

# 水上・水中同期撮影による水球投動作の3次元画像解析 —上・下肢および、体幹の捻り動作のしくみ—

小林 達也

## Three-dimensional image analysis of throwing operation by underwater and aquatic synchronous photography in water polo —The upper limbs, the leg, and the structure of twist operation of a trunk—

Tatsuya KOBAYASHI

### I. 緒 言

水球競技は動作のほとんどを水の中で行うため、ハンドボールや野球のように地面からの反力を得られず、不安定な状態で投球動作を行わなければならない。水球特有の技術要素として、身体を支える「巻き足」や「けり足」、「スカーリング」が挙げられる。下肢は上半身をできる限り水面上に浮上させ、さらに体幹の捻り動作をスムーズに行うため、「巻き足」および「蹴り足」と呼ばれる動作を行っている。立泳ぎの技術は、シュート時はもとより、相手選手とのポジション争いやパスを行う際にも大変重要な技術要素と位置づけられるが、複雑であるため、習熟にはかなりの年月を要する。高木<sup>1)</sup>が水球競技に関する研究をまとめており、最近日本水球の競技力向上を目指したいくつかの研究プロジェクトが立ち上がり、ナショナルチームの支援活動が活発になってきているが、依然、質・量共に十分といえる状態にはないとしている。

陸上の投動作に関しては下肢も含めた全身の動作分析が行われ、地面から受けた力を身体の回旋運動によってボールに伝えることがボール初速を高める要因になると明らかにされているが、水球の投動作に関しては水中での動作で行うという分析のしにくさから、上半身の動作の分析にとどまっているのが現状である。

本研究では、水球の投球動作を水上と水中の両方から全身の3次元動作分析を行い、巻き足動作

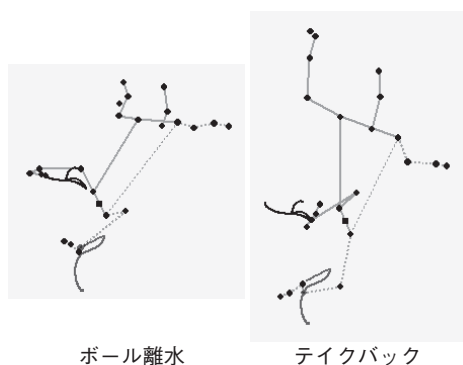
を含めてボールスピードを高める要因を明らかにすること。また、競技レベルによって未熟練者、中級者、熟練者の3群に分類し、習熟度ごとにどのような動作様式の違いがあるのか、より速いボールを投げるための機序を明らかにすることを目的とした。

### II. 研究方法

被験者は水球経験者6名（競技歴 $3.6 \pm 2.5$ 年、 $173.4 \pm 4.5$ cm、 $70.2 \pm 8.8$ kg）とした。なお、被験者はすべて右利きであった。また、被験者は競技歴から熟練者、中級者、未熟練者の3グループに分けた。被験者に十分なウォーミングアップをさせた後、片手飛びつき（3回）、遠投（3回）、速投（3回）、的当て（18回）を行った。撮影は被験者の側方の陸上、および水中窓にハイスピードカメラ（CASIO, EXILIM EX-F1）を設置し、被験者の投球腕の側方から撮影した。撮影によって得られた映像から、身体各部のマークを参考にして身体25点ならびにボール中心点の座標位置を画像解析ソフト（DKH社製 Frame Dias Ver.4）を用いてデジタイズ・分析した。動作分析の範囲は、ボール離水、最大テイクバック、ボールリリースまでとした。水球の投動作は水中と水上の両方に動作範囲が及ぶため、水中と水上をそれぞれ2台のカメラで撮影、3次元座標を作成した。その後、二つの3次元座標を合成することで身体各部位の座標位置を算出し、身体重心や全身の動作を分析できるようにした。

### Ⅲ. 結果および考察

遠投能力とボール初速、的当ての成功率とボール初速の間に有意な相関がみられた ( $r=0.87$ ,  $p<0.05$ ,  $n=6$ ;  $r=0.81$ ,  $p<0.05$ ,  $n=6$ ). 水球で最もシュート機会の多い5mからは遠投距離が高いほどコントロールをよく投げることができると考えられる。水球競技においても投動作の正確性を高めるためには遠投の最大距離を高めることが必要である。また、遠投距離とボール初速度の相関にも高い有意性がみられたことから、最大遠投距離を高めるためにはボール初速を高める必要があると考えられる。



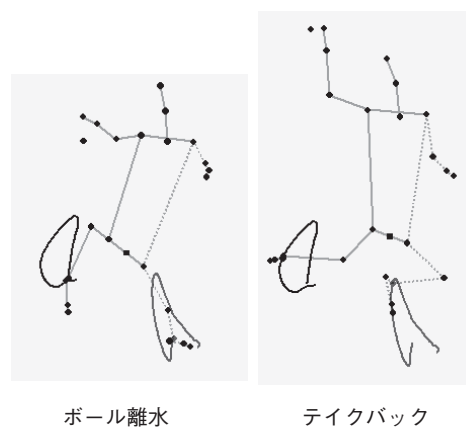
ボール離水

テイクバック



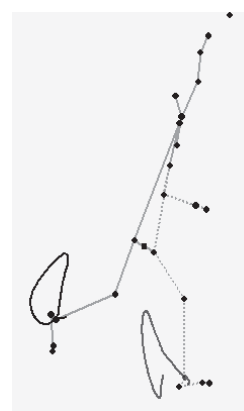
ボールリリース

図1 未熟練者の投動作



ボール離水

テイクバック



ボールリリース

図2 熟練者の投動作

本研究は下肢動作を足首の軌跡と高さ、股関節角度、左右膝関節の角度の三点に着目して分析を行った。足首の描く軌跡は、熟練者、中級者、未熟練者の三群で大きな違いがみられた。未熟練者は左右の足首ともに身体の後方で動作を行っているのに対し、中級者、熟練者は左足首の描く軌跡が身体の下から前方にあった。股関節角度の変位も熟練者になるほど最高値、最小値ともに高い値を示しており、足を大きく開いていることがわかった。陸上の投動作の場合、体幹の捻り動作によって運動量を得るため下肢を安定させる必要があるが、地面からの反力を得られない水球競技の投動作では大きく足を開くことで下半身を安定させるためだと考えられる。また、熟練者の左右足首が描く軌跡は楕円形になっており、ボールリリース時にはボール離水時と同じ位置に戻っている。

る。Hommaら<sup>2)</sup>はシンクロナイズドスイミングの選手を対象に研究を行い、通常の体を水面に浮いた状態で維持するための巻き足の場合、上級者は足首を水面に近い位置で水平に動かし、足首が描く平面と水面がなす角度には差が認められ、熟練者はより足首を水面に平行に近い角度で巻き足を行っていることを明らかにしている。本研究では、未熟練者の右足首の軌跡は水面に平行であったが、その他の群では左右足首の描く軌跡は垂直方向であった。本研究は投球時の巻き足動作を対象に行ったため、本間ら(2005)の通常の巻き足とは異なる水球投球動作時の特徴的なパターンを示すことがわかった(図1・図2)。本研究の結果、水球の投動作(右利き)の場合、熟練者は右足の垂直上方向への力を得るための巻き足だけでなく、投動作によって捻りを伴う上半身の動作を支えるために左足を大きく開いた独特の巻き足動作をしていることが明らかになった。熟練者はボール離水からテイクバックまでの間に不安定に変位しているのに対し、中級者、熟練者になるにつれて腰の角度変位が安定し、逆に肩の角度変位が大きくなっていった。下半身が安定することで、腰から上の部位を体幹も含めてうまく連動できるため、最終的にボールの速度加重が大きくなっていることが示唆された。

水球競技の投動作において分析することが難しいとされていた水中の動作、特に下肢動作と上体を上昇させるタイミングを明らかにすることができた。水球競技は水面に浮いた状態で競技を行うため、地面反力を得ることができず、不安定な状態で投動作を行わなければならないが、水中動作は力発揮の部分がわかりにくく、水上からは目視できないため、水上の動作にばかりに注目した指導が多くなっているのが現状である。しかし、今回の実験結果から熟練度ごとに投動作を比較すると、上半身を支える下肢の動作に大きな違いがみられた。投球時の巻き足動作は、通常の巻き足のように浮くことだけが目的ではなく、捻り動作を含む上半身の動作を支える役割がある。股関節を大きく開き、右足は身体の後方、左足は身体のできるだけ下方から前方に置き、腰を投球方向に対して平行な状態を保ったまま投動作を行うことで

下半身は安定し、ボールスピードが高まることが示唆された。

#### IV. 結論

本研究では、大学生水球選手6名の投動作を対象に競技レベルによって未熟練者、中級者、熟練者の3群に分類し、習熟度ごとにどのような動作様式の違いがあるのか、より速いボールを投げるための機序を明らかにすることを目的とした。1) 遠投能力とボール初速、的当ての成功率とボール初速の間に有意な相関がみられ、遠投距離が大きいほどボールを正確にコントロールできると考えられる。2) 足首の描く軌跡は、未熟練者は左右の足首ともに身体の後方で動作を行っているのに対し、中級者、熟練者は左足首の描く軌跡が身体の下方向から前方にあった。3) 水球競技の投動作では熟練者になるほど大きく足を開くことで下半身を安定させていた。4) 未熟練者はボール離水からテイクバックまでの間に腰の角度が不安定に変位しているのに対し、中級者、熟練者になるにつれて腰の角度変位が安定し、逆に肩の角度変位が大きくなっている。以上のことから水球競技の投動作において分析することが難しいとされていた、水中の動作、特に下肢動作と上体を上昇させるタイミングを明らかにすることができた。

#### V. 引用文献

- 1) 高木英樹(2007)水球競技のバイオメカニクス。バイオメカニクス研究, 11 (2): 68-82.
- 2) Homma M and Homma M (2005) Coaching points for the technique of the eggbeater kick in synchronized swimming based on three-dimensional motion analysis. Sports Biomechanics, 4 (1): 73-88

(指導教官 合屋十四秋)