

平成 27 年度

順天堂大学大学院スポーツ健康科学研究科 修士論文

飛込競技における「後踏切前宙返り(402C)」の技術に関する研究  
～体操競技から飛込競技へのトランスファー～

氏 名 久永 将太

論文指導教員 加納 実 教授

合格年月日 平成 28 年 2 月 22 日

論文審査員 主査 柳谷 登志雄

副査 伊藤 隆巳

副査 加納 実

## 目次

第1章	諸言	4
第2章	関連文献の考証	6
第1節	トランスファーの特徴	6
第2節	飛込競技の源流、変遷および発展	7
(1)	飛込競技の源流	7
(2)	飛込競技の種目の変遷	8
(3)	飛込競技の発展	8
(4)	日本での飛込競技の普及と発展	10
第3節	飛込競技の競技種目、構成	11
(1)	飛込競技の競技種目	11
(2)	飛込競技の構成	12
第4節	飛込競技の力学的知見	13
第5節	体操競技の本質的特性および競技特性	14
(1)	体操競技の本質的特性	14
(2)	体操競技の競技特性	15
第6節	技の技術	16
(1)	技の技術	16
(2)	技の技術研究	16
第7節	スポーツ運動の質的把握	17
(1)	運動記述	17
(2)	カテゴリーによる把握	18
(3)	スポーツ運動系の諸原理	18
第8節	運動質を把握するためのカテゴリー	19
(1)	運動の局面構造	19
(2)	運動リズム	20
(3)	運動伝導	20
(4)	運動流動	21
(5)	運動の先取り	21
第9節	運動の習熟位相	22

第10節	モルフォロギー的研究方法.....	23
(1)	運動モルフォロギー.....	23
(2)	自己観察.....	24
(3)	他者観察.....	25
第11節	飛込競技の踏切局面における身体動作の先行研究.....	25
第3章	研究目的.....	27
第4章	研究方法.....	28
第1節	被験者.....	28
第2節	実験方法.....	29
第3節	実験課題および原資料の決定.....	32
第4節	考察方法.....	32
第5節	動作分析および考察資料.....	32
(1)	動作の分析方法.....	32
(2)	上体傾斜角度.....	33
(3)	股関節角度.....	33
(4)	膝関節角度.....	34
(5)	足関節角度.....	34
第5章	結果.....	35
第1節	踏切局面における足関節最大背屈位時.....	35
(1)	踏切局面における足関節最大背屈位時.....	35
(2)	踏切局面における足関節最大背屈位時の上体傾斜、股関節、膝関節、 足関節角度.....	37
第2節	自己観察報告書.....	41
第6章	考察.....	49
第1節	踏切局面における足関節最大背屈位時.....	49
(1)	踏切局面における足関節最大背屈位時.....	49
(2)	上体傾斜、股関節、膝関節、足関節角度.....	49
(3)	まとめ.....	52
第7章	結論.....	53
第8章	要約.....	54

謝辭.....	55
【文献表】 .....	56
英文要約.....	58
資料	

## 第1章 諸言

近年、日本のスポーツ界において競技転向(以下、トランスファー)が注目されている。本来トランスファーとは、特に陸上競技における種目転向<sup>25)</sup>の際に使われている言葉であるが、2020年東京五輪・パラリンピック開催決定、2019年ラグビーW杯日本大会などの自国開催決定を受け、競技間トランスファー(実施していた競技から他の競技への転向)を行っている競技者も多く、日本のスポーツ界の動きが激しい。その中でも体操競技から飛込競技へのトランスファーにも期待が寄せられている<sup>26)</sup>。

飛込競技は、高飛込、飛板飛込の2種類があり、高飛込は、高さ5m、7.5m、10mの固定された台から演技が行われ、飛板飛込は、高さ1m、3mに設置された弾力のある板を使用して演技が行われる。飛込競技選手を対象とし、身体運動のメカニズムを研究した吉田ら<sup>27)</sup>は、「飛込競技の高飛込は固定台から踏切、宙返りや捻り技を行うという点においては体操競技に近いスポーツである」と述べていることから、飛込競技と体操競技には類似点が多いことがわかる。高飛込は、落下中の回転や捻り、入水姿勢などによって得点を競う。同様に体操競技においても、器具を用いた種目もあるが、回転やひねり、着地の姿勢などの得点を競う競技である。金子<sup>4)</sup>は、勝敗を決定する資料により競技を測定競技、判定競技、採点(評定)競技の3つに分類しており、飛込競技も体操競技も同じ採点競技である。採点(評定)競技とは、演技の安定性+運動経過の「出来栄え」を評価して点数を表す競技形態である<sup>4)</sup>。飛込競技の演技は、6つの群を各1回ずつ行い、各演技の総合計点で順位を競う。6つの群とは、1群:前飛込、2群:後飛込、3群:前逆飛込、4群:後踏切前飛込、5群:捻り飛込、6群:逆立ち飛込である。その中でも「4群:後踏切前飛込(後ろ向きに立ち、後方に踏切、前方へ回転する)」の動きは体操競技において実施される事がほとんどなく、トランスファーをする際、習得に時間を要する。また、体操競技選手と飛込競技選手の「4群:後踏切前飛込」の技術の違いは明らかになっていない。

飛込競技での先行研究で Hamill<sup>28)</sup>は、「空中で必要とされる角運動量は踏切局面に依存する。そのため、回転数を増加させることで、踏切局面の全身の角運動量が増加する。」と述べていることから、体操競技から飛込競技へトランスファーする際、習得に時間を要する点は、「踏切局面」であるのではないかと考えた。また、小林<sup>29)</sup>は、「離台後のダイバーの身体は、重力以外の外力はほとんど受けないため、離台後の身体重心の高さや、距離、回転速度、身体の横軸を通る重心周りの角運動量は、踏切局面に依存する。つまり、踏切局面で獲得した直線および角力積の量が離台後のダイバーの重心の高さ回転速度を決める

ため、踏切局面は重要視されるべきである。」と述べている。それらを踏まえ「後踏切前宙返り(402C)」をデジタルビデオカメラ(EXILIM,FX-FH25,CASIO 社製)で撮影し、得られた映像から運動学的手法を用いてトレース局面図を作成し、飛込競技者と体操競技者の動きそのものの比較を行い、また、三次元動作解析システム(VICON NEXUS)により、キネマティクス的手法を用いて関節角度を数値化する。そこで得られた飛込競技者と体操競技者の動きそのものの違い、角度数値の違いから「4群:後踏切前飛込」の技群である「後踏切前宙返り(402C)」の習得に時間を要する原因を検証する。

そこで本研究は「後踏切前飛込」の技群である「後踏切前宙返り(402C)」の比較考察を通し、技術的解明を目的とする。技術的解明をすることにより、体操競技から飛込競技へトランスファーする選手に貢献できるものと考えられる。

第1節 トランスファーの特徴

トランスファーとは、「いままで行ってきたスポーツはやめて、他のスポーツを行ったり、異なるレベルの同一のスポーツへ移るタイプ」<sup>722)</sup>と Klint らは定義している。

陸上競技において渡邊は、「シニアで国際大会に出場するレベルの選手の中には、若年期から同じ種目を継続している選手もいれば、種目を転向(トランスファー)している選手も存在する。」<sup>25)</sup>と報告し、オリンピック、世界選手権、アジア大会、アジア選手権に出場した日本代表選手 296 名を対象にして、小学校期から青年期にかけてどのようなスポーツや陸上競技種目を選択してきたのかを分析している<sup>25)</sup>。陸上競技を中心的に実施していた者は、小学校期で 10%、中学校期で 70%、高校期で 98%で、野球、サッカー、テニスなどからトランスファーした者が多かったと報告している<sup>25)</sup>。陸上競技の種目間では、特に中学校期から高校期にかけて、100m・200m から 400m、中距離から長距離のように同じ系統の種目でもより長い距離の種目にトランスファーしたり、同じ種目領域でも高校から始まる新しい種目(400mH、やり投げなど)にトランスファーする者もいると報告している<sup>25)</sup>。しかし、高校期から青年期ではほとんどトランスファーせず、実施していた複数の種目の中から種目を絞っていることが明らかとなっている<sup>25)</sup>。また、日本陸上競技連盟は、2013 年に 2020 年の東京オリンピック開催決定直後、「2020 強化普及オリンピック特別対策プロジェクト」を編成し、2014 年 12 月にプロジェクトチームは、国際競技力向上のため強化育成システムの 5 つの柱として、①強化組織の抜本的改変、②種目、競技トランスファー促進、③強化情報戦略の強化と拡充、④科学サポートの徹底的活用、⑤指導者養成の強化を挙げた<sup>26)</sup>。そして山崎は、「過去に世界で活躍してきた競技者は、必ず様々な競技や種目を変更(トランスファー)してステップアップをしながらパフォーマンス維持に成功している」<sup>26)</sup>と述べている。

トランスファーとは、特に陸上競技において見られることが多い。近年では、陸上競技の投擲種目だった選手が、2019 年ラグビーW 杯日本大会の自国開催決定を受け、ラグビーへトランスファーした報告もされている。陸上競技以外では、体操競技から様々な競技へトランスファーする選手がいる。空中感覚を武器に、飛込競技、トランポリン競技、スキーのフリースタイル競技のエアリアルなどにトランスファーされている。

これらのように、2020 年東京五輪・パラリンピックなどの自国開催決定を受け、トランスファーによる日本のスポーツ界の動きが激しい<sup>27)</sup>と言われている。

## 第2節 飛込競技の源流、変遷および発展

### (1) 飛込競技の源流

飛込競技の発達史には、様々なものがある。水泳コーチ教本では、「古い文献では、ダイビングは特に釣りや戦争との関連が深いとされる。また古代ローマの城門には、ダイバークラブという意味の文字が刻み込まれていた。しかしそれらは、今日でいう飛込なのか水中に潜る遊びなのかは定かではない。」<sup>15)</sup>と書かれている。一方で、「ハワイの原住民は、およそ30mの高さから滝つぼに飛び込んでいた。」<sup>16)</sup>という記述もみられ、また、「船乗りたちも帆船のマストから海に向かって飛び込んでいたのではないか」<sup>15)</sup>という推測もされている。それらが次第に競うことに変容していったと考えることもできるが、その他にも体操競技と深い関わりのある発達史も存在する。飛込の発祥はヨーロッパで「空中アクロバットから派生したもの」<sup>17)</sup>や「ドイツやスウェーデンにおける体操からの派生も見逃すことはできない」<sup>18)</sup>、「当時体操の夏季練習は海岸で行われることが多く、つり輪やぶらんこ、跳躍台といった器具が水の上に設置された」<sup>19)</sup>などの体操競技の着地の安全な手段として水を使うことの有用性のために行われていたことがわかる。ドイツのグーツムーツやクーゲル、シュワーゲルといった体操家たちは、「これらの活動に関連した書物を著わし、そして指導をした。」<sup>18)</sup>と言われており、これらがファンシーダイビングの始まりであり、専用のプールが建設されるようになった。小林は、「飛込競技を考案し様々な型を作り出したのはドイツだとされているが、スウェーデンの器械体操選手が練習のために始めた事で注目を集めた。」<sup>8)</sup>と述べている。

競技としてのダイビングには異なるもう1つの流れがあったと言われている。それはイギリスにおいて1883(明治16)年に始まり、イギリスアマチュア水泳協会が初めて開催したプランジング選手権である。プランジング(Plunge)とは、「泳ぐためにプールサイドから水の中にただ単純に飛び込むという意味で、頭から飛び込んで顔をつけたまま動かずに1分以内にいかに遠くまで浮いたまま進めるかというもの」<sup>15)</sup>である。1904(明治37)年の第3回セントルイスオリンピックで1度だけ公式種目となった。プランジングはイギリスで1947(昭和22)年まで続けられたが、ごく一部のの人たちだけであった。

今日行われている飛込競技の最初の形と言えるのは、1889(明治22)年にスコットランドで行われたグレースフルダイビング選手権であり、そこでは約1.8mの高さからの飛込が行われた。その後、ドイツ、スウェーデンなど体操の普及していた北ヨーロッパに飛込競技が普及し発展した<sup>17)</sup>と言われている。1893(明治26)年ロンドンのハイゲードボンドに高



さ約 4.6m の飛込台が作られ、1895(明治 28)年に最初の全国グレースフルダイビング競技会が行われた。競技は男子のみで 4.6m と 10m の飛込台からのプレインダイビングであり 10m 飛込台は臨時の施設であった。1901(明治 34)年にはアマチュア・ダイビング協会が組織され、1920(大正 9)年にプレインダイビングを引き継ぐことになる。そして後にプレインダイビング選手権として知られるようになったが、1961(昭和 36)年に幕を閉じた。

### (2) 飛込競技の種目の変遷

プレインダイビングとは、「空中でさまざまなフォームをとることなく、まっすぐな姿勢を保ったまま頭から入水するダイビング」<sup>10)</sup>である。当時イギリス人は、イングリッシュヘッダー(腕も頭の上方に止めた姿勢のスタイル)と呼ばれている飛込を行っていた。これに対して、スウェーデンの選手たちはスウェディッシュスワロー(腕を真横に伸ばして保持するスタイル)で演技した。技術的にはイングリッシュヘッダーのほうが難しいのだが、美しさの点でスウェディッシュスワローのほうが常に勝利を収めていた。のちにアメリカではスウェディッシュスワローのスタイルをスワンダイブと呼ぶようになった。これらの単純なスタイルで行われていたプレインダイビングに対して、体操競技のスタイルに似た、ファンシーダイビングが生まれる。ファンシーダイビングとは、「蝦型や抱型のフォームをとりながら宙返りや捻りなどの複雑な演技を行うスタイル」<sup>10)</sup>である。スワンダイブとファンシーダイビングは、それぞれ独立して行われていた。これらは 1904(明治 37)年の第 3 回セントルイスオリンピックから共に行われるようになったが、1928(昭和 3)年の第 9 回アムステルダムオリンピックからは両種目が統一された。

### (3) 飛込競技の発展

ダイビング技術は、20 世紀初頭に急速に進歩した<sup>10)</sup>と言われている。第 3 回となる 1904(明治 37)年のセントルイスオリンピックでは、男子 10m での高飛込だけが行われた。そして 4 年後の 1908(明治 41)年の第 4 回ロンドンオリンピックでは男子 3m 飛板飛込が加わり、さらに 1912(大正元)年の第 5 回ストックホルムオリンピックで初めて女子 10m 高飛込が行われるようになった。それはプレインダイビング競技であったが、当時多くの人々は「女性がこのようなスタイルで自己を表現することに対して批判的であった」<sup>10)</sup>と述べられている。しかし、1920(大正 9)年の第 7 回アントワープオリンピックからは 3m 飛板飛込にも女子の出場が認められるようになり現在の 4 種目の基礎ができたといえる。1914(大正 3)年までは、ドイツとスウェーデンが抜群の強さを見せていたが、1920(大正 9)年の第 7 回アントワープオリンピックではアメリカが飛板飛込で全勝した。その後も、

アメリカは飛込強豪国となっていき、ほとんどのメダルを独占するようになった。この背景には、「選手やコーチの国家的な育成、およびカリフォルニアを中心とした良い施設と環境」<sup>19)</sup>であったことが挙げられている。

1926(昭和元)年にはヨーロッパ選手権 (European Swimming League)が始まり、この競技会では、ドイツが活躍した。1930(昭和5)年には British Empire and Commonwealth Games がカナダのオンタリオ州・ハミルトンでスタートし、ここではイギリスが活躍した。1951(昭和26)年にはパンアメリカン大会がアルゼンチンのブエノスアイレスで始まり、強豪国アメリカに対し、次第にメキシコやカナダがライバルとして現れてきた。その後1973(昭和48)年に世界選手権が開催し、飛込競技も規則の整理とともに国際的に普及した。1979(昭和54)年からはワールドカップも開催されるようになった。現在では多くの国際大会が開催されている。

1984(昭和59)年の第23回ロサンゼルスオリンピックでは、国内で独自の強化を行ってきた中国がメダルを獲得し、世界のトップとして今後君臨し続けていくことになる。

2000(平成12)年の第27回シドニーオリンピックでは、新たにシンクロナイズド・ダイビングが正式種目として取り入れられ、このあたりから世界のトップもだんだん変わり始めた。さらに2006(平成18)年の世界選手権メルボルン大会では、実施される演技の難易率合計の制限がなくなり、以降、小林は「選手が選択する演技の高難易率化が急速に進んでいる」<sup>20)</sup>と述べている。そして、「現在、国際大会において上位の成績を上げるためには、回転数の多い宙返りや捻りを伴った高難易率の演技を選択した上で、垂直に入水し高い評点を獲得することが求められている。」<sup>21)</sup>とも述べている。

国際的な競技力に関して、これまでのオリンピックにおけるメダル獲得者数および総獲得メダル数は、アメリカ合衆国・中国・ドイツがトップ3である。なかでも2008(平成20)年の第29回北京オリンピックで中国は、飛込競技全体で8個の金メダルのうち7個を獲得した(表1)<sup>19)</sup>。

表1 オリンピックにおけるメダル獲得者数および総獲得メダル数

		(男子)	(女子)
1位	アメリカ合衆国	46人 70個	40人 62個
2位	中国	21人 30個	15人 29個
3位	ドイツ(東ドイツ含む)	15人 15個	12人 15個

#### (4) 日本での飛込競技の普及と発展

日本において飛込競技は、「在留外国人の間では明治年代から行われていたようであり、1898(明治 31)年には横浜外国人水泳場で対抗戦を行った」<sup>16)</sup>と言われる。水泳コーチ教本では、「当時の日本人には近代的な飛込の概念はなく、日本泳法的なもので対処したと思われる」<sup>16)</sup>と書かれている。

1917(大正 6)年に東京 YMCA の室内プールで第 1 回の競技会が開かれ、1m 飛板飛込が行われた。その後、1922(大正 11)年の第 7 回全国大会に初めて飛込競技が加えられ、9 名の選手によって行われ、「これがルール通りに行われた本格的な試合の始まりである」<sup>17)</sup>と述べられている。1924(大正 13)年には大阪の茨木中学校に 5m の飛込台ができた。翌 1925(大正 14)年には東京玉川プールに国際規定による飛込台が設置され、第 2 回明治神宮大会兼日本選手権大会として本格的な競技会を開催した。その年「大日本水上競技連盟」が創立されたが、「飛込の競技規定は 1927(昭和 2)年に大日本水上競技連盟規定が制定され、これが現在使用されている飛込競技規則の基盤となっている」<sup>17)</sup>と述べられている。日本の国際水泳連盟(FINA)への加盟は、1928(昭和 3)年 8 月に「日本水上連盟」として加盟するが、「1941(昭和 16)年の第二次世界大戦の開戦で日本は除名され、1946(昭和 21)年 6 月に再び復帰し、国際水泳連盟の加盟国となる」<sup>17)</sup>と書かれている。国際大会への参加は、1928(昭和 3)年の第 9 回アムステルダムオリンピックからであり、オリンピック大会では、1936(昭和 11)年の第 11 回ベルリンオリンピックにおける柴原恒男選手の男子飛板飛込第 4 位、大澤礼子(現西沢礼子)選手の女子高飛込第 4 位の成績が、日本飛込界の頂点である。いまだにオリンピックの記録ではこの順位を上回る成績を出していない。しかし 1961(昭和 36)年のユニバーシアード大会では、金戸俊介選手、上佐忠雄選手が男子高飛込、男子飛板飛込に優勝している。さらに 1992(平成 4)年の第 25 回バルセロナオリンピックでは金戸恵太選手が男子高飛込において 64 年ぶりに 8 位入賞を果たす。翌 1996(平成 8)年の第 26 回アトランタオリンピックでは、元潤幸(現金戸幸)選手が女子飛板飛込で戦後 36 年ぶりに 6 位入賞を果たすなど徐々に活躍する選手が現れている。2000(平成 12)年の第 27 回シドニーオリンピックでは、寺内健選手が男子高飛込で 5 位、男子飛板飛込で 8 位入賞、そして翌 2001(平成 13)年に福岡で開催された世界選手権大会でも寺内健選手は男子飛板飛込で銅メダルを獲得し女子高飛込シンクロで宮寄多紀理・大槻枝美の両選手が銅メダルを獲得する。それは、初の世界大会でのメダル獲得となった。2004(平成 16)年に行われたワールドカップ大会では、女子高飛込で宮寄多紀理選手が銅メダルを獲得。直後

の第 28 回アテネオリンピックでは、男子飛板飛込で寺内健選手が 8 位に入賞。2008 年(平成 20)年の第 29 回北京オリンピックでは、中川真依選手が女子高飛込で決勝進出を果たし 11 位とメダルには届かなかったが健闘した。寺内健選手は日本水泳選手初のオリンピック 4 大会連続出場であったが、男子 3m 飛板飛込で 11 位という結果となった。2012 年(平成 24)年の第 30 回ロンドンオリンピックでは、中川真依選手が出場したが決勝進出には至らなかった。種目特性の観点からは日本人に適性の高い種目であると考えられている。日本初のメダル獲得へ向け、「選手層の開拓、指導者の充足、設備の充実、指導方針の整備等、全体的な強化システムの新たな構築」<sup>16)</sup>が求められる。

### 第 3 節 飛込競技の競技種目、構成

#### (1) 飛込競技の競技種目

飛込競技は、堅硬な固定台から踏み切って飛び込む「高飛込」と、弾力のある飛板から踏み切って飛び込む「飛板飛込」の 2 種類に大きく分けられ、競技はそれぞれ男子と女子に分かれて行われる。「高飛込」は、水面からの高さが 5m、7.5m、10m の所に設けられた固定台から行う飛込で、この高さを利用したダイナミックな演技ができるという特徴がある。「飛板飛込」は、水面からの高さが 1m、3m の所に設けられた弾力のある飛板を使用し、この弾性を巧みに利用して行う競技で、優美で力強い演技ができるという特徴がある。男子の演技種目は、「高飛込」「飛板飛込」ともにすべての群より選択された異なる 6 演技種目で構成され、女子の演技種目は、「高飛込」では異なる群より選択された異なる 5 演技種目、「飛板飛込」ではすべての群より選択された異なる 5 演技種目で構成される必要がある。

また個人種目だけでなく、2000(平成 12)年の第 27 回シドニーオリンピックからは、選手 2 人が同時に演技し、その同調性も含めて採点する「シンクロナイズド・ダイビング」が新たな種目として採用された。高さ 10m の固定台の左右から演技が行われる「シンクロナイズド 10m 高飛込」<sup>17)</sup>と、高さ 3m の 2 枚平行に並んだ飛板から演技が行われる「シンクロナイズド 3m 飛板飛込」<sup>17)</sup>である。水泳コーチ教本では、「これは 1996(平成 8)年のアトランタオリンピックを控えた時期に、その組織委員会がすべての種目に対して、テレビ視聴率向上の観点からの改善を指示したことによる成果として生まれたものである。」と述べられている。

また 2013(平成 25)年には、国際水泳連盟(Fédération Internationale de Natation :

FINA)主催の世界水泳選手権バルセロナ大会において、男子 27m、女子 20m の高さからの「ハイダイビング」が正式種目として実施され注目を集めた。他の種目は競技施設としての飛込プールで行われるが、このハイダイビングでは自然の地形を利用した場所で行われた。また、2014(平成 26)年から、新たに「チームダイビング」の種目ができた。これは「男女 1 名の組み合わせで、3m 飛板と 10m 飛込台の両方を使用し、それぞれが交互に 3 演技ずつ行ってチームの総合得点を競い合うもの」<sup>19)</sup>として位置付けられた。

## (2) 飛込競技の構成

飛込演技の構成要素は、Ⅰ：開始の姿勢とアプローチ (the starting position and the approach)、Ⅱ：踏切 (the take-off)、Ⅲ：空中演技 (the flight)、Ⅳ：入水 (the entry) の 4 局面から構成されている。ジャッジは、演技全体の印象にもとづき、0 点から 10 点までの 0.5 刻みで採点を行う(表 2)。

表 2 採点基準

完璧なもの (Excellent)	10 点
非常に良好なもの (Very good)	8.5 点～9.5 点
良好なもの (Good)	7.0 点～8.0 点
完成したもの (Satisfactory)	5.0 点～6.5 点
未完成なもの (Deficient)	2.5 点～4.5 点
失敗したもの (Unsatisfactory)	0.5 点～2.0 点
全く失敗したもの (Completely failed)	0 点

しかし、「採点は、飛込演技の最終局面であり、最も印象に残りやすい入水の成否に重視される傾向がある」<sup>19)</sup>ことが指摘され、入水は「いかなる場合にも水面に対して垂直に」<sup>19)</sup>「入水姿勢をストレートにすること」<sup>19)</sup>が基準とされている。1 本の演技得点は、ジャッジの出した評点に、実施された演技の難易率を乗じることで算出される。難易率とは、演技の難しさを表す尺度であり、空中にて行われる宙返りや捻りの回転数が多い方が高難易率となる<sup>20)</sup>。

飛込競技の演技種目には、第 1 群：前飛込(Forward)、第 2 群：後飛込(Back)、第 3 群：前逆飛込(Reverse)、第 4 群：後踏切前飛込(Inward)の 4 つがある。さらに、第 1 群から第 4 群にひねりを加えた第 5 群：捻り飛込(Twist)、高飛込のみで台の先端で逆立ちして演技を行う第 6 群：逆立飛込(Armstand)の 6 つである。

空中演技中のフォームは型とされ、アルファベットで表記される。

(A：伸び型、B：蝦型、C：抱え型、D：自由形)

#### 第4節 飛込競技の力学的知見

近年、飛込競技では高難易率の演技を選択する選手が増えてきている。演技において今までよりも多くの宙返りや捻りを行い、水面に対して垂直に入水、さらには水しぶきの少ない入水を実施することが高得点を取るうえで求められるようになった。演技がより高度になってきた現在、小林は、「選手や指導者は、飛込競技の物理的な特性、特に力学的要素について理解する必要がある。」<sup>8)</sup>と述べている。また、「離台後のダイバーの身体は、重力以外の外力はほとんど受けないため、離台後の身体重心の高さや、距離、回転速度、身体の横軸を通る重心周りの角運動量は、踏切局面に依存する。つまり、踏切局面で獲得した直線および角力積の量が離台後のダイバーの重心の高さ回転速度を決めるため、踏切局面は重要視されるべきである。」<sup>9)</sup>と述べている。踏切局面で最も求められるものは、高さのある宙返りを実施するための動作である。なぜなら、滞空時間が長くなるので、より高難易率の演技を習得できる。高さのある宙返りを実施する為には、固定台に、より大きな力を加えることである。「物体1が物体2に力を及ぼすときは、物体2は必ず物体1に対し、大きさが同じで逆向きの力を及ぼす。」<sup>24)</sup>これを運動の第3法則「作用・反作用の法則」という。つまり、選手が踏切ってから飛び出す時に受ける力は、台を下向きに踏切って押した時に生じる反作用である。高飛込の踏切の場合、この力と、重心の力の方向への移動距離をかけたものが、選手が受け取るエネルギーとなる。

$$\text{エネルギーの変化量} = \text{外からした仕事} = \text{力} \times \text{重心の移動距離}$$

選手が受け取ったエネルギーは、形を変えても一定に保たれる<sup>15)</sup>。

$$\text{高さによる位置エネルギー} = 9.8(\text{重力加速度}) \times \text{質量} \times \text{高さ}$$

以上の関係式から、高さは受け取ったエネルギーに比例することとなる<sup>16)</sup>。つまり、高く飛び上がるためには大きな力で固定台を押す、または、力を加えている間の重心の移動距離を増やす「深くしゃがみこんで、長く押し続ける」<sup>16)</sup>ことが必要となる。

1986(昭和61)年の世界選手権での Greg Louganis の映像分析<sup>13)12)14)</sup>によると、「前宙返りと後踏切前宙返りにおいては大きな力で台を押すこと(強い力で短時間:4500N~5500N、0.15秒程度)、後宙返りと前逆宙返りにおいては力を加えている間の重心の移動量を増やすこと(弱い力だが長時間:2000N~2500N、0.3秒程度)」であると報告されている。

また、高さのある宙返りを行うための踏切は、台にぶつかる危険性のない、安全な演技を実施するためにも大切である。運動の第1法則「慣性の法則」<sup>24)</sup>より、「物体は、力の作用を受けないかぎり、静止の状態、あるいは一直線上の一様な運動をそのまま続ける。」という性質がある。重力や空気抵抗のない宇宙空間では、一定の速度をもった物体は一直線上を同じ速度でいつまでも動くこととなる。一方で、地球上では踏切局面後の台から離れた空中にいる選手の身体は、重力という外力が働く(空気抵抗による力は無視できると考えてよい)ため、鉛直方向には等加速度運動を行い、水平方向には等速度運動を行う。つまり、飛び出す瞬間の鉛直方向と水平方向の速度ベクトルにより、宙返りの高さ、台からの距離が決まる。水泳コーチ教本でも「水平方向の速度ベクトルが等しく、鉛直方向の速度ベクトルが異なる場合の踏切を考えてみると、鉛直成分の速度ベクトルが大きい演技の方が、放物線の頂点はプラットフォームの先端よりも離れていく。」<sup>19)</sup>と述べられている。つまり、高さのある宙返りができるということは、台にぶつかる危険性の少ない安全な演技を実施できるということでもある。

踏切局面後の台から離れた選手の身体重心は、角運動量保存の法則<sup>24)</sup>により空中演技中の角運動量は一定になる。角運動量とは、

$$\text{角運動量} = \text{慣性モーメント} \times \text{角速度 (回転速度)}$$

慣性モーメントは、同じ質量の物質でも、回転軸から遠くにあれば慣性モーメントは大きく、回転軸から近くにあれば慣性モーメントは小さくなる<sup>16)</sup>。慣性モーメントを関係式で表すと次のようになる。

$$\text{慣性モーメント} = \text{質量} \times (\text{回転軸からの距離})^2$$

慣性モーメントは質量よりも回転軸からの距離に大きく影響され、回転軸からの距離が2倍になれば、慣性モーメントは4倍になる<sup>16)</sup>。飛込競技の演技における姿勢は、伸び型よりも蝦型の方が、さらに蝦型よりも抱え型の方が身体重心周りの慣性モーメントを小さくする事ができ、大きな身体重心周りの角速度を獲得できる為、回転しやすいのである。1996(平成8)年アトランタオリンピックの映像分析<sup>11)</sup>によると、「トップ選手でも前に回転する時より後に回転する時のほうが体を小さく締めにくく、10~20%も慣性モーメントが大きくなってしまう」と報告されている。

## 第5節 体操競技の本質的特性および競技特性

### (1) 体操競技の本質的特性

体操の源流は Friedrich Ludwig John(1778-1852)によって提唱されたドイツ体操(Deutsches Turnen)に始まる。当時、ドイツはナポレオンの支配の下にあり、退廃的ムードの中、若者に身体運動によって力と勇気喚起させようとして誕生したものであり、時代的な背景があった。この体操は、鉄棒や平行棒やあん馬などの器械を利用した運動(Turnen)であり、運動自体が出来栄を競えるものであり、同時に結果として、身体的能力を高めることになる。現在はオリンピック大会の主要な種目として多くの人々に愛好されている<sup>4)</sup>。

体操競技は日常生活では見られない動き、すなわち、2足歩行の直立動物である人間が「倒立」や「宙返り」をしたりするという、風変わりな驚異性をもった運動形態が見られる。金子はこれを体操競技の特性のひとつとして「非日常的驚異性」<sup>4)</sup>としている。

陸上競技や競泳におけるフォームは手段としてのフォームであり、その運動形態が風変わりなものであっても、その動きが今までの記録を上回る成果が出ない限り無意味なことであると述べている。これは、根本的に評定競技と測定競技の違いを表している。体操競技における運動形態は記録を出すために行うものではなく、動きそのものが目的として要求されるのであって運動形態が「非日常的驚異性」を求め、評価を受けるのである。しかし、「非日常的驚異性」だけに傾斜したならば、それはサーカスや曲芸であって、体操競技の求める方向性ではない。

そこで、金子は体操競技の特性としてさらに「姿勢的簡潔性」の重要性を指摘しており、「伸ばされた膝は曲げられた膝よりも簡潔であり、つま先を伸ばすことは脚の線を切らずに延長できるので同様に簡潔である。また、身体を直角に保った脚前挙支持は背中を丸め、膝を曲げた脚前挙支持よりもはるかにすっきりしており、われわれの心を引きつけるものであると考えられる。」<sup>4)</sup>と述べている。

この「非日常的驚異性」と「姿勢的簡潔性」が体操競技の本質的特性であり、すなわち、「難しさ」と「美しさ」の志向が相互に関連しながら体操競技の運動特性を形作っていると言える。

## (2) 体操競技の競技特性

スポーツはその競技特性により、4つに大別することができる。①測定競技系スポーツ(陸上競技・競泳・重量挙げなど)、②評定競技系スポーツ(体操競技・フィギュアスケート・新体操)、③判定競技系スポーツ「球技」(サッカー・バレーボール・野球など)、④判定競技系スポーツ「格闘技」(柔道・レスリング・ボクシングなど)である<sup>4)</sup>。



体操競技は評定競技系スポーツであり、単なる運動の結果ではなく、定められた規則により、行われた動きそのものを評価するスポーツである。すなわち、運動経過の良否や動きの質を判定して演技の優劣を競う競技特性を有する<sup>4)</sup>。

そして、演技の採点尺度は、採点規則で詳細に定められており、何を(技)、どのように構成したかという演技の価値と、どのように行ったのかと言う演技実施の出来栄が採点されることになる。そのため、選手は難度の高い技を構成することにより、演技の価値を高め、動きの雄大さや優雅さ、さらに技の習熟による安定性を重視し、身体を十分に支配した演技の実施を遂行しなければならない<sup>4)</sup>。

## 第6節 技の技術

### (1) 技の技術

Meinelによれば、スポーツにおける運動技術とは「ある一定のスポーツの課題をもっともよく解決していくために、実践のなかで発生し、検証された仕方」<sup>4)</sup>である。このことは、飛込競技や体操競技における技の技術と直結するものであり、金子は「ある技における技術はその技の課題を解決するための合理的客観的な仕方であり、その限りにおいてこそその技術は技術たりうる」<sup>4)</sup>と述べている。ただし、ここでいう合理的な仕方とは、運動課題の解決に合目的的であるとした上で成り立たなければならない。したがって、金子が述べるように「技の運動形態的構成要素を破壊してしまうような技術は、如何に合理的な、経済的な解決法であっても、その技の技術にはならない」<sup>4)</sup>のである。

### (2) 技の技術研究

技術トレーニングが主体となる飛込競技や体操競技にとって、技の技術に関する研究は重要な研究領域の1つである。また、その方法として「動きのかたち」を主題に印象分析から運動徴表を把握するモルフォロジー的研究や、動作を定量的に分析し運動の客観的法則性を見出すバイオメカニクス的研究がその中心的役割を担っている。しかし、両者はその理論や認識する対象の相違から、対立した議論が交わされる場合がある。特に、モルフォロジー的研究はバイオメカニクス的研究ほど客観的な概念を用いることが少ないために、敬遠される傾向にあるのが現状である<sup>4) 19)</sup>。しかし、より実践的内容となる研究方法であることから、指導現場においては高い評価を得ている。

双方の研究方法は、着目する視点の相違から、導き出される技の技術も異なってくる。例えば、佐野ら<sup>19)</sup>は鉄棒の「け上がり」を研究題材にし、双方の研究方法を用いてその技

術を考察している。その結果、バイオメカニクスの考察では、腰の曲げ伸ばし動作が「け上がり」の有効な上昇回転を獲得する上で最も有力な技術因子である<sup>19)</sup>としている。一方、モルフォロギー的考察では、鉄棒に身体を近寄せることが重要であり、振れ戻りに同調して肩角を急速に減少させる機能が本質的な技術因子である<sup>19)</sup>と結論づけている。さらに、この2つの結論の比較から「技は単にモデル化されて力学的な法則性から説明された場合、その原理的な説明は可能となるが、現象の本質はなかなか掴みにくくなる」<sup>19)</sup>と述べ、人間の運動と物体の運動の違いを認識した上で技術研究を行うことの重要性を示唆している。また、佐野は「運動技術の研究では、運動の量的特性を探ることよりも、実践家の全体的・直観的なことばで語るべき運動形態そのものを対象として、運動の構造特性や運動徴表の意味を解釈していくことの方が最初に解決されるべき問題なのである」<sup>20)</sup>と述べ、運動技術を抽象的な物理法則ではなく、具体的な運動の仕方として考察することの重要性を示唆している。ただし、身体の角度変化や重心移動の速度といった量的測定に高い価値があることもまた事実であり、「量的データは、連続図などを利用した運動モルフォロギー的説明の補足のために活用される場合に限れば、運動経過の一層深い理解を可能にする資料となりうる」<sup>20)</sup>と述べている。

## 第7節 スポーツ運動の質的把握

### (1) 運動記述

Meinelによれば、運動質とは「すぐれた協調を示すスポーツ運動の経過に特徴的に現われてくる本質的な諸運動徴表」<sup>9)</sup>である。それらは極めて捉えにくく、はっきりと表すことが難しいが、実践においては大きな意義が寄せられている。特に、飛込競技や体操競技など、運動経過の出来栄が評価される採点(評定)競技においては、常に追求されていく目標となるものである。

運動を把握しようとする際、その量的諸徴表が「どれだけ」という問いに対応する事物のあり方を示すのに対して、運動質は「どのように」という問いに対応する事物のあり方を示す<sup>9)</sup>。また、その内容を合理的に把握していく第一歩は言語によって記述することである。ここでは、単に運動を写し取るだけではなく、同時に運動経過のある特徴を浮き彫りにし、説明することが重要となる。しかし、どれだけ正確に運動経過を記述しようとしても不完全さは免れないものである。加えて、その運動を全く知らない人にとっては、運動を言語で表されても、はっきりした像は浮かばない。そこで、写真や図解、身振りなど

の助けを借りることが効果的となる。

## (2) カテゴリーによる把握

Meinel<sup>9)</sup>は、運動質を把握するための基礎として「運動の局面構造」「運動リズム」「運動伝導」「運動流動」「運動の弾性」「運動の先取り」「運動の正確さ」「運動の調和」という8つのカテゴリーを提唱している。これらは、運動経過の中から最も重要な特徴を分解し、その徴表と固有性を客観的に表すものであり、実践においてでは運動を訓練し評価する時の指針となるものである。ここで、Meinelは運動研究におけるカテゴリーの意義について「運動を認識するにあたって、この諸カテゴリーの重大な意義は多言を要しないのであるが、カテゴリーというものの助けを借りてこそ、膨大な数にのぼる個別なるものをほとんど一望に収めてとらえることができるのである」<sup>9)</sup>と述べている。

Meinelによれば、「多くの運動の経過における具体的な、特殊な個別性というものは、いわば、本質的なもののなかへ“姿を変えて溶け込んでいる”」<sup>9)</sup>のであり、それらのカテゴリーによって把握することは「具体的なものから抽象的なものへ、個別から一般への思惟的把握のひとつの前進」<sup>9)</sup>を意味する。ここでは、運動経過における本質的な徴表と非本質的な徴表を区別するが、その判断基準は解決すべき運動課題によって異なってくる。したがって、カテゴリーは「無作意に徴表を反映するのではなくて、スポーツの運動課題をできるだけ最善の解決にもちこめる本質的な諸徴表を表わすことになる」<sup>9)</sup>のである。また、細部にわたる運動分析においては、頭や腕や脚などの部分的運動が区別されるが、常に運動全体との関連性ということを念頭に置かなければならない。

## (3) スポーツ運動系の諸原理

スポーツ運動は、スポーツを行う人間とその環境との積極的な対峙の中で発展してきており、そこには極めて明白なある傾向を認めることができる。すなわち、多くの選手や指導者たちは極めて合理的な方法で問題に取り組み、成し遂げようと努力してきたのである。運動学においては、この客観的に示される傾向を「原理」と呼び、特に「合目的性の原理」と「経済性の原理」の2つに分けられている<sup>9)</sup>。

「合目的性の原理」とは、目的となる運動課題が解決されたか否かを知らうとするものである。その判断は「努力する目標と、適切な運動を通してそれが実現されたこととを比較すること」<sup>9)</sup>によってのみ決定される。合目的性の原理は運動の結果を表しているのである。一方、「経済性の原理」とは、運動を遂行する時のエネルギー消費の節約性を表しており、「最大の達成が最小の力で実現されるようにそこにある力を使わなければならない」

⑨ということの意味している。したがって、スポーツ運動はたとえ経済的でなくても合目的に行うことが可能であるが、合目的かつ経済的な運動は、長い時間を要する運動経過において特に大きな役割を果たすのである。

## 第8節 運動質を把握するためのカテゴリー

### (1) 運動の局面構造

「構造」という概念は、「全体のひとつの意味あるまとまりとしての分節」<sup>⑩</sup>を表すものである。様々な分野において多く使用されている。例として挙げれば、建築学や機械工学である。建築物の骨組みや機械の組み立てなどの基礎的な内部の仕組みが「構造」として捉えられる。この場合、対象を実体のある具体的な者として形態的に理解することが構造的把握の特徴となるが、人間の運動は「可視的に確認でき、変化の連続としてとらえることのできるそのときかぎりの一過性の現象」<sup>⑪</sup>であり、建築物のように実体が存在するわけではない。したがって、運動構造を把握するためには、その運動現象を成立させている基本的要因を機能的に理解することが特徴となる。ここで、Meinelは「“運動構造”は単に空間的な分節だけでなく、時間的、力動的な分節も同時に意味することになる」<sup>⑫</sup>と述べ、一定の諸局面に区別された運動経過の空間・時間的分節を「局面構造」、力動・時間的分節を「運動リズム」としている。

運動には、「非循環運動」「循環運動」「運動組合せ」という3つの運動形式が認められる。非循環運動とは、跳ぶ・投げる・けしがりをするなど、1回の経過で完結する運動である。一方、循環運動とは、歩く・自転車をこぐ・ボートを漕ぐなど、同種の動作が反復的に繰り返される運動であり、主に移動系の運動がこれに属する。そして、運動組合せとは、野球の捕球・投球の結合や体操競技の技の連続など、異なる運動形態を連続して行う運動である。

Meinel<sup>⑬</sup>によれば、どんな非循環運動でも共通して「準備局面」「主要局面」「終末局面」の3つの分節が認められる。準備局面とは、次の主要局面へ効果的に移行するための局面であり、運動課題の達成に極めて決定的な役割を果たしている。また、主要局面とは運動課題を直接に解決する局面である。そして、終末局面とは主要局面から運動の平衡状態や静止状態へ移行する局面である。対して、循環運動には「主要局面」「中間局面」という2つの分節が認められる。中間局面とは、終末局面と準備局面が融合することによって成立する局面であり、この現象は局面融合と呼ばれている。すなわち、循環運動では終末局面

が同時に準備局面を示すのである。この局面融合は、運動組合せにおいても同義であり、2つの独立した運動をスムーズに結合させる役割を果たしている。

上記の局面構造は、どのような場合にも認められるものではなく、よく協調された熟練者の実施において最も顕著に認められるものである。したがって、運動を習得する初期段階では準備局面の欠落や、スムーズな局面の移行ができない場合が多くみられる。また、各局面は相互に影響し合っているため、1つの局面における運動の変化は、他の局面における運動にも変化を及ぼすことになる。

## (2) 運動リズム

運動リズムとは、運動経過の力動・時間的分節であり、緊張と解緊の交替と理解される。このことは、運動経過においての力の入れ方の配分を表しており、視覚・聴覚・運動感覚を通してはっきりと捉えられる現象であり、熟練者の実施では緊張と解緊の間のスムーズな移行がよく観察できる。しかし、初心者の実施では、この緊張と解緊の交替が不完全にしか現れない場合が多い。ただし、このことは運動リズムがないわけではなく、Meinelによれば「ある力動的分節、一定の緊張交替はそこにも存在しているのであり、ただ不完全にしか現われてなく、運動課題にまだもっともよく適合してはいないというだけ」<sup>9)</sup>なのである。

運動リズムとなる緊張と解緊の交替は、同時に筋系・神経系の活動と休息を意味している。この交替がリズムカルでない場合、身体は早く疲労することになる。また、緊張状態が長く続く場合や、力の消費が大きい場合は、解緊への移行がより困難となる。これらのことから、Meinelは「運動リズムの意義はすべてのスポーツ運動において、神経系や筋系の経済的な活動のしかたを保証するということにある」<sup>9)</sup>と述べている。

## (3) 運動伝導

運動経過を詳しく観察すると、全ての四肢や関節にある一定運動の順序が認められる。Meinelは、この現象を運動伝導と名づけ「運動の経過形態において知覚できる個々の体部分ないし関節の運動順次性」<sup>9)</sup>と定義している。運動伝導は、主な形態として「胴体から四肢への伝導」と「四肢から胴体への伝導」の2つに大きく別れる。さらに、胴体から四肢への伝導は「胴体から腕への伝導」「胴体から脚への伝導」「胴体から頭部への伝導」に区別され、四肢から胴体への伝導は「腕から胴体への伝導」「脚から胴体への伝導」「頭部から胴体への伝導(頭部の操縦機能)」に区別される。ここで、Meinelは「頭部から胴体に向っての本来の運動伝導と頭部による姿勢の操縦はきわめて密接に結びついている」<sup>9)</sup>と

述べ、これらの現象を頭部の操縦機能として特別に区別している。

運動伝導は、物理的には運動エネルギーの伝導を意味し、生理学的には要求される成果に対するより有効な筋群の準備を意味するものである。これらの点で胴体の運動には特別な意義が認められている。すなわち、胴体は他の身体部分に比べて最も大きな質量をもち、腹筋や背筋などの強い筋群が集中していることから、多くの運動において中心的な役割を果たすのである。したがって、大抵のスポーツ運動の成否は胴体操作が正しく行われているかどうかにかかっている。ただし、胴体操作が直接に運動課題を解決するわけではなく、運動が四肢に伝わることによって間接的に効果を現すのである。さらに、Meinel<sup>9)</sup>は多様な胴体操作の理解を明確にするために、その形態を「上下の胴体操作」「水平の胴体操作」「胴体の(長体軸)回転」「ねじり動作」「胴体の反り」の5つに区別している。

#### (4) 運動流動

運動流動とは、運動経過が途切れることなく流れるように行われることであり、それは空間的・時間的・力動的に運動が展開される中に表れてくる。すなわち、すぐれた運動流動は、空間的には「かど」がない曲線的な動きであること、時間的には速度変化が徐々に移り変わっていくこと、力動的には緊張と解緊が流れるように移行することを示すのである。これらの徴表は、それぞれ空間的・時間的・力動的な過程にのみ表れるのではなく、運動経過の中で同時に確認される。また、運動流動は他の諸徴表と密接に結びつき、それらをより明確に浮き彫りにする。ここで、Meinel は運動流動と運動リズムの違いを示し、「すべてのリズムカルな経過が流動的であるのはいうまでもないけれども、すべての流動的な移り変わりがリズムカルな特徴を示すとは限らないのである」<sup>9)</sup>と述べている。

多くの場合、準備局面における導入動作は、主要局面へのスムーズな移行に不可欠な筋の緊張をつくりだしている。したがって、その時間的経過の中で停滞や休止が起こると、筋系の最適な予備緊張が十分に利用されず、運動はスムーズさのない角張ったものになってしまう。このことは、余分なエネルギー消費や身体の疲労に繋がるため、非合目的かつ非経済的である。

#### (5) 運動の先取り

人間の行為は、どんな場合でもその行為の目的が先立って決まっておき、それは多少の差こそあれ本人の意識にのぼっているものである。スポーツ運動においては、その運動の目的が先取りされることによって、先行する運動の形態がモルフォロギー的に変容する。Meinel は、この現象を運動の先取りと名づけ「先取りというのは、次につづく運動課題を

めざして先行する運動局面あるいは運動経過全体がモルフォロギー的に同調を示すことである」<sup>9)</sup>と述べている。このような変容は運動の全体構造の中にはっきりと現れる。特に、組合せ運動系がスムーズな場合、先取りは最も基本的な特徴となる。ここで、Meinel は「どんな準備局面にでも主要局面の先取りが存在している」<sup>9)</sup>と述べている。

運動の先取りは、一般に運動投企の先取りと結びついている。すなわち、実施者は先に起こり得る運動を自分が行っているものとして「心的に体験」するのである。このことは、複雑な連続運動をスムーズに行う上で特に重要となる。また、運動投企の先取りは実施者の運動経験や運動技能に左右され、訓練を重ねることによってその正確さが増していく。ただし、早過ぎる先取りや遅過ぎる先取りは合目的ではなく、意識的に先取りを訓練する場合には、運動反応のタイミングに注意しなければならない。

### 第9節 運動の習熟位相

新たな運動が発生し形作られていく過程には、逆戻りできない段階的な順序や発達を示す3つの位相があり、Meinel<sup>9)</sup>はこれらを「運動の粗協調」「運動の精協調」「運動の安定化」と意義づけている。

運動の粗協調は、大ざっぱで欠点が多いものの、新たな運動が基礎図式として習得されたことを示している。一般に、新たな運動を初めて行おうとする者は「できない」という大きな問題にぶつかることになるが、様々な助けを借りながら回数を積み重ねていくことによって、その運動は突然成功する。ただし、この段階における実施者の運動感覚はまだ漠然としたものであり、その運動を遂行するだけで精一杯の状態にある。

運動の精協調は、「意識をもった学習ないし練習段階」<sup>9)</sup>である。習得された運動は、様々な手段や方法を通じて改善され、経済性や合目的性などが洗練されていく。この段階では、指導者の意図的な修正や、実施者自身の意識的な修正が加わることによって、運動の巧みさや安定性が増し、感覚の定着が進んでいくことになる。すなわち、粗形態であった運動が人為的に改善され、精形態に至るのである。

運動の安定化は、習熟・熟練段階である。習得され、洗練された運動は、反復練習を通して自動化され、より正確かつ流動的なものとなっていく。この段階では、運動の定着と安定化に重点が置かれ、その運動はさらなる洗練化によって最高精形態へと発展していく。また、定着し安定化された運動は、外的・内的環境の条件変化にも適応できるようになり、遂行中の突発的な障害に対しても適切に対応できるようになる。ただし、完全に習熟し、

自動化された運動であっても、全く無意識に行われているわけではなく、金子らによれば「運動に対して意識の負担が軽減され、しかも必要な場合にはいつでもそれを再び呼び戻せるようになること」<sup>9)</sup>を示すのである。

## 第10節 モルフォロギー的研究方法

### (1) 運動モルフォロギー

モルフォロギーの源流は、「眼の人」といわれた Johann Wolfgang von Goethe による生物学上の命名(1817)に遡る。Goethe は「生きもののかたちを生き生きと生成しつつあるものとして、そのままの姿かたちのなかにとらえ、目に見え、手で触れられる、その外なる部分部分を不可分のまとまりと理解し、それを内部の反映として受け止め、こうして、その全体を直観においてとらえたい」<sup>10)</sup>という衝動から、生きものの形態(かたち)を、たえまなく揺れ動き、生まれ変わり続ける中に捉えようとする学問的な理論に対し、モルフォロギーと名づけたのである。

ここでいう直観とは、対象の全体を現象学的に認識するための方法であり、「目に映じたままの自然を具体的な姿においてとらえよう」<sup>11)</sup>とするものである。したがって、直観は近代的な精密科学の方法とは対極の位置にある、いわば「見る科学」といえる方法論なのである。また、Goethe は直観の重要性についても「ものをただ眺めているだけでは、われわれは少しも先に進むことができない。熟視(Ansehen)は観察(Betrachten)へ、観察は思考(Sinnen)へ、思考は統合(Verknüpfen)へとかならずや移行するものであって、だから世界を注意深く眺めているだけで、われわれはすでに理論化を行っていると言っていることができる」<sup>12)</sup>と述べ、そこに極めて高い価値を置いている。

Goethe によって創始されたモルフォロギーは、オランダの現象学者である Frederik Jacobus Johannes Buytendijk によって人間の運動研究に導入され、運動モルフォロギーという新たな運動理論が提唱された。そして、運動モルフォロギーは旧東ドイツの Meinel によってスポーツの運動研究に導入され、指導現場に貢献できる実践的な方法論として成立していくことになる。ここで、Meinel は「運動モルフォロギーは、スポーツにかかわる動きの<かたち>の発生や絶えざる変容について把握しようとするもので、すなわち目に見える運動、それらの大ざっぱな動きの<かたち>から技術的な完成に至るまでの漸進的な発達のみについて見るものであり、またそれらの徴表や特性を規定することでそれらを特徴づけ認識しようとする学問領域である。スポーツ運動のモルフォロギーはそれゆえ、



スポーツ運動の〈かたち〉の理論といえるものである」<sup>10)</sup>と述べている。さらに、Meinel はスポーツ運動を捉える方法として「自己観察」<sup>9)</sup>と「他者観察」<sup>9)</sup>の2つの観察方法を挙げ、スポーツ運動の質的な判断のための基準として、運動質のカテゴリー論を展開している。

Meinel によれば、運動モルフォロジーは運動を研究していく際に「まず取りかからなければならない第一の段階」<sup>9)</sup>であり、その対象は「現実を与えられたスポーツ運動の現象」<sup>9)</sup>である。また、それは映画(ビデオ)によって客観化され、つかのまの印象分析の中に隠されている事実や徴表や関係を確認することが可能となる。ここでは、空時・力動構造、運動の流動、運動の弾性など、一般に分析的研究が避けてしまう運動の徴表や固有性が捉えられ、直接に目に訴えられる運動形態の把握と記述が前景に立てられる。加えて、モルフォロジー的運動分析では、正確な測定や数量的把握がなされる場合があるが、これらはモルフォロジー的に確認されたことを保証し、検証するのに必要な時だけである。

## (2) 自己観察

自己観察は、内観ないし内省とも呼ばれ、自己の意識体験を自ら観察することを意味している。ここでは、「学習者が自己のいまの運動を内から反省し、身体各部を知覚できたか、四肢の動作は思いどおりに操作されたかといった部分的なことはもとより、さらにその全体の連関構造を内から把握すること」<sup>9)</sup>が求められる。また、それらは運動性分析器の助けによって知覚することが可能となる。運動分析器は、ロシアの生理学者である Ivan Petrovich Pavlov によって導入された概念であり、筋肉・腱・関節内にある受容器から、運動感覚や平衡感覚など内的な体験情報を得る役割を果たしている。ただし、運動性分析器によって知覚された情報が直ちに自己観察となるわけではなく、その感じ取られた内容が言語によって表現されることが不可欠となる。すなわち、自己観察は知覚された感覚情報が言語によって捉えられる時に初めて成立するのである。

しかし、自己観察の内容は学習者の内容は学習者の主観的報告であり、感覚的錯覚を全く取り除くことができないということから、その正確さや信頼性に疑問が投げかけられることも少なくない。このことについては、Meinel も「自己観察の研究方法はたしかに完全な信頼をうるというわけにはゆかない」<sup>9)</sup>と述べているが、結局のところ、自己観察以外に自分の運動の意識体験を把握する方法がなく、その不十分な要素も映画(ビデオ)などの客観的手段によって補うことが可能である。また、試合などにより精神が緊張状態にある場合を除き、運動の熟練者は極めて正確な運動経過の体験残像をもつものである。これら

のことから、Meinel は「スポーツ運動を本質的に完全に把握しようとする者はそれを自ら行なってみなければなるまい」<sup>9)</sup>と述べ、自己観察を運動モルフォロジー的研究方法の中核として位置づけている。

### (3) 他者観察

他者観察は、視覚・聴覚・触覚を通して他者や自分の運動を、あるいは視覚機器を用いて収集された他者や自分の運動を、客観的な「対象」として外から観察することを意味している。ここでは、一回性現象の克服、速いスピードの運動経過の克服、大きな運動空間をもつ運動経過の克服、同時性の克服などを可能にするために、映画撮影や VTR 撮影によって映像を客観的に保存し、スローにして見たり、必要に応じて計測したりする場合がある。

他者観察において最も重要なことは、運動経過の中に本質的な運動徴表を「見抜く」ことであり、そのためには印象分析を止しく行える状態にあることが前提となる。印象分析とは、運動現象の中に現れる諸徴表を捉え、さらに精密な分析研究のための仮説を導き出す重要な手段である。また、それは実際に行われている運動や、映像として再生されている運動を直接目で観察することによって行われる。

印象分析の信頼性は、観察者の専門的知識や言語的把握能力を前提条件として、運動観察能力や運動共感能力など多くの要因に左右される。運動共感とは、運動を単に目で追うだけでなく、その運動に参加する全ての骨格筋に同時に現れる刺激伝達によって他者の運動覚を自分のものとして感じ取ることである。この現象はカーペンター効果としても知られており、運動を見抜く力(Blick für die Bewegung)と並んで訓練すべき能力であると言われている。

## 第 11 節 飛込競技の踏切局面における身体動作の先行研究

水泳コーチ教本で後踏切前飛群の踏切動作は、「ジャンプの前の上下の動きの間に、ダイバーの重心は前にも後ろにも動かずに母趾球の上にバランスを安定させておかなければならない。」<sup>10)</sup>と述べられている。

Hamill は、「空中で必要とされる角運動量は踏切局面に依存する。そのため、回転数を増加させることで、踏切局面の全身の角運動量が増加する。」<sup>9)</sup>と述べている。

Miller は、「ダイバーの身体重心の高さおよび、踏切台との身体の距離は、離台直後の垂直速度、水平速度で決まる。」<sup>10)</sup>と述べている。そして、「回転数の増加に伴い身体の傾

きが生じるが、この傾きが角運動量の増加に直接寄与しない。」<sup>11)</sup>と述べている。

これらの先行研究では度々、動作は二次元を想定しての分析であったが、回転数増加に伴う踏切局面の身体の動作は重要視されるべきであるにも関わらず、正確でより詳細な三次元に基づく動作の分析がほとんど行われていないのが現状である。三次元における動作のメカニズムの理解を深める事が出来れば、体操競技から飛込競技へトランスファーする上で、また指導上有益な情報を得る事が出来ると考えられる。さらに過去の飛込競技の文献は、ほとんどが競技会における映像となり、正確なキャリブレーションおよびマーキングを行えていない。その為、必ずしも正確な情報を提供しているとは言えないのも事実である。

正確なキャリブレーション、マーキングを行った上で三次元動作分析を行い、体操競技選手、飛込競技選手、体操競技から飛込競技へトランスファーした選手を比較し、身体動作のメカニズムを明らかにする事で、信頼性のある新たな知見を得ることができ、今後の体操競技から飛込競技へトランスファーする選手に貢献することができる。

### 第3章 研究目的

体操競技から飛込競技へトランスファーする際、二つの競技で実施される運動形態の多くは密接に類似している。しかし、「後踏切前飛込」は体操競技において実施される事はほとんどなく、習得に時間を要する。そこで本研究は「後踏切前飛込」の技群である「後踏切前宙返り(402C)」の比較考察を通し、技術的解明を目的とする。技術的解明をすることにより、体操競技から飛込競技へトランスファーする選手に貢献できるものと考えられる。

## 第4章 研究方法

### 第1節 被験者

被験者は、飛込競技者5名、体操競技者5名、体操競技から飛込競技へトランスファーした競技者1名を選出した。飛込競技歴10年以上の被験者を飛込競技被験者、体操競技歴10年以上の被験者を体操競技被験者とした。また体操競技から飛込競技へトランスファーした被験者をトランスファー被験者とした。実験に先立ち、被験者には本実験の概要を文章および口頭にて十分に説明し、書面にて実験参加の同意を得た。なお、本研究は順天堂大学大学院スポーツ健康科学研究科倫理委員会の許可(院 27-28)を受けた上で実施した。実験時における被験者の基本データは以下に示す通りである(表3・4・5)。

表3 被験者データ (飛込競技)

被験者	年齢(歳)	身長(cm)	体重(kg)	競技歴(年)
被験者 A	26	155	56	16
被験者 B	23	160	62	17
被験者 C	22	166	63	16
被験者 D	20	171	68	15
被験者 E	20	178	63	14

表4 被験者データ (体操競技)

被験者	年齢(歳)	身長(cm)	体重(kg)	競技歴(年)
被験者 F	24	165	58	17
被験者 G	23	171	68	15
被験者 H	24	168	59	18
被験者 I	22	167	58	16
被験者 J	23	168	62	17

表5 被験者データ (トランスファー)

被験者	年齢(歳)	身長(cm)	体重(kg)	競技歴(年)
被験者 K	24	162	53	体操競技 15 飛込競技 2

## 第2節 実験方法

踏切位置を基準として、被験者の向きに対し横方向から 1 台のデジタルビデオカメラ (EXILIM,FX-FH25,CASIO 社製)を用いて、フレームレート 60fps、シャッタースピード 1/640sec にて撮影した。また、その周囲に三次元動作解析システム(VICON NEXUS : 以下 VICON とする)の専用赤外線カメラを 8 台設置し、サンプリングレート 250Hz にて撮影した。さらに、LED 型シンクロナイザ(PH-106,DHK 社製)を用いて、デジタルビデオカメラ 1 台の映像と VICON のデータを同期化した。

運動経過の観察および考察は主として、デジタルビデオカメラ 1 台の映像を基に作成した局面図によって行い、VICON は角度計測の資料を作成するために用いた。

実験時における実験場面は以下の通りである(図 1・2)。

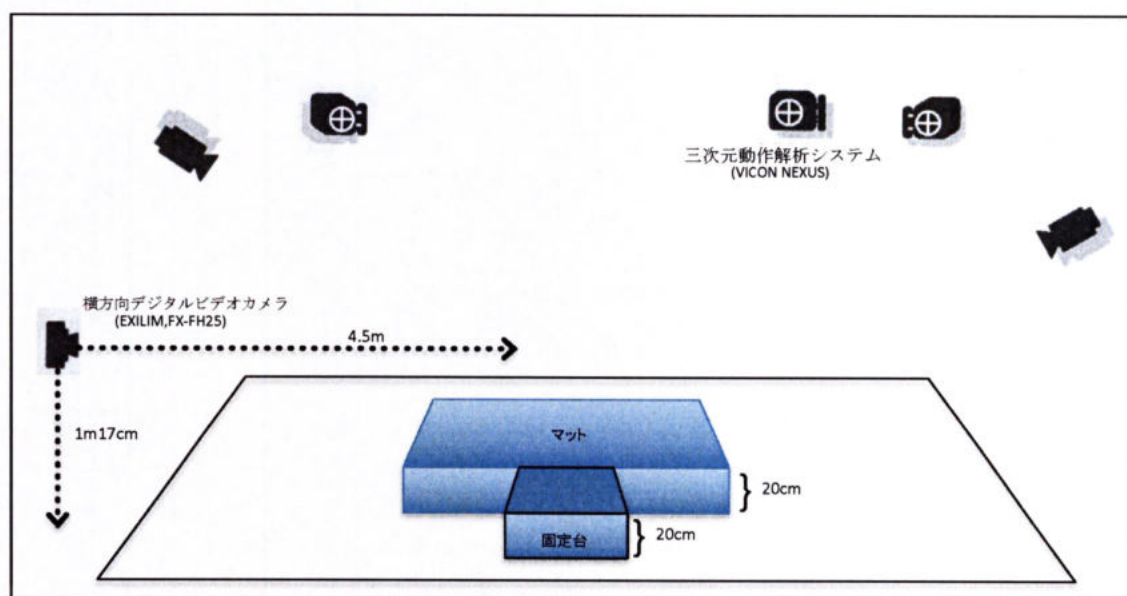


図 1 実験場面模式図

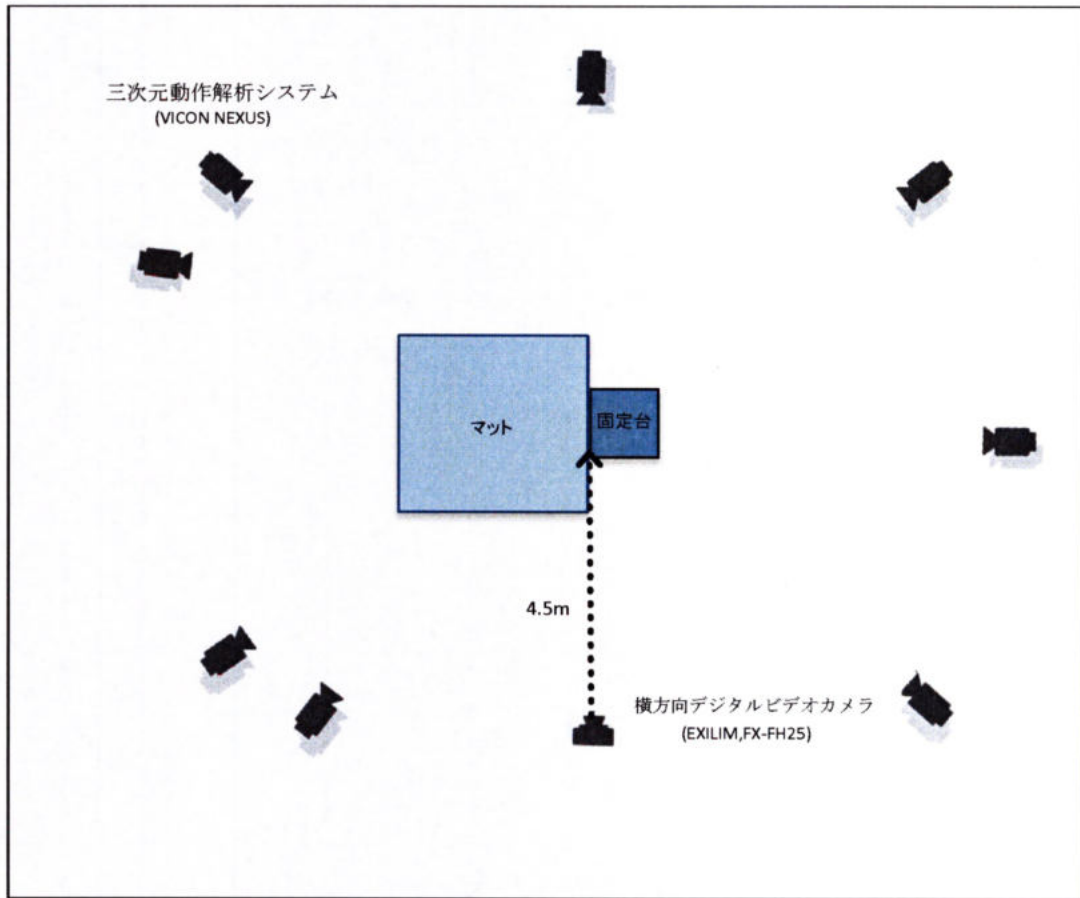


図2 実験場面模式図(上方向から見た場合)

被験者には、水泳用のパンツとキャップを着用させ、直径 14mm の球状反射マーカを Plug-In-Gait Model に準じた身体分析点 37 ヶ所に貼付した(図 3)。

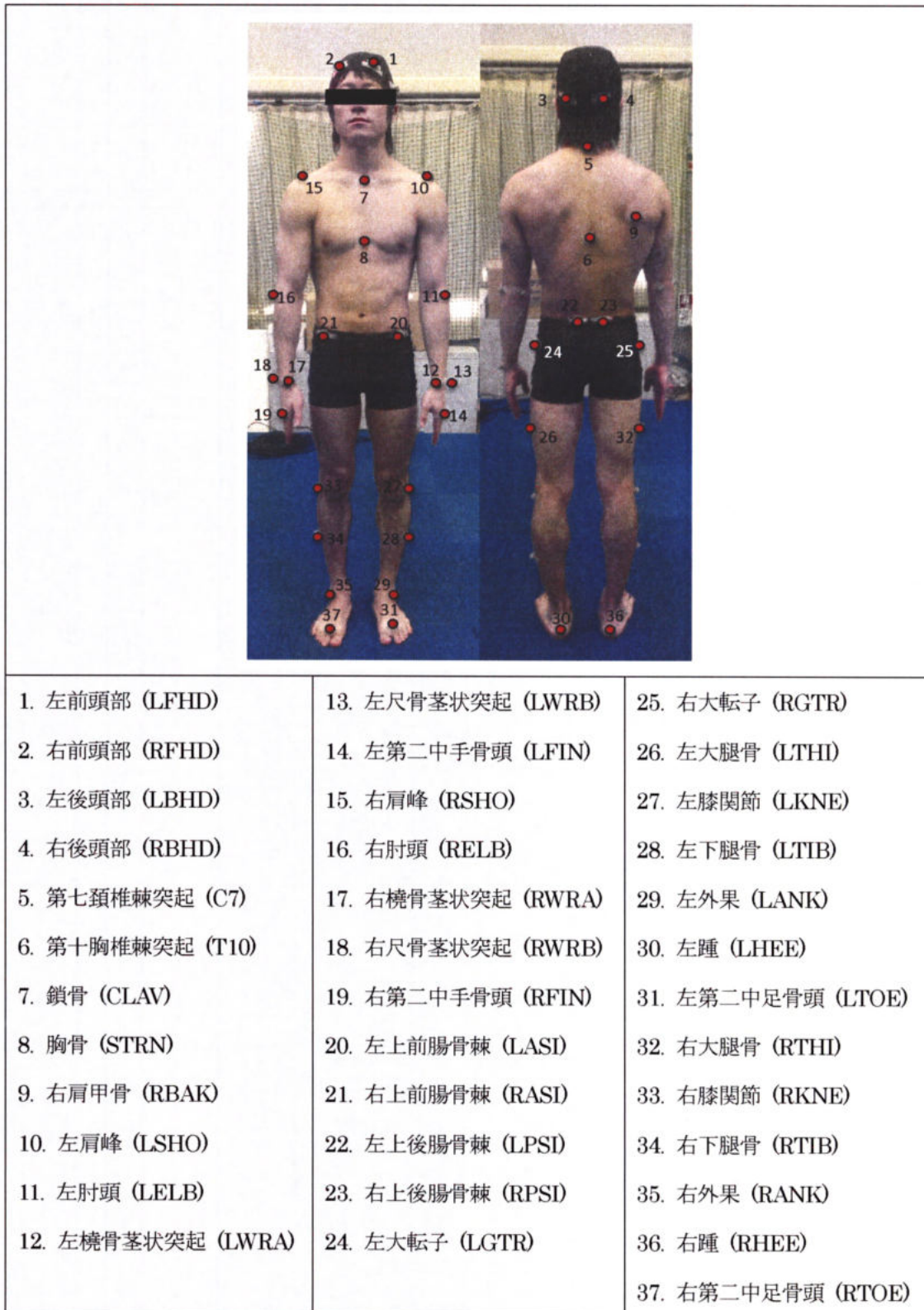


図 3 身体マーカ貼付位置



実験構成の詳細は以下に示す通りである(表 6)。カメラの配置は、被験者をできるだけ大きく撮影するための位置に設定した。

表 6 実験構成

実験場所	順天堂大学さくらキャンパス バイオメカニクス実験室	
実験日時	第1回：平成 27 年 10 月 19 日 (月) 11:00~15:00 第2回：平成 27 年 11 月 2 日 (月) 11:00~14:00	
カメラ設定	周囲	三次元動作解析システム：VICON NEXUS 専用赤外線カメラ：8 台設置 サンプリングレート：250Hz LED 型シンクロナイザ：PH-106,DHK 社製
	横方向	デジタルビデオカメラ：EXILIM,FX-FH25,CASIO 社製 固定台からの距離：4.5m 床面からの高さ：1m17cm フレームレート：60fps シャッタースピード：1/640sec

### 第 3 節 実験課題および原資料の決定

被験者には、「後踏切前宙返り」の試技を 1 人 6 回、本人の最もやりやすい方法で実施させ、実験後に書面にて自己観察報告を行った。また自己観察報告より、被験者本人が最も良いと感じた試技を原資料とした。

### 第 4 節 考察方法

動作分析および考察資料をもとに踏切局面における足関節最大背屈位時の上体傾斜、股関節、膝関節、足関節角度について運動学的・キネマティクスの考察を行った。

### 第 5 節 動作分析および考察資料

#### (1) 動作の分析方法

動作の分析は、VICON によって記録された身体マーカーの位置を基に、三次元座標データを算出して行った。なお、分析に用いた座標点は、右肩峰・左肩峰・右大転子・左大転子・右膝関節・左膝関節・右外果・左外果・右第二中足骨頭・左第二中足骨頭の計 10

点であった。

関節角度定義は、空間ベクトルの内積より算出した。上体傾斜角度は、大転子を中心とした仮想の垂線と、肩峰と大転子を結んだ線のなす角度とした。股関節角度は、大転子と肩峰を結んだ線と、大転子と膝関節を結んだ線とがなす角度とした。膝関節角度は、膝関節と大転子を結んだ線と、膝関節と外果を結んだ線とがなす角度とした。足関節角度は、外果と膝関節を結んだ線と、外果と第二中足骨頭を結んだ線とがなす角度とした。

### (2) 上体傾斜角度

大転子を中心とした仮想の垂線と、肩峰と大転子を結んだ線のなす角度をここでは上体傾斜角度とし、計測した(図 4)。



図 4 上体傾斜角度測定模式図

### (3) 股関節角度

大転子と肩峰を結んだ線と、大転子と膝関節を結んだ線とがなす角度をここでは股関節角度とし、計測した(図 5)。



図 5 股関節角度測定模式図

#### (4) 膝関節角度

膝関節と大転子を結んだ線と、膝関節と外果を結んだ線とがなす角度をここでは膝関節角度とし、計測した(図 6)。



図 6 膝関節角度測定模式図

#### (5) 足関節角度

外果と膝関節を結んだ線と、外果と第二中足骨頭を結んだ線とがなす角度をここでは足関節角度とし、計測した(図 7)。



図 7 足関節角度測定模式図