

《論 文》

# ライフセービング競技における 2 次元DLT法 を用いた定量的評価とレース分析

荒井 宏和, 渋谷 暁享, 高松 潤二

Quantitative evaluation and race analysis using Two Dimensional DLT  
Method in life saving competition

Hirokazu ARAI, Toshiyuki SHIBUYA, Junji TAKAMATSU

キーワード：ライフセービング, 2次元DLT法, レース分析

Key Words: Life Saving, two dimensional DLT method, Race analysis

## Abstract

This study quantitatively analyzed (Two Dimensional Direct Linear Transformation Method) the characteristics of a 200m disabled race among the lifesaving competitions held at an indoor pool. This was an opportunity to examine race strategy. In addition, this research aimed to promote improvement in competitiveness.

The subjects were 8 competitors in the All Japan Life Saving Championships. The analysis items were as follows:

1) Distance between the point where the head enters from the net and the distance between the net and the obstacle net is 0 axis.  
2) Calculated incoming water angle and water outlet angle based on head entrance distance,

exit distance, and distance to the bottom of the net (70cm). 3) Distance between head entry point and water exit point. 4) Horizontal diving time to head entry point and flood point. 5) Speed at head entry point and flood point. 6) Rates of change due to diving speed in all obstacle nets.

A statistically significant difference ( $p < 0.01$ ) was observed in the average water discharge distance, water inlet angle, water outlet angle, horizontal diving distance, and diving speed.

A significant difference was found between the two groups in diving time. There was no statistically significant difference in the rate of change or the rate of interaction between the upper and lower group.

It is thought that the upper group was able to perform a dive and embankment while

keeping the resistance in the water low, because the water angle was lower than for the lower group.

In addition, it was thought that different characteristics in both groups reflect irregular swimming speed when passing through obstacle nets.

## 1. はじめに

水難救助を想定したライフセービング競技会には、海浜で実施される競技会（13種目）と、屋内プールで実施される競技会（11種目）が開催されている。

このうち、屋内プールでは海浜で行う競技のように潮汐や波、風など自然環境の影響を受けることなく、水温や水深が一定という環境条件が揃っているため、競技者のパフォーマンスを定量的な評価によって競技展開を客観的に分析することが可能である。

競泳競技の場合、以前よりビデオを用いたレース分析が行われており、先行研究においてもスタート局面から距離に応じた時間やストローク数やターンなどを科学的に評価した研究が見られる<sup>1-4)</sup>。

ライフセービング競技においては、競泳競技とは異なり、実際の水難救助を想定した競技種目が設定されるなど、競泳競技にはない特性を兼ね備えているが、深山ら<sup>5)</sup>の報告では、ライフセービング競技においてもレースパターンが競技力に影響するとしており、レース展開に基づいて分析する必要性を示唆している<sup>6)</sup>。

しかし、ライフセービング競技に関する研究の中で、定量的な評価を用いた知見は少なく、特に本研究のように屋内プールで行われる競技

に関する研究は見当たらない。

そこで、本研究の目的は、屋内プールにおいて開催されるライフセービング競技のうち、救助機材を用いることなく且つ、競泳競技に近い種目に限定し、レースの特徴を定量的に分析することにより、その特徴を抽出することによってレース戦略を考える契機とし、ライフセービング競技における競技力の向上に貢献することを目的とする。

## 2. 方法

本実験は、平成25年に開催された全日本ライフセービング室内選手権大会において行われた200m障害スイムに出場した選手を対象とした。200m障害スイムは、スタートから12.5mと37.5mに設置された深さ70cmの障害ネットの下を200mの距離を泳ぐ間に合計8回潜り抜いて泳ぐレースである。

このうち男子種目において競われたタイムレースの結果を採用し、上位8名（以下、上位群）と下位8名（以下、下位群）にグループ分けした。

ビデオ撮影は、Canon社製デジタルビデオカメラ2台を用いて2箇所の障害ネットの延長線上に固定して60コマ/秒で撮影をした（図1-a）。撮影された映像はデジタル記憶媒体を用いてPCに移行し、その後2次元DLT法（Two Dimensional Direct Linear Transformation Method）による分析を行った。分析項目は、スタート後に入水して泳ぎ、障害ネット下方を潜行するために頭部が水没してから水面に浮上した第1障害を $a^1 \sim b^1$ （Start~12.5m）とし、第2障害を $c^1 \sim d^1$ （37.5m）、第3障害を $e^1 \sim f^1$ （62.5m）、第4障害を $g^1 \sim h^1$ （87.5m）、

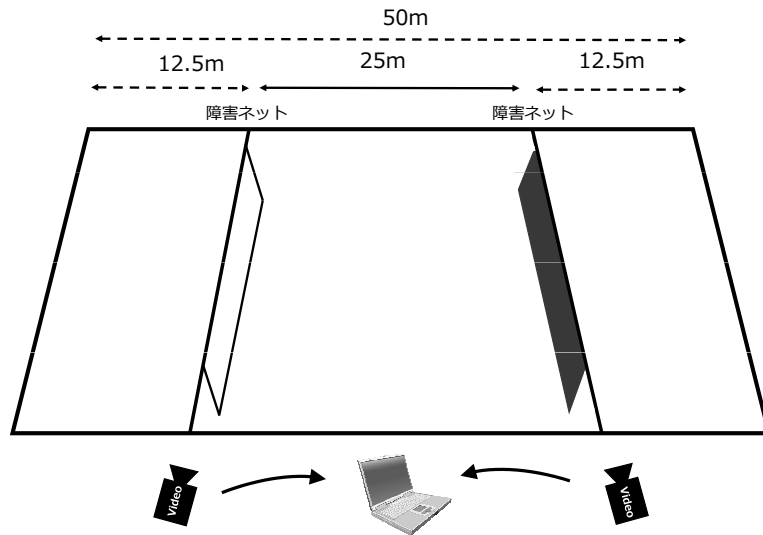


図1-a 障害ネットとカメラの位置

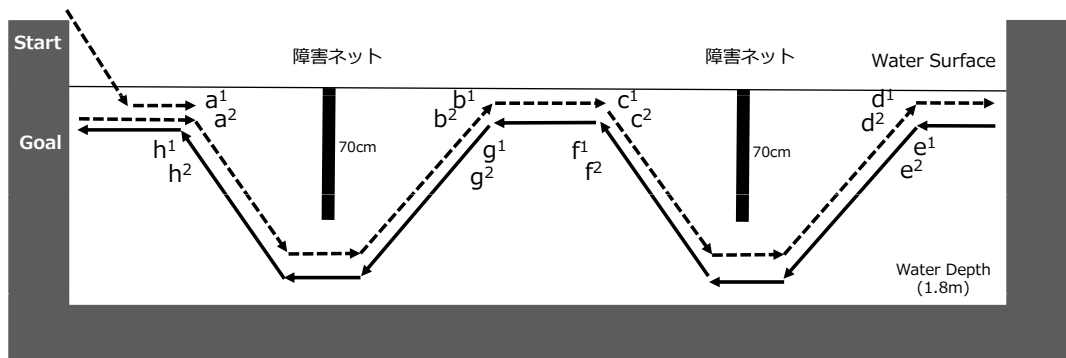
第5障害を  $a^2 \sim b^2$  (112.5m), 第6障害を  $c^2 \sim d^2$  (137.5m), 第7障害を  $e^2 \sim f^2$  (162.5m), 第8障害を  $g^2 \sim h^2$  (187.5m) とした(図1-b)。

分析項目は、以下とした。

- 1) 障害ネットを0軸として、ネット手前からの頭部入水距離と出水距離
- 2) 頭部入水距離と出水距離そしてネット下端

までの距離(70cm)から、入水角度と出水角度を算出

- 3) 頭部入水から出水までの距離
- 4) 頭部入水から出水までの水平潜水時間
- 5) 頭部入水から出水地点までの速度
- 6) 全障害ネットにおける潜水速度による変化率の推移



第1障害:  $a^1 \sim b^1$  (Start ~12.5m), 第2障害:  $c^1 \sim d^1$  (37.5m), 第3障害:  $e^1 \sim f^1$  (62.5m), 第4障害:  $g^1 \sim h^1$  (87.5m), 第5障害:  $a^2 \sim b^2$  (112.5m), 第6障害:  $c^2 \sim d^2$  (137.5m), 第7障害:  $e^2 \sim f^2$  (162.5m), 第8障害:  $g^2 \sim h^2$  (187.5m)

図1-b 泳者による障害ネットの潜水イメージ

### 3) 統計処理

二次元DLT法によって得られた数値のうち、上位群と下位群による二群間の比較について障害ネットから頭部が入水した距離と出水した際の障害ネットからの距離、水中潜行時の水平距離、時間、また水平距離と時間から潜行速度を算出し対応のないt検定を用いて統計処理をした。また、第1障害の値をベースラインとして潜行速度の変化率を算出した。統計処理は反復測定二元配置分散分析を行ない、多重比較検定にはTukey-Kramer法を用いた。全ての値は平均値±標準誤差で示し、統計的有意水準を5%未満とした。なお統計処理には、統計解析ソフトStat view5.0 for windows (SAS Institute社, USA) を用いた。

### 3. 結果

障害ネットを0軸としたネット手前からの平均入水距離は、上位群で $-1.60 \pm 0.24\text{m}$ 、下位群は $-1.25 \pm 0.13\text{m}$ であり、両群間に統計的

有意差 ( $p < 0.01$ ) が認められた。また同様に障害ネットを0軸とした平均出水距離における上位群と下位群の平均値は、 $3.00 \pm 0.14\text{m}$ と $2.28 \pm 0.16\text{m}$ であり、両群間において統計的有意差 ( $p < 0.01$ ) が認められた (図2)。平均入水角度と平均出水角度における上位群と下位群の平均値は、 $26.64 \pm 3.11$ 度と $31.46 \pm 2.56$ 度であり両群間には統計的有意差 ( $p < 0.05$ ) が認められた。平均出水角度における上位群と下位群の平均値は、 $13.33 \pm 0.85$ 度と $17.79 \pm 1.53$ 度であり、両群間には統計的有意差 ( $p < 0.01$ ) が認められた (図3)。水平潜水距離における上位群と下位群の平均値は、 $4.60 \pm 0.26\text{m}$ と $3.53 \pm 0.22\text{m}$ であり、両群間において統計的有意差 ( $p < 0.01$ ) が認められた (図4)。潜水時間における上位群と下位群の平均値は $3.50 \pm 0.14$ 秒と $3.71 \pm 0.18$ 秒であり、両群間に有意な差は認められなかった (図5)。潜行速度における上位群と下位群の平均値は、 $1.31 \pm 0.03\text{m/sec}$ と $0.90 \pm 0.03\text{m/sec}$ であり、両群間において統計的有意差 ( $p < 0.01$ ) が認められた (図6)。速さの変化率において上

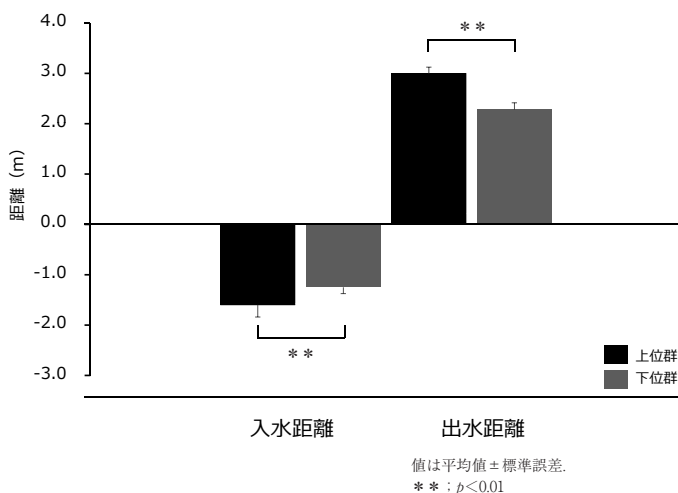


図2 障害ネットに対する入水、出水局面の比較

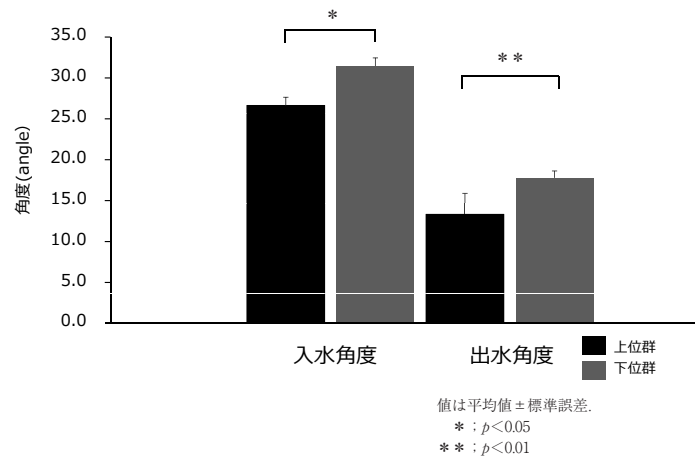


図3 入水角度及び出水角度の比較

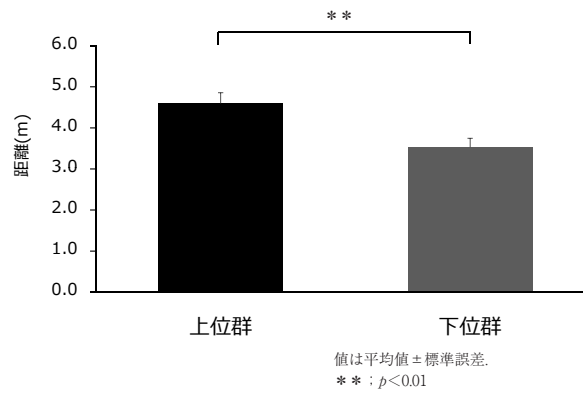


図4 上位群と下位群における水平潜水距離の比較

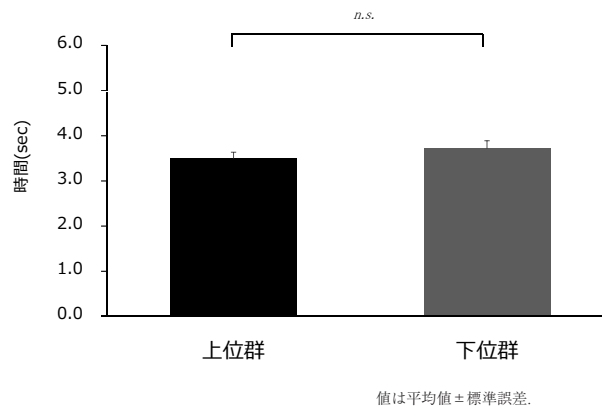


図5 上位群と下位群における潜水時間の比較

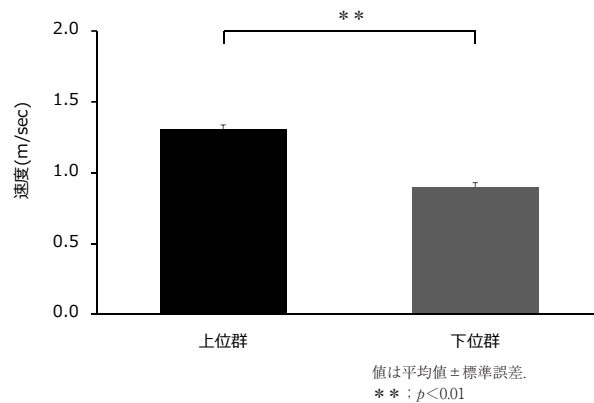


図6 上位群と下位群における水平速度の比較

位群と下位群の交互作用に統計的有意差は認められなかった。なお主効果においては、上位群 ( $F=21.42$ ,  $p < 0.01$ ), 下位群 ( $F=5.06$ ,  $p < 0.01$ ) で有意差が認められた。またそれぞれの群間の差においては、上位群では、ベースライン (第1障害;  $a^1 \sim b^1$ ) と第3障害の  $e^1 \sim f^1$  (62.5m), 第4障害の  $g^1 \sim h^1$  (87.5m), 第5

障害の  $a^2 \sim b^2$  (112.5m), 第6障害の  $c^2 \sim d^2$  (137.5m), 第7障害の  $e^2 \sim f^2$  (162.5m), そして第8障害の  $g^2 \sim h^2$  (187.5m) において有意差 ( $p < 0.05$ ) が認められた (図7)。下位群では、ベースライン (第1障害;  $a^1 \sim b^1$ ) と第7障害の  $e^2 \sim f^2$  (162.5m) そして第8障害の  $g^2 \sim h^2$  (187.5m) の間で有意差が認められた。

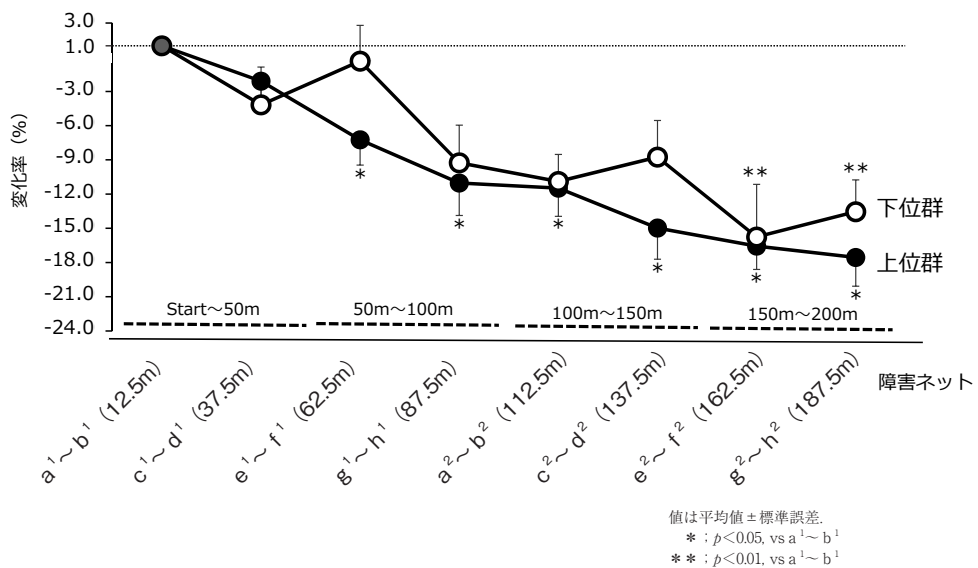


図7 水平速度による変化率の推移

## 4. 考察

本研究はライフセービング競技大会で行われる室内競技種目のうち、200m障害スイム種目について、2次元DLT法を用いて数値データを定量化することによってレースの特徴を分析した。

入水局面において上位群は下位群よりも、障害ネットから遠い位置で入水し水面から浅い角度で障害ネットまで潜水する。また下位群と比較して、障害ネットよりも遠く、さらに浅い角度で浮上することが示唆された。よって水平潜水距離も長く、潜水時間に下位群と有意差は認められなかったことから、泳者は下位群よりも速いスピードで潜行と浮上を繰り返すということが示唆された。

水泳による水から受ける抵抗には、粘性抵抗、造波抵抗、形状抵抗、渦抵抗がある。このうち清水ら<sup>7)</sup>は、競泳で潜水を行なった場合、水面から水深255mm以下を潜行すると、水面の造波抵抗が軽減し抵抗減少が発生するとしている。Takeda et.al.<sup>8)</sup>も潜水局面は水面のストローク局面よりも泳速度が上がるとしている。

これらのことから上位群が早い段階で潜水局面に移り、水面の造波抵抗の影響を受けることなく水中での速度を上げ潜行していたということが推測される。また、尾関ら<sup>9)</sup>は水中への入水角が大きい場合、水抵抗が大きく作用し、急激な減速をもたらすとしており、その結果入水角を減少させることが望ましいとしている<sup>10)</sup>。つまり、上位群は下位群より入水角が低いことによって、水中の抵抗を低く抑えながら潜行と浮上を行えたのではないかと考えられる。

次に、上位群と下位群の速度の推移を変化率で示した結果では、上位群は最初の50mを折り

返し、62.5m地点に設置された障害ネットから段階的に減速し始め、最後の障害ネットでは最も低い値を示した。一方、下位群による変化率の推移は、各障害ネットを通過する際に、上位群のように段階的な速さで減速するというよりも、むしろ速さにばらつきが生じたという傾向を示した。両群において異なる特徴は、障害ネットを通過する際の不規則な泳スピードが原因ではないかと考えられ、結果的に全体の時間に反映されたと考えられる。これは通常の泳ぎから水中へ潜水するための動作の切り替えやタイミング、障害ネット下端の最も水深がある位置から浮上するための出水角度やスピードなど技術的動作が影響すると考えられる。

今後、分析項目及び対象数を増やし、戦略的なレース展開に反映し、多角的な評価が必要であると考えられる。

## 参考文献

- 1) 奥野景介, 生田泰志, 若吉浩二, ほか: 一流選手の100m自由形における競泳のレース分析—1996年度および1997年度日本選手権大会の比較—, 大阪教育大学紀要 IV, 47(1): 211-223, 1998.
- 2) 生田泰志, 奥野景介, 松井健, ほか: 泳速度のコントロールとストローク頻度の関係—100mおよび200m自由形のレース分析結果より—, スポーツ方法学研究, 12(1): 1-8, 1999.
- 3) 奥野景介, 生田泰志, 本部洋介, ほか: 男子50m自由形におけるストロークパラメータの変動に関する研究1997年度日本選手権大会において—, スポーツ方法学研究, 12(1): 17-24, 1999.
- 4) 奥野景介, 若吉浩二, 生田泰志, ほか: 1996年度および1997年度日本選手権大会50m自由形における競泳のレース分析, スポーツ方法学研究, 11(1): 123-130, 1998.
- 5) 深山元良: ライフセービング (特集 ウォータースポーツの科学), トレーニング科学, 14(3): 119-128, 2003.
- 6) 深山元良, 植松 梓, 遠藤大哉, ほか: 全力ボードパドリングにおける速度, ストローク頻度, およ

- びストローク長: パドリング方法および性差の比較. 海洋人間学雑誌, 2(1): 1-7, 2013.
- 7) 清水幸丸, 鈴木利明, 鈴木邦仁, ほか: 競泳用水着の抵抗測定に関する研究. 日本機械学会論文集, 63 (616): 3921-3927, 1997.
- 8) Takeda, T., Ichikawa, H., Takagi, H., et.al: Do differences in initial speed persist to the stroke phase in front-crawl swimming? Journal of Sports Sciences, 27(13): 1449-1454, 2009.
- 9) 尾関一将, 桜井伸二, 高橋繁浩, ほか: 入水方法の違いが競泳スタートのパフォーマンスに与える影響. バイオメカニクス研究, 日本バイオメカニクス学会編, 14(1): 12-19. 2010.
- 10) 水藤弘史, 高橋篤史, 村松愛梨奈, ほか: 平成25年度競泳ナショナル強化選手合宿(鈴鹿)における科学サポート. 日本水泳連盟科学委員会報告書, 17(1), 22-25, 2014.