

〔論文〕

## 水球競技のシュートスピードに関する研究 - 2007年メルボルン世界選手権のスピードガンデータより -

A Study of Shooting Speed in Water Polo  
- Speed Gun Data at the 12th FINA World Championships -

洲 雅 明  
Suga Masaaki

### <Abstract>

The purposes of this study are to classify goals in the 2007 FINA World Championships Water Polo games and to verify the shot speed which was measured with a speed gun. The speed of 171 shots was collected and analyzed by attack patterns and shot areas.

It follows from these analyses that the fast average shot speeds were recorded in the case of the penalty shot (74.7kph), the middle shot (68.7kph) nearby, the 5m shot (71.2kph) and the middle shot in extra-man (67.1kph). The shots of these attack patterns were taken by a similar standing posture. Furthermore, a faster shot speed was recorded in the 5~10 meter area from the goal line and near the vertical line to a goal.

### <緒言>

水球競技は、縦30m×横20mのフィールドで、スイム、パス、ドリブルなどでボールを運び、相手ゴールにシュートをして得点を競い合うゲームである。プレーヤーは、サッカーやハンドボールと同じようにゴールキーパーが守るゴールへ向かってシュートを行うのであるが、ゴールするためには、シュートにスピード、コントロール、タイミングなどが必要である<sup>17)</sup>。コントロールとタイミングに関しては、ディフェンスやゴールキーパーとの駆け引きも関係しており、これまで研究テーマとして扱われることは少なかった。

スピードに関しては、ゴールキーパーの反応に対して速いシュートほど有利となる。これまでにシュートモーションに関しては多くの研究が行なわれており、フォームの分析とともにボールの初速度が計測されてきた<sup>1) 2) 3) 6) 13) 14) 16)</sup>。これまでの分析結果を表1のよ

表1 水球におけるシュート初速度の比較 (高木,2003)

研究者	シュート速度(km/h)			N	性別	被験者
	最大	最小	平均			
Davis & Blanksby (1977)			69.84	4	男	オーストラリア代表
			54.00	4	男	地方クラブ所属
Whiting (1985)			71.64	19	男	USA 代表、障害経験あり
			69.48	14	男	USA 代表、障害経験なし
Elliot & Armour (1988)			68.76	6	男	オーストラリア代表、州代表
			52.92	6	女	オーストラリア代表、州代表
高木 (1990)	67.32	52.92	60.84	16	男	日本人学生選手
Feltner(1996)	68.04	49.32	59.40	13	男	USA 学生選手
Darras (1999)	88.20	57.96	72.72	94	男	FINA カップ出場選手 (8カ国)

うに高木 (2003)<sup>15)</sup> がまとめたものによると、水球におけるシュートの初速度は、男子で約 20m/s (72km/h) 前後であり、最高速度は Darras (1999)<sup>1)</sup> が FINA ワールドカップへ出場した選手を対象に分析した 24.5m/s (88.2km/h) であった。この結果は、ハンドボールにおけるスタンディングシュートに関する分析結果に近い。水深が 2 m 以上の安定した支持点がない状態で、このようなシュートスピードを達成できるのは、興味深いことである。これらの研究において、シュートスピードを算出するには、映像分析を利用している。ボールが指先から離れる直前と直後の映像における時間間隔とボールの移動距離から算出を行っているのである<sup>8)</sup>。

一方、最近では球技のボールスピードを測定するためには、スピードガン<sup>注1)</sup>といわれる機器が多く用いられるようになってきた。スピードガンは自動車の速度などを測定するのに用いられてきたが、スポーツでは野球のピッチャーの球速を測定するために、プロ野球のスカウトがバックネット裏で測定を行なったのが始めであった<sup>9)</sup>。それが、近年では野球、テニス、バレーなどの試合中にも観客や視聴者への興味やサービスを高めるために、会場やモニターに球速が表示されているようになった。

スピードガンには、比較的安価な超音波式のもの、高価な電波式のものがある。超音波式の計測距離は、約 20 m と短いために、プロ野球の球場で使用されるスピードガンの表示は、電波式のものである。これらのスピードガンによる球速測定は、発射された電波と、ボールに反射して戻ってくる電波、その二つの波長や周波数の差から算出される。またこの差は、ドップラー効果によって生まれるものである。スピードガンによる測定は、瞬時に速度が計測、表示されるので、非常に簡単に利用できるが弱点もある。真正面からの球速測定は正確に測定できるが、斜め方向から角度がついてボールが飛んでくると誤差が生じることである。その誤差は、5 度ずれると 0.4 % の誤差、10 度ずれると 1 % というあるメーカーの報告<sup>9)</sup> に対し、30 度で 13 % の誤差という報告<sup>12)</sup> もある。球場では、審判を避けるため左右どちらか寄りに設置されているので、右投げ投手と左投げ投手で速度の出方に違いがあると言われている。また、高性能な機種は、電波が高出力や広周波数なので、ボールが指先から離れて瞬時の初速を測定できるのに対し、性能が低いものはそれができない。野球の場合は、初速と終速の差は平均 7 km/h あるので、性能の良し悪しで 2 ~ 3 km/h の差がつく可能性がある<sup>8) 9) 10) 11) 12)</sup>。

2007 年 3 月に開催されたメルボルン世界選手権水球競技では、オリンピック、世界選手権を通じて、初めてスピードガンによるシュートスピードの表示が行なわれた。これまでに会場でのゴールシーンなどのリプレーは当たり前となっていたが、シュートスピードの表示により、観客はより水球を楽しむことができた。シュートスピード表示は、公式記録として残されていないが、ハンガリーのカシヤス選手のシュートが 90km/h を越えるスピードを記録している<sup>7)</sup>。

この大会では合計 925 のゴールが記録されているが、世界トップレベルの水球選手のシュートスピードはどのくらいなのか、貴重な試合でのデータを集めてみることは、大変興味深いことである。また、水球の試合におけるシュートスピードをスピードガンで測定することの問題点はどのようなことであろうか。製品の取り扱い説明書等では、斜め方向からのボールスピードの測定において誤差を認めているが、ゴール後方に設置されたス

ピードガンを水球競技の大会で用いる場合、シュート位置は一定ではなく、近い位置でゴールラインから2 m、遠い位置で10 m以上にも及ぶ。また、角度においてもゴール正面から左右に45度以上斜め方向から打たれるシュートもある。これら様々なゴールを分類し、スピードガンで測定されたシュートスピードを検証することを本研究の目的とした。

## <方法>

### 1. データの収集

2007年3月19日～4月1日にオーストラリア・メルボルンで開催されたFINA世界選手権水球競技（男子全48試合）において、（財）日本水泳連盟水球委員会技術部スタッフが撮影した試合のうち、表2に示す13試合からデータを収集した。撮影は、観客席上段に設置したビデオカメラで試合の流れ全体が映るように行い、ゴール後の試合時間が停止している時は場内のスクリーンに映し出されるリプレーを撮影した。これらの映像を繰り返し再生して、リプレーに映し出されるシュートスピードが確認できたゴールのみ、各分析項目で分類を行い、SPSS Base 13.0Jに入力した。

表2 分析対象試合及び分析ゴール数

カテゴリー	対 戦 カ ー ド		分析ゴール数
予 選 リ ー グ	日本	6-20 イタリア	3
予 選 リ ー グ	日本	7-17 ドイツ	11
順 位 決 定 戦	日本	9-10 ニューージーランド	17
順 位 決 定 戦	ロシア	17-13 カナダ	12
順 位 決 定 戦	イタリア	12-11 オーストラリア	20
順 位 決 定 戦	イタリア	6-5 ドイツ	7
順 位 決 定 戦	ロシア	11-8 ドイツ	15
順 位 決 定 戦	ギリシャ	15-16 イタリア	17
準 々 決 勝	セルビア	8-3 ギリシャ	5
準 決 勝	セルビア	7-10 クロアチア	16
準 決 勝	スペイン	11-12 ハンガリー	19
3 位 決 定 戦	セルビア	17-18 スペイン	17
決 勝	クロアチア	9-8 ハンガリー	12
合計 13 試合	286 ゴール		171 ゴール

### 2. データの分類

各ゴールについて、攻撃パターン、シュートの位置、シュートの弾道、シュートコースの分析項目ごとに、（財）日本水泳連盟水球委員会技術部のゲーム分析内容<sup>5)</sup>を参考にして、分類を行なった。各分析項目における分類は図1に示すとおりである。

攻撃パターン<sup>注2)</sup>は、ペナルティシュート（以下、ペナルティと略す）、速攻、セット攻撃時ミドルシュート（以下、セットMと略す）、セット攻撃時5 mシュート（以下、セット5 mと略す）、セット攻撃時ドライブシュート（以下、セットDと略す）、セット攻撃時フローターシュート（以下、セットFと略す）、退水時ミドルシュート（以下、退水Mと略す）、退水時インサイドシュート（以下、退水Inと略す）、退水時その他（以下、退水他と略す）に分類した。

シュートの位置は、ルーディッチ氏が用いた区分<sup>4)</sup>を、ルール改正(2005年)後の区分に修正して利用した。フィールドロープの2m、5m、15m(ハーフ)の色及びゴールポストを基準に、フィールドの半面を横5分割(1~5)×縦4分割(A~D)にして、シュート位置を目測で判断した。

シュートの弾道は、ボールがゴールラインを通過する前に水面をバウンドした場合を「バウンド」、バウンドせずに通過した場合を「ストレート」、ゴールキーパーの手が届かない山なりの弾道を描いて通過した場合を「ループ」と分類した。

シュートコースは、ゴール内をシューターからゴールに向かって、「右上」、「右下」、「左上」、「左下」および「頭上」に分割した。

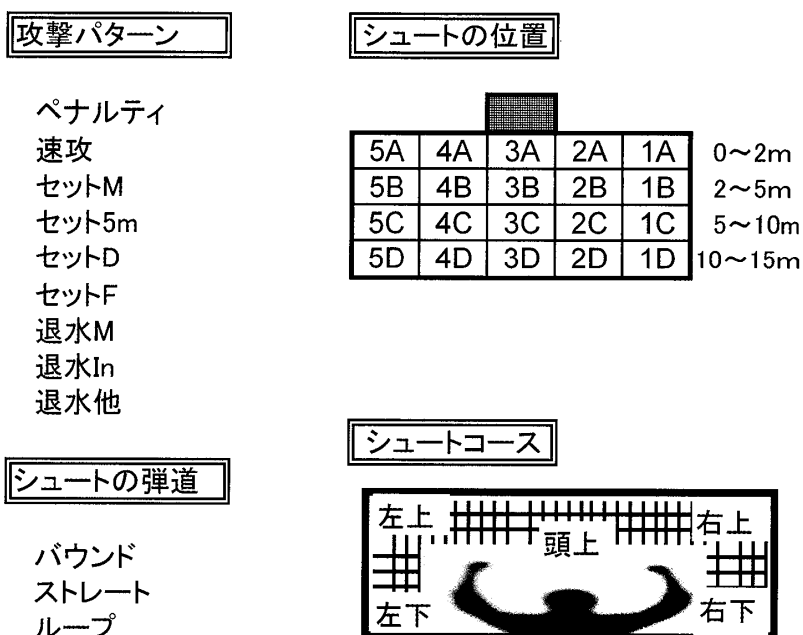


図1 分析項目及び分類

### 3. データの統計処理及び分析

各分析項目で分類別にシュートスピードの平均値を算出し分析を行なった。分類間で、多群間の比較を行なうために、Levene 検定により等分散性を確認した後、一元配置の分散分析を行なった。その後、Bonferroni 検定による多重比較を行い分類項目間の検討を行なった。統計的有意水準はすべての検定で危険率5%未満とした。

#### <結果と考察>

各分析項目におけるシュートスピードの分析は次のような結果であった。

#### 1. 攻撃パターン及びシュート位置による分析

今回収集した171件のゴールは、表3-1に示すように攻撃パターンで分類すると退水Mの57件(33.3%)が最も多く、続いてセットMの39件(22.8%)であった。件数が多く

速いシュートスピードを記録した攻撃パターンは、ペナルティの 74.7km/h、セット 5 m の 71.2km/h、セット M の 68.7km/h、退水 M の 67.1km/h であった。表 1 に示すこれまでの水球のシュートスピードの研究では、試技の条件の多くがボールを水面から持ち上げてワンモーションで行なうペナルティスローの要領であった。試合で行われるペナルティスローは、ゴールキーパーに止められないようシュートする必要があるものの、ほぼ全力に近い形で行なわれる。本研究で収集したペナルティのシュートスピードは先行研究のデータ<sup>1)2)3)6)13)14)16)</sup>と比較しても、同レベル以上のスピードであると考えられる。セット 5 m、セット M、退水 M とともにペナルティと同様のスタンディング姿勢でシュートを打つ場合が多いが、図 2 - 4 に示すようにセット 5 m が比較的位置のちらばりが少ないのに対して、図 2 - 3 に示すセット M と図 2 - 5 に示す退水 M は様々な位置からシュートを打っているのが特徴的である。セット D、セット F、退水 In などシュートスピードが遅かった攻撃パターンは、件数が少ないので正確なデータが得られなかったこともあるが、シュートスピードがでにくいモーションであったり、シュート位置がゴールに近く正確な測定ができていないと推測される。このように世界トップレベルの選手では、スタンディングシュートで記録された 60km/h 台後半から速いスピードと考えられ、70km/h を超えるとかなり速いスピードであると考えられる。

シュート位置で分類すると、表 3 - 2 及び図 2 - 1 に示すように、3 C の 64 件 (37.4 %) が最も多く、2 B、3 B、4 B が同様に多かった。速いスピードを記録したのは、いずれも 5 m 以遠の 2 C、3 C、4 C の位置から打たれているシュートであった。図 2 - 1 には隣接する位置で多重比較を行なった結果を示した。その結果、5 ~ 10 m の C の位置では左右間では有意な差は見られなかったが、2 ~ 5 m の B の位置で左右間に有意な差がみられた。これは後述する、退水 In において 3 B の位置の中でもゴールに近い 2 m 付近からセンタリングを押し込むようなシュートが多く行なわれていることに関係すると思われる。

そこで表 3 - 3 及び図 2 - 2 ~ 2 - 6 に示すように、攻撃パターン別に各シュート位置でスピードを比較した。ペナルティは、すべて 3 C のしかも 5 m のほぼライン上でワンモーションで行なわれるシュートであり、攻撃パターン別でも最も速いシュートで、標準偏差が最も小さかった。速攻は、シュート位置ごとのデータが少ないので正確な比較ができないが、最も遠い 3 C が速いスピードであり、標準偏差も小さい結果となった。セット M は 3 C を中心に打たれているシュートで、その位置のスピードを最高に周辺の 4 B、2 C、4 C、3 D も高い。4 B 以外の角度のあるコースの速度は低かった。最も速い 3 C と右前の 2 B に有意な差が見られた。3 B からは、セット M 時のディフェンス形態の特徴によりシュートがなかった。セット 5 m は 2 C の位置を最高に 3 C、4 C とともにシュートスピードが速かった。171 件のデータ中、最高速度の 81.8km/h をこの攻撃パターンの 3 C の位置で記録した。退水 M はセット M と似た傾向を示し、2 C を最高に 3 B、3 C が高かった。2 B、4 B のゴール中央から角度のある位置は遅いスピードを記録し、それぞれ 2 C、3 C と有意な差がみられた。退水 In は、サッカーでいうセンタリングのような攻撃であり、3 B からワンタッチで押し込むようなシュートが多く見られた。しかも映像からはかなり 3 A 寄りの 2 m ライン付近からであった。

以上のようなことから考えると、速いシュートが最も安定して記録されるのは、3 C か

らのペナルティ、続いて2C、3C、4CのセットM、セット5m、退水Mにおけるシュートである。ゴールからの距離の関係でみると2B、3B、4Bは、セットMや退水Mのように5～10mのCの位置であると速いスピードが記録されているが、速攻や退水Inのように2m付近で打たれるシュートは遅いスピードが記録されることが多く、2～5mのBの位置でのスピードに差が大きいことが示唆される。一方、ゴール中心からの角度の関係で見ると、2C、4Cよりも2B、4Bの方が遅いスピードが記録される傾向があり、斜め方向の角度が大きくなるに従い、遅いスピードが記録される傾向が示唆される。

表3 各分析項目におけるシュートスピード (km/h)

表3-1 攻撃パターン別のシュートスピード

状況	平均値	件数	%	標準偏差	最大値	最小値
P	74.7	14	8.2	3.42	80.2	68.8
速攻	59.4	17	9.9	12.67	75.9	38.1
セットM	68.7	39	22.8	8.65	80.6	41.2
セット5m	71.2	13	7.6	7.19	81.8	57.3
セットD	51.2	6	3.5	9.15	66.5	39.2
セットF	51.8	8	4.7	10.27	62.4	32.5
退水M	67.1	57	33.3	8.64	80.6	45.6
退水In	49.6	13	7.6	10.82	66.9	32.3
退水他	72.3	4	2.3	7.14	78.2	61.9
合計	65.1	171	100.0	11.38	81.8	32.3

表3-2 シュート位置別のシュートスピード

場所	平均値	件数	%	標準偏差	最大値	最小値
2A	40.0	1	0.6		40.0	40.0
3A	44.2	4	2.3	11.22	57.6	32.3
4A	56.5	4	2.3	6.79	64.4	49.4
1B	48.9	1	0.6		48.9	48.9
2B	62.7	26	15.2	8.79	76.9	41.2
3B	54.9	29	17.0	12.56	78.9	32.5
4B	61.9	21	12.3	10.54	75.1	38.7
2C	71.2	12	7.0	6.99	79.3	52.4
3C	72.4	64	37.4	4.78	81.8	58.8
4C	70.1	8	4.7	7.82	78.4	57.3
3D	76.6	1	0.6		76.6	76.6
合計	65.1	171	100.0	11.38	81.8	32.3

表3-4 シュートの弾道別のシュートスピード

球種	平均値	件数	%	標準偏差	最大値	最小値
ストレート	65.3	106	62.0	11.9	81.8	32.3
バウンド	65.3	63	36.8	10.3	79.3	38.7
ループ	50.0	2	1.2	15.2	60.7	39.2
合計	65.1	171	100.0	11.4	81.8	32.3

表3-5 シュートコース別のシュートスピード

コース	平均値	件数	%	標準偏差	最大値	最小値
頭上	73.7	14	8.2	4.9	80.2	63.8
右上	64.4	57	33.3	10.9	81.8	38.1
右下	63.2	35	20.5	12.7	79.3	32.5
左上	64.5	41	24.0	12.5	80.6	32.3
左下	65.9	24	14.0	9.5	78.2	44.0
合計	65.1	171	100.0	11.4	81.8	32.3

表3-3 攻撃パターン×シュート位置別のシュートスピード

状況	場所	平均値	件数	標準偏差	最大値	最小値
P	3C	74.7	14	3.42	80.2	68.8
速攻	2A	40.0	1		40.0	40.0
	3A	43.4	2	7.42	48.6	38.1
	2B	61.9	4	11.36	75.9	49.6
	3B	64.2	3	8.09	73.5	59.2
	4B	54.3	3	14.78	68.1	38.7
	3C	70.1	4	3.42	74.1	66.5
セットM	4A	52.5	1		52.5	52.5
	1B	48.9	1		48.9	48.9
	2B	59.8	6	10.03	66.7	41.2
	4B	68.0	4	6.61	75.1	59.1
	2C	69.3	7	8.36	79.3	52.4
	3C	73.5	17	2.70	80.6	70.7
セット5m	4C	67.0	2	8.84	73.2	60.7
	3D	76.6	1		76.6	76.6
	2C	74.0	2	4.45	77.1	70.8
	3C	71.3	8	6.97	81.8	61.1
退水M	4C	69.1	3	10.77	78.4	57.3
	4A	57.8	3	7.66	64.4	49.4
	2B	64.0	16	8.02	76.9	49.4
	3B	73.4	4	8.15	78.9	61.6
	4B	61.6	10	10.59	73.2	45.6
	2C	73.9	3	4.15	78.2	69.9
退水In	3C	71.4	20	4.97	80.6	61.6
	4C	66.9	1		66.9	66.9
	3A	32.3	1		32.3	32.3
	3B	49.9	10	10.51	66.9	38.8
4B	54.8	1		54.8	54.8	
	3C	58.8	1		58.8	58.8

図2-1 全攻撃パターンでのシュートスピード

	5A	4A	3A	2A	1A	
2m		4件 56.5	4件 44.2	1件 40.0		
5m	5B	4B 21件 61.9	3B 29件 54.9	2B 26件 62.7	1B 1件 48.9	
10m	5C	4C 8件 70.1	3C 64件 72.4	2C 12件 71.2	1C	
15m	5D	4D	3D 1件 76.6	2D	1D	

p<0.05

図2-2 速攻における位置別のシュートスピード

	5A	4A	3A	2A	1A	
2m			2件 43.4	1件 40.0		
5m	5B	4B 3件 54.3	3B 3件 64.2	2B 4件 61.9	1B	
10m	5C	4C	3C 4件 70.1	2C	1C	
15m	5D	4D	3D	2D	1D	

図2-3 セットMにおける位置別のシュートスピード

	5A	4A	3A	2A	1A	
2m		1件 52.5				
5m	5B	4B 4件 68.0		6件 59.8	1件 48.9	
10m	5C	4C 2件 67.0	3C 17件 73.5	2C 7件 69.3	1C	
15m	5D	4D	3D 1件 76.6	2D	1D	

図2-4 セット5mにおける位置別のシュートスピード

	5A	4A	3A	2A	1A	
2m						
5m	5B	4B	3B	2B	1B	
10m	5C	4C 3件 69.1	3C 8件 71.3	2C 2件 74.0	1C	
15m	5D	4D	3D	2D	1D	

図2-5 退水Mにおける位置別のシュートスピード

	5A	4A	3A	2A	1A	
2m		3件 57.8				
5m	5B	4B 10件 61.6	3B 4件 73.4	2B 16件 64.0	1B	
10m	5C	4C 1件 66.9	3C 20件 71.4	2C 3件 73.9	1C	
15m	5D	4D	3D	2D	1D	

図2-6 退水Inにおける位置別のシュートスピード

	5A	4A	3A	2A	1A	
2m			1件 32.3			
5m	5B	4B 1件 54.8	3B 10件 49.9	2B	1B	
10m	5C	4C	3C 1件 58.8	2C	1C	
15m	5D	4D	3D	2D	1D	

図2 攻撃パターン×シュート位置のシュートスピード (km/h)

## 2. 弾道

表3-4に示すループシュートは、今回のデータに2件あるのみで、残り169件のシュートは全力または全力に近いスピードボールを投げていると思われる。ストレートが106件(62.0%)、バウンドが63件(36.8%)であった。ストレートのスピードが65.3km/h、バウンドが65.3km/hと、弾道の違いがシュートスピードの差に現れることはないと思われる。

### 3. シュートコース

表3-5に示すように、シュートコースは右上57件(33.3%)、左上41件(24.0%)、右下35件(20.5%)、左下24件(14.0%)、頭上14件(8.2%)と、右上を多く狙う傾向にあった。また、左上も多いことからゴールの上側を狙うことが多いと思われる。しかし、シュートスピードは、頭上のみ速い傾向を示したが、左右上下との間に有意な差は見られなかった。

#### <まとめ>

本研究の目的は、水球の世界選手権会場に設置されたスピードガンによるシュートスピードのデータを収集して、攻撃パターン、シュート位置、弾道、シュートコース別にデータを検証することである。

今回収集した全171件のデータでは、65.1km/h (SD ± 11.38) が平均値であったが、このデータは退水時攻撃でボールを押し込んだり、フロッターがバックハンドシュートを打つなど全力投球でない場合、また様々な距離や角度からのデータを含めたものであった。ペナルティやセット5mで、シュートモーションや位置がほぼ一定であると、先行研究と同じように、シュートスピードは70km/h以上で、速いものでは80km/hを越えていた。

2m付近からのシュートでは、正確なスピードが測定されていないことが推察され、5m程度の距離が必要なことが示唆される。5m以遠では2Cや4Cなどのゴール間を外れた斜め方向でも速いスピードが記録されていることも示唆される。

また、シュートの弾道やシュートコースにより測定が斜め方向からになる影響は、ほとんどないことも示唆される。

#### 注記

注1. スピードガンとは、スピードを測定する機械のことであるが、アメリカのディケイター・エレクトロニクス社の登録商標である。しかし一般的に広く使われている用語であることから、本研究でもこの用語を用いることとした。

注2. 攻撃パターンの分類の解説

ペナルティ…攻撃時にその反則を受けなければ、得点につながっている場合、ゴールキーパーと1対1で行われる5mからのシュート。

速攻…攻防の転換で、攻撃側選手が1人多い状態となり、守備側選手が追いつく前に行われるシュート。

セットM…攻防の選手数が同数の状態で、シューターがボールをキャッチする前後にほとんど位置を変えずに垂直の姿勢で行う中距離シュート。

セット5m…攻撃側が5m以遠でフリースローを得た場合、ワンモーションで直接シュートを行うことができるルールに則って行うシュート。

セットD…シューターがスイムやフットワークを使い、位置を変えて行うシュート。

セットF…攻防の選手数が同数の状態で、ゴール前のセンタープレーヤーが行うシュート。

退水M…守備側選手が反則で退水となり、攻撃側が1人以上多い状態でセット攻撃を組んだ時、シューターがボールをキャッチする前後にほとんど位置を変えずに垂直の姿勢で行う中距離シュート。



退水 In …守備側選手が反則で退水となり、攻撃側が1人以上多い状態でセット攻撃を組んだ時、ゴールポスト付近にセンタリングされたボールをワンタッチやクイックモーションで行うシュート。

退水他…守備側選手が反則で退水となり、攻撃側が1人以上多い状態でセット攻撃を組む前に即座に打つシュートや、リバウンドボールを押し込むシュート。

## 参考文献

- 1) Darras, N. (1999) The maximum shooting velocity in water polo direct shot and shot with faints of the international level athletes participating in the 10<sup>th</sup> FINA world cup, In Biomechanics and Medicine in Swimming VIII, Keskinen, K.L., Komi, P.V. and Hollander, A.P. (Eds.), Gummerus Printing, Jyvaskyla : 185-190.
- 2) Davis, T. and Blanksby, B. A. (1977) Cinematographical analysis of the overhead water polo throw, Journal of Sports Medicine, 17 : 5-16.
- 3) Elliot, B. and Armor, J. (1988) The penalty throw in water polo: A cinematographical analysis, Journal of Sports Sciences, 6 : 103-114.
- 4) 榎本至 (1997) ラトゥコ・ルーディッチ氏の水球コーチクリニック① 現代水球における攻防のシステム, 月刊水球 1997年2月号 : 12-15.
- 5) 榎本至, 南隆尚 (1998) 水球競技のリアルタイムゲーム分析システム, バイオメカニクス研究, 2 (3) : 166-172.
- 6) Feltner, M.E. & Nelson, S.T. (1996) Three-dimensional kinematics of the throwing arm during the penalty throw in water polo, Journal of Applied Biomechanics, 12 : 359-382.
- 7) 宮崎昌樹 (2007) シュートスピードってどのくらい?, スイミングマガジン 2007年5月号, 31 (5) : 97.
- 8) 森本吉謙, 宮西智久, 川口鉄二 (2007) スピードガン計測におけるボールスピードの信頼性. 仙台大学紀要 38(2) : 10-15.
- 9) 中村計 (2005) 甲子園に導入2年目 スピードガン大解剖. 週刊朝日 110(38) : 76-78.
- 10) 「スピードガン」 Web site :  
[http://www.m-sumou.com/sports\\_item/speed\\_gun/](http://www.m-sumou.com/sports_item/speed_gun/) (2007年11月25日参照).
- 11) 「スピードガン・STALKERシリーズ」 Web Site :  
<http://www2s.biglobe.ne.jp/~s-a/speedgun/speedgun.html>,  
有限会社関西エスアンドエー, (2007年11月25日参照).
- 12) 「Sports Rader」 Web Site :  
<http://www.dynashop.jp/sr/>, 株式会社ダイナテック, (2007年11月25日参照).
- 13) 洲 雅明 (1991) 水球競技におけるシュート動作の3次元的分析—スピード増大の要因について—, 福岡大学体育学研究, 21 (1・2) : 83-99.
- 14) 高木英樹, 本間正信, 阿江通良, 洲雅明 (1990) 水球競技におけるシュート動作の3次元的分析, バイオメカニクス研究 90, メディカルプレス : 261-266.
- 15) 高木英樹 (2003) 水球競技における研究動向と競技力向上を目指した科学的サポート

- の現状, トレーニング科学, 14 (3) : 139-146.
- 16) Whiting,W.C., Puffer,J.C., Finerman,G.A., Gregor,R.J. and Maletis,G.B. (1985)  
Three dimensional analysis of waterpolo throwing in elite performers. *American Journal of Sports Medicine* 13 : 95-98.
- 17) (財)日本水泳連盟編 (2005) 水泳コーチ教本 (第2版), 大修館書店 : 326-332.