

原著

2. RPE 数理モデルを用いたボート選手のトレーニングデザイン

—エリートボート選手のケーススタディー—

鈴木 省三, 阿部 肇¹⁾, 田口 喜雄,
宮城 進, 勝田 隆, 中房 敏朗,
長橋 雅人, 菊池 直子, 朴澤 泰治

Program Design for an Elite Japanese Rower based on the RPE Mathematical Model

SUZUKI Shozo, ABE Tadashi, TAGUCHI Yoshio, MIYAGI Susumu, KATSUTA Takashi,
NAKAFUSA Toshiro, NAGAHASHI Masahito, KIKUCHI Naoko and HOZAWA Taiji

We investigated whether the RPE mathematical model, which can easily be applied to routine training, is useful in preparing, implementing, analyzing and assessing a year-long training program for an elite Japanese rower and in evaluating his condition based on conventional physiological parameters. The data used for analysis was the training program for three main boat races held in 2002.

In the result, 1) monotony increased to the twice or more just before each competition involved in rise of heart rate; the peaking program was monotonous, and efficacy of the training, therefore, decreased. and 2) in performance, on the day of prediction calculated by the mathematical model and the actual day of each race, it differed at the maximum on the 14th; reliability of the performance value from the mathematical model was confirmed by that from two time-point measurement of the rowing ergometer test.

The findings of the present study suggest that year-long program design utilizing the RPE mathematical model can simulate performance fluctuations in terms of exertion, duration and frequency. It is therefore possible that overtraining can be prevented and periodization used to maximize performance at a particular competition. Furthermore, so as to maximize performance at a particular competition, it is necessary not only to utilize the RPE mathematical model, but also to combine objective and subjective parameters such as morning pulse rate, CPS, TQR and monotony. Program design accounting for these parameters should prove useful in the routine training of top athletes.

Key words : mathematical model, predict performance, monotony, RPE, CPS

1. はじめに

トレーニングの最終目的は、重要な試合場面で最高の力を発揮できるように準備することであり、年間あるいは複数年にわたりトレーニングや競技力の戦略を高度化させる事が必要不可欠となる。そのためには、スポーツ種目特異性の分析 (Sport-Specific Needs Analysis) を通した年間トレーニング計画・実践・分析・評価そして再計画といった循環プロセスはもちろんのこと、それら一連の流れを評価する手法が、質の高いプログラムデザインを立案する上で極めて重要となる。ボート

1) 仙台大学ボート部監督

競技のパフォーマンスの特異性について分析した結果を図1に示した。

Calvertら¹²⁾は、トレーニングを入力、トレーニングを行った結果としてあらわれる身体作業能力の変化を出力とする数学的モデルによって、両者の関係を評価した。

これは、トレーニング刺激を入力インパルス、トレーニングによる身体作業能力の変化をインパルス応答とし、このインパルス応答に、トレーニングによるマイナスの要素（疲労等）とプラスの要素（体力の向上）といった2つの拮抗する関数を取り入れ、身体作業能力の変化をトレーニングによる入力と、インパルス応答のたたきこみ和として示した。そしてこのモデルを用いて、陸上長距離³⁾、トライアスロン⁴⁾、水泳^{2,17)}、自転車^{8,11)}、ランニング^{18,20)}、ハンマー投げ¹⁰⁾、ウエイトリフティング^{7,9)}におけるトレーニングと身体作業能力の関係が明らかにされ、その結果、モデルの算出値と実測値との間には高い正の相関が認められた。またプラスの影響の時定数は38～60日、マイナスの影響の時定数は2～13日と算出され、トレーニングを行うことによるマイナス方向への速度変化は、プラス方向の速度変化よりも速い事が示された。Fitz-Clarkeら¹⁴⁾は、これらモデルを用いてシミュレーションを実施し、トレーニングが身体作業能力に最大の効果をもたらす期間等を算出した。このように、トレーニングの効果を、正あるいは負へと導く係数がモデルから求められることによって、身体作業能力を最大にするためのテーパリングを科学的に検証した。

しかしながら、これら先行研究^{2,3,4,18)}のTRIMP数値モデルをスポーツのトレーニング現場で応用するためには、毎日のトレーニング量(TRIMP: training impulse)を算出するために運動中の心拍数変動をモニターする機器を装着して計測・分析しなければならず、現場で手軽に利用できない問題点として今日でも課題として残っている。

そこで筆者らは、Banisterらの研究グループが提示したパフォーマンスを予測するTRIMP数値

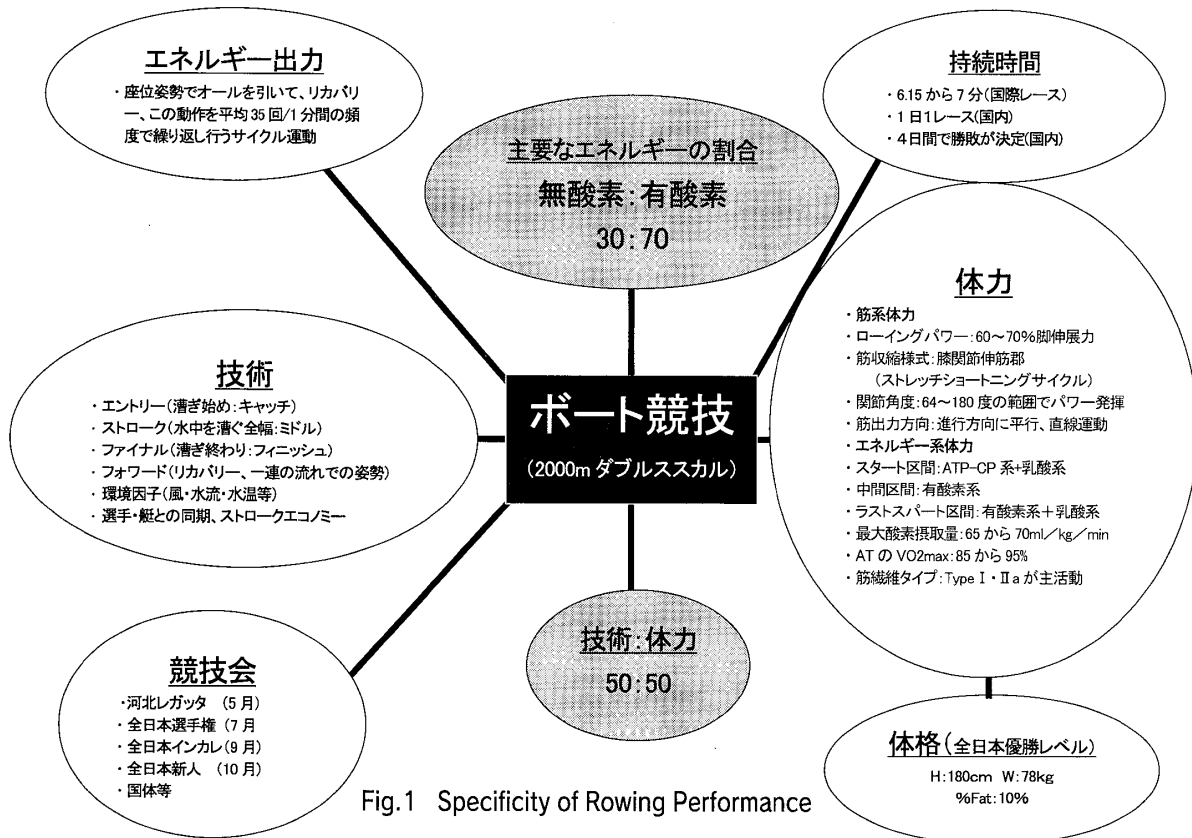


Fig.1 Specificity of Rowing Performance

モデルを用いて、日本人にも適応可能かどうかの検証実験を実施した。その結果、この数理モデルは日本人においても、パフォーマンスを予測するモデルとして適切であることが明らかとなった¹⁹⁾。

また、Borgらは、Category ratio-scale(CR-10)³⁾が、心拍数と血中乳酸濃度の増減に対応したスケールであることを報告した⁵⁾。そこで現場で手軽に利用できることを狙いに、トレーニング時間、運動中の%HRmaxさらに血中乳酸濃度の係数の積から算出するTRIMPをBorgらのCR-10を一部変更したRPE¹⁵⁾からトレーニング量(トレーニング時間×Session RPE)を算出するRPEモデルに変更し、両者のパフォーマンス予測に関する比較を試みた結果、高い相関関係が示された²⁰⁾。

最近筆者たちが取り組んでいるボート競技においては、KellmannとGunther¹⁶⁾たちによる質問紙を用いたコンディションのモニタリングに関する報告の他には、ボート選手の年間トレーニングプログラムを客観的な側面からコンディションをモニタリングした実例や、トレーニングプログラムが選手に有効に機能したかの評価に関する具体的な研究報告は未だほとんどなされていない。

そこで本研究は、ボート競技大学トップ選手のトレーニングプログラムの作成・実践・分析・評価のプロセスに、従来の生理的パラメータを用いたコンディションの把握に加えて、現場で気軽に利用できるRPE数理モデルの適用が、年間のプログラムデザインに有用であるかどうかを解析した。

2. 方 法

2-1 被験者

被験者は、2001年インターハイダブルスカル優勝の実績を持つS大学ボート選手H.D.(187cm, 73kg)の1名であった。なお、H.D.選手には本研究の目的、方法およびサポートに伴う危険性について十分に説明し、本研究に参加する同意を得て実施した。

2-2 測定方法

実験デザインを図2に示した。ボート部の年間トレーニング計画は、休息期、準備期、試合期からなるマクロサイクルで構成されていた。パフォーマンスを最高の水準まで高めていく特別なピーキング期間が全日本選手権(7/4-7)、全日本インカレ(8/22-25)そして全日本新人戦(10/4-6)の主要な競技会前に設定されていた。これらのプログラムは監督によって計画され実行された。選手には起床時脈拍数、体重、主観的運動強度(Rating of Perceived Exertion: RPE)・筋痛(Category ratio Pain Scale: CPS)等からなるトレーニング日誌を平成14年4月7日～10月28日までの7ヶ月間毎日記入してもらった。

2-3 測定項目

1) 起床時脈拍数と体重: 起床時脈拍数は、毎朝目がさめたと同時に蒲団の中で触診により1分間計測した。体重は50g感度の精密体重計UC-300(エー・アンド・デイ社製)を用い、同一条件下で計測した。

2) RPE、CPS: 被験者は、FosterとLehmann¹⁵⁾らのRPE改変スケール(図3)、Arvidsson¹⁾らのCPSスケール(図4)を用いて、トレーニング終了30分後にトレーニング内容の主観的強度と筋痛について評価した。

3) Load, Monotony, Strainの算出方法

FosterとLehmann¹⁵⁾が報告した算出方法に従ってLoad, Monotony, Strainの各数値を求めた。Monotony等の算出方法であるが、本被験者H.D.を対象に具体例を示し解説する。表1にH.D.

RPE 数値モデルを用いたボート選手のトレーニングデザイン

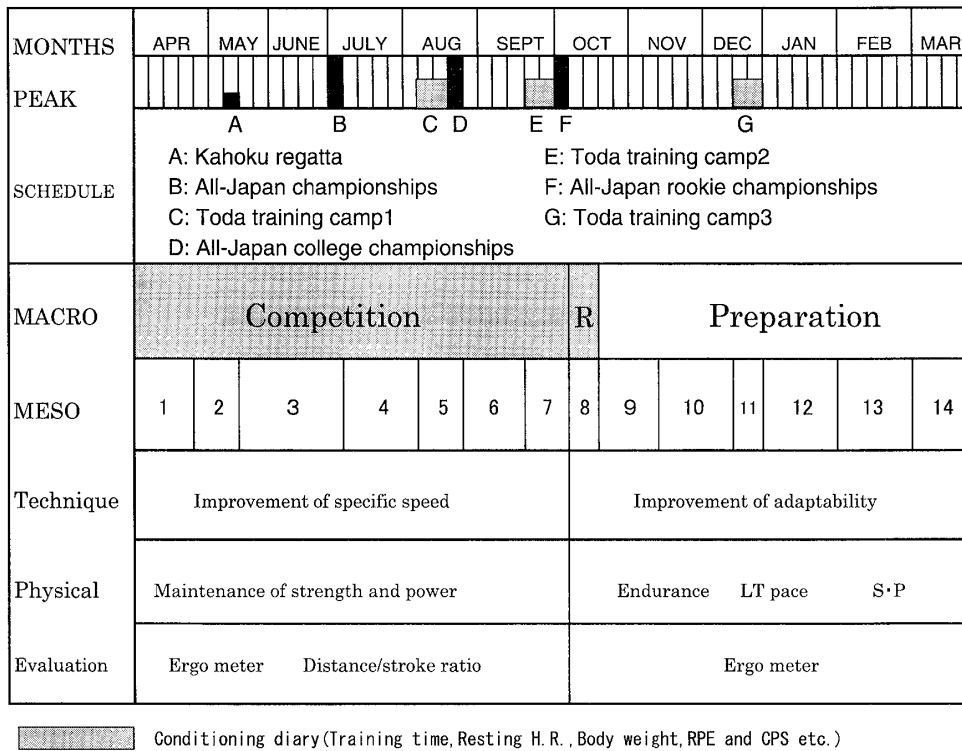


Fig.2 Experimental design

スコア	目安
0	安静
1	非常に軽い
2	軽い
3	
4	やや強い
5	強い
6	
7	かなり強い
8	
9	非常に強い
10	最大

Fig.3 RPE(CR-10) Scale

スコア	主観的筋肉痛
0	痛みがない
0.5	非常に弱い痛み
1	
1.5	かなり弱い
2	
2.5	弱い
3	
4	やや強い
5	
6	強い
8	
12	かなり強い
15	
18	非常に強い痛み
20	

Fig.4 CPS Scale

選手のマイクロサイクルにおけるトレーニング内容と Load, Monotony, Strain を用いたトレーニング評価例を示した。選手はトレーニングに要した時間とトレーニング 30 分後の RPE (主観的運動強度) を毎日トレーニング日誌に記入する。Load はトレーニング時間× RPE で算出され、トレーニング量を示している。日曜日のトレーニング内容は、クロスカントリー 30km を実施しており、Load は $135 \times 5 = 675$ となる。これと同様な計算を曜日ごとに 1 週間実施する。これら 1 週間分の合計 Load から平均 (273.5) と標準偏差 (256.5) を算出する。Monotony は 1 週間の平均値 (273.5) を標準偏差 (256.5) で除した値となる。したがって単調なトレーニングを実施した

場合は、標準偏差が小さくなるので Monotony の数値は大きくなる。また Monotony が小さくなると、トレーニングの評価として“メリハリ”のついたトレーニングを実行したことになる。さらに Monotony と 1 週間の Load 合計値の積 (2049) が Strain (生体負担度) として表示される。これらのことから、トレーニングに“メリハリ”がある場合、Monotony は小さくなり、その結果 Strain も低値を示すことになる。また単調なトレーニング (低強度で長時間運動) を毎日繰り返し実施した場合、1 週間の総トレーニング量 (Load の合計) は低くても、Monotony・Strain は上昇し、オーバートレーニング等を招く要因となる。つまり、高強度・短時間運動の翌日に疲労を軽減する目的で低強度・長時間運動等を実施していくトレーニングプログラムを基本とすると、常にトレーニング量は同程度になり、導かれる Monotony は大きな数値を示すことになる。このようなメリハリも欠いたトレーニングを 1 週間、1 ヶ月さらに 1 年間と継続すると、生体負担度が上昇し、意図したトレーニング効果が望めないばかりかオーバートレーニングに陥る危険性が増加することになる。

4) RPE 数理モデル

RPE 数理モデルの計算式は、先行研究¹⁸⁾のトレーニング量 (TRIMP) を RPE から算出する計算方法で行い、5 月からこのモデルを運用した。計算式は $P(t) = \text{Fit}(t) - \text{Fat}(t)$ で表され、各係数を次のように示した。

$$\text{Fit}(t) = K_1 \cdot W(t) \cdot e^{-t/\tau_1}$$

$$\text{Fat}(t) = K_2 \cdot W(t) \cdot e^{-t/\tau_2}$$

Fit(t) = 体力

Fat(t) = 疲労

K_1 = 体力の係数

K_2 = 疲労の係数

Table 1 Evaluation of the Load, Monotony, and Strain associated with a training program

Day	Training Session	Duration (min)	RPE	Load
Sunday	Run 30km, hilly	135	5	675
Monday	Jog 5km, easy	25	2	50
Tuesday	Jog 5km, 6 × 1000m/400m at AT			
	Jog 5km	80	5	400
Wednesday	Run 15km	65	4	260
Thursday	Jog 5km, 10 × hill loop Fartlek			
	Jog 5km	80	6	480
Friday	Jog 5km, easy	25	2	50
Saturday		0	0	0
Daily mean load			273.6	
Daily standard deviation of load			256.5	
Monotony(daily mean/standard deviation)			1.07	
Total load (daily mean load × 7)			1915	
Strain (total load × Monotony)			2049	

$W(t) = \text{LOAD}$ (トレーニング時間 \times 30 分後の RPE)

t = トレーニング期間の日数

τ_1 = 体力の時定数

τ_2 = 疲労の時定数

$P(t)$ = モデルから算出したパフォーマンス

5) パフォーマンス

パフォーマンスの指標としては、年3回実施したローイングエルゴメトリー実施時の 2000 m 平均パワー値を用いた。

3. 結 果

3-1 Load, Monotony, Strain の年間変動

図5に H.D. 選手の Load, Monotony, Strain の年間変動について一週間毎の平均値で示した。総トレーニング量の指標とした Load は、年間の中で重要な大会として位置づけていた全日本選手権大会 (7/4-7)、全日本インカレ (8/22-25)、全日本新人戦 (10/4-6) に向けて減少しながら変動したとともに、年間の中で最低値を示した。しかし、トレーニングの“メリハリ度”を評価しようとした Monotony は、Load の変動とは反対に全日本選手権大会前が 1.88 から 4.04 に、全日本インカレ前が 1.83 から 3.06 に、そして最後の全日本新人戦前にも 1.17 から 3.43 へと重要な競技会前に上昇した。さらに Strain も Monotony 同様、重要な競技会前に上昇した状況で試合に出場していることが示された。

3-2 トレーニング時間、RPE、CPS の年間変動

図6に H.D. 選手のトレーニング時間、RPE、CPS の年間変動について一週間毎の平均値で示した。トレーニング時間と RPE は、年間の中で重要な大会として位置づけていた全日本選手権大会、全日本インカレ、全日本新人戦に向けて減少しながら変動した。しかし、CPS はトレーニング時間・RPE と同様な変動パターンを示しているものの、全日本選手権大会時に比べて全日本インカレ前、そして最後の全日本新人戦前には高値を示した。

3-3 起床時脈拍数と体重の年間変動

図7に H.D. 選手の起床時脈拍数と体重の年間変動について一週間毎の平均値で示した。起床時脈拍数は、年間の中で最も低値を示した 40 拍/分に比べて、重要な大会として位置づけていた全日本選手権大会、全日本インカレ、全日本新人戦に向けて平均 8 拍/分上昇しながら変動した。体重は全日本選手権大会までは 75kg 前後で推移していたものの、

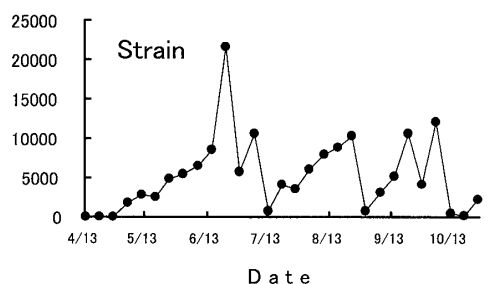
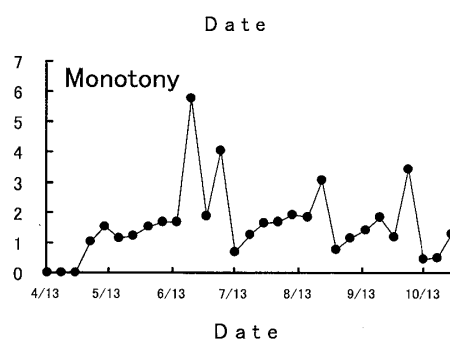
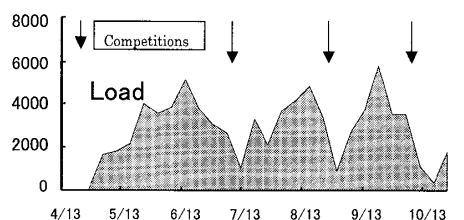


Fig.5 Serial trend in the Load, Monotony, Strain

その後急激に体重は減少し、全日本インカレそして最後の全日本新人戦大会は70kgと6kg低い値で出場していた。年間における起床時脈拍数と体重の変動幅は、18拍/分、8.2kg増減していた。

3-4 パフォーマンスの実測値と予測値の変動

ローイングエルゴメトリーでの平均動作発揮パワー値は、4/16が333W、9/9が324Wそして10/28が331Wと年間を通してシーズン初期の値を改善することができなかった。

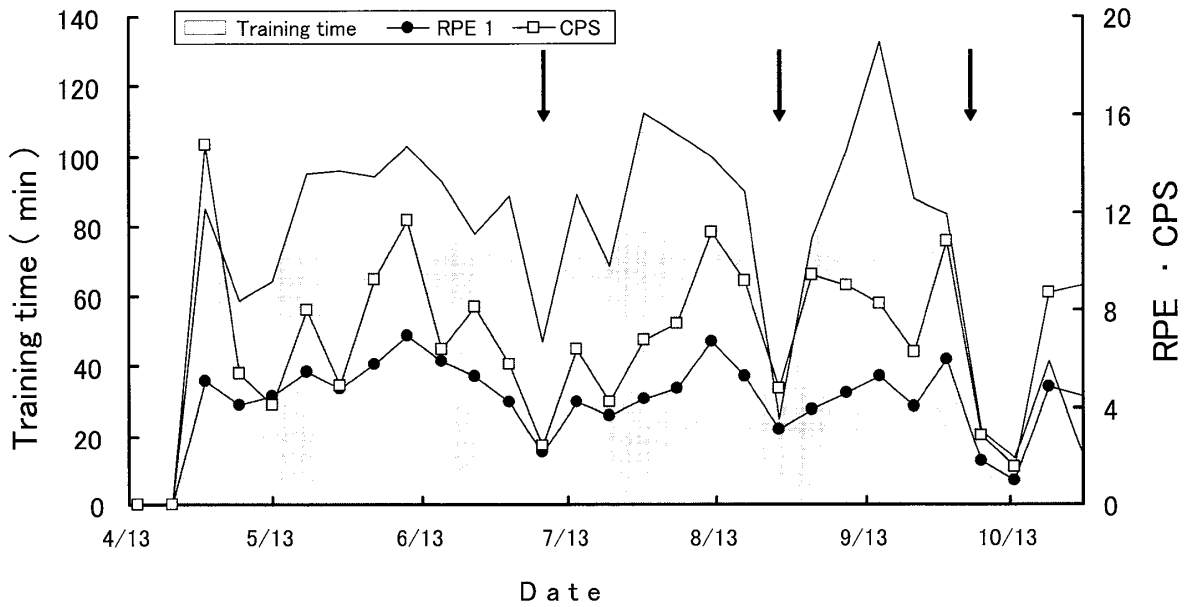


Fig.6 Serial trend in the training time and RPE,CPS

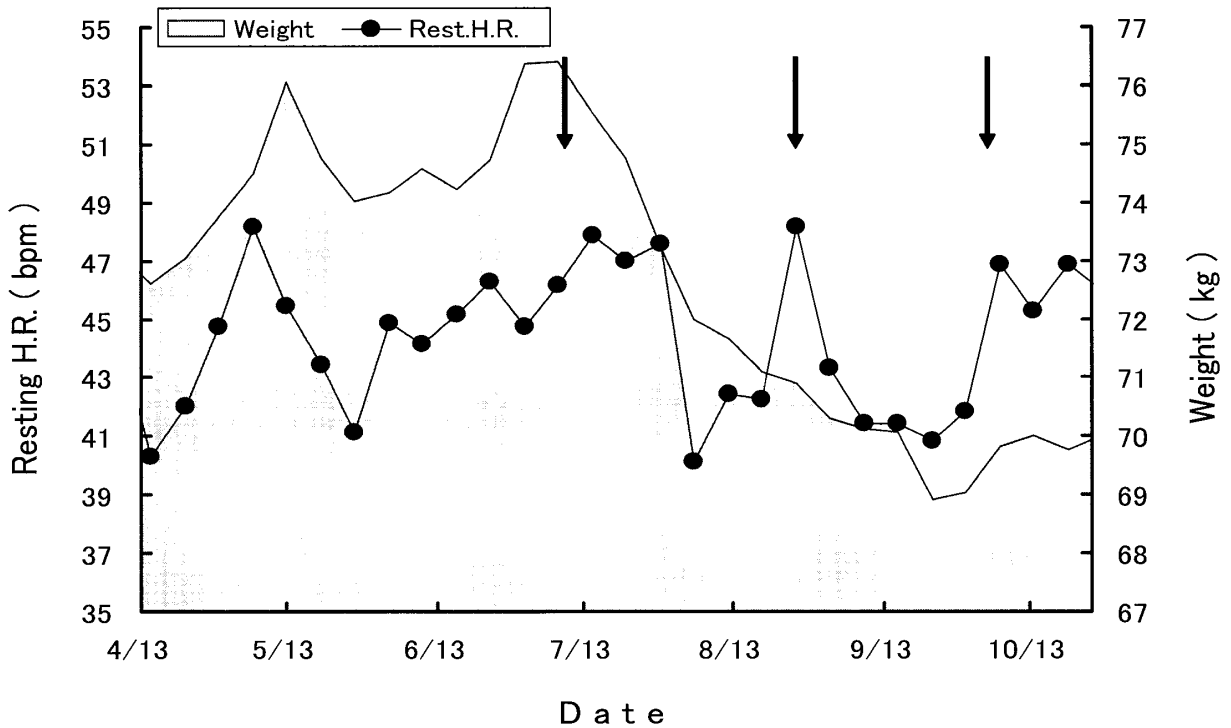


Fig.7 Serial trend in the resting HR and weight

RPE 数理モデルから算出したパフォーマンス変動曲線と実測値との関係について図8に示した。H.D. の体力と疲労の係数や時定数は以下のような値でパフォーマンスの変動曲線が作成された ($Fit(t) = 1 \cdot W(t) \cdot e^{-t/45}$ 、 $Fat(t) = 2 \cdot W(t) \cdot e^{-t/15}$)。これらの係数の算出には数理ソフト Mathematica を用い、全期間において両パラメータが実測値と予測値の残差平方和が最小になるところで決定した。RPE 数理モデルが予測したパフォーマンス変動は、重要な大会として位置づけていた全日本選手権大会、全日本インカレ、全日本新人戦においていずれもピーク時に試合が設定されておらず、後半の2大会においてはピークの1週間前に競技会が実施されていた。またローイングエルゴメトリーにおける平均動作発揮パワー値の変動においても、後半の2大会の終了後に高い値を示していた。

4. 考 察

ボート部の2002年度年間トレーニング計画は、休息期、準備期、試合期からなる単数のマクロサイクルさらにそれらを14の目的をもったメゾサイクルに分類し、ピーキング期間を主要な競技会前に設定していた。ダブルスカルを専門としていたH.D. 選手のパフォーマンスに関する内省報告をみると、目標としていた全日本新人戦3位以内という目標を達成したものの、シーズン初期に

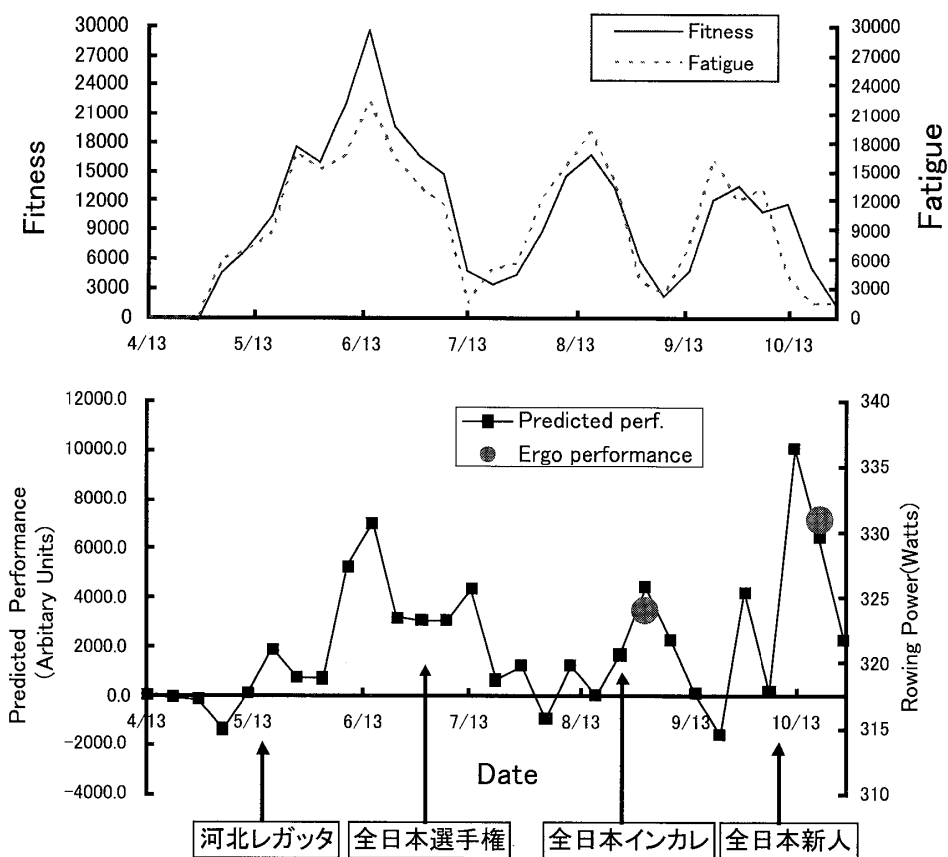


Fig.8 Serial trend in the predicted performance and criterion performance

比べて全日本選手権後のパフォーマンスは良くなかったと報告した。パフォーマンスの指標としたボートエルゴメトリーテストの結果や数理モデルから算出したパフォーマンス変動曲線をも、シーズン初期に記録した平均動作発揮パワー値が改善されずに減少したことや、狙った大会にピークパフォーマンスが形成していない問題点も同時にみられたことから、年間トレーニングプログラムが有効に機能しなかったことが示唆された。

Thayer²²⁾は、刺激・過負荷・適応そしてトレーニング効果の過程が超回復過程に関連していることから、このサイクルの最大利得を得る目的で、運動と休息を交互に置くプログラムの作成が肝要であり、この点が年間トレーニング計画を立案する上で極めて重要なポイントになることを指摘している。

このように Thayer の指摘どおり、メリハリのついた年間トレーニングプログラムを計画・実践していれば、Monotony が低く推移することが予想できる。ここで H.D. 選手の年間トレーニングプログラムを評価してみると、Load の変動は各重要な試合に向けて3つの山が計画されており、総トレーニング量の変動からみる限り、試合に向けたテーパリングはプログラム通りに実践されていた。しかし Monotony の変動は、全日本選手権大会前が 1.88 から 4.04 に、全日本インカレ前が 1.83 から 3.06 に、そして最後の全日本新人戦前にも 1.17 から 3.43 へと重要な競技会前に値が増加していたことから、単調なピーキングプログラムを実施していることが明らかになった。そのため、生体負担度も同様に重要な試合前に増加した。これらのことから、総トレーニング量を低下させるテーパリングプログラムも、単調な量の減少だけでは選手のコンディションを試合に向けて上昇させる事ができないことが示唆された。Foster と Lehman¹⁵⁾ は、陸上長距離エリート選手の Load, Monotony, Strain の2年間の調査から、単調の度合いが小さく“メリハリ”のきいたトレーニングを実施したことが競技力向上に結びつき、Monotony が 2 以下になるようトレーニングが計画・実践されたことを報告している。ボート選手の Monotony の変動パターンも先行研究同様、大会前のピーキングプログラムにおいて 2 を超える数値を示したことから、来シーズンに向けた問題点が示された。

トレーニング時間と RPE は、年間の中で重要な大会として位置づけていた全日本選手権大会、全日本インカレ、全日本新人戦に向けて減少しながら変動したとともに、年間の中で最低値を示した。しかし、CPS はトレーニング時間・RPE と同様な変動パターンを示しているものの、全日本選手権大会時に比べて全日本インカレ前、そして最後の全日本新人戦前には高値を示した。このことは重要な大会として位置づけていた最後の2大会では筋肉痛の水準が高いまま大会に出場した事を示している。

Steinacker ら²¹⁾ は、ボート世界選手権前のトレーニングについて、1日3時間以上のトレーニングが2~3週間継続する現状に対して、選手がオーバーリーチング状態に陥りやすく、クロストレーニングの原則から、強弱そして休日を交互に入れることにより、ボート選手のオーバートレーニングのリスクが減少できることを示唆している。これらのことから Monotony のようなパラメータが、ボート選手のトレーニング評価に有効に活用できることが望まれる。

選手の客観的な生理学的パラメータとして用いた起床時脈拍数は、年間の中で最も低値を示した40拍/分に比べて、重要な大会として位置づけていた全日本選手権大会、全日本インカレ、全日本新人戦に向けて平均8拍/分上昇しながら変動した。Wang と Wu²³⁾ は、起床時脈拍数が以前の平均値より 15%以上増加した状態における選手のコンディションは悪化していることを示している。また Dressendorfer ら¹³⁾ は、選手の疲労症状が高まると起床時脈拍数が10拍/分以上の増加を

示したと述べている。Wang らや Dressendorfer らが指摘したように、起床時脈拍数が年間のベースラインよりも 15%増加した期間や 10 拍 / 分以上増えたポイントが重要な試合前に実際に出現しており、Monotony, Strain さらに数理モデルでの予測値のみならず、選手の主観的・客観的データも悪化していた。これらのことから選手のコンディション状況を把握するためには、Monotony やパフォーマンス数理モデルの両方をモニタリングすることが年間トレーニングプログラムを計画・評価する上で極めて重要であることが示された。

また H.D. の体重は、全日本選手権大会までは 75kg 前後で推移していたものの、その後急激に体重は減少し、全日本インカレそして最後の全日本新人戦大会は 70kg と 6kg 低い値で出場していた。Bourgois ら⁶⁾ は、近年のエリート男子ジュニアボート選手の形態的特徴を分析した結果、平均身長は 187.4 ± 5.8 cm、平均体重は 82.2 ± 7.4 kg であることを報告した。このことを考慮すると、体重を減量する方向ではなく、除脂肪体重を増量していくトレーニングが今後極めて重要になる事がアドバイスできよう。

このようにボート選手 H.D. のプログラムデザインについて RPE 数理モデルが示した予測パフォーマンス曲線と Monotony 等の各種パラメーターの変動を中心に分析したところ、試合前のピーキングプログラムの計画・実践に問題があることが示された。これらのことから、ケーススタディーではあるが、パフォーマンスを予測する RPE 数理モデルとコンディションを評価するパラメータを用いたプログラムデザインは、ボート選手 H.D. に応用できることが示唆された。

参考文献

- 1) Arvidsson, I. Rehabilitation of athlete's knee, *Medicine Sport Sci*, 26:238-246.1987.
- 2) Banister, E.W., and T.W. Calvert. Planning for future performance: Implication for long term training. *Can. J. Appl. Spt. Sci.* 5: 3 170-176.1980.
- 3) Banister, E.W., and C.L. Hamilton. Variations in iron status with fatigue modeled from training in female distance runners. *Eur. J. Appl. Physiol.* 54: 16-23.1985.
- 4) Banister, E.W., J.B. Carter, and P.C. Zarkadas. Training theory and taper: validation in triathlon athletes. *Eur. J. Appl. Physiol.* 79:182-191.1985.
- 5) Borg, G.A. Perceived exertion: The increase of perceived exertion, aches and pain in the legs, heart rate and blood lactate during exercise on a bicycle ergometer. *Eur. J. Appl. Physiol.* 54:343-349.1985.
- 6) Bourgois, J., Claessens, A.L., Vrijens, J., Philippaerts, R. Van., Renterghem, B., Thomis, M., Janssens, M., Loos, R. and Lefevre, J. Anthropometric characteristics of elite male junior rowers, *Br. J. Sports Med.* 34 (3): 213-216.2000.
- 7) Busso, T., K. Hakkinen, A. Pakarinen, C. Catasso, J.R. Lacour, P.V. Komi, and H. Kauhanen. A systems model of training responses and its relationship to hormonal in elite weight-lifters. *Eur. J. Appl. Physiol.* 61: 48-54.1990.
- 8) Busso, T., C. Carasso, and J.R. Lacour. Adequacy of a systems structure in the modeling of training effects on performances. *J. Appl. Physiol.* 7 (5): 2044-2049.1991.
- 9) Busso, T., K. Hakkinen, A. Pakarinen, H. Kauhanen, P.V. Komi, and J.R. Lacour. Hormonal adaptations and modeled responses in elite weight-lifters during 6 weeks of training. *Eur. J. Appl. Physiol.* 64: 381-386.1992.
- 10) Busso, T., R. Candau, and J.R. Lacour. Fatigue and fitness modelled from the effects of training on performance. *Eur. J. Appl. Physiol.* 69: 50-54.1994.
- 11) Busso, T., H. Benoit, R. Bonnefoy, L. Feasson, and J.R. Lacour. Effects of training frequency on the dynamics of performance response to a single training bout. *J. Appl. Physiol.* 92: 572-580.2002.
- 12) Calvert, T.W., E.W. Banister, M.V. Savage, and T.A. Bach. A systems model of the effects of training on physical performance. *IEEE Trans. Syst. Man & Cybernet.* 6:94-102.1976.
- 13) Dressendorfer, R.H., C.E. Wade, and J.H. Scaff Jr. Increased morning heart rate in runners: a valid sign of

- overtraining? *Phys. Sportsmed.* 13(8): 77-86.1985.
- 14) Fitz-clarke, J.R., R.H.Morton., and E.W.Banister. Optimizing athletic performance by influence curves. *J.Appl.Physiol.* 71 (3): 1151-1158.1991.
 - 15) Foster.C. and Lehman, M. Overtraining syndrome. In: *Running injuries: G.N.Guten, ed. W.B.SAUNDERS COMPANY, 173-188.1996.*
 - 16) Kellmann, M. and Gunther, K.D. Changes in stress and recovery in elite rowers during preparation for the Olympic Games, *Med. Sci. Sports Exerc.*, 32 (3): 676-83.2000.
 - 17) Mujika, I., T.Busso., L.Lacoste., A.Barale., A.Geysant., and J.C.Chatard. Modeled responses to training and taper in competitive swimmers. *Med. Sci. Sports Exerc.* 28(2) 251-258.1996.
 - 18) Morton, R.H., J.R.Fitz-clarke., and E.W.Banister. Modeling human performance in running. *J.Appl.Physiol.* 69 (3): 1171-1177.1990.
 - 19) 鈴木省三、佐藤佑、高橋彌穂. 5000 mランニングタイムの変動曲線に与える総トレーニング量の影響, 疲労と休養の科学, 17 (1) : 31 - 42. 2002.
 - 20) Suzuki, S., T.Sato., and Y.Takahashi. A typical example of modeling Human performance in 5000m running time. *Can.J.Appl.Physiol.* 27.Suppl. 47-48. 2002.
 - 21) Steinacker, J.M. Physiological aspects of training in rowing, *Int. J. Sports Med.* 14, suppl 1: S3-10.1993.
 - 22) Steinacker, J.M., LoRmes, W., Lehmann, M. and Altenburg, D. Training of rowers before world championships, *Med. Sci. Sports Exerc.*, 30 (7): 1158-63.1998.
 - 23) Thayer, R. A systematic approach to training an athlete, *Coaching review* 17:29-33.1980.
 - 24) Wang, Y. and Wu, Z. 川原 貴訳. スプリンターの医学的管理, *臨床スポーツ医学*, 7(5): 579-582.1990.

(平成 17 年 1 月 20 日受付, 平成 17 年 2 月 1 日受理)