

# 競泳のレース分析における局面距離変更 に伴う問題の検討

野村照夫 (Teruo Nomura)  
若吉浩二 (Kohji Wakayoshi)  
奥野景介 (Keisuke Okuno)  
生田泰志 (Yasushi Ikuta)  
高木英樹 (Hideki Takagi)  
後藤真二 (Shinji Goto)

京都工芸繊維大学繊維学部  
奈良教育大学教育学部  
防衛大学校総合教育学群  
大阪教育大学教育学部  
三重大学教育学部  
群馬大学教育学部

## 〔要旨〕

競泳のレース分析における局面距離変更に伴う問題を検討し、これまでのレース分析資料の有効活用のための方法を工夫することを目的とした。日本選手権の自由形およびバタフライ種目において、準決勝および決勝レースに出場した延べ480名を対象に、スタート、ターンおよびフィニッシュについて検討し、次の結果が得られた。(1) スタート、ターン、フィニッシュの局面距離を延長した所要時間を、従来の局面所要時間と隣接ストローク局面所要時間を用いた延長部分の回帰により、高い精度で推定できた。(2) スタートは、延長部分の実測値と推定値の相関が極めて高く、延長部分の推定値と従来のスタート局面の関連も高かったため、局面距離を15mに変更することが望ましいといえた。(3) ターンイン、ターンアウトおよびフィニッシュは、延長部分の推定値と従来のこれらの局面の所要時間に密接な関連が見られ、局面距離を延長は妥当であった。しかし、延長部分の実測値と推定値の相関が一様に高いとは言えず、局面距離延長は、積極的に肯定されなかった。

◆キーワード：競泳、レース分析、スタート、ターン、フィニッシュ

## 1. 緒言

競泳のレース分析は、選手・コーチに競技会における詳細なレース内容を数値によりフィードバックする意義を持ち、水泳科学分野においても多くの実験データのクライテリアとして有効に使われている<sup>9)-11)</sup>。しかし、競泳ルールの変更や国際データ比較に対応して、スタートやターンの局面距離を考慮しなければならない。国際水泳連盟の競泳のルールは、1991年に背泳ぎのスタートと

ターンの後の潜行距離が15mに設定された。これに続き、1998年に自由形およびバタフライのスタートとターンの後も同様に改定された。表・1に主なレース分析における局面定義を示した。世界の様々な機関<sup>2)-4),6),8)</sup>がレース分析を実施しているが、局面定義は、統一されていない。

そこで、本研究では、局面距離の統一やカメラ設置の簡素化を視野に入れた場合のスタート、ターンおよびフィニッシュ局面距離を延長する場合に伴う問題を検討し、

報告者	報告年	大会名	局面定義			
			スタート	ターンイン	ターンアウト	フィニッシュ
ドイツ水泳連盟 <sup>3)</sup>	1995	アリーナ ワールドカップ	7.5m	7.5m	7.5m	7.5m
カナダ水泳スポーツ科学センター <sup>6)</sup>	1995	パンパシフィック大会	10m (BK&BR:15m)	7.5m (BK10m)	7.5m (BK10m)	7.5m
フランス水泳連盟 <sup>4)</sup>	1998	フランス選手権	15m	7.5m	7.5m	7.5m
オーストラリアスポーツ研究所 <sup>2)</sup>	1999	パンパシフィック大会	15m	7.5m	7.5m	5m
日本水泳連盟 <sup>8)</sup>	1999	日本選手権	10m (BK&BR:15m)	5m	7.5m (BK&BR10m)	5m

表1 主なレース分析における局面定義

これまでのレース分析資料の有効活用のための方法を提案することを目的とした。

## 2. 方法

### 2-1. 対象

1998,1999年度日本選手権水泳競技大会における50m,100mおよび200m自由形,100mおよび200mバタフライ種目男女準決勝・決勝進出者,延べ480名(各種目96名)を対象とした。

### 2-2. 計測

日本水泳連盟医科学委員会の方法8)に従うレース分析データ(Japanese Traditional Phase: JTP)に加え,拡張した局面(Extended Phase: EP)としてスタート距離15m,ターンイン距離7.5m,ターンアウト距離10m,フ

ィニッシュ距離7.5mの通過時間を計測した。

### 2-3. 推定

JTPからEPへの局面距離変更に伴う問題を検討するために,すなわち追加された距離(Additional Distance: AD)の所要時間を,ADが含まれる隣接ストローク局面(Adjoining Stroke Phase: ASP)の所要時間から直線回帰した。

換算式:  $AD推定値 = Slope \times ASP + Intercept$

推定の精度は,EP所要時間とJTP所要時間+AD推定値を比較することにより検討した。また,ADの実測値とADの推定値の関係を検討し,追加局面の信頼性を検討する指標とし,JTP所要時間とADの推定値の関係を検討し,推定の妥当性を検討する指標とした。スタート,ターンイン,ターンアウトおよびフィニッシュ局面に関わるEP, JTP, AD,およびASPの各距離定義を表-2に示した。

種目	延長局面 (EP)	日本水連 方式(JTP)	追加距 離(AD)	隣接ス	
				トローク 局面 (ASP)	
	(m)	(m)	(m)	(m)	
スタート	50fr	15.0	10.0	5.0	15.0
	100fr	15.0	10.0	5.0	15.0
	100fly	15.0	10.0	5.0	15.0
	200fr	15.0	10.0	5.0	35.0
	200fly	15.0	10.0	5.0	35.0
ターンイン	100fr	7.5	5.0	2.5	20.0
	100fly	7.5	5.0	2.5	20.0
	200fr 1	7.5	5.0	2.5	35.0
	200fr 2	7.5	5.0	2.5	37.5
	200fr 3	7.5	5.0	2.5	37.5
	200fly 1	7.5	5.0	2.5	35.0
	200fly 2	7.5	5.0	2.5	37.5
	200fly 3	7.5	5.0	2.5	37.5
	200fly 3	7.5	5.0	2.5	37.5
ターンアウト	100fr	10.0	7.5	2.5	17.5
	100fly	10.0	7.5	2.5	17.5
	200fr 1	10.0	7.5	2.5	37.5
	200fr 2	10.0	7.5	2.5	37.5
	200fr 3	10.0	7.5	2.5	37.5
	200fly 1	10.0	7.5	2.5	37.5
	200fly 2	10.0	7.5	2.5	37.5
フィニッシュ	50fr	7.5	5.0	2.5	20.0
	100fr	7.5	5.0	2.5	20.0
	100fly	7.5	5.0	2.5	20.0
	200fr	7.5	5.0	2.5	37.5
	200fly	7.5	5.0	2.5	37.5

表2 各局面の距離定義

## 3. 結果

スタート,ターンイン,ターンアウトおよびフィニッシュ局面に関わるEP, JTP, AD,およびASPの所要時間の平均値,標準偏差,EPとJTP+AD推定値の相関係数,

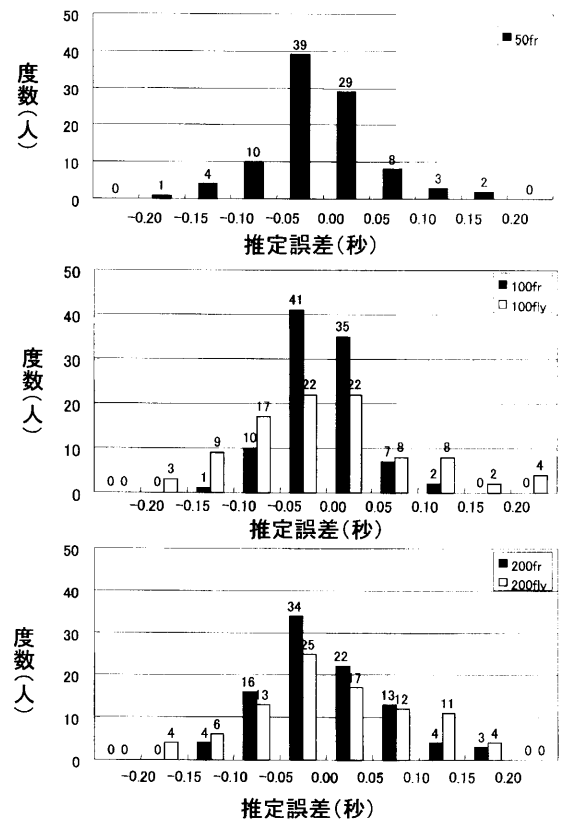


図1 スタート局面の推定誤差

ADとAD推定値の相関係数およびJTP所要時間とAD推定値の相関係数を表-3に示した。また、JTP所要時間およびAD推定値からEPを推定した誤差の分布を図-1および表4~6に示した。

びAD推定値からEPを推定した誤差の分布を図-1および表4~6に示した。

種目	延長局面 (EP) unit:sec		日本水連方式 (JTP) unit:sec		追加距離 (AD) unit:sec		隣接ストローク局面 (ASP) unit:sec		回帰係数 AD推定値=Slope × ASP + Intercept		EPとJTP+AD推定値の相関係数	AD実測値とAD推定値の相関係数	JTPとAD推定値の相関係数	
	平均値	SD	平均値	SD	平均値	SD	平均値	SD	Slope	Intercept				
Start	50fr	6.60	0.49	4.05	0.34	2.55	0.18	7.82	0.52	0.328	-0.014	0.993	0.943	0.890
	100fr	6.73	0.49	4.07	0.33	2.66	0.18	8.08	0.49	0.349	-0.163	0.996	0.970	0.915
	100fly	6.94	0.59	4.09	0.41	2.84	0.20	8.61	0.50	0.366	-0.312	0.988	0.896	0.899
	200fr	7.04	0.49	4.22	0.35	2.82	0.17	20.55	0.93	0.166	-0.601	0.990	0.916	0.866
	200fly	7.27	0.52	4.32	0.37	2.97	0.19	21.76	1.06	0.157	-0.443	0.986	0.886	0.865
Turn In	100fr	4.56	0.25	3.11	0.19	1.46	0.09	11.33	0.61	0.123	0.068	0.985	0.860	0.854
	100fly	4.46	0.31	2.93	0.20	1.53	0.13	12.03	0.73	0.153	-0.307	0.943	0.867	0.870
	200fr 1	4.78	0.22	3.28	0.19	1.50	0.07	20.55	0.93	0.025	0.965	0.960	0.465	0.785
	200fr 2	4.92	0.24	3.33	0.19	1.59	0.07	23.20	1.13	0.049	0.456	0.979	0.743	0.868
	200fr 3	5.01	0.24	3.44	0.19	1.57	0.08	23.50	1.17	0.045	0.508	0.967	0.647	0.817
	200fly 1	4.73	0.24	3.12	0.20	1.61	0.09	21.76	1.06	0.028	0.992	0.950	0.556	0.842
	200fly 2	4.94	0.25	3.27	0.19	1.67	0.11	24.85	1.23	0.059	0.204	0.946	0.660	0.766
	200fly 3	5.09	0.25	3.35	0.19	1.74	0.11	25.42	1.15	0.071	-0.070	0.854	0.732	0.664
	200fly 3	5.09	0.25	3.35	0.19	1.74	0.11	25.42	1.15	0.071	-0.070	0.854	0.732	0.664
Turn Out	100fr	4.86	0.34	3.44	0.26	1.42	0.10	10.15	0.59	0.144	-0.036	0.989	0.861	0.906
	100fly	5.87	0.40	4.32	0.30	1.55	0.13	10.87	0.69	0.154	-0.127	0.979	0.788	0.859
	200fr 1	5.13	0.32	3.58	0.23	1.55	0.12	23.20	1.13	0.091	-0.562	0.982	0.858	0.885
	200fr 2	5.17	0.34	3.59	0.26	1.59	0.11	23.50	1.17	0.072	-0.102	0.978	0.764	0.880
	200fr 3	5.23	0.37	3.65	0.26	1.58	0.14	23.64	1.24	0.095	-0.678	0.983	0.868	0.829
	200fly 1	6.13	0.36	4.53	0.30	1.60	0.11	23.18	1.16	0.057	0.268	0.972	0.615	0.886
	200fly 2	6.26	0.34	4.60	0.30	1.66	0.10	25.42	1.15	0.048	0.454	0.970	0.552	0.747
	200fly 3	6.28	0.35	4.64	0.31	1.64	0.12	25.67	1.21	0.042	0.558	0.957	0.440	0.754
	200fly 3	6.28	0.35	4.64	0.31	1.64	0.12	25.67	1.21	0.042	0.558	0.957	0.440	0.754
Finish	50fr	3.98	0.27	2.54	0.17	1.44	0.12	10.99	0.67	0.161	-0.324	0.960	0.908	0.914
	100fr	4.30	0.27	2.76	0.18	1.54	0.10	11.90	0.68	0.133	-0.044	0.917	0.874	0.904
	100fly	4.75	0.29	3.08	0.21	1.67	0.11	12.81	0.77	0.115	0.195	0.971	0.787	0.853
	200fr	4.49	0.24	2.87	0.18	1.61	0.07	23.64	1.24	0.048	0.472	0.984	0.813	0.888
	200fly	5.08	0.27	3.30	0.20	1.78	0.13	25.67	1.21	0.074	-0.105	0.942	0.691	0.740

表3 各局面の平均値、標準偏差、回帰係数および相関係数

ターンイン (秒)	100fr	100fly	200fr			200fly		
	(人)	(人)	1 (人)	2 (人)	3 (人)	1 (人)	2 (人)	3 (人)
-0.20以下	0	0	0	0	0	0	0	0
-0.20~-0.15	0	1	0	0	1	0	1	5
-0.15~-0.10	3	4	3	1	4	3	9	8
-0.10~-0.05	9	18	13	12	14	16	14	11
-0.05~0.00	37	25	33	42	33	27	31	20
0.00~0.05	39	23	24	26	22	20	12	24
0.05~0.10	5	22	15	12	19	13	11	22
0.10~0.15	3	3	6	2	2	14	9	6
0.15~0.20	0	0	2	1	1	3	5	0
0.20以上	0	0	0	0	0	0	0	0

表4 ターンイン局面の推定誤差分布

ターンアウト (秒)	100fr	100fly	200fr			200fly		
	(人)	(人)	1 (人)	2 (人)	3 (人)	1 (人)	2 (人)	3 (人)
-0.20以下	0	1	0	0	1	0	0	4
-0.20~-0.15	0	6	1	1	0	4	5	7
-0.15~-0.10	1	6	3	6	5	8	8	9
-0.10~-0.05	12	10	16	17	17	17	15	7
-0.05~0.00	43	25	29	24	33	18	17	14
0.00~0.05	24	19	27	22	15	21	21	16
0.05~0.10	13	20	17	20	16	17	18	24
0.10~0.15	3	7	2	4	9	9	11	13
0.15~0.20	0	1	1	2	0	2	1	2
0.20以上	0	1	0	0	0	0	0	0

表5 ターンアウト局面の推定誤差分布

フィニッシュ (秒)	50fr (人)	100fr (人)	100fly (人)	200fr (人)	200fly (人)
-0.20以下	0	0	0	0	0
-0.20~-0.15	0	0	1	0	2
-0.15~-0.10	2	2	4	1	15
-0.10~-0.05	15	13	24	9	16
-0.05~0.00	34	37	20	44	15
0.00~0.05	33	30	19	30	15
0.05~0.10	10	11	19	10	21
0.10~0.15	2	3	9	2	4
0.15~0.20	0	0	0	0	7
0.20以上	0	0	0	0	1

表6 フィニッシュ局面の推定誤差分布

#### 4. 考察

スタート、ターン、フィニッシュともEP所要時間とJTP所要時間+AD推定値の間に0.9以上の高い相関関係が認められ、JTP所要時間およびAD推定値からEPを高い精度で推定できると言える。推定の誤差は±0.2秒以内に抑えられ実用可能であると考えられる。したがって、局面

距離拡張は、換算式を用いれば、これまでの資料を生かすことができると考えられる。

スタートにおけるAD実測値とAD推定値の相関係数も0.9前後で非常に高い関連を示した。また、JTP所要時間とAD推定値の相関係数も0.9前後で非常に高い関連を示した。したがって、スタート時の潜水距離規制に基づき、15m通過までをスタート局面とすることは、推定の信頼性が高く、ADにスタート技能が反映されているため妥当であると思われる。また、4泳法とも同一距離で計測することは、カメラ設置、キャリブレーション作業の簡素化を図ることができる。回帰係数のinterceptが負値を示すのは、スタート局面の高い速度がそれに続くストローク局面にも影響するため速度漸減傾向を示すことが原因と考えられる。スタート直後の泳速度が最も高いことは松井ほか<sup>5)</sup>(1998)によって報告されている。

ターンインを7.5mにした場合、AD距離が2.5mと短いため推定の精度は±0.2秒以内に抑えられ、カメラ台数を減らす利点も認められる。しかし、ターンインのAD実測値とAD推定値の相関係数は、100mで0.85を上回ったものの200m種目では、全分散の22%~54%程度しか説明できず、わずかではあるが推定の信頼性を低下させているものと考えられる。これにより、200mのASPが一般的な泳速変化パターンで展開されていないことが示唆される。また、200mバタフライの後半のターンインでは、JTP所要時間とAD推定値の相関も有意ではあるが、比較的低い値に留まっていた。これは、疲労時のターン前7.5m付近はそれ以前のストロークともターンに至る5mとも異なる振る舞いをすることを示唆するものである。すなわち、泳速の個人差が大きい部分であると推察される。今後200m種目については、泳速を評価するために、さらに細分化した泳速計測が必要であると提言できる。以上のことから、ターンインの7.5mへの延長によって、ターン技能にストロークの変動が影響を及ぼすと考えられる。したがって、ターン技能を評価するにはターンイン5mが妥当だと考えられる。

ターンアウトもターンインと同様、AD実測値とAD推定値の相関は0.44~0.87で全て高いとはいえなかった。特にバタフライで関連が低い傾向が強かった。しかし、JTP所要時間とAD推定値の相関は概ね0.8前後とやや高い傾向を示したことから、推定自体は妥当であるが、ストロークの変動の影響が含まれることを考慮しなくてはならないといえる。バタフライは自由形に比べ、ターン後

泳速の変化に個人差があるものと考えられる。これは、これは、バタフライのターンアウト時の水中ドルフィンキックによる速度維持効果に個人差が見られるものと推察される。ターンアウトを10mすると4泳法とも同一距離で計測できるが、ターンアウト10m付近に全ての選手に壁を蹴った速度増大の効果が見られているわけではないのでターンアウトを10mに延ばすことは妥当とはいえない。

フィニッシュでは、AD実測値とAD推定値には自由形では0.8以上の相関が見られたが、バタフライでは低い傾向が見られた。したがって、バタフライの追加局面を推定しても実測値との誤差は大きくなる可能性がある。バタフライは、1ストローク中に速度変動が大きく、ストロークのどの段階で計測点を通過するかが影響すると考えられる。また、呼吸動作の有無により泳速に相違が見られることをAlves et al<sup>1)</sup>(1999)が指摘した。同様に自由形でも呼吸動作の有無が1ストロークにかかる時間を変動する要因になることを奥野ほか<sup>10)</sup>(1999)が報告した。したがって、追加局面が2.5mと短い区間の実測値には、多くの変動の要素が含まれていると解釈されるので、測定点通過時のストロークの段階や呼吸動作も考慮に入れることが課題として挙げられる。7.5mへの局面距離変更は、JTP所要時間とAD推定値の相関係数が0.74~0.91と高いので、妥当であると思われるが、積極的に変更する理由は見られない。

これらのことより、スタート距離は15m、ターンイン5m、ターンアウト7.5m、フィニッシュ5mを局面距離とすることが実用的であると考えられる。また、国際比較には上記の推定式を用いて換算することによる対応ができると考えられる。

## 5. まとめ

競泳のレース分析は、世界各地で行われているが、スタート、ターンおよびフィニッシュ局面距離には相違が見られる。また、ルール変更によりレースの内容にも変化が予想される。これらの問題に対応するために局面距離変更が考えられるが、それに伴う問題を検討し、これまでのレース分析資料の有効活用のための方法を工夫することを目的とした。日本選手権の自由形およびバタフライ種目において、準決勝および決勝レースに出場した延べ480名(各種目96名)を対象に、スタート、ターンおよびフィニッシュについて検討し、次の結果が得られた。

- (1) スタート、ターン、フィニッシュの局面距離を延長しても、従来の局面距離所要時間と隣接ストローク局面所要時間を用いた延長部分の回帰により、高い精度で推定ができた。
- (2) スタートは、延長部分の実測値と推定値の相関が極めて高く、延長部分の推定値と従来のスタート局面の関連も高かったため、ルール変更に伴う局面距離を15mに変更することが望ましいといえた。
- (3) ターンイン、ターンアウトおよびフィニッシュは、延長部分の推定値と従来のこれらの局面の所要時間に密接な関連が見られ、局面距離を延長することは妥当であるといえた。しかし、延長部分の実測値と推定値の相関が一様に高いとは言えず、隣接ストローク局面の泳速度の変化パターンに個人差があること、ストロークのどの状態で計測ラインを通過するのかなどの問題点が残るため、局面距離延長は、積極的に肯定されなかった。

- 10) 奥野景介, 生田泰志, 本部洋介, 石川昌紀, 若吉浩二, 野村照夫 (1999) 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.
- 11) Sindey, M., Delhaye, B., Baillon, M., and Pelayo, P. (1999), Stroke frequency evolution 100-m and 200-m events front crawl swimming, Biomechanics and Medicine in Swimming VIII, 71-75.

## 6. 謝辞

本研究において、財団法人 日本水泳連盟 医・科学委員会のレース分析プロジェクト関係諸氏に多大なご支援、ご協力を賜りましたことに感謝の意を表します。

### 【参考文献】

- 1) Alves, F., Cunha, P. and Gomes-Pereira, J. (1999) Kinematic changes with inspiratory actions in butterfly swimming, Biomechanics and Medicine in Swimming VIII, 9-18.
- 2) Australian Institute of Sport (Ed) (1999) AIS Biomechanics Swim Competition Analysis. - Pan Pacific Championships -, 2-3.
- 3) Deutscher Schwimm-Verband (Ed) (1995), Videoanalysis of the events Arena World Cup 1995, 1-13.
- 4) Federation Francaise de Natation (Ed) (1998), Analyse technique Championnats de France 1998, 6-7.
- 5) 松井健, 寺田晶裕, 立貞栄司, 本部洋介, 生田泰志, 若吉浩二, 野村照夫 (1998) 競泳200m自由形種目における5m毎の泳速度とストローク変数の変化, 水泳水中運動科学1:7-12.
- 6) National Swimming Sport Science Center (Ed) (1995), Swimming performance analysis. - Pan Pacific Swimming Championships -, 2-5.
- 7) 日本水泳連盟医・科学委員会 (Ed) (1998) 第74回日本選手権水泳競技大会 競泳レース分析表, P163.
- 8) 日本水泳連盟医・科学委員会 (Ed) (1999) 第75回日本選手権水泳競技大会 競泳レース分析表, P144.
- 9) Nomura, T., Wakayoshi, K., and Okuno, K. (1999), Estimation of 200m record from 100m record with consideration of a swimmer's specialty in freestyle swimming race, Biomechanics and Medicine in Swimming VIII, 443-448.