競泳における腕振り型スタートに 関する分析的研究

佐々木 敏 (北星学園女子短期大学)

波多野 義郎 (東京学芸大学)

(昭和52年8月11日 受付)

Analysis of Arm Swing Style Start in Racing Swim

Tsutomu Sasaki*

Yoshiro Hatano**

Abstract

In order to point out certain suggestions useful in skill instruction of diving action in racing swim, the bodily action was analyzed upon taking a 16mm movie. The findings may be summerised as follows;

- 1) During the "get set" moment, placing the center of gravity high and close to the front edge of the starting table would give some advantages for the swimmer.
- 2) At the moment when knees are flexed maximally during the starting action, placing the center of gravity close to the front edge of the starting table is advised.
- 3) Exertion of strong enough power in explossively extending the knees and hips from the point when these two joints are flexed maximally would be the key for the effective diving action.
- 4) The direction of take-off is often suggested to be slightly upward. While the major factor to determine this direction lies in the extension action of knees and hips, the snapping action at the ankle joint seems also to have some implication in controlling the direction of take-off.
- 5) Hyperextention of body during the flight after take-off may be acceptable, if the body is maintained reasonably straight at the moment of body entering into water.

(Tsutomu Sasaki and Yoshiro Hatano: Analysis of Arm Swing Style Start in Racing Swim. *Jap. J. Phys. Educ.*, Vol. 23, No. 1, May, 1976, pp. 25~33).

* Hokusei Gakuen Junior College, Chuo-ku, Sapporo (064)

** Tokyo Gakugei University, Koganei City Tokyo (184)

1. 緒 言

体育やスポーツの場面で行われる技術指導においては、実際に遂行された動作を観察し、その動作の欠点を指摘したり、より有効な動きを求めたりするという方法が一般に行われている。この場合には、指導者の視覚が大きな武器となることは、むしろ当然であろう。しかし、実際の身体運動そのものは、動きが速い例が多く、それだけに身体各部の動作を確実に把握するのは必ずしも容易ではない。特定の運動種目やその動作に関して、特に鋭い観察眼を持つ限られた数の熟練者や指導者のみが、優れた技術指導者の条件を満たすという傾向が存在する。しかし実際の指導者の全てがこの条件を具備しているわけではなく、更に数多くの運動種目を取り扱わなければならない学校体育では、全ての種目について、同等の水準にまで精通することを期待するのは難事であると思われる。

ある動作や技術の特性が、視覚的に具体化できるような指導のポイントが用意されていることが、指導者にとって極めて有用であるのは、まさに上述のような背景があるからである。事実、現在では、各種の教育機器が進歩し、映画やビデオテープなどを具備した教育機関も数多い。

以上のような観点から、競泳におけるスタート動作の技術指導上のポイントのいくつかを抽出することを目的として、映像分析法を用いて一連の実験を試みたので、その結果を報告する。

2. 文 献

競泳におけるとびこみ動作について分析的興味を示した初期の人に A.W. Gray がいる¹¹⁾。能率的なとびこみの要素として彼は

- (1) 腕の振りとともに離陸時に加えられる脚のキック、
- (2) 力の作用する角度、
- (3) 能率的な入水に有効な空中姿勢、

をあげ、特に放物体の原理から望ましい重心軌跡について論じている。そして、ワイズミューラーの投射角度を 15° 程度と想定し、この近辺の投射角が有利であるはずだが、それは映画分析によっ

て明らかになると結んでいる。

その後、C.W. Maglischo はスタート動作における腕の振り方を、単振動型、回転型、省略型の3つに分類し、それぞれの飛びこみについて報告している²⁰⁾。その結果、回転型の方が単振動型のものより、最初の5 mについては有利であると述べている。

その他、スタート動作の各運動局面での表現には、かなりの差異が認められる。

構えの姿勢については、膝は自由に屈伸できる程度にまげる¹⁾、軽くまげる^{10,21)}、 90° にまげる^{2,12)}、などと示され、体幹は直角に近い角度にまげる¹⁾、水平に保つ^{14,21)}、水平又はやや下向き¹⁹⁾とある。高い姿勢で構えよ¹⁶⁾という指摘もあれば、膝を十分にまげよ⁷⁾という記述もある。腕は後方に¹⁾、自然な位置¹⁰⁾、前方に下げる¹⁸⁾とある。目については、下に向ける¹⁹⁾、対岸を見る¹⁴⁾、まっすぐ前方¹⁷⁾、やや前方¹⁸⁾を見るのが良いとされ、頭の位置についても解釈は多様である。しかし、体重を親指の付け根部分にかけるようにする^{7,14,21)}という点についてはよく一致している。

とび出しまでの動作については、腕を後方に振りつつ身体を前方にのめらせ、それからキック動作に入る^{10,19,21)}ことが指摘されているが、その時の細部の動きに関する記述は少ない。

とび出しから空中にかけての動作では、全身を一直線になるように伸ばす^{10,14,18,19,27)}ことが前方への回転を抑えるとされているが、一方、流線型という表現^{2,6,18,16)}もみられる。角度に関しては、上向きの角度¹⁸⁾であるのか、浅くとび出す¹⁶⁾のが良いのか意見が分かれている。

入水に関しては、指先^{2,6,18,17,21)}や頭部^{18,14)}が先きに水を切るべきか、全身が同時に水面に当たる¹⁹⁾のがよいのかも議論の余地がある。水面への入射角も $5^\circ \sim 10^\circ$ 、¹⁷⁾ 15° 、^{7,18)} 30° 、¹⁸⁾という数字がある一方、小柄な選手は遠くへ浅く入るのが良い²⁸⁾とも言われている。もっとも、これらの数字は入水時に身体が水面となす角度であるのか、重心軌跡における入射角であるのかは注意深く検討しなければならない。事実 Councilman⁷⁾は、身体が水平なままの入水を望ましくないとしている。

これらの記述にみられる多くの問題点は、一つ

の研究によって全てが解決される性質のものとは思われない。しかし、それに向かって行なわれる試みが、たとえ小さなものであっても、その価値を減ずるものとは言えないであろう。

3. 方 法

本研究では、初心者における競泳のスタート動作として最も一般的な方法、即ちスタート台上に中腰状態で構え、合図の直後に両腕を後方、更に前方に振り出し、その勢いを利用してキックを行なうとびこみ方を取り上げた。東京学芸大学男女学生の中から、このスタート法に関して典型的と思われる熟練者と未熟練者合計6名を被験者として選び出した。

各被験者について2回ずつ、実際の競技状況に模して(クロール)、スタート動作を行なわせ、被験者の側方から、その演技を高速度映画に収めた。出発合図には雷管によるピストルを、映画撮影には地上より1.10mの高さに設置したボレックス社製16mmカメラと、フジネオパン R250 ポジフィルムを、それぞれ用いた。映画における被験者の背景に、2m×4m、10cm マスの格子板を設置して、空間移動距離を測定する基礎とし、またボール落とし法⁵⁾によって、カメラのシャッタースピード(毎秒60.0コマと判明)を検定した。

フィルム現像の後、ミニコン付ナックモーションアナライザーを用いて、身体重心や、身体各部の移動軌跡を記録分析する一方、投影法によって各コマ画をトレースし、演技のフォームを逐次分析した。計測に当っては、被験者の基準となる部位にテープを貼付(くるぶし、膝関節の中心、大転子、肩峰、耳下、肘関節、手首)した。なお、同一被験者について求めた2つの結果のうち、飛距

離の大きかった分を正式データとして採用した。

各被験者の概要を表1に、スタート動作の分析結果について、主要な変量を表2に示す。またスタート動作におけるフォームの変化を追跡するとともに、各関節角の経時的变化をグラフ化し、各演技の特質を検討したが、その例を図1～5に示す。これらをもとにして、以下にスタート動作の分析結果を考察する。

Figure 1. Examples of sequential changes in trunk-thigh angle during the time course of diving action.

- A: moment of maximum backward arm swing
- B: moment of maximum forward arm swing
- C: moment of foot take-off the block
- D: moment of body entry into water

Figure 2. Examples of sequential changes in knee angle during the time course of diving action.

- A: moment of maximum backward arm swing
- B: moment of maximum forward arm swing
- C: moment of foot take-off the block

Table 1 Characteristics of the Subjects.

name	sex	age	height	weight	career
A. M.	f	22 yrs.	159cm	53.0kg	5yrs.
S. A.	f	20	156	51.0	1
J. I.	m	18	170	55.0	8
T. E.	m	23	172	62.0	4
T. I.	m	20	164	54.0	5
T. S.	m	25	170	72.0	6

Table. 2 Results of Mechanical Analysis of Racing Dive.

Subject	A.M.	S.A.	J.I.	T.E.	T.I.	T.S.
at poise						
CG (center of gravity) height from water (m)	1.22	1.27	1.20	1.38	1.27	1.15
CG distance from edge of pool* (m)	-.06	-.05	-.06	-.09	-.06	-.12
starting signal—take-off						
CG height at its lowest moment (m)	1.16	.91	1.88	1.22	1.01	1.10
CG distance at its lowest moment (m)	.38	.48	.23	.38	.44	.30
knee angle when CG lowest (degree)	90	96	67	83	96	76
hip angle when CG lowest (degree)	87	90	61	90	102	80
time length (sec)	1.08	1.05	.95	.93	.93	1.03
take-off—entering water						
CG initial horizontal velocity (m/sec)	3.00	3.51	3.54	3.44	3.64	4.29
leg angle with level at take-off (degree)	52	17	35	30	22	26
trunk angle with level at take-off (degree)	10	0	16	37	22	26
CG initial flight angle (degree)	2.4	-15.1	5.1	1.9	6.5	8.8
CG horizontal flight distance (m)	2.69	2.18	3.32	3.35	2.91	3.20
CG height at its highest moment (m)	1.20	.85	1.21	1.37	1.11	1.23
CG distance at its highest moment (m)	.96	.94	1.29	1.15	1.11	1.19
angle of CG projection into water (degree)	55.8	48.5	51.1	58.5	47.2	51.7
angle of thigh against water when entering	6	-12	32	52	15	5
angle of trunk against water when entering	10	12	23	5	5	10
time length (sec)	.54	.35	.65	.68	.52	.50

Note: * Positive values in the center of gravity distance from edge of pool indicate distances towards direction of flight.

Figure 3. Examples of center of gravity locus during the time course of diving action.

Note: ↑ mark indicates center of gravity (CG) position at the moment of foot take-off the block.

subject	T. E.	A. M.	J. I.	S. A.
CG distance from edge of starting block at the moment of take-off (m)	.99	.89	.97	.94
CG height from water at the moment of take-off (m)	1.35	1.18	1.15	.85

Figure 5. Schematic changes of body form from take-off to the entry into water

4. 結果と考察

4.1. 「用意」の姿勢（構え）

とびこみ動作中を通しての、腰部（大腿と体幹のなす角度、即ち大転子を基準として膝関節中心、肩峰とをそれぞれ直線で結んで作られた角度）及び膝関節（膝関節中心を基準として、くるぶしと大転子とで作る角度）における屈伸状態を

Figure 4. Sequential drawings from the moment of backward arm swing to the moment of take-off.

Note: $\longrightarrow$ indicates movement pattern of the head.

$\angle K$ indicates the angle at the knee at the moment of maximum knee flexion.

$\angle H$ indicates the angle at the hips at the moment of maximum knee flexion.

調べるために、代表的な被験者について図1および図2をそれぞれ作成した。この両図における左端、即ち時間の0点が、「用意」の姿勢における中腰の状態を示している。どちらの角度についても個人差が大きい、いづれもいわゆる中間姿勢をとっていると言えよう。

「用意」の姿勢では、重心垂線を基底面前縁に近く位置させ、それが著しく低くならないようにすることが、いわゆる重心不安定の状態を作り出す¹⁷⁾と考えてよいだろう。また、「スタート」の

合図とともに、瞬間的に全身を伸展し、その伸展力を足趾、特に趾指部を通じてスタート台前縁および前壁上部に作用させ、その反作用として全身が前方に鋭く発射されることが、この動作の成否を支配するといえよう¹⁷⁾。

この時、各関節における伸筋群の収縮力が最も有効に働くような関節角にあることが望ましい。丹羽によれば、最高能率角度には個人差があることを考慮に入れる必要があり²²⁾、図にみられる中間姿勢のとり方の差はその観点から説明可能とも

言えよう。一方、関節角と筋力の関係は、動作が単関節性であるか複関節性であるかによって異なることが、波多野によって指摘され¹⁵⁾、事実、Evertsは、腰部を含めた下肢の伸展においては、全伸展位に至る直前期に最も有効に力を発現し得るとしている⁹⁾。

バレーボールのスパイクにおけるジャンプのためには、 $93^{\circ}\sim 94^{\circ}$ の屈膝²⁵⁾、走幅跳の踏み切りの屈膝角は $140^{\circ}\sim 150^{\circ}$ が望ましい²⁶⁾（何れも全伸展位を 180° とする。）と言われているが、本研究に見られるとびこみ姿勢では、腰部及び膝部において何れも深い屈曲度を示している。これは助走を伴って上方又は前上方を目指すジャンプと、静止時から前方に向けて行われる瞬間的筋収縮との間に働くメカニズムに、差異があると考えらるべきであろう。

図1および2を吟味すると、グラフにおける曲線が交差して、測定対象となった両角度が大きい（伸展位に近い）者ほど、一般的にとび出しまでの所要時間が長い。このことから、水泳におけるとびこみでは、それが個人差であるか、トレーニング効果であるかは別として、腰部や膝関節をある程度深く曲げた状態から大きな瞬発力を発現できる者が有利であると考えて良いと思える。

更に、両関節の急激な伸展は「スタート」合図から0.8~1.0秒後に行なわれていると言える。事実、各被験者とも完全に足蹴がスタート台を離れるまでの所要時間は、0.9~1.1秒程度（図1、2におけるC点、表2におけるとび出しまでの所要時間）であり、その間の約0.2秒の時間差は、腰部および膝関節が十分に伸展した後に、足首部が伸展したために生じたと考えられる。例えば、横山ら²⁶⁾は、走幅跳の踏切において、伸膝動作の約0.02秒後に足首の伸展動作があると報告している。

4.2. 構えからとび出しまでの動作

スタート動作から入水までの、推定重心の移動軌跡の例を図3に示した。これから明らかなように、どの被験者も「構え」の姿勢から「とび出し」までの間に、重心が前下方に移動するのが一般的である。この時、「とび出し」の瞬間に向って屈膝度が増大し、また、重心が基底面前縁に近づ

き、後には（「とび出し」の瞬間よりかなり以前に）基底面外に出てしまうことが演技の条件になるからである。事実、図2に示したように最大屈膝が成就された瞬間からキックが始まっている。

さて、ひとたびスタート台を離れてしまった人体では、（図3における↓印より右方）その重心軌跡が放物線を示すことは当然であるが、それ以前（↓印より左方）では不規則な曲線が若干みられる被験者が多い。これが円滑でないということは、蹴りの力の方向が一定でないことで、スタートにおける出力に関して明らかに不利と言える。

最も経験の浅い被験者S.A.にあっては、力強いキックが働かず、ほとんど前下方に落ちるようなスタートになっているので、必ずしも上述の例に該当するとは言えない。しかし、図3の軌跡にやや顕著な凹凸がみられる被験者A.M.について図1,2.を調べてみると、特に伸膝動作が段階的になっていることが分る。この部分は練習によって改良が可能な要素というべきで、S.A.の例とともに、この動作に関する未熟練が指摘される。

また、重心位置が一度下った後に、S.A.以外の被験者では、重心軌跡が水平方向か、やや前上方に向っている。これは表2における「とび出し」における体幹と水平軸（X軸）とのなす角度の値が、全て正の値を示すことに明らかである。この値が 0° であった唯一の例にあたるS.A.については、図3の軌跡を検討すると、この被験者が十分にスタート台を押していないことが理解される。

「スタート合図」を認知すると、構えの姿勢から腕を後方、更に前方に振り出すことが一般的である。しかし、最近の競泳界では肘を曲げ腕の振動半径を短かくすることで、とび出しまでの所要時間を短縮する試みも見られるが、ここではそれに関する議論を省略する。また、クラブスタートについても言及しないことにする。

腕の振りは足蹴部の受ける作用力を大きくし、振動による遠心力を前方へ作用させるという力学上の利点とともに、身体の飛行方向をコントロールし、腰部伸展を導出する働きがあると考えられる^{1,17,23,24)}。

さて、図3にみられるように、重心位置が一度沈んだ直後に、その軌跡が直ちに放物線になるわ

けではない。この部分において、力が直線的に加わる時間（従って水平距離）が長いことは、水平速度を大きくするためには有利なことと考えられる。実際の重心移動が厳密に水平方向である例は少ないが、これは最大屈膝時直後に頭部が上方へ移動する例が多いことを考えれば、むしろ当然である。しかし、図4にみられるように、今回の結果では、仮りに重心が水平方向に移動してもそれは短かったし、実際には指先きからの入水に終わる傾向がみられた。競泳では指先きからの入水が望ましくないことは、既に宮下らの指摘するところである¹⁹⁾。全体的にみて、より有利なとびこみと考えられた例では、この時点での直線的重心移動は、伸膝、伸腰動作時では水平方向でありながら、その最後の局面で足部のスナップによって、これが水平よりやや上方、即ち図2.にあるように、足がスタート台を離れる瞬間に重心移動における上昇角が $5^{\circ} \sim 10^{\circ}$ に向けられている。この場合は、放物運動に入る前の重心移動はやや直線的であり、漸時、放物運動へと移行して行くのである。このことから、放物線に至る出力を決定づける主要因は、伸膝、伸腰動作であり、その放物線に至るまでの重心上昇角度を微妙にコントロールしているのが足部の底屈動作であると言える。

4.3. とび出し動作

競泳におけるとびこみでは、水平に近い角度で、水平方向に大きな速度を含んだ重心移動が望まれる^{18,19,26)}。この時、スタート台に大きな力を作用させるが、実際には重心が既に基底面から外れている。この局面では膝の動きに関心が向けられる。

とび出しにおける射出角は、S.A.を除けば全員が $0^{\circ} \sim 10^{\circ}$ の範囲内に収まる。これは、Grayなどの指摘にある原則¹¹⁾と一致している。例外となった初心者の方のS.A.では、この角度が -15.05° （マイナスは下向き）であり、飛距離も最小を示した（表2、図3）。同じ女子ではあるが、より大きな飛距離を記録したA.M.は、初速でS.A.に劣り（ $3.00 \text{ m/s} < 3.51 \text{ m/s}$ ）ながら、射出角でやや上向き（ 2.35° ）、そして飛距離は他の男子被験者に近かった。いかに水平速度が大きくとも、水中に入ってその速度を減ずる時期が早く来て不利

になることが明白である。

とび出しに際して、膝関節が最大屈曲角をなす時期を調べると（例を図2.に示す）、その時に重心がスタート台の近くにある者と遠くにある者がある。前者では、体が自然落下しにくく、従って、キックのタイミングを取り易いと考えられる。それに対して後者では、キック動作において下腿が前傾し、体は回転を始めているので、キックのタイミングが不安定になるようにみえる。これは頭部の移動パターンが下向きになっている（図4；S.A., A.M., T.I.）ことや、とび出し直前における重心の不規則な上下動（図3；S.A., A.M.）などからもうかがえる。

4.4. 入水直前

とび出しから入水までの間の各被験者の姿勢を追跡し、数例を模式化（臍指部先端、くるぶし、膝関節中心、大転子、肩峰、耳下をそれぞれ直線で結んだ）し図5に示した。T.S.についてみると、中間期において頭部が下降し、入水に至るまでの間に、特に下半身における相対動作の起る余地が少ないことが理解される。一方、J.I.ではとび出し直後に頭部が著しく上向きとなり、入水に近づくにつれ頭が下がる。相対動作としての下半身の下降がこの時にみられる。また、とび出し直後における足先位置が重心よりも低く、体の前方回転も起きていない。このままでは足先が先に入水することが予想されるが、それを補償するために、上半身を沈めて頭から入水する（ジャックナイフ型）形をとっていると考えられる（例えば図5）。

入水時に屈腰しては不利だと言われるが²⁰⁾、これを防ぐためには、とび出し直後に足先が重心位置を著しく下まわってはいけないといえる。キックの出力が同じであるとすれば、これを体の前方回転力に使用することは、重心の水平移動のエネルギーを減ずることになり、不利であろう。A.M.はその例に当る。

空中で体を伸展させると、前の前方回転をコントロールする作用が生じ、またそれによって体を水平に保って入水することが可能であると言う²⁷⁾。しかし、図5にみられるように、空中で体が過伸展している例がある（J.I., T.S.）が、それ

は必ずしも入水時の水平姿勢を保障するわけではない。例えばJ. I. では屈腰姿勢で入水しているが、これは空中における体の過伸展が不足したためかとも思われる。

本研究の結果からは、必ずしも効率の高いとびこみ法を求めることは出来ない。むしろここにあげた数例のとびこみ動作の分析は、それぞれ改良すべき局面を持っていると言えるが、そのような事例を重ねて行く中で始めてとびこみの理想像が浮び上って来るものであろう。本研究では、指導上有効と思われる2, 3の原則が結語として指摘されるに止まった。

5. 結 語

競泳のスタート動作としてのとびこみについて映画分析を試み、与えられた数例について吟味を進めた。とびこみの初期動作から入水に至るまで、各人各様の技のこなし方を持っていることは明らかであるが、それらを検討する道程において、指導上有効と思われる原則がいくつか導き出された。

1. 構えの姿勢では、重心を比較的高く保持し、しかもそれをスタート台前縁に近づけることが有利である。
2. とび出しでは、膝関節を最大に屈曲する時点においては、重心線がスタート台前縁近くに位置することが勧められる。
3. この時、膝、腰両部を深く屈曲した状態から、瞬間的に大きな伸展動作ができる能力を持つことが有利と考えられる。
4. 水平よりも僅かに上向きが望ましいとされているとび出しの方向を決定づける主要因子は、伸膝・伸腰動作であるが、足首のスナップもコントロールに与かっている。
5. とび出した直後の空中姿勢においては、体を過伸展することにより、入水時に体の直線性が得られるならば、これは差支えない。

引 用 文 献

- 1) アムブルスター, D. H., R.H. アレン, H.S.ピリングスレイ (江橋・宮下訳), 水泳教程, ベースボールマガジン社, 1975. pp. 55~68.
- 2) Amateur Swimming Association, The Teaching of Swimming, The Devonshire Press, 1919. pp. 148~154.
- 3) Bunn, John W., Scientific Principles of Coaching, Prentice-Hall, Inc., 1955. pp. 106~107 and 183~84.
- 4) 調枝孝治, タイミングの心理, 不昧堂, 1972. pp. 93~95.
- 5) Cureton, Thomas Kirk, "Elementary Principles and Techniques of Cinematographical Analysis as Aids in Athletic Research," Research Quarterly, 10: 3~24, 1939.
- 6) Cooper, J.m. and R.B. Glassow, Kinesiology, C.V. Mosby, 1963. pp. 159~62.
- 7) Councilman, J.E., The Science of Swimming, Prentice-Hall, Inc., 1968. pp. 133~42.
- 8) Elkington, H. and T. Holmyard, Better Swimming for Boys and girls, Kaye Ward, Ltd., 1967. pp. 15~18.
- 9) Everts, C.R. and G.J. Hathaway, "The Use of Belt to Measure Leg Strength Improves the Administration of Physical Fitness," Research Quarterly, 9: 62~69, 1938.
- 10) 古橋広之進, 宮下充正, スポーツの科学的指導Ⅱ, 水泳, 不昧堂, 1973. pp. 206~12.
- 11) Gray, A.W., "The Racing Dive," Scholastic Coach, 3: 23~25, December, 1934.
- 12) Groves, W. H., "Mechanical Analysis of Diving," Research Quarterly, 21~1: 132~44, 1950.
- 13) グールド, C. (宮川毅訳), シェーングールドの泳法, ベースボールマガジン社, 1973. pp. 34~36.
- 14) Harlan, B. and D.H. Robertson, Competitive Swimming, Sterling Publishing Co., 1963. pp. 11~18.
- 15) 波多野義郎, 「ケーブルテンシオメーター使用による各種筋力測定の結果について」体育学研究, 17~2: 89~95, 1972.
- 16) 池内八郎, 「競泳のスタート動作に関する分析的研究」体育学研究, 13~5: 171, 1969.
- 17) ジェンセン, C.R., G.W. シュルツ (波多野・小林訳), スポーツ動作の科学的分析, 泰流社, 1977. pp. 270~71.
- 18) 宮畑虎彦, 杵渕政光, 水泳, 不昧堂, 1972. pp. 128~31.

- 19) 宮下充正ほか, 競泳のコーチング, 大修館書店,
pp. 101~103.
- 20) Maglischo, C.W. and E. Maglischo, "Comparison of Three Racing Starts used in Competitive Swimming," *Research Quarterly*, 39~3: 604~09, 1968.
- 21) 日本水泳連盟普及委員会, 水泳指導, 文教書院,
1976. pp. 217~27.
- 22) 丹羽昇, 「関節角度から見た脚筋力」体育学研究,
9~1: 173, 1967.
- 23) 渋谷侃二, 春山国広, 三浦望慶, 「身体, 脚部の力学的性質について」東京教育大学体育学部スポーツ研究所報, 4: 51~58, 1966.
- 24) ———, 吉本修, 「垂直跳の力学(第2報)」東京教育大学体育学部スポーツ研究所報, 7: 47~54, 1969.
- 25) 豊田博, 「バレーボールのジャンプに関する研究」もっとも新しいバレーボール, 日本文化出版, 1973. pp. 228~33.
- 26) 梅田利兵衛, 宮畑虎彦, 水泳, 学芸出版, 1961. pp. 152~62.
- 27) 山根成之, 「水泳の逆飛込みにおける動作分析について」体育学研究, 9~1: 270, 1964.
- 28) Yokoyama, Masahiko and Yoshiro Hatano, "Analysis of Take-off Action in Long Jump with Medium Velocity Approaching Run," *Japanese Journal of Physical Education*, 21~6: 325~34, 1977.