強度	*0.348	*0.325	*0.205	*0.348	*0.231	0.045
朝食満足	*0.549	*0.407	*0.331	*0.549	*0.151	0.087
昼食満足	*0.258	*0.294	*0.271	*0.258	*0.244	*0.172
夕食満足	0.066	0.031	0.057	0.066	0.027	0.054
総練習時間	*0.416	*0.342	*0.238	*0.416	*0.205	0.050
総泳距離	*0.379	*0.319	*0.297	*0.379	*0.205	0.150
最終練習後体重	*0.868	*0.842	*0.773	*0.868	*0.360	-0.032
起床時脈拍	*0.377	*0.168	0.089	*0.377	0.030	0.020
就寝時刻	*0.320	*0.289	*0.304	*0.320	*0.208	*0.191
睡眠時間	-0.065	0.046	-0.001	-0.065	0.042	0.004

*: p < .05

Table3. The degree of fit indices of a dynamic factor analysis

適合度指標	4因子モデル			5因子モデル		
	0ラグ	1ラグ	2ラグ	0ラグ	1ラグ	2ラグ
GFI	0.690	0.760	0.815	0.700	0.780	0.839
AGFI	0.650	0.720	0.763	0.660	0.730	0.783
RMR	0.180	0.150	0.120	0.180	0.150	0.115
NFI	0.640	0.730	0.808	0.650	0.760	0.841

Table 4は、回転後のラグ0における因子パターン行列である。練習量、食事満足、自覚的疲労、自覚的体調、脈拍と解釈される5つの因子が抽出された。練習量因子では総練習時間、自覚的練習強度、総泳距離、食事満足因子では朝食満足、昼食満足、自覚的練習意欲が、自覚的疲労因子では自覚的疲労、自覚的体調因子では自覚的体調が0.3以上の高い因子負荷量を示した。その他にも練習量因子における夕食満足や食事満足因子における夕食満足、自覚的疲労因子における最終練習後体重、自覚的体調因子における就寝時刻、睡眠時間、脈拍因子における起床時脈拍の因子負荷量は0.3には達していなかったものの相対的に高い因子負荷量を示したので因子の解釈の参考にした。

Table 5は、回転後のラグ1における因子パターン行列である。練習強度、自覚的疲労、自覚的体調、練習量、食事満足と解釈される5つの因子が抽出された。練習強度因子では自覚的練習強度、自覚的練習意欲、心身の状態、自覚的練習達成感、自覚的疲労因子では自覚的疲労、自覚的体調因子では自覚的体調、就寝時刻、練習量因子では総練習時間、総泳距離が0.3以上の高い因子負荷量を示した。ラグ0の時と同様に、その他にも自覚的体調因子における自覚的練習達成感、食事満足因子における朝食満足、昼食満足、夕食満足、は因子負荷量が0.3には達していなかったものの、相対的に高い因子負荷量を示したので因子の解釈の参考にした。

Table 6は、回転後のラグ2における因子パターン行列である。食事満足、自覚的疲労、練習量、心身の状態、自覚的体調と解釈される5つの因子が抽出された。食事満足因子では昼食満足、夕食満足、心身の状態、自覚的練習達成感、自覚的疲労因子では、自覚

的疲労、練習量因子では自覚的練習強度、総練習時間、総泳距離、心身の状態因子では、心身の状態、自覚的体調因子では自覚的体調が0.3以上の高い因子負荷量を示した。ラグ0、ラグ1同様に、その他にも食事満足因子における朝食満足、自覚的疲労因子における就寝時刻、練習量因子における自覚的疲労、心身の状態因子における自覚的練習強度、最終練習後体重、自覚的練習意欲は因子負荷量が0.3には達していなかったものの、相対的に高い因子負荷量を示したので因子の解釈の参考にした。

ラグ0、ラグ1、ラグ2すべての因子パターン行列において、練習量、食事満足、自覚的疲労、自覚的体調の4因子が共通変動要因(因子)として抽出された。しかし、考慮する時間的ラグによって各因子を構成する変数が異なることが確認された。ラグ0、ラグ1、ラグ2での分散説明率はそれぞれ約21%、約27%、約21%であり、合計で約69%の分散を説明することができた。また、共通性に関しては普通の因子分析と同様に各測定値の分散の中で共通因子によって説明される分散の割合を示していると考えられるが、表中にある共通性を分散説明率と同様に合計すると自覚的疲労および自覚的練習強度の2項目は1を越えてしまう。この理由として第一に、これらの項目が共通因子で説明されるというよりはひとつの特殊因子になっているために共通性が高くなってしまっていることが考えられる。また、動的因子分析では全ての変数において同様のラグを考慮するため共通因子による説明率が過剰になることが考えられる。このことから、各項目において最も高い負荷量を示したラグ付きの変数のみを用いて変動因子構造モデルを検証していくことも必要であると考えられる。

Table4. Factor pattern of dynamic factor analysis(Lag0)

項目	F1 練習量	F2 食事満足	F3 自覚的疲労	F4 自覚的体調	F5 脈拍	共通性
総練習時間		0.16	-0.12	-0.01	0.15	0.35
自覚的練習強度		-0.08	0.05	-0.02	-0.24	0.71
総泳距離		0.09	-0.13	-0.19	0.12	0.29
自覚的練習意欲	0.08		-0.12	0.16	-0.04	0.21
自覚的疲労	-0.06	-0.14		0.10	0.06	0.33
心身の状態	-0.02	0.19	-0.13	0.20	0.18	0.12
自覚的練習達成感	-0.05	0.17	-0.09	0.29	0.14	0.15
最終練習後体重	-0.11	-0.05	0.29	-0.07	-0.10	0.11
昼食満足	0.03		-0.01	-0.01	-0.03	0.19
夕食満足	0.27	0.23	-0.05	0.02	0.00	0.13
朝食満足	0.07		-0.01	-0.12	0.00	0.13
自覚的体調	-0.20	-0.10	-0.10		0.00	0.15
就寝時刻	0.00	-0.01	-0.04	-0.27	0.04	0.08
睡眠時間	-0.01	0.04	-0.05	-0.22	0.10	0.06
起床時脈拍	0.04	-0.05	-0.01	-0.10	0.27	0.09
因子寄与	1.29	0.67	0.46	0.44	0.25	3.11
因子寄与率 (%)	8.61	4.45	3.10	2.92	1.66	20.74

■ (網掛け) : 因子の解釈に言及した負荷量
 _____ (アンダーライン) : 因子の解釈の参考にした負荷量

Table5. Factor pattern of dynamic factor analysis(Lag1)

項目	F1 練習強度	F2 自覚的疲労	F3 自覚的体調	F4 練習量	F5 食事満足	共通性
自覚的練習強度		-0.04	-0.03	-0.12	0.12	0.32
自覚的練習意欲		-0.05	0.16	0.13	0.07	0.23
心身の状態		0.02	0.26	0.10	0.05	0.27
自覚的練習達成感		0.01	0.29	0.05	0.12	0.23
最終練習後体重	-0.16	-0.07	0.04	0.04	-0.03	0.03
自覚的疲労	-0.20		0.20	-0.10	0.06	1.00
睡眠時間	0.20	-0.03	-0.06	-0.02	-0.13	0.06
起床時脈拍	0.16	-0.05	-0.03	-0.01	-0.03	0.03
自覚的体調	-0.10	0.00		-0.03	-0.11	0.32
就寝時刻	0.11	0.14		0.22	-0.05	0.24
夕食満足	0.04	0.00	-0.02	0.03	0.21	0.05
昼食満足	0.18	0.05	-0.12	-0.11	0.22	0.11
朝食満足	0.26	-0.02	-0.13	-0.19	0.22	0.17
総練習時間	-0.05	-0.03	0.11		0.12	0.37
総泳距離	-0.02	-0.02	0.00		-0.04	0.18
因子寄与	1.04	0.94	0.74	0.67	0.23	3.62
因子寄与率 (%)	6.91	6.26	4.91	4.49	1.54	24.11

■ (網掛け) : 因子の解釈に言及した負荷量
 _____ (アンダーライン) : 因子の解釈の参考にした負荷量

Table6. Factor pattern of dynamic factor analysis(Lag2)

項目	F1 食事満足	F2 自覚的疲労	F3 練習量	F4 心身の状態	F5 自覚的体調	共通性
昼食満足		-0.06	-0.16	-0.20	-0.01	0.36
朝食満足	0.28	-0.03	-0.20	-0.03	-0.18	0.15
夕食満足		-0.01	0.04	-0.05	0.02	0.12
心身の状態		-0.06	0.03		-0.05	0.32
自覚的練習達成感		-0.01	-0.03	0.25	0.07	0.20
就寝時刻	-0.24	-0.29	-0.24	-0.16	-0.17	0.25
自覚的疲労	-0.25		0.25	-0.05	-0.02	0.83
自覚的練習強度	0.04	-0.16		-0.29	-0.12	0.29
総練習時間	0.04	0.05		0.05	-0.02	0.11
総泳距離	-0.05	0.06		0.00	-0.03	0.10
最終練習後体重	0.01	0.16	-0.04	-0.27	0.03	0.10
自覚的練習意欲	0.00	0.01	0.01	0.26	-0.03	0.07
自覚的体調	0.10	0.04	-0.15	-0.01		0.20
睡眠時間	-0.19	-0.01	-0.09	0.02	-0.10	0.06
起床時脈拍	-0.01	0.07	-0.01	0.10	0.03	0.02
因子寄与	0.99	0.87	0.57	0.47	0.27	3.16
因子寄与率 (%)	6.61	5.77	3.81	3.13	1.77	21.08

■ (網掛け) : 因子の解釈に言及した負荷量
 _____ (アンダーライン) : 因子の解釈の参考にした負荷量

る変動要因を明らかにした。加えて、ラグ付き分散共分散行列を用いた動的因子分析法の適用により、時間的ラグを考慮した際の共通変動要因構造の違いを検証した。

各ラグにおいて抽出されたコンディション変動因子は、練習量、食事満足、自覚的疲労、自覚的体調の共通な4因子と、ラグ0における脈拍因子、ラグ1における練習強度因子、ラグ2における心身の状態因子であった。これらの共通変動要因は西嶋ら(2000)の結果のように生活時間帯により区分されるものとは異なり、練習に関する項目を多く取り入れた大庭ら(1998)の結果に類似していた。

ラグごとのコンディション変動要因構造は、各ラグ共通の因子として、練習量、食事満足、自覚的疲労、自覚的体調が抽出されたが、因子によっては強い説明力を持つ変数の構成が変わっていた。中でも、自覚的疲労因子においてラグ0、ラグ1では関係の強い変数ではなかった就寝時刻が、ラグ2では0.29と時間的経過とともに大きな因子負荷量を示すようになっていた。これより、就寝時刻が時間的ラグを持って影響をおよぼしている可能性がある。しかし、いずれのラグにおいても自覚的疲労が極端に高い因子負荷量を示しているために、自覚的疲労因子は特殊因子であるとも考えられる。また、自覚的体調因子においては自覚的体調がラグ0に比べてラグ1において因子負荷量が高くなっていったことより、自覚的体調が当日よりも前日の状態に影響を受けることが推察された。また、ラグ0およびラグ2においては自覚的体調のみが高く負荷していたため特殊因子とも考えられるが、ラグ1において就寝時刻も高く負荷することより、前日の影響を取り入れることで自覚的体調因子が共通因子として抽出されたものと考えられる。練習量、食事満足因子に関しては、考慮するラグが変わっても大きな構造の変化は見られなかった。

ラグ0でのみ抽出された脈拍の因子は起床時脈拍が0.27と最も高い因子負荷量を示していたが、ラグ1やラグ2において起床時脈拍は高い因子負荷量を示しておらず、起床時脈拍が独立して変動している可能性が示唆された。

練習強度因子はラグ1でのみ抽出されており、また、この因子では練習強度が特に高い因子負荷量を示したことより、前日の練習強度がその日の練習内容に強く影響していたことが推察された。

ラグ2でのみ抽出された心身の状態因子はラグ0では練習強度因子と類似した項目が強い関係性を示していたことより、ラグ2における心身の状態因子は練習強度因子とも解釈できるものと思われる。このことは、やはりその日の練習強度が前日あるいは前々日の練習強度に影響を受けていることを示唆していたと言える。

このように、動的因子分析を用いて時間的ラグを考慮した際の変動要因構造を検証することで、各ラグに共通の要因として練習量、食事満足、自覚的疲労、自覚的体調の4因子を抽出することができた。また、起床時脈拍には独立して変動をしていたことが推察され、練習強度は前日あるいは前々日の強度によってその日の強度が設定されている可能性が示唆された。

4.2 多変量時系列データにおける動的因子分析法

単一事例研究法に基づいて選手のコンディションデータを収集した場合、得られるデータは多くの場合、多変量時系列データの形式になる。トレーニングに伴うコンディション変動は大庭ら(1998)や西嶋ら(2000)が示したように複数の要因が相互に絡みあって変動をしており、それらの要因は少数の観測変数を用いて測定可能である。そのため、因子分析法を適用することで、少数のコンディション変動に関する共通変動

要因を抽出してきた。しかし、多変量時系列データに対して因子分析法を適用する場合には、理論的に前述の時系列因子分析法 (Toyoda, 1997) あるいは動的因子分析法 (Molenaar, 1985) を用いることが望ましいと考えられる。Velicer & Plummer (1998) も時系列分析の有効性を示す中で、多変量時系列データへの動的因子分析法の有効性を示している。Hershberger et al. (1994) は、父と娘における情緒的反応と継父とまま娘における情緒的反応について多変量を用いて時系列に観察したデータに対して動的因子分析法を適用した。これにより、情緒的反応の因子構造が時間的ラグを考慮することで変化することを示した。

本研究では、コンディションに関する多変量時系列データに対して Wood & Brown (1994) が示したプログラムをもとに動的因子分析法を適用した。Wood & Brown (1994) で示されたプログラムは因子分析の初期解を求めることと、複数のモデルを適合度という観点から比較することを目的としたものであったが、本研究では Hershberger et al. (1994) で提案されているように探索的因子分析の立場から初期解に対してコーティマックス基準による直行回転を適用して因子の解釈を行った。ラグを考慮することで、より複雑となる因子構造を単純化し、因子の解釈を容易にすることができた。

動的因子分析の適用により、これまでの p テクニックによる因子分析では不可能であった時間的ラグを考慮した変動要因構造が確認できるようになった。また、練習強度のように時間的ラグを伴ってコンディション管理に影響を及ぼしている変数の存在を明示することができた。同様に、時間的ラグの有無に関わらず構造の変わらないコンディションの変動要因を明示することができた。

以上のことより、コンディションに関する多変量時系列データに対して動的因子分析法を適用することで、データの系列相関に対応

した時間的ラグを考慮した少数の共通変動要因を抽出し、その要因構造を検証できることが示唆された。

本研究では、動的因子分析を用いて時間的ラグを考慮した変動要因構造を捉えることが可能であることを示した。しかし、抽出された変動要因がどのように変動した際に、他の変動要因あるいはコンディション自体が良くなるかを検証するまでには至っていない。この点に関しては、近年、急速に発展しているデータマイニング技法などを用いることで、コンディションが良い状態となる法則を明確にしていくことが課題となる。また、データが時系列データであるために、抽出された変動因子の因子得点を用いることで指数平滑化モデルやARIMAモデルを適用して変動の予測を試みることも可能であると考えられる。この点に関しては現在進行中であり、今後の課題である。

V. 総括

本研究の目的は、動的因子分析法を適用して、単一事例研究法における時間的ラグを考慮した自覚的コンディション変動の要因構造を検証することであった。

対象は、1998年の全日本大学選手権において女子200m個人メドレーで優勝した水泳選手1名であった。対象者自身がコンディションのQCシートを用いて、自覚的な体調、練習および基本的な生活習慣に関する15項目を167日、24週間にわたって毎日記録した。自覚的コンディションデータが多変量時系列データで表現されることを考慮して、最尤法及び直行コーティマックス回転を適用した動的因子分析法により、コンディション変動の共通因子をデータから抽出した。

動的因子分析に用いる分散共分散行列に組み込むラグ数は、各変数の自己相関係数および偏自己相関係数よりラグ2が最適で

あると判断した。モデルの適合度指標から、5因子ラグ2の動的因子分析モデルが採択された。練習量、食事満足、自覚的疲労、自覚的体調の4因子は全てのラグにおいて抽出されたが各ラグにおける自覚的コンディション変動の要因構造は異なることが示唆された。

本女子水泳選手におけるコンディション変動の変動要因構造は時間的ラグを持って構成されることが推察された。多変量時系列データに対しては、動的因子分析法を用いて因子構造の変化を検討することで時間経過に伴う因子構造の変化を確認できることが期待される。

文 献

- 甘利俊一 (1998) 独立成分解析とは。Computer today 87:38-43.
- Anderson, T. W (1963) The use of factor analysis in the statistical analysis of multiple time series. Psychometrika 28:1-25.
- Attias, H (1999) Independent factor analysis. Neural Computation 11:803-851.
- Barlow, D. H., and Hersen, M. (1984) Single-case experimental designs: strategies for studying behavior change (2nd ed.). Pergamon: New York. (高木俊一郎・佐久間徹 (監訳) 1988, 一事例の実験デザイン, 二瓶社:東京) pp. 195-222.
- Cattell, R. B. (1952) Factor analysis: an introduction and manual for the psychologist and social scientist. Harper, New: New York: pp.102-112.
- 石村貞夫 (1999) SPSSによる時系列分析の手順。東京図書:東京, pp. 35-45.
- 菅野淳・西嶋尚彦 (1992) サッカーのトレーニング管理に関する研究-QC手法を用いた実践例。第12回サッカー医・科学研究報告書:143-148.
- 菅野 淳・西嶋尚彦 (1996) プロサッカー選手のシーズンを通じたコンディショニングJリーグサテライト選手における実践一。トレーニング科学8:43-50.
- 狩野裕 (1997) グラフィカル多変量解析。現代数学者:京都, pp.77-164.
- 川原貴 (1991) コンディションチェック指標としての体重、脈拍、尿検査、POMSの検討。日本体育協会スポーツ医科学研究報告9, オーバートレーニングに関する研究第2報:85-91.
- 河野一郎 (1990) 免疫から見たオーバートレーニング。臨床スポーツ医学7:557-560.
- Molenaar, P. C. M. (1985) A dynamic factor model for the analysis of multivariate time series. Psychometrika 50:181-202. Psychology
- Hershberger, S. L., Corneal, S. E., and Molennar, P. C. M. (1994) Dynamic factor analysis: an application to emotional response patterns underlying daughter/father and stepdaughter/stepfather relationships. Structural equation modeling 2:31-52.
- Jutten, C., and Herault, J. (1991) Blind separation of sources, Part I: An adaptive algorithm based on neuromimetic architecture. Signal processing 24:1-10.
- 縄田和満 (1997) TSPによる計量経済入門。朝倉書店:東京, pp129-138.
- 西嶋尚彦 (1990) サッカー選手のコンディショニングのための自己管理手法。トレーニング科学研究会2:68-77.
- 西嶋尚彦・中野貴博・山田剛史 (2000) 単一事例研究法を用いた自覚的コンディション変動の統計的分析。体育学研究45:619-630.

- 大庭恵一・渋谷俊浩・西嶋尚彦・永井 純・和田典子(1998)女子長距離選手におけるコンディションの自己管理システムの開発. 陸上競技研究 35 : 36-44.
- 丹野義彦(2000)効果研究とメタ分析, (編) 下山晴彦, 臨床心理学研究の技法. 福村出版 : 東京, pp. 126-132.
- Toyoda, H. (1997) Time series factor analysis model: factors generated by auto-regression and moving average process. Sociological theory and methods 12 : 1-14.
- 豊田秀樹(1998)共分散構造分析(応用編). 朝倉書店 : 東京, pp. 75-98.
- 津田博史(1994)株式の統計学. 朝倉書店 : 東京, pp. 89-160.
- Velicer, W. F., and Plummer, B. A. (1998) Time series analysis in historiometry: A comment on Simonton. Journal of personality 66 : 476-486.
- 和久貴洋・河野一郎(1993)剣道選手のコンディションに関する研究—コンディション把握のための指標と競技現場におけるコンディション管理方法の検討—. 武道学研究 26 : 12-24.
- 和久貴洋・河野一郎(1996)コンディショニングに用いる指標. (編) 黒田善雄. スポーツのためのセルフケア. 文光堂 : 東京, pp. 88-94.
- Wood, P., and Brown, D. (1994) The study of intra-individual differences by means of dynamic factor models: Rationale, Implementation, and Interpretation. Psychological Bulletin 116 : 166-186.
- 山田剛史(2000)一事例実験, (編) 下山晴彦, 臨床心理学研究の技法. 福村出版 : 東京, pp. 133-140.
- 下山晴彦・丹野義彦編著(2001)一事例実験とメタ分析. 講座臨床心理学第2巻, 東京大学出版会 : 東京, pp. 203-222.
- 山本嘉一郎・小野寺孝義編著(1999)Amosによる共分散構造分析と解析事例. ナカニシヤ出版 : 東京, pp. 83-96.
- 柳井晴夫・繁樹算男・前川眞一・市川雅教(1995)因子分析: その理論と方法. 朝倉書店 : 東京, pp. 107-111.

自覚的コンディションの系列変動分析

中野貴博

研究奨励賞最優秀賞論文
SPSS OPEN HOUSE 2002

自覚的コンディションの系列変動分析

筑波大学体育科学研究科 博士課程 中野貴博

キーワード：多変量時系列データ，動的構造，周期性

使用アプリケーション：SPSS Ver11, AMOS Ver4

1. 背景（社会的ニーズ）

競技者のコンディショニングでは、目指す大会期日に照準を合わせてトップコンディションになるように準備することを目的とし、選手自らがコントロールしなければならない。選手の主体的なコンディション管理は、右図のようにコンディション管理の土台となる。

コンディションの変動及び、影響を与える要因には強い個人差がある。特に、競技水準の高い選手については個別性が大きくなる。しかしながら、個人の特徴を反映できるコンディション変動要因や、そのための観察項目は明確になっていない。個人の時系列なコンディション

OPEN HOUSE 背景：社会的ニーズ

① スポーツ選手がコンディションを管理していくには、選手自償によるセルフコントロール(自覚的コンディション)が基本となる。

② コンディションの変動及び、影響を与える要因には強い個人差があるため個人の系列的変動を分析対象とするべき。

SPSS

変動データを分析、評価することができれば、選手が主体的にコンディションをコントロールしていく上での手助けとなる。

2. 背景（学術的ニーズ）

多変量時系列データに対する変動要因抽出法としては、p技法による因子分析法がある。しかし、この方法は系列相関が考慮されていないという理論的問題点があった。この問題を解決する方法として、動的因子分析法がある。この方法は時間差を含んだ因子構造（動的構造）を抽出することができる意味で有用である。また、動的因子分析を探索的立場で行い、仮説構造を構築することで、共分散構造分析(SEM)を用いてモデル検証することが可能となる。これにより、対象者におけるコンディション変動の構造を確定できる。

OPEN HOUSE 背景：学術的ニーズ

① 動的構造の検証

- 多変量時系列データの分析
 - P-技法による因子分析・・・系列相関が考慮できない
 - 動的因子分析, 時系列因子分析, 独立成分分析
- 構造の検証
 - 共分散構造分析・・・動的構造の検証的因子分析

② 周期性の分析

各変動因子の変動傾向を捉えることを可能にしたい。また、変動の周期性を探索することは有効であろう。

- 時系列グラフ 定常, 非定常, 不規則変動, ホワイトノイズなど
- スペクトル分析 周期性の探索

SPSS

さらに、因子得点を用いて、伝統的な時系列グラフやスペクトル分析を用いることで変動の傾向や周期性を分析できる。

3. 目的

コンディションは、毎日のトレーニング生活に伴って変動しており、体重、体温、脈拍、自覚的体調などの簡易な項目を用いてほぼ毎日、主体的に測定することで、各個人のコンディション変動に関する時系列データが得られる。コンディションの変動は、トレーニング内容や量などの影響を受けて変動するために、競技水準が高くなるほど個人差が大きくなるのが特徴である。このため、競技水準の高い選手については、複数の選手のデータを平均するよりも、個々の選手について個体内変動を捉える方が得られる情報が多い。

そのため、スポーツ選手は、セルフコントロールをする必要があり、コンディション管理を行う上での土台となる。しかしながら、コンディション変動要因は明確

4. 仮説

研究目的を検討するために大きく2つの仮説の検証を試みた。

第一に、動的構造の検証について「自覚的コンディション変動には、時間差を持って及ぼす変数が存在する」という仮説を動的因子分析を用いて検証し、続いて「時間差を与えた変数を用いることでコンディション変動の動的な構造を検証することができる」ことを、共分散構造分析により検証した。

第二に、周期性の探索について「自覚的コンディション変動因子には傾向が存在する」ことを時系列グラフを用いて確かめた。さらに「自覚的コンディション変動因子の変動には周期性が潜む」ことをスペクトル分析を用いて検証した。

① 単一の被験者における自覚的コンディションの多変量時系列データを採取(セルフコントロール)。

⇒ 変動要因の探索及び、構造の検証

② 検証されたコンディション変動要因の因子得点を用いて時系列変動を観察及び分析。

⇒ 変動傾向及び、周期性の探索

SPSS

になっていないのが現状である。そこで、個人の時系列なコンディション変動データを分析し、変動要因の抽出及び変動傾向の把握ができれば、選手が主体的にコンディションをコントロールしやすく手助けとなる。

本研究では、単一の被験者

における自覚的コンディションの多変量時系列データを採取し、コンディション変動要因の探索及び、構造の検証をすることを目的とした。加えて、検証された要因の変動傾向及び、周期性を探索することを目的とした。

① 動的構造の検証
(仮説)

・自覚的コンディション変動には、時間差を持って影響を及ぼす変数が存在する。 ⇒ 動的因子分析

・時間差を与えた変数を用いることでコンディション変動の動的な構造を検証することができる。

⇒ 検証的因子分析(共分散構造分析)

② 周期性の探索
(仮説)

・自覚的コンディション変動因子には傾向が存在する。

⇒ 時系列グラフ

・自覚的コンディション変動因子の変動には周期性が潜む。

⇒ スペクトル分析

SPSS

5. 対象・測定期間

社会人女子競歩選手1名(2002年アジア大会代表)を対象とした。年齢は25歳、測定開始時の身長は154.0cm、体重は46.0kgであった。競技歴は13年であり、最高競技成績は、平成14(2002)年日本選手権優勝(20Km)であった。記録は1時間33分34秒であった。本研究では、平成12年5月1日から平成14年4月14日の714日間、継続して測定及び記録されたデータを用いた。



対象・測定期間

社会人女子競歩選手1名(2002年アジア大会代表)

身長: 154.0cm	体重: 46.0kg(調査開始時)
BMI: 19.4	年齢: 25歳
競技歴: 13年	
競技成績: 日本選手権優勝(2002年) 1時間33分34秒(20Km)	
測定期間: 平成12年5月1日~14年4月14日(714日間)	



6. 測定項目

測定項目は、大きく、主体分類、生活分類、環境分類に分けて設定した。

主体分類は、自覚的疲労感、自覚的体調、情緒不安定性の3項目であった。

生活環境分類は、練習に関するものとして自覚的練習意欲、自覚的練習疲労感、自覚的練習強度、練習時間、自覚的練習達成感、練習後体重・体脂肪、最終練習後体重の8項目。食事に関するものとして朝食満足、昼食満足、夕食満足、食欲、排便状況の4項目。起床時に関するものとして起床時脈拍、起床時体温、起床時体重・体脂肪、起床時血圧の5項目。睡眠に関するものとして就寝時刻、起床時刻、睡眠時間、熟睡度の4項目の合計21項目であった。

自然環境分類は、日照時間、天気、平均湿度、平均気温、最高気温、最低気温の6項目であった。



測定項目

分類	領域	項目	
主体	自覚的体調	自覚的疲労感* 情緒不安定性*	自覚的体調*
		自覚的練習意欲* 自覚的練習強度* 自覚的練習達成感* 最終練習後体重	練習疲労感 練習時間 練習後体重・体脂肪
生活環境	食事	朝食満足 夕食満足* 排便状況	昼食満足 食欲
		起床時	起床時脈拍* 起床時体温・体脂肪*
	睡眠	就寝時刻* 睡眠時間*	起床時刻 熟睡度*
		自然環境	日照時間* 平均湿度* 最高気温

*:分析対象項目



時刻及び時間に関する項目は24時間表記で記録し、体重は小数点以下第1位まで、脈拍、体温は実測値を、夕食満足、昼食満足、朝食満足の3項目は少・普・多の3件法(対象者の意向により)を用い、

それ以外の項目には5件法尺度を用いた。

これらの項目をA4一枚の用紙にまとめて記録できるようにし、これを「コンディションのQCシート」と称した。

7. 手続き

データ収集では、

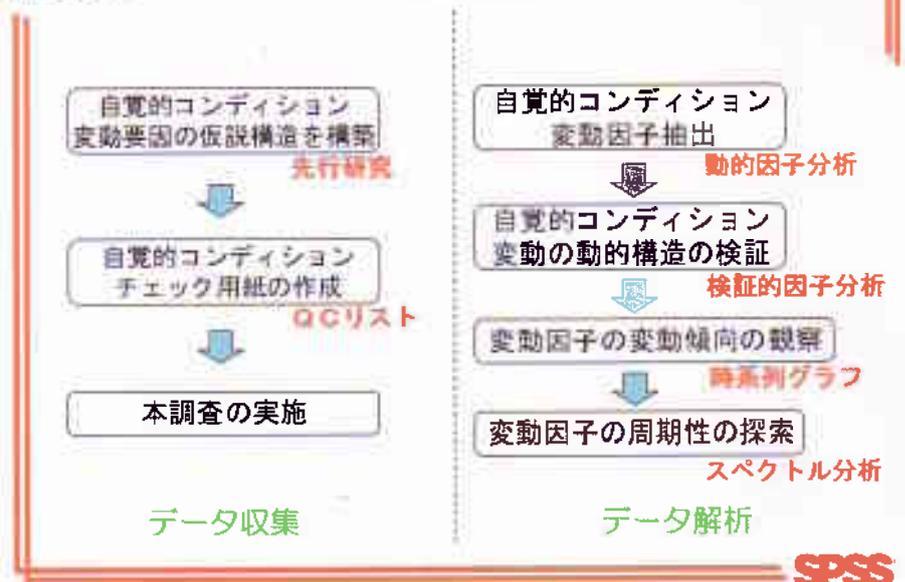
- ①選手の自覚的コンディション変動要因の仮説構造を構築
- ②仮説構造をもとにコンディション指標を選択
- ③コンディションチェック用紙(QCシート)を作成
- ④調査の実施

データ解析では、

- ⑤探索的な立場による動的因子分析法を用いてコンディションの変動因子抽出
- ⑥共分散構造分析による自覚的コンディションの動的構造の検証
- ⑦因子得点を用いた各変動因子の時系列グラフによる変動傾向の観察
- ⑧スペクトル分析による変動因

OPEN HOUSE

手続き



子の周期性の探索であった。

8. 統計解析（分析項目・欠損値）

①分析対象項目の選択

分析対象項目は内容的妥当性及び記述統計量を考慮して選択した。また、対象者が継続的に記録を行い易かった項目を用いた。加えて、因子分析を行った際に共通性が1以下となることにも留意して項目選択を行った。

最終的に選択された項目は、主体分類から3項目、生活環境分類から10項目、自然環境分類から2項目の合計15項目であった。

②欠損値処理

欠損値は主に、練習に関する項目に多く見られるが、これは、競歩の練習を行っていない日は練習関連の項目を記入していないためである。

本研究では、データが時系

OPEN HOUSE

統計解析：分析項目・欠損値

① 分析対象項目の選択

内容的妥当性及び記述統計量を考慮。また、動的因子分析において各項目の共通性が1以下となるような15項目を分析対象項目として選択した。選択された項目は、主体分類から3項目、生活環境分類から10項目、自然環境分類から2項目であった。

② 欠損値処理

欠損値のあった項目においては、SPSSにおける線形トレンドを用いて置換した。線形トレンドでは既存の系列は1～nのスケールの指標変数で回帰され、欠損値はその予測値で置換される。

列データであり、変動の傾向把握を目的としていることを考慮して、SPSSにおける線形トレンドを用いて欠損値を置換した。線

型トレンドでは既存の系列は1～nのスケールの指標変数で回帰され、欠損値はその予測値で置換される。

9. 統計解析（動的構造の検証）

①動的因子分析

多変量時系列データの系列相関を考慮できる動的因子分析法を探索的立場で用いて、コンディションの変動要因を抽出した。動的因子分析法はラグ付き分散共分散を用いることで、データの系列相関を考慮できる因子分析法であり、多変量時系列データへの適用が推奨されている方法である。推定方法は最尤法を、回転はバリマックス回転（動的因子分析の仮定より斜交回転は不可）を用いた。また、動的因子分析法では、この式のようなモデル式が考えられますが特に共通因子と時間因子を重視した。

②共分散構造分析

探索的立場で行った動的因子分析の結果をもとに、自覚



統計解析：動的構造の検証

① 動的因子分析

系列相関のある多変量時系列データに対する因子分析法としては、現在、動的因子分析法の他にも時系列因子分析や独立成分分析などが提案されているが、本研究では動的因子分析法（最尤法、バリマックス回転）を用いた。各変数を1つ1つの時系列と考える時系列分析法に対して、動的因子分析法はデータの系列相関を考慮できる因子分析法である。本研究では探索的な立場で動的因子分析法を用いた。

$$\text{変数 } X = \text{共通因子} + \text{時間因子} + \text{特殊因子} + \text{誤差}$$

② 検証的因子分析（共分散構造分析）

探索的因子分析としての動的因子分析法の結果をもとに、自覚的コンディションの動的な因子構造を仮定し、共分散構造分析における検証的因子分析モデルを用いて検証した（最尤法）。仮定した動的な因子構造には、各変数において一日のラグを与えた変数（t-1）とラグを与えない（t-0）を作成して用いた。

SPSS

動的なコンディションの動的な因子構造を仮定し、共分散構造分析における検証的因子分析モデルを用いて構造の検証を行った。推定方法は最尤法を用

いた。仮定した動的な因子構造には、各変数において一日のラグを与えた変数（t-1）とラグを与えない（t-0）を作成して用いた。

10. 統計解析（周期性の探索）

①時系列グラフ

検証された動的な因子構造の結果をもとに、各変動因子の因子得点を算出した。1週間を1生活サイクルと考え、各因子に対して1週間に1データとなるように因子得点の平均値を算出した。時系列分析の最初の手順として時系列グラフを作成し、各コンディション変動因子の長期的傾向（定常、非定常、上昇傾向など）を時系列グラフの形状より観察した。

②スペクトル分析

本研究では、各変動因子の周期性を探索することがひとつの目的であった。そこで、時系列をフーリエ級数で表現し最大周期を見つけ出すスペクトル分析を行った。スペクトル分析の



統計解析：周期性の探索

① 時系列グラフ

検証された動的な因子構造の結果をもとに、各因子の因子得点を算出した。1週間を1生活サイクルと考え、各因子に対して1週間に1データとなるように因子得点の平均値を算出した。時系列分析の最初の手順として時系列グラフを作成し、各コンディション変動因子の長期的傾向（定常、非定常など）を時系列グラフの形状より観察した。

② スペクトル分析

各変動因子の周期性を探索するために、時系列をフーリエ級数で表現し最大周期を見つけ出すスペクトル分析を行った。スペクトル分析の結果はピリオドグラムを示すことで周期の期間を観察した。

結果はピリオドグラムを示すことで周期性を観察した。

時系列グラフによる変動傾向の把握とスペクトル分析による周期性の探索により、今後

ARIMA モデルなどによる時系列予測への発展も考えられる。

SPSS

11. 結果1 (記述統計量)

練習に関する項目は、いずれもトラックあるいはロードで練習を行った日のみ記録した。また、体重・体脂肪においては合宿先などにおいて測定できなかった日は欠損となっていた。

5件法で評価した主体分類の3項目と、生活分類の練習意欲、練習強度、練習達成感、夕食満足、起床時脈拍、起床時体重、起床時体脂肪、就寝時刻、睡眠時間、熟睡度、日照量、平均湿度



結果1：記述統計量

項目	度数	最小値	最大値	平均値	標準偏差
自覚的疲労感	713	1	4	2.7	0.5
自覚的体調	713	1	5	3.0	0.6
情緒不安定性	713	1	5	2.7	0.5
練習意欲	464	2	5	3.1	0.5
練習強度	463	1	5	2.7	1.0
練習達成感	465	1	5	3.0	0.6
夕食満足	714	1	3	2.0	0.3
起床時脈拍	712	40	76	50.2	5.5
起床時体重	705	42.4	51.4	46.7	2.0
起床時体脂肪	693	19.5	29.5	23.7	2.4
就寝時刻	714	20	26	22.3	0.5
睡眠時間	714	2.17	9.83	6.8	1.0
熟睡度	711	1.5	5	3.4	0.8
日照量	714	0	12.9	6.1	4.2
平均湿度	714	21	84	62.1	14.6

練習に関する項目は、いずれもトラックあるいはロードで練習を行った日のみ記録した。また、体重・体脂肪においては合宿先などにおいて測定できなかった日は欠損となっていた。



起床時体脂肪は23.1であったが、これも期間中は減少傾向にあった。就寝時刻はおよそ午後10時20分、睡眠時間がお

よそ6時間50分であった。日照量は6.1時間、平均湿度は62.1%であった。

12. 結果2 (動的因子分析)

①ラグ0の因子負荷量行列

0.2以上の因子負荷量を示した変数及び、相対的に高い因子負荷量を示した変数を考慮して因子の解釈をしたところ、練習、気象条件、睡眠、起床時に関するものと解釈できる4つの変動因子が抽出された。

②ラグ1の因子負荷量行列

0.2以上の因子負荷量を示した変数及び、相対的に高い因子負荷量を示した変数を考慮して因子の解釈をしたところ、睡眠、気象条件、自覚的体調、練習に関するものと解釈できる4つの変動因子が抽出された。



結果2：動的因子分析

因子負荷量行列(ラグ0)

因子負荷量行列(ラグ1)

項目	ラグ0				項目	ラグ1			
	練習	気象条件	睡眠	起床時		練習	気象条件	睡眠	起床時
意欲	0.77	0.02	-0.10	-0.04	睡眠時間	0.02	0.00	0.00	0.00
達成感	0.75	0.02	0.03	-0.12	就寝時刻	0.02	0.00	0.00	0.00
強度	0.27	0.00	-0.07	0.06	湿度	-0.01	0.75	0.10	0.10
情緒	0.28	0.34	0.07	0.00	日照時間	-0.05	0.63	0.00	-0.05
熟睡度	0.11	0.07	0.02	0.00	夕食満足	0.02	0.19	0.04	0.00
体調	0.03	0.34	-0.02	0.12	疲労感	0.00	-0.04	0.54	0.12
湿度	0.07	0.47	0.00	-0.02	体調	0.01	-0.02	0.70	0.10
日照時間	-0.00	-0.72	-0.04	0.12	情緒	-0.01	-0.11	0.70	0.20
疲労感	-0.00	0.13	0.12	0.00	脈拍	0.00	-0.04	0.51	-0.02
起床時脈拍	-0.00	0.11	-0.01	-0.00	熟睡度	0.02	0.03	0.07	0.21
睡眠時間	-0.02	-0.20	0.75	-0.04	達成感	0.03	0.00	0.00	0.10
夕食満足	-0.01	-0.02	0.05	0.02	意欲	-0.03	0.04	0.08	0.00
起床時体重	-0.02	0.02	0.02	0.11	起床時脂肪	0.00	0.01	-0.04	0.17
就寝時刻	0.01	0.01	0.02	-0.00	起床時体重	-0.02	0.02	-0.00	-0.00
脈拍	0.00	0.10	-0.01	0.10	強度	-0.01	0.00	0.00	0.10

ラグ0では、練習、気象条件、睡眠、起床時(ラグ0のみ)と解釈できる4つの変動因子が抽出された。ラグ1では練習、気象条件、睡眠に加えて自覚的体調と解釈される変動因子が抽出された。このことより、**全部で5つの変動因子を仮定してコンディション変動の動的因子構造を構築**することとした。



2つの因子負荷量行列の解釈結果よりラグ1までを考慮することで、合計5つの変動因子が抽出された。以後、こ

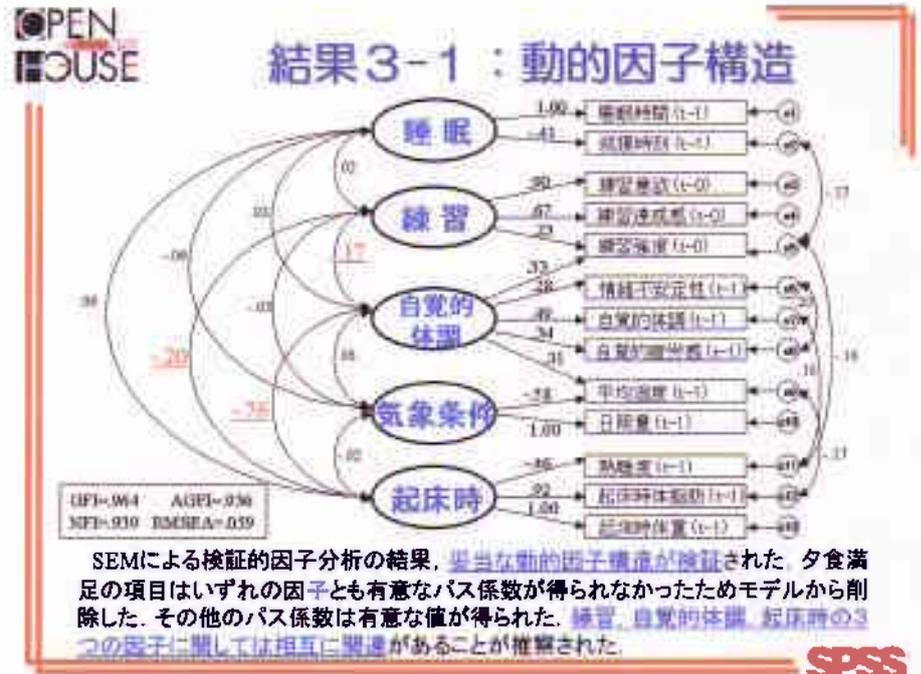
の結果をもとにラグ付きの動的な変動因子構造を仮定し、コンディション変動の動的構造の検証を行った。

13. 結果3-1 (動的因子構造)

因子分析の結果をもとに仮定したコンディションの動的構造の検証を行った所、右図のような結果が得られた。

モデルの適合度指標はGFIが.964, AGFIが.936, NFIが.939, RMSEAが.059であり、妥当な動的構造が検証されたものと判断された。図中の観測項目と変動因子間のパス係数はいずれも有意な値を示していた。しかし、動的因子分析の段階で含まれていた夕食満足的项目はいずれの変動因子とも有意なパス係数が得られなかったためにモデルから削除した。また、AMOSにおける修正指標と内容的妥当性を考慮してモデルに修正を加えた箇所は自覚的体調因子から練習強度及び平均湿度へのパスを付加した点と誤差変数間の共分散を設定した点であった。

因子構造は睡眠、自覚的体調、気象条件、起床時の4つ



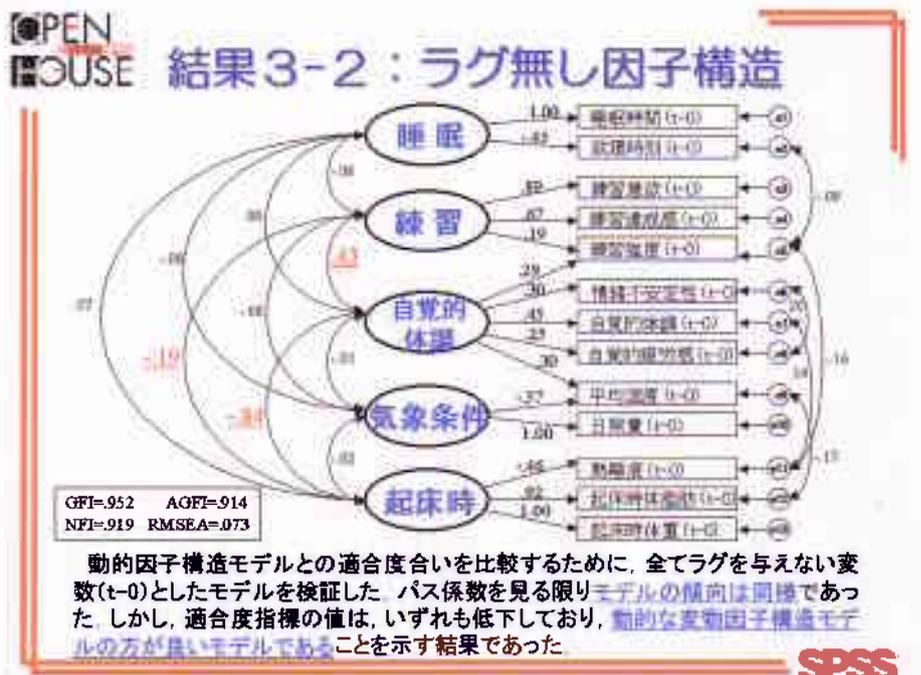
の因子では各変数の前日の値が強い関係を示しているのに対して練習因子は、その日の状態が強く影響していることが推察された。自覚的体調因子において練習強度のみが他の項目と比べ一日の時間差を持って影響を及ぼしている点も興味深

い点である。また、因子間相関を見ると練習、自覚的体調、起床時の3つの因子においては相互に関連があることが推察された。

14. 結果3-2 (ラグ無し因子構造)

ラグ付きの変数を用いずに同様の仮説構造を検証した。変数は全て同じ時点での変数(t-1)を用いた。

因子構造およびパス係数という点では動的因子構造とほぼ同様の傾向が観察された。モデル全体の適合度指標を見るとGFIが.964, AGFIが.936, NFIが.939, RMSEAが.059であり、いずれも動的構造のモデルの方が良好な値を示していた。モデル間比較の指標であるAICやBICもいずれも動的因子構造の方が明らかに良好な値を示しており、時系列なコンディ



ション変動因子構造を示す際には時間的ラグを考慮する方が適

切であることが示された。

15. 結果4（時系列グラフ：気象条件，起床時，自覚的体調）

①気象条件

気象条件は得点が高いほど蒸し暑く，条件としては悪かったと考えられる。グラフを見る限り変動に大きな傾向は見受けられず，ほぼ0を中心に定常的な変動であったと思われる。不規則変動とも見えるが，日本の気候特性を考えあわせて定常であったと判断した。

②起床時

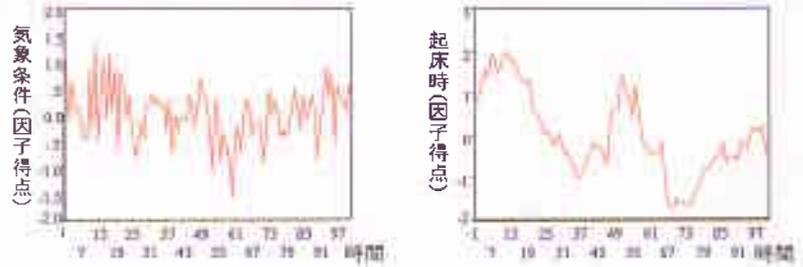
起床時は主に起床時体重の変動が得点の変動に影響していると考えられる。グラフは徐々に減少傾向にあったことを示していると思われる。また約35週間ごとに同様の形をした3つの山が観察された。

③自覚的体調

自覚的体調は得点が高いほど

OPEN
HOUSE

結果4-1：時系列グラフ



気象条件は，得点が高いほど蒸し暑く条件は悪かったと考えられるが，期間中を通して定常的な変動であった。起床時の状態は主に体重の変動を示すが，徐々に現象傾向にあった。また，35週間ごとに同様の形をした3つの山が見られた。自覚的体調は得点が高い程良い状態を示すが，全体を通して若干の上昇傾向にあった。

SPSS

ど良い状態を示している。時系列グラフからは期間中を通して変動を繰り返しながらも上昇傾向を示していたことが観察される。この点は，対象者において

期間後半に好結果が連続したことを裏付ける結果であった。

16. 結果4（時系列グラフ：練習，睡眠）

①練習

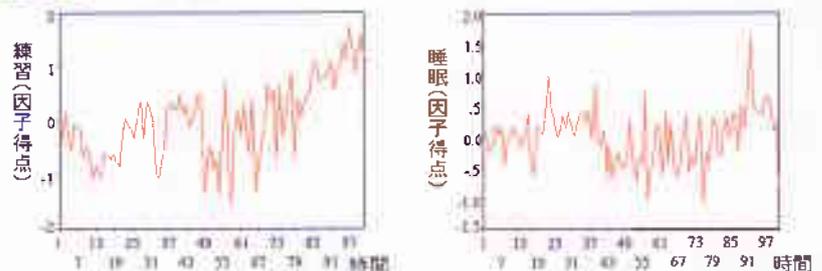
練習は，得点が高いほど達成感や意欲が高く，良い状態で練習が行えていたと考えられる。時系列グラフからは変動を繰り返しながらも，期間中を通して若干の上昇傾向にあったことが観察された。これも，自覚的体調と同様に，期間後半に好結果を裏付ける結果であった。

②睡眠

睡眠は，得点が高いほど多くの睡眠時間を取れていたことを示すが，対象者においては，大きな変動は少なく，ほぼ定常的な変動をしており期間中を通して7時間前後の平均的睡眠時間であったことが観察された。

OPEN
HOUSE

結果4-2：時系列グラフ



練習は，得点が高いほど達成感や意欲が高く，良い状態でできていたと考えられる。傾向としては変動を繰り返しながらも，期間中を通して上昇傾向にあったことがグラフより観察された。睡眠は，得点が高いほど多くの睡眠時間を取れていたことを示すが，対象者においては，おおよそ定常的な変動をしており，期間中を通して7時間前後の平均的睡眠時間であったことがわかる。また，就寝時刻においては大きな変動はなかったことが推察される。

SPSS

17. 結果5（スペクトル分析：気象条件，起床時，自覚的体調）

本研究では全体のデータは102なので、スペクトル分析の結果は周期51以下までに着目した。

①気象条件

気象条件は、これといって特徴的な周期は観察されず、期間中は定常的な変動であったことを裏付けしていた。本研究においては気象条件として湿度と日照量を用いているために、気温などに比べて大きな変動は観察されなかったものと考えられる。

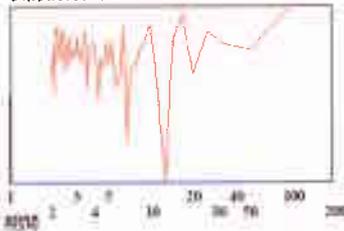
②起床時

起床時はやはり、約35週間ごとの周期性が強く現れていた。35週間の周期がどのような意味を持つのかは現時点ではわからないが、今後、練習における

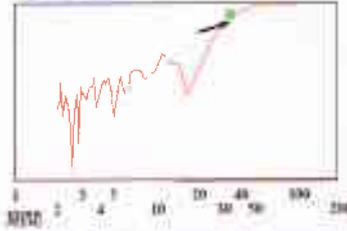
OPEN
HOUSE

結果5-1：スペクトル分析

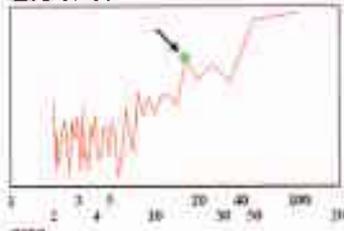
気象条件のヒリオグラム



起床時のヒリオグラム



自覚的体調のヒリオグラム



気象条件は、特徴的な周期は観察されず定常的であったことを裏付けしていた。起床時はスペクトル分析の結果を見ても、やはり、約35週間ごとの周期性が観察されていた。自覚的体調は約18週間（約4ヶ月）の周期を持って変動していたことを示していた。本研究では全体のデータは102なので、スペクトル分析の結果は周期51以下までに着目した。

SPSS

記録などに見比べていきたいところである。

③自覚的体調

自覚的体調は約18週間（約4ヶ月）の周期がもっとも強い周期となって変動していたことが観察された。

18. 結果5（スペクトル分析：練習，睡眠）

①練習

練習は、時系列グラフでは若干の上昇傾向を把握するまでであったが、スペクトル分析の結果より約8週間と約16週間の2つの周期が存在しうることが示された。これより対象者においては2ヶ月あるいは4ヶ月周期で練習が構成されていた可能性がある。

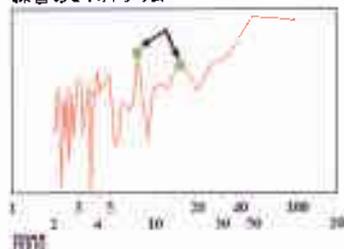
②睡眠

睡眠は、時系列グラフにおいても定常的な変動を示していたように突出した周期は観察されなかったが、強いて挙げるとすれば、2週間強（16,17日あたり）の周期が最も強い周期であったと言えそうである。しかし、変動が定常的であったことより睡眠においては周期性は、ほぼなかったと考えられる。

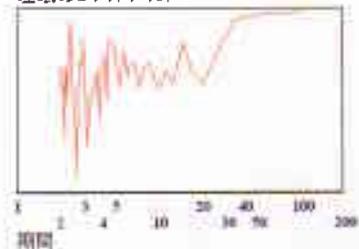
OPEN
HOUSE

結果5-2：スペクトル分析

練習のヒリオグラム



睡眠のヒリオグラム



練習は、時系列グラフでは若干の上昇傾向を把握するまでであったが、スペクトル分析の結果より約8週間の周期と約16週間の2つの周期が存在しうることが示された。睡眠は、時系列グラフにおいても定常的な変動を示していたように、突出した周期は観察されなかったが、強いて挙げるとすれば、2週間強（16,17日あたり）の周期が最も強い周期であったと言えそうである。しかし、変動が定常的であったことより、睡眠においては周期性は、ほぼなかったと考えられる。

SPSS

19. 結論

①動的構造の検証

動的因子分析により、時間差を与えることで因子負荷量の増加する項目が多く示され、時間差を持って影響を及ぼす変数が存在したことが示された。また、自覚的体調因子のように時間差を与えることで新たに出現する因子も存在した。

共分散構造分析による動的構造の検証においても、妥当な動的構造モデルが検証されコンディション変動を、動的構造で示すことの妥当性が示された。さらに検証された構造より時間差を持って影響を及ぼす変数や変動因子間の関係性も考察することが可能となった。

②周期性の探索

気象条件と睡眠の変動因子では定常的な変動を示しており、強い周期性は観察されなかった。一方で、起床時、自覚的

①. 動的構造の検証

・時間差を持って影響を及ぼす変数が存在したことが示された。

・コンディション変動は、通常の因子構造よりも動的因子構造で示すことが妥当であることが検証された。

②. 周期性の探索

・変動因子には定常的な変動を示すものと、起床時、自覚的体調、練習のように上昇傾向を示すものが観察された。

・周期の大小は違うが因子の変動に周期性を観察できた。これより、周期的に良い状態となる時期を探索することが可能になる。

今後は、ARIMAモデルなどによる変動予測を行いたい。またデータマイニングによる好調時の規則性抽出も可能であろう。

体調、練習の変動因子では、いずれも上昇傾向を示しており、周期の大小は違うものの周期性を観察することができた。このことより、各変動因子の周期を複合的に考えあわせることで周期的に良い状態となる時期

を探索することが可能になるものと思われる。

今後はARIMAモデルなどによる変動予測を行っていきたい。またデータマイニング手法を用いることで好調時の規則性抽出も可能であろう。