

# シンクロナイズドスイミングにおける スカーリングとエッグビーターキックの技術に関する文献研究

本間 三和子

## Literature review of sculling and eggbeater kick in synchronized swimming

Miwako Homma

### Abstract

Past studies have clarified the theoretical background for efficient generation of propulsive force, and the characteristics of sculling and the eggbeater kick have been clarified. However, many studies have simply compared beginner and expert swimmers. In synchronized swimming, the level of competition and the degree of difficulty have increased rapidly in recent years, and from the standpoint of instruction, it is important for swimmers to move more stably and smoothly and most importantly, to increase the height of the body above the water surface. In order to maintain the body above the water surface and to move as quickly and as smoothly as possible, practical instructional techniques to teach swimmers to improve their propulsion skills are needed. In addition, most studies on sculling have been two-dimensional analyses, and since sculling is a three-dimensional movement, there is room for improvement. While three-dimensional studies have been performed on the eggbeater kick, most studies have examined water polo players. Hence, in order to improve competitive skills in synchronized swimming, it will be necessary to investigate technical and instructional techniques to allow expert swimmers to generate propulsive force more efficiently.

**Key words:** sculling, eggbeater kick, propulsive techniques, synchronized swimming

### I はじめに

シンクロナイズドスイミング(以下シンクロと略す)は、常に身体の一部を水上に出して表現動作をする運動である。それゆえ、水上に出た部分の重さは荷重負荷となり、この荷重負荷を支えるために水中で何らかの方法を用いて上方への推進力を発揮しなければならない(Fig.1)。その技術がスカーリングやエッグビーターキックなどの推進技術(Propulsion Techniques)<sup>註1)</sup>である。これまでに出版されたシンクロの大部分の指導書に、エッグビーターキックとスカーリングはシンクロの技と動作を行うために不可欠の基本技術であ

り、これらは技の優劣を左右する重要な技術であると述べられている<sup>26,33-38,41-43,46,52,76,77)</sup>。そして、経験から記述された指導法や技術解説、ならびに流体力学的理論からのテクニックの解説が数多くなされている。その一方で、これらの推進技術がシンクロに欠くことのできない重要な技術といわれながら、その技術を解明しようとした実験的研究は数えるほどしかない。

本研究は、シンクロで用いられるスカーリングとエッグビーターキックについて、指導書および先行研究を整理し、それらの技術特性を考察することを目的とした。

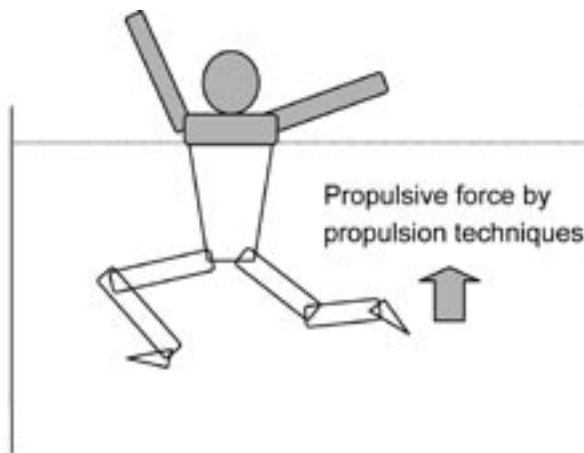


Figure 1 Load above the water surface during arm movements

The area shown by shadowing shows load above the water surface during arm movements in synchronized swimming. Load above the water surface is supported by propulsion techniques like as eggbeater kick or sculling. Figure 1 indicates arm movements using eggbeater kick.

## II 指導書における技術的用語の定義

スカーリングは、腕を水中で動かして推進力を得る技術のことである。本研究では、スカーリングを、瞬発的な推進力を発揮するような腕のかきではなく、一定の推進力を連続して発揮し続ける腕のかきの技術と定義する。

シンクロ競技では、スカーリングの方法は任意とされており、規定はない。したがって、どのようなスカルをしてもかまわず、身体姿勢や進行方向の違いによって最適で効率の良いスカーリングが使い分けされている<sup>2,20,26,57,77,79)</sup>。スカーリングは手首の角度によって移動方向を変えることができる。つまり、進みたい方向と反対側に手のひらに向けてスカルする。手首の屈曲・伸展角度にはフラット、スタンダード(手首を約45° 伸展させる)、リバース(手首を約45° 屈曲させる)の3種類があり、フラットは静止のときに用いる。スカーリングには多くの種類があり、その呼び名も国によってさまざまである。我が国の水泳コーチ教本<sup>79)</sup>の分類によると、スカーリングは静止のためのスカーリング(上向き水平姿勢、下向き水平姿勢、垂直姿勢)と推進のためのスカーリング(エール、スネール、トーピード、リバーストーピード、カヌー)に分けられ、さらに垂直姿勢での静止のた

めのスカーリングのサポートスカルを別に分類している。本研究では、「スカーリング」を多種類のスカーリングの総称として用い、上向き水平姿勢で腕を身体の横に位置し手首をフラットにした静止のスカーリングを「フラットスカル」(Fig.2)、頭を下方にした垂直姿勢または垂直のバリエーション姿勢で用い、腕を胴体の前または横に位置し手首をフラットにした静止のスカーリングを「サポートスカル」(Fig.3)と呼ぶ。フラットスカルとサポートスカルの2種類のスカーリングを本研究の対象にする。

エッグビーターキック(Fig.1)は、脚を水中で動かして推進力を得る技術のことである。脚の動きに休息局面がなく連続的な支持力を生む<sup>12,15)</sup>。脚の動きが電動式調理器の「卵かき混ぜ器」に似ていることからこの名がつけられた。我が国においては日本泳法の遊泳術のひとつに立ち泳ぎがあり、古くから行われている<sup>65)</sup>。流派によって用いられる足の動きや呼称が多少異なるが、踏み足、あおり足、蹴り足、挟み足、巻き足などの種類がある。このうち、巻き足と呼ばれるものがエッグビーターキックと同一の動きである。我が国のシンクロの指導現場においては、エッグビーターキックを通常「立ち泳ぎ」と呼び、それは巻き足で



Figure 2 Flat Skull in back layout position

Flat skull is used mainly in the back layout positions in synchronized swimming. Back layout position is defined as body extended with face, chest, thighs and feet at the surface.

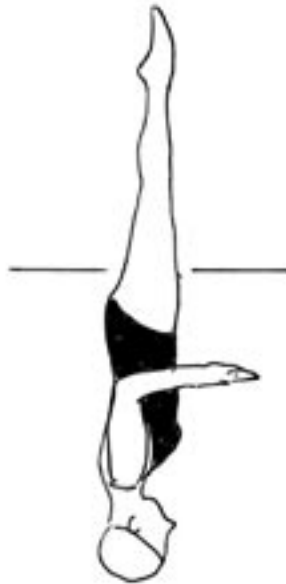


Figure 3 Support Skull in vertical position

Support skull is used in the vertical position and vertical variation positions. Vertical position is defined as body extended perpendicular to the surface, legs together, head downward.

の立ち泳ぎをさす。

### Ⅲ スカーリングとエッグビーターキックの位置づけと役割

スカーリングとエッグビーターキックは、すべてのシンクロスイマーが最初に習う技術である<sup>46,48)</sup>。アメリカと並んでシンクロ競技発祥の地とされるカナダには、古くからStar Programという進級テストシステムがある。このStar Programの最初の段階‘Star 1’のテスト課題は数種類のスカーリング(フラットスカル、ヘッドファースト

スカル、フットファーストスカル)である<sup>57)</sup>。そしてエッグビーターキックは次の段階の‘Star 2’のテスト課題に含まれている<sup>58)</sup>。このことからわかるように、スカーリングとエッグビーターキックは段階的な指導の中で、もっとも基本の技術として位置づけられている。同様に、2005年に日本で始まったシンクロバジテストという進級テストシステムにおいても、最初の段階の課題にスカーリングとエッグビーターキックが含まれており、選手が最初にクリアしなければならない課題として設定されている<sup>67)</sup>。

また、シンクロオリンピックメダリストに対する興味深い研究結果<sup>29)</sup>がある。1996年アトランタオリンピックと2000年シドニーオリンピックのメダリスト7名に、ジュニア期に習得しておくべき基本的な技や動きは何かと質問紙調査をしたところ、「柔軟性」と回答したものがもっとも多く、そのほかに「基礎体力」、「基本の泳ぎ」、「立ち泳ぎ」、「スカーリング」、「身体の締め方、姿勢」という回答が複数ずつみられた。「立ち泳ぎ」と「スカーリング」を挙げた理由として、ある選手は、一度身に付いた動きを後で修正するのは非常に難しいので、子どものうちに正しい技術を指導することが非常に重要であると述べている。また、1984年ロサンゼルスオリンピックのメダリストは別の文献<sup>26)</sup>の中で、スカーリングは特にフィギュア種目やルーティン中のハイブリッドフィギュア<sup>註2)</sup>において演技の完遂度に大きく関与すると述べており、世界トップランクの選手らが、スカーリングとエッグビーターキックを非常に重要な技術としてとらえていたことがわかる。

指導教本<sup>75)</sup>においては、“順序を追って正しく練習しなければ、フィギュアの習得に困難をきたすようになる”，と述べられ、スカーリングの正しい技術の習得の重要性を強調している。現(2005年)アメリカナショナルヘッドコーチのNesbitt S氏は、“スカーリングはシンクロにおいてももっとも基本のスキルであることから、フィギュアトランジションの指導に入る前に、各身体姿勢でのスカーリングスキルが自動化されるくらい、スカーリングの練習に時間を費やすべきである”，と述べている<sup>46)</sup>。海外におけるシンクロの指導書としてもっとも古い出版物と思われる「Synchronized Swimming」(1958)<sup>64)</sup>においても、シンクロスイマーはこの重要な技術なしでは動きやバランスをコントロールすることができないので、スタンツ(現在のフィギュアのこと)を実施しようとする前にスカルの方法を学ばなければならない、とスカーリングの習得の重要性が述べられている。また、我が国の、シンクロに関連する最初の書物である「図解組み泳ぎ」<sup>註3)</sup>においても、押手背泳<sup>59)</sup>という名前でスカーリングが紹介され、立泳ぎ<sup>60)</sup>の技術解説がなされている。これより、当時から、エッグビーターキックがスカーリング同様に、シンクロに不可欠の技術であったことがわかる。

シンクロにおいて、推進技術は最小の努力で最大の効果を生むべきであるといわれている<sup>41)</sup>。つまり、推進技術の効率性が重要で、効率の良い推進技術は水上の身体の高さを獲得し、滑らかで余裕のある動作をもたらす<sup>41)</sup>。

スカーリングは身体の支持や移動に用いられ、主に脚を水上に上げて行うフィギュア動作の際に身体姿勢を支持するために用いられる(Fig.4)。本間(2000)<sup>28)</sup>によれば、上向き水平姿勢で片脚を水上に上げたバレーレッグ姿勢(Fig.5)の最高位の水上荷重負荷は平均体重52kgの女子選手で8.5kgf、両脚を水上に上げたバレーレッグダブル姿勢の最高位は19.1kgf、頭を下にして両脚を水上に上げた垂直姿勢(股の水位)では14.8kgfの荷重負荷がかかっている。これらの姿勢を保持するには、スカーリングを用いてその荷重負荷を支持するだけの上方への推進力を得なければならないことになる。また、スカーリングは身体を支持する役目のほか、推進、方向変換、回転などのさまざまな身体の動きに作用する重要な技術で<sup>26)</sup>、身体姿勢のバランスを保持することもスカーリングの役割のひとつである<sup>46)</sup>。姿勢を変化させたり、身体を移動させる際には、手首の角度を変えて手のひらに水を当てる方向を調整する。

さらに、移動のためのストローク(泳ぎ)やエッグビーターキックにおいてもスカーリングが多用される<sup>26,46)</sup>。例えば、立ち泳ぎやサイドキックでのアームシークエンス(腕の表現動作, Fig.6)を行うとき、表現動作をしていない方の腕は水面下でスカーリングを行い、脚とともに支持力あるいは推進力として作用している<sup>26)</sup>。このときのスカーリングはフラットスカルで、腕は水面近くで上腕をほぼ静止させて行う。Nesbitt(1991)<sup>46)</sup>は高い競技レベルの選手においてスカルの支持力や推進力が不足した場合、エッグビーターキックを増加させ脚への負担が大きくなっていることをトレーニング時に観察しており、エッグビーターキック時にスカーリングの推進力の貢献が大きいことを示唆している。

エッグビーターキックはスカーリングと同じく身体の支持と移動がその役目である。頭を上方にし胴体を垂直に立てた座位姿勢で、脚によって連続的な推進力を生む。腕が自由になるため、アームシークエンス(腕の表現動作)を行うのに最適な推進技術である(Fig.6)。ある姿勢から別の姿勢



Figure 4 Hybrid Figures using support scull in duet routines  
Hybrid figures is defined as a figure of mixed origin or composition.



Figure 5 Ballet leg position using flat scull  
Ballet leg position is defined as body in back layout position  
and one leg extended perpendicular to the surface.

への移行、あるいは別のストロークへの切り替えを助けるつなぎのテクニックとしても利用される<sup>36)</sup>。本間(1997)<sup>27)</sup>によると、5分間(注：2001年のルール改正で4分間に短縮された)のチームフリールーティン演技中、エッグビーターキックを含むストロークの割合は40.7%を占め、演技中にエッグビーターキックが多く使われている。そして、1994年に新競技として加わったテクニカルルーティンの規定要素に、両腕を水上に挙上したエッグビーターキックの動作が含まれ、シンクロ

選手には必須の課題となった<sup>11)</sup>。本間(2000)<sup>28)</sup>によれば、両腕を水上に上げたエッグビーターキック時の姿勢(脇の下の水位)の水上荷重負荷は平均体重52kgの女子選手で13.6kgfであり、ダブルアームシークエンスを行うときには、エッグビーターキックでその水上荷重負荷分の上方向への推進力を発揮しながら、移動しなければならない。また、近年、急速に発展したアクロバティックムーブ<sup>注4)</sup>の動作において、水中でリフターやジャンパーを支える泳者はエッグビーターキックを用い



Figure 6 Arm Sequences using eggbeater kick in solo routines

て水上の荷重負荷を支持しており、以前に増して大きな推進力を必要としている。エッグビーターキックはシンクロだけでなく日本泳法や水球競技、救助法においても重要な基本技術のひとつで、広く活用されている<sup>4,47,65)</sup>。

#### IV 指導書における技術解説

スカーリングおよびエッグビーターキックの技術解説および指導ポイントを記述した文献は数多くみられる<sup>1,2,5,8,12-17,26,31-34,36-38,42-46,51,52,66,69-72,74-79)</sup>。どの指導書においてもほぼ同じような技術解説がみられる。もっとも代表的な指導書である *Synchro Canada* 発行の「*Star Program Manual*」(2002)<sup>57)</sup>には、スカーリングの一般原則、フラットスカルおよびサポートスカルについて次のように記述されている：スカーリングの一般原則は、1)水面と平行に動かす、2)外方向と内方向のスカルともに同じ圧力でかく、3)動作はスムーズでしっかりと途切れないようにかく、4)手はフラットに保ちカップ状にしない、5)指は揃える、6)上腕は固定する。フラットスカルは、1)手首と指先は水面から同じ高さでスカルする、2)前腕と手はユニットで動かす、3)上腕は固定、4)手は腕のライン上にする、5)インスカルは腰の方向へ小指を少し押す、アウトスカルは腰から親指を離して押す、6)姿勢保持のために十分な力とスピードを用いる、7)スカルの範囲はおおよそ25-30cm、8)指の先はインスカルのときに尻に触れる。サポートスカルは、1)肘から肩までの上腕を固定し、身体に近づける、2)前

腕は腰の高さと水平、手はフラット、手首と指先は同じ高さ、手のひらは水底に向ける、3)インとアウトのスカルの傾きと圧力は同じにする、4)アウトスカル：前腕と指先が直接横を向くまで腕を外へかく、そのとき親指は下方に回し手のひらをフラットにする、インスカル：両方の指が触れるまで、小指を横下方に、手のひらを返して開始位置に戻す、他の指導書をもても同じような内容が記述されており、フラットスカルでは、上腕を固定し肘から先でスカルすること、肘を外に張って腕は同じ水平面上でアウト⇔インに横に動かすこと、手のひらに傾きをつけてスカルすることが共通して書かれている。

エッグビーターキックの技術解説を、アメリカとカナダのシンクロ連盟が発行している指導書から紹介する。アメリカの「*Coaching synchronized swimming effectively*」<sup>12,15)</sup>という指導書は、身体姿勢について、1)直立の座位姿勢、2)背中を伸ばして水面に直角とする、3)首を伸ばし、肩を下げてリラックスする、4)膝は腰と同じ高さで大腿上部が胴体と90°になる、5)下腿は膝から大腿と90°にプール底方向に曲げる、と記述している。そして脚について、1)膝をできるだけ開き、足と下腿でできるだけ大きな円を描くように片脚でのプレストキックを行う、2)胴体と太腿が90°を保ったまま、横と後ろにできるだけ大きく回す、3)足は足首とつま先を強く曲げて横と前に動かし、後ろへ動かすときは強く伸ばす、4)片脚が円を描き終わるとすぐにもう一方の脚が始まる。左

脚は時計回りに、右脚は反時計回りに動かす。すべての動きは膝とつま先の間の部分に制限される。残りの身体部分は固定される、と説明している。Synchro Canadaの「Star Program Manual」(2002)<sup>58)</sup>には、身体姿勢は、1)身体は頭から腰まで垂直にする、2)頭は立てて水面上、3)高さや姿勢を保持するために交互の回転キック(rotating kick)を用いる、4)腕は水面に沿わせて前方または横に伸ばす、とある。そして脚の位置は、1)太腿が水面とほぼ平行になるように腰を屈曲する、2)最大の支持と安定性を得るために、太腿は広く保持し、固定する、3)膝は広く開いてわずかに下方に向け、リラックスさせて固定する、4)脚は屈曲姿勢を保持し、決して伸びることがない、5)足首は終始屈曲させる、6)脚の動きは下腿に制限し、均等の交互のキックを行う、と記述されている。さらに脚の動きについては、1)アウトキックの最初、一方の足を尻を蹴るように引き上げ、それからできるだけ遠くへ横に動かすように外へ回転させる、2)すねを90°の円錐形で、足の裏を横に直接向けて、ふくらはぎの内側を水底に向ける、3)同時にもう一方の脚を内側へキックする、4)両脚の円形の動きは同じ水の面で描く、5)足首はできるかぎりずっと尻に近づけておく、6)インキックとアウトキックでは同等の水圧を有する、7)スムーズで力強いエッグビーターは常時両脚に一定で均等の水圧を必要とする、ことが挙げられている。アメリカの指導書もカナダのそれと大きな違いはなくほぼ同じことを説明している。異なるのは、カナダの指導書は足首を終始屈曲させてキックするが、アメリカの指導書では足首は前と横に蹴るときは屈曲させ、後ろ方向へ回すときは伸展させると説明していることである。

## V 推進力発生のメカニズム

スカーリングとエッグビーターキックの推進力発生の原理は流体力学を応用して説明されている<sup>3,18,21,22,30,50,52,68)</sup>。すなわち、スカーリングの手とエッグビーターキックの足をそれぞれ翼と仮定し、翼に適度な傾きを持たせて水平に水を押すことによって、翼の上部と下部の圧力差を増大させ、上方への推進力、つまり揚力を発生させていると論じている。スカーリングとエッグビーターキックは、抗力と揚力の両方の推進力を発生させており、上方への推進力は抗力よりも揚力の貢献が大きい

とされている。揚力理論については、上下を通過する水流の速度の違いによって圧力差が生じ、圧力の高い方から低い方へ力が生まれるというベルヌイの定理をもとに説明している文献<sup>3,68)</sup>が主流である。Hall (1985)<sup>21)</sup>は、スカーリングの仕組みを理論的に説明し、効率的な動きと安定性を実現するような揚力の最適活用のために、1)常時、理想的な手と足の翼角度を保持すること、2)揚力発揮の方向は、水の中で翼がスカルした面に対して垂直であることから水平にスカルすることが重要である、と実践的示唆を与えている。

しかしながら、これまでの報告は流れが定常状態であることを前提とした翼理論を応用して、スカーリングやエッグビーターキック時の揚力発揮を説明している。流れが定常状態に達するためには、少なくとも運動開始後、翼弦(翼の横幅)の6倍以上運動経過しないとけない<sup>9)</sup>が、スカーリングやエッグビーターキックの場合には、手や足の運動方向や速度が時々刻々と変化しており、定常状態に達しているとは言い難い。実際に、定常状態を前提とした手部の推進力分析結果は、実際より約17%過小評価しているとBerger et al (1999)<sup>6)</sup>は指摘しており、Lauder and Dabnichki (2005)<sup>35)</sup>も同様の見解を示している。

そこで最近、昆虫の飛翔分析<sup>62)</sup>から得られた非定常揚力理論を応用して、手部が発揮する推進力を定量しようとする試み<sup>40)</sup>が行われている。しかしながら未だスカーリングやエッグビーターキックの詳細な分析は行われておらず、今後の研究が待たれるところである。

## VI スカーリングとエッグビーターキックのバイオメカニクスの研究

スカーリング動作の分析研究はいくつかなされている。Zinzen et al (1992)<sup>73)</sup>は、バレーレグアルタネイト<sup>註5)</sup>動作中の腕の5つの筋の筋電図を測定し、その強度は他のスポーツの最大下努力での動作と類似したことを報告し、さらに上向き水平姿勢時にバレーレグ動作時よりも大胸筋の活動が活発であったことからスカーリングの推進力は、肩ではなく肘によって導かれていることを示唆している。この結果は、多くの指導書で述べられている「上腕を固定し、肘から先でスカルする」という技術解説を裏付けるものであった。

Francis and Smith (1982)<sup>18)</sup>は、シンクロ元世界

チャンピオンのクレーン姿勢(片脚挙上)<sup>註6)</sup>でのサポートスカル動作における人差し指の軌跡を2次元画像分析した。その結果、サポートスカルの1周期は約0.8秒で、肘を一定の屈曲角度に保持し肩の内外旋によって流体力を生んでいることが映像からわかったこと、および左右の指の軌跡がまったく異なったことを報告した。そして、スカーリング中は切れ間なく流体力を生み続けていること、アウトスカルからインスカルに切り替わる部分は垂直方向の動きのため抗力の貢献が大きいが、ほぼ水平方向にスカルしている部分は揚力の貢献の大きいことを示した。そして、熟練者は、サポートスカルの1周期の大部分が揚力を利用して身体を上げていると結論づけている。また、Rybuyakova et al (1991)<sup>53)</sup>は、30名のさまざまなレベルの選手のサポートスカル動作を2次元分析し、熟練者と未熟練者の手の軌跡を比較した。その結果、熟練者はフラットの手で水平面上に横に長い8の字を描いており、未熟練者は手が上下に動きふくらみのある軌跡を描いていたことを報告した。スカーリング時の手の動作スピードは、インスカルの最後の局面で増加し、インからアウトへの切り返ししのところで最大スピードを示したが、手の動作の平均スピードは、熟練者と未熟練者の間に差はみられなかった。肘関節角度の変化は、アウトスカルからインスカルへの切り返ししのところで、熟練者の肘関節の変化量が大きかった。手首関節の角度変化は両方のレベルの選手間に差は見られなかった。さらに、Hall (1996)<sup>22)</sup>は、アメリカナショナルチーム3名(1996アトランタオリンピック金メダリスト)のクレーン姿勢(片脚挙上)<sup>註6)</sup>と垂直姿勢(両脚挙上)時のサポートスカル動作を3次元DLT法にて分析した。姿勢の安定性を評価するために、スカル時の頭の位置の変動をみた結果、それは2.6cm～5.9cmの間で変動していた。両脚挙上の垂直姿勢と片脚挙上のクレーン姿勢での手首の動きの範囲は垂直姿勢時の方が非常に大きかったこと、および速度の波形が両脚挙上時に非常に大きかったことから、垂直姿勢時にはクレーン姿勢時のおおよそ2倍の重さを支える推進力をサポートスカルで発揮しなければならないと述べている。またすべての選手がクレーン姿勢よりも垂直姿勢時のストロークサイクルタイムが短かったことから、両脚挙上時にはストロークの速度を増加させることを報告した。本

間(2000)<sup>28)</sup>によると、クレーン姿勢(片脚挙上)最高位の水荷重負荷は6.6kgf、垂直姿勢(両脚挙上)最高位の水荷重負荷は14.8kgfで、両脚挙上時は片脚挙上時の2.2倍の荷重負荷を支持しなければならない。クレーン姿勢では片脚が水中にあり、その片脚分の体積が浮力を生み出しているが、両脚が水上に挙上された場合にはその片脚分の浮力が損失するため、クレーン姿勢と垂直姿勢で同じ水上の高さを獲得するには、両脚挙上時に2倍以上の大きな推進力を発揮しなければならないことになる。Hall (1996)<sup>22)</sup>の研究では、選手は両脚挙上時により大きな推進力を得ようとして、大きな軌跡を描き、スカルのスピードを増加させたものと考えられる。さらにHall (1996)<sup>22)</sup>はもっともスキルの高い選手の前腕の水平面に対する角度が、他の2選手よりも小さく、彼女が他の選手よりも垂直方向への揚力をうまく発揮し、効率の良いスカルをしていたことを示した。

以上のように、スカーリングの動作分析から、Francis and Smith (1982)<sup>18)</sup>は推進力発生機の序を明らかにし、Rybuyakova et al (1991)<sup>53)</sup>およびHall (1996)<sup>22)</sup>は、熟練者がスカルの縦幅が小さく、また水平面に対する角度が小さく、効率良く揚力を発揮していることを明らかにした。

水球選手を対象としたエッグビーターキックの研究はいくつかみられるが、シンクロ選手を対象にしたものは数えるほどである。シンクロでは規則通りの姿勢や動作を遂行するために用いるが、いかに水上に身体を高く出すか、いかに大きな推進力を発揮するか、またいかに効率良い技術を行うかという目的は水球もシンクロも同一である。そこで、ここではシンクロ選手を対象とした研究が非常に少ないことを考慮し、水球選手を対象に分析したのも取り上げることにした。

エッグビーターキックに関する先行研究でもっとも古いのはClarys (1975)<sup>7)</sup>による研究であろう。Clarys (1975)<sup>7)</sup>は、水球選手と競泳選手の2名の脛骨踝に圧力変換装置を装着し、エッグビーターキックとプレストストロークキックの出力を比較し、その効率を検討した。その結果、エッグビーターキックとプレストストロークキックの両方において、右脚と左脚で大きく異なる出力パターンが現れた。Francis and Smith (1982)<sup>18)</sup>は世界チャンピオンのサポートスカルの軌跡が左右まったく異なることを報告しており、左右差が大きいと



いう点においてClarys (1975)<sup>7)</sup>のエッグビーターキック、プレストキックの分析結果と類似していた。

松井ほか(1984)<sup>39)</sup>は足底部と足背部に圧力センサーを、腰部に加速度センサーを装着しエッグビーターキックの下肢の動作を分析した。その結果、熟練者の足は立体的な楕円状の軌跡を示し、ほぼ一定の推力を発揮し続けるのに対し、未熟練者は長楕円状の往復運動が顕著になり、推力の変動が大きくなることを報告した。また、大きな推力を必要とするときは、抗力成分の大きな足の蹴り下ろし動作が強く現れることを明らかにした。

Sanders<sup>54-56)</sup>は、水球選手のエッグビーターキック動作を3次元分析し、高さの維持にもっとも関係のあるファクターを検討した結果、足のスピードがもっとも強く関係することを見出した。そして足のスピードを上げるためには、腰関節を外転した状態でキックする必要があり、その姿勢をとるためには、下肢関節の筋力と柔軟性のトレーニングが重要であるとしている。さらに熟練者は前後に足を動かし、未熟練者は上下に足を動かしていたことから、スカーリング動作を行うように、足は垂直ではなく水平にキックすることが重要であるとしている。そして、ピッチ角度(足裏の傾き)をできるだけ小さくすることで、上方への推進力を効率良く得られることを示し、足の運動の方向が重要であると示唆した。さらに、足から生み出される力を保持するためには、足の運動ができるだけ連続的で、足の1サイクル中に大きい速度変化がなく、1サイクル全体を通して速く動く必要があるとしている。Alexander and Taylor (2005)<sup>3)</sup>は、エッグビーターキック動作時の足が細長い楕円形を描くように動くこと、腰関節を80°屈曲させ、90°外転し、膝を15°まで最大限に屈曲させて尻に引き付けたところからキックし始めること、また、キックの開始のときに足首を背屈させ、足の最適ピッチ角度をもたせるために内側から戻すときに底屈させることなど、エッグビーターキック動作のポイントをインターネット上で論じている。

シンクロ選手を対象にしたエッグビーターキック動作の特性は本間ほかによって報告されている。本間ほか(1998)<sup>24)</sup>は、シンクロ日本代表選手のエッグビーターキック動作を3次元的に分析し、股関節の角度(左右大腿部のなす角)が85°

～110°で、膝関節角度(大腿部と下腿部のなす角度)は曲げた状態で40°、伸ばした状態で100°～120°になり、膝が伸びきらないことを示した。膝の最大屈曲角度について、Alexander and Taylor (2005)<sup>3)</sup>は15°と述べているが、本間の研究における日本選手は40°でそれよりも大きい角度を示した。また、本間ほか(1998)<sup>24)</sup>は、足部が描く軌跡は細長い楕円形であるとし、このことは松井ほか(1984)<sup>39)</sup>、Alexander and Taylor (2005)<sup>3)</sup>の報告と一致した。また、本間ほか(1999)<sup>25)</sup>は、足部の描く軌跡は水面に平行ではなく、水面に対して35°～57°の平面上を動いていることを明らかにした。そして、負荷が増した状態ではキックのスピードが高まり、足首の描く面積が大きくなること、さらに足首の描く平面の角度が大きくなり、縦方向へのキックになることから抗力成分の推進力の割合が増すことを示唆した。エッグビーターキックは、負荷が増すとキックのスピードが増加し足首の描く面積が大きくなるという結果は、Hall (1996)<sup>22)</sup>のサポートスカル動作分析結果、すなわち水上荷重負荷が増えるとスカルの軌跡が大きくなり、スカルのスピードが増すという結果とまったく同じであった。また、負荷が増えると、足首の描く平面の角度が大きくなり、縦方向へのキックになり抗力成分の推進力の割合が増えるという結果は、前述の松井ほか(1984)<sup>39)</sup>の研究結果と一致した。さらに本間ほか(1999)は上級者と中級者を比較した結果、上級者は膝と踵の位置が高く保持されていること、リカバリー時に足部を背屈、内反させ効率良く揚力を発生しようとしていることを明らかにした。

このようにエッグビーターキックの動作を分析したいずれの研究<sup>3,24,25,39,54-56)</sup>においても、熟練者のエッグビーターキックは効率良く揚力を発生させるような脚の動きをしていることが報告されている。

水球選手を対象に立泳ぎの推進力を分析した研究がいくつかみられる。原ほか(1988)<sup>23)</sup>は、立泳ぎ中に発揮される上方への力を測定する装置を製作し、5秒間の全力巻き足運動とスカーリング運動による男女水球選手の浮上力を測定した。脚と腕両方で発揮される力は、男子平均(n=13)20.2kg、女子平均(n=10)12.5kg、腕のみでは男子平均8.3kg、女子平均5.1kg、脚のみでは男子平均9.4kg、女子平均7.2kgであった。得られた結果

より、男子においては脚のみの浮上力の測定で立泳ぎの浮上力を評価できること、女子は脚と腕の両方を測定する必要があると結論づけている。柳ほか(1994)<sup>61)</sup>は、男子水球選手24名と女子水球選手12名の腕と脚の無酸素パワー（10秒間の全力クランキング運動／ペダリング運動）および立ち泳ぎ時のスカーリングと脚による浮上力（浮上力測定装置利用）を検討し、無酸素パワーと浮上力の間に関連があることを明らかにし、浮上力に加えて無酸素パワーの値を検討することによって立ち泳ぎ力の評価が可能であると報告している。この研究では、腕の無酸素パワーと脚の無酸素パワーとの間、無酸素パワーと浮上力との間にそれぞれ有意な相関関係が認められた。男女を比較すると、女子選手の脚と腕の無酸素パワーは男子選手の68.4%、47.45%で、腕の無酸素パワーは男子の1/2に満たず、これは筋量の違いによると考察している。同様に立ち泳ぎの浮上力についても、男子選手が女子選手より有意に高く、女子のスカーリングによる浮上力は男子の53.9%、女子の巻き足による浮上力は男子の64.3%であった。原ほか(1988)<sup>23)</sup>と柳ほか(1994)<sup>61)</sup>の研究から、女子のスカーリング力が男子に比して小さいこと、および女子はエッグビーターキック時の脚の推進力の貢献度が男子より大きいことが特徴的であることがわかった。さらにYanagi et al (1995)<sup>63)</sup>は、女子水球選手(n=15,平均体重60.2kg)を対象に、5秒間の全力エッグビーターキック運動による脚のみの垂直方向への力、および10秒間の全力ペダリング運動による脚の無酸素パワーを測定した。その結果、エッグビーターキック中の垂直方向の力は60～120N、無酸素パワーは463～707Wで、エッグビーターキックの垂直方向への力とペダリング運動による無酸素パワーとの間に有意な相関は得られなかったと報告している。有意な関係が認められなかった理由として、エッグビーターキックの推進力が多様なファクターから成ること、および下肢の柔軟性の影響などが大きいからではないかと推察している。本間(2000)<sup>28)</sup>は、水中で両腕を挙上し脇の下まで身体を上げたとき姿勢の水荷重負荷は平均体重52kgの女子シンクロ選手で13.6kgfであったことを報告しており、先行研究<sup>23,63)</sup>から得られた女子水球選手のエッグビーターキックの脚のみの垂直方向への力が、平均7.2kg、および60～120Nであったとい

う結果と照らし合わせてみると、女子選手は両腕を挙上して行うアームシークエンスをエッグビーターキックで支持しきれないことになる。しかしながら、実際にシンクロ選手は演技中にアームシークエンスを行っているわけであるから、女子水球選手よりもシンクロ選手の方がエッグビーターキックで大きな推進力を発揮できるのではないかと推測される。

## Ⅶ まとめ

これまでの研究で、効率良く推進力を生むための理論的背景が示され、スカーリングとエッグビーターキック動作の特徴が明らかにされてきた。しかしながら、多くの研究は熟練者と未熟練者の比較から得た基本的な示唆にとどまっている。シンクロの指導現場では、近年の急速な競技の発展および技の高難度化にともない、いっそうの動作の安定性とスムーズさ、そして何よりも水上の身体高の高さが求められている。1cmでも高い身体高を維持するため、少しでも速くスムーズに移動するための推進技術のスキル向上に向けて指導上のより実践的な示唆が待たれている。また、これまで行われてきたスカーリング動作の研究は2次元分析がほとんどであり、3次元的な動きのスカーリングを解明するには改善の余地がある。エッグビーターキックについては3次元的分析が行われているものの、その多くが水球選手を対象にした研究である。よって今後、シンクロの競技力向上の視点から、上級者がさらに効率よく推進力を得るための技術および指導ポイントについて研究を進める必要があると思われる。

## 謝辞

Figure 4に紹介したハイブリッドフィギュアの写真(左)は、筑波大学人間総合科学研究科金岡恒治助教授(アテネオリンピック水泳日本代表選手団チームドクター)が選手席から撮影したものをお借りしました。また、この研究中、筑波大学人間総合科学研究科野村武男教授の御指導を賜り、高木英樹助教授に多くの有益な助言をいただきました。心より感謝申し上げます。

## 注

注1 Propulsion Techniques は、FINA Manual (2002)<sup>10)</sup> には、the process by which the body uses arms and

or legs to move through the water. A driving force.  
と定義されている。

注<sup>2</sup> Hybrid figure は、FINA Manual (2002)<sup>10)</sup>には、  
a figure of mixed origin or composition, and other  
than those described in the rules. と定義されてい  
る。

注<sup>3</sup> 我が国にシンクロが初めて紹介されたのは昭  
和29年、そして初めてのシンクロ競技会は昭  
和31年に開催された。「図解組み泳ぎ」という  
指導書は、1956年に発行された我が国のシン  
クロに関連するもっとも古い指導書である。こ  
の本の巻末には、資料として「シンクロナイズ  
ド・スイミング競技規則(案)」が掲載されて  
おり、日本シンクロの幕開け時に書かれたこと  
がわかる。著者の上野徳太郎氏は、当時日本水  
泳連盟理事であった。

注<sup>4</sup> アクロバティックムーブは、リフト、スロー、  
スタック、プラットフォーム、ジャンプなど、  
他者の力を利用して水中から空中へ身体を上げ  
る動作の総称である。2001年のルール改正に  
よってアクロバティックムーブはテクニカル  
ルーティンの規定要素のひとつに加えられ、高  
難度のアクロバティックムーブを水上に高く行  
うことが求められている<sup>11)</sup>。

注<sup>5</sup> バレーレグアルタネイト：上向き水平姿勢  
から片脚を垂直に上げて下ろし、もう一方の脚  
を同様に垂直に上げて下ろす動作。この動作中、  
身体は水平姿勢を保持したままである。

注<sup>6</sup> クレーン姿勢は、頭を下にした垂直姿勢で、  
片脚は身体に対して90°（水面に平行）に伸ば  
し、もう一方の脚は水面に対して垂直に上げた  
姿勢のことである。

#### 引用文献

- 1) Adamson J, Currie S, Lamont S and Ziegler K (1985a) : Eggbeater. (Ed.) The Ontario Amateur Synchronized Swimming Association (In) Synchro Plus revised. The Ontario Amateur Synchronized Swimming Association Inc., 37.
- 2) Adamson J, Currie S, Lamont S and Ziegler K (1985b) : Sculling. (Ed.) The Ontario Amateur Synchronized Swimming Association (In) Synchro Plus revised. The Ontario Amateur Synchronized Swimming Association Inc., 14-23.
- 3) Alexander M and Taylor C (2005) : The

Technique of the Eggbeater Kick. Coaches' information service, [http://coachesinfo.com/category/water\\_polo/356/](http://coachesinfo.com/category/water_polo/356/) (2005年9月30日)

- 4) 荒木昭好(1974) : 水球における泳ぎの技術. 図解水球のゲーム, 成美堂, 東京, 24-104.
- 5) Babb K (1989) : The Ballet Leg Scull. SYNCHRO April: 21.
- 6) Berger MAM, Hollander AP, and Groot GD (1999): Determination propulsive force in front crawl swimming: A comparison of two methods. Journal of Sports Science 17: 97-105.
- 7) Clarys JP (1975) : Analysis of the egg-beater and breaststroke kick in water polo. (Ed.) Clarys JP and Lewillie L (In) Swimming II. University Park Press, Baltimore, 241-246.
- 8) Davis C (1986) : Tips on ballet legs. SYNCHRO June:20.
- 9) Ellington CP (1995) : Unsteady aerodynamic of insect flight. (Ed.) Ellington CP, and Pedley TJ (In) Biological Fluid Dynamics. Society of Experimental Biology, Cambridge, 626-630.
- 10) FINA (2002) : Glossary of Terms for Routines. FINA Synchronised Swimming Manual For Judges, Coaches and Referees, revised fourth edition, FINA Permanent Office, Lausanne, 135-136.
- 11) FINA (2005) : Appendix VI FINA required elements for technical routines. FINA handbook 2005-2009. FINA, Lausanne, 309-311.
- 12) Forbes MS (1984) : Eggbeater Kick, stationary. (Ed.) United States Synchronized Swimming (In) Coaching synchronized swimming effectively. Human Kinetics Publishers, Inc. Champaign, Illinois, 74-75.
- 13) Forbes MS (1989a) : Standard Scull, Head First. (Ed.) United States Synchronized Swimming (In) Coaching synchronized swimming effectively second edition. Leisure Press, Champaign, Illinois, 22-24.
- 14) Forbes, M.S. (1989b) : Standard Scull, Foot First. (Ed.) United States Synchronized Swimming (In) Coaching synchronized swimming effectively second edition. Leisure Press, Champaign, Illinois, 24-26.
- 15) Forbes MS (1989c) : Eggbeater Kick, stationary. (Ed.) United States Synchronized Swimming (In)

- Coaching synchronized swimming effectively second edition. Leisure Press, Champaign, Illinois, 74-75.
- 16) Forbes, M.S. (1989d) : Inverted Split Position With Support Scull. (Ed.) United States Synchronized Swimming (In) Coaching synchronized swimming effectively second edition. Leisure Press, Champaign, Illinois, 80-82.
- 17) Forbes, M.S. (1989e) : Inverted Vertical Position With Support Scull Hold. (Ed.) United States Synchronized Swimming (In) Coaching synchronized swimming effectively second edition. Leisure Press, Champaign, Illinois, 106-108.
- 18) Francis PR and Smith KW (1982) : A preliminary investigation of the support scull in synchronized swimming using a video motion analysis system. (In) Biomechanics in sports: proceedings of the International Symposium of Biomechanics in Sports, Research Centre for Sports; Academic Publishers, Del Mar, Calif., 401-407.
- 19) Gray J (1993) : Sculling. Coaching Synchronised swimming Figure Transitions. Standard Studio, Berkshire, 39-48.
- 20) Gundling BO and White JE (1988) : The Alphabet of Aquatic Movement: Basic Positions, Movements, and Terms. Creative Synchronized Swimming. Leisure Press, Champaign, Illinois, 7-11.
- 21) Hall B (1985) : The Mechanics of Sculling. Synchro October:14-17.
- 22) Hall SJ (1996) : Support scull kinematics in elite synchronized swimmers. (In) XIII International symposium for biomechanics in sport: proceedings. Lakehead University, Thunder Bay Ontario, 44-47.
- 23) 原朗, 柳等, 酒井達郎, 清原伸彦, 当麻成人, 石井喜八(1988) : 立泳ぎのときに発揮される浮き上がる力の測定 - 測定装置の試作 -. 日本体育大学紀要 17 (2) : 115-122.
- 24) 本間正信、本間三和子、萬久博敏(1998) : 立泳ぎの3次元動作分析、第49回日本体育学会大会.
- 25) 本間正信、本間三和子、萬久博敏、山村千晶(1999) : 一流シンクロナイズドスイミング選手の巻き足動作の運動学的分析. 第14回日本バイオメカニクス学会大会論文集 287-292.
- 26) 本間三和子(1992) : 水泳における手-シンクロナイズドスイミング-. Japanese Journal of Sports Sciences 11 (8) : 457-462.
- 27) 本間三和子(1997) : シンクロナイズドスイミングにおけるフリールーティンの演技構成に関する研究 - 1996アトランタオリンピック出場チームにおける構成要素の配置とフェイスインタイムの比率から -. 筑波大学運動学研究 13 : 9-20.
- 28) 本間三和子(2000) : シンクロナイズドスイミングの各種動作における水上荷重負荷. 筑波大学運動学研究 16 : 13-22.
- 29) 本間三和子(2003) : シンクロ選手のコツ・動き方の意識に関するアンケート調査結果. (編)阿江通良「平成14年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告No. III ジュニア期の効果的スポーツ指導法の確立に関する基礎的研究 - 第3報 -」, 157-167.
- 30) 本間三和子(2005) : シンクロの科学. (編)財団法人日本水泳連盟「水泳コーチ教本」, 大修館書店, 東京, 印刷中.
- 31) Jones FL and Lindeman JI (1975a) : Synchronized Swimming: Developing Fundamental Skills. The Components of Synchronized Swimming. PRENTICE-HALL, Englewood Cliffs, New Jersey, 12-22.
- 32) Jones FL and Lindeman JI (1975b) : Arm Patterns: Propulsion and support. The Components of Synchronized Swimming, PRENTICE-HALL, Englewood Cliffs, New Jersey, 31-43.
- 33) 金子正子, 中島佐智子, 市橋晴江, 宮崎三つ保, 加瀬みか(1979a) : 立ち泳ぎ. (編)財団法人日本水泳連盟シンクロ普及委員会「シンクロナイズドスイミング初心者指導の手引」決定版, 7.
- 34) 金子正子, 中島佐智子, 市橋晴江, 宮崎三つ保, 加瀬みか(1979b) : スカールング. (編)財団法人日本水泳連盟シンクロ普及委員会「シンクロナイズドスイミング初心者指導の手引」決定版, 10-14.
- 35) Lauder MA and Dabnichki P (2005) : Estimating propulsive forces -sink or swim? Journal of Biomechanics 38: 1984-1990.
- 36) Lundholm J and Ruggieri MJ (1976a) : Eggbeater kick. Strokes, Stroke variations, and Eggbeater kick. Introduction to Synchronized

- Swimming, Burgess Publishing Company, Minneapolis, Minnesota, 25.
- 37) Lundholm J and Ruggieri MJ (1976b) : Sculling. Introduction to Synchronized Swimming, Burgess Publishing Company, Minneapolis, Minnesota, 27-34.
- 38) Lundholm J and Ruggieri MJ (1980) : エッグビーター・キック. (監修)石井宏・金子正子(訳)井上卓二「シンクロナイズド・スイミング教程」, ベースボールマガジン社, 東京, 33.
- 39) 松井敦典, 小林一敏, 土居陽治郎(1984) : 立ち泳ぎにおける下肢の動作と推力発生メカニズムに関する研究. 東京体育学研究 11 : 59-62.
- 40) Matsuuchi K, Miwa T, Nomura T, Sakakibara J, Shintani H, and Ungerechts BE (2004) : Unsteady flow measurement around a human hand in swimming using PIV. (In) Abstract of 9th annual congress of the European College of Sport Science. Clermont-Ferrand, France, 274.
- 41) McGowan JS (2002) : An Introduction to Judging Free Routines. FINA Synchronised Swimming Manual For Judges, Coaches and Referees, revised fourth edition, FINA Permanent Office, Lausanne, 100-104.
- 42) 元好三和子(1986) : サポートスカルテックニック及び日本選手団遠征における一考察. Synchro Technique. (編) 齊藤中子「SYNCHRO JAPAN」, 日本シンクロスイミングアカデミー, 45: 2-5.
- 43) 元好三和子(1987) : フィギュアのテクニックメモ. Synchro Technique. (編) 齊藤中子「SYNCHRO JAPAN」, 日本シンクロスイミングアカデミー, 50: 7.
- 44) 元好三和子(1990) : シンクロ入門. (編)日本野外教育研究会「水泳の指導」, 杏林書院, 東京, 184-197.
- 45) Muir D (1981) : Sculling and Skills for body positions. SYNCHRO August: 12-13.
- 46) Nesbitt S (1991) : Basic Sculling, Transitions and Drills. SYNCHRO April/May: 23-25.
- 47) 大本洋嗣(1996) : 巻足(立ち泳ぎ). 基本のスキル. 基礎から実戦まで水球マニュアル, ベースボール・マガジン社, 東京, 12-13.
- 48) Preston-Mauks S (1983) : Synchronized Swimming is for me. Lerner Publications Company, Minneapolis, 1-46.
- 49) Rackham G (1968a) : The technique of support and thrust. Synchronized Swimming, Faber and Faber, London, 137-148.
- 50) Rackham G (1968b) : Sculling. Synchronized Swimming, Faber and Faber, London, 194-201.
- 51) Rackham G (1968c) : Sculling Skills. Synchronized Swimming, Faber and Faber, London, 202-209.
- 52) Reeves MA (1975) : Basic Sculling Techniques for Competitive Synchro Swimmers. Synchro Canada 5: 4-8.
- 53) Rybuyakova T, Lesgaft PF and Pybyakova TV (1991) : Analysis of the Vertical Sculling Technique. SYNCHRO June/July: 18-21.
- 54) Sanders RH (1999a) : Analysis of the eggbeater kick used to maintain height in water polo. Journal of Applied Biomechanics 15:284-291.
- 55) Sanders RH (1999b) : Improving performance in the eggbeater kick. (Ed.) Frank HF, Eric PC and Pak-Kwong C (In) The XIIIth FINA world sports medicine congress, Peacock Printing Press, Hong Kong, 253-258.
- 56) Sanders RH (2005) : Strength, Flexibility and Timing in the Eggbeater Kick. Coaches' information service, [http://coachesinfo.com/category/water\\_polo/5/](http://coachesinfo.com/category/water_polo/5/) (2005年9月30日)
- 57) Synchro Canada (2002a) : Star 1 Back Layout Position and Stationary (Flat) scull. Star Program Manual, 15.
- 58) Synchro Canada (2002b) : Star 2 Eggbeater Stationary 20 seconds. Star Program Manual, 51.
- 59) 上野徳太郎(1956a) : 背泳. 図解組み泳ぎ, 万有出版, 東京, 47-52
- 60) 上野徳太郎(1956b) : 立泳ぎ. 図解組み泳ぎ, 万有出版, 東京, 60-66.
- 61) 柳等, 酒井達郎, 齊藤好史, 当麻成人, 原朗, 清原伸彦(1994) : 水球選手の無酸素性パワーと立ち泳ぎの浮上力. 第12回バイオメカニクス学会論文集 236-240.
- 62) Wang ZJ (2000) : Two Dimensional Mechanism for Insect Hovering. PHYSICAL REVIEW LETTERS, 85: 2216-2219.
- 63) Yanagi H, Amano K, Sakai T and Hara A (1995) : Vertical Force Exerted during Eggbeater Kick in

- Water Polo. XVth Congress of the International Society of Biomechanics, Jyveaskylea, Finland, 1016-1017.
- 64) Yates F and Anderson TW (1958) : Sculling. Synchronized Swimming second edition, The Roland Press Company, New York, 43-44.
- 65) 財団法人日本水泳連盟(1983):立ち泳ぎ. (編) 財団法人日本水泳連盟「新訂水泳指導教本」, 大修館書店, 東京, 69-71.
- 66) 財団法人日本水泳連盟シンクロ委員会(2002): エッグビーター. 水中トレーニング. (編)財団法人日本水泳連盟シンクロ委員会「シンクロナイズドスイミング競技者育成プログラム 一貫指導教書」, 45-64.
- 67) 財団法人日本水泳連盟(2005) : シンクロバッジテスト制度シンクロバッジテスト実施の手引き.
- 68) Zielinski D (1997) : Biomechanics. The eye of the artist: A scientific approach to synchronized swimming, The Duke Zielinski Corporation and ESYNCHRO, Walnut Creek, CA, 82-169.
- 69) Zielinski D (2001a) : Routine fundamentals I: Eggbeater. Routine fundamentals: A simple approach to routine success, ESYNCHRO, Walnut Creek, CA, Volume 1: 11-29.
- 70) Zielinski D (2001b) : Figure fundamentals I: Back Layout in Back Scull. Figure fundamentals: A simple approach to routine success, ESYNCHRO, Walnut Creek, CA, Volume 1: 12-17.
- 71) Zielinski D (2001c) : Figure fundamentals 4: Vertical. Figure fundamentals: A simple approach to routine success, ESYNCHRO, Walnut Creek, CA, Volume 2: 5-11.
- 72) Zielinski D (2001d) .: Hands. Synchro as simple as 1-2-3, The Duke Zielinski Corporation and ESYNCHRO, Walnut Creek, CA, 53-82.
- 73) Zinzen E, Antonis J, Cabri J, Serneels P and Clarys JP (1992) : Synchro-swimming: an EMG-study of the arm muscles during the scull movement in the "single ballet leg alternate." (Ed.) MacLaren D, Reilly T & Lees A (In) Biomechanics and medicine in swimming. Swimming Science VI, E & FN Spon, London, 117-122.
- 74) 関司早江子(1984a) : 楽しいリズム水泳. (編) 財団法人日本水泳連盟「シンクロナイズド・スイミング」, 大修館書店, 東京, 9-25.
- 75) 関司早江子(1984b) : シンクロの技術. (編)財団法人日本水泳連盟「シンクロナイズド・スイミング」, 大修館書店, 東京, 26-31.
- 76) 関司早江子(1990a) : 立泳ぎ. (編)財団法人日本水泳連盟シンクロ委員会「シンクロナイズドスイミング初心者指導の手引」(改訂版), 16.
- 77) 関司早江子(1990b) : スカーリング. (編)財団法人日本水泳連盟シンクロ委員会「シンクロナイズドスイミング初心者指導の手引」(改訂版), 19-24.
- 78) 関司早江子(1993a) : シンクロの基本の泳ぎ. シンクロのコーチング. (編)財団法人日本水泳連盟「水泳コーチ教本」, 大修館書店, 東京, 218.
- 79) 関司早江子(1993b) : スカーリング. シンクロのコーチング. (編)財団法人日本水泳連盟「水泳コーチ教本」, 大修館書店, 東京, 219-221.