

博士（人間科学）学位論文

ゴルフスイングの動作分析とゴルフ
プレイヤーの身体特性に関する研究

Studies on Movement Analysis of Golf Swing
and Physical Characteristics of Golf Player

2004年1月

早稲田大学大学院 人間科学研究科

川島一明

Kawashima, Kazuaki

目 次

| | |
|-------------------------------|----|
| 第 1 章 はじめに | 1 |
| 第 1 節 本研究の目的 | 1 |
| 第 2 節 本論文の構成 | 3 |
| 第 2 章 スイング中の足の動作解析 | 6 |
| 第 1 節 はじめに | 6 |
| 第 2 節 足圧中心移動軌跡からみたスイングの検討 | 7 |
| 2.1 目的 | |
| 2.2 方法 | |
| 2.3 結果 | |
| 2.4 考察 | |
| 2.5 まとめ | |
| 第 3 節 左右の足底力からみたスイングの検討 | 21 |
| 3.1 目的 | |
| 3.2 方法 | |
| 3.3 結果 | |
| 3.4 考察 | |
| 3.5 まとめ | |
| 第 4 節 本章のまとめ | 35 |
| 第 3 章 スイング中の手・指の動作解析 | 38 |
| 第 1 節 はじめに | 38 |
| 第 2 節 スイングにおける各手指の応力と加速度曲線の検討 | 39 |
| 2.1 目的 | |
| 2.2 方法 | |
| 2.3 結果 | |
| 2.4 考察 | |
| 2.5 まとめ | |
| 第 3 節 スイングにおける手関節運動の検討 | 55 |
| 3.1 目的 | |
| 3.2 方法 | |

| | | |
|---|------------------------------------|-----|
| 3.3 | 結果 | |
| 3.4 | 考察 | |
| 3.5 | まとめ | |
| 第4節 | 本章のまとめ | 67 |
| 第4章 スイング中の呼吸運動と関連筋および眼球運動についての検討 69 | | |
| 第1節 | はじめに | 69 |
| 第2節 | スイングにおける呼吸相のパターンと関連筋の検討 | 70 |
| 2.1 | 目的 | |
| 2.2 | 方法 | |
| 2.3 | 結果 | |
| 2.4 | 考察 | |
| 2.5 | まとめ | |
| 第3節 | スイングにおける眼球運動の検討 | 83 |
| 3.1 | 目的 | |
| 3.2 | 方法 | |
| 3.3 | 結果 | |
| 3.4 | 考察 | |
| 3.5 | まとめ | |
| 第4節 | 本章のまとめ | 100 |
| 第5章 スイング中における身体の動きとクラブシャフトの動的物理特性の検討 103 | | |
| 第1節 | はじめに | 103 |
| 第2節 | スイングにおけるクラブと身体の動作について | 104 |
| 2.1 | 目的 | |
| 2.2 | 方法 | |
| 2.3 | 結果 | |
| 2.4 | 考察 | |
| 2.5 | まとめ | |
| 第3節 | スイングにおける男女のクラブシャフトの撓みとスイングパターンについて | 115 |
| 3.1 | 目的 | |
| 3.2 | 方法 | |

| | | |
|-----|-------------------------------|-----|
| 3.3 | 結果 | |
| 3.4 | 考察 | |
| 3.5 | まとめ | |
| 第4節 | 本章のまとめ | 129 |
| | | |
| 第6章 | ゴルフプレーヤーの身体特性とスポーツ障害についての検討 | 131 |
| | | |
| 第1節 | はじめに | 131 |
| 第2節 | 日本人男子ゴルフプレーヤーの身体特性について | 132 |
| 2.1 | 目的 | |
| 2.2 | 方法 | |
| 2.3 | 結果 | |
| 2.4 | 考察 | |
| 2.5 | まとめ | |
| 第3節 | 日本人女子ゴルフプレーヤーの身体特性について | 147 |
| 3.1 | 目的 | |
| 3.2 | 方法 | |
| 3.3 | 結果 | |
| 3.4 | 考察 | |
| 3.5 | まとめ | |
| 第4節 | ゴルフプレーヤーのスポーツ障害の実態について | 161 |
| 4.1 | 目的 | |
| 4.2 | 方法 | |
| 4.3 | 結果 | |
| 4.4 | 考察 | |
| 4.5 | まとめ | |
| 第5節 | 本章のまとめ | 177 |
| | | |
| 第7章 | まとめと結論 | 180 |
| | | |
| 第1節 | 本研究のまとめ | 180 |
| 1.1 | スイングの足の動作解析 | |
| 1.2 | スイング中の手・指の動作解析 | |
| 1.3 | スイング中の呼吸運動関連筋および眼球の変化についての検討 | |
| 1.4 | スイング中の身体の動きとクラブシャフトの動的物理特性の検討 | |
| 1.5 | ゴルフプレーヤーの身体特性と障害についての検討 | |

| | |
|----------------|-----|
| 1.6 全体のまとめ | |
| 第2節 結論 | 185 |
| 引用文献 | 186 |
| 関連論文・著書，関連口頭発表 | 204 |
| 研究業績 | 215 |
| 謝辞 | 241 |

第1章 はじめに

第1節 本研究の目的

ゴルフというスポーツは、日本に入ってきて約100年が経とうとしている。当初は一部の人によって行われていたが、今日では約一千万人もの人たちが愛好するスポーツとなっている(井上,1989)。ゴルフ愛好者の頂点にはプロフェッショナルプレーヤーの活躍があり、また多くの若者が将来プロとしてプレーすることを夢見ながら日々練習に励んでいる。現在日本で行われている多数のスポーツの中でも、ゴルフは最もポピュラーで、しかも競技レベルの高いスポーツの一つであると言っても過言ではない。安全で楽しく健康的なプレーや、パワフルで正確なショットでのプレーなどには、実践分野での進歩・発展とともに研究分野からのバックアップが重要となるが、これまでゴルフに関する研究は必ずしも十分なされているとは言えない。

現在、日本ゴルフ学会においては、人間科学関係分野、身体・技能関係分野、経済・法律・経営学分野、施設・環境関係分野の4研究分野が設けられている(片岡,1999)。しかし、いろいろの研究分野の中でも、従来は動作学的方法による技術に関する研究が中心になっており(Carlsoo,1967; Nagaoら,1977; Richardsら,1985; 北川ら,1991)、プレーする人、すなわちプレーヤーの身体を対象とした研究は非常に少ない。これはゴルフというスポーツでの技術発揮における身体的能力の重要性に対する認識がまだ十分でないことを物語っている(Bale,1986; Heath-Carter,

1990).このようなプレーヤーの身体的能力に対する認識の低さは、ゴルフでは誰もが比較的静かにマイペースで行えるプレースタイルに起因するのではないかと推測される。したがって、従来のゴルフ界におけるこのような一般的認識からいって、たとえ専門的にプレーしているゴルフ選手といえども、技術的にも体格・体力的にも多様なプレーヤーが存在しても不思議ではないと思われる。

ゴルフの基本は、静止している小さなボールを、小さなヘッドのクラブによってできるだけ正確なところに打つということである。プレーヤーはそのために日々スイングを繰り返し練習に励み、約3秒間のスイング動作中に自分の集中力を高めようとする。確かにゴルフでは技術要因の占める割合は大きい。しかし、正確で素早いクラブのスイングメカニズムを生み出すのは他ならないプレーヤー自身の身体であり、身体の微妙な姿勢や動作が重要となる。さらにはその機能を発揮するためのプレーヤーの体格・体型という形態的側面やスポーツにはつきものの障害という側面も関連を有することになる。

本研究では、ゴルフのプレーヤーに関連する基礎的なデータを収集・分析してゴルフ研究の発展に寄与したいと考え、クラブシャフトの動特性やゴルフスイング中の生体機能変化、更にはゴルフプレーヤーの身体特性や障害などに関する実験・調査からゴルフを取巻く問題を多角的・総合的に分析・検討した。

第 2 節 本論文の構成

本論文は第 1 章から第 6 章までの合計 5 章から構成され，以下に次章からの主要な内容について述べる．

第 2 章では，スイング中の足の役割について論じる．まずスイング運動は二足直立し，脊柱を垂直軸として長軸回転運動で行われている．そこで，フォースプレート上でスイングを行わせ，その時の力学的な結果（足圧中心移動軌跡，力量）を実測により検討する．次いでスイング中の両足底にかかる力の違いを実測により観察し，力の変化について検討する．

第 3 章では，ゴルフはクラブを握って打つ運動であるため，特に人体とクラブの一体化が必要である．そのために，本章において，各手指の力を調べるために実験を行い，スイング中の指先の微妙な力を検討する．そして，クラブを旨く振るためには手指と一体化している手関節の変化が大事である．そこで，手首にゴニオメータを貼付して，スイング中の手首の動きを調べ，スイングのパフォーマンスとの関係を検討する．

第 4 章では，ゴルフは正確にボールを飛ばし，より遠くにボールを飛ばすスポーツである．そこには，人体の身体機能を活発にさせクラブを振らなければならない．そのために，スイング中の呼吸と眼の動きがスイングに影響されるのではないかと考えることを考え，スイング中の良いタイミングを探求することについて検討する．

第 5 章では，スイング中のクラブの動きと身体各部位の動きを映像に捉え，その後，軌跡図にして分析する．さらに，男女のスイング中におけるクラブの物理特性について，熟練ゴルフプレーヤーと

初心者ゴルフプレーヤーを比較してシャフトの動的力変化を検討する。その後スイング中におけるシャフトのリサージュ図形の変化を物理的に検討する。

第6章では男女ゴルフプレーヤーを対象に生体計測を行い、体格、体組成およびソマトタイプを男女のプロゴルフプレーヤー、男女の大学ゴルフプレーヤー、男女の一般ゴルフプレーヤー、男子の大学同好会ゴルフプレーヤー、女子の高校、女子の中学ゴルフプレーヤーと対照群とを比較し検討する。次いで、ゴルフを行うことによって発生する障害について、男女のプロゴルフプレーヤー、男女の大学ゴルフプレーヤー、男女の一般ゴルフプレーヤー、男女の高校ゴルフプレーヤーおよび男女の中学ゴルフプレーヤーに対して質問紙法による調査から、データを分析し検討する。

なお、本研究を行うために参加していただいた被験者に対しては実験の概要を事前に説明し、その後承諾を得た。また実験に際しては、被験者の人権と安全性を十分に守り行った。

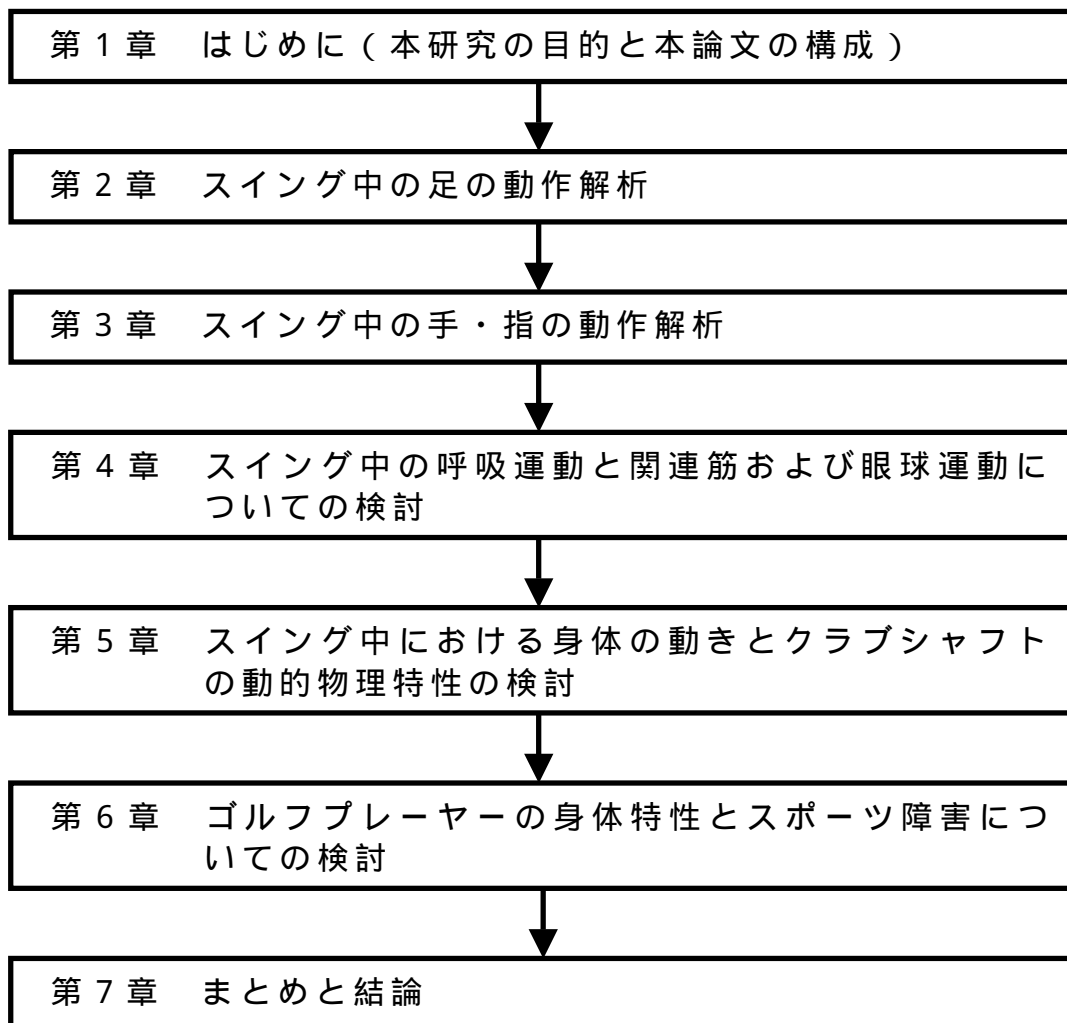


図 1 - 1 論文の構成

第2章 スイング中の足の動作解析

第1節 はじめに

ゴルフは静止しているボールを身体各部のテコの応用により打つ運動であるが、プレーヤーは人間の身体の構造上、2足で直立していることが基本姿勢となっている。身体運動学的にとらえてみたとき、特にゴルフの構え方として、スタンス(スクエア、オープン、クローズ)を作り打つ方法をとっている。すなわち、人の身体重心の効率かつ有効な動きを行うことにより、運動力学的効果(Whip-like Action)をうまなくてはならない。そこでスイング中の身体重心の変化を観察することにより、効率が良く、適正な動きができることを確認し、実証するとともに、また矯正することの必要性も考えられる。Carlsoo(1967)やRichardsら(1985)はフォースプレートを使用してスイング中の床反力を測定し、左右足裏にかかる力を検討している。また、足底圧の研究実験で最近、足底圧分布測定器(力センサーシート、Big MAT(Tek-Scan, Inc., USA, F-SCAN, ニッタ社製))が開発されたが、これは鉛直分力測定において、実際の鉛直分力との間で誤差が生じる定性的な測定であり、ゴルフスイングのような瞬時に行われる動作には不向きである(今石ら, 1997)。

したがって、本研究では以前のフォースプレートから見た床反力の研究をより詳細に定量的に見るため、本章前半ではスイング中の足裏にかかる力、足圧中心移動軌跡を力学的(最大床反力、軌跡移動面積、軌跡平均移動速度、最大軌跡振幅距離値)について分析し

検討する。本章後半では、ゴルフスイングにおけるフォースプレートからみたキネティックな研究を発展させる観点から、ゴルフシューズにゴルフスイングに関係ある両足の6支点の力を調べるために、6個の特殊小型ロードセル(100N, 12mm)をインナーブーツに挿入し、スイング中の6支点の力の力学的な作用の変化を分析し、正しいスイング動作を検討することを目的とした。

第2節 足圧中心移動軌跡からみたスイングの検討

2.1 目的

ゴルフスイングの分析の中で、フォースプレートを使用してスイングを調べることはゴルフ動作における足圧中心移動軌跡(身体の重心点を2足圧から抽出する方法)により、その運動の大きさ、速さ、方向などをバイオメカニカルな観点から調べることが出来る。ゴルフスイングにおける体重移動とは、足圧中心移動と呼ぶのが正しいと思われる。すなわち、スイングを行う際の足圧中心移動軌跡が大きく動揺していると言っても過言ではない。一般的に身体の動揺は身体重心線(重心線)の動きをフォースプレートから検出する研究方法として採用されている。松井(1958)は、運動を身体の重心からみたとき、人体の運動様式を力学的に解析している。その場合に、必ず直面する問題は、人体に及ぼす重心の影響についてである。その際に簡易な方法で、人体の各部に及ぼす重力および、その重力の合成点である重心を知り、この位置を指示することができる

ことが、好ましいと述べている。すなわちゴルフスイングを分析するためにはフォースプレート上でスイング動作を行わせることによりスイング全体の力の総和が軌跡としてあらわれ、またスイングの大きさ、重心線の速度、方向などが明らかになる。

これまでのゴルフスイング中の足圧に関する研究は少ないが Carlsoo (1967), Richards ら (1985) は、スイング中の左右の足にかかる力についてフォースプレートを使用した結果、トップ時で右足に加重がかかり、インパクトでは、左足に大きく加重され、そしてフィニッシュでは左足内側に加重され移動していたことを明らかにしている。これらはスイング中の左右にかかる各局面の最大床反力値を比較しているにすぎなかった。次いで西園らは (1986)、ゴルフプレーヤー被験者に左右の2台のフォースプレートを利用してスイングを行わせた床反力の測定を行った結果、熟練者は前後、左右方向への重心移動は相対的に小さいと述べている。Barrentine ら (1994) は熟練度の違うゴルフプレーヤーを対象としてフォースプレートからスイングをバイオメカニクスの的に床反力を調べたところ、最大垂直分力はダウンスイング時に発揮されることを明らかにした。

さらに米国のゴルフ教育の先覚者である Cottrell (1990) は人体に大きな捻れを作るスイングより、体重移動を行う方法は自然なスイングであると報告しているが、これらは VTR からスイングをみて、定性的に言っているにすぎない。

特に Carlsoo (1967), 西園ら (1986), Barrentine ら (1994) のスイング中における床反力の研究は、2台のフォースプレートから左右床反力の定性的な分析であり、足圧中心移動軌跡の定量的な分

析までに至っていなかった。すなわち、スイングを発展させるための厳密な示唆は伺い知ることが出来なかった。

そこで本研究は、上記に述べた研究を発展させ、より定量的に力量を出力するためにゴルフスイングが出来る大型のフォースプレート(115×115cm)を作成し、実験を企画した。すなわち、スイング中の各局面の最大床反力値に加えて、足圧中心移動軌跡の全体の距離、平均速度、軌跡の面積等を調べると同時にスイングを高速度16mmカメラで撮影し、最大ヘッド速度、最大ボール速度を計算した。そのフィルムを映像分析しスティックピクチャと軌跡の分析を行い、キネティックス及びキネマティックスな観点から検討することを研究目的とした。

2. 2 方法

被験者はゴルフ経験年数が6～10年の某大学ゴルフ部の男子選手で、全日本選手クラスの入賞者4名で右打ちの者である。

実験は実験室内にネットを設置して行った。図1から被験者はフォースプレート(115×115cm、固有振動数100Hz、KEISOKU製)の台にスタンスをとり、ドライバー(#1)を使用してティアップしているボールを実打させた。実打の試技条件は、被験者に任意のスタンスをとり、10回の試打ストレートボールを打つように指示した。実験の条件では、打撃されたボールの方向、打点等を目視により確認し、打撃された時のクラブヘッドの最大速度時のデータを分析した。スイング動作中(約3秒間)における身体動揺の測定についてはフォースプレートから動歪み計(6G01型、日本電気三栄製)を通し、AD変換器(ADC-116AS型、共和電業製)でサンプリング周波

表 1 被験者の形態と経歴

| Item Subj. | Age (yrs.) | Standing height (cm) | Body weight (kg) | Foot distance (cm) | Stance (deg.(r) (l)) | | Career (yrs.) | HDCP |
|---------------|---------------|-------------------------|---------------------|-----------------------|-------------------------|----|------------------|------|
| W.D | 21 | 177 | 65.1 | 25 | 10 | 30 | 8 | 4 |
| K.M | 21 | 182 | 82.1 | 25 | 10 | 30 | 6 | 0 |
| N.Y | 22 | 171 | 59.1 | 25 | 10 | 30 | 6 | 0 |
| K.Y | 20 | 174 | 66.6 | 25 | 10 | 30 | 8 | 2 |
| Mean | 21.0 | 176 | 68.2 | 25 | 10 | 30 | 7 | 1.5 |
| SD | 0.7 | 4 | 8.4 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1.6 |

数 200Hz (5ms) で入力した。フォースプレート上で、実打を行った結果、垂直線上の X 軸、Y 軸、Z 軸上の最大振幅距離値、移動距離値、軌跡平均移動速度、軌道移動面積、スイング中の最大床反力を出力させた。またボールとクラブヘッドのインパクト（衝撃点）はフォトセンサー（応答特性 1 ms, EC3 型, 立石電機製）を光電増幅器（EC3 型, 立石電機製）を通じて記録計に同期させた。その後

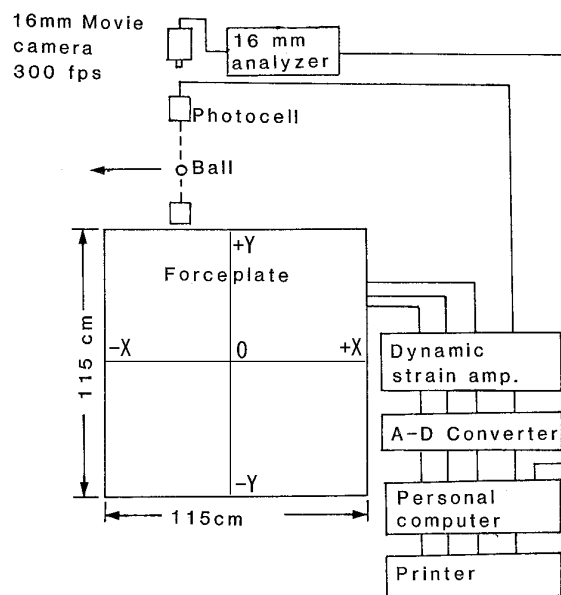


図 1 実験概要図

足圧中心移動軌跡をコンピュータ（PC9801F2 型，日本電気製）のゴルフスイング動作分析プログラム（ゴルフスイング動作プログラム，共和電業製）を使用して処理させスティックピクチャを描かせた。また同時にこれらのゴルフスイング動作は，高速度 16mm 撮影機（E-10 型，Nac 製）を使用し，正面から 300FPS 速度で，映像記録した。フィルム速度を較正するために 100Hz のパルス信号をフィルム面に入力し時間較正を行った。撮影されたフィルムは 16mm モーションアナライザー（Nac 製）からデジタイザ（DPI 型，Graphtec 製）を通し，X，Y 座標をコンピュータ（PC9801F2 型，日本電気製）によって処理させスイング時における各局面（アドレス，バックスイング，トップ，ダウンスイング，インパクト，フィニッシュ）を求め，プリンタ（PC201 型，日本電気製）で時間経過に従ってスティックピクチャを描かせた。

2 . 3 結果

表 1 には男子 4 名の身体的な特性，運動歴，ハンディキャップ（HDCP）そして実験時におけるスタンスの足の角度（Target foot - 左足（l），Back foot - 右足（r），以下左足，右足という）と被験者の形態と経歴を示した。特に被験者には足圧中心移動を軌跡として捉えるため，被験者の足長（ $25.0 \pm 0.0\text{cm}$ ）が類似しているものを選び，スタンス角度（左足角度，右足角度）を一定にして測定した。表 2 には 4 名の男子ゴルフプレーヤーにおけるドライバー実打時の足圧中心移動軌跡の X 軸，Y 軸方向最大振幅距離値，最大移動距離値，平均移動速度値，移動面積値，Z 軸方向（下方への力）の最大床反力値，最低床反力値，およびクラブヘッド最大速度値，ボール

最大速度値等を示した。

4 被験者のゴルフスイングにおいて，X 軸の平均値は $422.7 \pm 85.4\text{mm}$ ，Y 軸で $138.9 \pm 29.9\text{mm}$ であり，特に被験者 W.D は X 軸 413.5mm ，Y 軸 95.7mm で Y 軸の移動が少なかった。他の 3 被験者は平均値に近い値を得た。

表 2 スイング中の足圧中心移動軌跡の測定結果

| Item Subj. | X axis (mm) | Y axis (mm) | Move distance (mm) | Ave. velocity (mm/s) | Move area (cm^2) | Ave. V force (kgw) (%) | | Max.V force (kgw) (%) | | Min.V force (kgw) (%) | | Head velocity (m/s) | Ball velocity (m/s) |
|---------------|-------------------|-------------------|--------------------------|----------------------------|-----------------------------------|------------------------------|------|-----------------------------|-------|-----------------------------|------|---------------------------|---------------------------|
| W.D | 413.5 | 95.7 | 2425.2 | 808.4 | 397.4 | 65.1 | 6.8 | 101.2 | 155.5 | 49.0 | 75.4 | 44.4 | 64.2 |
| K.M | 399.8 | 140.6 | 2411.4 | 803.8 | 562.1 | 82.1 | 10.9 | 129.7 | 158.2 | 39.5 | 48.1 | 43.5 | 59.9 |
| N.Y | 320.3 | 138.9 | 2917.4 | 972.4 | 444.9 | 59.1 | 7.0 | 105.7 | 178.9 | 39.2 | 66.4 | 44.3 | 62.0 |
| K.Y | 557.3 | 180.4 | 2975.5 | 991.8 | 1005.3 | 66.6 | 5.8 | 98.5 | 147.5 | 47.3 | 71.0 | 44.8 | 64.1 |
| Mean | 422.7 | 138.9 | 2682.4 | 894.1 | 602.4 | 68.2 | 7.6 | 108.7 | 160.1 | 43.7 | 65.2 | 44.2 | 62.5 |
| SD | 85.4 | 29.9 | 264.9 | 88.2 | 240.1 | 8.4 | 1.9 | 11.0 | 11.4 | 4.4 | 10.3 | 0.4 | 1.7 |

ゴルフスイング中の軌跡の移動距離の 4 被験者の平均値は $2682.4 \pm 264.9\text{mm}$ であり，被験者 W.D (2425.2mm)，被験者 K.M (2411.4mm) が平均値より少なく，被験者 N.Y (2917.4mm)，被験者 K.Y (2975.5mm) が平均値より大きな移動距離を示した。

スイング中の軌跡の 4 被験者の平均移動速度の平均は $894.1 \pm 88.2\text{mm/s}$ であり，被験者 N.Y，被験者 K.Y (それぞれ 972.4mm/s ， 991.8mm/s)，被験者 W.D，被験者 K.M が，それぞれ 808.4mm/s ， 803.8mm/s より若干速い速度で移動していった。

スイング中における足圧中心移動軌跡に囲まれた面積をみたとき，4 被験者の平均値が $602.4 \pm 240.1\text{cm}^2$ であったが，特に被験者 K.Y は 1005.3cm^2 で 3 被験者を大幅に上回った軌跡移動面積を示した。

スイング中の床反力の4被験者の平均値は 68.2 ± 8.4 kgw であり、このときの最大床反力の平均値は $160.1 \pm 11.4\%$ であり、 $147.5 \sim 178.9\%$ の範囲内を示した。4被験者のスイング時の最大クラブヘッド速度の平均値は 44.2 ± 0.4 m/s であり、このときの最大ボール速度は 62.5 ± 1.7 m/s を示した。すなわちボール速度はクラブヘッドの約 1.4 倍をあらわした。

図2は、被験者4名にティーショットを行わせた時の足圧中心移動軌跡図を示した。図3はティーショットをした時のコンピュータで分析したスティックピクチャ(頭頂部、左右肩甲部、左右腰部、左右前膝部、左右足先部、左右前肘部、左右踵部、そしてクラブヘッド)をあらわした。図2の足跡は、被験者が実際に重心計測装置上にスタンスを取った位置をコンピュータに入力して足の輪郭を出力したものであり、図中の1はAddress、3はTop、6はDown swing、11はImpact、14はFinishを示している。

図2から示されている1から3のアドレスからトップまでの足圧中心移動軌跡についてみたとき、被験者W.D、被験者K.Yは右足中央部内側まで移動しているのがみられたが、被験者N.Y、被験者K.Mにはその移動軌跡は示されなかった。被験者N.Yの軌跡は、右足の中央部まで動いていたが、他の被験者W.D、被験者K.Mおよび被験者K.Yは、足幅中央部より右足側に移動しているのが観察された。また、11のインパクトでは被験者K.Y以外は左足内側で打撃しているのに対し、被験者K.Yは左足の外側で打撃していた。

2. 4 考察

ゴルフスイングは、二足で立って上体を前傾させた状態で身体を

回転させ、クラブを振る運動である。つまり、身体の重心の有効な働きを行うことにより、運動力学的な効果（Whip-like Action, 鞭作用, 金子, 1990）を生むことにある。このゴルフスイング中の身体重心の変化を観察することにより、適正な動きが出来ているスイングであることを確認し、また場合によってはスイングを矯正する必要性があると考えられる。

各被験者のスティックピクチャからバックスイングをみたとき、被験者 N.Y は腕とクラブが屈曲しない（一体化）方法をしているが、他の被験者である W.D, K.Y, K.M は、手首の屈曲を利用した挙げ方と思われる。4 被験者のスイングをスティックピクチャから腰部、膝、頭部から観察すると次のようになる。

図 3 からみた腰の線をバックスイングからみたとき、被験者 N.Y は他の 3 被験者より前屈であって、腰の回転が多く、ダウンスイングは腰の線が飛球線に向かって、徐々に押し出すように移動していた。そしてフィニッシュは左足の外側まで移動していたが、他の被験者 K.M, 被験者 K.Y の腰の回転はトップで約 90°まで回転させ、インパクトでは身体の正面で打っていた。そしてフィニッシュでは左足の外側まで移動していた。腰の線は正面に向いていて、インパクトになってもほぼ正面で打っていたように伺えた。フィニッシュになって打撃方向に大きく移動させていた。

頭の位置は、4 被験者共にバックスイングからトップにかけ上昇し、ダウンスイングからインパクトでは下降し、その後、フォロースルーでまた上昇していた。

膝の動きについてみたとき被験者 K.M, 被験者 N.Y, 被験者 K.Y はトップ時（6）で左膝は良く曲がり、その後左膝を進行方向に押

し出すようにインパクトを作って、フィニッシュで大きく Target 方向に押し出していた。被験者 W.D はアドレス(1)からトップ(6)まで膝は少ない移動であり、その後インパクト(11)でもほとんど変化なく、フィニッシュ(14)では膝の曲がりを大きくしていた。Dawkins (1978) は経験的な立場から、スイング中の両膝につ

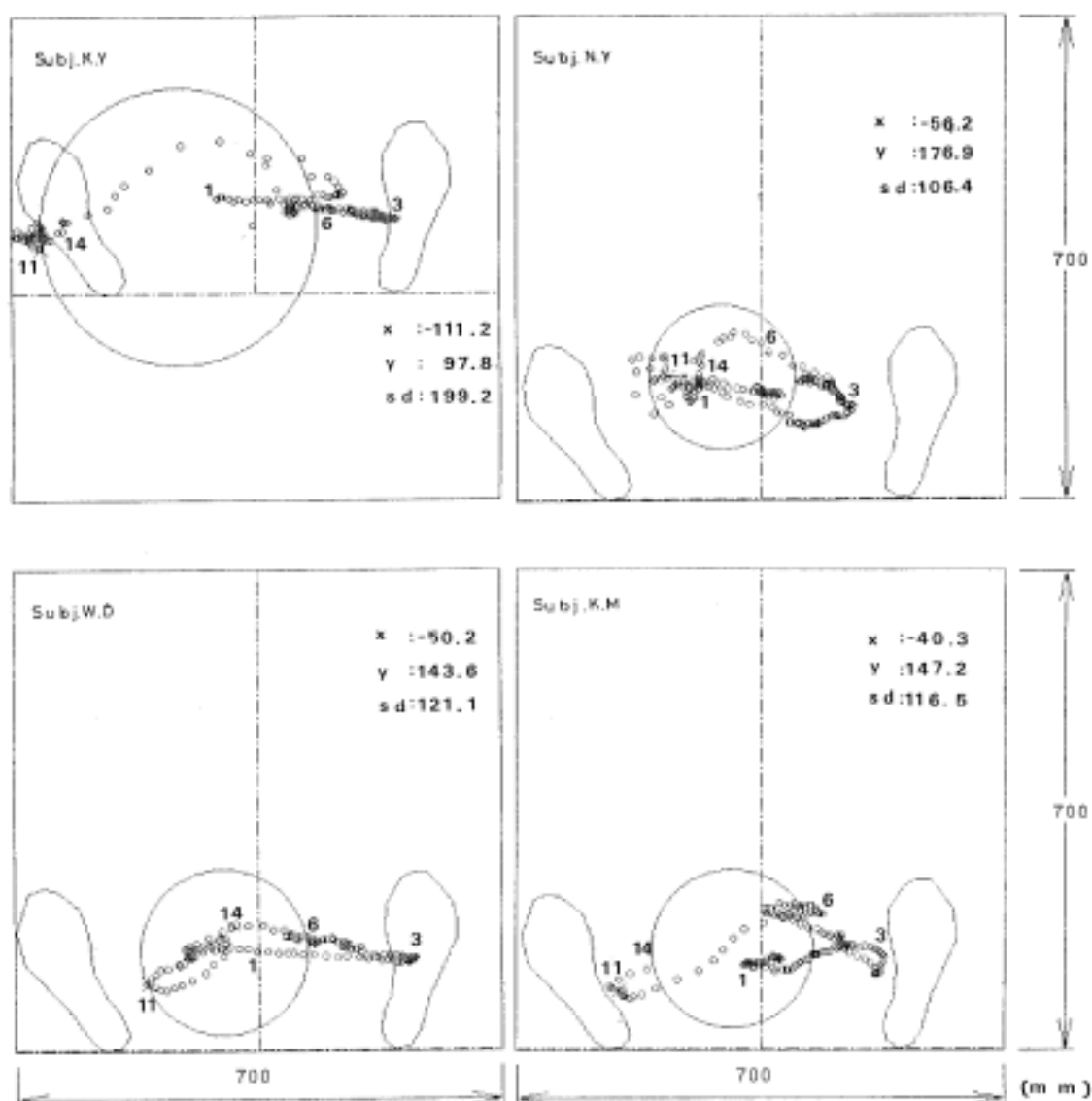


図2 スイング中の足圧中心移動軌跡図
 1 : Address 3 : Top 6 : Down swing
 11 : Impact 14 : Finish

いてみたとき、ゆっくりとした膝の動きのバックスイングが良いと述べている。本研究結果である足圧中心移動軌跡でのバックスイング時が、0.2～0.5秒の範囲の時間であったことは、足圧中心移動軌跡が右足内側まで時間をかけた移動であることが分かった。従来、スイング時におけるトップの足圧荷重点は、右足内側に維持することが重要であると経験的に述べられている（柴田，1974）。すなわちゴルフを経験している熟練者は、ゴルフで旨いショットを行うためには、バックスイングからトップまでが非常に重要であると報告されている。このバックスイングは、クラブの軌道、左肩の回転、身体を中心軸の回転、体重の移動等、身体の振る舞いがトップをつくるための準備段階になることを示唆している。したがって、本研究においては、足圧中心移動軌跡からのバックスイングからトップまでをみたとき、被験者 K.Y、被験者 W.D がほぼ右足の中心部まで真っ直ぐに移動していたことは、身体の重心の移動に無駄のない動きであると考えられる。また被験者 N.Y、被験者 K.M のバックスイングからトップまでの足圧中心移動軌跡は、右足まで移動していないことが分かり、重心の移動が少なかった。これらから、バックスイングからトップにかけては4被験者では、長くまっすぐと短く曲がった足圧移動軌跡を示したが、バックスイングはスイングの予備動作であるため、この時点での明白に異なることについての原因は分からなかった。Nicklaus (1969) はトップからダウンスイングの方法として脚は必ず腕より先行すると述べている。4被験者のステックピクチャを観察したが、膝、腕、クラブの時間的な大きな違いは分かったけれど、詳細な分析について検討できなかった。今後、スイング中の両膝の移動の変化について高速度カメラで撮影し、

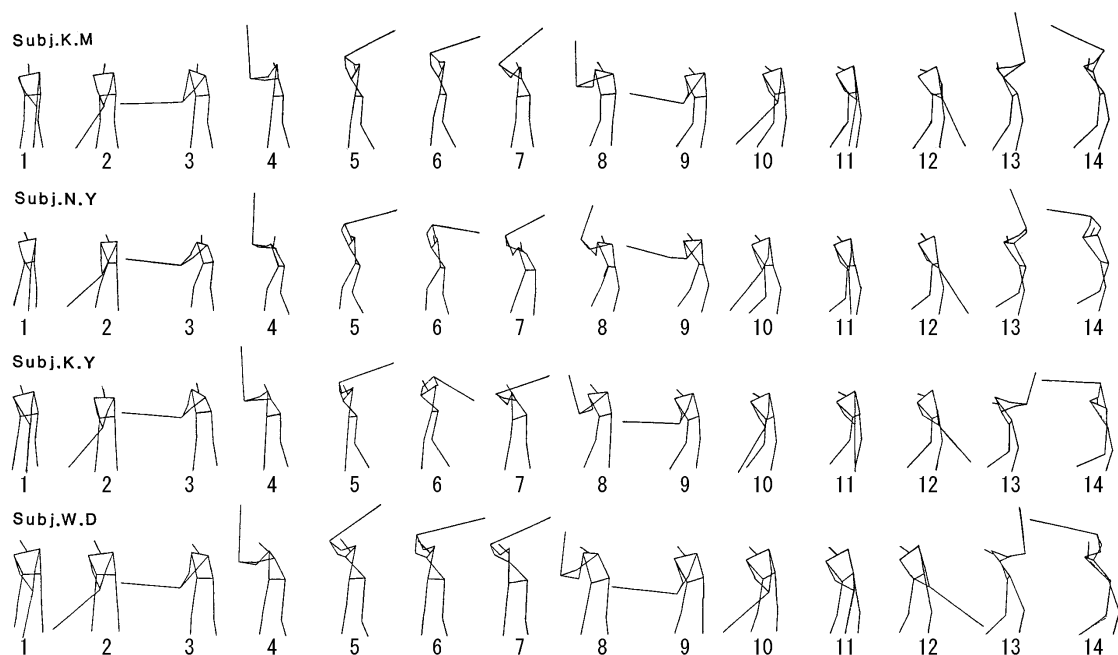


図3 スイング中の各被験者のスティックピクチャ
 (1 : Address , 3 : Back swing , 6 : Top , 11 : Impact , 14 : Finish)

さらに3次元の動きから調べる必要がある。

スイング中の足圧中心移動軌跡の型についてみたとき、被験者 W.D は、前後の振幅(95.7mm)が少なく、一直線上を移動している型であった。また被験者 K.Y の軌跡は、前後に振幅(180.4mm)が大きく、左右(557.3mm)の移動範囲が大きかった。スイング中の軌跡についてのX軸、Y軸の軌跡(図2)から被験者 N.Y、被験者 K.M は足幅の内側での軌道であったが、被験者 W.D、被験者 K.Y は足幅中央部の軌道を示した。

本研究からみた、前後、左右の軌跡の振幅は全被験者の平均値の前後の振幅に対して、左右の移動は約 3.0 倍であった。藤原ら(1984)は立位姿勢の保持の変化について調べた結果、立位姿勢が安定している状態では、腓腹筋、ヒラメ筋、大腿二頭筋、脊柱起立

筋などの背側の筋が主に活動していると報告している。また、ゴルフの足幅（左右の方向の足の幅）の距離とスイングの動きとの関係について、前後の動きが大きくなることは不安定な動きと関係があるものと想定される。田口ら（1990）はスイング中での筋電図から下腿の動きを観察した結果、特にインパクト時に、左右の外側広筋、内側広筋の放電が顕著であったことは、膝の伸展をさせての動きと報告している。そして、本研究の対象となるゴルフスイングの姿勢の保持と異なっているが、スイング中の足圧中心移動軌跡における前後の動揺が左右に対して 1/3 と少なかったことは、ゴルフスイングという動きはクラブを瞬時（約 3 秒間）に振るために左右に重心を移動することにより成り立っていることが明らかになった。

インパクト時の軌跡点は被験者 W.D、被験者 K.M が左足内側であり、被験者 K.Y は右足外側、そして被験者 N.Y はスタンス中央部や左足側にあった。本研究では被験者 W.D、被験者 K.M が左足に近かったが、他の被験者は違っていた。したがってスイングにおけるインパクト時の足圧中心移動軌跡点は、個々のゴルフプレーヤーによって異なっているが、Richards ら（1985）はスイング時の足圧中心移動軌跡をフォースプレートから捉え調べた結果、熟練者群のインパクトは左足内側で 66% 加重されていると報告している。本研究結果では表 2 から示されるとおり、垂直方向の床反力はインパクト直前にあらわれたものであり、98.5 ~ 129.7kgw の範囲内であり、全被験者の体重の $160.1 \pm 11.4\%$ であった。スイング中に足圧中心の最大床反力値が体重の約 1.6 倍を出力されたことは、インパクト時点に床反力を利用したことによりヘッド速度が速くなり、したがって速いボール速度が出力されたものと考えられる。

河村(1980)は物理学の立場から、スイング動作を行うためには身体の重心を右から左へ移動すること以外に方法はなく、スイングの強烈なパワーを生み出すためには、ダウンスイングからインパクトで膝や腰を回転しながら左に押し出すことにより、身体の重心も左に移動すると述べている。本研究における被験者 K.Y, K.M, W.D では、スイング中のインパクト時において左足側の近くでインパクトを迎えている現象は、スイングからヘッド速度を出力する動作かもしれない。被験者 N.Y はスタンスの中央部内でスイングをしていたが、他の3被験者と同様にヘッド速度が変わらなかったことの原因として、左足内側近くでインパクトすることが良策と示唆された。スティックピクチャ(図3)からみたインパクト時の両腕の伸展動作、膝関節の屈曲動作の程度は各被験者によって差がみられた。ゴルフスイング中の足圧中心移動軌跡を総合すると、アドレス時ではスタンスの軌跡が中央部であったものが、トップでは右足内側に移動し、その後、ダウンスイングで中央部前方までに動き、インパクトでは左足内側近くで打撃(体重の約 $160.1 \pm 11.4\%$)させ、フィニッシュでは左足側に移動させていることが明らかになった。これら分かったことは、ゴルフスイング動作の発展に十分貢献したものと考えられる。

2. 5 まとめ

全日本選手クラスの大学ゴルフ選手4名を被験者として、フォースプレート上で、ドライバーショットを使用して実打したときの足圧中心移動軌跡のX軸、Y軸方向の最大振幅距離値、最大移動距離、平均移動速度値、移動面積値、垂直方向(下方への力)の最大垂直

力値，最低垂直力値を測定したり，また4被験者のスイング中の動きを16mmカメラで撮影し，そのフィルムから，計算によりクラブヘッドの最大速度や最大ボール速度をあらわした．その後，スティックピクチャとしてあらわし分析した結果，以下のように示された．

- 1) 足圧中心移動軌跡から4被験者のX軸の平均値は $422.7 \pm 85.4\text{mm}$ ，Y軸で $138.9 \pm 29.9\text{mm}$ の移動であり，特に被験者 W.D のX軸は 413.5mm ，Y軸が 95.7mm であったが，他の3被験者は平均値に近い値を得た．
- 2) スイング中の軌跡の移動距離の4被験者の平均値は $2682.4 \pm 264.9\text{mm}$ であったが，被験者 N.Y (2917.4mm)，被験者 K.Y (2975.5mm) が大きな移動距離を示した．
- 3) スイング中の足圧中心移動軌跡の平均移動速度をみたとき，4被験者の平均値は $894.1 \pm 88.2\text{mm/s}$ の結果を得た．
- 4) スイング中の軌跡の面積について4被験者の平均値は $602.4 \pm 240.1\text{cm}^2$ であったが，特に被験者 K.Y は 1005.3cm^2 で他の3被験者より軌跡面積が大きかった．
- 5) スイング中の4被験者の最大床反力の平均値は $160.1 \pm 11.4\%$ であった．
- 6) スイング中の4被験者の最大クラブヘッド速度の平均値は $44.2 \pm 0.4\text{m/s}$ ，最大ボール速度は $62.5 \pm 1.7\text{m/s}$ を記録した．
- 7) スイング中の足圧中心移動軌跡をみたとき，特にトップ時点では，被験者 W.D，被験者 K.Y は右足中央部内側，そして被験者 N.Y，被験者 K.M は足幅中央部より右内側に移動していった．インパクト時点での軌跡点は被験者 N.Y，被験者 W.D，被験者

K.M は左足内側，被験者 K.Y は左足の外側で打撃した。

第3節 左右の足底力からみたスイングの検討

3. 1 目的

ゴルフスイングは人体のエネルギーを使い，クラブを動かさなければならぬ。そこでスイングは，両足で身体の体重を支え，その両足底からくる反作用のエネルギーを利用して，人体のエネルギーを旨く引き出すことになるものと思われる。ゴルフをする時には，足元を安定させるためにスパイクシューズを履き行うことが常である。スイングは身体を回転させて，バネの回転力を利用して打つようになされている。スイングにおける足の役割として，Koenigら（1994）はスイング中における靴底反力の研究において，2台のフォースプレートを利用して実験室内で測定した結果，熟練度によって左右の足底力の軌跡が異なっていると報告している。Wallenceら（1990）はスイング中のスパイクとスパイクレスの靴を履かせて足圧をみて比較したところ，スパイクの後方が高いことを証明している。すなわち足の指で地面を掴むような感じで強く踏ん張ったほうが良く，スイング動作をするための基点になったり，身体を保つために役立てたり，重心を支えるために必要な働きをしていると報告している。Wallenceら（1994）はゴルフの熟達者にゴルフシューズをはかせ，その時の両足にかかる足底力を2つのフォースプレートで調べた結果，インパクト時に左足内側で打撃していることを明らかにしている。

以前のスイング中の足底の力量の研究は、両足を2台のフォースプレートを利用して床反力を調べているため、左右の足底の合力を軌跡としてみているにとどまった。すなわちスイング中の足裏力分布についての研究は2台のフォースプレートを利用した床反力を調べたり、両足に靴を履かせて、足底の合力の軌跡を観察しているにすぎなく、左右足底のスイングに関係する支点の厳密な力量については調べられていなかった。

また、近年注目されている動作時の床力を簡易に測定される足底圧分布測定器（力センサーシート、Big MAT (Tek-Scan, Inc., USA, F-SCAN, ニッタ社製)）が開発されてきたが、シートセンサーの反応が足底力の変化に反応できないため、ゴルフスイングのようなスタンスを両足で固定し、瞬時に足を捻るような力は不可能であると結論される（今石ら、1997）。板橋ら（1994）はF-SCANシステムをゴルフスイングにおける足底力の測定に使用し、インパクト前の左右の足底力分布を探求した結果、スイング中の足底力分布図を作成し、左右の足にかかる荷重を百分率として示している。しかし、F-SCANシステムを使用したゴルフスイング時の、足底の支点の定量化（力値）には至らず、定性的な分析にとどまっている。

そこで本章では、前章でのフォースプレート上でのスイング動作からみた足圧中心移動軌跡の実験研究と以前の足底圧分布測定器を利用したスイング動作の実験を発展させるため、実際の両足ゴルフシューズに力量センサーを埋入させて、スイング動作中の足底の6力点の力量を測定し、両足の足底の作用の変化を定量的に調べ、正しいゴルフスイングを検討することを目的とする。

3. 2 方法

被験者は某大学の学生で，熟練者群 7 名（HDCP 5.5 ± 1.8 ）と未熟練者群 7 名（HDCP 18.5 ± 6.4 ）を選出した．また，被験者は全員右打ちで年齢は 19～21 歳である．実験を開始する前に，被験者の足のサイズを測定して，その足のサイズが 25.0～25.5cm である者を選び，被験者のインナーブーツ（スパイクレスのゴルフシューズ，ミズノ製）の 6 支点到センサーが合うように微調整を行い，予備動作を約 10 回させてから本実験を行った．

実験では被験者に実験室内で 5 番アイアンを使用し実打させた．実験の条件では，ストレートボールを打つように指示した．打撃されたボールの方向，打点等を目視により確認し，打撃された時のク

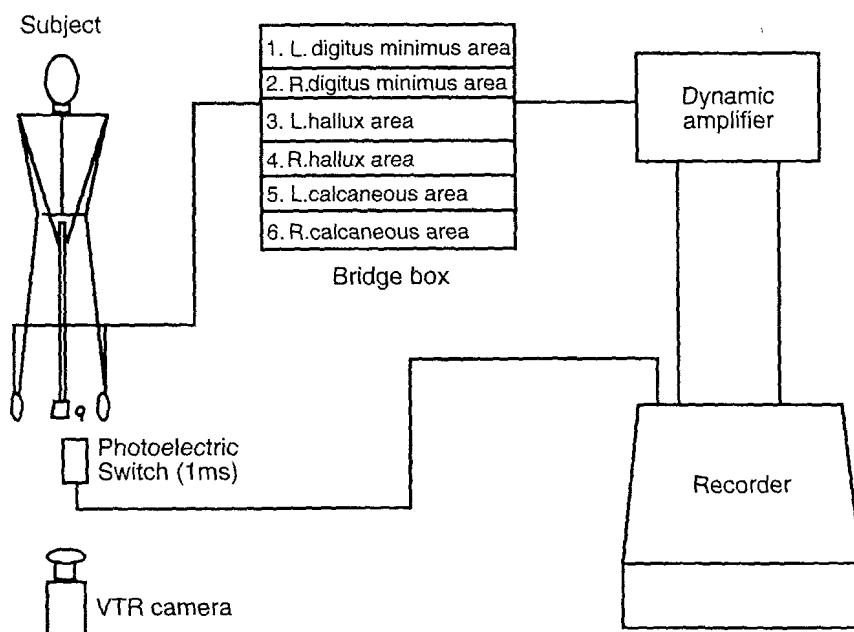


図 1 実験概要図

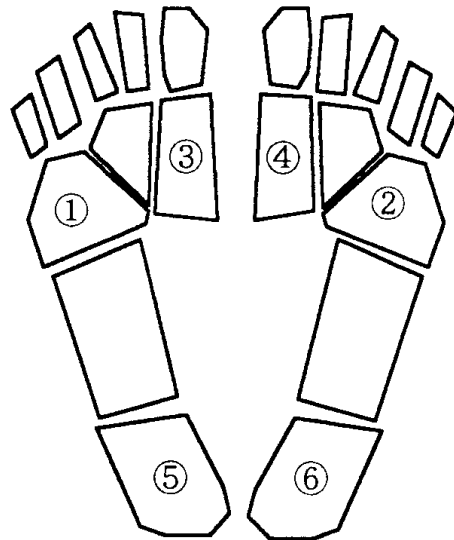


図2 6カ所の足底圧力の部位点
 :LDM(左小指球部), :RDM(右小指球部), :LHA(左母指球部),
 :RHA(右母指球部), :LCA(左踵部), :RCA(右踵部)

ラブヘッドの最大速度を Head Speed Tester (GL-500 型, 横浜ゴム製) で測定したデータを分析した。ゴルフスイング中の 6 カ所の足底力については, 足の左・右母指球部 (Left hallux area (LHA)・Right hallux area(RHA)), 左・右小指球部 (Left digitus minimus area (LDM)・Right digitus minimus area (RDM)), 左・右踵部 (Left calcaneous area (LCA)・Right calcaneous area (RCA)) の 6 部位の力変化を分析した。スイング動作中の各足底の力は, それぞれ靴用に装着した 6 個の特殊小型ロードセル (100N, 12mm, KEISOKU 製) からブリッジボックスを介し, 動歪み計 (6G01 型, 日本電気三栄製) で信号を増幅し, その後, 記録計 (RT3108 型, 日本電気三栄製) でアナログ出力した。ボールとクラブの衝撃点はフォトセンサー (応答特性 1 ms, EC3 型, 立石電機製) を光電増幅器 (EC3, 立石電機製) に経由し記録計に同期させた。ゴルフスイングは VTR

(C-52, 日立製) を利用し, シャッター速度を 1ms に合わせ, 60FPS で撮影した。統計処理はスイング各局面 (BS (バックスイング), DS (ダウンスイング), IM (インパクト), FT (フォロースルー)) の最大足底力を計算し, 熟練者群と未熟練者群の t 検定を行い, 有意水準は危険率 5% 未満とした。

3. 3 結果

図 2 と表 1 から表 3 でみられるように, スイング中における足底力について熟練者群 (7 名) と未熟練者群 (7 名) について各局面のバックスイング, ダウンスイング, インパクト, フォロースルーから分析した。

バックスイングにおいて両群を比較したところ, 左踵部 (LCA) において熟練者群が $24.2 \pm 7.4\text{N}$, 未熟練者群が $10.4 \pm 1.2\text{N}$ ($P < 0.001$)

表 1 スイング中の最大足底力値 (熟練者群)

| | Skilled (N=7) | (N) | | | | | |
|----|---------------|------|------|------|------|------|------|
| | | LDM | RDM | LHA | RHA | LCA | RCA |
| BS | Mean | 4.8 | 17.7 | 14.7 | 16.1 | 24.2 | 17.7 |
| | SD | 2.8 | 4.5 | 2.7 | 3.5 | 7.4 | 2.3 |
| DS | Mean | 12.2 | 51.7 | 16.4 | 38.5 | 18.5 | 21.2 |
| | SD | 3.9 | 19.5 | 2.3 | 3.2 | 1.6 | 2.9 |
| IM | Mean | 8.7 | 16.0 | 37.2 | 19.0 | 45.0 | 16.2 |
| | SD | 1.5 | 3.2 | 4.7 | 3.4 | 4.8 | 3.4 |
| FT | Mean | 33.4 | 25.7 | 21.8 | 22.7 | 62.4 | 15.2 |
| | SD | 3.9 | 7.2 | 3.1 | 3.2 | 5.8 | 1.3 |

LDM:左小指球部, RDM:右小指球部, LHA:左母指球部, RHA:右母指球部, LCA:左踵部, RCA:右踵部
BS:Back swing, DS:Down Swing, IM:Impact, FT:Follow through

表2 スイング中の最大足底力値（未熟練者群）

| Unskilled (N = 7) | | (N) | | | | | |
|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | LDM | RDM | LHA | RHA | LCA | RCA |
| BS | Mean | 4.8 | 11.1 | 13.5 | 13.1 | 10.4 | 16.8 |
| | SD | 2.3 | 3.7 | 3.0 | 3.9 | 1.2 | 2.0 |
| DS | Mean | 24.7 | 14.8 | 14.2 | 12.2 | 21.7 | 21.7 |
| | SD | 3.4 | 4.1 | 3.0 | 3.2 | 3.4 | 2.7 |
| IM | Mean | 20.1 | 39.4 | 23.1 | 12.1 | 31.8 | 34.4 |
| | SD | 4.3 | 11.1 | 4.6 | 2.0 | 4.2 | 4.7 |
| FT | Mean | 16.7 | 39.4 | 17.7 | 7.7 | 40.4 | 33.8 |
| | SD | 6.1 | 11.1 | 1.3 | 1.3 | 4.2 | 3.2 |

LDM:左小指球部,RDM:右小指球部,LHA:左母指球部,RHA:右母指球部,LCA:左踵部,RCA:右踵部
 BS:Back swing, DS:Down swing, IM:Impact, FT:Follow through

表3 熟練群と未熟練群の統計結果（t検定）

| t Test | (Skilled = 7, Unskilled = 7) | | | | | |
|--------|------------------------------|---------|----------|----------|----------|----------|
| | LDM | RDM | LHA | RHA | LCA | RCA |
| BS | 0.0 n.s. | 2.9* | 0.6 n.s. | 1.7 n.s. | 4.5 *** | 0.6 n.s. |
| DS | 5.8 *** | 4.8 *** | 1.3 n.s. | 14.0 *** | 1.9 n.s. | 0.2 n.s. |
| IM | 6.0 *** | 5.3 *** | 5.2 *** | 4.1 *** | 5.3 *** | 7.6 *** |
| FT | 5.6 *** | 2.7* | 2.9* | 10.4 *** | 7.4 *** | 12.8 *** |

*:P<0.05, **:p<0.001, n.s.:Non significant.

LDM:左小指球部,RDM:右小指球部,LHA:左母指球部,RHA:右母指球部,LCA:左踵部,RCA:右踵部

BS:Back swing, DS:Down swing, IM:Impact, FT:Follow through

であり，また右小指球部（RDM）では，熟練者群が $17.7 \pm 4.5N$ ，未熟練者群が $11.1 \pm 3.7N$ ($P < 0.05$) の有意差を得た．そして，他4点（左小指球部（LDM），左踵部（LHA），右母指球部（RHA），右踵部（RCA））では熟練度の差異はなかった．また，バックスイングでは約 $30.0N$ 以下の加重で動作を行っていた．ダウンスイングにおいて，熟練者群は右小指球部（RDM）に $51.7 \pm 19.5N$ であり，未熟練者群は $14.8 \pm 4.1N$ ($P < 0.001$)，右母指球部（RHA）では熟練者群が $38.5 \pm 3.2N$ ，未熟練者群が $12.2 \pm 3.2N$ ($P < 0.001$) の力が発揮されていた．また，左小指球部（LDM）において，熟練者群が $12.2 \pm 3.9N$ ，未熟練者群が $24.7 \pm 3.4N$ であり両群の間で有意差 ($P < 0.001$) が認められた．特に熟練者群が右小指球部（RDM）と右母指球部（RHA）の力が高く示された．インパクトでは，熟練者群は高い値を得た部位は，まず左足では左母指球部（LHA）（熟練者群 $37.2 \pm 4.7N$ ，未熟練者群 $23.1 \pm 4.6N$ ($P < 0.001$))，左踵部（LCA）（熟練者群 $45.0 \pm 4.8N$ ，未熟練者群 $31.8 \pm 4.2N$ ）であり，左小指球部（LDM）では熟練者群が $8.7 \pm 1.5N$ ，未熟練者群が $20.1 \pm 4.3N$ ($P < 0.001$) でそれぞれ有意差を示した．一方，右足に注目したとき，特に熟練者群が未熟練者群より低い値を得た部位は，右小指球部（RDM）（熟練者群 $16.0 \pm 3.2N$ ，未熟練者群 $39.4 \pm 11.1N$ ($P < 0.001$)) と右踵部（RCA）（熟練者群 $16.2 \pm 3.4N$ ，未熟練者群 $34.4 \pm 4.7N$ ($P < 0.001$)) であり，熟練者群は，インパクトの時に左足で加圧を迎えていたということになる．

フォロースルーの左小指球部（LDM）において，熟練者群は $33.4 \pm 3.9N$ ，未熟練者群が $16.7 \pm 6.1N$ ($P < 0.001$) であった．また，左踵部（LCA）において熟練者群が $62.4 \pm 5.8N$ ，未熟練者群が $40.4 \pm 4.2N$ ($P < 0.001$) であり，加重が左足にかかっているのが示された．

一方，未熟練者群は熟練者群に比べ右小指球部（RDM）（未熟練者群 $39.4 \pm 11.1\text{N}$ ，熟練者群 $25.7 \pm 7.2\text{N}$ ($P < 0.05$))，右踵部（RCA）（未熟練者群 $33.8 \pm 3.2\text{N}$ ，熟練者群 $15.2 \pm 1.3\text{N}$ ($p < 0.001$))において右足底力が高かった．フォロースルーにおいて，熟練者群と未熟練者群の力の差異が認められた．これは，熟練者群がフォロースルーでは体重を左足に乗せていたが，未熟練者群では右足に加重されたままフィニッシュしていた．また，右母指球部（RHA）では熟練者群が $22.7 \pm 3.2\text{N}$ ，未熟練者群が $7.7 \pm 1.3\text{N}$ ($P < 0.001$)であって，熟練者群は右足先に力を入れながらフォロースルーをしていた．

3 . 4 考察

河村（1980）は力学的な理論からみて，ゴルフで体重移動を旨く行うことはスイングにパワーを生むと述べている．本章は，前章のゴルフスイング中の体重移動が両足の床反力の合力（足圧中心移動軌跡）から実験を行った結果を踏まえて，より発展させるためにゴルフ熟練者群（7名）と未熟練者群（7名）を対象として，スイング中（バックスイング，ダウンスイング，インパクト，フォロースルー）の両足底力の6支点の最大足底力の平均値と統計処理で比較することにより，より一般化したかたちでゴルフ熟練者の動作特性を明らかにすることに特徴がある．ゴルフスイング中の足裏の運動は不随意的に行われているが，ショットの違いにより影響される．本研究結果では，ゴルフ習熟度の違いによってゴルフプレーヤーを比較して，足底への力のかけ方，方法，足底部位および力量を追及し正確にボールが飛んでいく時のスイングを足底の6支点の力からみようとした．

本研究におけるバックスイングの両足の最大足底力の、平均値で熟練者群が未熟練者群と比較した結果、左踵部と右小指球部位でそれぞれ 2.3 倍、1.6 倍も高い力であり、統計的にも有意差 ($P < 0.05$) が認められた。特に、このバックスイングの熟練者群における左踵部が高い力であった原因は、バックスイングからトップ時まで下半身を安定させるために左踵に加重をかけて行っていたのに対し、未熟練者群のバックスイングは左膝を内側に曲げた方法をとっているために左踵への加重が少なかったものと考えられる。すなわち、熟練者群では下半身を安定させてバックスイングを行っているのに対し、未熟練者群は下半身、上半身の回転を行うことによって左踵の加重が少なく出力したのではないかと考えられる。ゴルフスイングの動作の中で、バックスイングが重要な局面であり、塩田 (1989) は過去 100 年前からの著名なプロゴルフプレーヤーの写真を見たり、連続写真をみて、近代的なゴルフスイングは体幹部の捻れでバックスイングを行っているのが特徴であるとされ、また井上ら (1999) は VTR カメラからスイングを撮影して分析した結果、上級者ほど捻れの大きいことを実証している。しかし以前のスイングの動作については、写真による観察や、映像を分解した定性的な分析の結果であるため、バックスイングの足底力については分からなかった。バックスイングでは体幹の捻れを作っているわけであるが、その体幹の捻れを支える下半身の内、特に左足底の踵部に加圧していることが、体幹の捻れを作るための支点のあらわれと推察される。

本研究のダウンスイングでは、両足底の 6 支点の両群の最大足底力を比較したところ、熟練者群は未熟練者群に比べ右足底内の小指球部、母指球部が高く加圧していることが統計的にそれぞれ

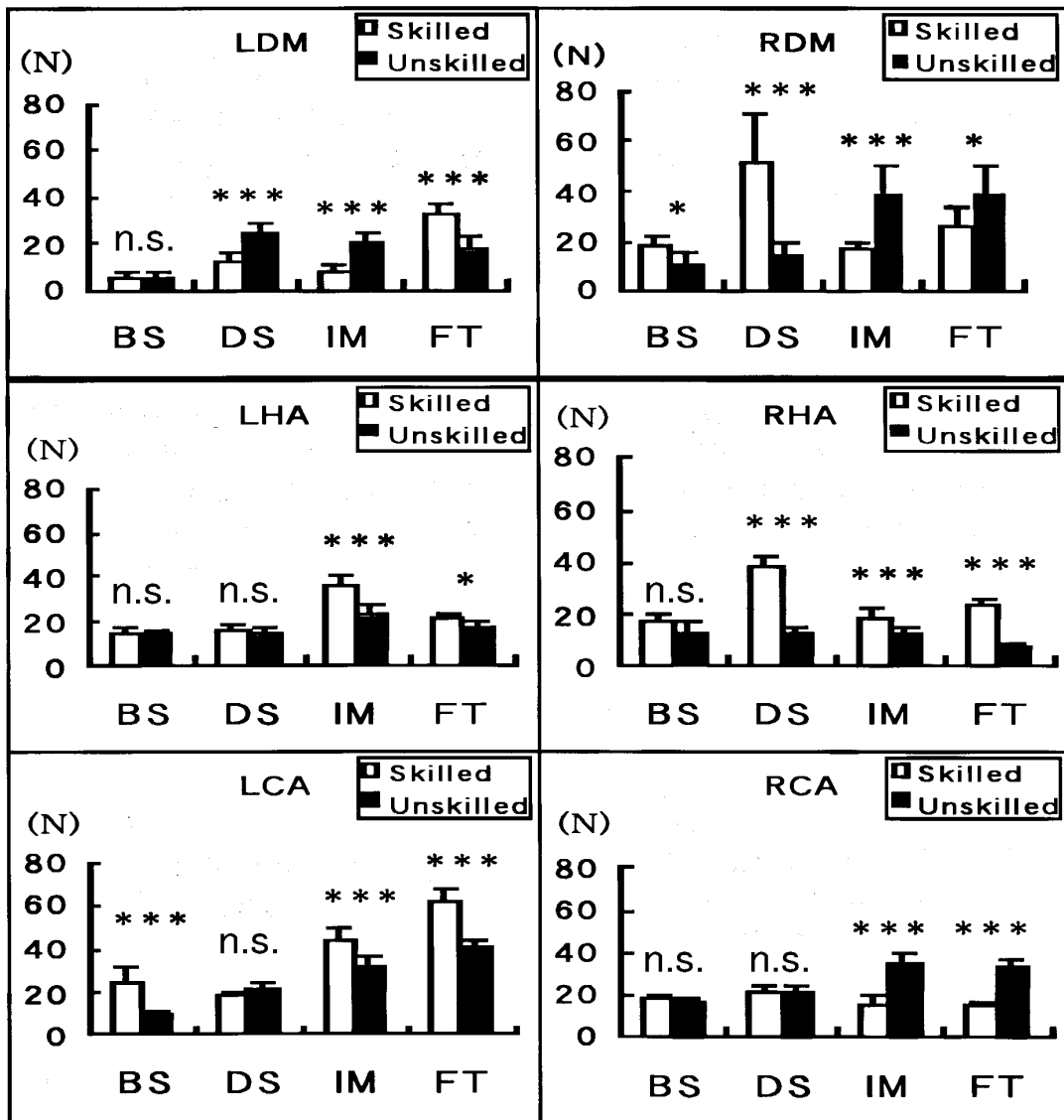


図3 スイング中の各局面

LDM:左小指球部,RDM:右小指球部,LHA:左母指球部,RHA:右母指球部,LCA:左踵部,RCA:右踵部

BS:Back swing, DS:Down swing, IM:Impact, FT:Follow through

*:P<0.05, ***:p<0.001, n.s.:Non significant.

(P<0.001)認められた。しかし、左小指球部では未熟練者群が熟練者群より、高く加圧していることが有意(P<0.001)に示された。このことは熟練者群における右足底内の小指球部と母指球部に支点を置きながらダウンスイングを行っているが、未熟練者群は左小

指球部において加圧しながらダウンスイングをしていることが伺い出来る。これまでのダウンスイングの両足底の力量の変化について、板橋ら（1994）は、F-SCAN システムを使用して足底力をインパクト前について調べた結果、上級者のダウンスイングでは右足の内側部分に最大荷重が集中していたと報告し、本研究と類似した結果を得ている。Williams ら（1983）はスイング中における左右足床反力をフォースプレートからみたとき、ダウンスイングの右足では母指球部、左足では中央部外側で加圧していることを軌跡の点から示している。しかしその定量的な数値は示されていない。本研究の熟練者群のダウンスイングの右母指球部と右小指球部にそれぞれ足底力（ $38.5 \pm 3.2\text{N}$ 、 $51.7 \pm 19.5\text{N}$ ）されていたことは、右足の親指つけ根から小指にかけて力をかけてダウンスイングする動きがスイングするパワーを引き出すことと示唆するものである。ダウンスイング時の左小指球部において、未熟練者群が熟練者群より2倍（熟練者群 $12.2 \pm 3.9\text{N}$ 、未熟練者群 $24.7 \pm 3.4\text{N}$ ）の力を示した。これらのことと前述したことをまとめると、ダウンスイング時における両足底の力のかけかたとして、本研究での熟練者から得られた右足前方部分（右親指つけ根から右小指にかける）での動きが身体力を介してクラブにエネルギーを伝えるために有効であると推定される。

本研究でのインパクト時における両足底力について、左足では、熟練者群が未熟練者群より高かった力は左母指球部、左踵部、左小指球部であり、右足では熟練者群が未熟練者群より低い力は、右踵部、右小指球部であり、有意な差が認められた。このことは、熟練者群が左足全体で（3 支点）で加圧させてインパクトを迎えていた

のに対し、未熟練者群は右足（小指球部，踵部）を加圧してのインパクトであり，熟練者群と未熟練者群のインパクトの力が左右逆の違いがあらわれた．Carlsoo（1967）はスイング中におけるインパクト時の足底力について，2台のフォースプレートから左右床反力からみた結果，左足に74kg，右足に24kgの力が認められているが，このデータはフォースプレートからの左右足個別の床反力であって，その左右の足底全体での支点での総合した力であるが，左右足の足底に加圧されているデータと考える．また板橋ら（1994）のデータから，上級者のスイング中におけるインパクト時には，左足母指球から踵に向かって外側部分に最大荷重が集中していると報告されていた．この点，本研究ではこのインパクト時の左足（母指球部，踵部）への力が増大していることは，クラブをボールと正確に衝突させるための一種のコントロール動作（金子，1990）と考えられる．一方，未熟練者群でのインパクト時に，右足（小指球部，踵部）で高く加圧していたことは，加重が右足に残ったため体重の移動が少ない打法といえる．この両群のインパクト時の両足底力の違いはスイングの動きに大きく影響されている可能性を示唆するものである．

本研究の被験者の熟達度において，熟練者群はスキルレベルが高いため，身体の動きやクラブの使い方に十分工夫されて行っている結果のあらわれであるが，一方，未熟練者群はスイングの技術の一つである体重移動が行われていないのではないものと想定される．すなわち本研究から，インパクト時で分かったことは，左足内側に力点を置くようにすることが，身体の回転を補助する要因の一つになると考えられる．

本研究でのフォロースルーでの足底力についてみると、左足の熟練者群は未熟練者群に対して小指球部、母指球部、および踵部の3支点で加力が高く、統計的に有意であった。また、右足の3支点の加力は、熟練者群は未熟練者群に比較して小指球部と踵部は小さな力であり、母指球部は熟練者群が未熟練者群より高い力を観察し、統計的に有意差を示した。ゴルフスイングにおけるフォロースルーの役割として、インパクトの後のフォロースルーはクラブヘッドの軌跡を正しく保持するためにはフォームの体勢をくずさずにより正確に導くためといえる。一方、未熟練者群のフォロースルーでの右足底力はインパクトでの右足の小指球部、踵部が加圧され、その後、右足支点が引き続きフォロースルーまで加圧されていることは、右足の支点でのスイングであることを示され、体重移動がなかった方法であった。これらのスイングは身体の回転の加速を少なくさせたり、また、クラブにエネルギーが旨く伝わらないかも知れない。

Carlsoo (1967) は、5番アイアンで男子プロゴルフプレーヤーに打たせた時のフォロースルーの床反力をみたとき、左足に54kg、右足に21kgを記録していて本研究の熟練者群の結果とほぼ類似しているといえる。すなわち、本研究での熟練者はインパクトで左足に加重をさせ、それをフォロースルーまで持続させている様相であった。本研究のフォロースルーの一連の左足への体重移動については、近代ゴルフスイングの特徴であるフィニッシュは左足を軸にした動作になることが良いスイングの特徴と考えられる。以上をまとめると、今までのゴルフスイング動作の体重移動の研究はフォースプレートを使用しての床反力によつての分析研究していることが

多く、詳細な足底の支点の力については分からなかった。

本章では、スイング中の足底の厳密な動きをキネティックな面から観察することができた。バックスイングでは右小指球部と左踵部に力点を置いていた。そしてダウンスイングでは右小指球部、右母指球部に力を加えて行い、その後インパクトでは左足底全体に力を入れていた。これらのスイング中の足底の力のかけ方は、より高いレベルのスイングになるものと推定される。

3. 5 まとめ

本研究の目的は、全日本学生選抜クラスのゴルフ選手（7名）と某大学同好会ゴルフ部選手（7名）に分けて、5番アイアンを使用したときのスイング中の左右の足底力（6支点）の物理変化に着目してスイングのメカニズムを捉えようと試みたところ、次のような結果を得た。

- 1) バックスイングでは、左踵部(LCA)の熟練者群が $24.2 \pm 7.4\text{N}$ 、未熟練者群が $10.4 \pm 1.2\text{N}$ ($P < 0.001$) であり、右小指球部(RDM)の、熟練者群が $17.7 \pm 4.5\text{N}$ 、未熟練者群が $11.1 \pm 3.7\text{N}$ ($P < 0.05$) の有意差を得た。
- 2) ダウンスイングでは、熟練者群が右小指球部(RDM)で $51.7 \pm 19.5\text{N}$ 、未熟練者群が $14.8 \pm 4.1\text{N}$ ($P < 0.001$)、右母指球部(RHA)の熟練者群が $38.5 \pm 3.2\text{N}$ 、未熟練者群が $12.2 \pm 3.2\text{N}$ ($P < 0.001$)、左小指球部(LDM)において、熟練者群が $12.2 \pm 3.9\text{N}$ 、未熟練者群が $24.7 \pm 3.4\text{N}$ であり、有意差 ($P < 0.001$) が認められた。
- 3) インパクトでは、左足では左母指球部(LHA)(熟練者群 $37.2 \pm 4.7\text{N}$ 、未熟練者群 $23.1 \pm 4.6\text{N}$ ($P < 0.001$))、左踵部(LCA)(熟

練者群 $45.0 \pm 4.8N$,未熟練者群 $31.8 \pm 4.2N$ ($P < 0.001$))であり ,
左小指球部 (LDM) では熟練者群が $8.7 \pm 1.5N$, 未熟練者群が
 $20.1 \pm 4.3N$ ($P < 0.001$) でそれぞれ有意差を示した . 右足では
右小指球部 (RDM) が熟練者群 $16.0 \pm 3.2N$, 未熟練者群 $39.4 \pm$
 $11.1N$ ($P < 0.001$) と右踵部 (RCA) が熟練者群 $16.2 \pm 3.4N$, 未
熟練者群 $34.4 \pm 4.7N$ ($P < 0.001$) で有意な差を示した .

- 4) フォロースルーの左小指球部 (LDM) において , 熟練者群は 33.4
 $\pm 3.9N$, 未熟練者群が $16.7 \pm 6.1N$ ($P < 0.001$) であった . また ,
左踵部 (LCA) の熟練者群が $62.4 \pm 5.8N$, 未熟練者群が $40.4 \pm$
 $4.2N$ ($P < 0.001$) であり , 加重が左足にかかっているのが示さ
れた . 右小指球部 (RDM) の未熟練者群が $39.4 \pm 11.1N$, 熟練者
群が $25.7 \pm 7.2N$ ($P < 0.05$) , 右踵部 (RCA) の未熟練者群が 33.8
 $\pm 3.2N$, 熟練者群が $15.2 \pm 1.3N$ ($p < 0.001$) において右足底力
が高かった . 右母指球部 (RHA) では熟練者群が $22.7 \pm 3.2N$,
未熟練者群が $7.7 \pm 1.3N$ ($P < 0.001$) であり統計的に有意であっ
た .

第 4 節 本章のまとめ

本章ではフォースプレートを利用したスイングの分析を行っ
た . それは , スイング全体の動きの力の総和である足圧中心移動軌
跡を比較し考察した . その結果 , 以下のことが明らかになった .

- 1) スイング中の足圧中心移動軌跡から 4 被験者の X 軸の平均値は
 $422.7 \pm 85.4mm$, Y 軸で $138.9 \pm 29.9mm$ の移動であった . また ,

移動距離は $2682.4 \pm 264.9\text{mm}$,平均移動速度は $894.1 \pm 88.2\text{mm/s}$,
面積は $602.4 \pm 240.1\text{cm}^2$ であった .

2)スイング中の 4 被験者のフォースプレートからみた最大床反力の
の平均値は $160.1 \pm 11.4\%$ を記録した .

3)スイング中の足圧中心移動軌跡を全体的にみたとき ,バックス
イングで右足内側近くまで移動し ,インパクトになると左足内
側 , 外側近くで打っていた .

フォースプレートからスイング動作をみることは ,ゴルフスイン
グの力学的な面から観察され ,人体の動作の変化が反映された .す
なわち ,スイングの回転の仕方から人体の床反力の配分が推測され
た .

この章の後半では ,ゴルフスイング中の足底の働きについて両足
底のスイングに関係する 6 点を選び ,特殊小型ロードセルをゴルフ
シューズに埋設し ,スイング中の各部位の足底力変化を解析した .
その結果 ,以下のことが分かった .

1) 熟練者群はバックスイング時に右小指球部 ($17.7 \pm 4.5\text{N}$) , 左
踵部 ($24.2 \pm 7.4\text{N}$) に力が高かった .

2)ダウンスイング時では ,熟練者群が右小指球部($51.7 \pm 19.5\text{N}$) ,
右母指球部 ($38.5 \pm 3.2\text{N}$) で高い数値を記録した .

3)インパクトでは , 熟練者群が左母指球部 ($37.2 \pm 4.7\text{N}$) , 左踵
部 ($45.0 \pm 4.8\text{N}$) で力が高かった .

4) フォロースルーでは , 熟練者群が左小指球部 ($33.4 \pm 3.9\text{N}$) ,
左踵部 ($62.4 \pm 5.8\text{N}$) に加重がかかっていた .

スイングについて ,足底に 6 点のロードセルセンサーを利用して ,
力学的観点から定量化することができた .特にインパクトでは左母

指球部，左踵部に高い力を示したことは，左足に体重を十分にかけて打つことが重要であると明らかになった．今後はスイングにおける左右の足底力の機序を基礎として両足底の分布図に発展することが有効であろう．

第3章 スイング中の手・指の動作解析

第1節 はじめに

ゴルフにおいて人体のエネルギーをクラブに伝達し、ボールをコントロールするためには、ゴルフグリップを有効にすることがパフォーマンスを向上させるものと考えられる。現在はゴルフプレーヤーの手掌の形態や機能によって決めて使われている。クラブのグリップ部は、クラブヘッドの操作に大きく関係していると言える。ゴルフではインパクトでクラブヘッドの速度を上昇させることが、ボールの飛距離に影響する。指先の微妙な操作能力は、シャフトを通し、クラブヘッドに伝達し、ボールの方向、速度等に影響を及ぼすと思われる。さて、スイング中の指先の運動機能については、指間の密着状態等から判断されたりするが、動きが速いため、ほとんど眼でみることが不可能である。スイング中にどの局面でどのような手指の力が発揮されているかについては未知の部分があった。そこで、本章の前半ではスイング中の手指の動きを探るため、手指の力から検討を試みた。

クラブヘッドの速度を上昇させ、ボールを正確に飛ばすためには、人体各部位の動きをコントロールすることが高いパフォーマンスを得るための指標となる。Campbell ら（1985）は完全なるスイングを探求するため、スイングにおける人間モデルを考え、コントロールしたショットとフルショットしたスイングの中で、コントロールした時は、手首（リスト）が十分に関わっていると報告している。すなわち、クラブの操作については手首の巧緻的な動きによっ

てなされており，それはスイングプレーン（図1）（スイング中のクラブが作る平面）やスイングアーク（スイング中のクラブのバックスイングとダウンスイングの弧）を形成するうえにも影響する．そこで，本章の後半では，手首に特殊なゴニオメータを装着して，スイング中の手首の動きを調べ，検討を試みた．

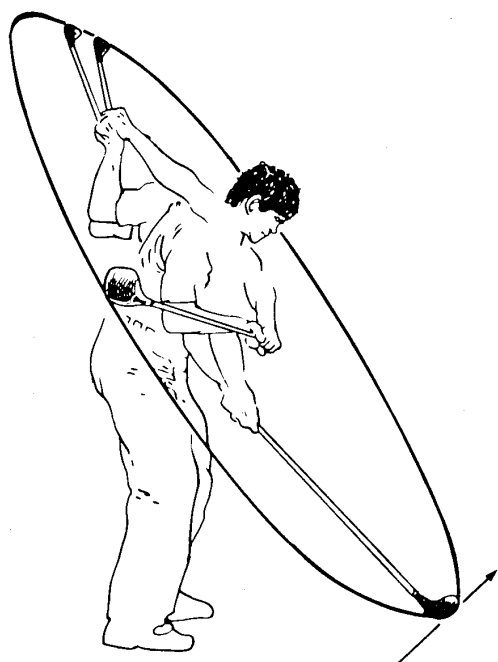


図1 ゴルフにおけるスイングプレーン（面）図

第2節 スイングにおける各手指の力と加速度曲線の検討

2.1 目的

ゴルフはプレーヤーがクラブでボールを打撃する運動である．Milburn（1982）はスイング動作で重要な点として，トップからイ

ンパクト直前までに左膝，右腰，左肘，グリップ，クラブの順序で振り下ろすことであると報告している．その結果，打たれたボールの飛球方向をどのように正確にし，いかに飛球距離を得ることができようが人体のエネルギーは指先からシャフトを通し，クラブヘッドに伝達し，ボールをコントロールしなければならない，また指先の微妙な動きはクラブヘッドに影響を及ぼすと思われる．現在使用されている主なグリップの型（オーバーラッピング，インターロッキング，およびナチュラル）は，ゴルフプレーヤーの手の形態や機能の面から使用されている．特に，現在では，バードン・オーバーラッピンググリップ（右手の小指を左手の人差指上に置く方法）は，PGA Teaching Manual（1990）から示されているように大多数のゴルフプレーヤーによって使用されている．プロの柴田（1988）は，右手の人差指と親指が緩む人は打点が正確に打つことができないと報告している．Snead（1972）は両手が協調して働くときには体のあらゆる力をクラブヘッドに伝えることができると報告している．そして，高氏（1980）は左手の最後の3本指は他の指より少し力をいれると述べられている．しかしながら，これらの論点は，定量的でなく主観的な観点で述べられているにすぎない．スイング中の指先の運動機能については，指間の密着状態等から判断されたりするが，動きが速いため裸眼による観察ではほとんど不可能である．またグリップの手指力については定量的に明らかにされていない．

先行研究において，増田ら（1971）はプロゴルフプレーヤー1名，熟練者ゴルフプレーヤー（ハンディキャップ16）1名，未熟練者1名の合計3名の被験者にドライバーショットを行わせ，その時の4手指（左手の小指，中指，薬指，人差指）にかかる力をグリップ

内に歪板を入れて測定した結果，プロゴルフプレーヤー及び，熟練者ゴルフプレーヤーはスイング中，4手指力曲線はほぼ定常的なパターンとなっており，バラつきが少なかった．一方，未熟練者の4手指の力曲線のパターンにバラつきが大きくグリップに加えられる力は，スイング毎に，全く異なった経過をたどることを明らかにしている．Budney (1979) はプロゴルフプレーヤーとアマチュアゴルフプレーヤーに対して，ドライバーで打たせた時の右手の親指，左手の親指，人差指のグリップの指力をみたところ，特にプロゴルフプレーヤーはダウンスイング開始に左手の親指，人差指に高い力(20.0N)が発揮されていたが，アマチュアゴルフプレーヤーの左手の親指はトップ時に力が高い結果(20.0N)を報告している．これらの研究は，グリップの3手指，および4手指の掌握力を調べたものであり，スイング中の左右のグリップ指先にかかる力の詳細の使用法についてはまだ報告されていない．そこで本研究では先行ゴルフ研究で行われているグリップ手指の力の測定法を十分に踏まえて，クラブグリップ部に小型ロードセルを埋入した．そしてゴルフスイング中のクラブを握っているグリップの左手の小指，薬指，中指，親指，右手の人差指，中指，親指の7指の力と同時に手首の加速度を時間経過から定量的に明らかにすることを目的にする．

2. 2 方法

被験者の身体的特徴は表1に示した．被験者 T.M はトーナメントプロゴルフプレーヤーで1988年の関東プロ優勝(以下プロ T.M と呼ぶ)．被験者 S.K は某大学の学生で，ゴルフ部のレギュラー選手である(以下上級者 S.K と呼ぶ)．被験者 Y.S は某大学ゴルフ部に

所属している学生（以下中級者 Y.S と呼ぶ）である。被験者 K.S は某大学ゴルフ同好会に所属している学生（以下初心者 K.S と呼ぶ）であり熟練度の異なる 4 名の右打ちの男子被験者を選出した。

実験は某大学の実験室内にネットを設置し，ドライバー（#1）を用いて実打を行わせた。実験の条件は，試打を 10 回行い，その後実打された時のボール方向，打点等を目視により確認し，打撃され

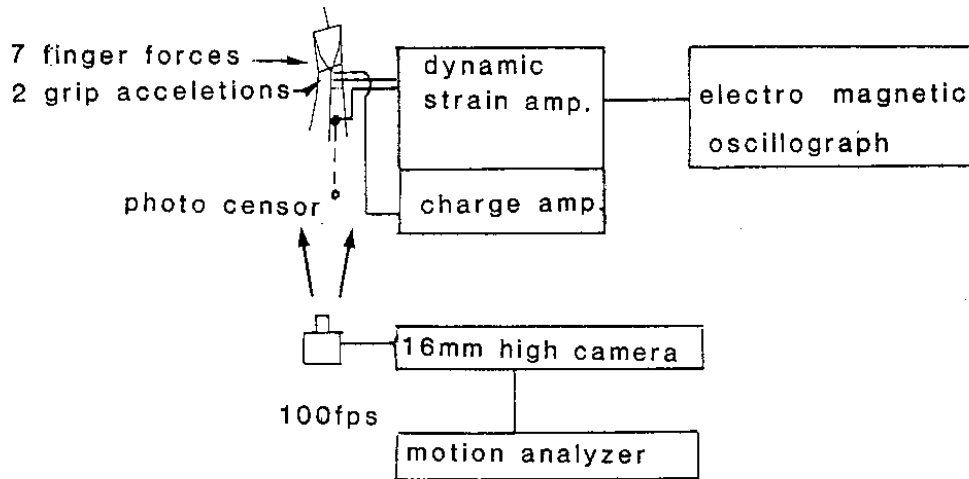


図 1 実験概要図

表 1 被験者の身体特性

| Item Subj. | Age (yrs.) | Standing height (cm) | Body weight (kg) | Grip strength (r) (l) (kg) | | Back strength (kg) | Career (yrs.) |
|---------------|---------------|-------------------------|---------------------|-------------------------------|------|-----------------------|------------------|
| T.M | 29 | 178.0 | 78.3 | 50.0 | 46.0 | 200.0 | 14 |
| S.K | 18 | 167.8 | 61.8 | 65.0 | 65.0 | 158.0 | 6 |
| Y.S | 21 | 173.0 | 70.1 | 63.0 | 62.0 | 170.0 | 7 |
| K.S | 19 | 166.2 | 52.0 | 52.0 | 50.0 | 110.0 | 3 |
| Mean | 21.8 | 171.3 | 65.5 | 57.5 | 55.8 | 159.5 | 7.5 |
| SD | 4.3 | 4.7 | 9.6 | 6.6 | 7.9 | 32.4 | 4.0 |

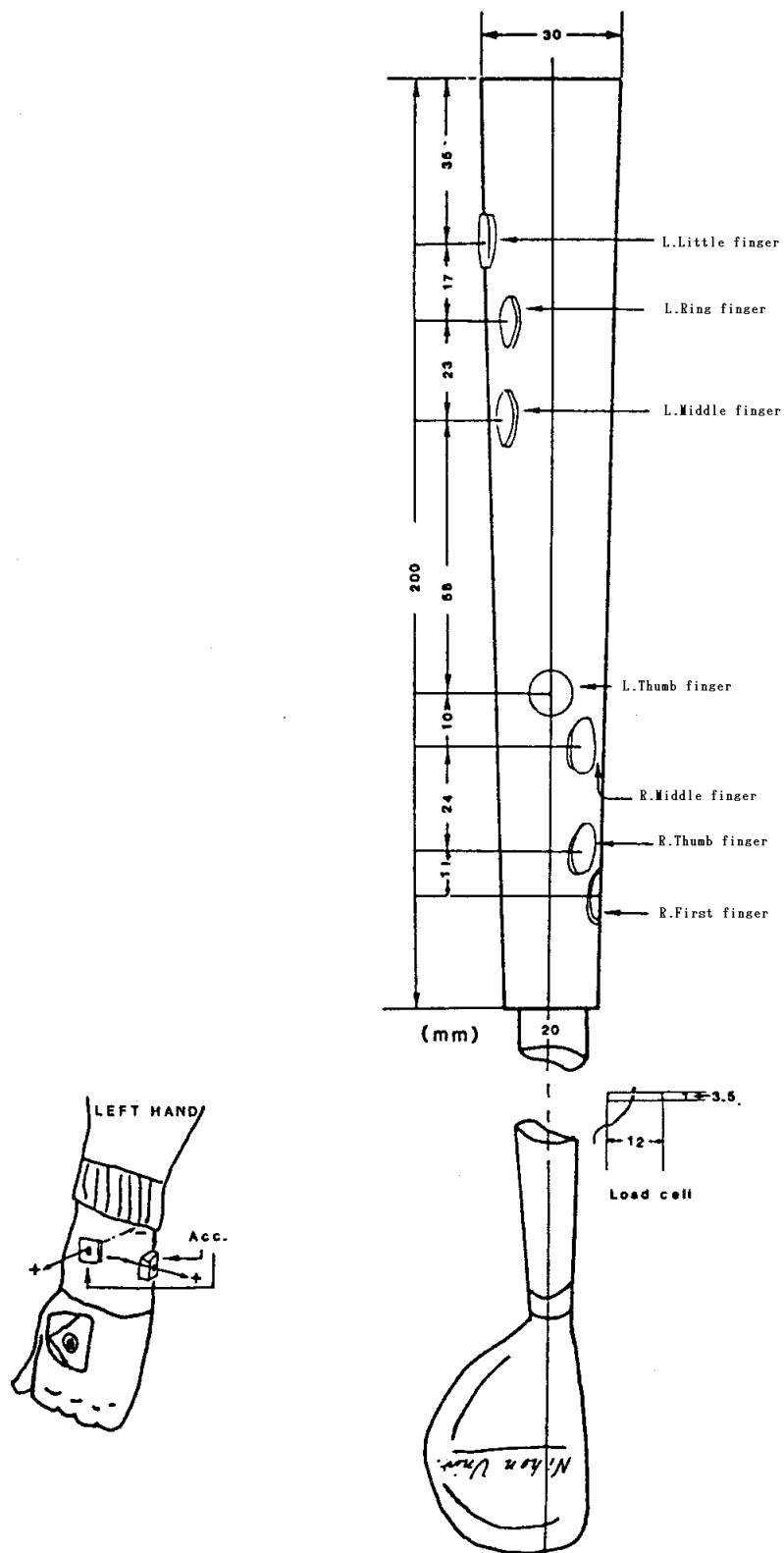


図2 実験用グリップの加速度計とクラブヘッド所のロードセルの位置図

たクラブヘッド速度の安定したデータを分析した。本実験で使用したドライバーのグリップ部分には被験者が普段使用しているオーバーラッピンググリップ（左手のグリップは中指，薬指，小指で持ち，右手の小指を左手人差指上と中指の間に置く方法）を基本に左手の小指，薬指，中指，親指，そして右手の人差指，中指，親指の7指を選び，スイング中の指の力を観察した。また，同時にグリップの指力に影響されと思われる手首の加速度をみるため左手首の2カ所（左手の尺骨茎状突起部と手背部）に加速度計を貼付し，加速度変化をみた（図2）。

一般のラバーグリップに7個の小型ロードセルを埋入させたが，スイング中の各手指の力はその小型ロードセル（100N，12mm，KEISOKU製）からブリッジボックス（5370型，日本電気三栄製）を經由して，動歪み計2台（DPM-6H型，日本電気三栄製）で信号を増幅し，電磁オシログラフ（5L4型，日本電気三栄製）で記録し出力した。グリップ部分の2カ所の加速度はそのピックアップ（30G，圧電式加速度計，540-B型，新日本測器製）からチャージアンプ（505-TRP型，新日本測器製）を介し，電磁オシログラフ（5L4型，日本電気三栄製）で記録した。スイング動作は16mm高速度撮影機（E-10，Nac製）を使用し，被験者の正面から100FPSで撮影し，モーションアナライザー（Nac製）からスイングの各局面（アドレスからフィニッシュまで）を示した。インパクトは衝撃点にフォトセンサー（応答特性1ms，EC3型，立石電機製）を光電増幅器（EC3型，立石電機製）にとおし記録計に同期させ記録した（図1）。

2. 3 結果

表 2 は 2 方向のスイング中のグリップ最大加速度値と 7 手指の最大力値をあらわした。また 4 被験者の手首の加速度曲線とグリップに生じる力曲線は図 3 , 図 4 に示した。

左手の尺骨部と手背部の加速度曲線をみたとき、まず、手背部においてはプロ T.M がインパクト時に 7.0G を記録した。他の 3 被験者はインパクト直前の約 40-60ms の間にピーク値 (5.8G , 6.0G , 9.0G) がみられた。スイング中の尺骨部の加速度曲線は全被験者共にインパクト前の約 250-600ms にピーク点に達した。その時のピーク値は 3.9-6.7G であり、プロ T.M は 6.7G の最高値を示した。全被験者の曲線の特徴として、滑らかな形を描いていた。

スイング中の左手の小指、中指、および薬指の力のうち、小指の力についてみると、プロ T.M はインパクト時にピーク点 (15.7N) があらわれた。しかし他の 3 被験者はインパクト直前の約 30-250ms にピーク値 (5.2-20.9N) があった。プロ T.M と上級者 S.K の波形

表 2 スイング中のグリップの最大加速度と最大手指力の結果

| Acc. & Finger point \ Subj. | T.M | S.K | Y.S | K.S |
|------------------------------|------|------|------|---------|
| L. Acc. Dorsum manus | 7.0 | 6.0 | 9.0 | 5.8(G) |
| L. Acc. Processus styloideus | 6.7 | 6.3 | 3.9 | 5.6(G) |
| L. Little | 15.7 | 20.9 | 5.2 | 8.7(N) |
| L. Ring | 32.7 | 15.1 | 10.5 | 7.5(N) |
| L. Middle | 10.3 | 11.5 | 10.4 | 10.3(N) |
| L. Thumb | 42.0 | 60.3 | 37.8 | 30.0(N) |
| R. Middle | 29.7 | 34.2 | 15.8 | 9.8(N) |
| R. Index | 17.7 | 18.5 | 10.0 | 15.7(N) |
| R. Thumb | 26.8 | 26.8 | 24.0 | 20.8(N) |

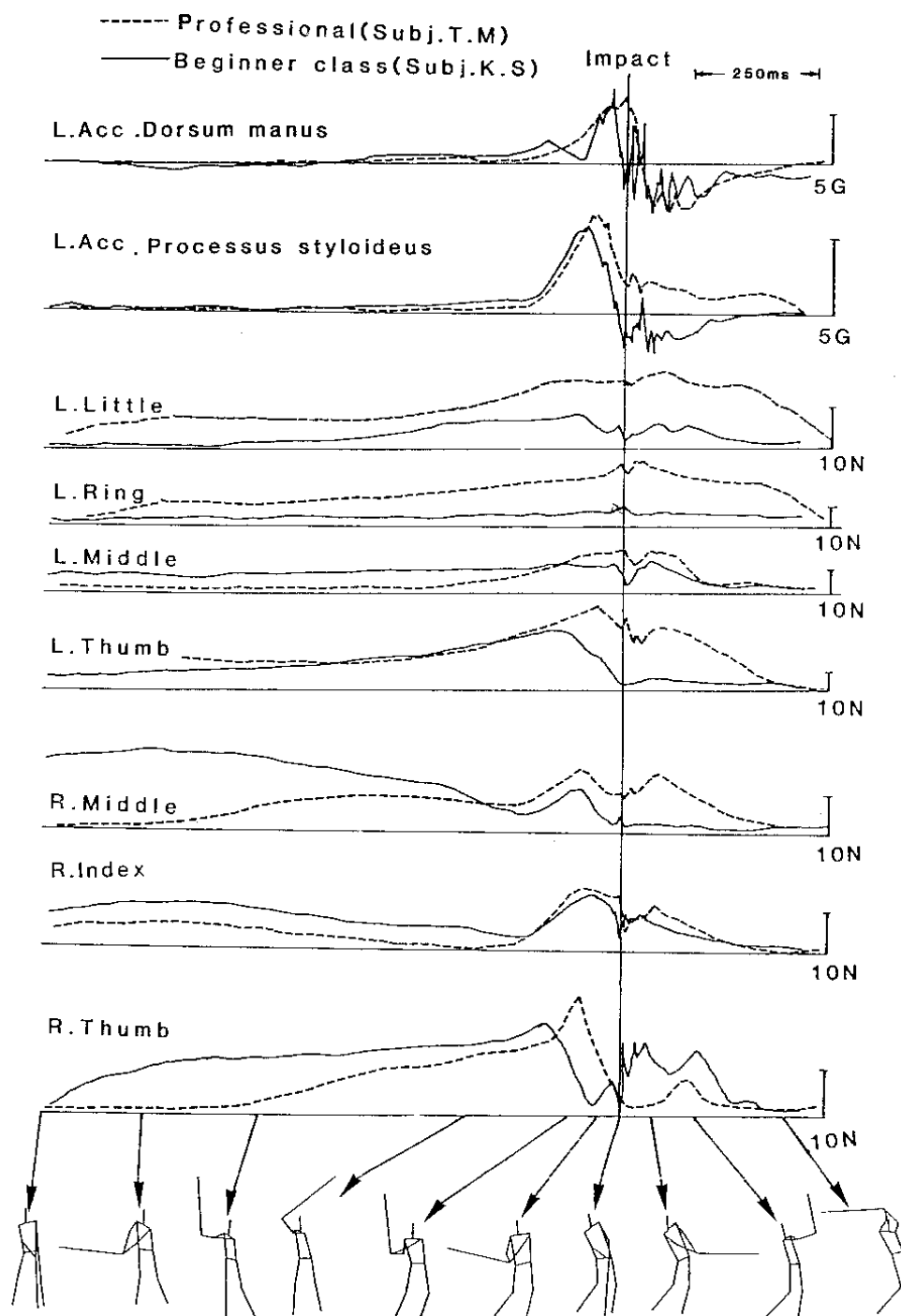


図3 スイング中の左手首の2加速度と7手指力の曲線図

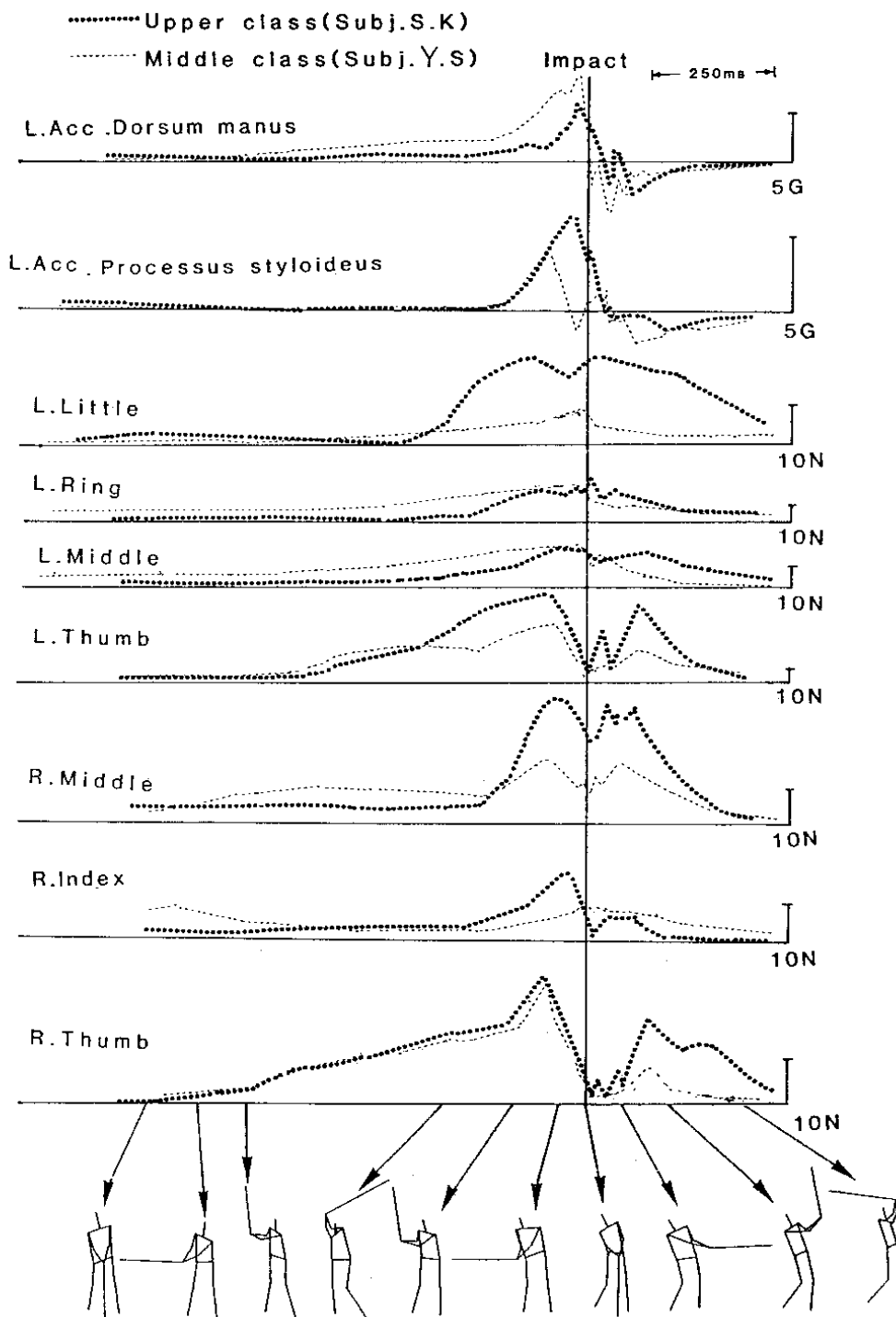


図4 スイング中の左手首の2加速度と7手指力の曲線図

はアドレスからフォロースルーにかけて高い一峰性のピークな型を描いていたが、他の被験者の波形は低い型であった。

左中指についてみると、全被験者共にインパクト時にピーク値がある波形であった。全被験者の値は 10.3-11.5N の範囲内であり、熟練度による差異は認められなかった。

左薬指の力曲線を観察してみると、プロ T.M と上級者 S.K はインパクト時に波形のピーク点があったが、中級者 Y.S と初心者 K.S とはインパクト直前にピーク点があられた。ピーク点の値として、プロ T.M は 32.7N、上級者 S.K が 15.1N であり、中級者 Y.S と初心者 K.S はそれぞれ 10.5N、7.5N の値をみた。

左親指の力曲線から、プロ T.M はバックスイングからインパクト直前 (50ms) まで滑らかに上昇していき、インパクトでは少し下がった波形を描いていた。中級者 Y.S はダウンスイングからインパクトまでの間に一峰性の波形であった。上級者 S.K と初心者 K.S の波形の特徴としてバックスイングからインパクト直前までは一峰性の波形であったが、インパクトでは基線 (± 0) に戻っていた。プロ T.M はインパクト直前 (75ms) に 42.0N であり、インパクト時では 37.5N であった。他の被験者はインパクト直前にピーク値 (30.0-60.3N) をあらわしたが、インパクト時では 5.0N 近くまで下がった。

右手の中指、人差指、および親指の波形のうち、まず右中指の波形を観察してみると、プロ T.M と上級者 S.K はダウンスイングから急激に上昇していきフォロースルーで下降していった。インパクト時のプロ T.M は 29.7N であり、上級者 S.K はインパクト直前 (75ms) に 34.2N であったが、インパクト時では 23.8N の値を得た。中級者

Y.S はインパクト前 (85ms) に 15.8N のピーク値であったが , インパクト時では 10.0N であった . 一方 , 初心者 K.S はインパクト直前に 9.8N であったが , インパクト時点では基線 (±0) まで下がっていた .

右人差指の力曲線を見たとき , 全被験者共に一峰性の波形を描いており , プロ T.M と中級者 Y.S はインパクトで上昇の傾向であったが , 他の上級者 S.K と初心者 K.S はインパクト直前にピーク点が見られた . 右人差指のピーク値はプロ T.M が 17.7N , 上級者 S.K が 18.5N , 中級者 Y.S が 10.0N であり , 初心者 K.S が 15.7N であった . 右親指の波形は全被験者共にインパクト直前の約 90-230ms にピーク点が見られ , その時の値は 20.8-26.8N であり , 4 被験者の波形のパターンは類似していて , 大きな差異はみられなかった .

2 . 4 考察

現在 , ゴルフにおけるグリップは左右の指を重ね合わせ (オーバーラッピング) , 指をロック (インターロッキング) させ , パーム (手の掌で握る) とフィンガー (指先で握る) のグリップ方法を取り一体化してクラブを握っている . 現在では , ハリーバートングリップ (右手小指を左手人差指と中指の間に置く方法) が一般的に普及している (PGA Teaching Manual (1990)) . しかしスイング中のグリップにおける各手指の動的な力については視覚からの観察では不可能である . ゴルフスイングにおいては , クラブを使用してボールを打つのであるが , クラブを振るためには , クラブを握る手指の動的な力によってクラブをコントロールさせることに役立つことが考えられる . 本研究では , スイング中の 7 手指の力を観察してい

るが、加えて、左手首の尺骨茎状突起部と手背部の加速度をみたとき、プロ T.M が他の 3 名の被験者に比し、左尺骨茎状突起部では、インパクト直前に、左手背部ではインパクト時に加速していることが示された。このことは、左手首をインパクト直前からインパクト時に速く振ることがクラブヘッドの速度を増すための要因の一つと思われる。このことは、プロ T.M のインパクト時のクラブヘッド速度が最大になっていることから振り方が有効的であると推定される。

本研究ではゴルフスイング中の指先にかかる力の左手の小指、薬指、中指において、プロ T.M はバックスイング時から序々に力を入れ、トップ時で力を増加し、インパクト時でも力を緩めなかった。また上級者 S.K はプロ T.M のような高い力波形ではないが、ほぼ類似した波形パターンを描いていた。しかし、中級者 Y.S と初心者 K.S はインパクトで力を抜いていた。スイング中の一連のグリップ力に関する先行研究においては、Budney (1979) は左手の握る方法としてスイング中に強く握ることが必要であると報告している。また Jones (1969)、高氏 (1980)、および青木 (1983) は長い経験の結果から、クラブは左手の小指によって操作されると述べている。また Toskei (1978) は、プロゴルフプレーヤーとしての実践から左手の小指、薬指、中指をしっかりと握ることは、ボールの方向性を向上させることに役立つと述べている。しかし、これらのスイング中の手指の力の出力については、スイング中に左手の小指、薬指、中指が指力がしっかりと握られていると報告されているが、時間軸に対しての詳細な分析には至っていなかった。

すなわち、本研究結果でプロ T.M の左薬指の力 (32.7N) が他の

被験者より 2.0~4.5 倍 (7.5-15.1N) も高く示されたことは、左手の強い握りがボールを打つための原動力の要因の一つと推定される。また左手のグリップは左腕とクラブの支点の役割をするためクラブグリップエンド部分を強く握っているのではないかと考える。ここで注目しなければならないのは、ゴルフのスキルの高い被験者のプロ T.M, 上級者 S.K がインパクト直後まで左グリップを緩めなかった理由の一つとして、ゴルフは二重振子モデル (Milburn, 1982) の理論による左の肩・肘・グリップ、そしてクラブが 1 つの動きとしてスイングすることを本研究の熟達ゴルフプレーヤー (被験者プロ T.M, 上級者 S.K) は行っていたことではないかと考える。このように左手の最後の 3 本指 (小指, 薬指, 中指) は身体の力をクラブに伝達する重要な役割を果たしていることが示唆される。

表 1 から、本研究の 4 被験者の左右の握力をみたとき、平均値が左握力で $55.8 \pm 7.9\text{Kg}$ 、右握力で $57.5 \pm 6.6\text{Kg}$ であり、その中でも被験者プロ T.M は左握力 46.0Kg 、右握力 50.0Kg と、左右共に 4 被験者中で一番少ない握力であった。川島ら (1986) はドライバーショットを行わせ、ボールの飛距離とゴルフプレーヤーの握力の関係を調べた結果、統計的に相関が無いことを報告した。本研究結果では、スイング中の指筋力は $4.0\text{-}73.0\text{N}$ の範囲であり、静的屈指力の約 50% 以下であった。すなわち、スイング時の指筋力は静的屈指力と比較して小さな力であることが分かった。古屋ら (1970) は、深い握りと浅い握りについて調べたところ、熟練者間では有意差があらわれなかったが、未熟練者では深い握りが大きな力となって発揮されると報告している。また石河 (1976) は屈指力についての実験を行った結果、各屈指力は約 $95.0\text{-}150.0\text{N}$ の範囲内の値を得てい

る。このことは、ゴルフにおけるグリップの力は静的な力とは異なる指力であり、クラブを操作するためのグリップの各支点の動的な力を理解することが、クラブを正確に振るために役立つものと推定される。

右手の3本指（親指，人差指，中指）について本研究の結果からみたとき，被験者のプロ T.M，上級者 S.K の右手の中指では，インパクト時にそれぞれ 29.7N，23.8N であったが，中級者 Y.S，初級者 K.S がそれぞれ 10.0N，0N であり，被験者プロ T.M，上級者 S.K は中級者 Y.S，初級者 K.S より高い手指力が示された。また右人差指についてみたとき，4 被験者でスイング中で中級者の Y.S が 10.0N であったが，他の3被験者は 15.7～18.5N の範囲内にあり，熟練度の大きな違いはあらわれなかった。またスイング中の4被験者の右親指についてみたとき，その値は 20.8-26.8N の範囲内であり，4 被験者で類似した結果であった。つまり，右手の人差指，中指，および親指の使用法については，熟練度が低いほどインパクト直前に指先の力を緩めていた。一流プロゴルフプレーヤーの Nicklaus (1969) は，スイング中の右手の使用法として小鳥を握るような方法であると述べている。また，やはりプロゴルフプレーヤーの杉本 (1981) は右手の力を適当に殺し，クラブヘッドの仕事をさせることが大切であると経験的な面から報告している。すなわちスイング中の右指はグリップに密着させるような指力の出力が必要であると思われる。

増田ら (1971) はプロゴルフプレーヤーのドライバーでショットした時のインパクト時のクラブグリップに加えられる4手指（左小指，左薬指，左中指，左人差指）の力を，グリップに加工した歪板

から調べた結果，プロゴルフプレーヤーの4手指の力曲線は定常的なパターンとなっており，左手の小指(26.0N)，薬指(18.0N)，中指(26.0N)がインパクトで手指力が高かった．また左人差指の力は13.0Nを記録したと報告している．本研究結果において，スイング中の7手指力と手首部分(手背部と尺骨部)の動き(加速度)をみた場合，特にプロゴルフプレーヤーT.Mでは手背部の加速度がインパクト時に最大加速度(7.0G)であった．このときインパクト時の7手指力の内，左手の小指(15.7N)，中指(10.3N)，薬指(32.7N)，また右手の人差指(29.7N)であった．以上から，増田ら(1971)が行ったドライバーショット時の左手の小指，中指，薬指の力の出力は本研究の結果と類似していた．すなわちインパクト時に左手の手背部を加速させると同時に，左手3本指をしっかりとさせ，右手の人差指に力を入れながらの方法が，クラブヘッド速度を上げたりする要因の一つと考えられる．そのことから，左手の小指，薬指，中指がスイングを形成する上で重要な指の動きであることが明らかになった．

本研究の結果から，ゴルフスイング中の右手指力(親指，人差指，中指)を総合的にみたとき，熟練度の高い被験者(プロ T.M，上級者 S.K)は，中級者 Y.S，初級者 K.Sよりインパクト後まで加圧している様相であった．これらのことは，左手指が右手指より強く握りながらスイングすることは，左手が主になり，右手が従にさせて左手を動かすために有効になると考えられる．ゴルフスイングを調節する右手についてみたとき，熟練度が高いゴルフプレーヤーほど，インパクトで力を抜いていた．すなわち，左手の力に比して，右手内部圧はインパクトでも減少されていた．この右手の作用として，

クラブヘッドを加速させるために左手を支えるような力が有効な動作と考える。

2. 5 まとめ

本研究の目的は、ドライバーショットにおけるスイング動作の特徴を明らかにするため、ゴルフ熟練度の異なる被験者（プロゴルフプレーヤー 1 名、全日本学生ゴルフ選手 2 名、某大学同好会ゴルフ部選手 1 名）を対象に、グリップに 7 支点（左手の小指、薬指、中指、親指、右手の人差指、中指、親指）の力曲線として、同時に左手首の加速度（尺骨茎状突起部と手背部）に注目して分析し、次の結果を得た。

- 1) 左手の手背部の加速度では、プロ T.M がインパクトで 7.0G であり、他の 3 被験者はインパクト直前（40～60ms）で 5.8～9.0G であった。また左手の尺骨部の加速度は 4 被験者共にインパクト前（250～60ms）で 3.9～6.7G であり、プロ T.M が 6.7G を示した。
- 2) 左小指の力で、プロ T.M はインパクト時に 15.7N であったが、他の 3 被験者はインパクト直前（30～250ms）にピーク値（5.2～20.9N）をあらわした。
- 3) 左中指についてみると、全被験者共にインパクトに 10.3～11.5N であり、熟練度による差異はなかった。
- 4) 左薬指の力では、インパクトにプロ T.M が 32.7N、上級者 S.K が 15.1N であり、インパクト直前に中級者 Y.S が 10.5N、初心者 K.S が 7.5N の値をみた。
- 5) 左親指の力から、プロ T.M はインパクトで 37.5N であったが、他の 3 被験者はインパクト直前に 30.0～60.3N をあらわしたが、

インパクトでは 5.0N まで下がった値を示した。

- 6) 右中指の力から，インパクトでプロ T.M が 29.7N，上級者 S.K は 34.2N，中級者 Y.S が 10.0N，初心者 K.S が 0 N の結果であり，熟練度が低くなるにしたがってインパクトでは力が低下していた。
- 7) 右人差指の力についてみると，ピーク点はインパクトにプロ T.M が 17.7N，中級者 Y.S が 10.0N であり，インパクト直前に上級者 S.K が 18.5N，初心者 K.S が 15.7N であり，熟練度の大きな違いはみられなかった。
- 8) 右親指では，4 被験者共にインパクト直前 (90 ~ 20ms) に 20.8 ~ 26.8N の範囲内の力を示した。

第 3 節 スイングにおける手関節運動の検討

3. 1 目的

ゴルフはクラブを使ってボールを打つスポーツである。そのために身体とクラブの接点がグリップになるわけであるが，現在，主に 3 種類 (オーバーラッピング，インターロッキング，およびナチュラル) の型で行っていることが多い。どのグリップを用いるかの背景にはボールの飛距離や方向を引き出すためにいかにクラブを旨く操るということにある。そしてスイング中に手首 (リスト) の動作によってクラブの軌道に影響を与え，ボールの行方に非常に関係すると思われる。約 50 年前にゴルフスイングの原理を考案した Horgan (1957) は，スイング中のクラブの軌道はスイングのプレー

ン(面)に合わせて行うことが良策であると報告している。実際には、一流プロゴルフプレーヤーのダウンスイング時の写真から、シャフトが地面に垂直近くになったときにアンコックが開始されているが、これに対して一般アマチュアゴルフプレーヤーはダウンスイングが始まって直ぐにアンコックさせているという異なった傾向が観察される。ゴルフのスイング中の手首における研究について、Milburn(1982)はトップで作られたクラブと手首の角度(コック)は、インパクト直前までに保ち、インパクトでリリース(手首の角度を開放する)させることがヘッド速度を加速させることに有効であると報告している。

グリップは人体とクラブの接点であり、クラブを有効に操るためには、クラブを握っている指とリストによってなされていると思われる。またスイング中のグリップ圧とかリストの角度を解明することについては、特殊な測定装置で分析を進めない限りは不可能である。ゴルフスイング中のリストの角度については、ダウンスイングが始まる時にリストが動き、インパクト直前までコッキングしていると報告している(Jorgensen, 1970; Nagao ら, 1977; Budney ら, 1979; Milburn, 1982; Neal ら, 1985; 関口ら, 1992)。

このようにゴルフスイング中における手首の動きは重要な問題であるが、多くのプレーヤーはダウンスイング時の手首とクラブの角度の動きについて、定量的に理解されないままに使っているものと考えられる。そこで、スイング中の手首の動きをゴニオメータを利用して測定することが有効であると考えた。また、他のスポーツにおけるゴニオメータにも注目した。そこで、ゴルフ以外でのゴニオメータを使用したスポーツの研究をみると、杜ら(1991)は卓球

における手関節の変化を観察した結果，卓球スイングでは，インパクト後に手関節の内転，外転角度を小さく保っていることがパフォーマンスを高めると報告している．また，ゴニオメータ（P&G社製）を使用しての研究として，伊藤ら（1992）はゴルフスイング中の脊柱の捻れとクラブの関係を求めたところ，スイング中の体幹の捻転度はアイアンクラブよりドライバーを使用した時が大きいことを明らかにしている．このような考えから本研究は以前のスポーツ動作における手関節，肘関節のゴニオメータを使用した測定法を十分に参考にし，手首にゴニオメータ（P&G社製）を貼付してスイング中の手首の動きを時間経過に伴うバイオメカニカルな観点から分析をすることを研究目的にした．

3 . 2 方法

被験者はゴルフの熟練度の異なる5名の右利きのゴルフプレーヤーで，被験者 M.N は女子プロゴルフプレーヤーであり，1987年ミズノ新人トーナメントの優勝者である．2被験者は全日本学生ゴルフ選手で，某大学ゴルフ部の男子選手であり，HDCP4～5（上級者）．また，2被験者は一般男子ゴルフプレーヤーで，HDCPは15～36（初心者）を選出した．実験方法はスイング中において手首の角度を連続的に測定できるゴニオメータ（XM 110型，Penney Giles（P&G）社製）を使用した．そのゴニオメータを手首関節に装着し，4ch PA-412型角度アンプ（Penney Giles（P&G）社製）で，伸展（背屈） 屈曲（掌屈）（E:Extension F:Flexion），内転（尺屈） 外転（橈屈）（AD:Adduction AB:Abduction）の2方向についてのスイング中の手首の動きを測定した．またスイング中のインパクト

(ボールとクラブフェイスの接触点)は、光センサー方式(応答特性 1 ms, EC3, 立石電機製)を光電増幅器(EC3, 立石電機製)を経由して記録した。またゴルフスイング中の各局面は VTR カメラ (C-52, 日立製)を利用し、シャッター速度 1ms に合わせ、60FPS で撮影した。実験の概要は図 1 に示した。2つのゴニオメータは被

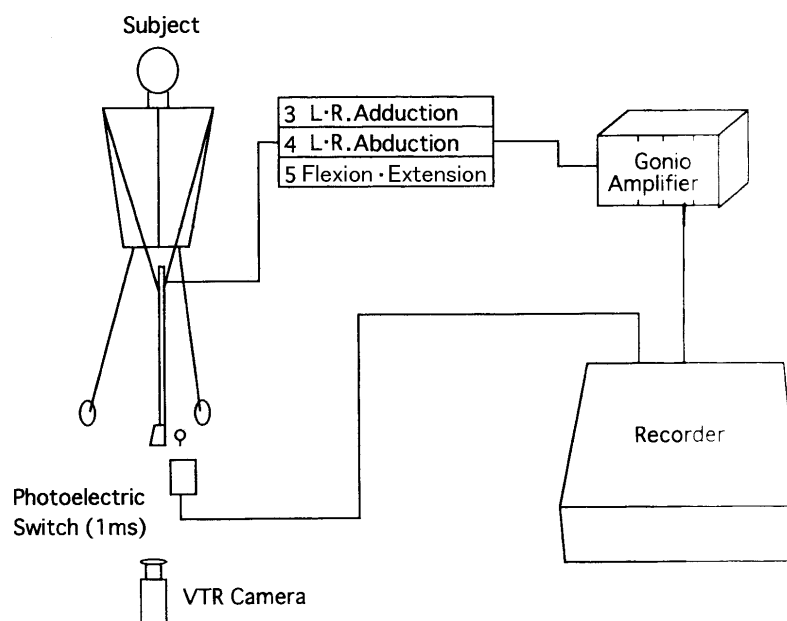


図 1 実験の概要図

表 1 被験者の形態と機能測定結果

| Item Subject | Sex | Age (year) | Standing height (cm) | Body weight (kg) | Grip strength (kg) | Back strength (kg) | HDCP |
|-----------------|-----|---------------|----------------------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|------|
| M.N | F | 35 | 162.2 | 65.0 | 35.0 | 95.0 | 0 |
| T.O | M | 22 | 175.3 | 75.2 | 58.0 | 150.0 | 5 |
| Y.M | M | 22 | 168.1 | 63.7 | 56.0 | 125.0 | 6 |
| O.S | M | 20 | 177.4 | 60.1 | 45.0 | 130.0 | 15 |
| Y.S | M | 19 | 180.0 | 69.0 | 49.0 | 140.0 | 16 |

験者の左右手関節の橈側部と背側部中央に接着テープを用いて固定し、スイング中の2方向の角度変化は増幅計を經由しその後、記録計に出力し記録した。使用したクラブはドライバーを使用し、実打したデータを分析した。

3. 3 結果

図2に、時間経過に伴うスイング中の左手首の内転、外転の角度変化を示した。その時の角度はアドレス時の構えた時点を 0° とし、内転を+、外転を-とした。5被験者のスイング中における内転と外転の角度変化の結果において、まずプロゴルフプレーヤーM.Nはバックスイングからトップ付近までに親指側に 12.6° 曲げ、インパクトでは 0° まで戻し、その後また親指側に曲げる様相を示していた。上級者のT.O, Y.Mについては、バックスイングからトップにしたがって親指側に $27.6 \sim 46.1^{\circ}$ 屈曲し、インパクトでは $9.2 \sim 13.8^{\circ}$ 小指側へ屈曲していた。

初心者O.SとY.Sの内、まずO.Sのバックスイングの左手の使用法として、小指側に 20.7° 曲げながら行い、インパクト直前に親指側に 8.0° 曲げ、インパクトでは 19.6° 小指側により曲げている様相であった。そしてY.Sはバックスイングからトップまでに 20.7° 親指側に曲げて、その後インパクトでは 27.6° に小指側に曲げてボールを打っていた。

図3に、スイング中における左手首の屈曲、伸展の角度がどのような位相で変化するかを示した。上級者M.Nから中級者T.O, Y.M, 初心者O.S, Y.Sの5名の比較において、角度変化のパターンはほぼ類似していた。上級者T.O, Y.Mの波形をみたとき、まずバック

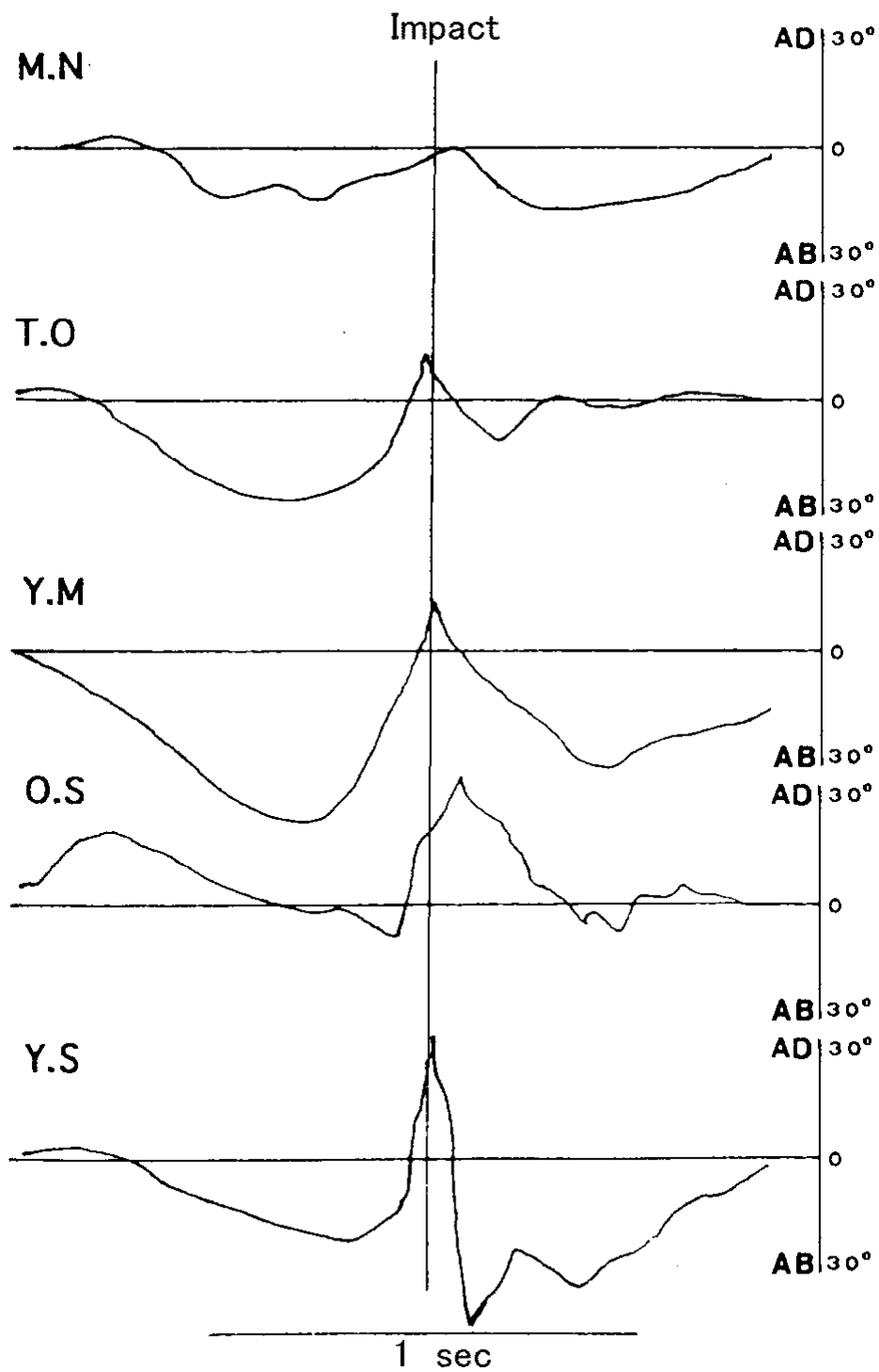


図2 スイング中における左手の内転，外転の角度曲線図
AD:Adduction, AB:Abduction

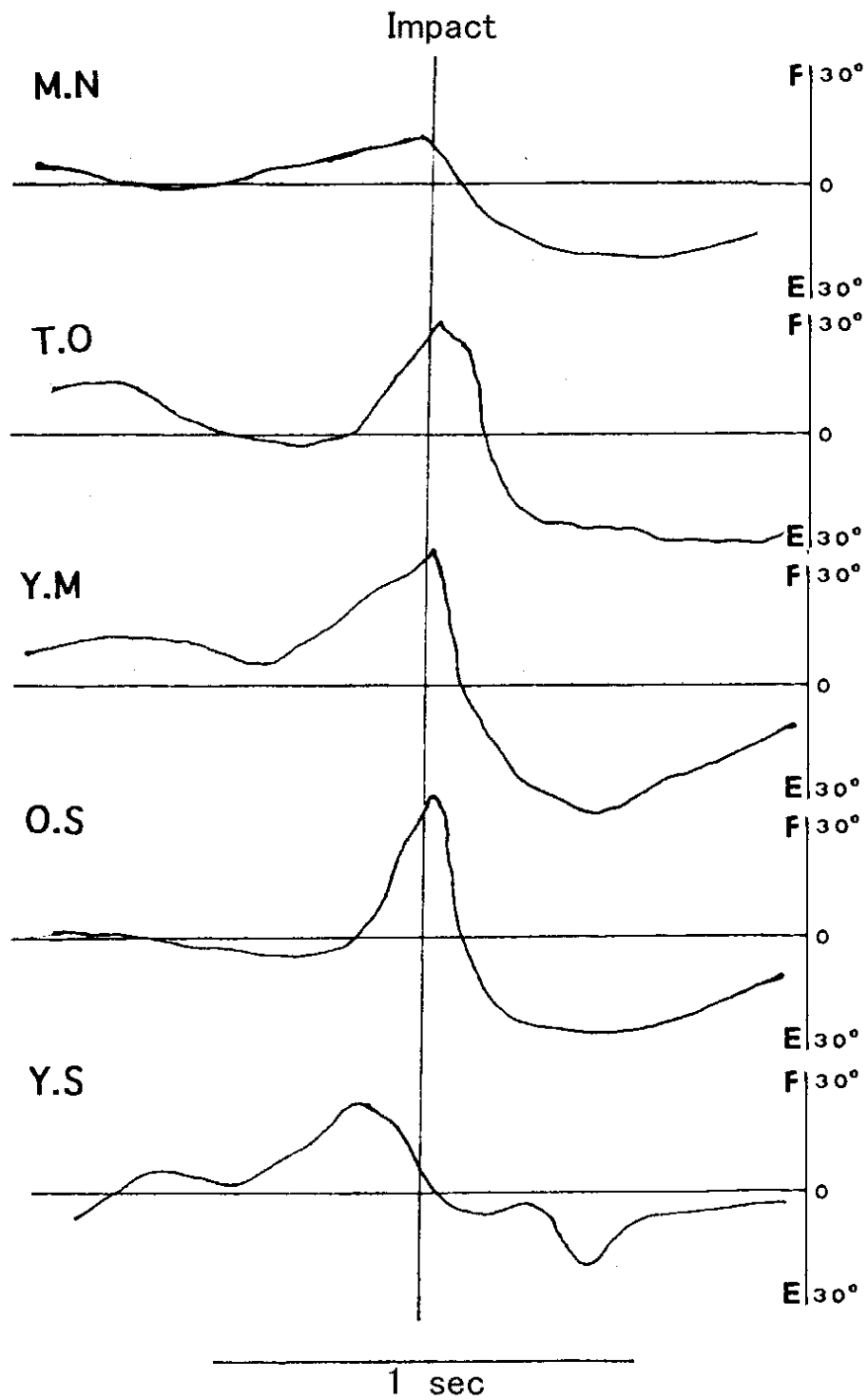


図3 スイング中における左手の屈曲, 伸展の角度曲線図
 F: Flexion, E: Extension

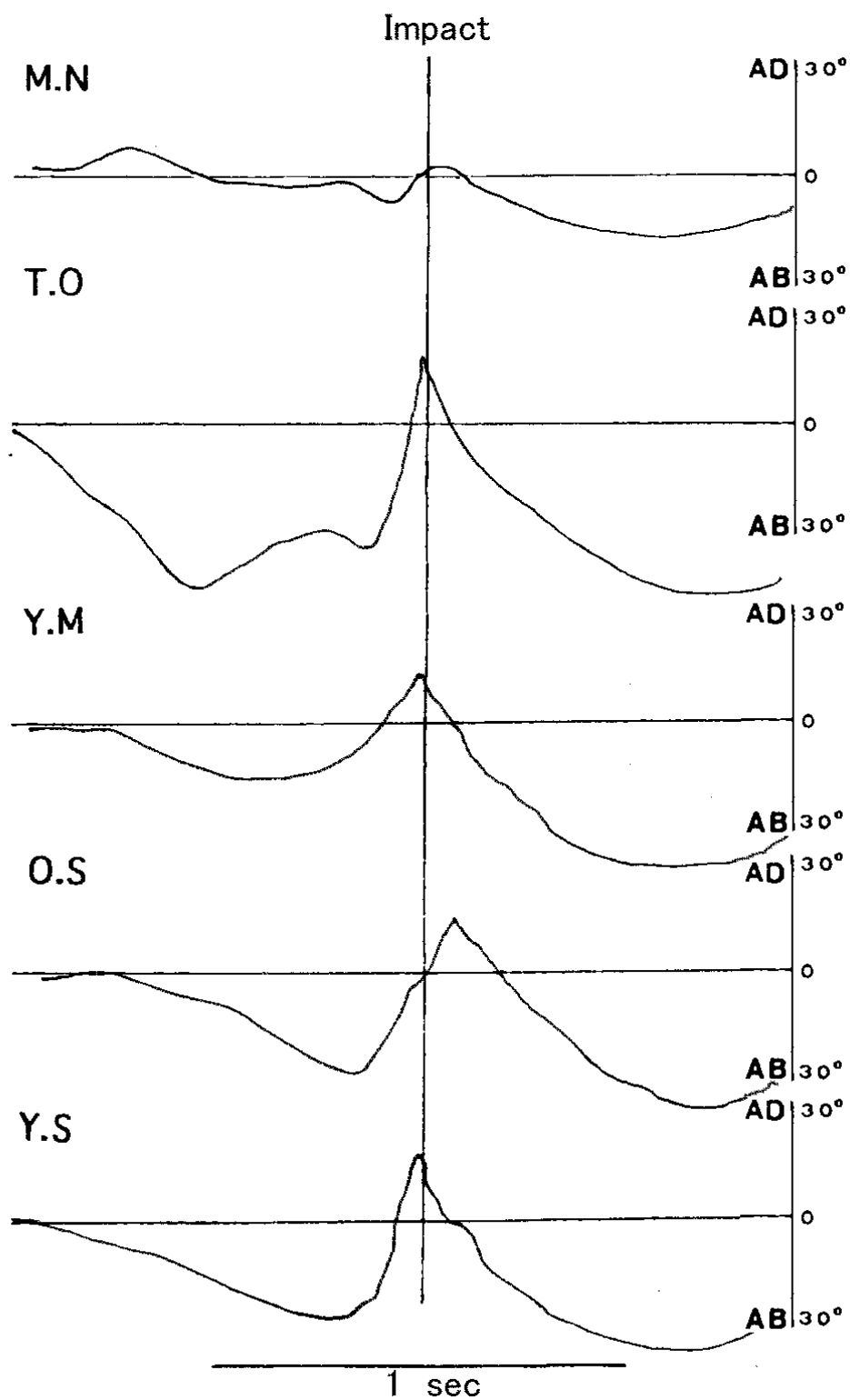


図4 スイング中における右手の内転,外転の角度曲線図
AD:Adduction, AB:Abduction

スイングで手首を手掌側へ少し屈曲しながら行い、その後、インパクトで最大に屈曲(27.6~34.6°)させながら打っていた。プロゴルフプレーヤーM.Nも上級者と波形パターンは類似していたが、インパクトでの左手首の屈曲は11.5°と少ない角度をあらわしていた。

図4には、右手の外転、内転の角度の時間経過に伴う変化を示した。右手の外転、内転角の変化では、5被験者の角度の大小の違いがみられたが、角度パターンは類似していた。プロゴルフプレーヤーM.Nのスイング中の右手の外転、内転角をみたとき、バックスイングからインパクト直前まで外転、内転が少ない(8.0°)方法で行い、インパクトではほぼ0°に近くであった。これは右手首をほとんど使わない方法をとっていた。上級者のT.O, Y.M, 初心者Y.Sは、バックスイングからトップまでに親指側にそれぞれ46.1°, 13.8°曲げ、その後18.4°, 13.8°曲げてインパクトしていた。また初心者O.Sは中級者T.O, Y.Mと同様なトップ付近までは似ていた波形であったが、インパクトでは0°に近かった。そして初心者Y.Sの右手の外転、内転の角度の変化パターンが中級者Y.MとO.Sとも類似していた。

3. 4 考察

スイング中の指先と手首の運動機能については動きが速いため、肉眼で観察することができなく、また左右の手首の筋力発揮状態についての先行研究はみることができない。手首の関節は前腕の遠位端がつくる凹状の関節窩と、近位の手根骨が一体になっている(服部, 1996)との報告があり、この手首の動きは前腕の橈骨と手根骨の運動で最大25°, 尺屈で55°になり、また背屈では70°, 掌屈

では 90° に動くことが一般的に理解されている .このように手首の関節における動きの可動域が大きいためにスイングをするためには調節が難しくなる .

本研究の結果から , まず左手の内転 , 外転についてみると , プロゴルフプレーヤー M.N はインパクト前に左手を少し外転 (親指側に曲げ) し , その後インパクト時では 0° まで戻していた . 他の被験者の左手の外転はプロゴルフプレーヤー M.N に対して約 2.2 ~ 3.7 倍 (27.6 ~ 46.1°) の曲げでバックスイングさせ , インパクトでは完全に戻らないまま打っていた . すなわちインパクト前に左手首の外転を大きくさせたことは , クラブを加速させる準備段階の要因であると考えられる . プロゴルフプレーヤー M.N は左手首の外転が少なかった原因として , まずリストを小さくさせるのは打点の正確性をつくるためと , また女子は男子に比べ非力であることがクラブを鋭角に保持しにくいことに関連すると考えられる . また初心者 O.S の内転 (小指側に大きく屈曲) しながらインパクトしていたことは , リストを多く使ってクラブをコントロールすることによりあらわれたものであろう .

スイング中の左手首の屈曲 , 伸展についてみたとき , 本研究のプロゴルフプレーヤー M.N はバックスイング時から少し屈曲 (手首側に曲げ) させインパクトを迎え , フォロースルーで大きく伸展 (手背側へ曲げる) させていた . また上級者の T.O , Y.M のインパクトでは大きく屈曲しフォロースルーをとっていた . 初心者 Y.S はインパクト直前に屈曲していたがインパクトでは 0° に近かった . 特にプロゴルフプレーヤー M.N での左手の手首の動き (内転 , 外転 , 12.6° , 屈曲 , 伸展 11.5°) 曲げて , 他の中級者 T.O , Y.M , 初心

者 O.S, Y.S より少なかった。これは左腕をより伸展させる forearm rotation (左手の回外の動き) に関係があるものと推測される。川島 (1992) はゴルフスイングのスティックピクチュアから、熟練者と未熟練者を比較した結果、熟練者ほどインパクト直前までクラブと腕の角度を鋭角に保っていることを報告した。井上ら (1999) はゴルフスイング中のコッキングについて高速度ビデオカメラを使い検証した結果、飛距離を伸ばす手段はインパクト直前までコック角を小さく保つことであると報告している。本研究においても、特にプロゴルフプレーヤー M.N はインパクト前に 12.6° だったが、インパクトでは 0° に戻し、手首の小さな外転、内転をしていることが明らかになった。このことはダウンスイング時にコック角を保ち、その後インパクトを行い、インパクト後に手首の外転をしている。すなわちクラブヘッドはインパクトからインパクト直後までは一平面上を通ることが良いとされているが、フォロースルーでは、手の位置も一平面から外れていることが明らかになった。

関口ら (1992) はスイング中の左手首の屈曲、伸展をゴニオメータ (XM110 型, Gilies 社製) を使用して測定した結果、熟練者は屈曲、伸展は少ないが、初心者は屈曲、伸展が大きかったと示している。スイング中の左手首の屈曲、伸展については、ほぼ本研究の結果と似ているが、初心者のスイングの左手首の屈曲、伸展が大きかったことは、スイングプレーンがゆがみやすくクラブフェイスの向きに安定性を欠ける結果になると考える。本研究のプロゴルフプレーヤー M.N のインパクトでの屈曲が少なかったことは、スイングプレーンを安定させるための動きと想定される。

ゴルフではクラブを両手で握るわけであるが、右打ちの場合、右

手に力を入れて打つことはクラブヘッドの軌道が一般にアウト インになり、カット打ちになりやすく、正確に打つことが出来なくなってしまう。ゴルフスイングにおいて、インパクト前後のクラブフェイスの打点の向きが重要である。インパクト前後にクラブフェイスは並進運動ではなく廻転運動を行っている（河村，1973）ため、クラブの長軸を中心としたクラブシャフトの近心帯が支点として運動転換を行うことがクラブヘッド速度を上昇させる。これらより本研究では右手首の外転、内転の角度変化をみたとき、5被験者共に外転（親指側に曲げる）させながらバックスイングし、トップをつくり、インパクト直前にアンコックしながらインパクトを迎えていた。右手首の使い方は熟練度によって角度の違いがあらわれたが、ほぼ類似した使い方であった。これらから、スイング中の右手首は左手首を補助するための使い方であることが示唆された。

3. 5 まとめ

ドライバーショットにおけるスイング動作の特徴を明らかにするため、熟練度の異なるプロゴルフプレーヤー（女子）、全日本学生ゴルフ選手クラス2名、また某大学同好会ゴルフ部選手2名の計5名を被験者として選出してスイング中の左手首の内転、外転および屈曲、伸展、右手首の内転、外転の変化と同時に左手の尺側手根伸筋と尺側手根屈筋について、分析した。得られた結果は次のとおりである。

- 1) スイング中の左手首の内転、外転において、プロゴルフプレーヤーM.Nと上級者のT.O, Y.Mについては、バックスイングからトップにしたがって外転（ $12.6 \sim 46.1^\circ$ ）させ、インパクトで

- は $0 \sim 13.8^\circ$ まで戻し，その後フォロースルーで外転していた．
- 2) スイング中の左手首の伸展，屈曲について測定した結果，プロゴルフプレーヤー M.N と上級者の T.O, Y.M は，まずバックスイングで手首を屈曲させ，その後インパクトでより屈曲 ($11.5 \sim 34.6^\circ$) させながら打っていた．一方，初心者 Y.S はインパクト前 140 ms で最大に屈曲 (25.3°) させ，インパクトでは屈曲 (10.7°) を少なくしていた．
 - 3) 右手首の外転，内転についてみた時，5 被験者共に，スイング中の角度の大小の違いがあるが，ほぼ類似した波形パターンを示した．バックスイングで外転させ，その後トップ付近までに外転した角度を戻す方法がみられた．インパクトではプロゴルフプレーヤー M.N, 初心者 O.S は 0° に戻していたが，上級者 T.O, Y.M, 初心者 Y.S は内転させていた．

第 4 節 本章のまとめ

本章では，ゴルフ熟練度の異なるゴルフプレーヤーに対して，ドライバーショットを行わせ，その時のグリップの 7 支点の指力（左手の小指，薬指，中指，親指，右手の人差指，中指，親指）の力を調べた．また，スイング中の左手の屈曲，伸展，右手の内転，外転について観察し，以下のような結果が明らかになった．

- 1) スイング中のプロゴルフプレーヤー，上級ゴルフプレーヤーの左手の小指，薬指，および中指の最大の力はインパクト時にあらわれていた．そして右手の親指はインパクトで加圧してない

ことが明らかになった。

- 2) スイング中の手首の加速度をみたとき，プロゴルフプレーヤーはインパクト前に出力したが，他のゴルフプレーヤーはインパクト直前に最大に達していた。
- 3) スイング中の左手首の内転，外転において，プロゴルフプレーヤーM.Nと上級者のT.O, Y.Mについては，バックスイングからトップにしたがって外転（ $12.6 \sim 46.1^\circ$ ）させ，インパクトでは $0 \sim 13.8^\circ$ まで戻し，その後フォロースルーで外転していた。
- 4) スイング中の左手首の伸展，屈曲について測定して結果，プロゴルフプレーヤーM.Nと上級者のT.O, Y.Mは，まずバックスイングで手首を屈曲させ，その後インパクトでより屈曲（ $11.5 \sim 34.6^\circ$ ）させながら打っていた。一方，初心者Y.Sはインパクト前140msで最大に屈曲（ 25.3° ）させ，インパクトでは屈曲（ 10.7° ）を少なくしていた。
- 5) 右手首の外転，内転についてみた時，5被験者共に，スイング中の角度の大小の違いがあるが，ほぼ類似したパターンを示した。バックスイングで外転させ，その後，トップ付近までに外転した角度を少なくさせていた。その後被験者により，インパクトでは 0° に戻していたり，内転していることが示された。

以上の結果から，スイング中にグリップの把握力では，インパクト時に左手の小指，薬指，中指はしっかり握り，右手の薬指は加圧させないようにすることがクラブを旨くコントロールすることを具体的に明らかにした。また手首の角度における時系列の変化をみると，ダウンスイング時のアンコックの時間的なタイミングがインパクト時の正確性に影響を及ぼすことが明らかになった。

第4章 スイング中の呼吸運動と関連筋 および眼球運動についての検討

第1節 はじめに

一般に日常生活では、我々は呼吸を無意識的に行っている。しかし、スポーツの場面では、呼吸の方法はアスリートがいろいろと工夫により効果的に行おうとする。また、スポーツにおける眼球運動の役割として、意識して対象物をしっかりみて正確なプレーをしようとする随意眼球運動があり、その場合には網膜に写った像をしっかりとみていることが大事であるとされている（穴戸ら、1990）。そこでゴルフプレーにおける呼吸運動や、眼球運動の分析研究をすることは、クラブで正確にボールを打つための一種のタイミングを掴むことにより、それがゴルフの技術の向上に役立つと考えられる。特にゴルフでは、静止している小さなボールをスイートスポットに対して正確に打たなくてはならないために、呼吸運動や眼球運動における微妙な変化もパフォーマンスに与える影響が大きいと考えられる。このような視点から、本章では、スイング中の呼吸運動や眼球運動の変化を実験的に分析し検討する。

第 2 節 スイングにおける呼吸相のパターンと 関連筋の検討

2 . 1 目的

浅見（1964）によれば，人間の呼吸は，普段は無意識のうちに体内の内部環境を恒常に保つように自動的に調整されている．呼吸運動は横紋筋によって行われており，従って呼吸筋は延髄の呼吸中枢から不随意支配を受け交代性に収縮と弛緩をくりかえしている．意識されない呼吸運動には，呼息と吸息の規則的なリズムが成り立ち，その時の呼吸の頻度と深さは呼吸中枢の興奮状態をあらわす．そこで呼吸筋は随意筋であるから意思によって呼吸のリズムを自由にコントロールすることが出来るので，呼吸数，呼吸相を複雑にしていると述べている．そこで，スポーツ動作では，熟練者によって呼吸相に違いがあらわれると考える．スポーツ動作のパフォーマンスを向上させるための呼吸法について，Bechbache（1977）は運動リズムと呼吸の関係について実験研究を行ったところ，運動による呼吸リズムへの影響はないと報告している．また Kay ら（1975）はトレッドミル上での歩行と呼吸の変化を調べた報告では，トレッドミル上での歩行回数と呼吸回数において明白なる関連性をみつけることはできなかった．ゴルフ以外のスポーツでの呼吸法についての研究ではその動作と呼吸法について多くが調べられてはいなく結論はでていないようである．

ゴルフスイング中の呼吸法についての先行研究は多くをみることができないが，Shudel（1934）は実験装置を工夫しながら，スイング中の呼吸について測定している．その結果，スイング中の呼吸

パターンは、深く息を吸って息を止めるパターンであると報告している。また増田ら（1971）はスイング中の生体の変化について1人のプロゴルフプレーヤーを対象に観察し、スイング中の呼吸の仕方として、浅く吸って、少し吐き出しながらの呼吸法を取っていると報告している。ゴルフ以外のスポーツでの呼吸に関係ある研究として、田島（1983）は剣道の動作中における呼吸の調整について、剣道の経験者に対し、鼻口にサーミスターをとりつけて呼吸波形からみた結果、熟練者は打撃直前に瞬間的に呼気を浅くしたり、また打撃直前に呼気終了期で呼気の切りかえをしていることを明らかにしている。蝶間林（1976）はテニスのレシーブのグラウンドストロークを行わせ、サーミスターを利用してみた呼吸波形から、インパクト時点において、熟練者では止息または呼気相であったが、未熟練者の多くは吸気相であったと報告している。また浅見（1964）も柔道投げ技に関する呼吸調整において動作発現時点では止息または呼気相で行われていると述べている。ゴルフはより遠くへ正確にボールを飛ばし、スコアを争うスポーツである。また、ゴルフショットは静止しているボールを打撃するために、スイング動作では人体の必要な筋肉の収縮と弛緩がタイミングよく行われることが必要である。そのための効果的条件をつくるには、呼吸方法も非常に関連を有するのではないかと考えた。

そこで本研究は、スイング中の良いタイミングを作るための呼吸方法を習得することが高いパフォーマンスを得ると考え、その呼吸の仕方をサーミスターによる方法と呼吸に関係する筋を抽出してその動きの詳細をより明らかにしようとしたものである。

2. 2 方法

被験者にはハンディキャップ (HDCP) が異なる男子 8 名のゴルフプレーヤーを選出し, 彼らを熟練度により各 4 名の 2 群 (熟練者群 $HDCP7 \pm 0.7$, 未熟練者群 $HDCP29 \pm 4.0$) に分けた. また被験者は, 全て右打法を普段より行っている者 (20~45 歳) であった. 実験は室内の実験室を利用し, 5 番アイアン (横浜ゴム製) を使用し実打させた. 実験の条件は, ストレートボールを打撃するように指示し, 打撃されたボール方向, 打点等を目視により確認し, 正確に打撃された時のデータを分析した.

またスイング動作中の呼吸の測定は呼吸ピックアップ (鼻孔型サーミスター, 日本電気三栄製) から信号を生体電気記録計 (CH1021 型, 日本電気三栄製) で増幅し記録した. 呼吸ピックアップは右鼻孔に固定した. また反対側の鼻孔を塞ぎ, 口は閉口させたが, 口の縁から空気が漏れないように唇上にテープを貼った. 本実験では, 呼吸曲線を主に検討するため, 同時に 4 筋の筋電図を記録した. 左三角筋 (L.M.deltoides (del)), 左尺側手根伸筋 (L.M.extensor carpi ulnaris (ecu)), 左右外腹斜筋 (R&L.M.obliquus extenus abdominis (oea)) に表面電極法を利用して導出した. データは筋電計 (CH-102 型, 日本電気三栄製) を介し, データレコーダ (MR 型, Teac 製) に入力し, その後パーソナルコンピュータ (PS-920H 型, Teac 製) のプログラムで EMG を整流化 (整流器, N4779 型, 日本電気三栄製) して分析した. またスイング中のインパクト (ボールとクラブの接触点) は, 光センサー方式 (応答特性 1 ms, EC3 型, 立石電機製) により光電増幅器 (EC3 型, 立石電機製) を用いて同期させた. スイング中の各局面は VTR カメラ (C-52 型, 日立製)

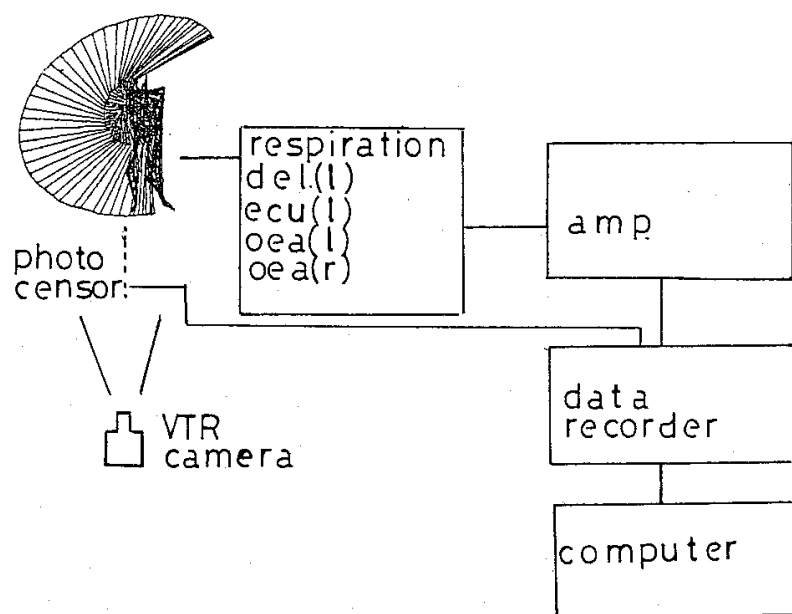


図1 ゴルフスイング時の呼吸相の実験概要

を用いて，シャッター速度 1ms に合わせ，60FPS で撮影した．実験の概要は図 1 に示した．また，クラブヘッドの最大速度はヘッド速度測定器（GL-500 型，横浜ゴム製）でインパクト直前を測定した．統計処理については，呼吸曲線のスイングにおける各局面の最大値を測り，群間の比較をした．なお，4 筋は整流化し観察した．

2. 3 結果

図 2，3 および表 1 に熟練者群と未熟練者群のスイング中の呼吸曲線と最大値を示した（図 2，図 3 は各典型例）．熟練者群の呼吸曲線は滑らかな型を描いていたが，一方未熟練者群では大きな山型の波形を作り出していた．この波形からスイングの局面での最大波形 (V) を計算し，その後，両群の統計処理を行った結果，A-T にお

表 1 スイング中における呼吸曲線からみた各局面の最大呼吸値 (V) とインパクトからの時間 (ms)

| phase | Skilled(N=4) | | Unskilled(N=4) | | t test |
|-------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|--------|
| | (V) Mean±SD | (ms) Mean±SD | (V) Mean±SD | (ms) Mean±SD | |
| A-T | 0.35±0.10 | 630±20 | 1.20±0.70 | 530±120 | n.s. |
| T-I | 1.50±0.50 | 150±10 | 1.27±0.80 | 180±50 | p<0.05 |
| I | 0.16±0.05 | 0 | 1.23±0.79 | 0 | p<0.05 |
| I-F | 0.25±0.11 | 360±70 | 0.47±0.16 | 750±10 | n.s. |

A-T:Address to top,T-I:Top to impact,I:Impact,I-F:Impact to finish

いて熟練者群 (0.35±0.10 V), 未熟練者 (1.20±0.70 V), T-I の局面では熟練者群 (1.50±0.50 V), 未熟練者群 (1.27±0.80 V), および I 局面で熟練者群 (0.16±0.05 V), 未熟練者群 (1.23±0.79 V), T-I 局面, I 局面において熟練者群と未熟練者群で統計的な差異 (P<0.05) が明らかになった。すなわち呼吸 (V) の大小を熟練者群と未熟練者群と比較してみると, A-T 局面で熟練者群 > 未熟練者群, T-I 局面では熟練者群 > 未熟練者群, I 局面では, 熟練者群 < 未熟練者群になる。

図 2, 図 3 には, スイング中における左三角筋, 左尺側手根伸筋, 左右外腹斜筋の筋電図 (熟練者 K と未熟練者 Y) の代表例である。また, 他の各 3 名の熟練者, 未熟練者を含めて観察した。図中には 4 局面 (アドレスからトップ (A-T), トップからインパクト (T-I), インパクト (I), およびインパクトからフォロースルー (I-F) を通しフィニッシュ) とその時点 (インパクトからの時間量) を示した。スイング 4 局面の筋放電について, 熟練者と未熟練者間の筋電図の結果, まず左三角筋の A-T の局面では熟練者が相対的にインパクト前に低い放電に対し, 未熟練者ではインパクト前に高い放電様相で

あり，Ⅰの局面では，熟練者が高い放電を示し，未熟練者は低い放電がみられた．

左尺側手根伸筋のスイング中の放電パターンをみたところ，A-T，T-I，I-F局面のそれぞれで，熟練者は未熟練者に対して，強い放電パターンがあらわれた．

スイング中の左外腹斜筋の筋放電を各局面からみたとき，熟練者と未熟練間に放電パターンが異なっていた．特にA-T局面では，未熟練者はインパクト前に高い放電があったのに対し，熟練者はその局面で低い放電の傾向を示した．

Ⅰの局面の筋放電は，熟練者・未熟練者共に大きな差異は観察されなかった．

右外腹斜筋の筋電図を観察したところ，熟練者と未熟練者の違いが顕著にみられたのは，A-TとⅠの局面であった．A-T局面においては，熟練者が高い放電であったが，未熟練者は低下する傾向を示した．次にⅠ局面の熟練者は収縮が大きかったが，未熟練者の収縮は小さい傾向を示した．

インパクト直前の最大ヘッド速度をヘッド速度測定器（GL-500型，横浜ゴム製）で実測し，その平均値を計算した結果，熟練者群が $37.9 \pm 1.1 \text{m/s}$ であり，また未熟練者群が $32.3 \pm 2.8 \text{m/s}$ となり，両群間に有意な差（ $P < 0.05$ ）がみられた．

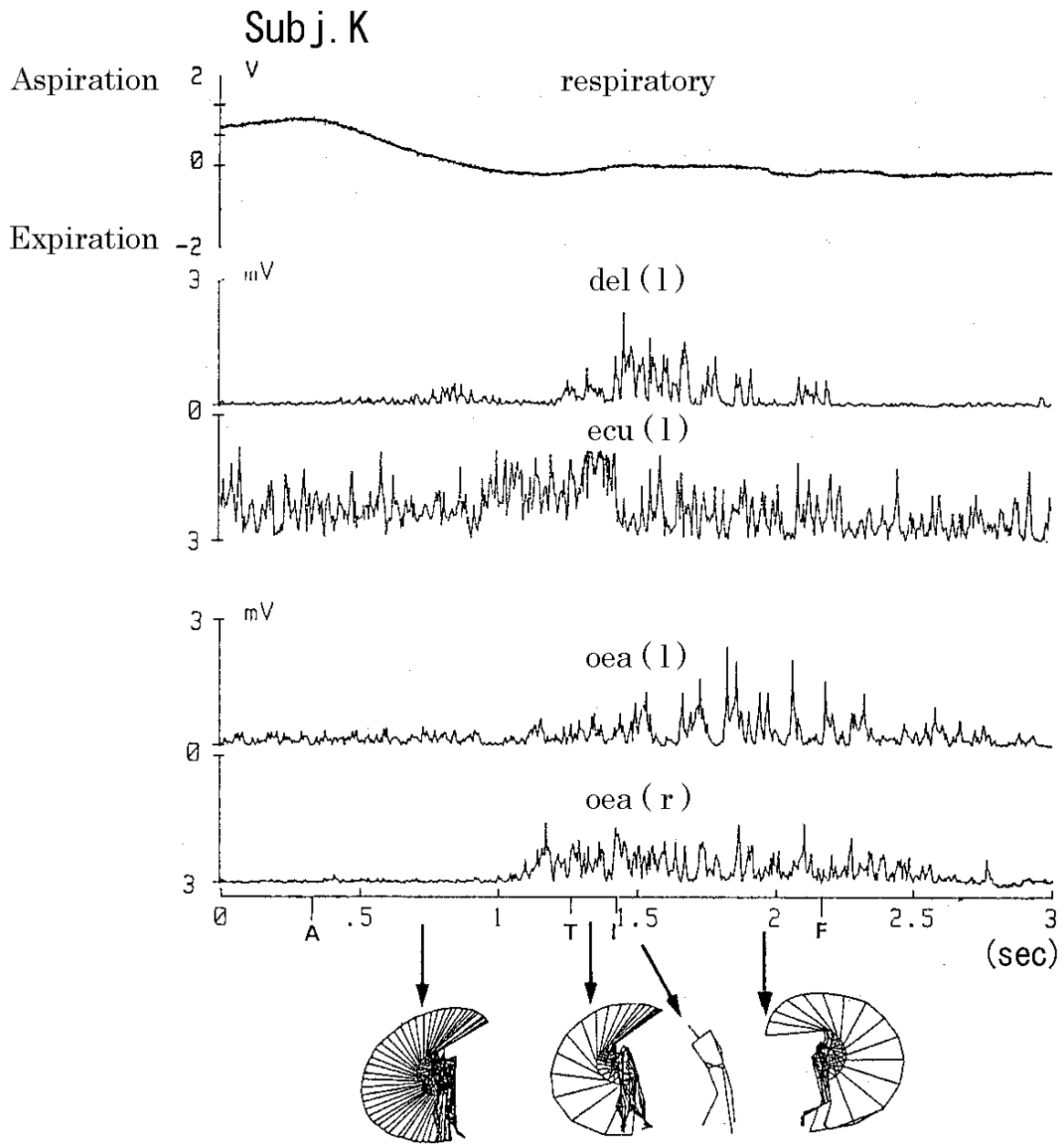


図2 熟練者のスイング中における呼吸曲線 (respiratory), 左三角筋 (del(l)), 左尺側手根伸筋 (ecu(l)), 左外腹斜筋 (oea(l)), 右外腹斜筋 (oea(r)) の筋電図 (REMG).
 A:Address, T:Top, I:Impact, F:Finish

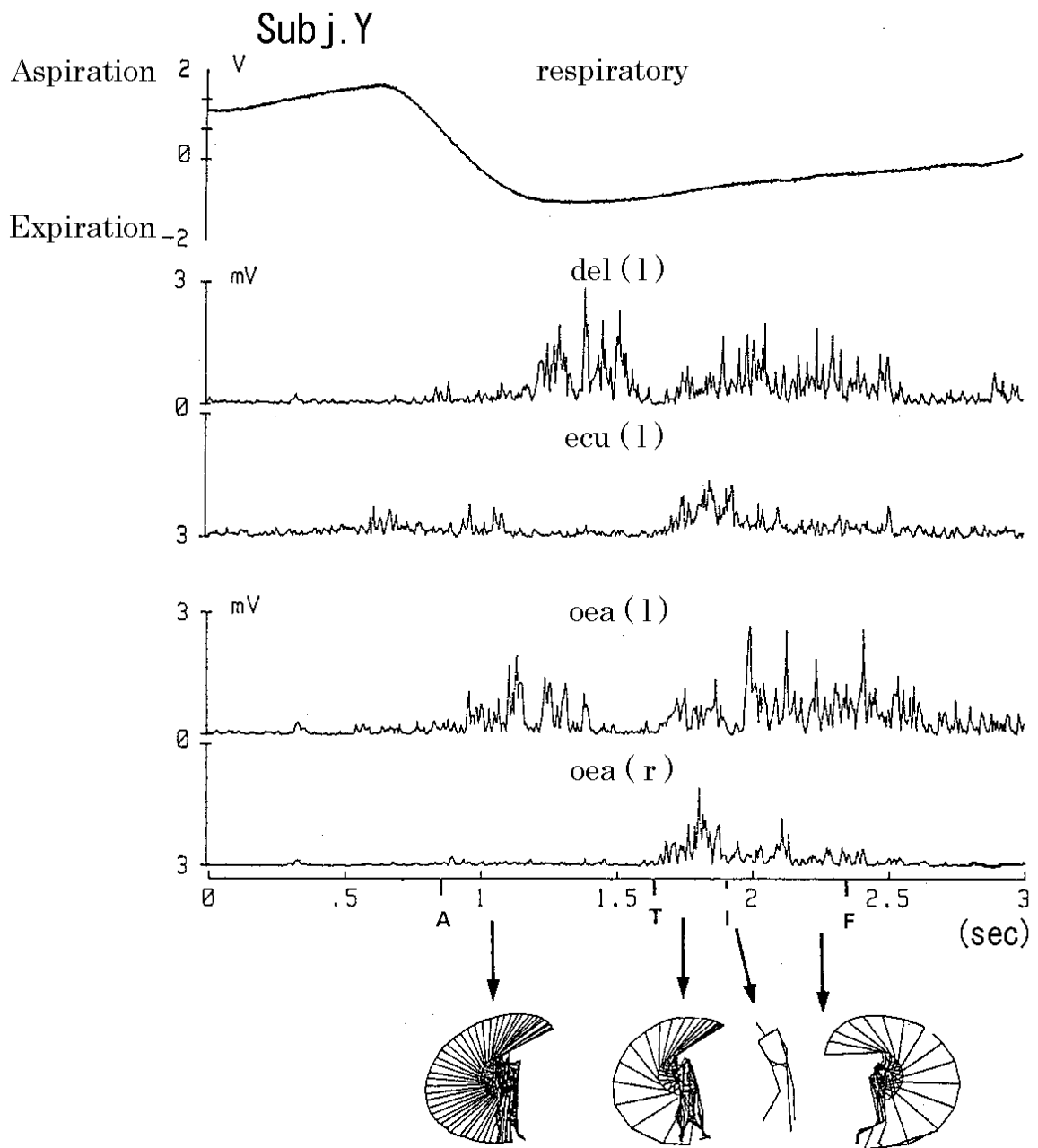


図3 未熟練者のスイング中における呼吸曲線 (respiratory), 左三角筋 (del(1)), 左尺側手根伸筋 (ecu(1)), 左外腹斜筋 (oea(1)), 右外腹斜筋 (oea(r)) の筋電図 (REMG).

A: Address, T: Top, I: Impact, F: Finish

2. 4 考察

普段、呼吸運動は不随意的に行われているが、運動の強度や環境の変化により影響を受けやすい。ゴルフプレーにおいて例えば、急な谷から登ってきて、急いでショットをするようになり、また序々に興奮状態が続きショットをする状況になった時に呼吸法がくるいを生じ、スイングのタイミング、リズムを悪くするように思われる。

本研究結果では、ゴルフ習熟度の違いによるゴルフプレーヤーを比較して、呼吸の仕方とスイングとの関係を追求し、より高いスイングパフォーマンスをみようとするわけである。図2、図3からこのバックスイング時の呼吸曲線を観察したところ、熟練者Kはゆるやかなカーブを描いていたことの原因として、吸気を停止している方法を取っているように伺える。一方、未熟練者Yの呼吸曲線をみたとき、大きな振幅の変化を作っていた。この差異について、熟練者Kのスイングは習得した要素が高いため、高い技術レベルでスイングを行うことができた結果、浅い呼吸でスイングしていた。しかし未熟練者Yはスイングのための筋活動の時間的調節が不安定のため、呼吸が乱れたものと推測される。すなわち、呼吸曲線パターンでの類似性は、スイングを開始する直前に吸気をし、そのまま呼吸を停止状態にさせながらバックスイングを終了させ、トップを作ってフォロースルーにもっていく様相である。本研究の呼吸曲線(図2、図3)とスイング時の各局面の最大呼吸値(V)(表1)からみて、熟練者群と未熟練者群の異なる点では、熟練者群は、バックスイングをする前に浅く吸気をさせ、バックスイングに入った時にはほとんど息を停止させ、その後そのままの状態で行う。

一方未熟練者群は、特に深い吸気でバックスイングさせ、その後、少しずつ息を呼気させているような仕方でフォロースルー、そしてフィニッシュまでもっていった。

本研究結果の図2、図3は熟練者Kと未熟練者Yの代表的な筋電図であるが、スイング中のきっかけを作る左三角筋と左尺側手根伸筋を筋電図学的に観察したところ、熟練度によってその放電様相パターンが違っていた。この図中からみられるように左三角筋では、熟練者Kのバックスイング時に放電が少ないのに対して、未熟練者Yは放電が高かった。また熟練者Kは筋放電を高く保ちながらインパクトを迎えていたが、未熟練者Yはインパクトで筋放電が少ない様相を観察した。これらの筋放電の様相において、熟練者Kはバックスイングの仕方として肩峰部をリラックスしながら行い、インパクトで緊張させているのに対し未熟練者Yのバックスイングでは、スムーズ性に欠けている。インパクトでは、三角筋の緊張が不足していると言える。スイング中の左尺側手根伸筋の放電パターンは、左三角筋の放電パターンとは逆な傾向がみられた。すなわち、熟練者Kのバックスイングでは、筋緊張が高かったのに対し、未熟練者Yの筋の放電は低かった。このことは、左手を使用することによりクラブヘッドをターゲットライン（目標の線）に正確に動かための一つの要因と考える。本研究結果においても、熟練者群の質的に高い運動機能が効率よく発揮されパフォーマンス（ヘッド速度を上昇）を向上させたことが原因と考えられる。徳山ら（1984）は青木功プロゴルフプレーヤーのドライバー時の筋電図をみた結果、インパクト時に主に左右の上腕三頭筋、左上腕二頭筋、左背柱起立筋、前脛骨筋の放電が高いのが観察されたと報告している。また、川島

(1981)はスイング中に関係する筋のうち、プロゴルフプレーヤーはインパクトに左右の上腕二頭筋、左三角筋、右大殿筋、右腹直筋、右大腿直筋に放電がみられたが、未熟練者ゴルフプレーヤーはスイング中に連続的に左右の上腕二頭筋、右大殿筋、左右の大腿直筋に放電があらわれていた。すなわち、プロゴルフプレーヤーはインパクト直前(2ms)からインパクトまでに集中して発現するのみであったが、未熟練者のゴルフプレーヤーは終始持続的に放電していた。

次にスイング中の呼吸に関係のある外腹斜筋の筋電図では、バックスイングを開始してまもなく、熟練者と未熟練者で左右の外腹斜筋に放電パターンの違いが認められた。この放電の違いについて、まず熟練者は呼吸を比較的に浅く行っているのに対し、未熟練者は不規則な呼吸を行っていることを物語っている。Shudel(1934)はスイング中の呼吸法について、バックスイング前まで深く吸いこみ、バックスイングに入った時は停止させていると報告している。女子プロの岡本(1982)は経験上、息は浅く吸い、その後意識しないでスイングすると述べている。増田ら(1971)は、プロのスイング中の呼吸法を観察したところ、スイング中の呼吸曲線は滑らかな型であり、特にダウンスイング時には少し息を吐いていると報告している。これらはほぼ本研究の結果と一致している。ゴルフプレー中、試合に慣れないゴルフプレーヤーほど、息がはずみ自分の意思ではどうにもコントロールすることが出来ない興奮がおこり呼吸数がふえる。この原因として浅見(1964)は脳の興奮が延髄の呼吸中枢を刺激して呼吸を激しくしたと述べている。本研究における未熟練者群はゴルフ経験が少ないため感情の影響をうけて、呼吸運動に変化をきたしたものと思われる。一方、熟練者群の呼吸曲線の値(V)

が小さかったことは、呼吸運動にたずさわる呼吸中枢の興奮が少なく、呼吸筋の小さな収縮と弛緩が行われていたものと考えられる。このことに関し Karpovich ら（1975）は短距離のスタートと呼吸の関係について、競技者は用意の号令の後で普通呼吸を止める。このようにする理由として、音に対する機敏さを助長し、また胸と腹を動かさないほうが、脚と腕の推進力が強くなると述べている。また芝山ら（1967）は呼吸と随意運動の関連を明らかにするため、サーミスターにより呼吸曲線と握力計から握力変化を電圧変化でみた結果、随意的な筋力発揮に速度因子の関与する phasic type に属するパターンと考えたと述べている。

本研究の結果から、優れたゴルフプレーヤーは、ゴルフのトレーニングや長年のゴルフの経験を通して、また呼吸がゴルフ技術を発展させる直接の因子にはならないが、スイングのメカニズムを熟知し、スイングのリズム、タイミングを修得（経験を重ねる）することが安定したスイングを行うための有効な手段の一つと考えられる。

2. 5 まとめ

スイングにおける呼吸法を熟練者群と未熟練者群に分け、呼吸曲線の各局面（アドレス、トップ、インパクト、フォロースルーおよびフィニッシュ）から調べた。またスイングに関係する左三角筋、左尺側手根伸筋、左右の外腹斜筋の筋電図学的に分析した結果、次のことが明らかになった。

- 1) スイング中の呼吸曲線において熟練者 K と未熟練者 Y を比較した結果、熟練者 K の呼吸曲線はアドレスからバックスイングに

入るときに呼吸を停止させその後、インパクト、フィニッシュまで呼吸を行っていなかったのに対し、未熟練者 Y はバックスイングさせると同時に呼息をさせ、その後インパクトからフォロースルーまでより呼息をしている呼吸パターンの差異が認められた。

- 2) スイング中各局面の最大呼吸値 (V) をみたとき、トップ - インパクト (T-I) ($P < 0.05$), インパクト (I) ($P < 0.05$) の局面で、熟練者群は未熟練者群に比較して呼吸曲線が滑らかであり、統計的に有意であると認められた。
- 3) スイング中の左三角筋ではバックスイング時において熟練者が未熟練者より低い放電であり、インパクトでは熟練者が未熟練者より高い放電パターンが示された。
- 4) スイング中の左尺側手根伸筋において、バックスイングとインパクトに熟練者は未熟練者に比べ、高い放電の様相であった。
- 5) スイング中の左右の外腹斜筋において、特にインパクト付近で熟練者は未熟練者と類似した放電様相であった。

以上の結果から、スイングにおける呼吸法として、バックスイングに入る前に浅く息を吸い、その後息を停止させるような方法がスイングのリズムやタイミングを掴み、有効なスイングを形成する一要因となると明らかにした。

第3節 スイングにおける眼球運動の検討

3.1 目的

松崎(1985)はスポーツにとって視知覚,眼運動系は極めて重要で,決定的な要素である.外界のあらゆる情報のほとんどは眼を通して入ってくる.そして網膜に投影されたアナログ信号は,ニューロンを介してデジタル信号に変えられて第一次視中枢である外膝状体に達し,そこからの視路は視方線となって後頭葉の視覚中枢に達する.この視覚中枢は前頭葉,頭頂葉,側頭葉間と long fiber で連絡しあい,一方これもまた複雑な経路をとる眼球運動系とも連合してゆく.そしてこれらの諸機能の統合機構が最も発達しているのがすぐれたスポーツ選手といえると述べている.従来,経験的にゴルフスイングを覚えるためには,ボールをよく見ながら打つことによりボールをクラブフェイスで正確に打てるようになり,その結果,スイングが把握されてくると思われる.しかし,ボールをしっかり見ないで打つと,タイミングが悪く,リズムに狂いが生じて旨く打つことが出来ないことが多い.ゴルフは手から打撃面が離れており(約0.7~1.2m),打撃面が狭いため,クラブを速く振れば,正確性に欠け,ボールが飛ばなくなる.よって正確性と速さが要求されるスイング動作は他の打動作に比較して難しいと思われる.ゴルフスイング動作を解明するには身体の動きを詳細に理解することが必要と思われる.また,一般的にヘッドアップをすることはスイングの軌道が不安定になると言われている.これらから良いスイングはボールをよく見て身体を中心を軸にしてヘッドアップしないでクラブヘッドを振る運動が重要であると思われる.したがって,

正確にクラブを振るためには、まずボールの位置をしっかりと確認し、ボールを注視しなければならない。すなわち、スイング中の眼の動きが重要となるのである。

東ら（1987）によれば、眼球電位の原理について、常に角膜側が陽性（+）で後極側が陰性（-）となる常存電位が存在している。この常存電位を直接記録することは難しいため、眼球運動を行わせることによって起こる眼球周囲の電場の変化を誘導増幅して記録することにより、間接的に常存電位を測定する方法がとられている。また、内眼角部と外眼角部に電極を置いた場合、眼球が正面視の状態では2つの電極間に電位差は生じないが、右方視させると角膜が近づいた側の電極は陽性の電位を帯び、後極部が近づいた側の電極は陰性の電位を帯び、2つの電極間には電位差が生じる。また、左方視させた場合、この極性は逆となる。これらの左右への眼球運動を行った際に起こる両電極間の電位差が間接的な眼球の常存電位として示されると報告している。

これらの眼球電位の原理をもとに、スポーツ動作における眼球の動きの先行研究をもとに本研究はゴルフスイング中の眼の動きの研究に着手した。

ゴルフ以外での眼球運動の研究は、宍戸ら（1991）が自動車の運転に際しての運転者がいろいろな状況のもとで視覚機能をどのように使っているか、運転時の注意を知る（performance）目的で水平方向と垂直方向の眼球電位をとって調べた結果、高速道路を走行中に左右のバックミラーを見たり、窓外の視線を移動させたり速度計を、それぞれ注視した結果を示している。このように人間工学の分野では眼球運動が研究の一部として行われている。また Fleming

ら(1965)は指標追跡にともなう眼球および頭部の運動を調べた結果、視野を横切って注視点が大きく移動する場合、眼球だけでなく、必ず頭部も回転して対象への注視を助けているということを明らかにしている。

ゴルフにおけるスイング中の眼球の動きについては宍戸ら(1990)が眼球電位から左右の動きを調べた結果、上級者の眼球電位はスイング中に小さかったという結果を示した。しかしながら、被験者が熟練度の異なる3名を選定したにすぎず、厳密に行われてこなかったきらいがある。そのため特に本研究では熟練者の選定にあたっては、ゴルフのスキルの相当高い熟練者群と普段定期的にゴルフ練習は行っているがスキルの低いゴルフ部同好会の未熟練群に分けた。これらは両群の特徴を引き出すために注意深く行った。そして、ゴルフにおける眼の動きについては以前の眼球電位図の研究結果を参考にした。更にスイング中の眼球運動の持つ特性要因を引き出すためスイング中の左右の動きに加えて上下の眼球の動き、または頭部の変動について記録しながら、スイングのメカニズムを明らかにすることを研究目的とした。

3. 2 方法

被験者は熟練者群として某大学ゴルフ部の学生で、男子のレギュラー選手6名(HDCP=5.5±1.8)と某大学ゴルフ同好会の男子学生の未熟練者群6名(HDCP=28.0±3.6)であった。

すべての被験者は右打法を普段行っているプレーヤー(年齢19~21歳)である。実験を行う前にランドル環の視力検査により、5mの静止視力で視力検査を行い、ローゼンバッハ法により利き眼

を調べた（表 1）。実験は実験室内で行い，各被験者にドライバークラブ（メタルヘッド，カーボンシャフト，シャフト硬度 R，長さ 43 インチ）を用いて実打させた。

実験の条件はストレートボールを打つように指示し，正確に打撃されたデータを分析した。その結果，安定した結果のデータのみを

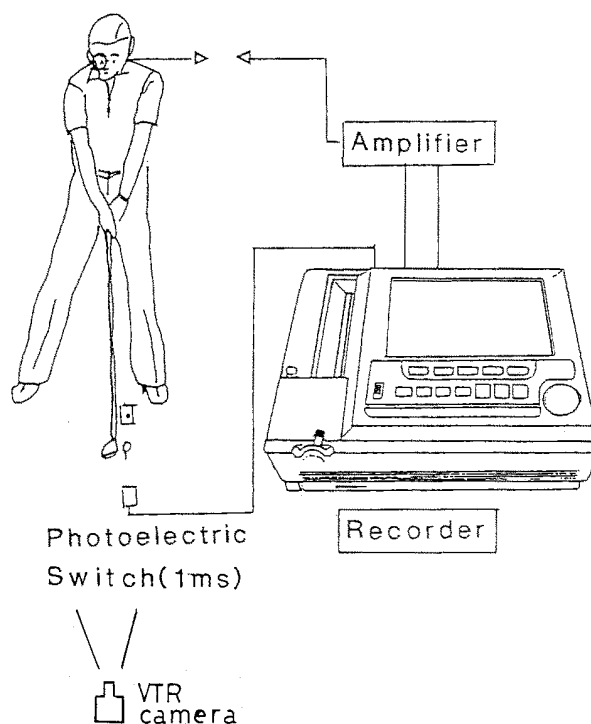


図 1 実験概要図

分析した。スイング中の眼球運動の分析は東ら（1987）の方法にしたがって行った。

電極（銀塩化銀皿電極，日本電気三栄製）を利き眼の視軸の内外眼角部（左右方向）と上下眼瞼の位置に皮膚表面をアルコールで十分に拭いて電極を貼った。眼球電位は眼球周囲の電場の変化を眼球電位・生体電気増幅器（CH1021 型，アダプターコード 47523 型，日本電気三栄製）から導出し，眼球電位の特性から，増幅器の感度

は校正信号発生装置で実験前後に校正波形を記録し、 $250 \mu V/cm$ に設定した。これらは東ら（1987）の眼球運動の測定方法により行った。眼が左右、上下どちらかに向いているかを検出した後、記録計（RT3108型、日本電気三栄製）で記録した。眼球電位図において、顔正面と目線が一致しているときに、電位出力は0で基線上となる。スイング中の動きについては、補助的に頭頂部の加速度を記録することによって得た。特別に加工したゴルフ帽子を作成し、被験者の頭部に合わせ固定し、その帽子の頭頂部に加速度ピックアップ（3G、圧電式加速度計、540-B、新日本測器製）を固定して、加速度の信号を増幅器（505-TRP、新日本測器製）に入力し、その後、記録計（RT-3108型、日本電気三栄製）に記録し分析した。インパクト点は、フォトセンサー（応答特性1ms、EC3型、立石電機製）を光電増幅器（EC3型、立石電機製）にたとし同期させた。またスイング中の各局面はVTR（C-52、日立製）を利用し、シャッター速度1msに合わせ、60FPSで撮影し分析した（図1）。また、クラブヘッドの最大速度はヘッド速度測定器（GL-500型、横浜ゴム製）でインパクト直前を測定した。統計分析はスイングの各局面の最大電位値を計算し、その後、熟練者群と未熟練者群の数値をt検定で検定し、有意水準は5%未満とした。

表 1 被験者の形態と機能測定結果

| Subj. | Parameter | | Age Unit(yrs.) | Standing height (cm) | Body weight (kg) | Grip Strength (r) (kg) | Back Strength (l) (kg) | Visual Acuity | | Effect Eye (r & l) | HDCP (0~36) | Career (yrs.) | |
|----------------|-----------|-----|-------------------|----------------------------|------------------------|------------------------------|------------------------------|---------------|-----|-----------------------|----------------|------------------|-----|
| | (r) | (V) | | | | | | | | | | | |
| Skilled(N=6) | | | | | | | | | | | | | |
| A.T | | | 21 | 180.7 | 78.4 | 60.7 | 62.7 | 156.8 | 1.5 | 1.5 | r | 4 | 8 |
| J.N | | | 19 | 170.1 | 81.3 | 57.8 | 57.8 | 161.7 | 1.0 | 1.0 | r | 3 | 5 |
| N.J | | | 20 | 169.1 | 79.3 | 54.8 | 52.9 | 130.3 | 1.0 | 0.9 | r | 5 | 5 |
| I.G | | | 18 | 175.0 | 63.7 | 53.9 | 49.0 | 147.0 | 1.2 | 0.8 | r | 7 | 8 |
| N.K | | | 20 | 168.1 | 53.9 | 45.0 | 48.0 | 132.3 | 1.5 | 1.5 | l | 8 | 7 |
| T.B | | | 19 | 174.0 | 70.5 | 49.0 | 47.0 | 153.8 | 1.5 | 1.5 | l | 6 | 9 |
| Mean | | | 19.5 | 172.0 | 71.1 | 46.7 | 52.9 | 146.9 | 1.2 | 1.2 | | 5.5 | 7.0 |
| SD | | | 1.0 | 4.3 | 9.8 | 5.2 | 5.7 | 11.9 | 0.2 | 0.3 | | 1.8 | 1.5 |
| Unskilled(N=6) | | | | | | | | | | | | | |
| A.S | | | 19 | 168.1 | 62.7 | 52.9 | 46.0 | 169.5 | 0.5 | 0.5 | l | 24 | 4 |
| O.O | | | 20 | 168.8 | 84.2 | 51.9 | 51.4 | 230.3 | 1.2 | 0.8 | r | 27 | 2 |
| S.K | | | 19 | 170.0 | 52.9 | 50.4 | 47.5 | 134.2 | 1.5 | 1.2 | r | 30 | 3 |
| I.S | | | 20 | 164.8 | 57.8 | 40.1 | 43.1 | 137.2 | 0.8 | 1.2 | l | 25 | 5 |
| K.B | | | 20 | 165.2 | 58.8 | 57.8 | 51.4 | 202.8 | 2.0 | 2.0 | l | 27 | 4 |
| Y.D | | | 19 | 173.1 | 66.6 | 39.2 | 41.1 | 107.8 | 1.2 | 0.8 | r | 35 | 4 |
| Mean | | | 19.5 | 168.0 | 71.1 | 48.7 | 46.7 | 125.6 | 1.2 | 1.1 | | 28.0 | 3.6 |
| SD | | | 0.5 | 2.8 | 10.4 | 6.8 | 3.9 | 42.2 | 0.5 | 0.5 | | 3.6 | 1.0 |

3. 3 結果

表 2 , 表 3 と図 2 から示すように , スイング中における眼球の左右 , 前後の動きに関連して熟練者群 (6 名) と未熟練者群 (6 名) の各局面 (バックスイング期 (アドレスからトップ) , インパクト期 (ボールがクラブと接触するところ) , フォロースルー期 (インパクトからフィニシュ) から校正値の $500 \mu V$ から電位値を求めて分析した .

まず , バックスイング期の左右の眼球運動で , 熟練者群が $225 \pm 83 \mu V$ に対し , 未熟練者群は $620 \pm 333 \mu V$ であり , 両群間 ($t=2.81$, $P<0.05$) で有意差が認められた . その後のインパクト期においても , 熟練者群は $214 \pm 64 \mu V$, 未熟練者群は $594 \pm 382 \mu V$ となり , 両群間では , 有意な差 ($t=2.40$, $p<0.05$) が示された . しかし , フォロースルー期では , 熟練者群が $297 \pm 223 \mu V$, 未熟練者群が $571 \pm 482 \mu V$ であり , 各群間に有意差が示されなかった .

表 3 , 図 2 , 図 3 から , 上下の眼球運動をみたとき , バックスイング期において , 熟練者群が $118 \pm 97 \mu V$, 未熟練者群で $237 \pm 246 \mu V$ の結果であったが統計的には有意差を示さなかった . その後 , インパクト期では , 熟練者群が $225 \pm 165 \mu V$ であり , 未熟練者群で $582 \pm 362 \mu V$ の結果であり , 統計数値に有意差 ($t=2.58$, $p<0.05$) が示された . フィニシュ期では , 熟練者群 $154 \pm 114 \mu V$, 未熟練者群 $237 \pm 107 \mu V$ の間に統計的に差異が認められなかった .

表 4 , 図 4 から , スイング中における左右の頭頂部の動きを加速度数値と加速度曲線からみると , 熟練者群は $1.7 \pm 0.34G$ であり , 未熟練者群は $2.18 \pm 0.17G$ の結果となり , 両群間に有意差 ($t=3.10$, $p<0.05$) が示された .

表2 スイング中におけるスイング各局面の最大眼球電位（左右）

| | A-T | T-I | I-F | (Unit= μ V) |
|-----------------|----------|----------|------------|-----------------|
| Skilled (N=6) | | | | |
| A.T | 142 | 300 | 571 | |
| J. N | 142 | 214 | 214 | |
| N. J | 214 | 142 | 214 | |
| I. G | 214 | 142 | 214 | |
| N.K | 286 | 271 | 714 | |
| T.B | 357 | 214 | 357 | |
| Mean | 225 | 214 | 297 | |
| SD | 83 | 64 | 223 | |
| Unskilled (N=6) | | | | |
| A. S | 357 | 1071 | 357 | |
| O. O | 286 | 1071 | 214 | |
| S. K | 928 | 286 | 856 | |
| I. S | 1071 | 214 | 357 | |
| K. B | 363 | 428 | 214 | |
| Y. D | 714 | 499 | 1428 | |
| Mean | 620 | 594 | 571 | |
| SD | 333 | 382 | 482 | |
| t | 2.81(5%) | 2.40(5%) | 0.88 (n.s) | |

Direction = Right-left. A-T:Address to top,
T-I:Top to impact,I-F:Impact to finish

表3 スイング中におけるスイング各局面の最大眼球電位(上下)

| | A-T | T-I | I-F | (Unit= μ V) |
|-----------------|------------|----------|------------|-----------------|
| Skilled (N=6) | | | | |
| A.T | 286 | 128 | 357 | |
| J. N | 71 | 71 | 142 | |
| N. J | 0 | 71 | 71 | |
| I. G | 142 | 428 | 71 | |
| N.K | 71 | 142 | 71 | |
| T.B | 142 | 214 | 214 | |
| Mean | 118 | 225 | 154 | |
| SD | 97 | 165 | 114 | |
| Unskilled (N=6) | | | | |
| A. S | 214 | 214 | 428 | |
| O. O | 142 | 214 | 142 | |
| S. K | 0 | 999 | 214 | |
| I. S | 214 | 928 | 285 | |
| K. B | 142 | 357 | 142 | |
| Y. D | 714 | 785 | 214 | |
| Mean | 237 | 582 | 237 | |
| SD | 246 | 362 | 107 | |
| t | 1.10 (n.s) | 2.58(5%) | 1.29 (n.s) | |

Direction = Up-Down A-T:Address to top,
T-I:Top to impact,I-F:Impact to finish

表 4 スイング中における頭頂部の最大加速度

| | Skilled (N=6) | | Unskilled (N=6) | | |
|--------|---------------|-------|-----------------|-------|------|
| | (R-L) (G) | (U-D) | (R-L) (G) | (U-D) | |
| A. T | 1.5 | 1.0 | A. S | 2.2 | 1.5 |
| J. N | 1.3 | 0.6 | O. O | 2.1 | 1.1 |
| N. J | 1.7 | 0.5 | S. K | 2.5 | 1.3 |
| I. G | 2.2 | 1.4 | I. S | 2.0 | 1.6 |
| N. K | 2.0 | 1.3 | K. B | 2.2 | 1.3 |
| T. B | 1.5 | 1.0 | Y. D | 2.1 | 1.3 |
| Mean | 1.70 | 0.90 | Mean | 2.18 | 1.35 |
| SD | 0.34 | 0.36 | SD | 0.17 | 0.17 |
| t=3.10 | (R-L) (5%) | | | | |
| t=2.33 | (U-D) (n.s) | | | | |

また、スイング中の頭頂部の上下の最大加速度の数値をみたときは、熟練者群が $0.90 \pm 0.36G$ に対し、未熟練者群が $1.35 \pm 0.17G$ を示し、統計的に有意差が認められなかった。ドライバーショットを行った時の左右における頭の動きを加速度からみた時、熟練者群に比し、未熟練者群は約 1.3 倍の加速度を示したことが明らかになった。また頭頂部の上下の加速度では熟練度の違いは示されなかった。

図 2、図 3 は熟練者群と未熟練者群の左右上下の眼球電位をあらわした。まず、熟練者群の左右の眼の動きとして、バックスイング時では基線上を示していたが、インパクト直前に基線の上方向に、その後インパクト時では基線より上方に移動していき、フォロースルーまで持続していた。

図 3 の眼球電位の上下について、熟練者群の電位の変化は未熟練者群に比較して小さかった。特に熟練者群のインパクト直前の上下

方向では，熟練者 A.T, I.G が下方に移っていたが，他の熟練者 4 名は $250\mu\text{V}$ 以下の下方(-)の電位を示した．一方，未熟練者の S.K, I.S, K.B, Y.D の 4 名は，インパクト直前，直後に下方(-)の電位があらわれた．

図 4 に示されたスイング中の頭部の加速度曲線(左右，上下)について，熟練者群は，バックスイング時からトップ時までの変動が少なかったが，インパクト前後では，加速度が高く出力する傾向があらわれた．また未熟練者群のスイング中の頭頂部の加速度曲線は左右，上下をみたとき，曲線パターンは熟練者群と類似しているが，インパクト直前から頭頂部を加速させていることがみられた．スイング中の最大ヘッド速度をインパクト直前で測定した結果，熟練者群の平均値が $38.9 \pm 1.8\text{m/s}$ ，未熟練者群の平均値で $34.7 \pm 1.5\text{m/s}$ あり，両群間で有意差 ($P < 0.01$) が認められた．

3 . 4 考察

本研究では，ゴルフ熟練者 6 名と未熟練者 6 名を対象にして，スイング中の眼の動きをスイングの各局面の眼球電位図と最大電位の平均値を統計的に比較したり，またスイング中の両群各 6 名の時間軸上で左右，前後の眼球電位の変化を示すかに焦点を当てたり，また眼球運動に影響されられると思われる頭頂部の動きを時間軸上の加速度曲線(左右，上下)からデータ処理を行うことに特徴がある．

ゴルフで旨く打つための要因の 1 つとして，ヘッドアップをしないで打つことが一般的に重要であると言われている．特に問題となるのはダウンスイングからインパクトの瞬間にボールを見ているかであろう．そして，ゴルフスイング動作の姿勢の指導において頭

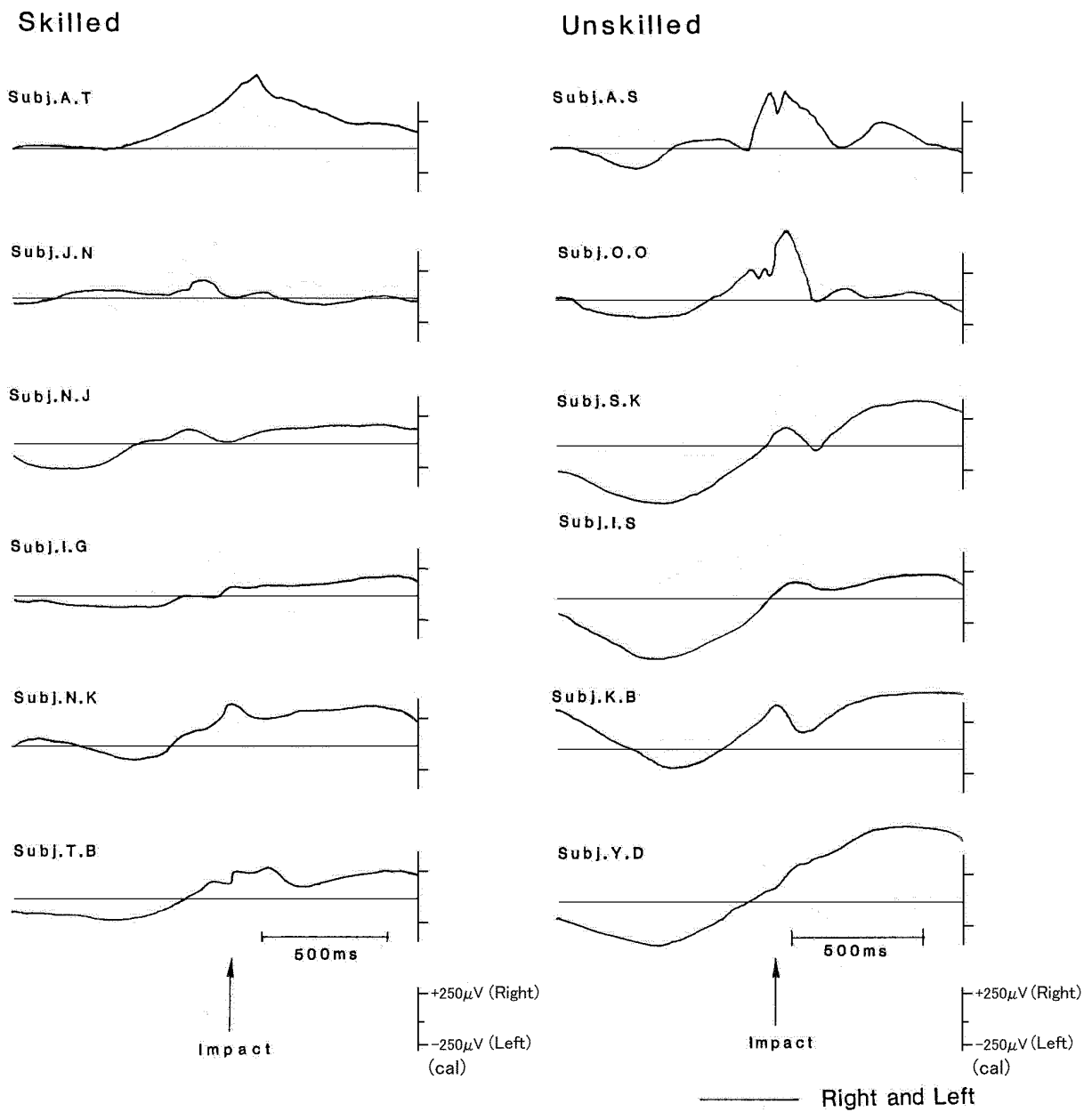


図2 スイング中の眼球電位図(左右)

Skilled

Unskilled

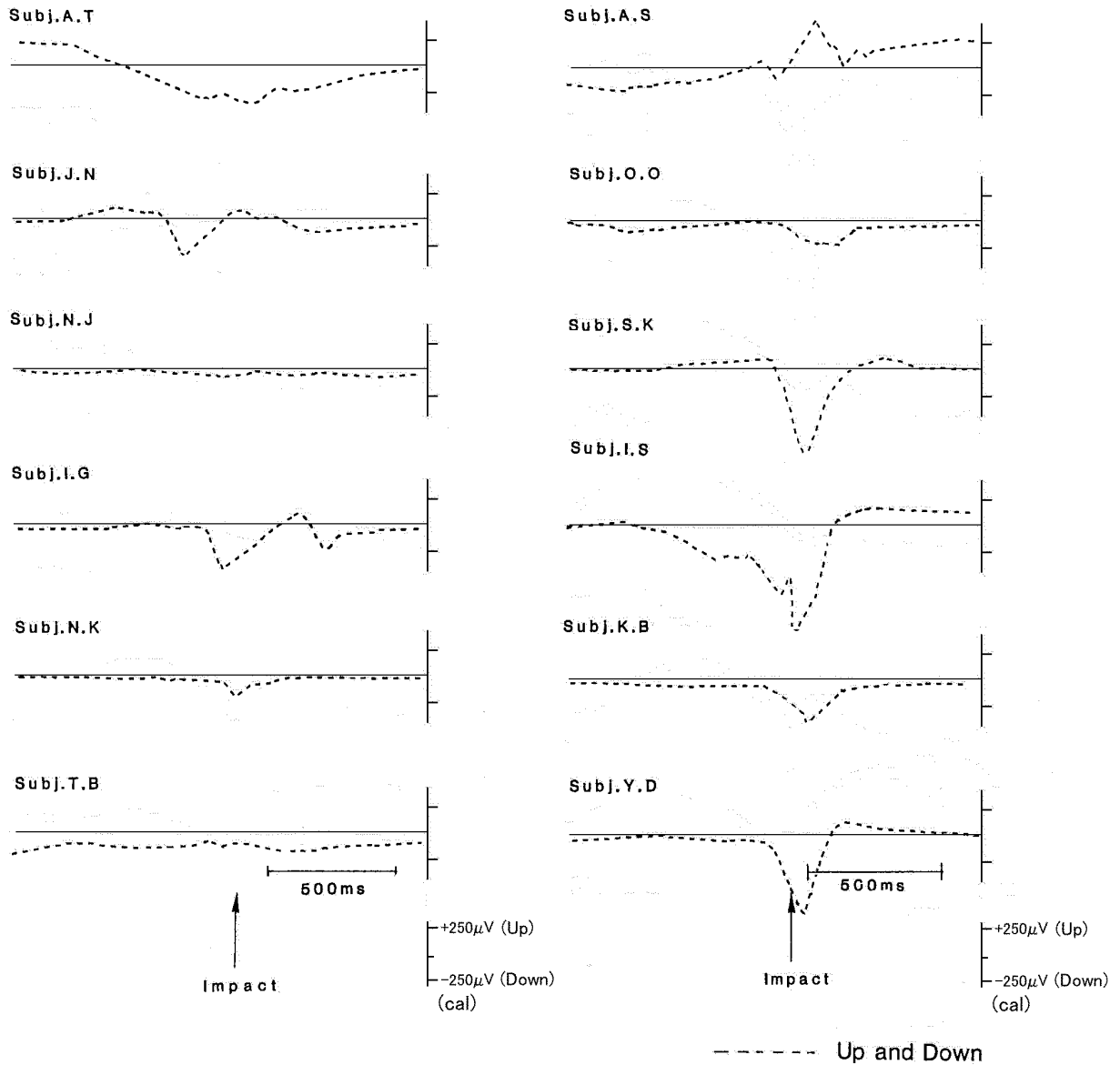
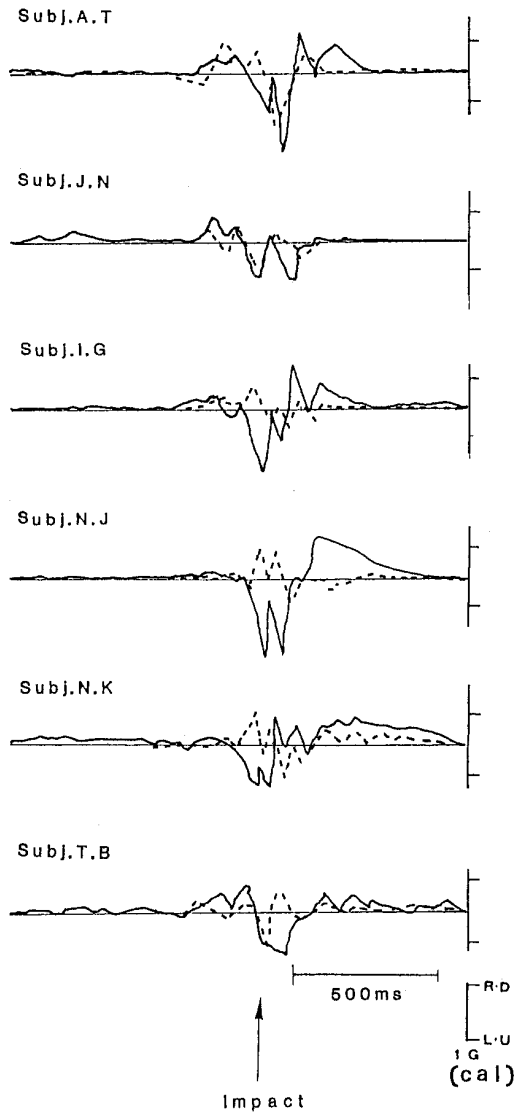


図3 スイング中の眼球電位図(上下)

Skilled



Unskilled

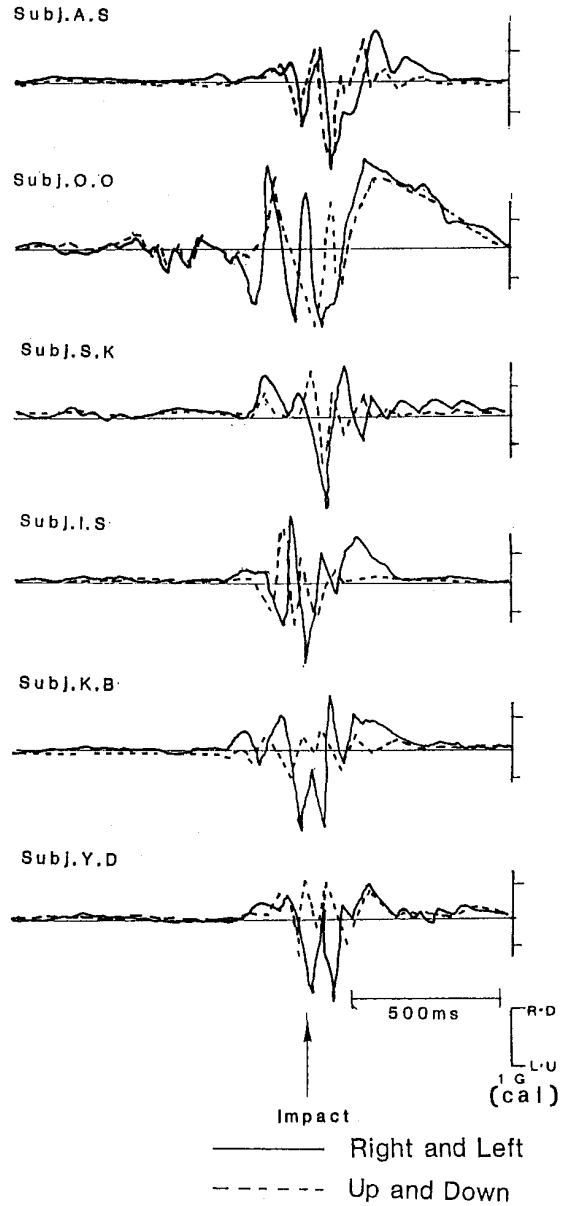


図4 スイング中の頭頂部の加速度曲線(上下, 左右)
 R:Right, L:Left, D:Down, U:Up

と眼(視線)を動かさないで打つことは重要な点であるが、これを定量的に評価することは容易でない。映画、VTR等の映像からの分析においてはスイング指導に役立つが、頭と眼(視線)の詳細な関係は今まで明確になされていない。

このスイング中の眼球運動の実験的研究では左右の眼の動きについて唯一報告されている穴戸ら(1990)の研究によれば、上級者ゴルフプレーヤーはインパクト直前にボールの位置の右方向に移動した直後インパクトを迎えていると報告している。これらは熟練者、上級者はボールの位置をよくみるような動きであったが、初心者はインパクトと同時に目が左であったことは、顔より早く目がボールの行方を追っていると報告している。本研究と類似している結果を得た。これらのデータに対して、本研究の未熟練者群のスイングの左右の眼球電位図をみたとき、バックスイング、トップ、およびダウンスイングまでに左方向に向き、インパクトでは右方向に動いていた。この結果、特に問題となるのは、未熟練者群はスイング中に眼が左右に動いており、安定した眼の動きでないことが明らかになった。

本研究においては、まず熟練者群では、バックスイング時、目線は相対的に右・中央部を向き、インパクトを迎え、その後フォロースルーで目線は右・下側を見続けているところが分かった。一方、未熟練者群では、まずバックスイングにおいて目線は左・下側に向き、インパクト直前では基線を越えて、右・下側に移動した。その直後のインパクトでも右・下側を見ていた。本研究結果から、熟練者群のスイング中の左右の眼球電位の動きのパターンは、穴戸ら(1990)の熟練者の結果と類似していた。すなわち本研究から、熟練者の中

でも眼球電位の出力の違いが見出されたため、今後は個人的な眼の動きの変動に注目した実験を行う必要があると考える。

宍戸ら(1990)はゴルフスイング中の眼の動きについて調べた結果、頭と眼については定量的にまだ明らかにされていないと報告している。そこで本研究では、頭頂部に加速度計を固定し頭頂部からの加速度曲線からみたとき、熟練者群は未熟練者群に比し、頭の動きは左右、前後共に少ないことが示された。そして頭の動きの方向は相対的にインパクト後、左・上方に動いていた。また両群共にスイング中の頭頂部の加速度曲線の大小の違いも明らかになった。本研究で測定した左右方向のインパクト時の眼球電位図をみたとき、熟練者 J.N, N.J, I.G, はほとんど目線は基線上であった。すなわち左右の眼の動揺は少なかった。また熟練者 A.T, N.K, T.B, では、右方向に眼を向けていた。いずれも熟練者群では基線の近くでインパクトを迎えることが、タイミングをよく打つことをもたらすものと考えられる。

本研究における上下方向の眼球電位の変化について注目すると、スイング中に熟練者群が未熟練者群に対し、相対的に小さく統計的に有意差が示された。この結果、特にインパクト直前から熟練者 J.N, N.J, N.K, T.B はほとんど目線を動かさなかったが、未熟練者4名(A.S, O.O 未熟練者を除く)は基線より大きく下方に動いていた。熟練者群はインパクト直前から、インパクト時までに、目線は基線より小さく動いている現象は、ボールを打つための一種のタイミング動作かもしれない。スイング中の上下の眼球運動について、インパクト直前、インパクトで熟練者群は目線を動かさない方法をとっていたが、未熟練者群は目線はずしていた。これらが熟練度で有

意な差があらわれ、スキルの差が示されたものであると想定されるが、今後インパクトの瞬間の上下の眼球の動きの様相をより詳細に確かめてみたい。

ゴルフスイング動作に際し、頭と眼がどのような動きをしているか、被験者の頭頂部加速度（左右、上下）からみたとき、熟練者群はほとんど頭を動かさないで（左右 $1.70 \pm 0.34G$ 、上下 $0.90 \pm 0.36G$ ）打撃していたが、未熟練者群は大きく（左右 $2.18 \pm 0.17G$ 、上下 $1.35 \pm 0.17G$ ）動いていた。ボールを打つときには、ゴルフプレーヤーは眼でボールの位置を確認し、クラブをボールに合わせスイングを開始する。このときの注意点として一般にスイングの中心軸は背骨から頭頂部にあり、そのためにスイング中に頭頂部を中心に回転させる動きがスイング形成上重要な意味をもっている。川島（1987）はスイング中の頭部の動きを 16mm フィルムで撮影し、そのフィルムから頭部の軌跡を調べたところ、一流男子学生ゴルフプレーヤーのスイング中の中心軸は左側で行われ、変動幅が少ない動きの結果を得た。今回の実験では、加速度として頭頂部の動きをみたが、熟練者群は未熟練者群に比してスイング中の加速度が左右で 77%、上下で 66%少ない動作であることが示されたことは、熟練者群の頭頂部の動きが少なかったものと考えられる。これらスイング中に頭部を大きく動かさない方法はスイング姿勢の保持につながるものと考えられる。

福田（1953）は、身体平衡生理の面からみてテニスストローク時の眼と頭の動きを映像より調べた結果、頭振りと眼振は実に滑らかに振られていると報告している。本研究のゴルフスイング中における眼と頭の動きの関連性についてみたとき、熟練者群での眼の動き

は、左右、上下共に相対的に少なかった。またこのときの頭の動きの変動も少なかった。本研究を重ねるにしたがって、静止時の眼球電位は安定していたが、スイング中の眼の動きの大小には個人差があることが示されていた。頭の振りを少なくさせることは、眼の動きも少なくなるものと想定される。すなわち、スイング中に頭部の動きを抑えることが、眼の動きにも影響し、眼の動きを少なくさせることにより、一種のタイミングの良いスイング動作になってくるように推定される。

一方、未熟練者群の頭部と眼の動きについてみたとき、熟練者群より、動きの変動幅が大きい傾向が示された。その要因の一つはスイングがまだ固定しないで行っているため、動作が大きくなって頭が動き、その関係から眼も動くものと想定される。つまり、未熟練者群はインパクト時の頭の動きが熟練者群より大きかった（左右で1.2倍、上下で1.5倍）ことは、眼の動きを大きくさせたものと考えられる。

今後、スイング中の眼の動きについて、クラブの番手を替えたりして実験を行い詳細に検討していくことが良いスイングの特徴を掴むことになるものと考えられる。

以上の眼と頭の動きの時間的推移を総合すると、熟練者群は未熟練者群に対し、インパクト直前から、インパクトにかけての頭と眼の動きを少なくさせての打法を行っていた。これらはゴルフスイングの基本である良いタイミングを生み出すことになるものと推定される。

3. 5 まとめ

本研究はゴルフの熟練者6名とゴルフの未熟練者6名に対して、スイング中の眼球運動の変化を実験的に調べ検討することを目的にした。被験者には、利き眼の内外眼角部と上下眼瞼部に電極を貼付し、また頭頂部に上下、左右の加速度計を取り付けて、ドライバークラブを使用し、実打させ、その時の眼球電位を抽出したり、また加速度の分析を行った。得られた結果を要約すると、次のとおりである。

- 1) スイング中の眼球における左右前後の動きをみたとき、バックスイング期で熟練者群が $225 \pm 83 \mu V$ 、未熟練者群が $620 \pm 333 \mu V$ であり、両群間に有意差 ($p < 0.05$) が認められた。そしてインパクト期においても、熟練者群は $214 \pm 64 \mu V$ 、未熟練者群は $594 \pm 382 \mu V$ となり、両群間で有意な差 ($p < 0.05$) が示された。
- 2) スイング中の上下の眼球運動をみたとき、インパクト期で、熟練者群が $225 \pm 165 \mu V$ 、未熟練者群で $582 \pm 362 \mu V$ の結果であり、統計的に有意差 ($p < 0.05$) が示された。
- 3) スイング中の頭頂部の左右の最大加速度をみたとき、熟練者群が $1.70 \pm 0.34G$ に対し、未熟練者群が $2.18 \pm 0.17G$ を示し、統計的に有意差 ($p < 0.05$) をあらわした。

第4節 本章のまとめ

ゴルフショットは静止しているボールを打つために人体の機能

を活発にさせスイングする運動である。このためにスイングのタイミングを旨くすることが重要である。その良いタイミングを作るためには呼吸の仕方と眼の動きがスイングに影響すると考えた。そこで本章前半ではスイング呼吸法を呼吸ピックアップ(鼻孔口にサーミスター)を使用し、その波形を分析したところ、以下の結果が分かった。

- 1) 熟練者群はバックスイングに入る前に浅く息を吸い、その後、息を停止していることをとっている。一方、未熟練者群は深く呼気しバックスイングさせ、その後インパクト、フィニッシュまで呼気をしていた。
- 2) 熟練者の左右外腹斜筋の放電パターンは一峰性で安定していたが、未熟練者の放電パターンは二峰性であった。

これらからスイングを安定させ、タイミングよく打つために良策な動きになると示唆された。スイング中にボールをみて打つわけであるが、更に本章後半では、ゴルフプレーヤーの眼がスイング中にどのような動きをしているかについて眼球の動作をみたところ、以下の点が明らかになった。

- 1) ゴルフでボールを打つためにはスイング中にボールの位置をしっかり見ることが良策と示唆される。
- 2) スイング中の眼球運動に関係ある被験者の頭頂部の加速度をみたとき、熟練者群はほとんど頭を動かさないようにして行っていたが未熟練者群は頭を動かしながらスイングをしていた様相が伺えた。

ゴルフスイングにおいて、呼吸運動、眼球運動は主要因でなく、副要因として必要であるが、バックスイングから、インパクトまで

の瞬間を呼吸や、眼の動きを注意深く行うことが良いタイミングで打つために役立つことを明らかにした。

第5章 スイング中における身体の動きと クラブシャフトの動的物理特性の検討

第1節 はじめに

ゴルフはクラブを使ってボールを打つスポーツである。そのクラブは特に他のスポーツの中でも類をみない細く長い打具と言えよう。この細く長いシャフトにヘッドが付いているクラブを振るわけであるが、スイング中の身体の動きについての分析はプロゴルフレイヤーによって実践的に行われているのが現状である。そこで、本章前半ではスイング中の身体とクラブヘッドの動きを高速で撮影し分析を試みるものである。本章の後半では、スイング中のシャフトがどのように変化しているのかをみるため、シャフトに歪みゲージを取り付けて工学的な手法から分析を試みた。スイング時にはシャフトの曲げ特性（弾性）を利用して打つことが要求され、シャフトはスイング中にどのような変化をしているかについては、あまり解明されていない。特に、クラブはゴルフ製作会社により独自に研究開発されているが、クラブの素材や動的物理特性と個人のスイングの関係については解明されていないように思われる。そこで本章では、スイング中のシャフトにおける物理特性の変化をゴルフレイヤーに実打させ、その時に出力するデータを分析することを研究目的とした。

第 2 節 スイングにおけるクラブと身体の動作について

2 . 1 目的

ゴルフスイングに関する研究についてみたとき，従来からキネマティックス(映画による観察)，キネティックス(筋電図学的分析，および運動力学的な面)から解析されている．増田ら(1965)，長尾ら(1967)は，16mm 高速度カメラを利用して撮影し，フィルムからゴルフ熟練者と初心者のスイングを比較分析した結果，熟練者は初心者に比してスイングパターンが一定であると報告している．しかし以前の研究は，プロゴルフプレーヤーのゴルフスイングにおける個人データの分析にとどまっている．その後，ゴルフスイングを3次元的な解析により VTR カメラを利用し，コンピュータで分析している(Vaughan, 1981; 大道, 1984; Neal ら, 1985; 池上ら, 1997, 1999)．また Jorgensen (1999) はスイングの解析として，今日では，高速のビデオカメラとパソコンでスイングを分解して解析することができるようになったが，定量的な解析にはストロボのような高速な写真が有効であると述べている．これらいろいろな面からスイング分析を行っているが，有機的な展開までには至らなかった．身体各部位の動作の角度変化を捉え，スイングのメカニズムの解明をしている．また以前のスイング分析は室内で撮影したりする方法をとっているため，実際の微細な動きを捉えられないことと思われる．すなわちクラブヘッドと身体各部位の総合的な判断に発展されていないようである．また，これまでは男子のゴルフプレーヤーのスイング動作の分析にとどまっていたが，女子の被験者を対象

としたスイング分析は殆んどなく，従って男女の比較による差がスイングにどのようなになっているか明白でない．

そこで本研究では，以前の実験研究では行われなかったクラブヘッド速度，ボール速度をそれぞれの速度測定器を使い測定すると同時に，実際に男女がドライバーで打ったときにクラブの動きの変化と身体の動きを正面から撮影し，その軌跡図から分析・検討することを目的とした．

2. 2 方法

表 1 に示されているとおり，被験者は男子 2 名，女子 2 名の合計 4 名で，いずれも某大学ゴルフ部に所属し，全日本級選手として活躍している経験年数 7 年以上，技術水準（HDCP）がほぼ同じの上級ゴルフプレーヤーである．

実験用クラブは表 2 に示したとおり，被験者が普段使用している（右打法）クラブの特性を生かし試作（日本シャフト製）した．実験に使ったボールはラージサイズ，硬度 100，重量約 45g のダンロップ製の製品である．測定は，某大学の屋外ゴルフ練習所内にセットして行った．被験者の後方には，黒板（2m×2m）を立て，被写体が鮮明に観察できるように配慮した．16mm 撮影機（H16 型，Bolex 製）を用い，被験者の打つティーから約 5.3m 地点の正面（2次元）で被験者を撮影した．また，スイングの局面を正確に計算するためにパルス信号（10ms）のタイミングをフィルム上に入力した．この時の撮影フィルム速度は 64FPS とした．撮影したフィルムは，フィルム解析装置（Nac 製）を介し，コンピュータ（PC9801F2 型，日本電気製）によって軌跡図を作成した．

表 1 被験者の形態と経験年数の結果

| Subj. Male or Female | Item | | | | | | | | |
|-------------------------|---------------|----------------------------|------------------------|----------------------------------|------|-----------------------|------------------|---------------|----------------|
| | Age (yrs.) | Standing height (cm) | Body weight (kg) | Grip strength (kg) (R) (L) | | Back strength (kg) | Career (yrs.) | HDGP (JGA) | Swing style |
| A.K (M) | 19 | 178.0 | 62.0 | 52.0 | 50.0 | 152.0 | 7 | 4 | right |
| K.O (M) | 19 | 166.5 | 60.0 | 51.0 | 47.0 | 165.0 | 7 | 4 | right |
| R.I (F) | 19 | 158.0 | 50.0 | 30.0 | 30.0 | 70.0 | 9 | 4 | right |
| T.K (F) | 19 | 157.0 | 48.0 | 35.0 | 30.0 | 75.0 | 8 | 6 | right |

表 2 実験に使用したクラブの特徴

| Club | Item | | | | | |
|----------------|------------------|---------------|--------------------|--------------------|------|-------------------|
| | Length (inch) | Weight (g) | Head weight (g) | Frequency (CPM) | Flex | Weight balance |
| Male club | 43 ½ | 375.5 | 203.5 | 275 | X 3 | D 4 |
| Female club | 42 | 351.5 | 181.5 | 250 | L 4 | C 4 |

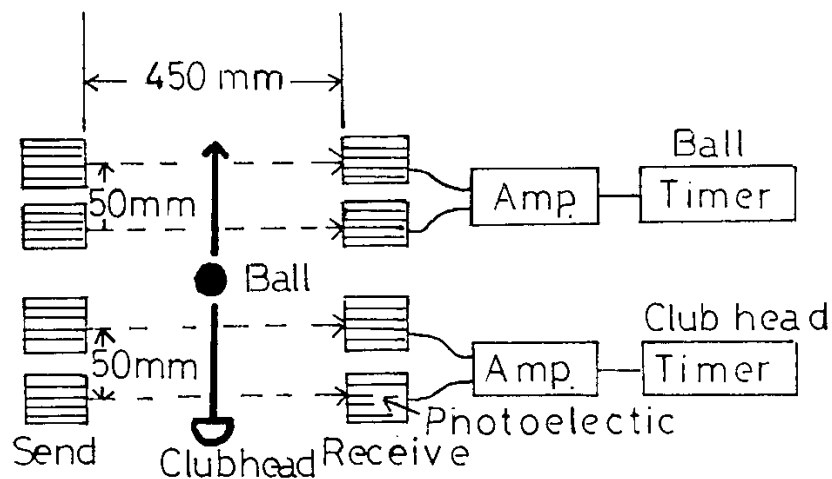


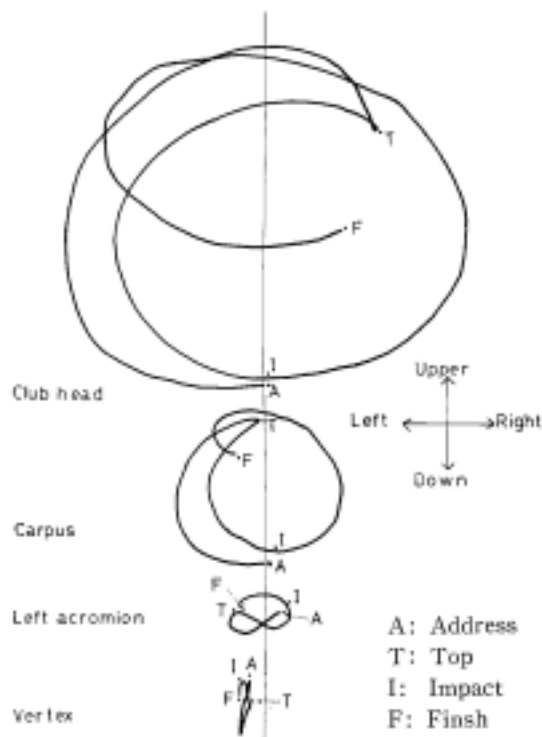
図 1 ボールとクラブヘッド測定の概略図

図 1 は本実験で用いたインパクト直前のクラブヘッドの速度とインパクト直後のボールの速度を測定するための概略図である。これはクラブヘッドとボールが通過する線上にフォトセンサー（E3C-2, 8 個, 立石電機製）を設置し, 反応した時間をタイマー（QS・701 型, 小野測器製）に表示させた。特に本研究では, 実験に使用したクラブは事前に男女被験者の使用していたクラブを測定し, 実験用クラブを試作した。そのために, 用いたクラブの物理特性（クラブの重量, 長さ, ヘッドの重量, 周波数特性, Flex, バランス等）を明白にすることができた。また実験の条件として, ストレートボールを打つように指示し, 打撃されたボールの方向, 打点等を目視により確認し, クラブヘッド速度が安定されて, 正確に打撃されたデータを分析した。特に実験は実際の場面と近い屋外のゴルフ練習場で行ったが, ショットはすべてティーショットとした。ボールとクラブヘッドの衝撃点はヘッド後方に装着した衝撃加速度計（AS-1000A 型, 共和電業製）から求めた。

2. 3 結果

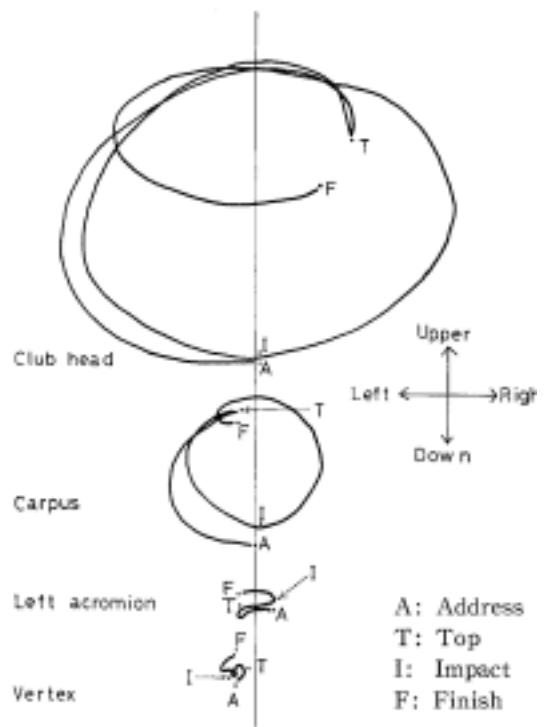
男女のゴルフ熟練者にティーショットを行わせ, その時の身体の動きとクラブヘッドの動きについて, 16mm フィルムから正面の軌跡図を作り分析した。実験データとして抽出した身体の各部位は, ゴルフスイングに重要な関連を有する頭頂部, 左肩峰部, 手根部, およびクラブヘッドである。図 2 から図 5 はそれぞれ男子 A.K, K.O, 女子 R.I, T.K の軌跡図を示したものである。

図 2 から図 5 中の A, T, I, F, は, A: Address (動作を開始する直前の時点), T: Top (クラブが振り上げられ停止した時点), I: Impact



| | |
|--------------------------------|-----------|
| From start to top: | 1.25 s |
| From top to impact: | 0.40 s |
| From start to finish: | 2.56 s |
| Velocity of clubhead: | 41.54 m/s |
| Velocity of ball: | 55.56 m/s |
| Rotational degree of clubhead: | 674.6° |

図2 スイング中のクラブと身体各部位の軌跡図 (Subj. A.K)

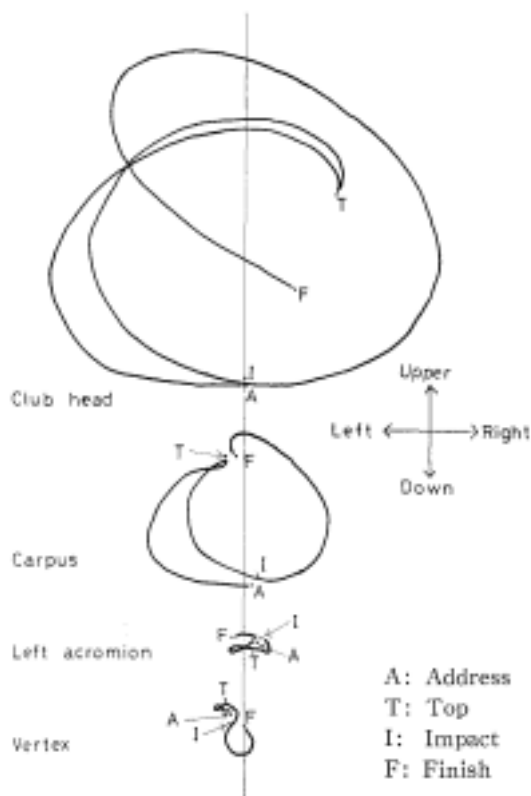


| | |
|--------------------------------|-----------|
| From start to top: | 1.23 s |
| From top to impact: | 0.41 s |
| From start to finish: | 2.57 s |
| Velocity of clubhead: | 35.55 m/s |
| Velocity of ball: | 38.17 m/s |
| Rotational degree of clubhead: | 680.4° |

図3 スイング中のクラブと身体各部位の軌跡図 (Subj. K.O)

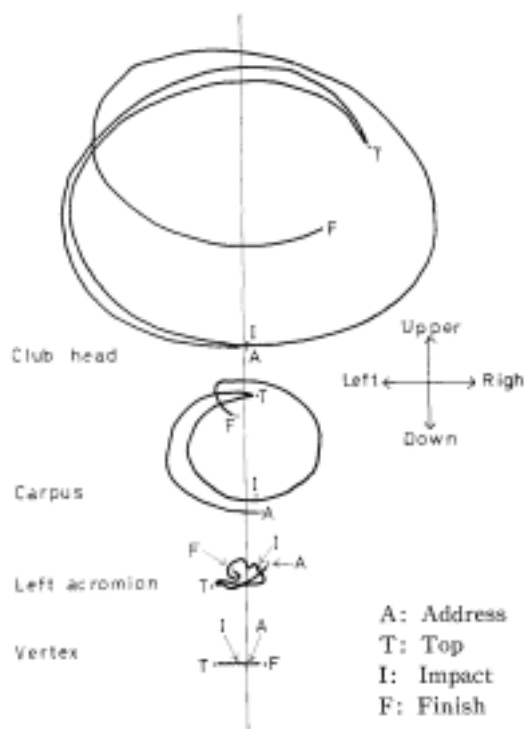
(ボールとクラブが接触した時点), および F: Finish (動作が終了した時点)である。軌跡分析上, 図中に上下, 左右の方向を示した。また, このショット時のヘッド速度, ボール速度, クラブヘッドの経過時間, およびクラブの回転角度を図中に示した。

スイング中におけるクラブヘッドの軌跡をみたとき, まず男子 A.K, 女子 R.I のバックスイングの軌跡は中心軸の外側であったが, ダウンスイングではバックスイングの軌跡の内側を通過していた。また男子 K.O と女子 T.K でのクラブヘッドの軌跡をみたところ, ダウ



| | |
|--------------------------------|-----------|
| From start to top: | 1.35 s |
| From top to impact: | 0.52 s |
| From start to finish: | 2.62 s |
| Velocity of clubhead: | 33.17 m/s |
| Velocity of ball: | 48.54 m/s |
| Rotational degree of clubhead: | 672.9° |

図4 スイング中のクラブと
身体各部位の軌跡図
(Subj. R.I)



| | |
|--------------------------------|-----------|
| From start to top: | 1.56 s |
| From top to impact: | 0.67 s |
| From start to finish: | 3.00 s |
| Velocity of clubhead: | 33.75 m/s |
| Velocity of ball: | 34.97 m/s |
| Rotational degree of clubhead: | 683.5° |

図5 スイング中のクラブと
身体各部位の軌跡図
(Subj. T.K)

ンスイングの軌跡より少し内側を通過していた。

しかし特に女子 R.I のフォロースルーの軌跡は、上方に大きくなっていた。また4被験者のインパクト前後のクラブヘッドの軌跡はほぼ水平に移動していたことは直線に近く動いていることが観察された。

本実験においてショットを行ったときのクラブヘッドの速度は男子 A.K が 41.5m/s , K.O が 35.5m/s , 女子 R.I が 33.1m/s , T.K が

33.7m/s であり，ボールの初速度は男子 A.K が 55.5m/s，K.O が 38.1m/s，女子 R.I が 48.5m/s，T.K が 34.9m/s の値であった．

4 被験者のスイング中の手根部の軌跡について，男子 A.K はバックスイングでは，外側に大きくさせ，トップではほぼ中心線までもっていったことが観察された．その後ダウンスイングでは，バックスイングの軌跡よりも内側に動いていた．男子 K.O ではバックスイングでの手根部は早めに外側にさせ，トップでは中心軸より内側であった．そしてダウンスイングの最初は，中心軸より大きく外側にさせて行い，ダウンスイングの後半は鋭角に動いていることが明らかになった．女子 R.I の手根部の軌跡をみると，バックスイングを行う際に相当に大きく外側に動かし，トップで手首を停止させ，そしてインパクトに向かって垂直のように落下させていた．女子 T.K の手根部の軌跡は，まずバックスイングで正円に近く動かし，トップで中心軸より右側まで移動させ，ダウンスイングはバックスイングの軌跡のほんの少し内側を通る動きであった．

スイング中における左肩峰部の軌跡についてみると，男子 A.K，K.O，女子 T.K では，まずアドレス時では，中心軸の左側に位置し，トップでは中心軸の右側に動き，そしてインパクトでは左側で打っていた．またフィニッシュでは左側に移動していた．一方女子 R.I はアドレスからトップと，インパクトでも，そしてフィニッシュまで右側の中心軸近くで終わっていた．

スイング中の頭頂部の動きを軌跡でみたとき，男子 A.K，K.O，スイング中に中心軸より左側で移動していたのに対し，女子 R.I は中心軸の左右に動き打っていたが，女子 T.K は中心軸の左右を平行に移動していることが観察された．

2. 4 考察

本研究結果において、正面から見たクラブヘッドの軌跡において、特に男子 A.K, K.O, 女子 R.I のダウンスイングがバックスイングより内側を通過していることが明らかになった。しかし女子 T.K がバックスイングに対してダウンスイングの軌跡が少し内側を通過していた。女子 T.K のクラブヘッドの軌跡がバックスイングとダウンスイングがほぼ同じ軌跡を描いていたことは、ダウンスイングに手首がコックされなかったことがクラブヘッドの軌跡にあらわれたのではないかと推定される。すなわち、バックスイングよりダウンスイングのクラブヘッドの軌跡が中心軸より内側に通ったことは、クラブヘッドの速度を上げるためのバリストックな動き(ダウンスイングで脚, 腰, 胴体, 肩, 腕, クラブの順序)があらわれたものと推定される。またダウンスイング時に身体の近くを通ったことは、コッキングが十分に行われていることも考えられる。

本研究の結果において、男子 A.K と女子 R.I のボール速度がクラブヘッド速度の約 1.3 倍, 1.4 倍あったことは効率のよい打法(河村, 1980)の結果であろう。一方、男子 K.O と女子 T.K のクラブヘッド速度に対してボール速度(1.07 倍, 1.03 倍)があまり上昇しなかったことは、ダウンスイング時のクラブヘッドの軌跡がバックスイングの少し内側を通過していたことと考えられる。すなわち、インパクトに向かう直前までコッキングを保つことが、角運動量保存の原理(河村, 1980)により、クラブヘッド速度を上昇させボール速度を上昇させるものとみられる。一般に女性は筋力が少ないため、インパクト直前まで手首とクラブの角度を保つ動きは難しいのではないかと考える。Toskei (1978) は、熟練ゴルフプレーヤーのク

クラブヘッドの軌跡を観察した結果，下方部の軌跡はインサイド ストレート インサイドであり，インサイド アウトサイドの軌跡を描くのは，正しくないと述べている．本研究における男子 A.K と女子 R.I のクラブヘッドの軌跡の下方部が直線に近かったことは，クラブヘッドの正しい方向性から，ボールに推進力をつけて飛球距離を増大させる動きであると考えられる．

スイング中の手根部の動きは，4 被験者共にクラブヘッドの軌跡とほぼ類似した型であった．特に男子 A.K，女子 K.I の手根部の軌跡はバックスイングよりダウンスイングが中心軸に近く通過していた．Horgan (1957) は，ダウンスイング時の左手は，手をなるべく身体の近くに引きつけて通すことが，クラブヘッドの速度増加に役立つと述べている．この手根部の動きは，正しいスイング平面，弧の大きさ，および弧の長さを作るための重要な要素の一つと考える．本研究における手根部の動きでは，男女差がなく，同じようなダウンスイングの動作が発揮されたことは，スイングの基本を忠実にやっているあらわれであると推測される．

本研究結果の左肩峰部の動きを軌跡でみたとき，男子 A.K，K.O，女子 T.K はバックスイングする時に平行に左肩を動かしているのに対して，女子 R.I は肩を下側に移動していた．片山ら(1984)は，バックスイング時の肩の動きとして，熟練者は長く，深いのに対し，初心者は短く，肩の回りが浅いと報告している．本研究では，男子 A.K，K.O，および女子 T.K の左肩峰部は身体の垂直軸を中心として，円滑な回転によるスイングが行われていると思われるが，しかし女子 R.I の左肩峰部は垂直軸に対して必ずしも合目的な働きをしているものとは考えられない．これらからみて左肩峰部はダウンスイ

ングで左腕の引きに関係があり，回転を多くすることは，左肩でクラブヘッドを引っ張る動作に役立つものと考えられる．

頭頂部の軌跡について，女子 R.I，T.K の頭頂部は中心軸に対して左右に動いていたが，特に男子 A.K，K.O の頭頂部はスイング中に中心軸の右側へ動いていかないことは，いかに頭を動かさない方法であると言える．これはゴルフスイングの基本のヘッドアップを行わないことが，正確にクラブを振るためのあらわれであると考えられる．

本研究結果では，スイング中，男子の頭部が殆んど動いていないのに対し，女子の頭部は左右に移動し，男女差が観察された．女子は男子と異なり筋力が弱く（表 1），身体全体でスイングをするため，また柔軟度が高いため（福田，1977），頭部が左右移動したものと考えられる．川島（1981），宮崎ら（1984）は，ゴルフスイング時の身体の動きを立体的に捉えて調べた結果，熟練者は身体の垂直軸を中心として，その動揺もみられず，円滑な回転によるスイングが行われたと報告している．これらのことから，女子の場合，スイング中の，頭の位置の安定がスイング上達への要因の一つと推定される．福田（1981）によれば，スポーツにおいて姿勢を保持するには，頭と眼が十分に関係し，頭と眼はほぼ同じように動かすことによって姿勢の保持が保たれると述べている．すなわち，ゴルフスイング中にボールを見て打つようにするのであるから，ゆっくりとした頭の揺れがあっても，ボールをしっかりとみながら行うことにより，ゴルフスイングの姿勢を安定させ，ボールを打つことが出来ると思われる．スイング中の頭の揺れが多いとスイングの中心軸が狂い，クラブヘッドの軌跡に影響されて正確にボールを打つことがで

きないと思われる。頭の揺れを意識しながら，その揺れ具合（動いた距離）をインパクトで正確に戻すことが出来るならばその揺れは有効であると思われる。その頭の揺れの動作を掌握するには相当のスイングの練習が必要と思われる。この点については，今後更に実験を行い検討を加えていきたい。

本研究の結果からみて，ゴルフスイングにおけるクラブと身体の動きを軌跡からみたところ，男女4被験者によってスイング中のクラブヘッドの軌跡は異なっていたが，スイングの物理理論にしたがっての軌跡であることが明らかになった。またスイング中の身体の動きの中で頭頂部において，男女の違いが示唆された。一方，左肩峰部，手根部について，男女の動きの違いは示されなかったが，4被験者のスイングの特徴は明らかになった。今後これらのデータが正確にスイングを形成するうえに役立つものと考える。

2. 5 まとめ

ドライバーショットにおけるクラブヘッドと身体各部（左肩峰部，手根部，頭頂部）の動きを 16mm 高速度撮影を行い，2次元の分析から軌跡図を作成したり，スイング中のクラブヘッド速度と，ボール速度を測定し，検討を加えた結果，以下のように示唆される。

- 1) スイング中におけるクラブヘッドの軌跡は，男子 A.K, 女子 R.I においてダウンスイングはバックスイングの時よりも中心軸に近かった。一方，男子 K.O, 女子 T.K の軌跡は，ダウンスイングよりバックスイングが少し内側であった。特にクラブヘッドの軌跡からは男女の大きな違いはなかった。
- 2) 手根部の動きについてみると，男子 A.K, 女子 K.I は，バック

スイングで外側に大きくさせ、ダウンスイングでは垂直のように落下させていた。男子 K.O, 女子 T.K は、バックスイングで正円に近く動かし、ダウンスイングは、バックスイングのほんの少し内側を通る動きであった

- 3)スイング中における左肩峰部の軌跡についてみると、男子 A.K, K.O, 女子 T.K では、中心軸に対して左右に移動して回転させていたが、女子 R.I の肩峰部の軌跡は中心軸の右側で打っていることが示された。
- 4) スイング中の頭頂部の動きを軌跡でみたとき、男子 A.K, K.O は中心軸の左側で打っていた。また女子 R.I は中心軸の左右・上下に動いていた。そして女子 T.K は中心軸の左右を平行に移動していることが観察された。
- 5) ドライバーショットをした時の男子 A.K, 女子 R.I のボール速度はクラブヘッド速度の約 1.3 倍, 1.4 倍であり、男子 K.O と女子 T.K はそれぞれ約 1.1 倍, 1.0 倍であった。

第 3 節 スイングにおける男女のクラブシャフトの 撓みとスイングパターンについて

3. 1 目的

ゴルフに関する技術論やその基礎となる研究は少なくないが、クラブとスイング動作の関係を直接的に扱った報告はほとんどみることができない。スイング中のクラブシャフトにおける物理特性の先行研究として増田(1984)、川島(1985)は、クラブの固有振動

数が高いほど、飛球距離の増大がみられるとする報告を行った。また徳山ら（1984）のスイングの動きを、筋電図学的に分析したものや、宮崎ら（1984）の運動学的に解析した報告がある。しかしこれらの研究は、いずれもクラブとスイング動作が分離して取扱われているので、適性なるクラブの使用方法の解明にまでいたっていない。

ゴルフは、クラブでボールを打つわけであるが、そのクラブを操る微妙な技能にその魅力が存在するといえよう。またゴルフは良いショットの50%はクラブにあると言われている（沼沢，1981）。現在シャフトは軽量で中空の強靱なスチール、アルミニウム、チタニウム、およびグラファイトなどがあるが、シャフトの材質より、シャフトの柔軟性の効果はあまり明確にされていない。すなわちスイング中にシャフトは湾曲し、そのエネルギーによってボールを飛ばすのであるがほとんど定量的に解明されていない。

これまでのスイング中のシャフトについて、Whiting（1969）はインパクト直前にシャフトが曲がってみえる写真について、1眼レフカメラのアパチュアによる錯覚によって引き起こされるものと説明している。また大道（1984）は高速度16mmカメラを利用してゴルフスイングを調べたところ、シャフトの曲がりを観察した結果、シャフトの微妙なゆがみを観察することが不可能とされた。工学的な実験からシャフトの動的物理特性を調べ、インパクト直前に撓んでいることを報告している（増田ら，1971；河村，1980；増田，1984）が、詳細な分析にはいたっていない。また Daish（1972）は物理理論にしたがって調べた結果、ショット中に起こるクラブシャフトの曲がりは約2-3cmであると述べている。そして Jorgensen（1999）はスイングを精密なストロボ写真で撮ってクラブシャフト

を分析した結果，シャフトの水平方向の柔軟性で撓んでいると述べている．しかし以前のスイング中のシャフトにおける研究は，動力学的に調べられていない．ゴルフクラブの特性としてフレックス（曲げ剛性）とトルク（ねじれ剛性）が重要とされている．これらのクラブシャフトの曲げ，ねじれ特性は静的な測定結果から評価されている（鳴尾ら，1996）．しかし，これらは動的なパラメータでないため，実際にゴルフプレーヤーによって打撃した時のシャフトのねじれ特性はスイングに及ぼす影響についてほとんど分かっていなかった．そこで本研究はクラブの使用方法が個人的に異なっていることに注目し，特に男女のゴルフプレーヤーが打撃した時のシャフトにかかる水平方向と垂直方向の動的撓みの変化を歪み曲線として観察し，またリサージュ図形として検討することを研究目的とした．

3 . 2 方法

被験者は某大学ゴルフ部員の6名である．男女各3名の学生は全日本学生選手権大会の上位入賞者を含めた，アマチュアとしては高い技術水準にある．表1に被験者の身体的特性と経験年数，技術水準およびスイングの型を示した．

実験は某大学の屋外ゴルフ練習所内の打席で行った．ショットはスチールシャフトの実験用ドライバー（表2）でティボールを実打させ，実験条件はストレートボールを打つように指示し，打撃されたボールの方向，打点等を目視により確認し，クラブヘッド速度が安定されて，正確に打撃されたデータを解析した．

図1にはスイング中のクラブシャフトの歪みゲージの貼付位置

表 1 被験者の身体特性

| Subj. Sex | Age (yrs.) | Standing height (cm) | Body weight (kg) | Career (yrs.) | HDCP | Swing style |
|-----------|------------|----------------------|------------------|---------------|------|-------------|
| W.D (m) | 21 | 177.2 | 65.1 | 8 | 7 | right |
| N.K (m) | 22 | 171.2 | 59.1 | 6 | 0 | right |
| K.Y (m) | 20 | 173.6 | 66.6 | 3 | 2 | right |
| Mean | 21.0 | 174.0 | 63.6 | 5.6 | 3.0 | |
| SD | 0.8 | 2.5 | 3.2 | 2.0 | 2.9 | |
| K.I (f) | 19 | 158.7 | 65.5 | 8 | 5 | right |
| K.A (f) | 20 | 158.1 | 54.6 | 8 | 11 | right |
| S.A (f) | 20 | 160.2 | 60.0 | 4 | 10 | right |
| Mean | 19.6 | 159.0 | 60.0 | 6.6 | 8.6 | |
| SD | 0.4 | 0.9 | 4.4 | 1.8 | 2.6 | |

表 2 実験用クラブの物理特性

| Club | Length (inch) | Weight (g) | Head weight(g) | Frequency (cpm) | Weight balance | Head Material | Shaft Material |
|-------------|---------------|------------|----------------|-----------------|----------------|---------------|----------------|
| Male Club | 43.5 | 375.0 | 203.5 | 276 | D4 | Persimmon | Steel |
| Female Club | 42.0 | 350.0 | 181.0 | 257 | C4 | Persimmon | Steel |

を示した。図中のシャフトの水平方向 (Horizontal) の後方が + , 前方が - , 垂直方向 (Vertical) では , 上方が + , 下方が - の極性になるように歪みゲージ (KFC-5-C1-11L51 型 , 共和電業製) をシャフトに貼付し , スイングに生じる歪み量は , 動歪み測定装置 (DPM-H 型 , 日本電気三栄製) を通し , 電磁オシログラフ (5L4 型 , 日本電機三栄製) で記録した。ボールとクラブのインパクトは , フォトセンサー (応答特性 1 ms , EC3 型 , 立石電機製) を光電増幅器

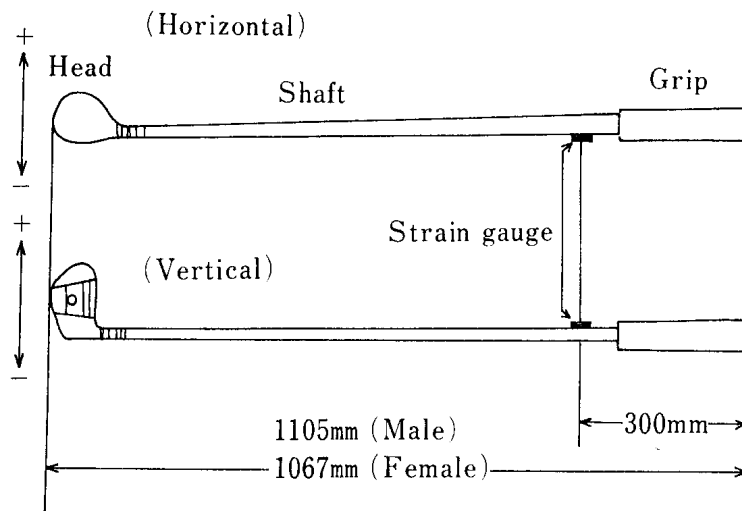


図1 実験用クラブの歪みゲージ貼付図

(EC3 型，立石電機製)に同期する方法を用いた。

スイング中のトップ点は 16mm 高速撮影機 (E10 型，Nac 製) を利用し，300FPS の速度で，パルス信号 (100Hz) をフィルム上に入力させながら撮影(被験者を正面にして)し，その後時間量を求めた。スイング中のシャフトの歪みにおける分析はシャフトの水平方向 (Horizontal) と垂直方向 (Vertical) の歪み曲線をデータレコーダに記録し，FFT 解析器 (7T07S 型，日本電気三栄製) のシグナルメモリー (リサージュ図形，110 型，日本電気三栄製) に入力し，リサージュ図形を出力させ解析した。

3. 3 結果

表 3 は，男女各 3 名に 10 回のドライバーティーショットをさせ，ストレートボールを打撃した時のクラブシャフトに生ずる水平方向および垂直方向の各波形から，水平方向については H 時点，垂直

表3 ダウンスイング時のクラブシャフトの最大撓み量

| Subj. sex | Horizontal | | Vertical | | Maximal head speed (m/s) |
|-----------|------------|--------------------|----------|--------------------|--------------------------|
| | H(kgw) | T ₁ (s) | V(kgw) | T ₂ (s) | |
| W.D (m) | 0.36 | 0.12 | 0.53 | 0.26 | 44.7 |
| N.K (m) | 0.53 | 0.08 | 0.73 | 0.23 | 45.6 |
| K.Y (m) | 0.55 | 0.11 | 0.66 | 0.17 | 44.7 |
| Mean | 0.48 | 0.10 | 0.64 | 0.22 | 45.0 |
| SD | 0.10 | 0.02 | 0.10 | 0.05 | 0.5 |
| K.I (f) | 0.38 | 0.10 | 0.98 | 0.16 | 36.5 |
| K.A (f) | 0.57 | 0.10 | 0.55 | 0.26 | 31.9 |
| S.A (f) | 0.61 | 0.09 | 0.50 | 0.14 | 38.6 |
| Mean | 0.52 | 0.10 | 0.68 | 0.19 | 35.7 |
| SD | 0.12 | 0.01* | 0.26 | 0.06 | 3.4 |

*計算上 0.0047 となるが、0.01 と表記した。

T₁T₂ はインパクトからの時間と kgw は下 2 桁まであらわした。

方向では V 時点（表 3）を最大歪み量とし、10 回の中から実験条件に合ったデータを表 3 に示した。すなわち、H 時点はインパクト直前の水平方向、V 時点はインパクト直前の垂直方向の各最大歪み量である。また T₁、T₂ として打撃の際のトップからインパクトまでの時間量を示した。図 2、3 は男女ゴルフ熟練者にティーショットを行わせた時のクラブシャフトに生ずる打撃、垂直方向の歪み曲線の代表図を示したものである。表 3 と図 2 に示されているとおり、水平方向における男子 3 名の H 時点の平均値は 0.48 ± 0.10 kgw であり、また女子 3 名の平均値は 0.52 ± 0.12 kgw である。H 時点からインパクトまでの男女 6 名の所要時間は 0.08 ~ 0.11 秒の範囲内であった。図 2 から、男女 6 名の水平方向の歪み曲線パターンは、バックスイングからトップ(H)まで、シャフトは前方にゆっくり撓み、その後、インパクト直前（0.08 ~ 0.12 秒）のトップで急激に後方へ撓み、真っ直ぐになりながらインパクトを迎えている。さらに

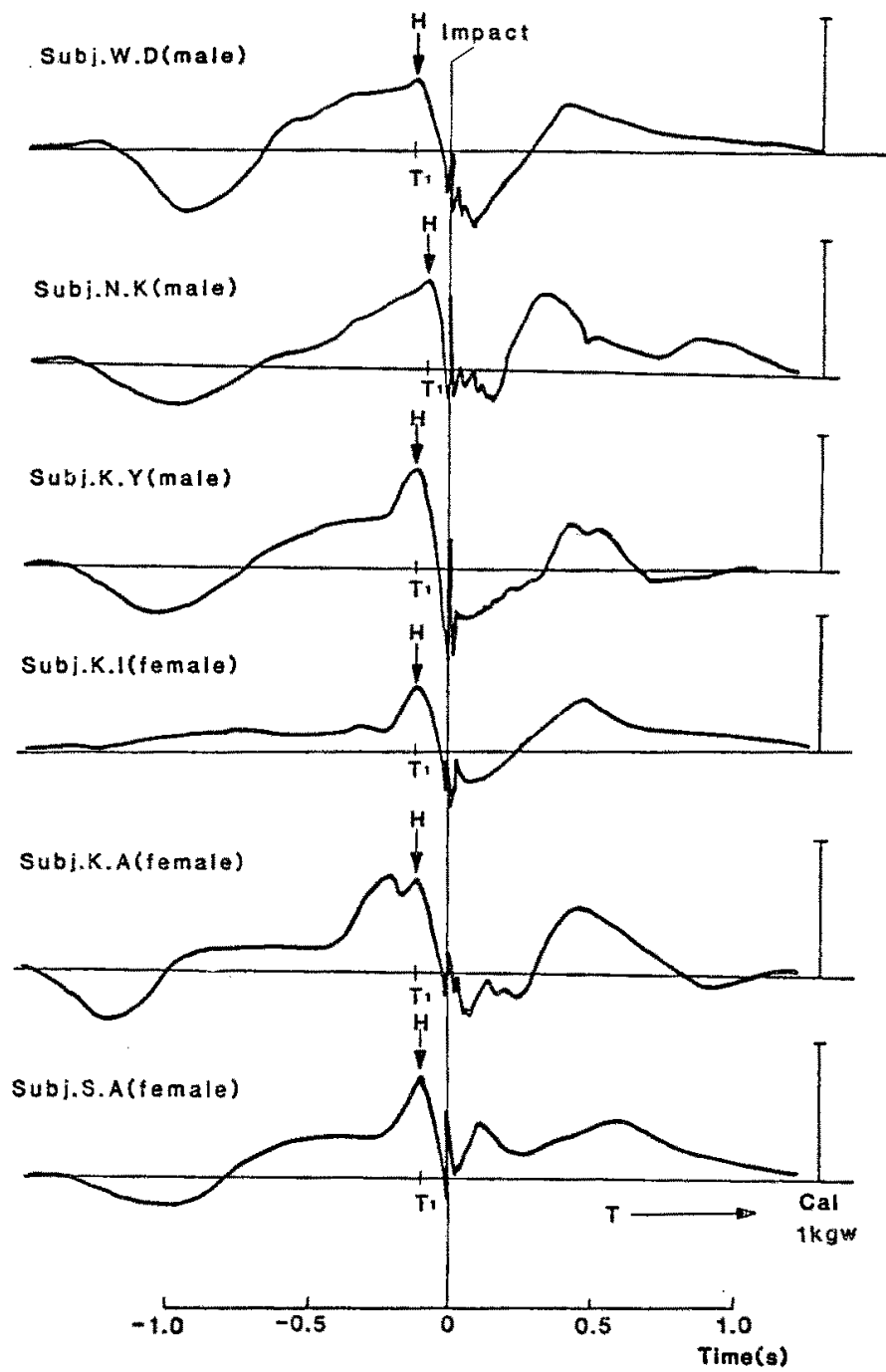
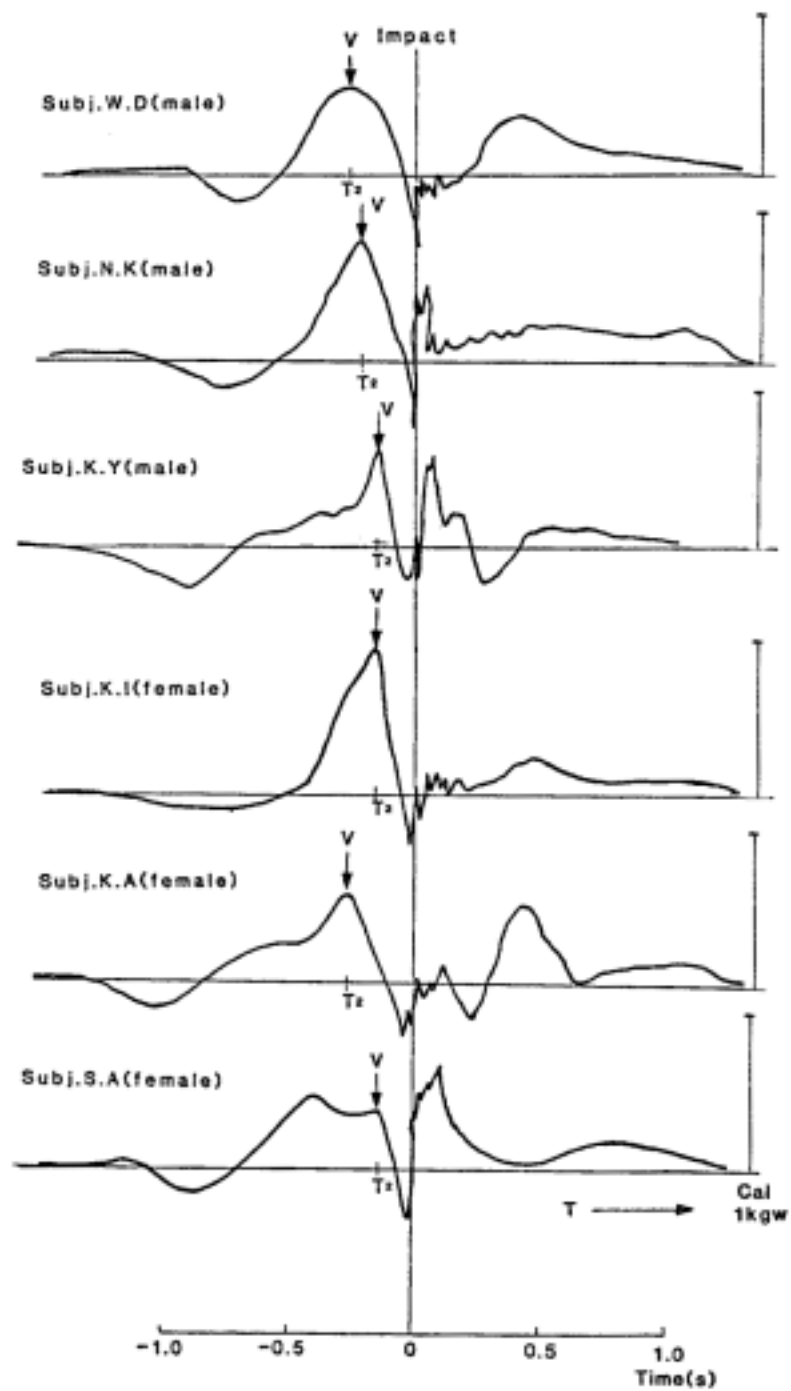


図2 スイング中のシャフトの歪み曲線
 (水平方向)
 H:インパクト前の最大点,
 T₁:インパクトからの時間



**図3 スイング中のシャフトの歪み曲線
 (垂直方向)**
 V : インパクト前の最大点 ,
 T₂ : インパクトからの時間

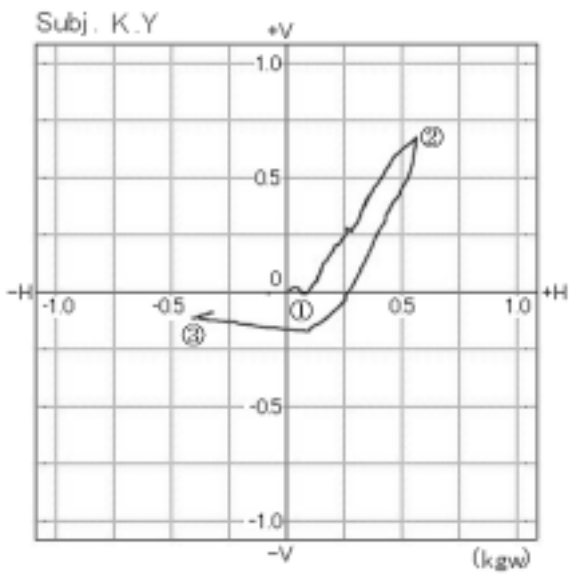
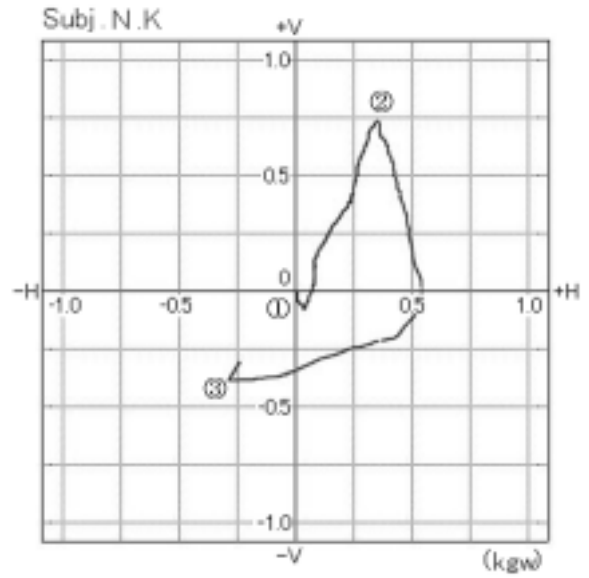
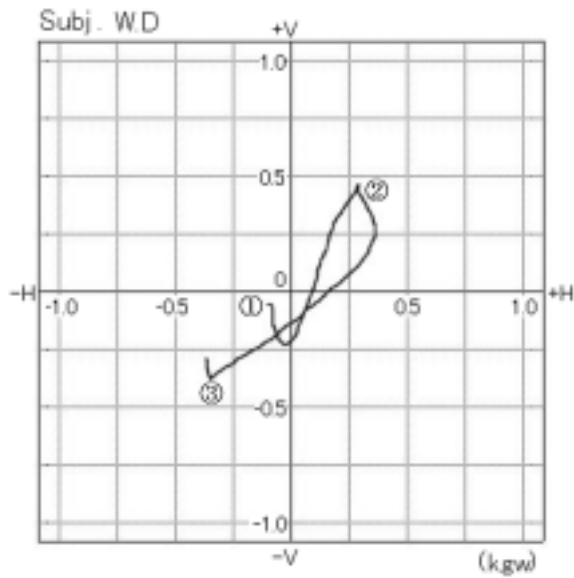


図 4 スイング中におけるクラブシャフトのリサージュ図形 (男子)

:Address :Top :Impact

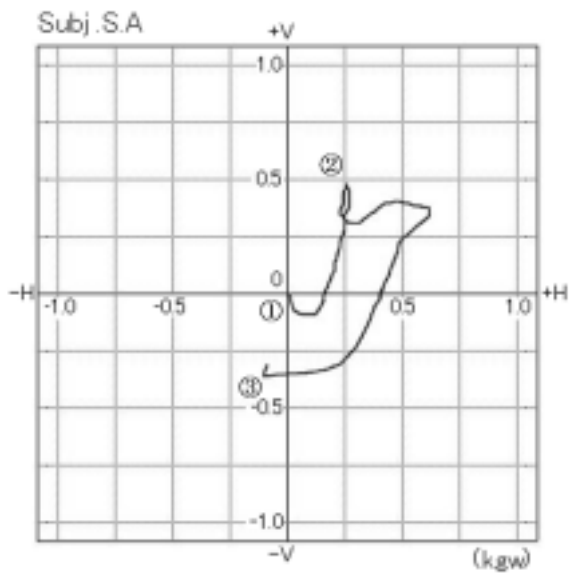
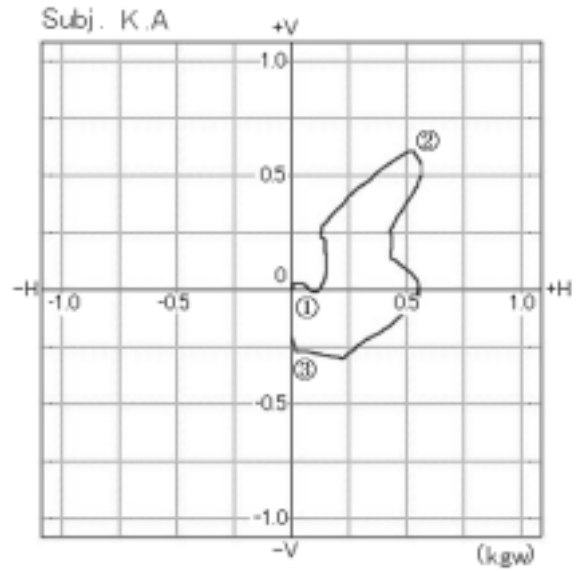
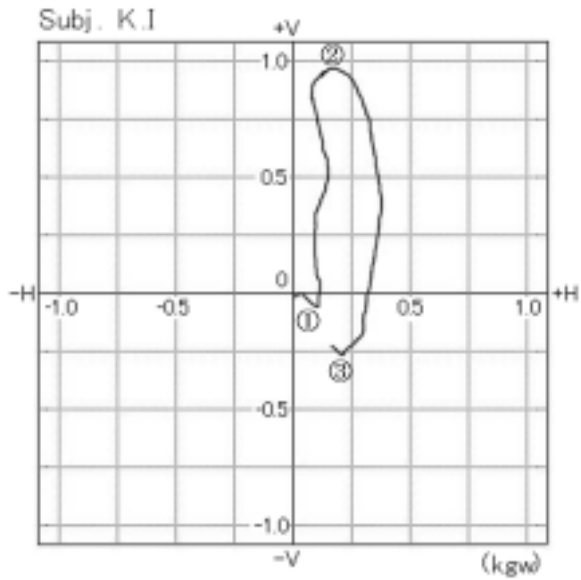


図5 スイング中におけるクラブシャフトのリサージュ図形(女子)

:Address :Top :Impact

水平方向のシャフトの歪み曲線を詳細に観察してみると，男子 W.D, N.K, K.Y の波形は，トップ時点で最大出力があらわれている．女子 K.I, K.A, S.A の波形は，インパクト直前（0.09～0.10 秒）に鋭角な型である．また女子 K.A の波形をみると，インパクト直前の 0.16 秒付近に 2 峰性の型がみられた．表 3，図 3 から，垂直方向のシャフトの歪み量についてみたとき，V 時点の男子の平均値が $0.64 \pm 0.10\text{kgw}$ に対し，女子の平均値が $0.68 \pm 0.26\text{kgw}$ であり，数値では大きな差違は認められなかった．また女子 S.A の波形の上部が平らな形を描いていた．

図 4 には 3 男子のリサーチ図形をあらわした．男子 W.D, N.K, K.Y をみてもみると，バックスイングでシャフトを水平方向の反対側（+）と上方（+）に曲げながら行い，その後トップ付近から真っ直ぐに戻しながらダウンスイングさせている．この時には V 方向，H 方向の捻れは少なかった．またインパクトではシャフトは水平方向（・）と下方方向（・）でボールを打っている．図 5 には 3 女子 K.I, K.A, S.A, のリサーチ図形を示し，バックスイングからトップ付近まで水平方向（+），上方方向（+）に撓んだ様相を示した．その後その撓みの弾性を利用してダウンスイングを行って，インパクトではシャフトはほぼ真っ直ぐになりボールを打撃していた．

3 . 4 考察

ゴルフショットにおいて，クラブは人体のエネルギーをボールに伝達するための打具として使用されている．クラブはグリップ，シャフト，ヘッド，ライ角度，スイートバランス，シャフト硬度に特徴があり，プレーヤーはこれらを検討して選んでいる．しかし，ク

クラブを選択するためには、これらの静的物理特性では理解されていない。今日でのクラブの選び方は試打をしての選出が多くなってきた。しかし以前の実験研究ではシャフトの動的な物理特性がほとんど分からなかった。そこで本研究の前半ではシャフトの水平方向と垂直方向の動的歪みの曲線を解析し、後半ではそれぞれのシャフトの水平、垂直方向の歪み波形をリサーチ図形として分析した。

本研究の実験結果において、男女6名の水平方向のシャフトの歪み曲線をインパクト直前に注目してみると、女子 K.A は2峰性の波形であり、他の被験者の波形は大小の違いがあらわれたが、大きな波形の違いはみられなかった。そしてシャフト垂直方向の歪み曲線から、シャフトの動きを観察してみると、アドレスからトップにかけては、クラブヘッドが下方に、その後インパクト直前でヘッドが上方に向きをかえ、インパクト時点では、ヘッドが下方になるように湾曲しながらボールを打撃している。しかし男女差によるスイングパターンの特徴はみられなかった。特に女子 S.A の波形が台形のような様相を描いていたが、他は鋭角の波形であった。

次にリサーチ図形からみたところ、男子 W.D, N.K, K.Y の図形では、バックスイングにおいてシャフトは打撃の反対側 (+) と上方 (+) に曲げられ、その後トップ付近から急激な勾配でダウンスイングさせている。その後、インパクトでのシャフトは水平 (-) と下方 (-) でボールを捉えて打っているのが分かった。またインパクト直前の 0.17~0.26 秒の範囲内で急激にシャフトの撓みを下方に使用する方法をとっている。このことは、スイング中の垂直方向のシャフトにおける使用方法として、スイングプレーン(スイングの平面) に対しての円運動を作るため、クラブヘッドの遠心力が

シャフトに撓みを増加させたものと推測される。この時の男子3人のヘッド速度が平均 45.0m/s で高かった。一般に波形の急激な勾配は、シャフトの弾性の強さを示すものであり、男子によるスイングの特徴があらわれたものと示唆される。このことはインパクトでクラブヘッドが前方、下方に動いているためヘッド速度を上昇させることを裏付けるものと推測される。

一方、女子 K.1, K.A, S.A のリサーチ図形はバックスイングからトップ付近で水平方向(+)と上方方向(+)で緩やかにシャフトを湾曲させており、男子と異なった図形を示している。その後ダウンスイングではそのシャフトの撓みの弾性を十分に利用しているが、インパクトではシャフトはほぼ真っ直ぐさせながらボールを打っている。この時の女子の最大ヘッド速度は平均で 36.7m/s であることを示した。女子の V 方向、H 方向の捻れは多かったが、シャフトの弾性を利用できないままインパクトを向かえていたものと考えられる。このことはダウンスイング時にリリースが早いため遅れ動作(レートヒッティング)をしていないため、クラブヘッド速度が出力されなかったものと推定される。河村(1980)はボールの飛距離を増大させるためには、ヘッド速度を上昇させることが運動学的に解明されていると報告している。すなわち本研究の男子ゴルフプレーヤーはシャフトの湾曲の物理作用を旨く利用し、インパクトでクラブヘッドの速度を上げさせたものと推定される。また本研究における女子のヘッド速度の上昇が鈍かったことは、シャフトの硬度が慣れていないためにヘッド速度が十分に発揮されなかったためと推測される。川島(1986)はプロゴルフプレーヤーのスイングにおける身体の使い方をコンピュータで分析した結果、プロゴル

フプレーヤーは、シャフトの自然な弾性を利用して打撃をしていると報告しているが、本研究における男子3人の被験者も、長いゴルフ経験からシャフトの弾性を旨く利用した現象があらわれたものといえよう。

以上からスイングでシャフトを旨く使いパフォーマンスを高めるにはインパクト直前にシャフトを十分に撓ませ、シャフトを水平方向（ボールの先方向）と下方方向に湾曲させながらインパクトを向かえる方法が有効と推定される。

本研究の一部は平成14年度創造技術研究開発事業（近畿経済産業局近畿第74号：京橋工業（株）、大阪市城東区鳴野西2-2-21）においてマイクロ型スポーツスイング診断装置の研究開発の発展に寄与した。

3. 5 まとめ

全日本トップクラスの大学ゴルフ選手男女6名を対象に、ドライバーを利用してティーショットを行わせ、クラブシャフトの動的歪み量ならびにリサージュ図形からスイングパターンを検討し次の結果を得た。

- 1) スイング中の水平方向の歪み曲線からみたところ、男子 W.D, N.K, K.Y, と女子 K.I, K.A は平滑型の波形を示したが、女子 K.A は二峰性の波形を描いた。また、同様に垂直方向の歪み曲線では、女子 S.A が二峰性であったが、他の5被験者は一峰性の波形であった。
- 2) 男子のスイング中におけるシャフトのリサージュ図形はトップ付近で鋭角があらわれ、その後インパクトでのシャフトの撓み

はクラブヘッドが前方，下方になりボールを打撃していることが明らかになった．

- 3) 女子のスイング中のシャフトのリサージュ図形をみたとき，トップ付近は緩やかなカーブを作っていた．その後インパクトではシャフトはほぼ真っ直ぐにさせながらボールを打っていることが示めされた．

第4節 本章のまとめ

本章では，ゴルフ熟練者にドライバーでティーショットを行わせ，その時の身体各部位とクラブヘッドの動きを軌跡図から検討を加え，スイング中のクラブシャフトの動的物理特性を工学的な手法を用いてシャフトの挙動を分析した．その結果，以下のことが明らかになった．

- 1) スイング中のクラブヘッドの正面から見た軌跡図において，男女共に楕円形に近いのが観察された．
- 2) スイング中の身体各部位における軌跡の中で，男子の頭頂部はほとんど移動していなかった．また男女の左肩峰部は水平に動いていた．さらに男女の手根部はダウンスイング時に身体の近くを通過していた．
- 3) スイング中におけるシャフトの歪み波形パターンは，水平方向，垂直方向で鋭角型，平滑型，および二峰性型の3パターンがあらわれた．
- 4) 男子のスイング中におけるシャフトのリサージュ図形はトップ

付近で鋭角を示し，インパクトでのシャフトの撓みはクラブヘッドが前方，下方になりボールを打撃していることが明らかになった．一方女子のスイング中のリサージュ図形をみたとき，トップ付近は緩やかなカーブを作っていた．その後インパクトではシャフトはほぼ真っ直ぐさせながらボールを打っていることが示された．

スイング中の身体各部位の軌跡とクラブシャフトの動的物理特性をまとめてみると，シャフトの使用の特徴として，トップ付近でシャフトを後方，上方に十分に撓ませ，その撓みをインパクトで戻す方法をとっていた．これらから，特にインパクト直前にクラブヘッドをイン サイド ラインの軌跡に近づけながらの動きをすることが良策であると明らかにされた．

第 6 章 ゴルフプレイヤーの身体特性と スポーツ障害についての検討

第 1 節 はじめに

今日、日本でのゴルフは適度の運動量で気楽にできるスポーツとして、老若男女で愛好されている様相である。ところで社交スポーツとして発達した歴史的な流れが、日本でこのスポーツが流行った理由の一つとも言われている（井上，1989）。すなわち、ゴルフをスポーツとして捉えなかったために特別なトレーニングやエクササイズを行わず、ラウンドプレーに興じて行った気らいもあった。一般に、スポーツを行っている人は、そのスポーツ独特の体格、体型になっていき、そのスポーツにあった特有の筋肉になり、それらが効率の良い技術、高いパフォーマンスを生む原因にもなっている。専門のスポーツはまた弊害として健康を害することもしばしば見受けられ、スポーツ障害が発生する原因をともなっている。今日ゴルフは生涯スポーツとして十分に価値ある位置付けをされているが、そのリスクが無いともいえない。そのようなことから、ゴルフを専門に行っているプレイヤーに対してゴルフが、身体の体格や体型を詳細にどのように影響しているか、さらにはゴルフによる障害が身体のどの部位に発生しているかについて調査し、明らかにすることを本章の目的とした。

第 2 節 日本人男子ゴルフプレイヤーの身体特性について

2 . 1 目的

Magneusson (1998) はゴルフが体力と健康にどのように影響しているかを測定したところ, ゴルフは男女の中高年齢者にとって有酸素能力を維持したり増加されると述べている. 日本のトーナメントプロゴルフプレイヤーは年間では 36 週の競技会に参加し 180 日間プレーをする. ゴルフスイングでは, 体幹・脚を捻じったり, 回したり, 腕を振るなどという体の種々の運動が要求される. それゆえ, 腕, 脚, 体幹の関節は, 繰り返し使われる. 一方, 長期間スポーツとしてのゴルフを行う人々は, ゴルフプレイヤー特有の体格やソマトタイプを知る必要がある.

男子競技者のソマトタイプに関する多くの研究がある. しかしながら, 男性ゴルフプレイヤーのソマトタイプに関する研究は皆無である. Heath ら (1990) は, サンディエゴ州立大学の学生ゴルフプレイヤーの集団におけるソマトタイプを研究している. 一方, Bale (1986) はブライトン工業大学の学生ゴルフプレイヤーを調査した. しかしながら, endomorphic mesomorph や ectomorphic mesomorph でそれぞれの結果は異なっていた.

我々は, 日本のゴルフプレイヤーがソマトタイプで分類されうるか, そして体格に影響を与えるかについて疑問を持った.

現在の研究は, Heath-Cartar (1990) の人体測定的な方法により, 成人男性ゴルフプレイヤーを分けて, 対照群との比較を行うとするものである.

2. 2 方法

被験者は男子ゴルフプレーヤー63名(プロゴルフプレーヤー(PR)11名, 学生ゴルフプレーヤー(CO)24名, 一般ゴルフプレーヤー(AM)13名, 大学同好会ゴルフプレーヤー(RE)15名)と一般大学生である対照群(CG)45名, および普段からスポーツトレーニングを行っていない大学の教員の中年対照群(SC)20名の合計128名である。以下英略名で示す。PRは平均年齢 40.1 ± 9.6 歳, 経験年数 23.0 ± 7.8 年でトーナメントに出場している者である。COは全日本, 関東学生選手権大会に出場している平均年齢 19.9 ± 0.8 歳であり, 経験年数 6.9 ± 2.2 年である。計測はゴルフ場内において行った。AMはクラブに所属して, 普段よりクラブの試合にでているアマチュアのゴルフプレーヤーである。年齢 55.8 ± 11.7 歳, 経験年数 17.7 ± 8.8 年である。REは平均年齢 19.7 ± 1.0 歳, 経験年数 1.6 ± 1.1 年であり, 同好会の試合に出場しているプレーヤーである。CGとしての学生は45名で, 年齢 19.2 ± 0.5 歳の者であり, 中学, 高校時代にスポーツを多く経験していない者を抽出した。またSCとしてはゴルフを含みスポーツを普段より行っていない平均年齢 44.7 ± 3.6 歳の者である。

計測項目は, Heath-Carter (1990) の方法に従い, 身長, 体重, 皮下脂肪厚(上腕背部, 肩甲骨下部, 腸骨上部, 下腿内側部), 上腕骨端幅, 大腿骨端幅, 屈曲上腕囲, 立位下腿最大囲の計10項目である。

皮下脂肪厚の測定については, 栄研式キャリパー計測器($10\text{g}/\text{mm}^2$ の圧力)を使用した。身長と体重以外のすべての測定は右側で行った。

%fat は次の公式の上腕背部と肩甲骨下部から計算を行った。

$$\%fat = [(4.570/D) - 4.142] \times 100$$

$$D = 1.0913 - 0.00116 [\text{上腕背部 (mm)} + \text{肩甲骨下部 (mm)}]$$

Fat mass (FM) は以下の式によって計算した。

$$FM (\text{kg}) = \text{体重 (kg)} \times \%fat / 100$$

Fat free mass (FFM) は次の式によって計算した。

$$FFM (\text{kg}) = \text{体重 (kg)} - FM (\text{kg})$$

Body mass index (BMI) は次の式によって計算した。

$$BMI = \text{体重 (kg)} / \text{身長 (m)}^2$$

各ソマトタイプ要素は以下の式によって算出した。

$$\begin{aligned} \text{第 1 要素} = & - 0.7182 + 0.1451 (X) - 0.00068 (X^2) + \\ & (\text{endomorph}) \\ & 0.0000014 (X^3) \end{aligned}$$

X は上腕背部，肩甲骨下部，腸骨上部の皮脂厚の合計値
(但し，endomorph 身長補正值，身長 170.18cm 以上は，
X = 皮脂厚合計 × 170.18 / 身長 (cm))

$$\begin{aligned} \text{第 2 要素} = & [0.858 \times \text{上腕骨端幅} + 0.601 \times \text{大腿骨端幅} \\ & (\text{mesomorph}) \\ & + 0.188 \times (\text{屈曲上腕囲} - \text{上腕背部} / 10) \\ & + 0.161 \times (\text{下腿囲} - \text{下腿内側部} / 10)] - (\text{身長} \\ & \times 0.131) + 4.50 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{第 3 要素} = & HWR \times 0.732 - 28.58 \\ & (\text{ectomorph}) \end{aligned}$$

HWR = 身長 / $\sqrt[3]{\text{体重}}$ (但し，HWR が 40.75 ~ 38.25 のとき，ectomorph)

= HWR × 0.463 - 17.63) .

ソマトチャートの X 軸 , Y 軸 の計算は次の式によって計算した .

$$X = \text{ectomorphy} - \text{endomorph y}$$

$$Y = 2 (\text{mesomorphy}) - (\text{endomorph y} + \text{ectomorphy})$$

Somatotype attitudinal mean (SAM) は

$$SAM = \sum_{i=1}^n SAD_i / n$$

Somatotype attitudinal distance (SAD) は

$$SAD_{A, B} = \sqrt{[(I_A - I_B)^2 + (II_A - II_B)^2 + (III_A - III_B)^2]}$$

, と は endomorphic , mesomorphic , ectomorphic の somatotype の各要素をあらわし , A と B は 2 somatotype である .

統計分析については , 一元配置の分散分析 (ANOVA) によって体格要素やソマトタイプの変数に関して 6 群間の有意差検定を行った . また , 多重比較には Tukey の分析法を用いた .

2 . 3 結果

ソマトタイプ

表 1 には , ソマトタイプの値を示してある . 6 群間を比較してみると , 第 1 要素 , 第 1 要素 (身長補正による) , 第 2 要素 , 第 3 要素で統計的に有意差が認められた . 第 1 要素において , SC は AM , RE , CG , および PR より高い数値であり有意差を認めた . 第 2 要素では , PR が AM . CG , および SC より値が高く有意な差であった . 加

えて，COはAM,CG,SCより高い値で有意差を示した．第3要素をみると，CGはPR,COおよびSCより高い値であった．ソマトタイプの分散尺度であるSAMは，6群間での統計的に有意差は認められなかった．

図1には，4ゴルフプレーヤー群と2対照群のソマトタイプの平均値，図2～図7には各被験者と各群のソマトタイプを示した．Heath-Carter(1990)に基づくソマトタイプの類型では，それぞれPR(3.8-5.8-1.6)，CO(4.7-5.6-2.2)，RE(3.7-4.8-2.7)およびAM(3.3-4.4-2.6)は endomorphic mesomorph，SC(4.7-3.9-2.1)が mesomorphic endomorph，およびCG(3.8-4.3-3.3)は central であった．

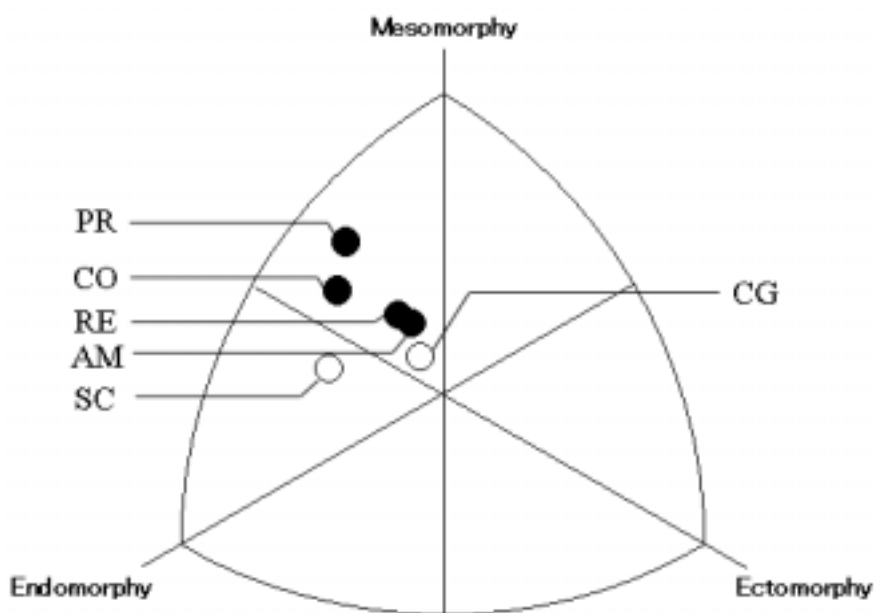


図1 群別のソマトタイプ

PR: Professional golf player, CO: Collegiate golf player, AM: Amateur golf player, RE: Collegiate recreational golf player, CG: Control, SC: Senior control.

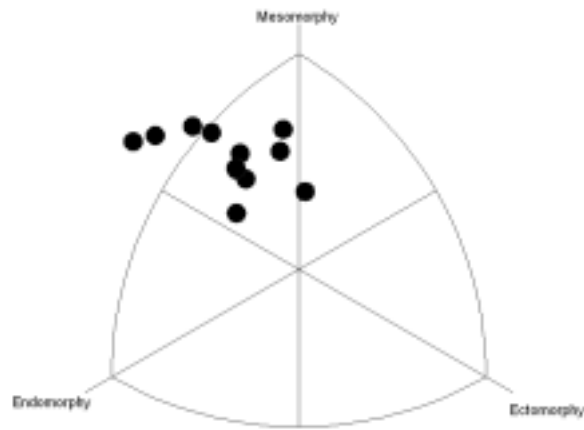


図 2 PR (プロゴルフプレーヤー)のソマトチャート

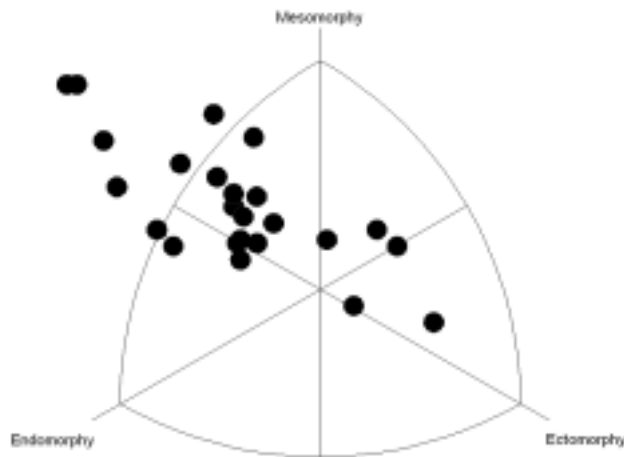


図 3 CO (学生ゴルフプレーヤー)のソマトチャート

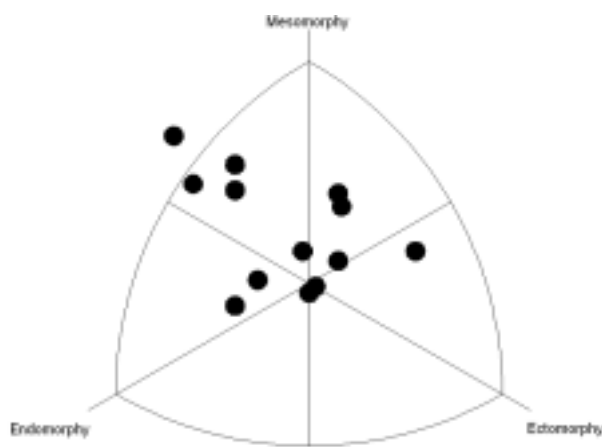


図 4 AM (一般ゴルフプレーヤー)のソマトチャート

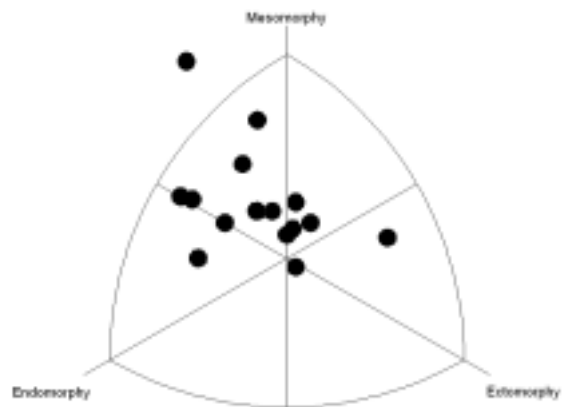


図 5 RE (大学同好会ゴルフプレーヤー)のソマトチャート

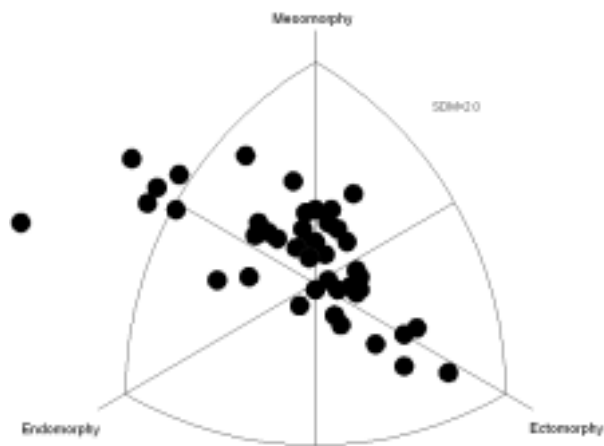


図 6 CG (学生, 対照群)のソマトチャート

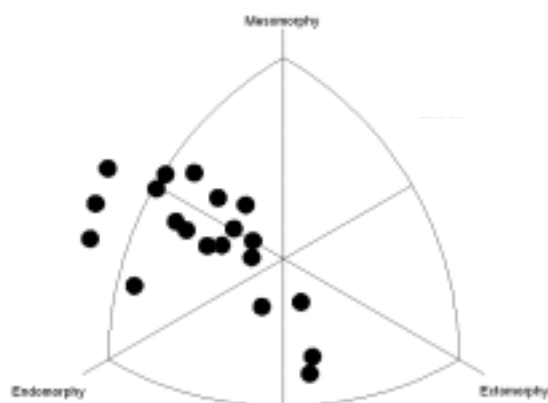


図 7 SC(中高年, 対照群)のソマトチャート

表 1 ゴルフプレーヤーと対照群のソマトタイプについての結果

| Variable | PR (N = 11) | CO (N = 24) | AM (N = 13) | RE (N = 15) | CG (N = 45) | SC (N = 20) | F ratio (5, 122) P |
|-------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|----------------|---|--|--------------------------|
| | Mean±SD | Mean±SD | Mean±SD | Mean±SD | Mean±SD | Mean±SD | |
| Endomorphy | 3.8±1.1 | 4.7±1.6 ^c | 3.3±1.2 ^b | 3.7±1.4 | 3.8±1.5 | 4.7±1.3 ^c | F=3.41 ** |
| Endomorphy (height-corrected) | 3.8±1.1 | 4.7±1.7 | 3.4±1.2 | 3.6±1.2 | 3.8±1.8 | 4.8±1.5 | F=2.66 * |
| Mesomorphy | 5.8±0.7 ^c ^{ef} | 5.6±1.4 ^c ^{ef} | 4.4±1.1 ^a ^b | 4.8±1.0 | 4.3±1.3 ^{aa} ^{bb} | 3.9±1.5 ^{aa} ^{bb} | F=7.18 *** |
| Ectomorphy | 1.6±0.8 ^{ee} | 2.2±1.5 ^{ee} | 2.6±1.3 | 2.7±1.2 | 3.3±1.3 ^{aa} ^{bb} ^{ff} | 2.1±1.3 ^{ee} | F=5.06 ** |
| SAM | 1.3±0.6 | 2.3±1.6 | 1.8±0.7 | 1.8±1.0 | 1.9±1.3 | 2.0±1.2 | F=1.03 (N.S.) |

SAM: somatotype attitudinal mean (mean±SD); N.S.: non-significant; Significant at *, P<0.05, **, P<0.01, ***, P<0.001. aaa: p<0.001 vs PR; bbb: p<0.001 vs CO; eee: p<0.001 vs AM; ddd: p<0.001 vs RE; eee: p<0.001 vs CG; fff: p<0.001 vs SC; aa: p<0.01 vs PR; bb: p<0.01 vs CO; cc: p<0.01 vs AM; dd: p<0.01 vs RE; ee: p<0.01 vs CG; ff: p<0.01 vs SC; a: p<0.05 vs AM; d: p<0.05 vs RE; e: p<0.05 vs CG; f: p<0.05 vs SC.

PR: Professional golf player, CO: Collegiate golf player, AM: Amateur golf player, RE: Collegiate recreational golf player, CG: Control, SC: Senior control.

表 2 ゴルフプレーヤーと対照群の身体計測値および体組成についての結果

| Variable | PR (N = 11) | CO (N = 24) | AM (N = 13) | RE (N = 15) | CG (N = 45) | SC (N = 20) | F ratio (5, 122) |
|----------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|
| | Mean±SD | Mean±SD | Mean±SD | Mean±SD | Mean±SD | Mean±SD | p |
| Career (yrs) | 23.0±7.8 ^{bb, dd} | 6.9±2.2 ^{aa} | 17.7±8.8 ^{bb, dd} | 1.6±1.1 ^{aa} | 0 | 0 | F=45.80 ^{***} |
| Age (yrs) | 40.1±9.6 ^{bbb, ccc, ddd} | 19.9±0.8 ^{aaa, ccc, ddd} | 55.8±11.7 ^{aaa, ccc, ddd} | 19.7±1.0 ^{aaa, ccc, ddd} | 19.2±0.5 ^{aaa, ccc, ddd} | 44.7±3.6 ^{bbb, ccc, ddd} | F=197.27 ^{***} |
| Standing height (cm) | 171.2±4.7 | 172.6±5.0 | 166.7±5.5 | 172.20±8.1 | 171.7±5.8 | 172.5±5.4 | F=2.13 ^(N.S.) |
| Body weight (kg) | 71.9±4.8 ^{aa} | 70.3±11.7 ^{cc} | 60.5±5.1 ^{bb} | 64.5±7.5 | 61.9±7.9 ^{bb} | 70.3±8.1 ^{aa} | F=6.71 ^{***} |
| Subscapular skinfold (mm) | 14.7±4.8 | 15.6±6.8 | 11.8±4.1 | 13.0±4.3 | 14.0±6.8 | 17.1±5.7 | F=1.66 ^(N.S.) |
| Triceps skinfold (mm) | 9.9±3.8 ^r | 13.2±4.4 ^{cc} | 7.3±3.1 ^{bb} | 10.3±3.2 ^r | 11.9±5.7 ^c | 15.2±4.8 ^{aa} | F=5.46 ^{***} |
| Supraspinale skinfold (mm) | 13.2±3.7 | 19.3±7.5 ^{ee} | 14.1±6.1 | 13.5±7.3 | 12.4±6.7 ^{bb} | 15.8±5.3 | F=3.82 ^{***} |
| Calf skinfold (mm) | 7.2±3.2 | 11.2±4.7 ^{ee} | 6.4±2.3 ^{bb} | 8.1±3.4 | 9.4±3.3 | 9.8±3.0 | F=4.34 ^{***} |
| Sum 4 | 45.0±12.9 | 59.3±21.3 ^c | 39.6±12.0 ^b | 44.8±15.7 | 47.7±20.7 | 57.9±17.6 | F=3.26 ^{***} |
| Biceps girth (cm) | 31.5±1.5 ^{cc} | 31.0±2.8 ^{cc} | 28.0±2.0 ^{aa} | 29.5±2.2 ^{rr} | 28.3±2.6 ^{rr} | 26.6±2.1 ^{mm} | F=11.42 ^{***} |
| Calf girth (cm) | 39.1±1.2 ^{cc} | 37.6±3.0 ^{cc} | 33.7±4.3 ^{bb} | 36.6±2.1 | 35.7±2.5 ^{rr} | 38.3±2.9 ^{cc} | F=7.51 ^{***} |
| Humerus width (cm) | 6.6±0.5 | 6.8±0.3 ^c | 6.4±0.4 ^b | 6.5±0.3 ^r | 6.5±0.3 ^r | 6.1±0.7 ^{bb} | F=6.00 ^{***} |
| Femur width (cm) | 9.8±0.6 | 10.0±0.6 ^{cc} | 9.2±0.5 ^{bb} | 9.8±0.5 | 9.4±0.6 ^{bb} | 9.3±0.6 ^{bb} | F=7.02 ^{***} |
| % Fat | 15.9±4.0 | 17.9±5.1 | 13.3±2.7 ^r | 15.2±3.4 | 16.5±5.8 | 19.5±4.9 ^c | F=3.17 ^{***} |
| Height-weight ratio | 41.2±1.0 ^{ee} | 42.8±2.0 ^{ee} | 42.5±1.7 | 42.8±1.7 | 43.5±1.8 ^{bb} | 41.9±1.8 ^{cc} | F=5.06 ^{***} |
| Fat mass (kg) | 11.4±2.9 | 12.50±3.6 ^a | 8.0±1.6 ^b | 9.9±2.2 | 10.2±3.6 | 13.7±3.4 ^{cc} | F=3.45 ^{***} |
| Fat free mass (kg) | 60.5±4.0 ^{ccc} | 57.7±9.1 ^{cc} | 52.5±4.4 ^{aa} | 55.5±6.4 | 51.7±6.4 ^{bb} | 56.6±6.8 ^{cc} | F=7.89 ^{***} |
| BMI | 24.5±1.5 ^{ee} | 23.6±3.5 ^{ee} | 21.8±2.3 | 22.1±2.1 | 21.0±2.5 ^{bb} | 23.6±2.7 ^{cc} | F=6.02 ^{***} |

Sum 4: sum of 4 skin fold; (mean±SD); N.S. non-significant; Significant at, *, p<0.05, **, p<0.01, ***, p<0.001; F ratio of career: (3.59); aa: p<0.001 vs PR; bbb: p<0.001 vs CO; ccc: p<0.001 vs AM; ddd: p<0.001 vs RE; eee: p<0.001 vs SC; ff: p<0.01 vs CG; gg: p<0.01 vs PR; hh: p<0.01 vs RE; ii: p<0.01 vs AM; jj: p<0.01 vs CG; kk: p<0.01 vs SC; ll: p<0.01 vs PR; mm: p<0.01 vs RE; nn: p<0.01 vs AM; oo: p<0.01 vs CG; pp: p<0.01 vs SC.

PR: Professional golfer player, CO: Collegiate golfer player, AM: Amateur golfer player, RE: Collegiate recreational golfer player, CG: Control, SC: Senior control.

表 2 にはゴルフの経験年数，年齢，身長，体重，皮下脂肪厚（上腕背部，肩甲骨下部，腸骨上部，下腿内側部），上腕骨端幅，大腿骨端幅，屈曲上腕囲，立位下腿最大囲，% fat，HWR，FM，FFM，および BMI を示した。

経験年数についてみると，PR と AM は他のゴルフプレーヤーより有意に長かった。AM の年齢は他の群より高かった。PR の年齢は SC に類似していた。そして CO と RE は CG と似ている年齢であった。

身体計測値

体格に関する項目では，6 群間で（上腕背部を除き）統計的に有意な差が認められた。上腕囲についてみると，PR と CO は AM，CG，SC より有意に発達していた。下腿囲では PR が AM と CG より大きく有意差があった。皮下脂肪厚では，CO は上腕背部と下腿内側部において AM と PR より厚かった。また腸骨上部について，CO は CG より厚かった。そして上腕と下腿の骨端幅については，CO は AM，CG，および SC より広かった。下腿最大囲では，PR と CO は AM より大きな値で有意であった。SC の上腕背部の皮下脂肪厚は PR，AM および RE より有意に厚かった。

体組成

身長に関連を持たない体組成に関する項目では，6 群間に有意差があった。体重と除脂肪体重（FFM）においてみたとき，PR は AM，CG より有意に重かったことが認められた。また BMI では PR は CG より有意に高い値を示した。CO は体重，FFM および BMI において，CG より有意に高い値であった。SC は体重と脂肪量（FM）において，AM と CG より重量が有意に大きかった。

2 . 4 考察

ソマトタイプ

Heath-Carter (1990) はアメリカ人の体型を調べた結果 , 中高年は青年より endomorphy になっていると述べている . 本研究の中で AM の endomorphy が最も低かったのは , 年齢差 (23 ~ 71 歳) が大きかったことによるものであろう . SC は他の 5 群より endomorphy が高く , 数値の上で有意差を示した . その原因としては年齢による身体運動の減少が推測される . CO が他の 5 群より endomorphy が高かった原因はわからなかった .

mesomorphy について , PR と CO が AM と CG より高く有意差が認められた . PR と CO は通常のゴルフ練習プログラムとともにゴルフのためのトレーニングを継続的に行っていた . このことが PR と CO が他の群より高い mesomorphy を示した理由として考えられる .

ectomorphy についていえば , CG は PR, CO, SC より高く , 統計的にも有意差があった . この原因として , CG は大学で特別なスポーツのためのトレーニングやトレーニング授業を受けていないことによるものと考えられる .

PR , CO , AM および RE のソマトタイプの平均値をみたとき , AM と RE は endomorphic mesomorph , SC は mesomorphic endomorph , CG は Central という類型結果を得た .

この結果は , ゴルフプレーヤー 4 群は endomorphy , ectomorphy より高い mesomorphy 値を示すことを表している . 特に PR と CO の mesomorphy 値は AM , CG , SC より高いことが統計的に認められた . 全体としてゴルフプレーヤー群は endomorphic mesomorph に区別されるが , これはゴルフが筋力と筋持久力を要求するスポーツである

この関連を示している (Kline, 1988). さらにこれには PR と CO は AM, RE と比較して, ゴルフ競技会で勝利するためにトレーニングの量を増していることが影響していることも考えられる. すなわち, PR と CO の mesomorphy は他のゴルフプレーヤー群よりこのような多いゴルフトレーニング量を行うことにより高められたのであろう.

Heath ら (1990) は, サンディエゴ州立大学の 9 男子学生ゴルフプレーヤーのソマトタイプを調べた結果, endomorphic mesomorph (4.1-5.0-2.3) であると分類している. Bale (1986) はブライトン工業大学の 5 男子ゴルフプレーヤーの体型をソマトタイプ類型で示した結果, ectomorphic mesomorphy (2.0-4.5-3.4) であったとしている. 本研究結果である PR (3.8-5.8-1.6), CO (4.7-5.6-2.2), AM (3.3-4.4-2.6), そして RE (3.7-4.8-2.7) は, 類型では endomorphic mesomorph であったが, これは Heath ら (1990) の結果と一致しているが, Bale (1986) の結果とは異なっている.

本研究の mesomorphy が Bale (1986) のゴルフプレーヤーのそれより高い傾向を示したが, これはゴルフプレーヤーでは肥満傾向の低下や筋の発達とかいろいろな経験が技術レベルと関連しているのかもしれないことを示唆している. ただ, ゴルフプレーヤーは各人いろいろな体格と体型を有し, ゴルフの競技において効果的プレーが行われている. しかしながら, 男子ゴルフプレーヤーのソマトタイプは, スキルレベルの向上により mesomorphy の方へ増大されると推測される.

身体計測値と体組成

本研究の身長についてみると，4 ゴルフプレーヤー群と2 対照群との間で大きな違いは認められなかった．

川島（1994）はバイオメカニクスの側面からスイングと形態の関係を分析した結果，身長の高いゴルフプレーヤーはスイングプレーンの縦型スイングであり，また身長の高いゴルフプレーヤーは横型で振ることが安定した動きになると報告した．すなわち，ゴルフプレーにおいて身長の高さは決定的な要因にはならないと思われる．

PGA の Teaching manual（1990）は，スイング中には3つの要因（レバーシステム（バックスイングにおける左腕とクラブによって作られるテコの組み合わせ），ウインズスアーク（スイング中の回転の中心から腕と手の伸張度），スイングプレーン（クラブシャフトによって作られる傾斜したプレーンの度合いと動く方向））が重要であるとして指摘している．したがってゴルフプレーヤーにおいて，身長は大きな要因にはならないと考えられる．しかし，最近では外国の選手は大型化になっていることも見逃すことはできない．

一般的に，中高年の体型は肥満傾向になってきている．本研究のSCは脂肪量（FM）で高い値を示した．しかしながら，AMは皮下脂肪厚（上腕背部，腸骨上部，下腿内側部）とFMは他群に比して少なかった．AMは1週間に2-3回のゴルフ練習をしているが，この定期的な運動がその結果をもたらしているとも推測される．

上腕囲についてみると，PRとCOはAM，CG，およびSCより大きな値であった．ゴルフでは，スイングで上腕の筋肉が重要な働きをしていると理解されている．Hammel（1948）は，クラブを加速させるためには左右の上腕三頭筋，右広背筋，右大胸筋，左三角筋の後

部が関与していると述べている。本研究の結果，十分に訓練されたゴルフプレーヤーである PR と CO が，大きな腕囲を有していたことは，パワフルで正確なスイングを作るために両上腕の上腕三頭筋が発達したものと考えられる。

下腿囲については，PR は AM と CG より有意に大きく，加えて CO は AM より，また SC は AM と CG より有意に大きかった。しかしながら，FM の値では SC が他群より高い傾向であった。

Carlsoo (1967) はスイング中の足の筋における働きを筋電図から分析し，腓腹筋，ヒラメ筋，前脛骨筋，長短腓骨筋が関与していることを報告している。さらに，ダウンスイングでは左足（右打ちの場合）の腓骨筋と右足の前脛骨筋，右後脛骨筋が下腿を側方に引く働きをする。下腿の筋における役割として，正確に力強くスイングを行うのに重要な働きをしている。それゆえこのことは，本研究の十分に訓練されたゴルフプレーヤーである PR と CO に見られる下腿囲の発達と関連しているものと想定される。

大腿骨端幅と上腕骨端幅において，CO は AM と CG より有意に幅広いことが示された。

Haapasalo ら (2000) は，テニス選手の腕を X 線断層写真から観察した結果，非利き腕に比べて利き腕の骨が太くなっていたと報告している。特に CO は規則的なゴルフトレーニングのみでなく，骨密度が増加するかもしれない規則的な運動を行っている。このようなトータル運動量の多さが CO の大腿骨端幅と上腕骨端幅が AM と CG より大きかったことに関連しているかもしれない。しかし，このことから PR の大腿骨端幅と上腕骨端幅が，他のゴルフプレーヤー群との間で有意差がなかったことは説明できない。

結論として、日本人ゴルフプレーヤーのゴルフプレーヤー群や対照群の間で身体計測値、体組成、およびソマトタイプにおいて違いが見られた。特にソマトタイプについてみたとき、mesomorphyの向上がスキルレベルに関連しているという傾向が見られた。

2. 5 まとめ

本研究の目的は日本人男子ゴルフプレーヤー63名(プロゴルフプレーヤー群(PR)、一般ゴルフプレーヤー群(AM)、大学ゴルフプレーヤー群(CO)、同好会ゴルフプレーヤー群(RE)の体型と身体測定値、体組成を比較研究することである。ゴルフを行っていることが男子プレーヤーの形態にどのような変化を与えているかをみることである。結果を以下のようにまとめることができる。

- 1) PR(3.8-5.8-1.6)、CO(4.7-5.6-2.2)、RE(3.7-4.8-2.7)およびAM(3.3-4.4-2.6)はソマトタイプの類型で endomorphic mesomorph となり、対照群(中高年)(SC)(4.7-3.9-2.1)は mesomorphic endomorph、対照群(一般大学生)(CG)(3.8-4.3-3.3)は central であった。
- 2) 身長においては、CO、RE、PR、AM、の順序であり、172.6 cm ~ 166.7 cmの範囲であった。ゴルフプレーヤー各群とCG、SCとの間で統計的に有意差は認められなかった。
- 3) 体重についてみると、PR(71.9±4.8 kg)、CO(70.3±11.7 kg)、RE(64.5±7.5 kg)であり、AM(60.5±5.1 kg)の順番で軽い傾向であった。統計的にはPR、AM、COと対照群(CG、SC)間で有意差(p<0.001)が認められた。
- 4) 体脂肪率ではAMのみがSCに対して有意に低い値であった(P

< 0.05). また, FFM および BMI において PR は CG より有意に高い値 ($P < 0.001$) を示した. FM では, SC が AM と CG より有意に大きな値が示された ($P < 0.05 \sim 0.01$).

第 3 節 日本人女子ゴルフプレイヤーの身体特性について

3. 1 目的

ゴルフは近年ではプロゴルフプレイヤーの活躍によって競技スポーツとして社会的にも非常に注目されるようになってきた(泉, 1976). またゴルフには男女のへだたりなく, 年齢的には若者から高齢者まで行えるという特徴があり, 最近では特に女性と高齢者の愛好者が著しく増加している.

特にゴルフのプレーとの関連において見れば, 動作学的な方法による技術に関する研究が中心となっており, プレーをする人, すなわちゴルフプレイヤーを対象とした研究は非常に少ない(川島, 1994; 片岡, 1999). これはゴルフというスポーツにおける技術要因の重要性を示していると同時に, プレーヤーの体格・体力的要因に対して十分な認識がなされていないことを物語っている. このようなプレイヤーの身体的能力に対する認識の低さは, 比較的静かにしかもマイペースで行えるゴルフのプレースタイルに起因するのではないかと推測される. したがって, 従来 of ゴルフ界におけるこのような一般的な認識傾向からいって, たとえ専門的にプレーしているゴルフの選手といえども, 体格的にも体力的にも多様なプレー

ヤーが存在しても不思議ではないと思われる。

そこで本研究は、このようなゴルフプレーヤーの形態的な多様性に着目して、これまでほとんど報告されていない日本人女子ゴルフプレーヤーの若年者から中年者にいたる幅広い年齢層で競技レベルの異なるプレーヤーを対象に生体計測を行い、特に体格と体組成ならびに体型について検証しようと試みた。

3. 2 方法

被験者は日本人の女子ゴルフプレーヤー合計 57 名（プロゴルフプレーヤー（PR）14 名，34.4 歳，一般ゴルフプレーヤー（AM）11 名，49.9 歳，大学ゴルフプレーヤー（CO）13 名，20.1 歳，高校ゴルフプレーヤー（HG）15 名，16.5 歳，中学ゴルフプレーヤー（JH）4 名，13.8 歳である（表 1）。以下英略名で示す。PR は全員日本でトーナメントに出場しているプレーヤーであるのに対して，AM はクラブに所属して定期的にプレーしているアマチュアゴルフプレーヤーである。AM は被験者群の中では年齢，経験年数ともに最も高かった（ 49.9 ± 11.3 歳， 13.1 ± 8.6 年）。CO の群と HG の群は大学や高校の全日本や関東選手権などに出場している比較的技術レベルの高いプレーヤーであり，JH の群もジュニアの試合などに出場しているゴルフ選手である。対照群（CN）30 名（19.3 歳）は一般体育の実技を履修している大学生であるが，中学，高校時代に専門的にスポーツ活動を経験していない者を抽出した。なお，身長と体重に関しては比較のために現在のトッププロゴルフプレーヤーのデータも用いたが，それらは日本女子プロゴルフ協会資料（JLPGA，1999）から引用した。

体型に関する科学的研究は Sheldon (1940, 1970) によって始まり, Tanner (1964) もその方法を用いて男子オリンピック選手の体型研究を行っている。しかし, Heath-Carter (1990) によってより簡易な方法が開発されて以来, その方法がもっぱら活用されるようになった。本研究でも Heath-Carter (1990) 法を用いることにした。計測項目, および計測方法は第 6 章第 2 節の方法によって行った。なお, 皮脂厚の値は正規分布の値に近づけるために, 保志ら (1978) の方法に従って変換 ($y = 100 \times \log_{10}(X-18)$) を施した。統計分析では, 各群の平均値と標準偏差を計算した後, ゴルフプレーヤー各群と CN 間の比較には t 検定を行い, 5% 水準で有意差をみた。

3. 3 結果

身長では各群の平均値は 156.3 ~ 163.5cm の範囲であったが, 群別では PR が最も高く, AM が最も低かった。CN に対する比較では, PR ($P < 0.01$) と HG ($P < 0.05$) の両群との間で有意差が見られた (表 1)。

体重では 49.6 ~ 59.7kg の範囲にあって, 身長と同様に, PR が最も高く, AM が最も低い値を示した。CN との比較では, PR ($P < 0.01$) と CO ($P < 0.05$) および HG ($P < 0.01$) との間で有意差が見られた。このように, 体格値の代表的項目である身長と体重において, PR と AM との間では対照的な傾向が示された (表 1)。

女子ゴルフプレーヤーの体格の全体的傾向を知るために, 本研究の被験者と併せて現在活躍中の日本女子プロゴルフツアーシード選手の身長と体重の散布図を図 1 に示す。ここでの本研究の被験者

はより成人群に近づけるために 18 歳以上 (44 名) とした。ツアーシード選手 (45 名, 平均 36.8 歳) のデータは女子ゴルフ協会に選手から申告されたものだが, それぞれの値は身長では 152.0 ~ 172.0cm, 体重では 50.0 ~ 80.0kg の範囲であった (日本女子プロゴルフ協会, 1999)。全体的には両群ともに比較的ばらつきが大きく, その傾向は非常に類似している。相関係数でも前者は $r = 0.602$, 後者は $r = 0.543$ と比較的 low, これらは保志ら (1978) の日本人成人男女を対象とした調査結果に近い値である。

体脂肪率では各群が約 20 ~ 25% の範囲にあったが, C0 が 19.8% で最小値を, JH が 25.4% で最高値を示した。CN との比較では, JH 以外の他の 4 群が有意 ($P < 0.01$) に低い値であった (表 1)。

本研究では皮脂厚を変換値で示したが, それらの値は各群それぞれ腸骨上部 184 ~ 210, 上腕背部 205 ~ 220, 肩甲骨下部 198 ~ 211 の範囲であった。いずれも対照群の値に比較して低かったが, 統計的には AM の肩甲骨下部および JH の上腕背部と肩甲骨下部を除くすべてにおいて有意差が見られた (表 1)。

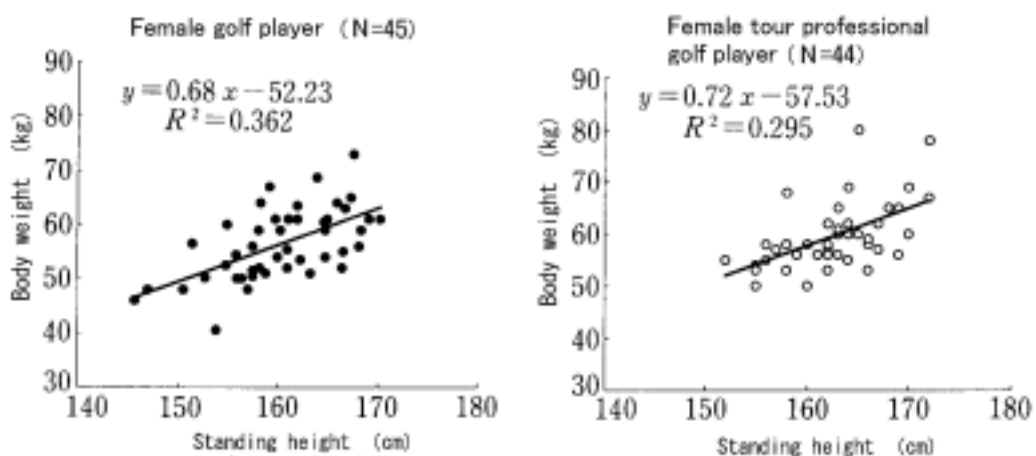


図 1 女子ゴルフプレーヤー (18 歳以上) と女子ツアーシード選手の身長と体重の散布図

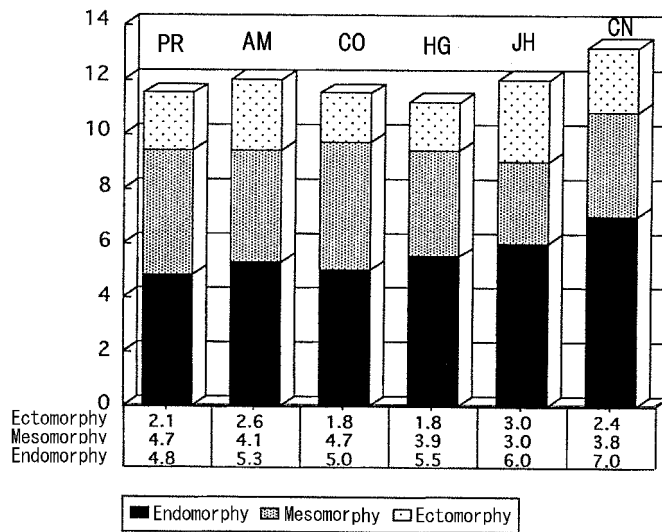


図2 群別のソマトタイプ要素

PR: Professional golf player, AM: Amateur golf player, CO: Collegiate golf player, HG: High school student golf player, JH: Junior high school student golf player, CN: Control

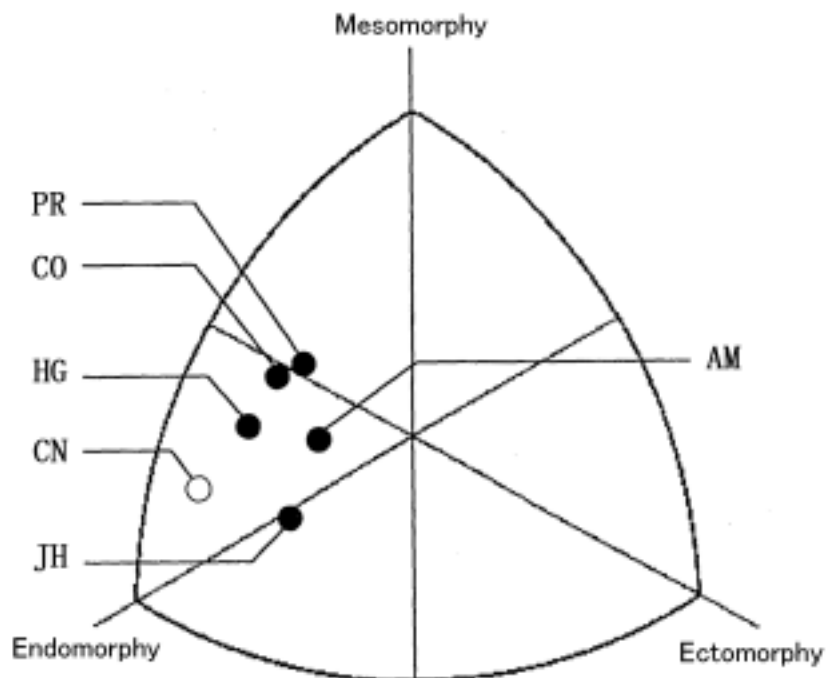


図3 群別のソマトタイプ

PR: Professional golf player, AM: Amateur golf player, CO: Collegiate golf player, HG: High school student golf player, JH: Junior high school student golf player, CN: Control

表 1 被験者のゴルフ経験年数・年齢及び身体的特徴・ソマトタイプ要素

| Variable | PR (N=14) | | AM (N=11) | | CO (N=13) | | HG (N=15) | | JH (N=4) | | CN (N=30) | |
|-------------------------|-------------------------------|----|-----------------|----|-----------------|----|-----------------|----|----------------|----|--------------|----|
| | Mean | SD | Mean | SD | Mean | SD | Mean | SD | Mean | SD | Mean | SD |
| Career (yrs.) | 11.9 ± 5.5 | | 13.1 ± 8.6 | | 6.6 ± 3.7 | | 3.8 ± 2.3 | | 2.8 ± 1.5 | | | |
| Age (yrs.) | 34.4 ± 5.9 | | 49.9 ± 11.3 | | 20.1 ± 1.0 | | 16.5 ± 0.6 | | 13.8 ± 0.5 | | 19.3 ± 1.3 | |
| Standing height (cm) | 163.5 ± 3.8 ** | | 156.3 ± 8.0 | | 159.4 ± 5.2 | | 162.0 ± 6.8 * | | 159.6 ± 3.2 | | 156.8 ± 4.7 | |
| Body weight (kg) | 59.7 ± 3.9 ** | | 49.6 ± 7.1 | | 56.9 ± 7.5 * | | 59.5 ± 6.6 ** | | 50.8 ± 4.9 | | 51.2 ± 6.3 | |
| %fat | 20.2 ± 4.4 ** | | 20.9 ± 5.2 ** | | 19.8 ± 2.9 ** | | 22.4 ± 3.7 ** | | 25.4 ± 5.6 | | 26.3 ± 4.5 | |
| Supraspinale skinfold | ¹⁾ 184.0 ± 27.9 ** | | 194.9 ± 24.2 ** | | 200.2 ± 14.9 ** | | 196.8 ± 10.5 ** | | 209.8 ± 7.0 ** | | 229.0 ± 12.2 | |
| Triceps skinfold | ²⁾ 214.1 ± 11.3 * | | 205.0 ± 17.6 ** | | 206.6 ± 15.2 ** | | 215.2 ± 11.7 * | | 220.0 ± 9.4 | | 224.1 ± 11.5 | |
| Subscapular skinfold | ³⁾ 198.0 ± 18.2 ** | | 211.0 ± 17.1 | | 206.0 ± 7.8 ** | | 204.1 ± 23.5 * | | 206.2 ± 20.8 | | 221.2 ± 12.3 | |
| Endomorphy | 4.8 ± 1.2 ** | | 5.3 ± 1.4 ** | | 5.0 ± 0.7 ** | | 5.5 ± 1.2 ** | | 6.0 ± 0.9 * | | 7.0 ± 1.0 | |
| Mesomorphy | 4.7 ± 0.6 ** | | 4.1 ± 0.9 | | 4.7 ± 1.4 | | 3.9 ± 0.7 | | 3.0 ± 0.8 | | 3.8 ± 1.3 | |
| Ectomorphy | 2.1 ± 0.8 | | 2.6 ± 0.9 | | 1.8 ± 1.3 | | 1.8 ± 0.9 | | 3.0 ± 0.4 * | | 2.4 ± 1.1 | |

** : P < 0.01, * : P < 0.05, ^{1), 2), 3)} は変換値 (式は本文参照)

PR: Professional golfer player, AM: Amateur golfer player, CO: Collegiate golfer player, HG: High school student golfer player, JH: Junior high school student golfer player, CN: Control

体型 (somatotype) を表す各要素 , 第 1 要素 (endomorph) ・ 第 2 要素 (mesomorph) ・ 第 3 要素 (ectomorph) の群別平均値と全体的傾向を表 1 と図 2 に示す . 第 1 要素では JH から HG , AM , C0 , PR という順で 6.0 から 4.8 へ漸減するという特徴的傾向が見られた . CN の値 7.0 との比較ではいずれも有意の差 ($P < 0.05 \sim P < 0.01$) であった . 第 2 要素では 3.0 ~ 4.7 , 第 3 要素では 1.8 ~ 3.0 という範囲にそれぞれ各群の値が入っていた . CN との比較では PR の第 2 要素 ($P < 0.01$) と JH の第 3 要素 ($P < 0.05$) は有意に高い値であったが , その他の値には有意な差は見られなかった . 各要素の比率においては PR (4.8-4.7-2.1) と C0 (5.0-4.7-1.8) の両群はきわめて類似した傾向を示した .

ソマトチャート (somatochart) における各群の平均値と群全体の分布状態を示したのが図 3 である . また図 4 ~ 図 9 までは各群と各被験者の分布を示した . C0 と PR の両群は第 1 要素と第 2 要素の中間付近で非常に近く分布し , HG と AM は第 1 要素方向にやや離れて , JH も同じ方向にさらに離れて分布していた . これに対して , CN は第 1 要素にきわめて近く分布し , その分布域はゴルフプレーヤー各群のそれとは非常に異なっていた (図 3) . 各群全体のプロットでは , いずれも比較的広範囲に分布する傾向があり , 特に AM と C0 の分布域が広いのに対して , PR のそれは比較的狭いという差異が見られた (図 4) . さらにソマトタイプの分布傾向の詳細を知るために , 分布域を特定した類型別の頻度を分析した . Heath-Carter (1990) の方法に従って , ソマトチャートの分布域を 13 の類型 (category) に分けてその頻度を示したのが図 10 である . ここでも体格値の場合と同様に , 全体をより成人群に近づけるため

に 18 歳以上の被験者のみを対象とした。ゴルフプレーヤーで最も多かったのは mesomorphic endomorph (II) の 61% , 次いで endomorphic mesomorph (IV) の 16% であった。CN では最も多い類型はゴルフプレーヤーと同じ mesomorphic endomorph (II) であったが , 次いで ectomorphic endomorph (XII) , balanced endomorph () という順であった。ゴルフプレーヤーは合計 7 類型に区分されたのに対して ,CN はわずか 3 類型に区分されたにすぎなかった。

3 . 4 考察

ゴルフプレーヤー 5 群の中でも , 特に AM の群の年齢が高く年代に差がある。しかし , 文部省全国調査資料同年代 50 歳女子の値 (文部省体育局 , 1994) との比較では , 身長において本研究の AM のほうが約 2 cm 高く , 年齢的にはこの群が特に体格的に劣っているわけではない。また本研究 CN の体格値もほぼ同年代の全国値を示しており , したがって本研究のゴルフプレーヤーは同世代の日本人としてはいずれも身長がやや高い群であるといえる。女子ゴルフプレーヤーの体格の全体的傾向を知るために , 本研究の被験者と併せて現在活躍中の日本女子プロゴルフツアーシード選手の身長と体重の散布図からみたところ , ツアーシード選手の身長では 152.0 ~ 172.0cm , 体重では 50.0 ~ 80.0kg の範囲であった (図 1) 。全体的には両群ともに比較的ばらつきが大きく , その傾向は非常に類似している。このように本研究の被験者と同様に , 現在日本のトッププロゴルフプレーヤーとして活躍中の選手においても身長と体重の散布度が大きいということは , ゴルフというスポーツにおいては体格的に多様なプレーヤーが活躍できる可能性を示すものと考えら

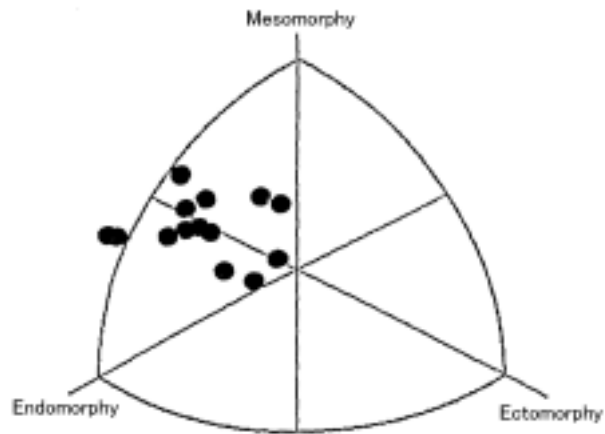


図 4 PR (プロゴルフプレーヤー)のソマトチャート

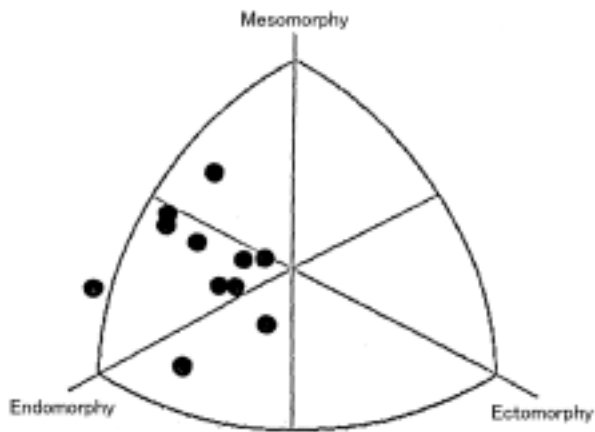


図 5 AM (一般ゴルフプレーヤー)のソマトチャート

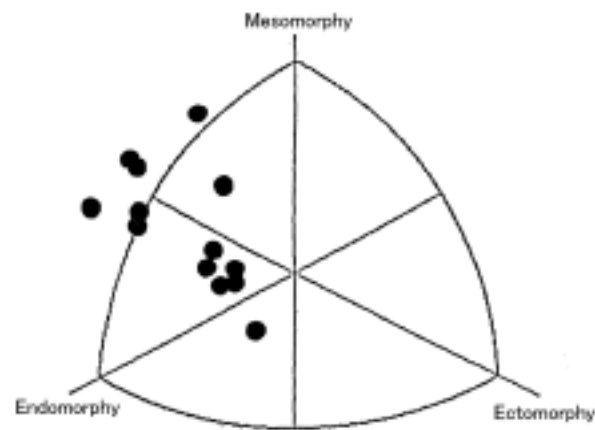


図 6 CO (大学ゴルフプレーヤー)のソマトチャート

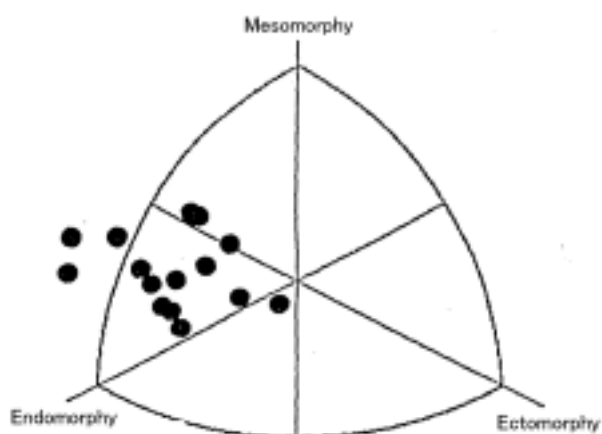


図7 HG (高校ゴルフプレーヤー)のソマトチャート

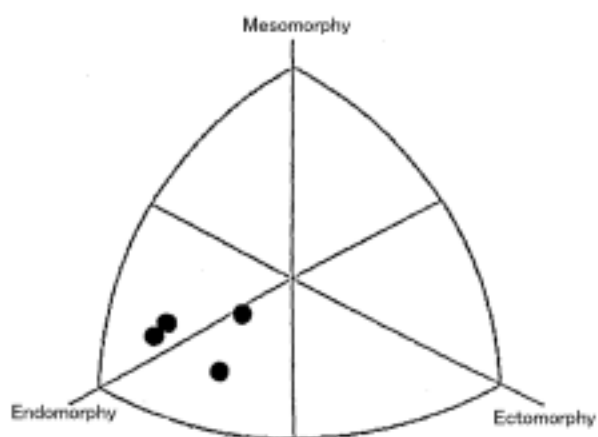


図8 JH (中学ゴルフプレーヤー)のソマトチャート

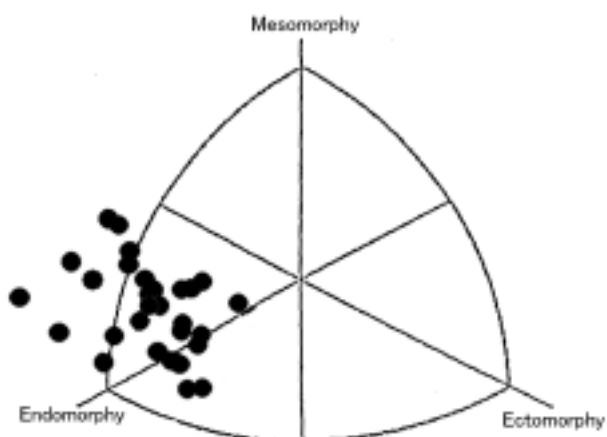


図9 CN (対照群)のソマトチャート

れる。

体脂肪率に関して，Komiyama ら（1992）は若い成人女性で 25% が至適値とし，30% 以上を肥満としているので，CN の 26.3% は比較的平均的な値と考えられる。女性スポーツ選手の体脂肪率に関しては，例えば女子オリンピック選手の例（小宮，1998）では陸上競技の投擲選手の値が 30% 前後で最も高く，短距離選手や競泳選手のそれは 15% 前後という報告がある。また渡辺ら（1998）の大学生女子運動部員（13 スポーツ種目）の調査では，調査した全種目が 16~24% の範囲にあり，20% 前後が最も多くなっている。このように，本研究ゴルフプレーヤーの体脂肪率（19.8~22.4%，JH 25.4±5.6% を除く）は，オリンピック出場の短距離・競泳選手ほど低くないが，バドミントン，バレーボール，バスケットボールなどの大学生運動部員の値にほぼ等しいということが示唆された。

皮脂厚に関して，本研究では女子大学生である CN の皮脂厚変換値は 221~229 であった（表 1）。保志ら（1978）の日本人成人女子を対象とした計測ではこれよりやや高い値が報告されているが，CN の値が特に高いというわけではない。加藤ら（1992）のバレーボールやバスケットボールの選手を中心とした日本人高身長者の計測ではこれらの皮脂厚値は 205~211 となっており，本研究のゴルフプレーヤーの値に近い。したがって，特に低い値であった PR の腹部を除く他の群の各皮脂厚値はスポーツ選手としては比較的標準的な値であるといえる。

体型に関する科学的研究は男性を対象とした研究から始まっている（Tanner，1964；Sheldon，1970）ので，女性を対象とした研究は比較的新しくしかも少ない（Pardee ら，1988；Heath-Carter，

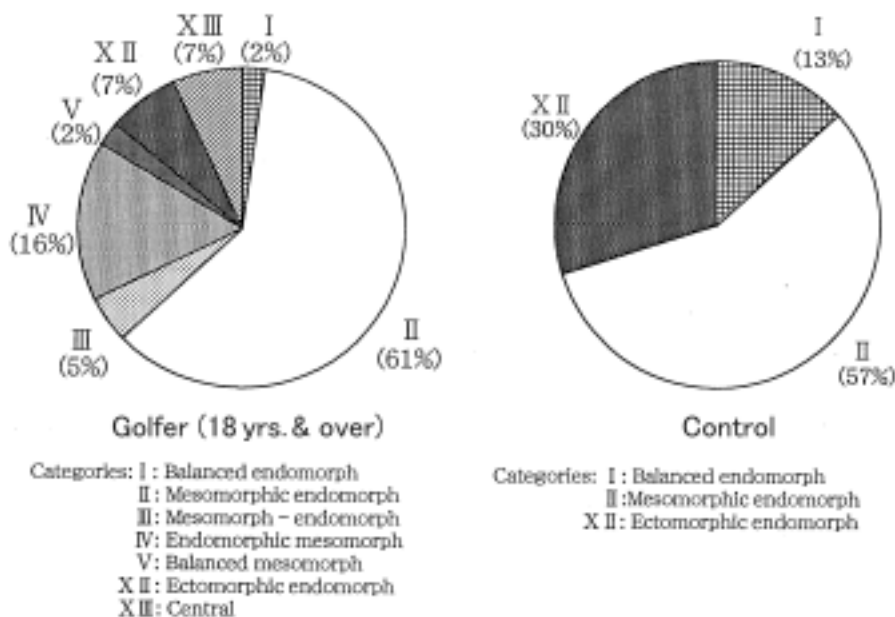


図 10 女子ゴルフプレーヤー（18歳以上）と対照群のソマトタイプの類型別頻度

1990; Leake ら , 1991; Gualdi ら , 1993). 特に日本人女性の体型に関する研究はきわめて少ない(雨宮 , 1990; Komiya ら , 1992; 渡辺ら , 1998). 体型の構成要素に関する他資料との比較では , 特に第 1 要素において本研究のゴルフプレーヤー各群は 4.8~6.0 であるのに対して , 渡辺ら (1998) のゴルフプレーヤー以外の大学生女子競技者を対象とした報告では 2.8~5.0 となっていてその差が著しい . しかし , 他の 2 要素においては本研究と渡辺ら (1998) の報告の間あまり差が見られない . したがって , 本研究のゴルフプレーヤーは日本人女子スポーツ選手の中でも特に第 1 要素に高い値を有する群であると考えられる . ゴルフプレーヤーの体型に関しては , Carter (1971) がアメリカ人女子のプロゴルフプレーヤーとアマ (一般ゴルフプレーヤー) のプレーヤーについて報告している . その報告では各要素それぞれプロゴルフプレーヤー 4.1-4.0-2.7 ,

アマ 4.9-4.6-2.1 となっているが、このアメリカ人アマの値がわれわれの PR のそれとほぼ一致している。経験年数や技術レベルとの関連では、本研究の群間の比較において第 1 と第 2 の両要素においては JH から PR へと順次第 1 は漸減、第 2 は漸増の傾向を示している。このことは経験年数が長く技術レベルが高くなるに従って、体型的には脂肪が減少して筋の発達が良くなることを示唆していると思われる。ソマトプロットでは、渡辺ら（1998）の大学生女子競技者では剣道、馬術、サッカー、バドミントンなどが、雨宮（1990）のアジア大会日本代表女子選手ではボウリング、射撃、ボート、馬術などが本研究の JH を除く他の 4 群に近い分布を示している。

体型の類型に関しては、本研究のゴルフプレーヤーでは endomorphy の要素が顕著で ectomorphy より mesomorphy がより高い比率の mesomorphic endomorphy（II）が最も多く、次いで mesomorphy が顕著で ectomorphy より endomorphy がより高い比率の endomorphic mesomorph（IV）となっている（図 5）。しかし渡辺ら（1998）のゴルフを含まない 13 種目の大学生女子競技者では、mesomorph-endomorph（III）が最も多く、次いで mesomorphic endomorph（II）というように、本研究の結果とは異なる傾向を示している。また類型の数でも本研究の 7 類型に対して、渡辺ら（1998）の報告は 4 類型のみである。このように本研究の被験者は単一の種目にもかかわらず多数の類型を有するという顕著な傾向があり、これは体型的にも多様なゴルフプレーヤーの特徴を示しているといえる。

以上のように、ゴルフプレーヤーは、経験が豊富になり技術水準が高くなるに従って肥満傾向が低下して筋肉質傾向が向上すると

考えられるが、しかしプレーヤー個々では体格的にも体型的にも多様なプレーヤーが存在し活躍していることが明らかとなった。したがって、ゴルフでは他のスポーツ競技種目に見られるように、その競技種目の適正を示すある特定の形態的特徴を追究するというよりも、むしろゴルフプレーヤー個々の適正、すなわち形態的個別性の追究・研究が重要であるように思われる。

3. 5 まとめ

従来ほとんど報告されていない女子ゴルフプレーヤーの生体計測を行う機会を得、体格と体組成ならびに体型に関して以下のような結果を得た。被験者は年齢と競技レベル別の5つの群から構成される日本人女子ゴルフプレーヤー57名(プロゴルフプレーヤー(PR)、一般ゴルフプレーヤー(AM)、大学ゴルフプレーヤー(CO)、高校ゴルフプレーヤー(HG)、中学ゴルフプレーヤー(JH)である。なお、計測と分析はMartin(1957)の方法とHeath-Carter(1990)の方法によって行った。結果は以下のようにまとめることができる。

- 1) 身長と体重の値は各群それぞれ156.3~163.5cm, 49.6~59.7kgの範囲であった。いずれの項目でも最高年齢群のAMが最も低い値を示したのに対して、PRの群が最も高い値を示した。
- 2) 体脂肪率は各群約20~25%の範囲であったが、COの群が最も低い値、JHの群が最も高い値であった。皮脂厚の換算値では各群は腸骨上部 184~210、上腕背部 205~220、肩甲骨下部 198~211という値を示した。CNの一般女子学生との比較では、JHを除く他の4群はこれらのほとんどの項目において有意に低

い値であった。

- 3) 体型を示す 3 要素の値では各群それぞれ第 1 要素は 4.8~6.0 , 第 2 要素は 3.0~4.7 , 第 3 要素は 1.8~3.0 の範囲であった。
CO と PR の両群は各要素の比率において類似した傾向を示した。
- 4) ソマトチャートの類型では mesomorphic endomorph が最も多く , ついで endomorphic mesomorph であった。

第 4 節 ゴルフプレイヤーの障害の実態について

4 . 1 目的

近年 ,日本でのゴルフコースは約 1500 コース ,ゴルフ人口が 1000 万人 (世界第 2 位)であり ,ゴルフは軽スポーツとして ,また簡単に行うことが出来るスポーツとして ,あらゆる世代に受けいれられているといっても過言ではない。このようにゴルフが発展した主なる原因としては ,まず国際スポーツとして ,世界のゴルフ人口も約 3700 万人 (井上 , 1989)にも達していること ,またゴルフは性別を問わず参加でき ,精神と身体のバランスが取れるスポーツであり ,高齢者社会における健康増進に役立つスポーツであるなどを挙げることができる。

しかし ,ゴルフプレイヤーがプレー中に身体の調子が悪いとか ,一流のトーナメントプロゴルフプレイヤーが試合を突然に欠場するとかという話が聞かれるように ,最近身体の痛みで欠場したり (朝日新聞 , 1997A; 神奈川新聞 , 1999A) ,またゴルフによる障害を訴えるゴルフプレイヤーも目立つようになった (税所ら , 1989;

萩原，1993;和田野ら，1994)。

日本でのゴルフプレーヤーの障害について，林原(1984)，城所(1991)，および田辺ら(1993)の研究報告は，一般ゴルフプレーヤーについて調査した結果，障害のあるゴルフプレーヤーが多いことを指摘している。一方海外での報告として，イギリスの McCarroll(1996)は男子アマチュアゴルフプレーヤーの中で，背中，肘に障害が多いとしている。ニュージーランドでは一般ゴルフプレーヤーのゴルフ障害についてアンケートを行って調べたところ，背部，手首，肘，肩の部位に影響があったと報告している。オーストラリアでは Caroline ら(1998)が一般男女ゴルフプレーヤーを対象に調査し，背部，肘，膝，肩部，頭部に影響があらわれたと指摘している。ニュージーランドでは Batt(1993)が調べて，ゴルフの障害のパターンとして年齢，能力，そしてプレーによって影響され，背中，手首，肘，肩甲部の部位に障害が発生されると述べている。そしてスコットランドにおいては，Nicholas ら(1998)は，腰部，肩，腕，膝，等の部位に影響があったと報告している。

ゴルフのスイングは身体の回転運動を利用してボールを打ったり，スイング中に体重移動をしながら，身体をバネのようにして打つとか，鞭を叩くような動きで打つ動作を繰り返す。その動作中には関節，筋・腱の付着部，靭帯，骨等に繰り返し強いストレスがかかり，障害が発生する原因を作っているものと思われる。従来ゴルフプレーヤーの障害の特徴については，一般ゴルフプレーヤーや男子プロゴルフプレーヤーを対象に断片的に調査・検討されていることにとどまっている。

そこで，本研究では，ゴルフをスポーツとして行い，しかも技術

水準の異なる多くの男女プレーヤー473名(プロゴルフプレーヤー, 一般ゴルフプレーヤー, 大学ゴルフプレーヤー, 高校ゴルフプレーヤー, 中学ゴルフプレーヤー)に対して幅広く調査し, 彼らのスポーツ障害の実態を明らかにしたいと考えた。

4. 2 方法

調査は1998年4月より1999年2月の約1年間にアンケート調査を行って回答を得た。調査対象者は男女(M,F)各5群(プロゴルフプレーヤー(PR), 一般ゴルフプレーヤー(AM), 大学ゴルフプレーヤー(CO), 高校ゴルフプレーヤー(HG), 中学ゴルフプレーヤー(JH)合計10群であったが, 473名を対象とした。以下では英略字で示す。

男子プロゴルフプレーヤー(MPR)は41名(研修生を含む), 年齢 37.3 ± 8.6 歳, 女子プロゴルフプレーヤーは(FPR)51名, 年齢 37.5 ± 10.4 歳, 男女合計92名である。男子プロゴルフプレーヤー(MPR)の調査に際しては, 1998年4月のキリンカップトーナメント時において, 各選手に直接質問して回答を得たものである。男女とも日本のトップが数名を含んでいる。以下では英略字で示す。

AMに対しては, 男子平均 13.6 ± 10.6 年, 女子平均 5.5 ± 5.0 年の経験歴のあるゴルフプレーヤーであった。また調査ではゴルフのスクールで定期的にゴルフ練習しているか, 競技に出場している者を対象とし, ゴルフのスクールを開講しているNGF(日本ゴルフ財団)を通して郵送により回答を得た。その結果, 男子189名, 平均男子年齢 48.7 ± 11.7 歳, 女子81名, 平均年齢 45.7 ± 12.6 歳であった。

COの調査対象者は, 全日本, 関東大学学生ゴルフ選手権に出場

している選手であり，MC0，平均年齢 19.9 ± 1.1 歳，28 名，FC0 は平均年齢 20.3 ± 1.5 歳の 20 名，合計 48 名である．男女大学ゴルフプレーヤーに対しては，面接して直接質問により回答を得た．

HG については，競技ゴルフの大会で活躍している高校のゴルフプレーヤーを対象とした．すべて全日本，関東ジュニアゴルフ選手権に出場している選手であり，MHG の平均年齢は 16.1 ± 0.5 歳，24 名，FHG は平均年齢 16.5 ± 0.6 歳の 20 名，合計 44 名である．HG に対しては，面接して直接質問により回答を得た．

JH では MJH は 15 名，平均年齢 13.8 ± 1.1 歳，FJH は 4 名，平均年齢 13.7 ± 0.5 歳である．JH は定期的に練習場で練習をし，プロゴルフプレーヤーから授業を受け，コースにも行って，ジュニア競技に出ている者である．調査は全て面接して直接質問により，回答を得た．

アンケートの回答用紙の項目として，1) 性別，年齢，身長，体重，2) ゴルフ歴，ハンディキャップ，スイングの型（左右），3) 障害の有無，4) 障害の部位として，左右の肩，腰，膝，肘，大腿，下腿，足関節，手関節，指，上腕，前腕，アキレス腱，足指，肋骨，頭部，背部，その他，5) 痛む時と痛みの時期，6) 治療法について，7) 現在の障害の持続期間について調査した．

4. 3 結果

図 1 から各群の障害をもっている者と健常者についてみたとき，PR では障害有りが，MPR で 28 名 (68%)，FPR が 37 名 (72%) で，約 7 割の多さであった．AM では，MAM が 124 名 (65%)，FAM が 37 名 (45%) もの障害をもっていた．CO では，MC0 が 16 名 (55%) と FC0

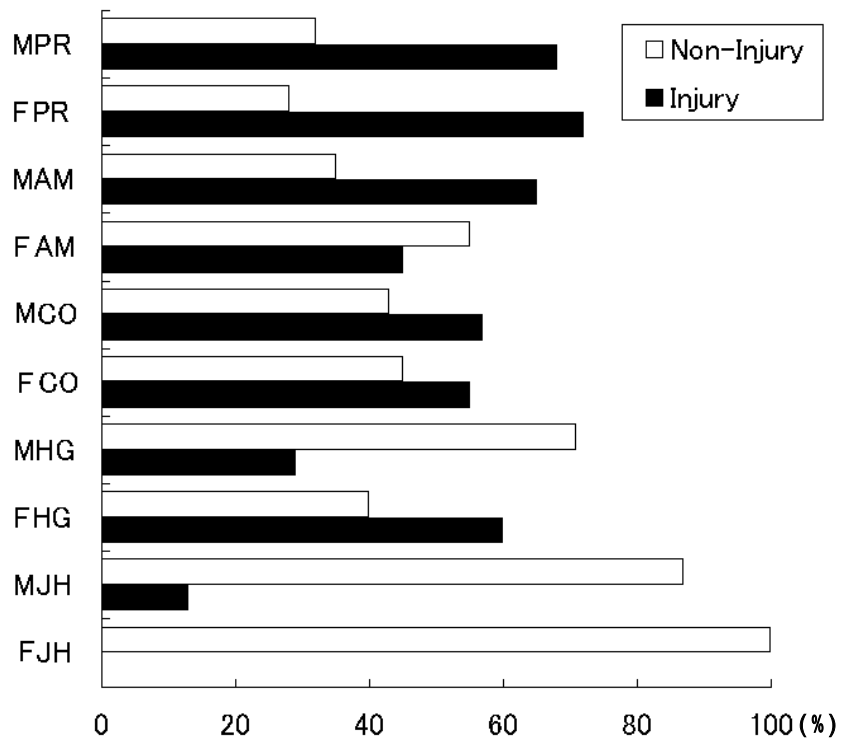


図 1 各群（ゴルフプレーヤー）の障害ありと障害なしの比較

M, FPR: Male, Female professional golf player, M, FAM: Male, Female amateur golf player, M, FCO: Male, Female collegiate golf player, M, FHG: Male, Female high school student golf player, M, FJH: Male, Female junior high school student golf player.

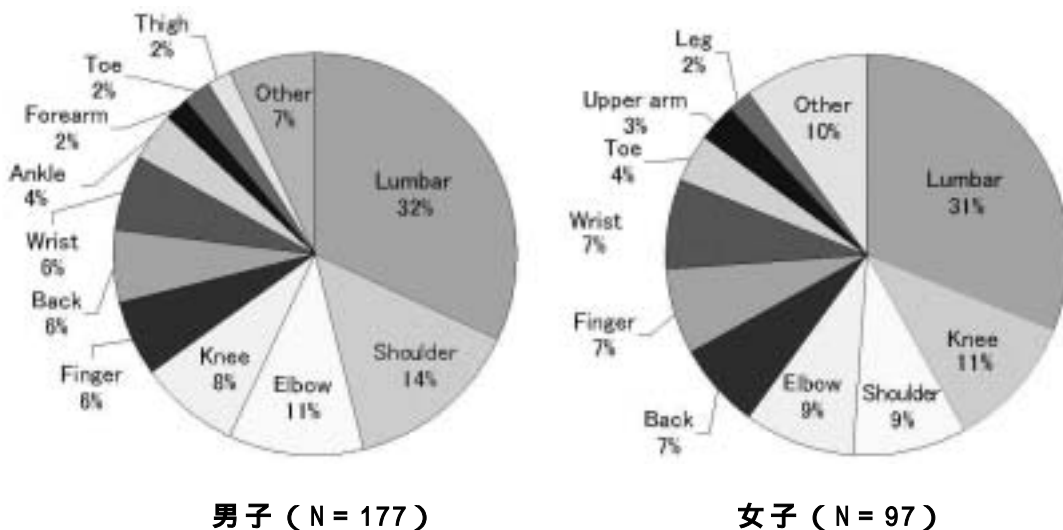


図 2 男女ゴルフプレーヤーの障害分布

が 11 名 (55%) の障害をもっていた。HG においては、MHG で 7 名 (29%)、FHG では 12 名 (60%) において障害が発症していた。JH では MJH のみで 2 名 (13%) に障害がみられた。

図 2 には、回答のあった全ゴルフプレーヤーの障害を発生部位別に円グラフで示した。これらから、全男子ゴルフプレーヤーでは、まず腰 32%、肩 14%、肘 11%、膝 8% の順であり、全女子ゴルフプレーヤーにおいては、腰 31%、膝 11%、肩 9%、肘 9% の結果を得た。

表 1 は各群におけるゴルフプレーヤーの形態と経歴をあらわした。表 2 (男子)、表 3 (女子) には、障害の発生時期、治療法、治療病院、発症時期をそれぞれ示した。ゴルフによって障害が発生した時期では男女とも、練習後、練習中、ラウンド中、ラウンド終了後に、はじめて痛みを感じたときの回答が多かった。またその後、どのような処置を取ったかについては、マッサージ、湿布薬によって治療をしていた者が多かったが、特に治療しなかった者もいた。

治療病院については男女とも整形外科病院、接骨院によって、治療している。障害の期間については 1 年未満との回答が多かったが、5 年以上の長期にわたっている者もみられた。

表 1 各群におけるゴルフプレーヤーの形態と経歴

| Item Group | Age (yrs.) | Standing height (cm) | Body weight (kg) | Career (yrs.) | HDCP | Handed | |
|---------------|---------------|-------------------------|---------------------|------------------|-------------|-----------|----------|
| | Mean ± SD | Mean ± SD | Mean ± SD | Mean ± SD | Mean ± SD | Right (%) | Left (%) |
| MPR | 37.3 ± 8.9 | 172.1 ± 5.3 | 72.3 ± 6.9 | 22.5 ± 10.1 | - | 97 | 3 |
| FPR | 37.6 ± 10.6 | 160.7 ± 5.2 | 56.0 ± 5.1 | 11.6 ± 6.4 | - | 100 | 0 |
| MAM | 48.5 ± 11.1 | 168.9 ± 5.5 | 66.2 ± 10.3 | 13.6 ± 10.7 | 16.6 ± 10.1 | 99 | 1 |
| FAM | 45.9 ± 12.9 | 156.3 ± 5.7 | 51.0 ± 6.5 | 5.6 ± 5.5 | 23.9 ± 12.8 | 96 | 4 |
| MCO | 19.9 ± 1.3 | 173.3 ± 5.1 | 68.1 ± 8.1 | 6.9 ± 2.7 | 4.7 ± 4.3 | 100 | 0 |
| FCO | 20.3 ± 1.8 | 156.0 ± 5.4 | 54.0 ± 5.1 | 5.4 ± 2.5 | 7.1 ± 4.0 | 75 | 15 |
| MHG | 16.1 ± 0.7 | 170.8 ± 5.9 | 62.5 ± 8.1 | 3.0 ± 1.4 | - | 100 | 0 |
| FHG | 16.6 ± 0.8 | 162.8 ± 4.9 | 60.1 ± 4.1 | 3.6 ± 1.8 | - | 89 | 11 |
| MJH | 13.9 ± 1.3 | 164.1 ± 6.8 | 50.7 ± 15.1 | 3.0 ± 2.1 | - | 100 | 0 |
| FJH | 13.8 ± 0.7 | 159.3 ± 4.2 | 49.3 ± 5.8 | 3.0 ± 1.6 | - | 100 | 0 |

M, FPR: Male, Female professional golf player, M, FAM: Male, Female amateur golf player, M, FCO: Male, Female collegiate golf player, M, FHG: Male, Female high school student golf player, M, FJH: Male, Female junior high school student golf player.

表2 ゴルフによる障害発生の時期，治療法について（男子）

| 発生時期 | | 治療病院 | | | | |
|----------------------|-----------|------|-----|-----|-----|-------|
| Item | Total (%) | MPR | MAM | MCO | MHG | Total |
| After practice | 27 | 10 | 52 | 6 | 2 | 70 |
| After round play | 20 | 9 | 39 | 5 | 0 | 53 |
| During practice | 18 | 15 | 25 | 4 | 3 | 47 |
| Daily life | 16 | 7 | 31 | 4 | 1 | 43 |
| During round play | 15 | 7 | 30 | 1 | 2 | 40 |
| During rest | 3 | 3 | 5 | 1 | 0 | 9 |
| | | 57 | 21 | 4 | 1 | 33 |
| Orthopedics hospital | | 24 | 10 | 1 | 1 | 14 |
| Osteopathy | | 7 | 3 | 0 | 0 | 4 |
| General hospital | | 5 | 2 | 0 | 0 | 3 |
| University hospital | | 7 | 2 | 0 | 0 | 4 |
| Other | | | | | | |

| 治療法 | | 障害期間 | | | | |
|--------------------|-----------|------|-----|-----|-----|-------|
| Item | Total (%) | MPR | MAM | MCO | MHG | Total |
| Massage | 31 | 12 | 34 | 8 | 2 | 56 |
| Non care | 30 | 2 | 46 | 3 | 3 | 54 |
| Poultice | 18 | 4 | 27 | 2 | 0 | 33 |
| External treatment | 12 | 3 | 16 | 1 | 1 | 21 |
| Medicine | 3 | 0 | 5 | 0 | 0 | 5 |
| Other | 7 | 4 | 7 | 1 | 1 | 13 |
| | | 45 | 42 | 7 | 0 | 49 |
| Under 1 year | | 23 | 18 | 1 | 1 | 25 |
| Up to 5 years | | 10 | 8 | 1 | 0 | 11 |
| Up to 2 years | | 10 | 6 | 1 | 2 | 11 |
| Up to 3 years | | 8 | 7 | 0 | 0 | 9 |
| Up to 1 year | | 4 | 3 | 1 | 0 | 5 |
| Up to 4 years | | | | | | |

MPR: Male professional golf player, MAM: Male amateur golf player, MCO: Male collegiate golf player, MHG: Male high school student golf player.

表3 ゴルフによる障害発生の時期，治療法について（女子）

| 発生時期 | | | | | 治療法 | | | | | |
|-------------------|-----------|-----|-----|-----|-----|-----------|-----|-----|-----|-----|
| Item | Total (%) | FPR | FAM | FCO | FHG | Total (%) | FPR | FAM | FCO | FHG |
| After practice | 32 | 19 | 18 | 4 | 5 | 46 | 15 | 14 | 4 | 6 |
| During practice | 21 | 14 | 7 | 5 | 4 | 30 | 4 | 15 | 2 | 4 |
| During round play | 17 | 9 | 6 | 6 | 3 | 24 | 4 | 10 | 2 | 1 |
| After round play | 16 | 9 | 8 | 3 | 3 | 23 | 4 | 7 | 2 | 1 |
| Daily life | 13 | 4 | 12 | 3 | 0 | 19 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| During rest | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 3 | 4 | 1 | 3 |

| 治療病院 | | | | | 障害期間 | | | | | |
|----------------------|-----------|-----|-----|-----|------|-----------|-----|-----|-----|-----|
| Item | Total (%) | FPR | FAM | FCO | FHG | Total (%) | FPR | FAM | FCO | FHG |
| Orthopedics hospital | 34 | 5 | 3 | 0 | 2 | 10 | 8 | 1 | 2 | 0 |
| Osteopathy | 31 | 4 | 2 | 2 | 1 | 9 | 0 | 6 | 1 | 2 |
| General hospital | 7 | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 3 | 2 | 2 |
| University hospital | 7 | 0 | 0 | 2 | 0 | 2 | 3 | 1 | 2 | 0 |
| Other | 21 | 2 | 3 | 1 | 0 | 6 | 3 | 0 | 2 | 0 |

| Item | Total (%) | FPR | FAM | FCO | FHG |
|--------------------|-----------|-----|-----|-----|-----|
| Message | 36 | 15 | 14 | 4 | 6 |
| Non care | 23 | 4 | 15 | 2 | 4 |
| Poultice | 16 | 4 | 10 | 2 | 1 |
| External treatment | 13 | 4 | 7 | 2 | 1 |
| Medicine | 2 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| Other | 10 | 3 | 4 | 1 | 3 |

FPR: Female professional golfer player, FAM: Female amateur golfer player, FCO: Female collegiate golfer player, FHG: Female high school student golfer player.

全回答者 473 名に対して、障害ありとの回答者は 274 名(57.9%)、障害がないとの回答者は 199 名(42.1%)であり、障害を有する者は障害のない者に対して約 6 対 4 の割合であった。

図 3 には PR の主なる障害部を示した。MPR(28 名)では障害総数 57 件中、腰 35%、手指 12%、手首 11%、肘 9%という発生の順序であった。FPR(37 名)では、障害総数は 72 件であり、その中でも腰 42%、手首 10%、背部 10%、肩 8%という順序であった。

図 4 には、AM の障害部位を示した。MAM(124 名)は、障害総数 280 件となり、その主なる内わけは、腰 31%、肩 15%、肘 13%、膝 9%であった。また FAM(37 名)では、障害総数 95 件であり、腰 19%、肘 15%、手指 12%、肩 9%、膝 8%の発症が認められた。

図 5 は CO の、障害部位を示した。まず MCO(16 名)では、障害総数 28 件中、主なる障害部位は、腰 39%、肩 18%、手指 14%の順序の結果を得た。一方 FCO(11 名)では、障害総数 35 件中、腰 40%、膝 28%、肩 8%の結果であった。

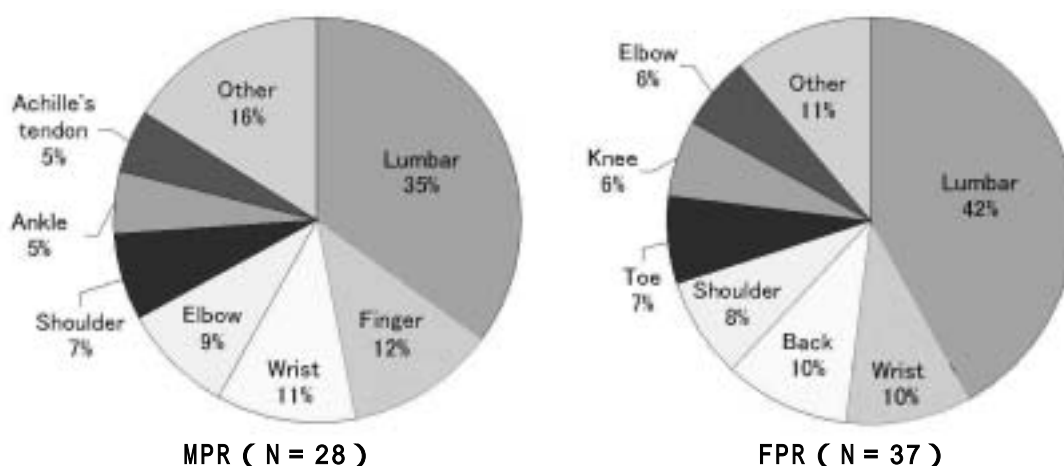


図 3 プロゴルフプレイヤーの障害分布
M, FPR: Male, Female professional golf player

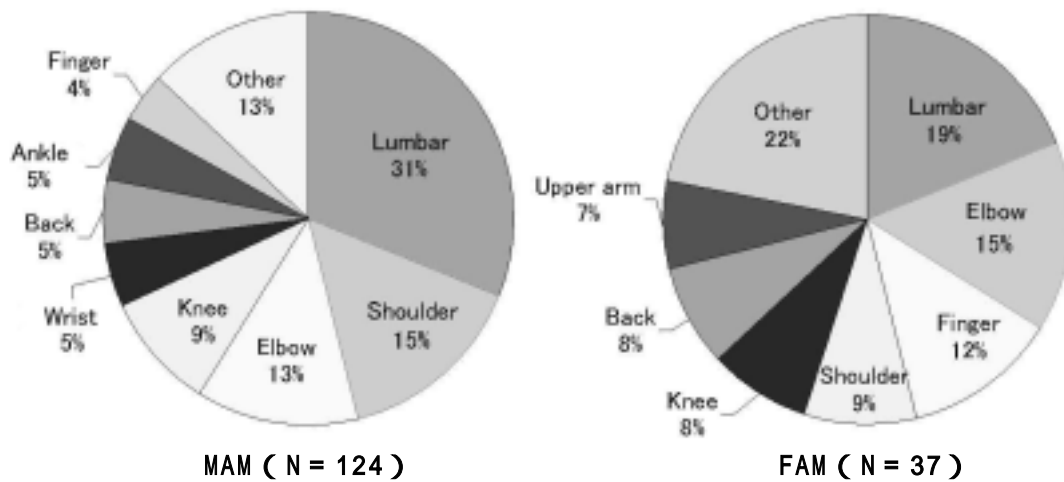


図4 一般ゴルフプレーヤーの障害分布
M, FAM: Male, Female amateur golf player

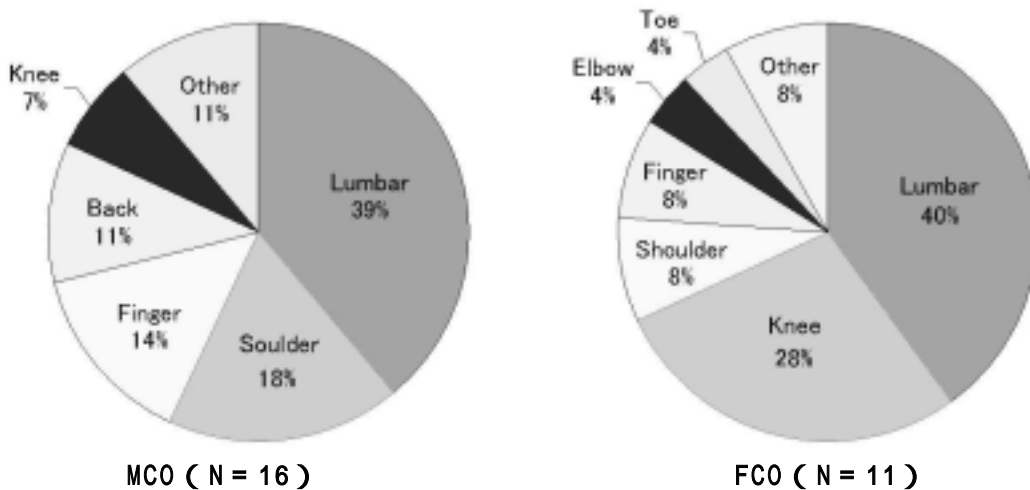


図5 大学ゴルフプレーヤーの障害分布
M, FCO: Male, Female collegiate golf player

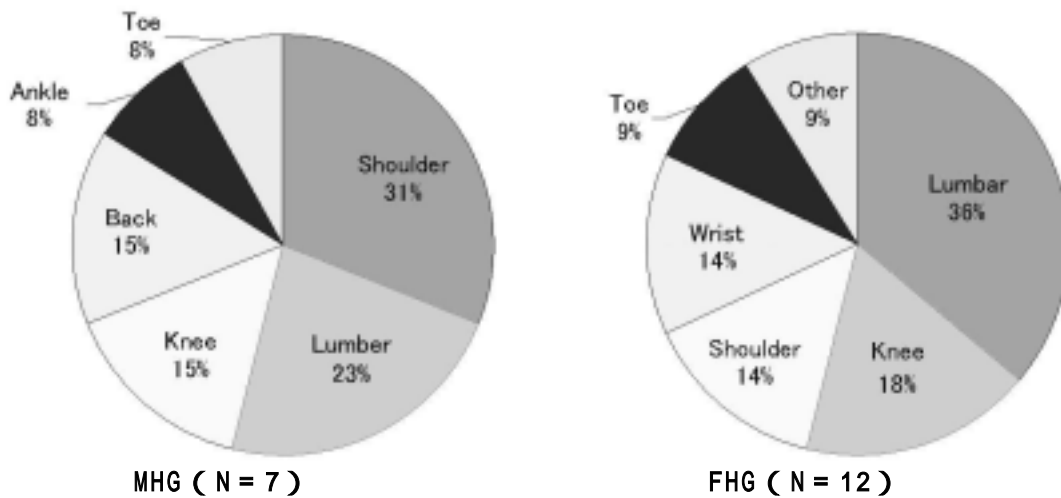


図6 高校ゴルフプレイヤーの障害分布

M, FHG: Male, Female high school student golf player

図6には、HGの障害部位を示した。MHG24名の内、障害は7件で、肩31%、腰23%、膝15%、背部15%であった。FHG20名の内、障害総数12件であり、主なる障害部位は、腰36%、膝18%、肩14%、手首関節14%であった。男女のJH(19名)の内、MJH15名中、障害のある者は2名で2件(右肩、左腰)の結果をみた。FJHについては障害ありとの回答はなかった。

4.4 考察

最近老若男女でゴルフを愛好している人が増加し、ゴルフは幅広い層に普及しているスポーツとなった。しかし一流トーナメント女子プロゴルフプレイヤーの岡本が腰痛で試合に欠場したとの報道がされて話題となり(神奈川新聞, 1999B)、また整形外科学の立場から城所ら(1991)は、臨床の症例としてゴルフプレイヤーの来院が多くみられるようになり、ゴルフによるスポーツ障害発生に警鐘

を促している。

ゴルフは静止しているボールを身体を強く捻りながら速く回転させて瞬時にボールを打撃し、飛ばすスポーツである。スコアメークを追求するあまりボールを遠くに正確に飛ばそうとして、身体全体の筋や関節に予想以上の負荷がかかり、プレーそのものが障害発生の一因としていると推定される。

本研究では、大学生以上では男子 57～68%、女子 45～72%のプレーヤーに障害ありとの回答が示され、ゴルフの技術水準が最も高い男女のプロゴルフプレーヤーにおいてその割合が最も多かった。COでも半数以上の者が何らかの障害を持ちながらゴルフのトレーニングに励んでいることになり、それらの数値には一般的にも明らかに高い比率であると言える。FJHにおける60%という障害ありの比率の高さについては、特にその原因となる要因は不明である。

障害部位を調べた結果からは、特に腰部に痛みを感じていた者が多く、全体では男子ゴルフプレーヤーの32%、女子ゴルフプレーヤーの31%であった。PRからHGまでの群では、19～40%の範囲であり、各群の上位を占めた。このようにゴルフ障害の内、腰痛はゴルフ病と言っても過言ではないかと思うほど多かった。特にスキルの高いM、FPRでは、腰痛を有するプレーヤーがそれぞれ35%と42%と多く、またM、FCOでもそれぞれ39%と40%となっており、このことは腰部全体を使用しての激しい動きが関わっていることを想定させる。女子プロゴルフプレーヤーの福嶋は全米女子オープン選手権大会（米国）で予選落ちしたのは、腰痛に悩まされてパットが入らずスコアが伸びないと報じられ話題となったこともある（朝日新聞、1997B）。

市川（1989）はゴルフプレーヤーの腰痛の臨床例を検討していたり，また同様に鞆田（1989）は整形外科の立場から腰痛について，一般的には普段の生活の中で悪い姿勢，腰部の筋肉の弱さ，スポーツのやり過ぎ，急激な運動，無理な労働，冷え，疲労，太りすぎなどが原因となって，20歳を過ぎた頃から起こりやすく，重い物を持ち上げたり，スイングをして急に腰が痛くなったりすることが多いと述べている．またレントゲンをとっても脊柱に変化がない場合には，いわゆる腰痛症と報告している．

ゴルフプレーヤーの腰部に障害ありの多くが，このような腰痛症の持主であると思われる．本研究被験者において，特に学生ゴルフプレーヤーで問題となるのは，長時間の練習を行ったり，また無理に強く打ち込んだり，身体の柔軟性を利用してオーバースイングし筋疲労を起こすことなどで，これらが障害発生の原因をつくっているものと推測される．

スイングにおける腰部の動きについて，川島（1997）はスイングのメカニズムにおける解明の中で最近のスイングの特徴として腰部の回転力の多いスイングが影響していると報告している．また鞆田（1989）は，スポーツは腰痛をつくるという言葉があるように，若い人でも激しいスポーツ活動を行えば，腰痛が起こるし，ゴルフも例外ではないとも述べている．いずれもゴルフプレーヤーの腰痛発生の危険性を示唆するものである．

本研究結果のPRでは，腰の次に男女共に手関節の障害も比較的多く（10～11%）あらわれた．和田野ら（1994）は，ゴルフプレーヤーのメディカルチェックをプロゴルフプレーヤーや男女の一般ゴルフプレーヤーで行ったところ，主に腰，そして手関節に障害が

あることを報告している。これは本調査と類似した結果であった。ゴルフによる手首の障害について、林原（1984）は、その原因をボールの打ち損じとか、手関節の使いすぎによって引き起こされると報告している。Murray ら（1996）はアマチュアとプロゴルフプレーヤーのゴルフ障害の中でアマチュアではリストの伸展と屈曲の炎症が主なる障害であり、右利きの人には左手に影響がみられたと報告している。本研究プロゴルフプレーヤーにおいても、その原因として、ヘッド速度を速くして、ボールをコントロールしたり、よりパワフルに打つため、ボールを打つ衝撃がリストにはねかえったり、また、試合頻度の過密や過度の練習による影響などが考えられる。

本研究の一般ゴルフプレーヤーの障害をみたとき、腰の次に、肩、肘、指、膝などで障害が発生していた。肩部は、全ゴルフプレーヤーにおいても上位の障害発生部位に入っていた。Jobe ら（1996）は一般ゴルフプレーヤーの打撃によっては特に肩の障害が起きると言っている。Adington（1996）によるとゴルフは簡単なスポーツであり、30～50歳で多く行われているが、障害の発生も多いと報告している。この肩の障害について、また Mallon ら（1995）は、シングルゴルフプレーヤーは肩に障害が発生する者が多いと観察している。一般シングルゴルフプレーヤーは長い期間ゴルフを行っているわけであるが、これらの原因として、スイング中のグリップがルーズであったり、スイングが未熟のために肩に負荷がかかったり、またオーバーユースによるなどが推測される。

また肘の障害をあげたプレーヤーも多かったが、これはゴルフスイング中に左右の肘を曲げ伸ばしすることが多いため、それだけ肘に対する負担も大きいことを物語っている。

本研究結果において JH, HG の障害について調べたところ, 肩, 腰, 膝等の部位の回答が多くみられた. しかし FHG を除く, 他の障害の発生はまだ少なかった. 将来性を考慮すると, 思春期から十分に注意をしてゴルフを行う必要がある.

障害の発生時期に関しては, 男女ともに大多数の者が練習中や練習後, さらにプレー中に最初の痛みを感じていた. 障害発生の原因とも関連するが, 特に練習中や練習後の発生頻度が高いことを考えると, ゴルフプレーヤーの多くが激しい長時間の練習を実施していることが想像される. このことは, 障害予防のためには, まず適正な練習量を守ることが重要であることを示している. 多くのゴルフプレーヤーは障害発生から 1, 2 年以内に回復しているようであるが, しかし中には 5 年間という長期間にわたって痛みを苦しんでいるゴルフプレーヤーもいる. スポーツ障害では, 特にジュニアゴルフプレーヤーでの発生予防が重要であり, また発生した場合には早期治療によって早期回復を計らねばならない. ゴルフプレーヤーの将来性とも関連してくることであるから, ゴルフプレーヤー自身はもとより, コーチなどの指導者もこの点を十分に配慮する必要があると思われる.

本研究の調査では, 整形外科的障害に関する事項について行ったので, その他の治療法や病院では極めて常識的な回答が見られた. すなわち, 治療法ではマッサージや湿布薬を用いている. 治療した病院としては整形外科病院や接骨院と回答した者が多かった. 男女ともに治療をしていないとの回答が気になるところだが, 軽い痛みでも放置しておくとも慢性化する危険性があることを十分に注意する必要がある.

以上から、ゴルフはいろいろな各年代層の人々で行われているが、経験を積み技術水準が高くなればそれだけ障害の発生率も高くなるとされるスポーツといえる。ゴルフの障害の予防として、年齢、ゴルフ能力に合ったところの方法を重視し、ゴルフプレーに関連する筋肉強化のトレーニングを行うことが必要と思われる。

4. 5 まとめ

本研究はゴルフプレーヤーのスポーツ障害の実態を明らかにすることを目的として、ゴルフを定期的・継続的に行っている男(M)女(F)473名(プロゴルフプレーヤー(PR)、一般ゴルフプレーヤー(AM)、大学ゴルフプレーヤー(CO)、高校ゴルフプレーヤー(HG)、中学ゴルフプレーヤー(JH))に対して、アンケート調査を行った。以下に結果を示すものである。

- 1) PR92名の内、MPR41名で障害のある者は28名(68%)で、障害総数は57件であり、障害部位では腰35%、手指12%、手首関節11%、肘9%という発生の順序であった。FPRは51名で、障害率は37名(72%)であり、障害総数72件中、その部位では腰42%、手首関節10%、背部10%、肩8%などが多かった。
- 2) AM270名のうち、MAM189名についてみたとき、障害のある者は124名(65%)、障害総数280件となり、その内わけは腰31%、肩15%、肘13%、膝9%であった。またFAM81名では、障害者数37名(45%)、障害総数95件であり、障害部位では腰19%、肘15%、手指12%、肩9%、膝8%の発生が認められた。
- 3) CO48名のうち、MC028名では、障害者数16名(57%)、障害総数28件中、腰39%、肩18%、手指14%、背部11%、膝7%の

結果を得た。一方，FC020名では，障害者数11名（55%），障害総数35件中，腰40%，膝28%，肩8%，手指8%の結果であった。

4)HG44名は，MHG24名，FHG20名の内，MHGで障害者数7名（29%），障害総数13件であり，肩31%，腰23%，膝15%，背部15%であった。FHGの障害については，障害者数12名（60%），障害総数が12件であり，腰36%，膝18%，肩14%，手首関節14%であった。

5)JH19名の内，MJH15名中，障害のある者は2名で2件右肩，左腰の結果をみた。FJH4名については障害ありとの回答はなかった。

以上のことから，ゴルフによって身体に影響されることが分かった。そこで，ゴルフの障害の予防法として，年齢，体力，ゴルフ能力に合わせ，ゴルフを行う前や後にウォームアップやストレッチを行い，またゴルフに関係した筋肉の強化のトレーニングを普段より行うことが示唆される。

第5節 本章のまとめ

本章前半では，男女のゴルフプレーヤーの若年層から中年層にいたる年齢層で，競技レベルの異なるプレーヤーを対象に生体計測を行い，体格と体組成，体型について検証した結果，以下の点が明らかになった。

1)男子プロゴルフプレーヤー群(PR)の身長・体重は他のゴルフプ

レーヤー群より高く重かった。

- 2) 男子プロゴルフプレーヤー (PR), 学生ゴルフプレーヤー (CO), 大学同好会ゴルフプレーヤー (RE) の各群は endomorphic mesomorph を示していた。
- 3) 女子のプロゴルフプレーヤー群 (PR) の身長・体重は男子と同じように他のゴルフプレーヤー群より高い値を示した。
- 4) 女子のゴルフプレーヤー群のソマトタイプをみたとき, プロゴルフプレーヤー群 (PR) と大学ゴルフプレーヤー群 (CO) および一般ゴルフプレーヤー群 (AM) は mesomorphic endomorph で次に endomorphic mesomorph の順であった。

Heath- Carter (1990) の理論にしたがって, 日本人ゴルフプレーヤーのソマトタイプをみることができた。これらから特に男子プロゴルフプレーヤー群 (PR) は endomorphic mesomorph であり, 女子プロゴルフプレーヤー群 (PR) は mesomorphic endomorph であった。すなわち男女ともにスキルレベルの違いにより mesomorphy に近づいている傾向が伺えた。ただし, ゴルフは老若男女で行われているため, 今後, 形態的個別性を追及することが必要となってくると推定される。

ゴルフは性別を問わず行われているスポーツであり, また, 健康増進に役立つことがわかってきた。よってゴルフプレーをすることによって弊害を少なくさせることが急務である。

本章後半には, 男女ゴルフプレーヤーの障害の実態を把握することを目的としてゴルフを行っている男女 473 名 (男女プロゴルフプレーヤー, 一般ゴルフプレーヤー, 大学ゴルフプレーヤー, 高校ゴルフプレーヤー, および中学ゴルフプレーヤー) に対して, アンケ

ート調査から検討した結果，以下の点が主に明らかになった．

- 1) 全体では障害ありとの回答は 57.9%(274 名)に見られたが，男子では 177 名ゴルフプレーヤーの中で主に腰部 32% ,肩 14% ,肘 11% ,膝 8%などの障害があらわれた．
- 2) 女子ではゴルフプレーヤー97 名中，主なる障害は腰部 31% ,膝 11% ,肩 9% ,肘 9%などの順であった．

技術水準や年齢層の異なる男女のゴルフプレーヤーの障害について調べた結果，技術水準の高いゴルフプレーヤーほど障害が多く発生していることが示唆された．これらの結果を踏まえて，今後，ゴルフスイングの改良に役立て，適正なトレーニング法とともに，障害予防のためのストレッチやエクササイズの開発が必要と考える．

第7章 まとめと結論

第1節 本研究のまとめ

本研究は、ゴルフスイングの動作における微細な人体の動きを捉え、また使用するクラブの動的物理特性、そしてゴルフプレーヤーの体格や体型また障害を明らかにすることにより、未解決な領域を切り開き、ゴルフというスポーツを総合的に研究することをねらいとした。

1. 1 スイング中の足の動作解析

まず、スイング中の両足にかかる力について、フォースプレートを使用して足圧中心移動軌跡、最大床反力を観察し、スイング動作の解析を行った。これらの結果、熟練ゴルフプレーヤーの足圧中心移動軌跡は足幅内で移動していたが、特にインパクトに向いたときには左足（ターゲットフット）の土踏まず近くまで移動していた。またこのときの最大床反力は、被験者の体重の1.6倍までの負荷を記録した。本研究で使用したフォースプレートはスイングに対応できるように大型にしたため、スイング中の足圧力の軌道が明確にあらわれた。これからスイングの改善、改良に効果があったものと考えられる。

ゴルフはスパイクを履いて行うスポーツのため、足底の微細な力学的変化について知ることは意義があると考えた。そこで本章の後半では、ゴルフシューズの両足底の6支点到ロードセルを埋め込み、スイング中の動的物理変化を観察した。その結果、熟練者は特にト

ップのときに右小指部，右母指球部で圧力を加え，その後インパクト時では左母指球部，左踵部で加圧している様相であった．すなわち，スイング中の両足底力はスイング動作に十分関連して変化することが確認された．

1. 2 スイング中の手・指の動作解析

ゴルフにおいて人体とクラブの一体化が必要であるが，クラブと人体の接点は手指である．人体のエネルギーは指先からシャフトを通して，クラブヘッドに伝達され，ボールをコントロールしている．そこで，クラブグリップに7つの小型ロードセルを埋入させ，左手の親指，人差指，中指，小指，右手の親指，人差指，中指の7指の応力曲線を観察した．その結果，熟練度が高い被験者ほどインパクトで左手の小指，薬指，および中指に高い力がみいだされ，また右手のスイング中の力は少ない傾向であった．以上からスイング中の左手のグリップを加圧させ，右手のグリップは柔らかく握ることが良策であると明らかになった．次にグリップを使用するときの背景にはボールの飛距離や方向を引き出すために重要でありクラブを上手に操ることである．この手指を操作するには手首の動きに関係があることから，スイング中の手首における関節の動きをみた．ここでは2つのゴニオメータを被験者の左右の手首関節に接着し，スイング中のデータを取り，動作の解析を行った．その結果，熟練ゴルプレーヤーの左手首はインパクト直前に外転を戻す動きをしていた．この左手首の使い方がクラブと手首からなる角運動量保存に役立ち，クラブヘッドの速度を増すようになるものと明示された．

1.3 スイング中の呼吸運動と関連筋および眼球運動についての検討

ゴルフにおいてパフォーマンスを向上させるために呼吸がどのように影響しているかについて鼻孔型サーミスターを使用し、スイング中の呼吸曲線を分析した。その結果、熟練ゴルフプレーヤーはスイングをする前から呼吸を整え、インパクトでは呼吸を止めている様相が伺えた。スイング中の眼の動作については利眼の内外眼角部に記録電極を置き、眼球の電位を記録し分析した。ゴルフでボールをうまく打つためには、まずボールの位置をしっかりと見ることである。熟練者はほとんど頭を動かさずにボールを見ていた。すなわち、固視点にすることは空間的知覚を安定させ、正確な運動指令を発することができることと明らかにした。

1.4 スイング中における身体の動きとクラブシャフトの動的物理特性の検討

スイング中のクラブヘッドと身体各部位の動きを映像により捉え、スイング中の身体の頭頂部、手根部、左肩峰部、およびクラブヘッドの軌跡を描写して論議した結果、スイングにおける人体各部位の軌跡図の違いがあらわれた。特にクラブを持っている手根部の軌道は、全被験者が身体の近くで移動していたことが、スイングを向上するための動作と明示された。

スイング中のクラブシャフトの動的物理変化を知るため、クラブのシャフトに歪みゲージを貼付してスイングさせた時の歪み曲線とリサージュ図形から解析した。シャフトの使用の特徴として、トップ付近でシャフトを後方、上方に十分に撓ませ、その撓みをイン

パクトで戻す方法をとっていた。これらから，クラブシャフトの動的物理特性の視点からみたスイング形成の方法が示唆された。

1. 5 ゴルフプレーヤーの身体特性とスポーツ障害についての検討

ゴルフプレーヤーの身体特性について，ゴルフを長期間行うことにより，形態への影響について男女のゴルフプレーヤーの体格，体組成，およびソマトタイプから検討した。さらにゴルフプレーヤー自身のスポーツ障害をアンケート法により調査し検討した。男子のゴルフプレーヤーについてみると，まず体格ではプロゴルフプレーヤーや大学ゴルフプレーヤーは身長が高く，体重が重い体格であることがわかった。そしてゴルフのスキルが高くなるに従って，ソマトタイプから見たとき，主に男子では endomorphic mesomorph に近づいていた。一方女子では，mesomorphic endomorph の結果を得た。本研究からゴルフプレーヤーの身体の形態的特徴を明らかにすることができた。

ゴルフのプレーによってゴルフプレーヤーが身体にどのような影響を受けるかについては，従来整形外科の医師から症例の報告がなされてきた。本研究では，ゴルフをスポーツとして行っている多くのゴルフプレーヤーを群として分け，各群の障害の症例を分析した。その結果，男女とも技術レベルの高い群ほど障害を有する率が高く，プロゴルフプレーヤーでは約 7 割に達していた。全体では男子ゴルフプレーヤーは主に腰部，肩部，肘部，膝部，女子ゴルフプレーヤーは腰部，膝部，肘部，肩部にそれぞれ障害が多く発症していることが明らかになった。

1. 6 全体のまとめ

本研究は、ゴルフのスイングを行う際の人体の動きを分析するため、スイング中の足圧中心移動軌跡、足裏における足底力の変化、手指の動きと回転の仕方、呼吸法、眼球の運動を測定した。次にスイング中のクラブと身体の動きやシャフトの動的物理変化を波形として図示した。さらに男女のゴルフプレーヤーの体格、体組成、およびソマトタイプを分類した。また、ゴルフプレーヤーの障害について調査し分析した。これらについての研究は、実験や測定、そして調査を通じて、ゴルフの効率良いスイングをみつけ、ゴルフによる身体の変化を明らかにし、技術の発展に寄与できると考えた。

スイング中のフォースプレートと足指力の実験研究から、スイングの基本的動作の有用性を明らかにした。スイング中の手指における動きの実験研究では、特殊な実験装置を開発して有効的なグリップ法を明らかにした。スイング中の人体の微細な動き（呼吸、眼の動き）を特殊なセンサーを使用して分析し、呼吸、眼の動きがスイングに影響することを明らかにした。そしてシャフトの動的歪み量を解析し、シャフトの弾性の変化を解明した。さらにゴルフプレーヤーの体格、体組成、およびソマトタイプの身体計測研究において、ゴルフプレーヤーの身体的特徴を明らかにした。またゴルフによるスポーツ障害について調べた結果、ゴルフプレーヤーの障害の多さを明らかにすることができた。

第 2 節 結論

本研究はある程度ゴルフの効果的なスイングやゴルフプレーヤーの身体特性について明らかにすることができたと考える。実践的には、ゴルフスイングに注目すべき動作は多くあるが、人体から発生する信号を詳細に解析し、その結果をゴルフプレーヤーに科学的に伝達されているものは少ない。本研究はその一部を示したに過ぎない。研究において難しい点として、ゴルフのプレーはゴルフプレーヤーに固有の技術であること、また、スイング動作には他のスポーツでは見られない瞬間的な動きをともなうものであるから、それに対応した精密分析機器の開発の必要性が挙げられる。そしてゴルフ技術の発展により、より効率的なスイングが開発されれば、ゴルフによる障害もまた減少してくるのではなかろうか。そういう意味でも、今後、さらにスイング動作について研究を進め、発展させていかなければならない。

現在、日本でもゴルフは老若男女によって楽しまれ、最もポピュラーなスポーツの一つになっている。多くのプレーヤーはパーフェクトスイングを求めてスイング論を戦わせ、また多くのスイング技術書もそれぞれの主張を発している。しかし、ゴルフは、あくまでもゴルフプレーヤー自身の自然なプレーと意欲による自発的プレーを基礎として上達していくものである。ゴルフ活動における人体の動作や形態を調べるゴルフ研究の成果は、科学的知識としてそこに活用されれば、更なる技術の向上ばかりでなく、楽しくプレーすることにもつながり、大いに意義があると考えられる。

引用文献

Adington, G. S. (1996) Proper swing technique and biomechanics of golf. *Clinics in Sports Medicine*, 15 (1), 9-26.

雨宮輝也 (1990) わが国一流スポーツマンの種目別体型. *Japan Journal of Sports Sciences*, 9 (11), 661-669.

青木功 (1983) ゴルフ 5 輪書. 集英社.

浅見高明 (1964) 柔道投技における呼吸調整について. *柔道*, 3-35.

朝日新聞 (1997A) 全米女子オープンの結果(福嶋晃子). 7, 13, p. 25.

朝日新聞 (1997B) 全英オープン記録(尾崎直道, 金子柱憲). 7, 19, p. 17.

Bale, P. (1986) The relationship of somatotype and body size to strength in a group of men and woman sport science students. In *perspectives in kinanthropometry*, ed. J. A. P. Day, Champaign, Illinois : Human Kinetics. 187-197.

Barrentine, S. W., Fleisig, H. J., Woolley, T. W. (1994) Ground

reaction forces and torques of professional and amateur golfers.
Science and Golf , 33-39.

Batt, M. E. (1993) Golf injuries. An overview, Sports Medicine,
16 (1), 64-71.

Bechbache, R. R. (1977) The entrainment of breathing frequency
by exercise rhythm. J. physiol, 272. 553-561.

杜小剛，山本誠二，浜田幸二，西園秀嗣，金高宏文 (1991) 卓球
のスイング動作に関する一考察 ドライブ打法における制動動作
について-. 第 42 回日本体育学会大会号, p. 680.

Budney, D. R. (1979) Measuring grip pressure during the golf
swing. Research Quarterly, 50, 2, 272-277.

Budney, D. R., Bellow, D. J. (1979) Kinetic analysis of a golf
swing. Research Quarterly, 50, 2, 171-179.

Carlsoo, S. (1967) A kinetic analysis of the golf swing. J.
Sports Med, 7, 76-82.

Campbell, K. R., Reid, R. E. (1985) The application of optimal
control theory to simplified models of complex human motions :
The golf swing. In : Biomechanics -B, Winter, D. A., et al.

(Eds.), Human Kinetics Pub., Illinois, 527-532

Caroline, F., Cheyne, S., Trefor, J. (1998) The epidemiology of golf in Victoria, Australia. Evidence from sports medicine clinics and emergency department presentations. *Science and Golf* , 73-82.

Carter, J. E. L. (1971) Somatotypes characteristics of champion athletes. In *Anthropological Congress dedicated to Ales Hrdlika*, ed. V. V. Novotny, Czechoslovak Academy of Sciences. Prague : Academia. 242-252.

蝶間利男 (1976) テニスレシーブ時における筋活動および呼吸相に関する研究 その1 フォアにレドレシーブについて. *横浜国立大学教育紀要*, 第16号, 116-127.

Cochlan, A., Stobbs, J. (1969) How muscles work in golf. The search for the perfect swing. The booklegger, Calif.

Cottrell, E. B. (1990) *ゴルフスイング理論*. NGF 日本.

Daish (1972) *The physics of ball games*. The English Universities Press Ltd. (岡村浩訳 : (1978) *ボールゲームの物理学*. みすず書房)

Dawkins, G. E. (1978) Key to golf swing. (チャックキャンベル
訳 : (1980) ゴルフスイングのコツ. 日本スポーツ出版).

Fleming, D. G., Bowman, G. H. (1965) Studies of the visual
tracking system including the dynamics of the free head. Digest
of the Intern. Conf. M. E. & B. E., 305-306.

藤原勝夫, 池上晴夫 (1984) 床振動時の立位姿勢の応答特性. 体
育学研究, 29, 3, 251-261.

福田邦三 (1977) 日本人の体力. 杏林書院.

福田精 (1953) 身体平衡生理序説. 醫學書院.

福田精 (1981) 運動と平衡の反射生理. 医学書院.

Gualdi, R. E., Graziani, I. (1993) Anthropometric somatotype
of Italian sport participants. J. Sports Med. Phys. Fitness,
33, 282-291.

Haapasalo, H., Kontulainen, S., Sievanen, H., Kannus, P.,
Jarvinen, M., Vuori, I. (2000) Exercise induced bone gain is
due to enlargement in bone size without a change in volumetric
bone density: a peripheral quantitative computed tomography
study of the upper arms of male tennis players, Bone; 27,

351-357.

萩原一輝 (1993) 私の経験したゴルフ障害. 第 6 回日本ゴルフ学会大会研究発表抄本, p. 36.

Hammel, S. A. T. (1948) Action current study of contraction movement relationships in golf stroke. *Research Quarterly*, 19, 164-177.

林原明郎 (1984) ゴルフによる障害. *臨床スポーツ医学*, Vol. 1, No. 5, 524-527.

服部恒明 (1996) ヒトのかたちと運動. 大修館.

Heath, B. H., Carter, E. L. (1990) *Somatotyping Development and Applications*. Cambridge University Press, Cambridge.

東郁朗, 山木節 (1987) 検査からみた鑑別診断. メジカルビュー社.

Horgan, B. (1957) *Five lessons of the modern fundamental of golf*. (水谷準訳 : (1975) *モダンゴルフ*. ベースボールマガジン社).

保志宏, 河内まき子 (1978) 日本人成人男子 112 名の 54 項目生体

計測値とそれらの示数ならびに相関係数．解剖学雑誌，53（3），
238-247．

古屋喜邦，広田広一（1970）握りの研究．体育学研究，Vol. 1，p.
156．

市川宣恭（1989）ゴルフプレーヤーの腰痛．ゴルフの科学，Vol. 2，
No. 2，55-64．

池上久子，島岡清，岡本敦，坪田暢充（1997）ゴルフスイングに
おける肩と腰の回転．ゴルフの科学，Vol. 10，No. 2，36-43．

池上久子，島岡清，池上康男，矢部京之助，岡本敦，坪田暢充
（1999）ゴルフスイングにおける腕とクラブの関係．ゴルフの科学，
Vol. 12，No. 3，56-62．

今石喜成，前田貴司，牛嶋茂樹，中島義博，池田香苗，志波直人
（1997）足底圧分圧測定システム（F-SCAN）の再現性における基礎的
研究．靴の医学 11，4-9．

石河利寛（1976）屈指力と握力．体育学研究，Vol. 7，430-435．

板橋繁，金昌宣，井川正治（1994）ゴルフスイングにおける足圧
分布の経時的変化について．日本体育学会大会号 45 巻，p. 93．

伊藤章，淵本隆文，斉藤雅之，金子公宥（1992）ゴルフスイングにおける“コイリング”。The World Golf Forum '92, Vol. 3, proceeding (2), 54-56.

泉耕作（1976）図解コーチゴルフ。成美堂出版。

井上勝純（1989）ますます加熱化する世界的なゴルフブーム。ゴルフの科学，Vol. 3, No. 1, 63-67.

井上克志，金子公宥（1999）ゴルフスイングのコイリングとコッキングに関する動作学的研究。ゴルフの科学，Vol. 12, No. 3, 43-51.

Jobe, F. W., Pink, M. N. (1996) Shoulder pain in golf. Clinics in Sports Medicine, 15 (1), 55-63.

Jones, B. (1969) The basic golf swing. (水谷準訳：(1973) ゴルフの基本。ベースボールマガジン社).

Jorgensen, T. P. (1999) The physics of golf 2nd ed. Springer Verlag New York, Inc.

Jorgensen, T. P. (1970) On the dynamics of the swing of a golf club. Am. J. Physics, 38 (5), 644-651.

金子公宥 (1990) ゴルフスイングにおける「コイリング」 - その効用を占うバイオメカニクス的一考察 - . ゴルフの科学, Vol. 3, No. 2, 1-4.

神奈川新聞 (1999A) ニクラウスマスターズの欠場について (Nicklaus JK). 2, 4, p. 24.

神奈川新聞 (1999B) 広済堂女子オープンアジアサーキット(岡本綾子). 2, 13, p. 15.

Karpovich, P. V., Sinning, W. E. (1975) Physiology of muscular activity. W. B. Saunders Company. (石河利寛訳 : (1976) 運動の生理学, ベースボールマガジン社)

片岡暁夫 (1999) ゴルフ科学の展望と課題. ゴルフの科学, 12 (3), 63-71.

片山晋次, 小成英寿 (1984) ゴルフスイングに関する研究. 第 34 回日本体育学会大会号, p377.

加藤清忠, 矢島忠明, 岡田純一 (1992) 日本人高身長者の生体計測学的研究. ヒューマンサイエンスリサーチ, 1, 17-31.

河村龍馬 (1973) ゴルフ頭の体操. ゴルフダイジェスト社.

河村龍馬 (1980) ゴルフの科学. 光文社.

川島一明 (1981) ゴルフスイングにおける躯幹の回転運動について. 第36回日本体力医学会大会予稿集, p. 95.

川島一明 (1985) ゴルフボールの固有振動. *Golf classic*, 1, 129-131.

川島一明 (1986) 動きのコツを探る - ゴルフシャフトの撓みからみた動作分析 -. 日本バイオメカニクス学会第8回論集, 158-161.

川島一明, 及川直躬 (1986) ゴルフスイング時の飛距離に関係な要因. 日大生活科研報, 9, 177-185.

川島一明 (1987) ゴルフスイング中の身体の働きとクラブシャフトの動的撓みについて. 体育の科学, Vol. 37, No. 10, 772-778.

川島一明 (1992) ゴルフのキネティックな指導システムの開発. *Japan Journal of Sports Sciences*, Vol. 11, No. 9, 524-535.

川島一明 (1994) ゴルフトレーニングの科学. 弘学出版社.

川島一明 (1997) バイオメカニクスからみたボールの飛ばしの原理の追求. 第10回日本ゴルフ学会大会研究発表抄本, p. 20.

Kay, D. S. (1975) Breathing in man during steady state exercise on the bicycle at two pedalling frequencies, and during treadmill walking. J. Physiol, 21, 645-656.

城所靖郎 (1991) ゴルフの障害について. Japan Journal Sports Science, 10-12, 808-813.

北川薫, 大築立志, 石河利寛 (1991) ゴルフラウンドのメカニズム - ゴルフの生理学 - . ゴルフ学大系 . ぎょうせい . 東京 . 301-324.

Kline, CV. (1988) Exercise fitness for golf. National Golf Foundation: Golf Liaison, Inc.

Komiya, S., Muraoka, Y., Zhang, F. S., Masuda, T. (1992) Age related change in body fat distribution in middle-aged and elderly Japanese. J. Anthrop. Soc. Nippon. 100, 161-169.

Koenig, G. Grimshaw, P. N., Ashford, R. L. (1994) The biomechanics of shoe-ground interaction in golf. Science and Golf , 40-45.

小宮秀一 (1998) 身体組成の科学 . 不味堂出版 .

Leake, C. N., Carter, J. E. L. (1991) Comparison of body

composition and somatotype of trained female triathletes. J Sports Sci, 9, 125-135.

Magneusson, G. (1998) Golf: Exercise for fitness and health. In Farrally M. R. Cochran A. J. editors. Proceedings of the World Scientific Congress of Golf. Champaign: Science and Golf , 51-57.

Mallon, W. J. Colosimo, A. T. (1995) Acromioclavicular joint injury in competitive golfers. Journal of the Southern Orthopaedic Assosiation, 4(4), 277-282.

Martin, R., Saller, K. (1957) Lehrbuch der Anthropologie. Bd. I, 3. Aufl., G. Fisher, Jena.

増田正美 (1984) 飛ばしの科学. 広済堂産報出版.

増田允, 芝山秀太郎 (1965) ゴルフスイングの動作分析(1). 体力科学, 4, 42-46.

増田允, 芝山秀太郎 (1971) ゴルフスイングの動作分析(2). 体力科学, 21, 1-27.

松井秀治 (1958) 運動と身体の重心. 杏林書院.

松崎浩 (1985) 眼とスポーツ. Japanese Journal of. Sports Sciences, 4 (6), P. 408.

McCarroll, Jr (1996) The frequency of golf injuries. Clinics in Sports Medicine, 15(1), 1-7.

Milburn, P. D. (1982) Summation of segmental velocities in the golf swing. Medicine and Science in Sports and Exercise, Vol. 14, 60-64.

宮崎康文, 山並義孝, 中野昭一 (1984) 運動中における体幹の捻転, 前後屈および側屈動作に関する検討. - ゴルフスイングについて -. Japan Journal of. Sports Sciences, 3 (3), 221-227.

文部省体育局 (1994) 平成 5 年度体力・運動能力調査報告書.

Murray, P. M., Cooney, W. P. (1996) Golf induced injuries of the wrist. Clinics in Sports Medicine, 15(1), 85-109.

長尾愛彦, 沢田芳男 (1967) 高速度撮影による動態の研究. 体質医研報, 18 (1), 67-83.

Nagao, N., Sawada, Y. (1977) A kinematic analysis of the golf swing by means of fast motion picture in connection with wrist action. J. Sports Med. Fit., 17, 413-419.

鳴尾丈司，斉藤毅，芦田浩規，佐藤文宣（1996）ゴルフクラブの
ダウンスイング中におけるねじれ拳動の解析．日本機械学会シン
ポジウム講演論文集，No. 96，20，193-197．

Neal, R. J., Wilson, B. D. (1985) 3D Kinematics and Kinetics
of the Golf Swing. International Journal of Sport Biomechanics,
Vol. 1, 3, 221-232.

Nicholas, M. J. Nielsen A, R. P. Knill Jones R. P. (1998) Golf
injuries Scotland. Science and Golf , 65-72.

Nicklaus, J. W. (1969) Play better golf, (岩田祥夫訳：(1980)
ニクラウスのベターゴルフ．講談社.)

日本女子プロゴルフ協会（1999）JLPGA Member Guide．廣濟堂出
版．

西園秀嗣，佐々木敏，絹川信夫（1986）打動作としてのゴルフス
ウィングの分析．日本体育学会第37回大会号，p. 771.

沼沢雄二（1981）ゴルフクラブ大研究，講談社．

岡本綾子（1982）魅惑のゴルフ．日刊スポーツ出版．

大道等（1984）テニスラケットの機械的反応とストローク動作．

日本バイオメカニクス学会論文集, 3, 209-220.

Pardee, S., Eisennan, P. A. (1988) The influence of resistive exercise on somatotype and selected skinfolds in college women. J Sports Med, 28, 93-98.

PGA Teaching manual. (1990) The art and science of golf instruction. published by PGA America. Palm Beach Gardens, FL, U. S. A., 308-327.

Richards, J., Farrell, M., Kent, J., Kraft, R. (1985) Weight transfer patterns during the golf swing. Research Quarterly, 56, 4, 361-365.

税所一郎, 木村千仞, 村井伸子, 吉村宏 (1989) ゴルフによる肋骨疲労骨折の一症例. 臨床スポーツ医学, Vol. 6, No. 3, 329-333.

関口知徳, 平野裕一 (1992) ゴルフスイングにおける手の役割. Japan Journal of Sports Sciences, 11 (8), 479-485.

Sheldon, W. (1940) The Varieties of Human Physique. Harper Brothers Publishers, New York.

Sheldon, W. (1970) Atlas of Men. Hafner Publishing Co., Darien, Conn.

柴田敏郎 (1974) ウッド・アイアンの打ち方. 日本文芸社.

柴田敏郎 (1988) ゴルフ. 高橋書店.

芝山秀太郎, 増田允, 江橋博, 遠藤和枝, 竹本洋 (1967) 筋力発揮と呼吸との関連 (1). 体育学研究, 11 巻, 5 号, p. 97.

塩田正 (1989) ゴルフスイングの変遷 - 名手に見るコイリングの発達 -. ゴルフの科学, Vol. 3, 1, 1-4.

穴戸敏雄, 渡辺直隆 (1990) 眼球電位図によるゴルフスイング動作の拳動分析について. 体力科学, Vol. 39, p. 602.

穴戸敏雄, 渡辺直隆 (1991) 眼球電位図による視覚疲労および拳動分析の評価. JOA ジャーナル, Vol. 9, p. 89-96.

Shudel, H. (1934) A study of the respiration of golfers during the drive and the putt. Research Quarterly, Vol. 5. p. 62.

Snead, S. (1972) Sam Snead on golf. (池田恒夫訳: (1972) ナチュラルゴルフレッスン, ベースボールマガジン社).

杉本英世 (1981) ゴルフレッスン. 新星出版.

高氏一郎 (1980) フィーリングゴルフ. 長岡書店.

田口正公，梶山彦三郎，北原滋夫，川上貢，中原一，片峯隆
(1990) ゴルフにおける技術修得のバイオメカニクス的研究 - ゴ
ルフ実習におけるスイング技術の獲得について - . ゴルフの科学，
Vol. 3, 2, 82-93.

田島東海男 (1983) 剣道の動作中における呼吸の調節について
特に「退き面打撃動作」について - . 防衛大学校紀要，第 46 号，
165-172.

田辺友宏，小黒賢二，竹田秀明，鮫島康仁，斎藤隆夫，立石昭夫，
渡会公治 (1993) ゴルフインストラクターのスポーツ障害．日本
整形外科スポーツ医学会誌，Vol. 12, 233-235.

Tanner, J. M. (1964) *The Physique of the Olympic Athlete*. George
Allen and Unwin, London.

徳山広，西島吉典 (1984) ゴルフスウィングの筋電図からの動体
特性．第 7 回日本バイオメカニクス学会論集，142-146.

鞆田幸徳 (1989) ゴルフと腰痛．ゴルフの科学，Vol. 3, No.1.
44-48.

Toskei, B. (1978) *Jim Flick: How to become complete golfer*. (金
田武明：(1978) 完全なるゴルフプレーヤー．講談社)

Vaughan, C. L. (1981) A three dimensional analysis of the forces and torques applied by a golfer during the downswing. In A. Morecki, K. Fidelus,

Wallence, E. S., Graham, D., Bleakley, E. W. (1990) Foot to ground pressure patterns during the golf drive: a case study involving a low handicap player. *Science and Golf* , 25-29.

Wallence, E. S., Grimsaw, P. N., Ashford, R. L. (1994) Discrete pressure profiles of the feet and weight transfer patterns during the golf swing. *Science and Golf* , 26-32.

渡辺英次，加藤清忠（1998）大学運動選手の競技種目別体型比較．*姿かたち研究*，2，73-84．

和田野安良，福林徹，林浩一郎，下篠仁士，宮永豊（1994）ゴルフプレーヤーのメディカルチェック．*臨床スポーツ医学*，Vol. 11，No. 2．

Whiting T. A. (1969) *Acquiring ball skill*. Bell & Sons. Ltd. (加藤橘雄，鷹野健次，石井喜八訳：(1978) *ボールスキル*. ベースボールマガジン社).

Williams, D. (1983) The dynamics of the golf swing, *Q. J. Mech. Appl. Math.*, 20, 247-255.

Williams K. R., Cavanagh P. R. (1983) The mechanics of foot action during the golf swing and implications for shoe design. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Vol. 15, No. 3. 247-255.

関連論文・著書

[第2章]

川島一明 (1987) 足圧中心移動軌跡から見たゴルフスイングの検討. *ゴルフの科学*, Vol. 1. 34-40.

川島一明 (1989) 素振り打法. 講談社, 1-231.

Kazuaki Kawashima (1992) Kinematic analysis of body motion during the golf swing. *The world Golf Forum ' 92*. 21-23.

川島一明 (1994) 床反力からゴルフ斜面ショット分析. 日本バイオメカニクス学会論文集, Vol.12, 109-112.

Kazuaki Kawashima (1997) Analysis of the golf slope shot by ground reaction. *Proceeding of the 15th International Symposium on Biomechanics in Sports*, 495-499.

Kazuaki Kawashima (1998) A Kinematic analysis of foot force exerted on the soles during the golf swing among skilled and unskilled golfers. *SCIENCE AND GOLF* , 40-45.

川島一明 (1999) ゴルフスイングにおける左右足親指のバイオメカニクス的研究, バイオメカニクス的研究概論. 第14回日本バイオメカニクス学会論文集, 406-410.

Kazuaki Kawashima (2000) The biomechanics study of big toes in the golf swing, *Proceedings of International Symposium on Biomechanics in Sports*, 264-267.

深代千之, 政二慶, 伊藤章, 杉田正明, 松尾彰文, 藤原素子, 飯干明, 高松潤二, 伊藤信之, 桜井伸二, 若山章信, 平野裕一, 友松亮三, 川島一明, 磯川正教, 池上康男, 若吉浩二, 小林規, 石毛勇介, 結城匡啓, 吉岡伸彦, 岡田英孝, 山本利春, 藤井範久, 岡江通良, 淵本隆文, 中澤公孝, 川上泰雄, 浅井武, 寺島徹 (2000) スポーツバイオメカニクス. 朝倉書店, 45-46.

川島一明, 小原洋二 (2001) Sport Biomechanics. 弘学出版, 1-31. 41-110.

[第3章]

川島一明 (1989) ゴルフスイングにおける各手指の応力と加速度曲線の検討. ゴルフの科学, Vol. 2, 28-32.

Kazuaki Kawashima, Akira Nagata (1989) Gripping force and acceleration waves during the golf swing. *I.S.B. Proceeding*, 57-58.

川島一明, 北本拓 (1993) スティックスポーツ. 西村書店, 1-73.

川島一明 (1997) ゴルフスイングにおける手関節運動の研究, 身体運動のバイオメカニクス, 335-339.

[第4章]

川島一明 (1991) ゴルフスイングにおける呼吸相パターンの検討. ゴルフの科学, Vol. 4. 9-14.

Kazuaki Kawashima (1994) A biomechanical analysis of the respiratory pattern during the golf swing. *Science and Golf*, 46-49.

川島一明 (1994) ゴルフスイングにおける眼球運動の検討. ゴルフの科学, Vol. 10, 19-24.

Kazuaki Kawashima (1995) Biomechanics analysis of electro oculo graph during the golf swing. *13th Congress of ISB*, 462-463.

[第 5 章]

川島一明 (1985) ゴルフスイングにおける身体の動きとクラブシャフトの撓みに関する基礎的研究. 日本大学農獣医学部一般教養紀要, Vol. 21, 71-78.

川島一明 (1987) ゴルフシャフトの撓みから見た動作分析. 第 8 回日本バイオメカニクス学会論集 '86, 158-161.

川島一明 (1987) ゴルフスイング時のクラブシャフトの動的物理現象. デサントスポーツ科学, Vol. 8, 318-322.

川島一明 (1990) シャフトのリサーチ像からみた素振りと実打. 日本バイオメカニクス学会誌, 131-134.

川島一明 (1990) リサーチ図形からみたシャフトの挙動解析. ゴルフの科学, Vol. 3, 22-26.

川島一明 (1992) 最適ゴルフクラブ使用法についてのバイオメカニクスの検討. ゴルフの科学, Vol. 5, 7-10.

川島一明 (1993) ゴルフ用具のダイナミクス. 精密工学会誌, Vol. 9, 19-24.

[第6章]

川島一明，難波謙二，宮崎正己，加藤清忠（1999）身体形態と活動形式からみたスポーツとしてのゴルフプレーヤーアンケート調査から見た障害の実態について．ゴルフの科学，Vol. 12，68-82．

川島一明，宮崎正己，加藤清忠（2000）日本人女子ゴルフプレーヤーの体格，体組成ならびに体型に関する研究．ヒューマンサイエンス，Vol. 13，No. 1，28-35．

Kazuaki Kawashima，Kiyotada Kato，Masami Miyazaki（2002）Body size and somatotype characteristics of male golfer in Japan. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*，印刷中(42)．

川島一明，長谷川伸，加藤清人，半田徹，加藤清忠（2003）日本人の中高年者の体格，体組成および体型の年代別比較．2003 姿かたち研究（ ），印刷中．

関連口頭発表

[第2章]

川島一明，及川直躬

ゴルフに関する基礎的研究

- スイング時における足圧中心移動からみた動作について -

日本体育学会 37 回大会，茨城，Nov. 1986 (日本体育学会
37 回大会大会号，772，1986)

川島一明，北本拓

ゴルフ練習過程における動作の変化について

日本バイオメカニクス学会大会，広島，May 1988 (日本バ
イオメカニクス学会大会大会号，24-25，1988)

Kazuaki Kawashima

Biomechanics analysis of weight transfer during the
golf swing

Asian Sport Sciences Congress, Hiroshima '94, Sep.
1994 (Abstract, 115, 1994)

野沢むつこ，川島一明

ゴルフスイング時における足底圧分布の研究

日本ゴルフ学会第 8 回大会，東京，Jun. 1995 (日本ゴル
フ学会第 8 回大会大会号，50，1995)

Kazuaki Kawashima

Kinematic Analysis of foot force during the golf swing
16th International Symposium Biomechanics in Sports,
ISBS, Japan, Aug. 1997 (Abstract, 363, 1997)

[第3章]

川島一明, 北本拓

ゴルフスイング時の各手指の応力変化と加速度変化の検討
日本ゴルフ学会1回大会, 東京, Sep. 1988 (日本ゴルフ学
会1回大会大会号, 19, 1988)

Kazuaki Kawashima

Gripping forces and acceleration waves during the golf
swing
12 International Congress of Biomechanics, USA, Jun.
1989 (Abstract, 20, 1989)

川島一明

ゴルフスイングにおける握りについての研究
日本ゴルフ学会4回大会, 広島, Sep. 1991 (日本ゴルフ学
会4回大会大会号, 8, 1991)

川島一明

ゴニオメータを利用したゴルフスイングの手関節角度動作
計測

日本ゴルフ学会第9回大会，愛媛，Sep. 1996（日本ゴルフ学会第9回大会大会号，28，1996）

川島一明

ゴルフスイングにおける手関節運動の研究

日本バイオメカニクス学会第13回大会，茨城，Nov. 1996
（日本バイオメカニクス学会第13回大会大会号，60，1996）

[第4章]

川島一明，永田晟

ゴルフインパクト直前の呼吸曲線とEMG活動の関係

日本体育学会41回大会，岡山，Oct. 1990（日本体育学会41回大会大会号，349，1990）

川島一明

スイング時における呼吸相の検討

- 素振りと実打の違い -

日本ゴルフ学会3回大会，東京，Dec. 1990（日本ゴルフ学会3回大会大会号，22，1990）

川島一明，難波謙二

ゴルフスイング中における眼球運動の検討

日本体力医学会48回大会，徳島，Sep. 1993（日本体力医学会48回大会大会号，143，1993）

川島一明

ゴルフスイングにおける眼球電位図の解析

日本ゴルフ学会第6回大会，福岡，Oct. 1993 (日本ゴルフ学会第6回大会大会号，30，1993)

Kazuaki Kawashima

Analysis of the respiratory pattern during the golf swing

World Science Congress of Golf, Scotland, Jul. 1994
(Abstract, 15, 1994)

[第5章]

川島一明

ゴルフシャフトに関する基礎的研究

日本体育学会35回大会，鹿児島，Oct. 1984 (日本体育学会35回大会大会号，421，1984)

川島一明

ゴルフに関する基礎的研究

- スイング時におけるシャフトの撓みと動作について -

日本体育学会36回大会，岐阜，Oct. 1985 (日本体育学会36回大会大会号，393，1985)

川島一明

ゴルフシャフトの撓みからみた動作分析

日本バイオメカニクス学会第8回大会，東京，May 1986 (日本バイオメカニクス学会第8回大会大会号，82，1986)

川島一明，及川直躬

ゴルフに関する基礎的研究

- クラブシャフトの違いによる動的物理現象の検討 -

日本体育学会 38 回大会，京都，Sep. 1987 (日本体育学会 38 回大会大会号，657，1987)

川島一明，及川直躬

ゴルフに関する基礎的研究 (第4報)

- ゴルフショット時におけるシャフトの応力解析 -

日本体育学会 39 回大会，福島，Oct. 1988 (日本体育学会 39 回大会大会号，410，1988)

川島一明

ゴルフにおける球質とシャフト物理特性

日本体力医学会 43 回大会，京都，Oct. 1988 (日本体力医学会 43 回大会大会号，387，1988)

Kazuaki Kawashima

Comparative study of shaft bending patterns induced by golf swing in top Japanese college's players

First World Scientific Congress of Golf, England, Jul. 1990 (Abstract, 74, 1990)

Kazuaki Kawashima

Comparative analysis with strain waves of the steel and carbon graphitic shaft in golf swing

Second IOC World Congress, Spain, Oct. 1991 (Abstract, 181, 1991)

[第 6 章]

Kazuaki Kawashima, Masami Miyazaki, Kiyotada Kato

A survey of golf injuries in Japanese male golfers.

World Scientific Congress of Golf, England, Jul. 2002
(Abstract, 12, 2002)

Kazuaki Kawashima, Masami Miyazaki, Kiyotada Kato

A survey of golf injuries in Japanese female golfers.

2002 Busan Asian Games Sports Science Congress, Korea, Sep. 2002 (Abstract, 157, 2002)

Kazuaki Kawashima, Masami Miyazaki, Kiyotada Kato

A survey of golf injuries in Japanese student golfers.

2003 Daegu Universiade Conference, Korea, Aug. 2003
(Proceedings II, 765, 2003)

謝辞

本研究の遂行ならびに本論文をまとめるにあたり，当初より研究全般にわたって常に的確なご指導とご示唆を賜った早稲田大学大学院人間科学研究科加藤清忠教授に深甚なる敬意と感謝の意を表します．

本論文をまとめるまで，文献の探索，実験のレイアウト等，一つ一つ懇切丁寧に貴重なご助言と終始激励をいただきました早稲田大学人間科学部宮崎正己教授に心より感謝申し上げます．

本研究を取り組む糸口は，筆者のスポーツ科学への探求心からでありました．1968年の留学時に米国加州大学ロスアンジェルス校大学院体育学部長レイモンド・シュナイダー教授のもとでご教授戴いたスポーツキネシオロジーの基礎研究が本論文の端緒となったことに対して，深謝いたします．

日本大学へ1965年に体育助手として着任してから，スポーツ科学の研究を行うに関し，特に日本大学小原洋二教授からは，物理分野の貴重なアドバイスを，また本研究のデータの統計処理については，日本大学田川正賢教授から貴重な示唆を戴きました．そして，本研究におけるソマト研究の論文作成では，米国加州大学サンディエゴ校名誉教授リンデセイ・カーター博士からご指摘やご助言を賜りました．ここに深く感謝申し上げます．

ゴルフをスポーツ科学に発展させるべく日本ゴルフ学会で共に努力いたし，常に向上心を持ってあたって戴いた，飯塚鉄雄東京都立大学名誉教授，宮田鉄幹 NGF 日本代表の御指導，御鞭撻に感謝いたします．

さらに，本研究の実験を遂行する際には，日本大学生物資源科学

部体育学研究室の学生・卒業生でありました。彼らの協力に心より感謝申し上げます。実験のシステムの準備・計測・データの整理を行ってくれた清水圭介君，川上徹也君，戸崎博文君，野中佑一君，また本論文のまとめとして，山本明典君，北浦一孝君，佐藤真教君，伊地知亜弥子君にはお手伝い戴きました。

最後に，本研究に際して，協力と心の支えになってくれた妻将子，ならびに論文の完成に向けて助言と応援をしてくれた子供の麻希，洋人に感謝します。

2004年1月 川島一明