

# Drop-off 指数を利用した泳パフォーマンス 評価方法の検討

## Examination of methods for evaluating swimming performances using a drop-off index

野口 雄慶 (Takanori NOGUCHI)

出村 慎一 (Shinichi DEMURA)

佐藤 進 (Susumu SATO)

中田 征克 (Masakatsu NAKADA)

北林 保 (Tamotsu KITABAYASHI)

大杉 貴康 (Takayasu OSUGI)

渡部 満 (Mitsuru WATANABE)

金沢大学大学院自然科学研究科

金沢大学

金沢工業大学

防衛大学校

米子工業高等専門学校

金沢大学大学院教育学研究科

金沢大学教育学部スポーツ科学課程

### (abstract)

This study aimed to examine the relationship between the drop-off index and swimming performances and to determine its utility in evaluating whole body endurance. The subjects were 106 male university competitive swimmers (age:  $19.9 \pm 1.1$  years, height:  $171.8 \pm 5.6$  cm, weight:  $66.2 \pm 5.7$  kg). Performances in the 200 m drop-off test and 50 m, 100 m, 200 m and 400 m free style swimming tests were analyzed. The drop-off index showed significant correlations ( $r = 0.48, 0.51, 0.61$ ) with performances in the 100 m, 200 m, and 400 m free style, but not in the 50 m performance. The drop-off test was associated with middle distance swimming performances in the 100 m, 200 m, and 400 m free style. In consideration of its limitations in use, the drop-off test may be effective in estimating swimming performances.

キーワード : drop-off test, swimming performance, middle distance race

## 1. 緒言

50 m を除く自由形短・中距離の場合、トップスピードを中盤から後半まで維持し、さらに、最後にスパートをかける必要がある<sup>7)</sup>。すなわち、いかにスピードの低下を抑えるかが、好記録を生み出す一つの要因となり、そのためには、耐乳酸性能力や全身持久力が重要な要因となる。耐乳酸性能力や全身持久力の評価には、一般的には自転車エルゴメーター、あるいはトレッドミルを利用した無酸素パワーテストや最大酸素摂取量の測定が主に利用されている<sup>6), 12)</sup>。しかし、実際の指導現場ではその

ような設備が整っている環境はほとんど無く、これらの能力を評価するフィールドテストの有用性は高い。

Drop-off テストは、一定区間ごとのラップタイムを計測し、その落ち幅の総和 (Drop-off 指数) を測定し、全身持久力や耐乳酸性能力を評価するテストであり、陸上競技<sup>11)</sup> や競泳競技<sup>3)</sup> における利用が提案されている。田中ら<sup>11)</sup> は、400 m 全力疾走時の Drop-off 指数と、1500 m 走タイムおよび最大酸素摂取量と中程度以上の有意な関係を示したことを報告し、全身持久力の簡易測定として有効な方法であると述べている。出村ら<sup>3), 4)</sup> は水泳能力の因子構造を解釈する際に、同様の方法を競泳競技に

適用し、競泳選手の全身持久力を評価している。競泳指導の現場ではT2000等の持久泳テスト、耐乳酸テストなどが行われているが、選手自身がペース配分を上手く行うことが出来ず、ATレベルの泳スピードよりも遅く泳いでしまった場合には、過小評価されてしまう可能性があること示唆されている。また、テストに必要な時間も長く、労力も比較的大きいことから、選手のモチベーションが大きく関与することも懸念されている。一方、Drop-offテストでは、a) ATレベルなどの複雑な泳スピードを考慮せずに、単純に全力で泳ぎ切れればよい、b) テストに必要な時間も短く、選手、コーチに必要な労力も少ない、c) 200 mで行われるDrop-offテストは、実際に泳ぐ種目の距離(200 m, 400 m)とも近く、結果を結びつけてイメージしやすいといった利点がある。しかし、実際の泳パフォーマンスと、Drop-off指数との関連性については十分な検討はなされていない。競泳競技における全身持久力および耐乳酸能力を、特別な測定装置を用いなくても簡便に評価するフィールドテストとしての有効性を提示するには、泳パフォーマンスとの関係について検討しておく必要がある。

そこで、本研究では、Drop-offテストと泳パフォーマンスの関係を検討し、Drop-offテストが競泳選手の全身持久力および耐乳酸能力を評価するフィールドテストとして有効であるかを検討することを目的とした。

## 2. 方法

### 被験者

本研究における被験者は大学で水泳部に属する男子水泳選手106名(年齢:19.9±1.1歳,身長:171.8±5.6 cm,体重:66.2±5.7 kg)であった。被験者はいずれも普段から水泳トレーニングを実施しており、本研究で行われた泳テストを十分に成就可能であった。全ての被験者に対し、測定前に実験の主旨、テスト方法、注意事項に関して十分な説明を行い、口頭による同意を得た。

被験者は、Drop-offテストと泳パフォーマンステスト(50 m, 100 m, 200 m, 400 mクロール泳)の両テストを実施した。Drop-offテストと泳パフォーマンステストの測定はそれぞれ異なる日に行われた。また、各泳テスト時には、事前に選手自身が通常行っている方法で、15分以上の十分なウォーミングを行わせた。

Drop-offテスト中の血中乳酸濃度、脈拍数および自覚

的運動強度(Rating of Perceived Exertion: RPE)を計測するために、被験者のうち、5名(短水路200 mベストタイム:122.4±4.4秒)を対象に、両泳テストとは別のトライアルテスト(後述)を実施した。

### テスト方法および測定項目

#### 1) Drop-offテスト

本研究では、先行研究<sup>3)</sup>に基づき、200 mクロール泳によるDrop-offテストを実施した。Drop-offテストでは、ペース配分を考えず、スタート直後から全力で泳いだ際における50 mごとのラップタイムの落ち幅を測定する。一般には、初期におけるタイムの低下が著しく、その後の区間ではタイムの落ちは収束傾向を示す。荻田<sup>8)</sup>は、2-3分泳いだ時点では、酸素借が最大になり、30-35%の無酸素性エネルギー供給と、残りを有酸素性のエネルギー供給でまかなわれていると報告している。一般に、200 m泳の運動時間は約2-3分であり、Drop-offテストでは無酸素性エネルギーに依存する耐乳酸能力および有酸素性エネルギーに依存する全身持久力の評価ができると判断した。

測定は長水路プールにて実施した。被験者には、200 mをクロール泳にてペース配分を考えず、スタート直後から最大速度にて全力で泳ぐよう指示した。測定は、200 mを4区間(第1区間:0-50 m, 第2区間:50-100 m, 第3区間:100-150 m, 第4区間:150-200 m)に分類し、50 m, 100 m, 150 m, および200 mの通過タイムを計測し、その記録を元に各区間のラップタイムを算出した。事前に長水路にて、水中より壁を蹴ってスタートした50 mクロールの全力泳タイムを計測し、スタート直後の第1区間の通過タイムが50 m全力泳タイムの±1.0秒以内に泳げなかった場合は測定を中止し、測定日を改めて再度測定した(速すぎた場合は50 m全力泳から再測定)。テストは水中より壁を蹴ってスタートした。Drop-offテストにおいて、50 mごとの通過タイムは、ターン時の足が壁面に接地した際を基準に測定した。Drop-offテストの結果をもとに、Drop-off指数を算出した。Drop-off指数は、各通過タイムを元に各区間のラップタイムを算出し、その落ち幅(タイム差)の総和とした<sup>3)</sup>。

式) Drop-off指数(秒) = (第2区間のタイム-第1区間のタイム) + (第3区間のタイム-第2区間のタイム)

+ (第4区間のタイム-第3区間のタイム)

## 2) 泳パフォーマンステスト

泳パフォーマンステストには、50 m, 100 m, 200 m, および 400 m の4種類のクロール泳タイムを計測した。泳パフォーマンステストでは、ペースは選手自身に委ねたが最大努力にて泳ぎ切るように指示した。全てのテストは水中より壁を蹴ってスタートした。Drop-off テスト同様、測定は長水路プールにて実施した。

## 3) 血中乳酸濃度、脈拍数および自覚的運動強度の測定

Drop-off テスト時の生体内の血中乳酸濃度、脈拍数、RPE の推移を検討するために、50 m, 100 m, 150 m, 200 m の計4本のタイムトライアルを実施し、直後の血中乳酸濃度、脈拍数、RPE を測定した。なお、上述した2つのテストとは異なり、この測定は短水路プールにて行った。順序の影響を可能な限り除去するために、いずれの距離からスタートするかについては被験者ごとにランダムに振り分けた。各トライアルとも、Drop-off テストと同様に、水中スタートから最大努力にて泳ぐよう指示した。それぞれの距離のタイムトライアルにおいて、50 m 毎のラップタイムを計測した。スタートから50 m の通過タイムが50 m 全力泳時のタイム±1.0 秒以内でなかった場合には、再度測定を実施した。各トライアル間には1日以上以上の休憩を取り、ウォーミングアップ終了後、安静時の血中乳酸が2.0 mmol/l以下で、ウォーミングアップ前と同程度の状態で安定していることを確認した上で測定を行った。また、各トライアル泳のタイムと、Drop-off 泳時の各泳距離における通過タイムに大幅な差異がないことも確認した(表2)。

血中乳酸は、アークレイ社製簡易血中乳酸測定器(Lactate Pro:LT-1710)を用いて安静時、および各テスト実施後3分、5分、および7分後に測定し、泳テスト後

の乳酸値はその3回の測定値のうち、最大値を用いた<sup>10)</sup>。脈拍数は安静時および泳テスト直後に、選手自身によって10秒間頸動脈より測定した結果を6倍して算出した。RPEはBorgらのレーティングスケール<sup>1)</sup>を日本語訳した表<sup>9)</sup>を用いて安静時および泳テスト直後に計測した。

## 統計解析

Drop-off 指数と各泳パフォーマンスとの関係にはピアソンの相関係数を算出した。同様に、血中乳酸濃度、脈拍数およびRPEとDrop-off 指数間の関係もピアソンの相関係数より算出した。

Drop-off テストの通過タイムと各トライアル泳時のタイムの差は、対応のある平均値の差の検定により検討した。各泳距離ごとのラップタイム差、血中乳酸、脈拍数およびRPEの平均値の差の検定には、対応のある一要因分散分析を実施し、多重比較検定にはTukeyのHSD法を用いた。本研究における統計的有意水準は5%とした。

## 3. 結果

表1は、Drop-off 指数と各泳パフォーマンステストの記録間の相関係数を示している。Drop-off 指数との間に有意な相関が認められたのは、100 m, 200 m, および400 mの自由形タイムであった( $r = 0.48, 0.51, 0.61$ )。50 mのタイムとの間には有意な相関は認められなかった。

400 m自由形タイムとDrop-off 指数の散布図を示した(図1)。Drop-off 指数が大きい者ほど、泳タイムが遅くなる傾向が伺える。

表2は、Drop-off テストの通過タイムと各トライアル泳のタイムにおける有意差検定の結果を示している。全てのトライアル泳タイムとDrop-off テストの通過タイムには有意差は認められなかった。

表3は、5名の被験者のDrop-off テストのラップタイムおよびDrop-off 指数の基礎統計値、および各区間のラップタイムの差を算出し、その差の一要因分散分析(泳

Table1 Correlation coefficient between swimming tests and drop-off index.

| n = 106  | Mean  | SD    | Max   | Min   | Correlation with drop-off index |
|----------|-------|-------|-------|-------|---------------------------------|
| 50 m     | 30.3  | 2.13  | 36.9  | 26.4  | 0.18                            |
| 100 m    | 65.2  | 4.29  | 79.0  | 57.8  | 0.48 *                          |
| 200 m    | 148.3 | 13.05 | 195.0 | 126.7 | 0.55 *                          |
| 400 m    | 314.0 | 29.40 | 436.5 | 267.4 | 0.61 *                          |
| drop-off | 4.4   | 2.45  | 11.40 | 0.10  |                                 |

\*:p<0.05, units in seconds

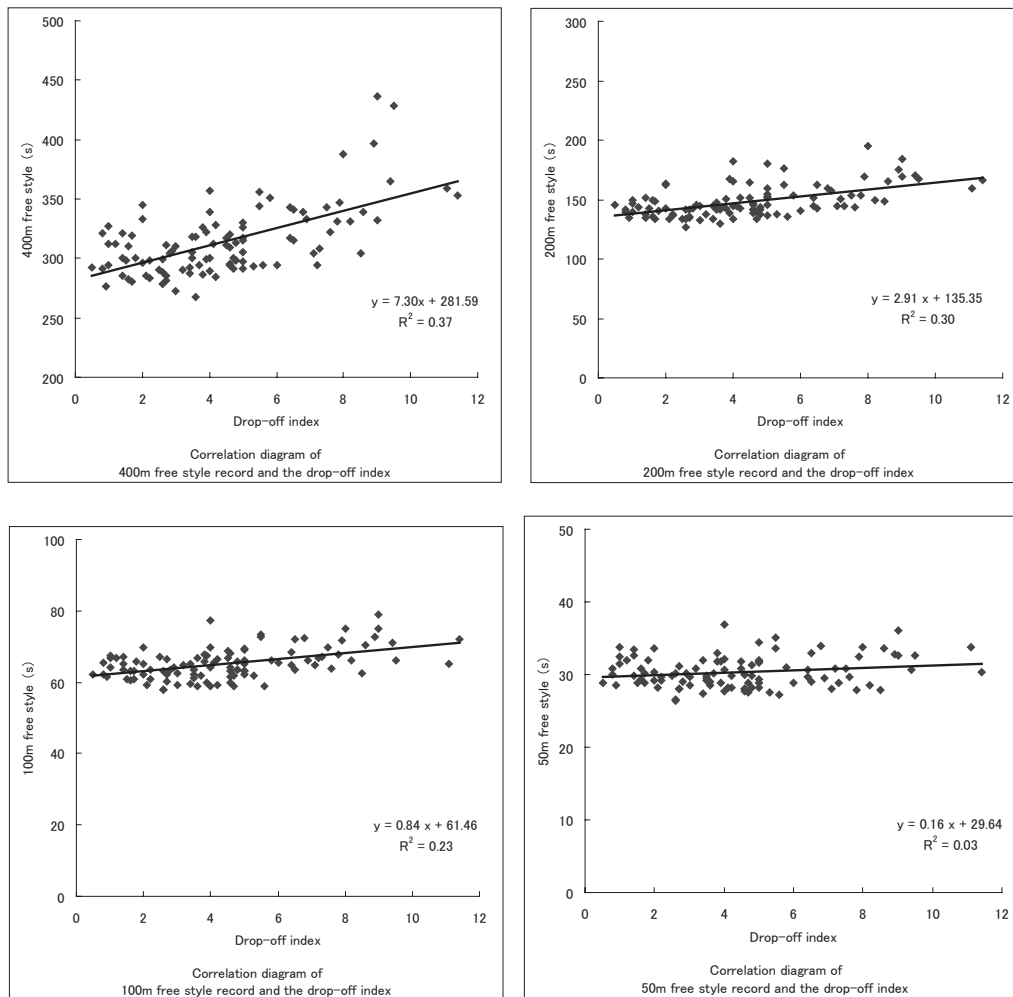


Fig.1 Correlation diagrams of free style records and the drop-off index

Table2 Comparison of the time trial test and split times of the drop-off test

| n=5   | time trial test |      | 200 m drop-off test split time |      | t     | p    |
|-------|-----------------|------|--------------------------------|------|-------|------|
|       | Mean            | SD   | Mean                           | SD   |       |      |
| 50 m  | 26.8            | 1.01 | 27.2                           | 1.02 | -2.47 | 0.07 |
| 100 m | 58.0            | 1.28 | 58.4                           | 1.19 | -0.55 | 0.61 |
| 150 m | 90.7            | 1.42 | 91.5                           | 2.10 | -1.50 | 0.21 |
| 200 m | /               | /    | 125.3                          | 3.31 |       |      |

units in seconds

Table3 Lap times of the drop-off test and drop-off index and one-way ANOVA of their time lag.

| n = 5    | 50m (first section) |      | 100m (second section) |      | 150m (third section) |      | 200m (fourth section) |      | Drop-off index |      | ANOVA (section)    |
|----------|---------------------|------|-----------------------|------|----------------------|------|-----------------------|------|----------------|------|--------------------|
|          | Mean                | SD   | Mean                  | SD   | Mean                 | SD   | Mean                  | SD   | Mean           | SD   |                    |
| lap time | 27.15               | 1.02 | 31.20                 | 0.44 | 33.19                | 1.27 | 33.72                 | 1.25 | 6.86           | 1.24 |                    |
| time lag | first - second      |      | second - third        |      | third - fourth       |      |                       |      |                |      | F= 15.27 *         |
|          | 4 .05               |      | 1.02                  |      | 1.99                 |      | 0.88                  |      |                |      | Tukey's HSD 2>3, 4 |

\*: p<0.05, 1-2: first - second, 2-3:second - third, 3-4: third - fourth. units in seconds.

距離)の結果を示している。タイム差は、第1区間と第2区間の差が、第2区間と第3区間、および第3区間と第4区間の差よりも有意に大きかった。

さらに、表4には、Drop-offテスト中の血中乳酸濃度、

脈拍数、およびRPEの一要因分散分析(泳距離)、およびDrop-off指数との相関係数を示している。一要因分散分析の結果、血中乳酸濃度およびRPEは、測定前の安静時と50m以降、および50mと100m以降に有意差が認



Table4 One-way ANOVA (section) of blood lactate, pulse rate and RPE and correlation coefficient with the drop-off index

| n = 5                    | Rest |      | 50m   |      | 100m  |       | 150m  |      | 200m  |      | ANOVA<br>(swimming distance) |                    | correlations coefficient<br>with the drop-off index |
|--------------------------|------|------|-------|------|-------|-------|-------|------|-------|------|------------------------------|--------------------|---|
|                          | Mean | SD   | Mean  | SD   | Mean  | SD    | Mean  | SD   | Mean  | SD   | F =                          | Pre<50<100,150,200 |   |
| Blood lactate<br>(mol/l) | 1.74 | 0.26 | 11.4  | 1.84 | 15.2  | 0.63  | 15.6  | 0.71 | 15.5  | 0.61 | F =                          | 201.62 *           | r = 0.53  |
|                          |      |      |       |      |       |       |       |      |       |      | Tukey's HSD                  | Pre<50,100,150,200 |   |
| Pulse late<br>(beat/min) | 80.4 | 6.12 | 159.2 | 6.76 | 167.6 | 15.36 | 170.4 | 8.14 | 183.6 | 6.12 | F =                          | 86.88 *            | r = -0.87   |
|                          |      |      |       |      |       |       |       |      |       |      | Tukey's HSD                  | Pre<50,100,150,200 | 50<200  |
| RPE<br>(Borg scale)      | 8.0  | 1.41 | 16.8  | 1.33 | 19.2  | 0.75  | 19.2  | 0.75 | 19.4  | 1.20 | F =                          | 135.67 *           | r = 0.64  |
|                          |      |      |       |      |       |       |       |      |       |      | Tukey's HSD                  | Pre<50<100,150,200 |   |

\*:p<0.05, units in seconds.

められた。脈拍数は、全ての距離において安静時との間に有意差が認められた。また、50 m と 200 m の間にも有意差が認められた。

#### 4. 考察

##### Drop-off 指数と泳パフォーマンスとの関係

Drop-off テストは、200 m クロール泳を、ペース配分を考慮することなくスタート直後から全力で泳いだ場合の泳タイムの落ち幅を計測し、全身持久力および耐乳酸性能力を評価するテストである<sup>3)</sup>。つまり、タイムの落ち幅が大きい場合、Drop-off 指数が大きくなる。全力で泳ぎ続け、かつ Drop-off 指数の増加を最小限にとどめるためには、優れた心肺機能が重要となる全身持久力および耐乳酸性能力（乳酸緩衝能力）に優れていることが必要条件となる<sup>6),7),8),12)</sup>。Drop-off 指数と泳パフォーマンスの関係を検討した結果、50 m 泳との間に有意な関係は認められなかったが、100 m から 400 m の 1 分以上の運動継続を要する泳距離との間に中程度の有意な関係が認められた。50 m 泳は主にスプリント能力がパフォーマンスを決定するが、今回、100 m 以上の距離のテストとの間にのみ有意な関係が認められたことから、Drop-off テストがスプリント能力とは異なる耐乳酸性能力や全身持久力を評価していると考えられる。また、本研究では、Drop-off テストと泳パフォーマンステストとの関係は、泳距離の延長に伴って高くなる傾向にあった。このことは、本テストが全身持久力とより密接な関係を示すことを意味しているのかもしれない。ただし、400 m 以上の距離の泳パフォーマンスにおいても同様な傾向が認められるかに関しては、本研究の結果からは言及できず、追試が必要である。

##### Drop-off テストの特性

Drop-off テストにおける各区間のラップタイム較差を

比較すると、1 区間から 2 区間にかけての泳タイムの低下が最も著しく、他の区間間のタイム較差よりも有意に大きい。そして、その後、タイム較差は収束傾向を示す。200 m を最初から全力で泳がせた場合、ほとんどの者が、このパターンを示した。Yamaji et al.<sup>13)</sup> は、最大もしくは高強度（80% 以上）の負荷による握力発揮を持続させる筋持久力テストを提案している。彼らは、本研究と同様、握力発揮値が発揮開始直後から著しく低下した後、定常状態となる発揮パターンを示すことや、握力発揮値が維持できず低下していく局面や、低下し始めてから定常状態になるまでの時間（低下時間）などが持久力評価の有効な評価変数となることなどを明らかにしている。本研究で検討した Drop-off テストも最初から最大発揮を要求する点でこれらのテストと類似しており、泳速度の低下に伴うタイムの較差の程度により全身持久力の評価が可能と考えられる。Drop-off テストの優劣には、泳速度の低下が最も大きい第 2 区間（50 m から 100 m）における泳速度の維持が最も大きな貢献となると考えられる。本研究の結果、泳パフォーマンステストと Drop-off テストとの関係が、泳距離の延長に伴い高くなる傾向を示したことから、第 2 区間における泳速度の維持が全身持久力と密接な関係にあることが伺える。

一方、Drop-off テスト中のパフォーマンスは、有酸素的な全身持久力のみで補われるわけではない。また、エネルギー供給系は運動時間、強度によってその割合が変化する<sup>2)</sup>。本研究における測定結果では、血中乳酸値は第 1 区間終了（50 m）直後には約 10 mmol/l、第 2 区間終了（100 m）直後には約 14 mmol/l まで急激に上昇した。また、脈拍数も第 1 区間終了直後に既に 170 bpm 程度まで上昇し、RPE 値も非常に高く（19 以上）、テスト中の運動強度は非常に高かった。Drop-off テストのように最大努力によって泳ぎ続ける場合、スタート直後は主に

ATP とホスホクレアチンがエネルギー源となるホスファージェン系によって運動が実施されていると推測される。しかし、ホスファージェン系のエネルギー発揮持続時間は十数秒間しか持続出来ないために、その後は数分間持続されるグリコーゲン-乳酸系、さらには長時間利用される有酸素系のエネルギー供給が主となる運動形態へとシフトする<sup>2),5)</sup>。最も大きな力が発揮されるホスファージェン系のエネルギー供給は、第1区間中に大半が利用されると考えられる。よって、第1区間に対する第2区間での急激なラップタイムの落ち（速度低下）は、エネルギー供給系がグリコーゲン-乳酸系へとシフトすることにより生じると考えられる。グリコーゲン-乳酸系へとシフトした後は、ATPの産生が数分間維持される。ただし、グリコーゲン-乳酸系のエネルギー供給で行われる運動時には、代償として乳酸などの疲労物質が生じるため、耐乳酸性能力に優れていなければ、運動の持続が困難になる。実際、血中乳酸値は第2区間終了までに急激に上昇し、その後は高値を維持している。よって、Drop-offテストでは、グリコーゲン-乳酸系のエネルギーを利用した泳力に優れ、かつ耐乳酸性能力が強い選手が、タイムの落ち幅が小さくなると考えられ、競泳選手の全身持久力に加え、耐乳酸性能力を評価するフィールドテストとしても利用できると考えられる。

#### Drop-off 指数の利用限界

前述した通り、Drop-off テストによる競泳選手の全身持久力および耐乳酸性能力評価の有効性が示唆された。しかし、現実に Drop-off テストを用いる際にはいくつかの利用限界があることを考慮にいれなければならない。図2は、200 m 泳タイムの異なる2名の Drop-off テストにおける各区間のラップタイムを示している。この図に

示した通り、全体的な記録は被験者B（200 m タイム:2:01:88, Drop-off 指数:7.21）の方が被験者A（200 m タイム:2:05:72, Drop-off 指数:4.98）に比べ速い。しかし、Drop-off 指数では被験者Aの方が小さい値を示している。この原因は、第1区間と第4区間の両者のタイム差の違いにある。被験者Bは被験者Aよりもスプリント能力に優れるが、第2区間での泳速度の低下が被験者Aよりも著しく、結果的に Drop-off 指数は大きくなった。一方、被験者Aはスプリント能力は被験者Bと比較して劣るものの、区間毎の泳速度の低下（特に第2区間における低下）が小さく、ラップタイムの較差は小さかった。このように、スプリント能力の優劣により、Drop-off 指数が過小・過大評価される可能性がある。この傾向は、陸上選手を対象に Drop-off テストを検討した田中ら<sup>11)</sup>も報告している。

よって、Drop-off テストを利用する際には、個々人の短距離能力を考慮した判定が必要である。あるいは、今後さらにスプリント能力を考慮した重み付けを行った新たな算出式を検討する必要がある。

## 5. まとめ

200 m Drop-off テストは、100 m, 200 m, および 400 m 自由形のパフォーマンスを反映することが明らかになった。また、Drop-off テストは、生理的にも中距離泳に必要なグリコーゲン-乳酸系のエネルギーが利用され、かつ高強度の心肺機能が要求される。

Drop-off 泳は、短距離スプリント能力が高い選手では過小評価される利用限界を考慮した上で、エネルギー供給の変化および耐乳酸性能力、および心肺機能に寄与する全身持久力が要求される中距離種目の泳パフォーマンスの評価法として有効であることが示唆された。

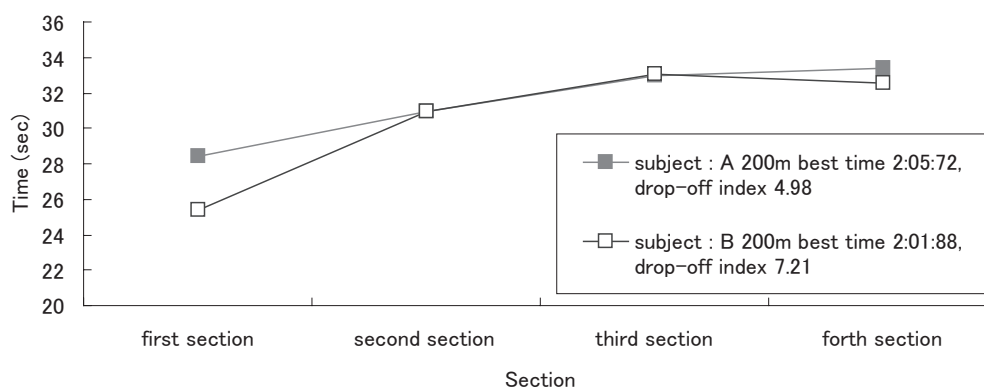


Fig.2 Results of two subjects drop-off test.

【参考文献】

- 1) Borg G. A. (1982) Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc* 14 : 377-381.
- 2) 大地陸男 (2003) 生理学テキスト第4版. 文光堂:東京. pp. 491-498.
- 3) 出村慎一 (1981) 水泳能力の因子構造に関する研究. 筑波大学大学院博士論文. pp. 166-198.
- 4) 出村慎一 (1986) 大学生競泳選手の体格, 体力及び水泳技能の性差. *体育学研究* 31(2): 151-161.
- 5) 岸恭一, 上田信男 (1999) 栄養科学シリーズNEXT運動生理学. 講談社:東京. pp. 31-54.
- 6) 北林保, 出村慎一, 長澤吉則, 野島利栄 (2002) Vespa Amino-Acid Mixture (VAAM) の経口摂取が最大下持久運動中の生理学的応答および主観的運動強度に及ぼす影響. *教育医学* 47(4): 273-279.
- 7) E.W. マグリシオ (1999) スイミング・イーブン・ファースター. (野村武男, 田口正公 監訳) ベースボールマガジン社:東京. pp. 110-152.
- 8) 荻田太 (1999) 水泳中の無酸素性エネルギー供給動態. *水泳水中運動科学* 2 : 47-56.
- 9) 小野寺孝一, 宮下充正 (1976) 全身持久性運動における主観的強度と客観的強度の対応性. *体育学研究* 21(4):191-203.
- 10) 田場昭一郎, 田口正公, 大城敏裕, 小島毅 (2002) 乳酸テストによる推定タイムの断続的变化とトレーニングへの応用. *水泳水中運動科学* 5 : 27-32.
- 11) 田中喜代次, 金基学, 松浦義行 (1985) 全身持久性指標としてのドロップオフ・持久比の妥当性. *体育の科学* 35(8) :615-619.
- 12) 山地啓司 (2001) 改訂 最大酸素摂取量の科学. 杏林書院:東京. pp. 319-360.
- 13) Yamaji S, Demura S, Nagasawa Y, Nakada M. (2004) Relationships between decreasing force and muscle oxygenation kinetics during sustained static gripping. *J Physiol Anthropol Appl Human Sci.* 23(2) :41-47.