

# 水中への飛び込み入水角度と頭部最大到達深度の関係

原 著

Relationship between maximum head depth and entry angle when diving into a swimming pool

神舘盛充\*1, 金岡恒治\*2, 成田崇矢\*1  
大久保雄\*3, 辰村正紀\*4

キー・ワード: diving, entry angle, prevention of diving accidents  
飛び込み, 入水角度, 飛び込み事故予防

【要旨】 水泳の飛び込み事故を防止するために、水面への入水角度と頭部最大到達深度との関係性、及び水深 1.0m のプールの水底に頭部が達することのない入水角度を明らかにすることを目的とした。競泳競技経験を有する大学生 11 名を対象とし、プールサイドから様々な入水角度で飛び込み動作を行い、その際の頭部最大到達深度を測定した。その結果、入水角度と頭部最大到達深度との間には強い相関関係を認めた。また、求めた回帰式から水深 1.0m のプールへ水面と同じ高さから飛び込む際には、入水時に水面と上肢のなす角度が約 30 度以下であれば、頭部が水底に達する可能性が低いことが示された。

## 緒言

水泳はスポーツ傷害発生が他のスポーツに比べて少ないと言われており、平成 23 年度の学校の管理下での障害発生件数は、総数 467 件に対して水泳が原因による障害発生は 7 件であった<sup>1)</sup>。しかし、脊柱・脊髄損傷を伴うスポーツ傷害のうち、20~50% が水泳による飛び込みであることが報告されており<sup>2-6)</sup>、水泳における脊髄損傷の受傷は他の競技より多い。

平成 13~17 年度の 5 年間の学校管理下での水泳による障害発生原因は、飛び込みによるものが 48.1% であり、第 1 級障害に認定された障害発生原因のうち 75% が飛び込みによるものであった<sup>7)</sup>。この様に水泳における受傷機序の多くが飛び込みであり、脊髄損傷などの重症傷害が多いことから、飛び込みによる障害発生予防が求められる。

飛び込みによる事故の原因として、高所よりの飛び込み、入水角度が大きい、飛び込みの技術が未熟であることなどが挙げられている<sup>8-10)</sup>。また、公益財団法人日本水泳連盟が作成した“プール水深とスタート台に関するガイドライン (平成 17 年)”<sup>11)</sup>によると如何なる飛び込み姿勢に対しても安全な水深は 3.0m としている。しかし、学校やスイミングクラブのプールは溺水の危険性の少ない 1.0~1.3m であるため、安全な飛び込みの指導を行うことが必要である。そこで、それぞれの飛び込み姿勢と水深到達度との関係を明らかにすることで、安全な飛び込み方法を提言することができると考えた。

本研究の目的は、水面への入水角度と頭部最大到達深度との関係性を明らかにし、水深 1.0m のプールの水底に頭部が達することのない入水角度を明らかにする。

## 方法

### 1. 対象

競泳競技経験を有し、飛び込み動作に習熟している大学生 11 名 (男性 7 名, 女性 4 名, 年齢 20.7 ±

\*1 早稲田大学大学院スポーツ科学研究科

\*2 早稲田大学スポーツ科学学術院

\*3 埼玉医科大学医療保健学部理学療法学科

\*4 いちはら病院整形外科

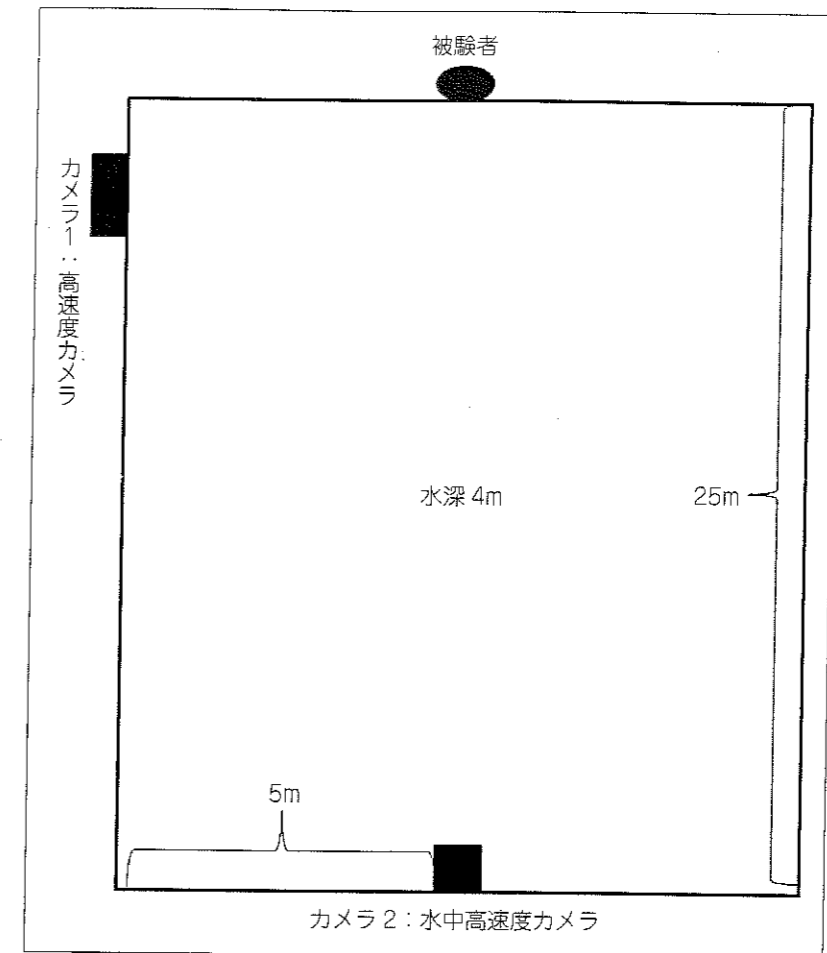


図1 カメラ位置

1.8 歳, 身長 168.6 ± 6.1cm, 体重 60.9 ± 11.2kg) を対象とした。全ての被験者に対して、本研究の趣旨・内容および危険性を書面・口頭にて十分に説明を行い、参加の同意を得た。

本研究は早稲田大学倫理審査委員会の承認 (2011-092) を得て行った。

### 2. 実験環境

実験は飛び込みによる安全性が確保されと考えられる水深 4.0m のプールで行った。飛び込みは水面からの高さ 0cm のプールサイドから行った。

被験者の入水角度を測定するために、飛び込む側の側面のプールサイドにハイスピードカメラ (EXILIM EX-25 CASIO 社製 fps240) を設置した。また、飛び込み側の正面、プール水中内に、水中ハイスピードカメラ (HAS-220 DITECT 社 fps 200, ssl/500) を設置し、水中での頭部の最大到達深度を測定した (図 1)。

被験者の尺側茎状突起, 上前腸骨棘, さらにス

トリームラインをとった際の肩関節中央にマーカー (以下肩部) を貼付した (図 2)。

### 3. 飛び込み試技

本研究では、様々な入水角度で入水してもらう必要があるため、入水角度を指定し、指定された入水角度で飛び込むことが理想である。しかし、入水角度を指定して飛び込むことは不可能であるため「遠くに入水する場合は入水角度が浅くなり、近くに入水する場合は入水角度が大きくなる」という仮説のもと、入水点 (プールサイドからの距離) を指定し、以下のように少しずつ入水角度を変化させていく方法をとった。

①被験者の飛び込むことのできる最遠の位置に飛び込む。

②次いで、入水点をプールサイドから 250cm, 200cm, 150cm, 100cm と離れた距離に入水するように飛び込み動作を繰り返す。

③最も入水角度の小さく、手からの入水ではなく腹から入水を行う“腹うち”の飛び込みを行う。



図2 マーカー貼付位置

これら①～③の6試技を十分な休息を入れ2回行った。本研究では2回測定したデータをそれぞれ使用した。

全ての試技において、入水後手首を返す動作やバタ足キックを行わないよう口頭で指示をした。

#### 4. 測定項目

プールサイド設置によるカメラの画像から、画像解析ソフト (Image J) を用いて、3種類の入水角を測定した。尺側茎状突起と肩部を結んだ直線が水面となす角 (入水角 A)、尺側茎状突起と上前腸骨棘を結んだ直線が水面となす角 (入水角 B)、肩部と上前腸骨棘を結んだ直線が水面となす角 (入水角 C)。また、水中ハイスピードカメラによって、被験者頭部の最大到達深度を測定した。また、最大到達深度の測定は水面から頭部前額までの距離とした。なお、今回実験に使用したプールの水深が4.0mのため、飛び込んで指先が水深4.0mの水底に触れてしまったものは解析から除外し分析を行った (図3)。

#### 5. 統計解析

統計処理には SPSS Statistics19.0 を用いて、入水角 A と頭部最大到達深度、入水角 B と頭部最大到達深度、入水角 C と頭部最大到達深度のそれぞれについて、相関関係を算出し、線形近似曲線による回帰式を求めた。相関関係はピアソンの相関係数を用いた。いずれも有意水準は5%とした。

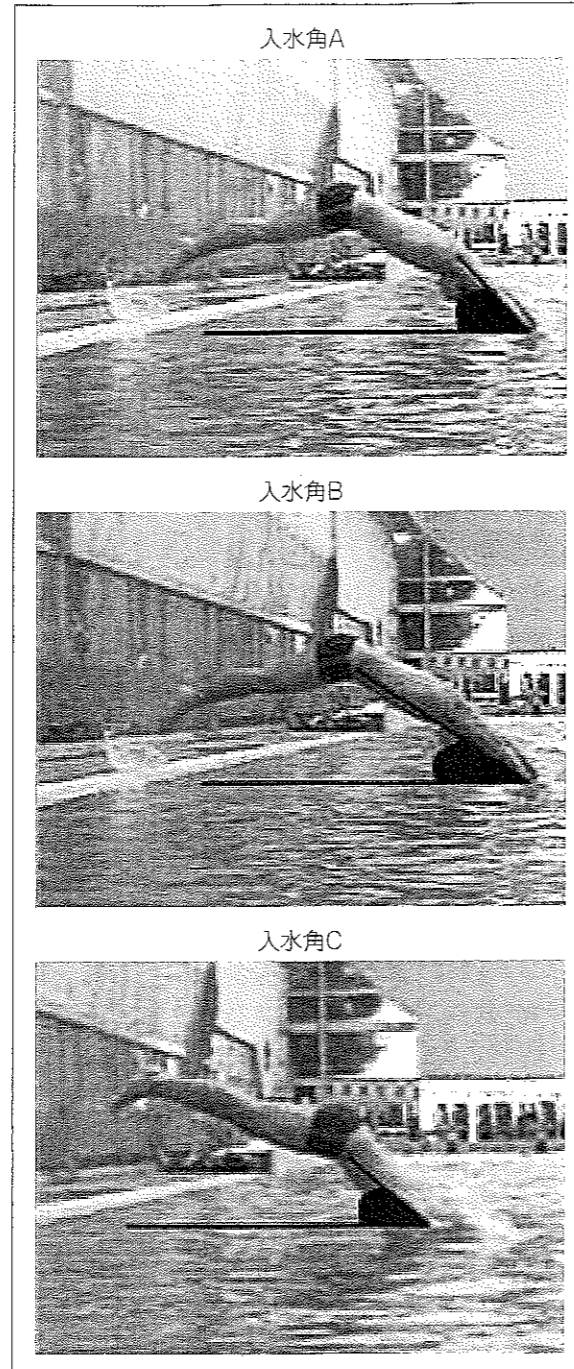


図3 角度算出方法

- 入水角 A (尺側茎状突起と肩部を結んだ直線が水面となす角)
- 入水角 B (尺側茎状突起と上前腸骨棘を結んだ直線が水面となす角)
- 入水角 C (肩峰と上前腸骨棘を結んだ直線が水面となす角)

#### 結果

入水角 A と頭部最大到達深度とのあいだには  $r=0.704$  と強い相関関係を認めた ( $p<0.01$ )。線形

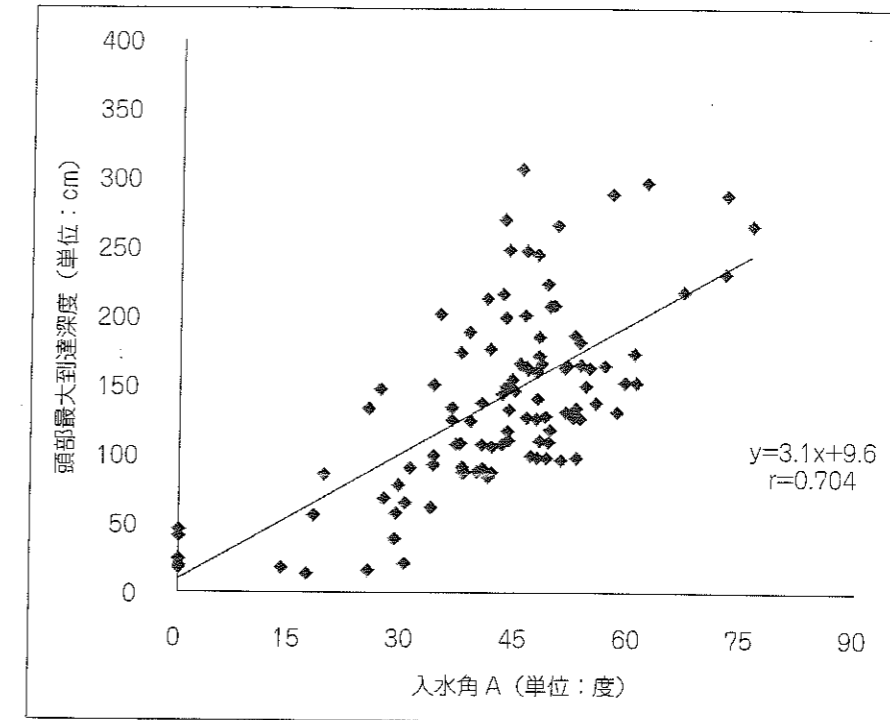


図4 入水角 A と頭部最大到達深度

近似曲線にて入水時の上肢と水中のなす角 (入水角 A) と頭部最大到達深度との関係には、“頭部最大到達深度 (cm) =  $3.1 \times$  入水角 A + 9.6” の関係式が得られ、頭部最大到達深度 100cm となる入水角度は 29.2 度となる。また同様に、入水角 B と頭部最大到達深度 ( $r=0.706, p<0.01$ )、入水角 C と頭部最大到達深度 ( $r=0.681, p<0.01$ ) との間にも相関関係を認めた。また、それぞれの回帰式はそれぞれ頭部最大到達深度 (cm) =  $4.0 \times$  入水角 B + 1.6、頭部最大到達深度 (cm) =  $3.2 \times$  入水角 C + 43 となる (図4～6)。

#### 考察

本研究の結果から、入水後手首を返すなどの動作を行わない場合、飛び込みの入水角度が大きくなるほど飛び込む者の頭部が到達する水深は深くなること示唆された。回帰式の結果から水面と上肢のなす角 (入水角 A) が約 30 度以下であれば水深 1.0m に頭部が達しないことが示唆され、比較的安全に飛び込むことができると考える。これまでこのような入水角度の定義による明確な安全基準は示されておらず、本研究は実際に水泳を指導する現場において有益な情報になると考えられる。

しかし、被験者が異なった場合、同じ入水角度

にもかかわらず、頭部最大到達深度が大きく異なる事例がみられた。このため飛び込み後の頭部最大到達深度には、入水角度の他にも、飛び込む者の体格や入水後の手関節角度などの入水技術等が影響している可能性がある。また本研究は大学生を対象として行ったため、体格の小さい小学生の場合は、同じ入水角度でも到達深度が浅くなると考える。そのためより安全な飛び込み指導を行うためにはこれら個体差を考慮した、詳細な指導が必要となる。

本研究は、飛び込む位置が水面と同じ高さであったため、スタート台を用いた飛び込みの安全な入水角度はわかっていない。スタート台からの飛び込みは、入水する際の速度が水面と同じ高さから飛び込んだときより、速くなっていると考えられる。そのため、入水角度が同じであった場合、スタート台からの飛び込みの方が頭部最大到達深度が深くなると考えられる。従って、スタート台からの飛び込みを指導する際は、より十分な説明と注意が必要であると考えられる。

#### 結論

飛び込み時の入水角度と頭部最大到達深度の間には強い相関を認め、入水角度が大きいかほど頭部最大到達深度が大きくなり、重大事故発生の危

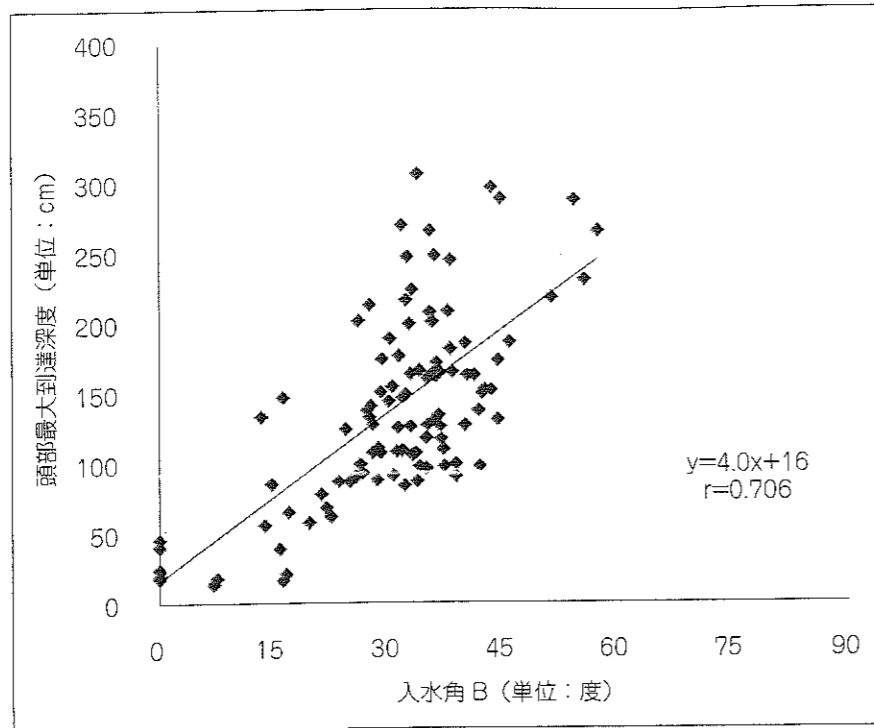


図5 入水角 B と頭部最大到達深度

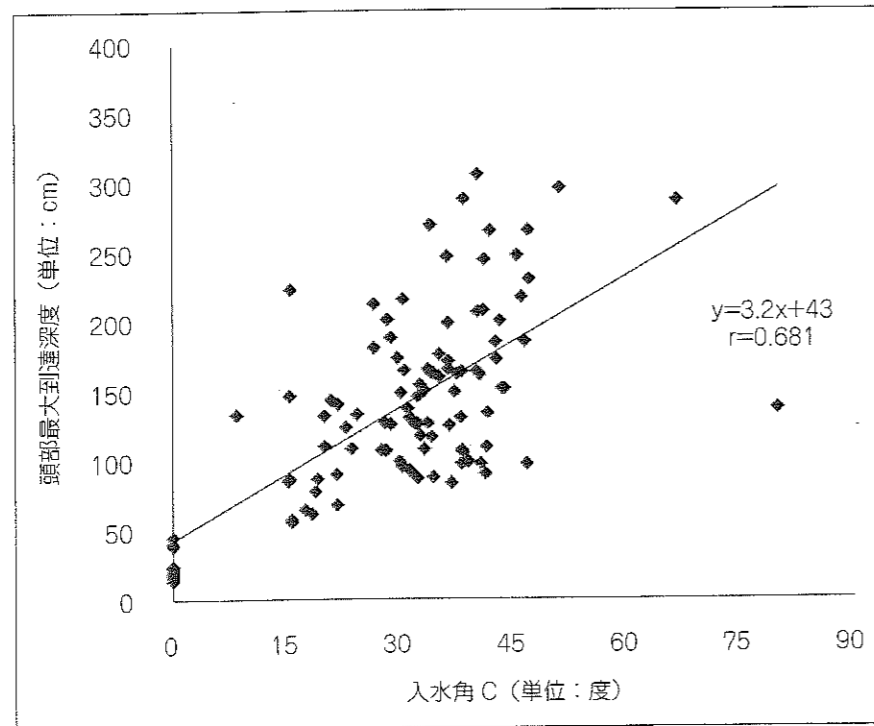


図6 入水角 C と頭部最大到達深度

険性が高まることが示唆された。

また、水深 1.0m の学校プールのプールサイドから飛び込む際には、水面と上肢のなす角が 30 度以下であれば頭部が水底に達する危険性は低く、比較的 safely に飛び込めることが示唆された。

文 献

- 1) 独立行政法人日本スポーツ振興センター：学校の管理下の死亡・障害事例と事故防止の留意点(平成 23 年版)。10-30, 2012.
- 2) 吉村豊暢ほか：スポーツ傷害による脊柱・脊髄損

- 傷の検討。臨床スポーツ医学 7(2): 137-142, 1990.
- 3) Shingu, H et al.: Spinal cord injuries in Japan: a nationwide epidemiological survey in 1990. Paraplegia 32: 3-8, 1994.
- 4) Shingu, H et al.: A nationwide epidemiological survey of Spine cord injuries in Japan from January 1990 to December 1992. Paraplegia 33: 183-188, 1995.
- 5) Maharaj, JC: Epidemiology of spinal cord paralysis in Fiji: 1985-1994. Spinal Cord 34: 549-559, 1996.
- 6) Biering-Sorensen, F et al.: Epidemiology of Spinal Cord Lesions in Denmark. Paraplegia 28: 105-118, 1990.

- 7) 独立行政法人日本スポーツ振興センター：学校における水泳事故防止必携(新訂 2 版)。16-22, 2006.
- 8) 武藤芳照ほか：水泳における安全対策。Japanese Journal of Sports Science 11: 298-303, 1992.
- 9) 直井 亨：水泳事故とプール構造の問題。Japanese Journal of Sports Science 13(2): 183-188, 1994.
- 10) 野村照夫ほか：プールでの飛び込み事故のバイオメカニクス。Japanese Journal of Sports Science 13(2): 177-182, 1994.
- 11) 公益財団法人日本水泳連盟：プール水深とスタート台の高さに関するガイドライン。2005.

(受付：2012 年 12 月 28 日，受理：2013 年 7 月 11 日)

Relationship between maximum head depth and entry angle when diving into a swimming pool

Kohdate, M.<sup>\*1</sup>, Kaneoka, K.<sup>\*2</sup>, Narita, T.<sup>\*1</sup>  
Okubo, Y.<sup>\*3</sup>, Tatsumura, M.<sup>\*4</sup>

<sup>\*1</sup> Graduate School of Sport Sciences, Waseda University

<sup>\*2</sup> Faculty of Sport Sciences, Waseda University.

<sup>\*3</sup> School of Physical Therapy, Faculty of Health and Medical Care, Saitama Medical University

<sup>\*4</sup> Department of Orthopedic Surgery, Ichihara Hospital

Key words: diving, entry angle, prevention of diving accidents

[Abstract] The purpose of this study was to clarify the relationship between the maximum head depth reached and the entry angle when diving into a swimming pool. The subjects were 11 college students who are experienced competitive swimmers (seven males and four females; average height: 168.6 ± 6.1 cm; average age: 20.7 ± 1.8 years; average weight: 60.9 ± 11.2 kg). They were instructed to dive at various angles of entry and we afterwards analyzed the maximum head depth reached at each entry angle. The results proved that there is a strong correlation between the maximum head depth reached and the entry angle. The formula for maximum head depth reached (cm) was 3.1 × the entry angle + 9.6. Consequently, the results of this study suggest that the swimmers' heads do not reach the bottom of the swimming pool depth of 1.0 m if they enter the water surface at an angle of less than 30 degrees.