

博士論文

エリートゴルファーにおけるドライバーパフォーマンスと
体力的要因に関する研究

平成 29 年度

筑波大学大学院 人間総合科学研究科

スポーツ医学専攻

江原 義智

目次

List of Tables.....	iii
List of Figures	v
略語	vi
用語の説明.....	vii
用語の定義.....	ix
関連文献リスト.....	xv
第1章 緒言.....	1
1. 研究の背景と意義および目的	1
第2章 研究小史.....	4
1. ゴルフのスコアに影響するパフォーマンス.....	4
2. ドライバーパフォーマンスとバイオメカニクス.....	7
3. ドライバーパフォーマンスと柔軟性.....	10
4. ドライバーパフォーマンスと体力的要因との関連	10
5. 体力的要因のトレーニング介入がドライバーパフォーマンスに及ぼす影響.....	12
6. ゴルフの技術レベルと体力的要因.....	14
7. 被験者の技術レベル.....	14
第3章 本研究の課題	16
1. 本研究の課題.....	16
第4章 日本人男性プロのクラブヘッドスピードと体力的要因との関連	17
1. プロのクラブヘッドスピードとフィールドテストとの関連(課題 1-1).....	17
(1) 目的.....	17
(2) 方法.....	18
A. 被験者.....	18
B. 形態測定.....	18
C. クラブヘッドスピード	18
D. フィールドテスト.....	19
E. 統計分析.....	20
(3) 結果.....	22
(4) 考察.....	27

2. プロのクラブヘッドスピードを規定している体力的要因の検討(課題 1-2)	32
(1) 目的.....	32
(2) 方法.....	33
A. 被験者.....	33
B. 形態測定.....	33
C. クラブヘッドスピード	33
D. 筋力.....	33
E. 筋量.....	34
F. 柔軟性.....	35
G. 統計分析.....	35
(3) 結果.....	38
(4) 考察.....	43
第5章 日本人男性プロのクラブヘッドスピードに関連した体力的要因の水準.....	47
1. プロとエリートアマのクラブヘッドスピードおよび体力的要因の比較(課題 2-1)	47
(1) 目的.....	47
(2) 方法.....	49
A. 被験者.....	49
B. 形態測定.....	50
C. クラブヘッドスピード	50
D. 筋力.....	50
E. 筋量.....	50
F. 統計分析.....	50
(3) 結果.....	52
(4) 考察.....	61
第6章 総括.....	68
1. 本研究で得られた成果と意義.....	68
2. 本研究の限界.....	71
3. 今後の課題.....	71
4. 結論	72
謝辞	73
引用文献	74

List of Tables

Table 4-1-1. Characteristics of the participants.	21
Table 4-1-2. CHS and field-based test measures.	24
Table 4-1-3. Correlations between CHS, physical characteristics, and field-based test measures.	25
Table 4-1-4. Partial correlations between CHS and field-based test measures.	26
Table 4-2-1. Characteristics of the participants.	36
Table 4-2-2. CHS, strength, muscle CSA and flexibility of professional golfers.	40
Table 4-2-3. Correlations between CHS and variables.	41
Table 4-2-4. Stepwise linear model to predict CHS.	42
Table 5-1-1. Characteristics of the participants.	51
Table 5-1-2. Comparisons of strength between professional golfers and elite amateur golfers.	55
Table 5-1-3. Comparisons of muscle CSA and flexibility between professional golfers and elite amateur golfers.	56
Table 5-1-4. Comparisons of weight-adjusted strength between professional golfers and elite amateur golfers.	57
Table 5-1-5. Comparisons of height-adjusted muscle CSA between professional golfers and elite amateur golfers.	58
Table 5-1-6. Summary of physical and isokinetic strength characteristics of previous studies.	59

Table 5-1-6. Summary of physical and isokinetic strength characteristics of previous studies (continued) 60

List of Figures

Figure 0-1. Configuration of professional tour golfers.	xii
Figure 0-2. Phase of the golf swing.	xiv
Figure 2-1. Average score from the tee.	5
Figure 2-2. USPGA Tour top thirty golfers' drive distance.	6
Figure 2-3. X-factor.	9
Figure 4-1. A sample of trunk muscle CSA and trace image at the L4/L5 disc level.	37
Figure 5-1. Comparisons of CHS between professional golfers and elite amateur golfers. ..	54

略語

本研究で用いる主な略語は以下の通りである。

1RM	: one repetition maximum 最大挙上重量
BMI	: body mass index 体格指数
CHS	: club head speed クラブヘッドスピード
CSA	: cross-sectional area 横断面積
HCP	: handicap ハンディキャップ
IOC	: International Olympic Committee 国際オリンピック委員会
JGA	: Japan Golf Association 日本ゴルフ協会
JGTO	: Japan Golf Tour Organization 日本ゴルフツアー機構
JISS	: Japan Institute of Sports Sciences 国立スポーツ科学センター
JPGA	: Professional Golfers' Association of Japan 日本プロゴルフ協会
MB	: medicine ball メディシンボール
MRI	: magnetic resonance imaging 磁気共鳴画像撮影法
NF	: National Sports Federation 中央競技団体
QT	: qualifying tournament クオリファイングトーナメント
USPGA	: Professional Golfers' Association of America (United States) アメリカプロゴルフ協会

用語の説明

本研究で用いる主な用語は以下の通りである。

アドレス	: ゴルフのショット(アプローチおよびパットを含む)における構えのこと。
アマチュアゴルファー	: ゴルフをスポーツとして実施し、報酬や営利を目的としないプレーヤーのこと。アマチュアゴルファーの詳細は、用語の定義に記した。
インパクト	: クラブヘッドがボールに当たること。または、その瞬間のこと。
X ファクター	: 左右における肩峰と骨盤の捻転差のこと。
キャリー	: 打球が地面に着地する場所のこと。
クラブヘッドスピード	: スイングにおけるクラブヘッドの速度のこと。
シャフト	: ゴルフクラブの柄の部分のこと。
ダウンスイング	: トップオブスイングからの切り替えしでクラブをボールに対して振り下ろすスイング動作のこと。
トップオブスイング	: バックスイングが最大になる時点のこと。
ドライバー	: ゴルフ競技で使用される上限 14 本のクラブの中で最大の飛距離を得ることのできるクラブのこと。主にティーショットで用いられる。
ドライバーパフォーマンス	: ドライバーの飛距離、クラブヘッドスピード、ボールスピード、フェアウェイキープ率およびミート率など、ドライバーを用いたショットの技能のこと。
パーオン率	: パーオンをする率(パー4 での 1 オン, パー5 での 2 オンを含める)のこと。

- 8 地区 : 日本ゴルフ協会に加盟している 8 地区のゴルフ団体(北海道地区, 東北地区, 関東地区, 中部地区, 関西地区, 四国地区, 中国地区および九州地区)のこと.
- バックスイング : スイングにおいてボールを打つ前に, クラブを後方に引く動作のこと.
- フェアウェイキープ率 : ティーショットでフェアウェイを捕える確率のこと.
- 部門別データ : 賞金ランキング, 平均スコア, ドライバーの飛距離, フェアウェイキープ率, パーオン率, リカバリー率およびパット数などのデータのこと.
- プロゴルファー : 主にゴルフの競技によって報酬を得るゴルファーのこと. プロゴルファーの詳細は, 用語の定義に記した.
- ボールスピード : 打ち出した直後のボール初速のこと.
- ライ : グリーン以外の静止したボールの傾斜や位置の状態のこと.
- リカバリー率 : パーオンしないホールでパーかそれより良いスコアを獲得する確率のこと.

用語の定義

本研究で用いる主な用語の定義は以下の通りである。

■ アマチュアゴルファー

ゴルフをスポーツとして実施し、報酬や営利を目的としないプレーヤーのこと。アマチュアゴルファーのレベル別における名称は以下に定義した。

(1) エリートアマチュアゴルファー

日本ゴルフ協会 (Japan Golf Association: JGA) が主催する全国大会または、JGA に加盟する 8 地区のいずれかの決勝大会に出場できるレベルの 4 日間競技を基本とするゴルファーのこととした。

(2) 上級者

ハンディキャップ (handicap: HCP) が 0 から 10 までのアマチュアゴルファーのこととした。

(3) 中級者

HCP が 11 から 20 までのアマチュアゴルファーのこととした。

(4) 初級者

HCP が 21 から 30 までのアマチュアゴルファーのこととした。

■ エリートゴルファー

プロゴルファーを含めたエリートアマチュアゴルファー以上のレベルのゴルファーのこととした。

■ 技術的要因

ゴルフのショット(ドライバー, アイアン, アプローチおよびパット)における飛距離, 方向性, 距離感および再現性のこととした。

■ 体力的要因

体力を構成する要因のこと。本研究では、行動体力における形態では、筋量および身体組成を含めた体格(姿勢は含まない)とし、機能では、筋力、瞬発力、敏捷性および柔軟性とし、平衡性および持久性は含まないこととした。

■ プロゴルファー

主にゴルフの競技によって報酬を得るゴルファーのこと。一般的には、わが国では、プロゴルファーと呼ばれるゴルファーの資格が3つある。それは、日本プロゴルフ協会(Professional Golfers' Association of Japan: JPGA)のティーチングプロとトーナメントプレーヤー、および日本ゴルフツアー機構(Japan Golf Tour Organization: JGTO)のツアープレーヤーである。

プロゴルファーの資格部門は、JPGAが管理し、トーナメント部門は、JGTOが運営している。本研究では、トーナメントプレーヤー取得者でツアープレーヤーであることとし、ティーチングプロは含まないこととした。プロおよびトーナメントの詳細(JGTO, 2017; JPGA, 2017)は、以下に示した。

(1) JPGA ティーチングプロ

ティーチングプロとは、ゴルフの指導技能に特に優れ、広範にわたるゴルフ知識とJPGAの指導要領を取得した者に付与される資格である。ティーチングプロの目的は、ゴルフの普及と発展のために活動している。資格は、退会しない限り永続的である。

(2) JPGA トーナメントプレーヤー

トーナメントプレーヤーとは、JPGAの資格認定プロテストに合格したプレーヤーのことである。これは、年に一度開催される4段階からなるトーナメント方式で、それを勝ち抜き、最終プロテストで50位タイに入ったプレーヤーに付与される。資格は、退会しない限り永続的である。

(3) JGTO ツアープレイヤー

セカンドクオリファイングトーナメント(qualifying tournament: QT)以上のステージに出場した選手(アマチュアを除く)は、翌年度のツアープレイヤーとして認められる。ツアープレイヤーの資格を得ることができれば、ツアーおよびチャレンジトーナメントに出場できる条件となる。この資格は、有効期限が1年間となる。そのため、QTを受験しない場合、翌年は、ティーチングプロおよびトーナメントプレイヤーの資格がない限り、プロゴルファーとは呼ばれない。

(4) プロのトーナメント

プロのトーナメントは、JGTO が主催・主管し、ツアーおよびチャレンジトーナメントから成り立っている。ツアートーナメントはわが国の最高峰のトーナメントで、チャレンジトーナメントは、ツアートーナメントの下部トーナメントである。

A. ツアートーナメント

ツアートーナメントは、毎年、年間約 20 数試合行われている。原則として木曜日から日曜日の4日間で開催され、予選ラウンドは、2日間プレー、上位 60 位タイまでの選手が決勝ラウンドまで進出できる(各日 18 ホールストロークプレー)。フルシーズンの出場者は、約 80-150 人で、その内、約 80 人がシード選手で、それ以外のプレイヤーは QT の出場優先順位によって決定される。賞金総額(約 5,000-20,000 万円)と優勝賞金額(約 1,000-4,000 万円)は、わが国では最高峰となるトーナメントである。

B. チャレンジトーナメント

チャレンジトーナメントは、ツアートーナメントの下部トーナメントである。毎年、年間約 10 数試合行われている。フルシーズンの出場者は約 150 人で、一部の有資格出場者を除き、QT の出場優先順位によって出場が決定する。このトーナメントは、36 ホールのストロークプレー(2日間)を基本として、予選ラウンドは、1日 18 ホールプレー、上位 60 位タイまでの選手が決勝

18ホールに進出できる。賞金総額は、約1,000–1,500万円であり、優勝賞金額は、約180–270万円である。

(5) プロのトーナメントに出場するための資格

上記のツアーおよびチャレンジトーナメントに出場するには、QTによって、出場優先順位を獲得する必要がある。QTは、ファースト、セカンド、サードおよびファイナルまでの4段階からなり、最終的にランキングがつけられ、約1,600人の中から、上位約30人が翌年のツアートーナメントへ、上位約120人が翌年のチャレンジトーナメントの出場資格を得ることができる。詳細は以下に示す(Figure 0-1)。

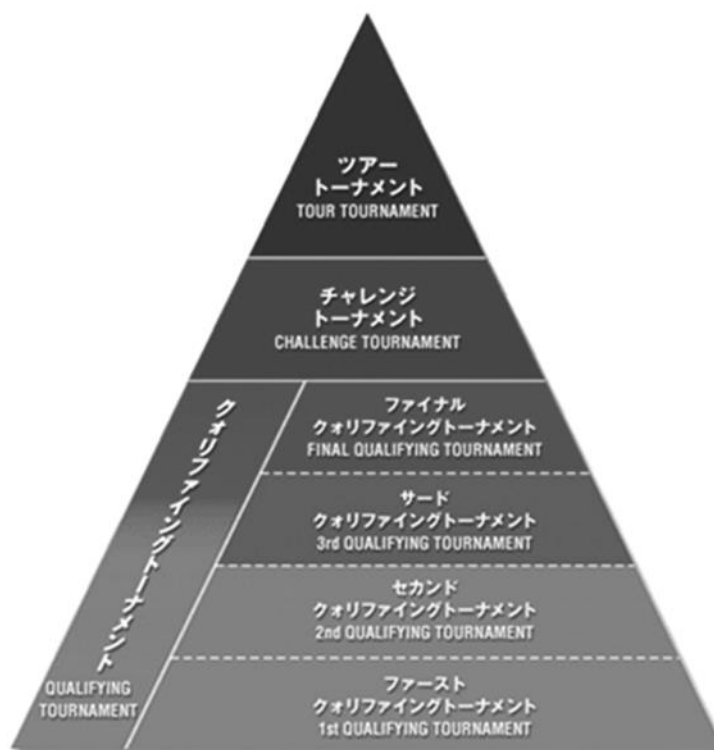


Figure 0-1. Configuration of professional tour golfers (JGTO, 2017).

A. ファースト QT

高校、または大学のゴルフ部在籍経験者、JGA の HCP が 3.0 以内の者が、ファースト QT に出場できる。2016 年度の実績では 204 人が出場し、51 人がセカンドステージに進出している。

B. セカンド QT

ファースト QT 通過者およびセカンド QT の出場資格を有するプレーヤー(1999 から開催 2 年前の年度の間)にセカンド、サードおよびファイナル QT に出場した者、JPGA 所属のトーナメントプレーヤー会員(1998 年度までの資格取得者)、セカンドステージ出場年度の日本アマチュアゴルフ選手権、日本学生ゴルフ選手権の優勝者、および海外のプロライセンス保持者等)を含め、約 1,000 人が、セカンド QT に参加できる。各会場(2016 年度: 10 会場)では、約 100 人が出場し、サード QT には、合計約 300 人が進出できる。

C. サード QT

セカンド QT 通過者およびサード QT の出場資格を有するプレーヤー(過去 5 年間のツアートーナメント優勝者、または賞金ランキングシード権の保持者、および前年度チャレンジトーナメント最終賞金ランキング 2 位から 10 位までの者等)を含め、約 600 人が、サード QT に参加できる。各会場(2016 年度: 6 会場)では、約 100 人が出場し、ファイナル QT に進める人数は、2016 年度の実績では、142 人であった。

D. ファイナル QT

サード QT 通過者およびファイナル QT の出場資格を有するプレーヤー(ツアートーナメントにおける開催年度 1 年間有する出場優先順位(シード権)獲得選手で、翌年度 1 年間有する出場優先順位(賞金ランキングによる出場資格においては上位 75 人までの者、および開催年度のチャレンジトーナメント最終賞金ランキングで、翌年度 1 年間有する出場優先順位(シード権)獲得者および賞金ランキングによる翌年度の第 1 回ランキングまでの出場優先順位を獲得した者を除く上位 5 人)を含めて、約 200 人が、ファイナル QT に出場できる。ファイナル QT

は、6 ラウンドから開催され、4 ラウンドの予選が設けられている。決勝 2 日間には上位 90 位タイまでの選手が進出し、翌年度の出場優先順位が決定される。

■ スイング局面

ゴルフのスイングにおける局面は、下記に定義した (Figure 0-2)。

- テイクアウェイ期 : アドレスからトップオブスイングの局面。
フォワードスイング期 : トップオブスイングからダウンスイング前期の局面。
アクセレーション期 : ダウンスイング後期からまでインパクトの局面。
アーリーフォロースルー期 : インパクトからフォロースルー前期の局面。
レイトフォロースルー期 : フォロースルー前期からフィニッシュまでのフォロースルー後期の局面。

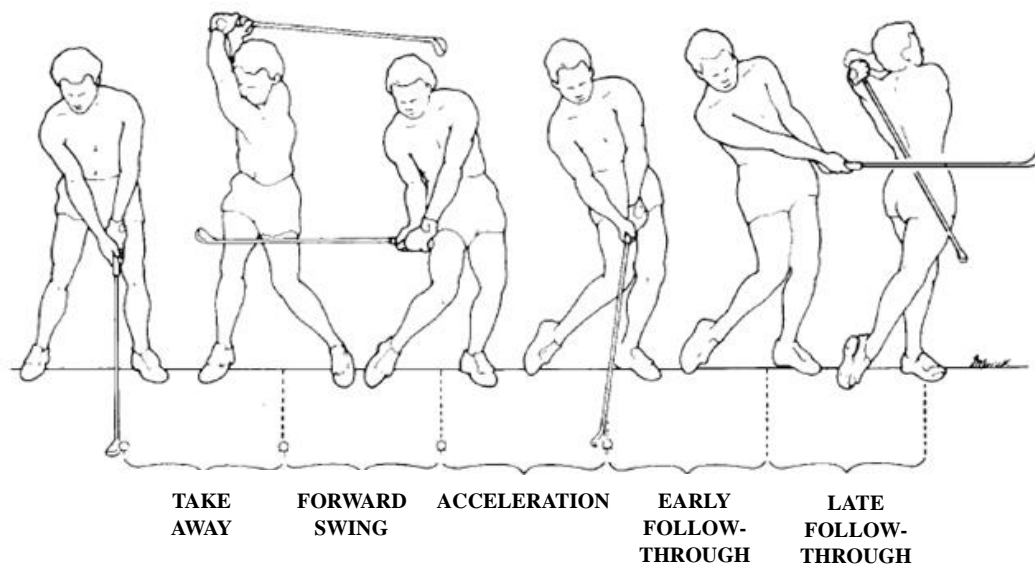


Figure 0-2. Phase of the golf swing (Pink et al., 1993).

関連文献リスト

本論文は、以下の原著論文に未発表の実験結果を加筆、執筆したものである。

【原著論文】

1. 江原義智, 田辺解, 白木仁, 久野譜也. 男性プロゴルファーにおけるクラブヘッドスピードとフィールドテストとの関連性. ゴルフの科学, in press.
2. 江原義智, 田辺解, 白木仁, 久野譜也. (2017) 日本人男性プロゴルファーにおけるクラブヘッドスピードと体力要因との関連. 日本臨床スポーツ医学会誌, 25(1): 68-74.

第1章 緒言

1. 研究の背景と意義および目的

近年、ゴルフの競技力向上には、技術的要因に加え、体力的要因を強化することが重要であると認識されるようになった(Doan et al., 2006; Farrally et al., 2003; Fletcher & Hartwell, 2004; Gordon et al., 2009; Lephart et al., 2007; Smith, 2010; Thompson & Osness, 2004)。

ゴルフ競技は、2009年の国際オリンピック委員会(International Olympic Committee: IOC)総会により、オリンピック種目に再選出されていることから日本人の国際的なレベルでの競技力向上が望まれている。そのため、エリートゴルファーに対するエビデンスベースによるサポートが重要になると考えられるが、競技力向上のための体力的要因に関する知見は、世界的にみても非常に少ない。世界各国の中央競技団体(National Sports Federation: NF)では、国際競技力向上のためのエリートゴルファー強化のプロジェクトを開始した(長嶋ら, 2016)。わが国では、日本ゴルフ協会(Japan Golf Association: JGA)が、国際競技力向上を目指し、「オリンピックゴルフ競技対策本部」を設置し、有望な選手の発掘、および強化プログラムの策定など育成プロジェクトを実施し始めた(JGA, 2012)。そして、世界のトップレベルで活躍するためには、どの程度の体力的要因が必要であるのか、強化計画が検討されるようになった(長嶋ら, 2016)。ナショナルチームのトップレベルのアマチュア(以下: アマ)は、国立スポーツ科学センター(Japan Institute of Sports Sciences: JISS)で体力測定を実施するようになったが、得られたデータからは、学術論文として公表されていないのが現状である。今後は、さらに技術レベルの高いプロゴルファー(以下: プロ)のデータを活用することで、エリートゴルファーに対する具体的なトレーニング法を検討する必要があると考えられる。しかしながら、わが国におけるプロを対象とした研究は、我々の知る限り1件もみられない。また、日本を代表するようなゴルフ団体においてもプロの体力的要因に関するデータを取得していないのが現状である。これは、個人スポーツのプロという職業柄、データを提供しにくい状況にあるためリクルートが難し

いと言われている(江原と久野, 2017). 今後は, プロを対象とした科学的な知見から, 体力的要因を強化することでエリートゴルファーの競技力を向上させていくことが, 大変重要な課題であると考えられる.

世界の代表的なプロゴルフの団体(アメリカプロゴルフ協会(Professional Golfers' Association of America(United States): USPGA); ヨーピアンツアー: European Tour)は, プロのトーナメントにおけるドライバーの飛距離, フェアウェイキープ率, パーオン率, リカバリー率およびパット数など, 部門別のパフォーマンスデータを公表している(USPGA, 2017; European Tour, 2017). わが国においても, 日本ゴルフツアー機構(Japan Golf Tour Organization: JGTO)(2017)は, 1985年より, 部門別のパフォーマンスのデータの収集を行っている. Wiseman & Chatterjee(2006)は, USPGAのトーナメントにおける部門別のパフォーマンスデータからゴルフのスコアに影響を及ぼす要因を検討し, ドライバーの飛距離, フェアウェイキープ率, パーオン率およびパット数でスコアを78–87%説明できると報告している. その中で, ドライバーの飛距離は, スコアと一定の関係があることが報告されている(Broadie, 2012; Cochran & Stobbs, 1968; Sharma & Reilly, 2013; Wiseman & Chatterjee, 2006). 2000年前後に, 世界ランク1位になった男性プロのタイガー・ウッズは, これまでの選手とは異なり, 体力の強化を専門的に実施し, 圧倒的なドライバーの飛距離を得ることで成功をおさめている. それ以来, 多くのUSPGAツアーのプロは, トーナメント期間中でもマシンを使用して筋力トレーニングを行うようになり, ドライバーの飛距離を向上させるようになった(Wells et al., 2009). ドライバーの飛距離は, 方向性だけでなく, 最大の飛距離を必要とするため, 特に体力的要因が重要である(Sato & Kenny, 2013). また, 近年ではトーナメントを開催するコースの距離が延伸化している中(Gordon et al., 2009; Sato & Kenny, 2013), クラブおよびボールの反発係数が規制されている背景を勘案すると, エリートゴルファーにとって道具に依存しない形でドライバーの飛距離を向上させることは, スコアメイクに大きなアドバンテージになると考えられる. ドライバーの飛距離を向上させるためには, クラブヘッドスピード(club head speed: CHS)を向上させることが重要

である(Doan et al., 2006; Fletcher & Hartwell, 2004; Gordon et al., 2009; Hellström, 2009; Keogh et al., 2009; Kim et al., 2010; Lephart et al., 2007; 溝口ら, 2005). これまでに CHS と体力的要因との関連を検討した先行研究では, 男性アマを対象として, CHS と体幹(Gordon et al., 2009; Keogh et al., 2009; Loock et al., 2013)および下肢(Hellström, 2008)の筋力や瞬発力との間に関連があることが報告されている. しかしながら, 専門家によるレビューでは, CHS のようなゴルフパフォーマンスと体力的要因との関連を明らかにする際には, 被験者のスイング技術が交絡因子となるため, スイング技術が高く, かつ安定しているプロを対象とするべきであると指摘されている(Smith et al., 2011; Torres-Ronda et al., 2011). Lewis et al. (2016)は, ごく最近, USPGA のプロを対象として, CHS と下肢および体幹の瞬発力との間に関連があることを報告した. しかしながら, この研究では, 複数の関節運動による瞬発力のみでの評価で, CHS に対して, どの筋力がどの程度の大きさで関連しているかは不明であった. また, この研究の被験者は, USPGA のトーナメントに出場しているプロなのか, ティーチングプロなのか, 技術レベルの記載がないため, どのレベルのゴルファーまで活用できるか不明であった. 今後エリートゴルファーに対する CHS 向上のトレーニング法を具体化するためには, プロのトーナメントに出場している現役のプロを対象とし, 瞬発力だけでなく, 筋力, 敏捷性, 筋量および柔軟性から評価されるさまざまな体力的要因との関連を検討する必要があると考えられる. ゴルフがオリンピック種目となり, 日本人ゴルファーの国際競技力向上が期待されている中, 欧米の選手に比べて体格の小さい日本選手にとって, 体格によるディスアドバンテージを効率的かつ効果的なトレーニングにより埋めることができれば, 国際的に活躍できるゴルファーが増えることが期待できる. そこで, 本研究では, トーナメントに出場している現役の日本人男性プロを対象とし, CHS と体力的要因(筋力, 瞬発力, 敏捷性, 筋量および柔軟性)との関連を明らかにすること, さらにエリートアマと比較することにより CHS に関連したプロの体力的要因の水準の妥当性を明らかにすることで, わが国のエリートゴルファーに対する CHS 向上のトレーニング法を具体化するための知見を得ることを目的とする.

第2章 研究小史

1. ゴルフのスコアに影響するパフォーマンス

USPGA ツアーにおけるスコアは、ドライバーの飛距離、フェアウェイキープ率、パーオン率およびパット数で 61–87 % 説明できると報告されている (Sharma & Reilly, 2013; Wiseman & Chatterjee, 2006). 世界のプロのトーナメントにおけるドライバーの平均飛距離、フェアウェイキープ率、パーオン率、リカバリー率およびパット数などの部門別のパフォーマンスデータは、各団体 (European Tour, 2017; JGTO, 2017; USPGA, 2017) のホームページにて公表されており、トーナメントプロの水準を確認することができる。フェアウェイキープ率、パーオン率、リカバリー率およびパット数は、主に技術的要因の影響が大きいと考えられる。一方で、ドライバーの飛距離は、方向性だけでなく、最大の飛距離を必要とするために、特に体力的要因が重要である (Sato & Kenny, 2013). ドライバーの飛距離とスコアとの間には、有意な負の相関 ($r = -0.14-33$, $p < 0.05$) が報告されている (Wiseman & Chatterjee, 2006). また、ドライバーの飛距離と賞金獲得額との間に有意な正の相関 ($r = 0.33$, $p < 0.05$) が認められている (三野と田中, 2012). Brodie (2012) は、USPGA ツアーでは、ホールまでの距離が減少するとストローク数が減少することを報告している (Figure 2-1). これは、残りの距離が減少することで、ロングホールでは、2オンが可能になることや、使用クラブの番手が下がることで、難易度が低下すると考えられる。したがって、パフォーマンスレベルに変化がなく、ドライバーの飛距離が増加すれば、スコアが向上することを示唆している。さらに近年、トーナメントを開催するコースの距離および選手のドライバーの平均飛距離が延伸化している中 (Sato & Kenny, 2013) (Figure 2-2), クラブおよびボールの反発係数が規制されている背景を勘案すると、エリートゴルファーにとって道具に依存しない形でドライバーの飛距離を向上させることは、非常に重要な方策であると考えられる。

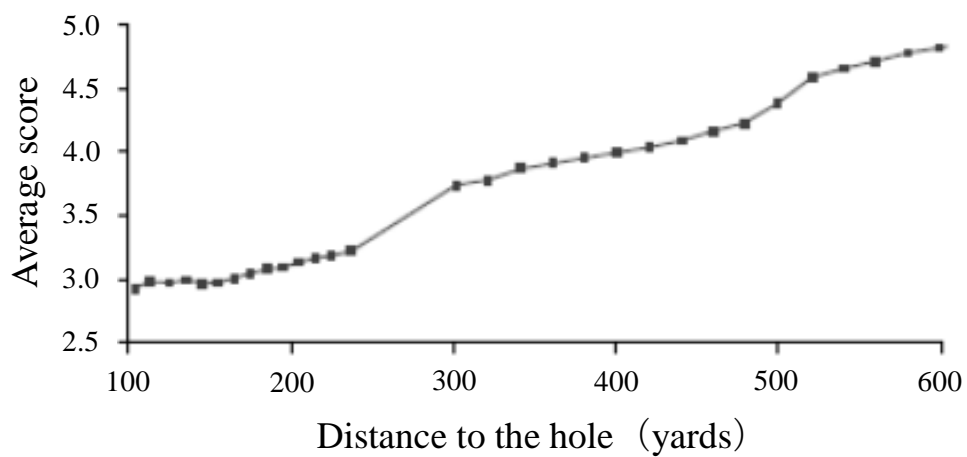


Figure 2-1. Average score from the tee (Brodie, 2012).

The graph shows the average score from the tee for USPGA Tour golfers in 2003–2010. Distance to the hole is measured along the fairway from the tee to the hole, not directly.

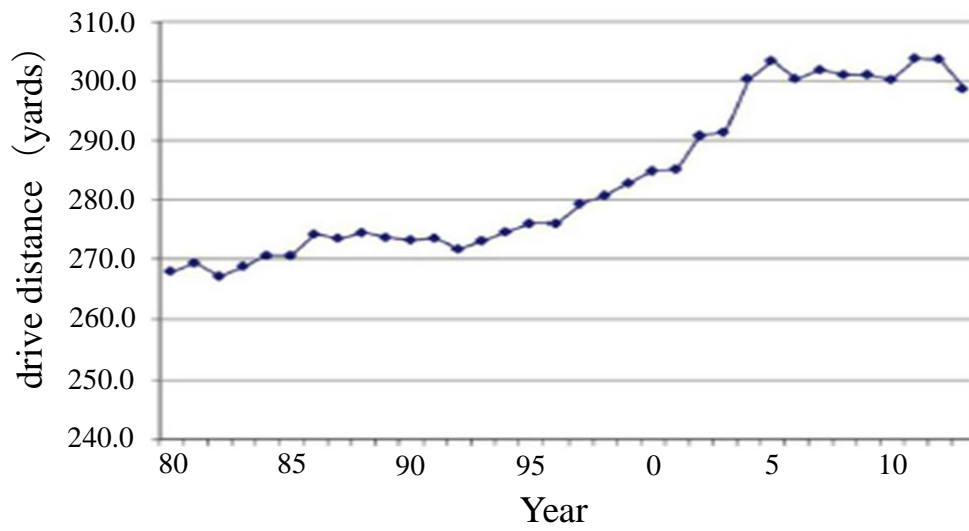


Figure 2-2. USPGA Tour top thirty golfers' drive distance
(Sato & Kenny, 2013).

2. ドライバーパフォーマンスとバイオメカニクス

バイオメカニクスの分野では、ゴルフのトップオブスイングの左右の肩峰と骨盤の捻転の角度をXファクターと呼び(Figure 2-3), CHS, ドライバーの飛距離およびボールスピードに対して、一定の関係があることが報告されている(Brown et al., 2013; Meister et al., 2011; Myers et al., 2008). Xファクターは、ダウンスイングの局面で、体幹上部より体幹下部である骨盤部が先に目標側に回旋するため、左右の肩峰と骨盤に捻転差が発生するものである(Cheetham et al., 2001). Myers et al. (2008)は、Xファクターの角度とボールスピードとの間に有意な正の相関があることを報告している($r = 0.54, p < 0.001$). これは、Xファクターによって、体幹筋群が収縮運動を起こすことで、スピードが生じるものである(Joyce et al., 2013). 体幹筋群の収縮によって作られたエネルギーは、インパクトで上肢を通じてシャフトからクラブヘッドへと末端に伝達されていくことが示唆されている(Hume et al., 2005). ハンドボールや野球の投球において、下肢から体幹、上肢、末端へのフローの動作は、ボールに速度を与えるためのエネルギー増大に繋がることを示唆されている(Jöris et al., 1985; 宮西智久ら, 1999). Okuda et al. (2010)は、トップオブスイングの切り返しの局面で、上級者は、初級者と比較して、目標側のリードする足の体重移動のタイミングが有意に早く、これがXファクターに関連している可能性を示唆している。また、Cheetham et al. (2001)は、トップオブスイングの切り返しの局面で、上級者は、初級者と比較して、骨盤が目標側に回旋するタイミングが有意に早いことを報告している。これらのことから、ゴルフのスイング動作は、トップオブスイングの後、ダウンスイングでは、左足および骨盤から始動し、体幹上部、腕そしてクラブの順序で行われる。そして、インパクト直前で下肢の動作を停止させることで、ヘッドを急激に加速させ、最大のスピードを発生させることが示唆されている(Cheetham et al., 2001). Meister et al. (2011)は、プロの最大のXファクターの角度は、アマと比較し有意に大きく、プロのCHSはアマと比較して、有意に高いことを報告している。プロは、ダウンスイングの局面で下肢および体幹下部から始動するスイングができるが、アマは、体幹上部または上肢から始動してしまい、プロとアマでは、スイングの動作の差は大き

い(Meister et al., 2011). このように, ゴルファーの技術レベルによって, 測定されるゴルフパフォーマンスの結果に影響を及ぼすため, ゴルファーのパフォーマンスを検討する際は, 被験者をプロやエリートアマに限定する必要性が示唆されている(Smith et al., 2011; Torres-Ronda et al., 2011).

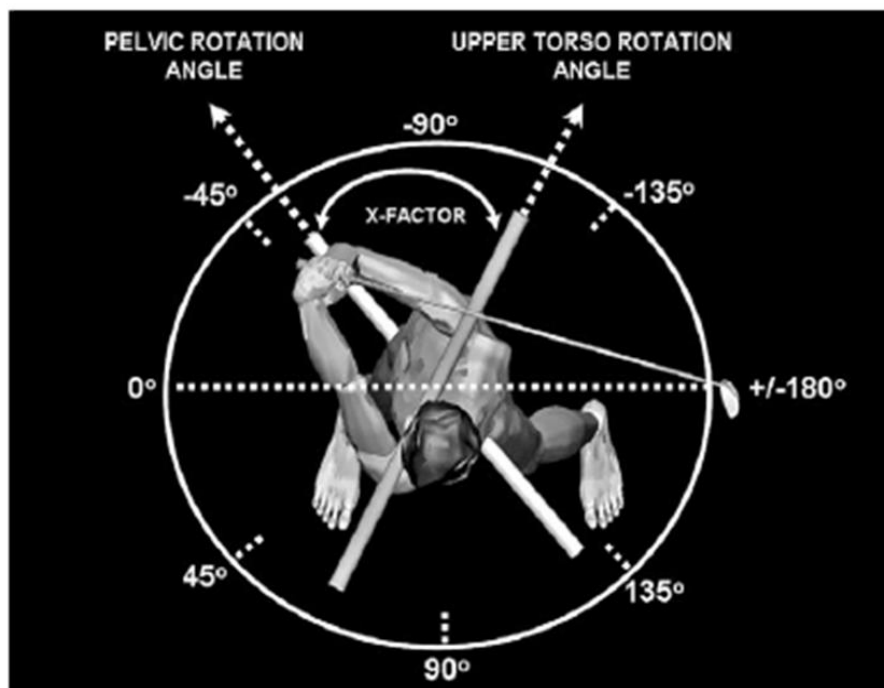


Figure 2-3. X-factor (Lephart et al., 2007).

Overhead view of a skeletal model of a golfer defining the angles used in calculating rotational positions.

3. ドライバーパフォーマンスと柔軟性

Meister et al. (2011)は、プロのスイング中の X ファクターの最大角度は、 $56 \pm 4^\circ$ (平均 \pm 標準偏差)であったことを報告している。X ファクターを生じさせるためには、体幹回旋の柔軟性が必要であると考えられる。プロを対象とした研究では、バックスイングのトップでは、体幹の平均回旋角度は 87° と報告されており (McTeigue et al., 1994), リードする腕 (利き手が右の場合は左腕) は肩の横まで引き上げ、利き手側の腕は外旋させる必要がある (Sato & Kenny, 2013)。そのため、ゴルファーは、体幹や肩の十分な柔軟性を有していないと、トップオブスイングで適切なクラブの位置まで捻り上げることは難しい (Sato & Kenny, 2013)。これまでに行われた CHS と体幹回旋の柔軟性との関連を検討した研究では、男性アマを対象として、有意な関連は認められていない (Gordon et al., 2009; Keogh et al., 2009)。プロを対象とした場合もアマを対象とした研究 (Gordon et al., 2009; Keogh et al., 2009) と一致した結果が得られるのか否かは不明である。また、技術レベルの高いプロがどの程度の体幹回旋の柔軟性を有しているのかについても検討する必要がある。

4. ドライバーパフォーマンスと体力的要因との関連

これまでの研究では、ドライバーパフォーマンスと体力的要因との関連が検討されている。Gordon et al. (2009)は、ハンディキャップ (handicap: HCP) 4.9 ± 2.9 の男性アマを対象として CHS と最大挙上重量 (one repetition maximum: 1RM) のペックデッキ ($r = 0.69$) およびメディシンボール (medicine ball: MB) 横投げの距離 ($r = 0.54$) との間に有意な正の相関があることを報告している ($p < 0.05$)。Keogh et al. (2009)は、上級者 (HCP: 0.3 ± 0.5) および中級者 (HCP: 20.3 ± 2.4) の男性アマにおける CHS と 1RM のケーブルウッドチョップ ($r = 0.71$)、ハックスクワット ($r = 0.53$) およびベンチプレス ($r = 0.50$) との間に有意な正の相関があることを報告している ($p < 0.05$)。また、この研究では、上級者と中級者の CHS および筋力を比較し、上級者の CHS, 1RM のケーブルウッドチョップおよびベンチプレスが有意に高いことが報告されて

いる (Keogh et al., 2009). Hellström (2008) は, 男性エリートアマ (HCP の記載なし) の CHS とスクワットジャンプの高さ ($r = 0.45$) および 1RM のスクワット ($r = 0.54$) との間に有意な正の相関があることを報告している ($p < 0.05$). Wells et al. (2009) は, カナダのナショナルチームの女性エリートアマを対象として, ドライバーのキャリーの距離と利き足の垂直跳びの高さ ($r = 0.61$), 5 アイアのキャリーの距離と懸垂の回数 ($r = 0.58$) との間に有意な正の相関があることを報告している ($p < 0.05$). また, この研究では, 男性のエリートアマを対象として, ドライバーのキャリーの距離と垂直跳びの高さ ($r = 0.62$) および左右の握力 ($r = 0.61$) との間に, そして, ドライバーのボールスピードと腕立て伏せの回数 ($r = 0.55$) との間に有意な正の相関があることが報告されている ($p < 0.05$). エリートゴルファーに対するトレーニング法を具体化するためには, さらに技術レベルの高いプロを対象とした研究が必要であると考えられるが, プロを対象として CHS と体力的要因との関連を検討した研究は, 我々の知る限り Lewis et al. (2016) のみである. この研究では, 男性プロの CHS とスクワットジャンプの高さ ($r = 0.82$) および座位 MB 投げの距離 ($r = 0.71$) との間に有意な正の相関が報告されている ($p < 0.05$). しかしながら, これらの項目では, 複数関節の一連動作の結果生じる瞬発力を評価指標としており, CHS に対して, どこの筋力がどの程度の大きさで関連しているかは不明である. さらに, この研究では 3 つの瞬発力以外の筋力および柔軟性の評価は行われていない. ゴルフのスイングでは, 体幹の捻転動作が重要であること (Brown et al., 2013; Meister et al., 2011; Myers et al., 2008) から, CHS と柔軟性との関連を検討する必要があると考えられる. 今後, わが国のエリートゴルファーに対するトレーニング法を具体化するためには, 日本人男性プロを対象とし, 全身的な部位における筋力, 瞬発力, 敏捷性および柔軟性を指標とし CHS との関連を検討することが必要であると考えられる.

5. 体力的要因のトレーニング介入がドライバーパフォーマンスに及ぼす影響

Doan et al. (2006)は、男性および女性の大学生を対象として、マシンおよびダンベルを用いた上肢、下肢および下肢のレジスタンストレーニング、MB を使用した瞬発力、ならびにストレッチプログラムの 11 週間のトレーニング介入を実施した。介入前後の体力的要因の変化は、握力(7.29 %)、体幹の筋力(10.18–13.27 %)、瞬発力(19.87 %)および体幹回旋の柔軟性(14.82 %)が有意に向上した($p < 0.05$)。CHS の変化は、男性で 0.61 %、女性で 3.36 %とわずかな向上であった($p < 0.05$)。これらを飛距離に換算すると、男性では 2 ヤード程度、女性でも 4 ヤード程度と推計され(社団法人 日本プロゴルフ協会 資格認証委員会, 2010)、現実的に効果があったのか否かは不明である。

Lephart et al. (2007)は、男性アマ(年齢: 47.2 ± 11.4 歳, HCP: 12.1 ± 6.4)を対象として、チューブの負荷を用いた筋力トレーニング、バランストレーニングおよび体幹のストレッチの介入を 8 週間実施した。その結果、体幹回旋の等速性筋力 $60^\circ \cdot s^{-1}$ (右: 7.5 %, 左: 8.9 %), $120^\circ \cdot s^{-1}$ (右: 13.3%, 左: 5.6%)およびアイソメトリクスの股関節の筋力(右外転: 9.9 %, 左外転: 8.6 %, 右内転: 0.1%, 左内転: 8.0%)が有意に向上したことを報告している($p < 0.05$)。また、この研究では、バイオメカニクスの分析も行っている。Xファクターは、介入前に平均 49.8° であったが、介入後は 53.5° と 6.8 % 向上し、この変化が、CHS の向上の一つの要因である可能性を示唆している。しかしながら、この研究では、コントロール群を設けておらず、交互作用は検討されていない。

Fletcher & Hartwell (2004)は、男性アマ(年齢: 29 ± 7.4 歳, HCP: 5.5 ± 3.7)を対象として、ダンベルを用いた上肢、下肢および体幹のレジスタンストレーニング、ならびに MB を用いたプライオメトリックのトレーニングプログラムを 8 週間実施した。その結果、対照群には有意な変化はみられなかったが、介入群の CHS は、平均で 1.5 % 有意に向上した($p < 0.05$)。筆者らは、飛距離の向上は、筋力トレーニングによるものであると推察している。しかしながら、この CHS の 1.5 % の増加は、距離に換算すると約 2 ヤード(社団法人 日本プロゴルフ協会 資格認証

委員会, 2010)と推定され, 効果があったと言及するには, 難しい結果であった. この研究では, ドライバーのキャリーの距離の変化も検討しており, 実験群で 4.3 %の向上が認められている ($p < 0.05$). しかしながら, キャリーの距離は, ランを考慮に入れているものの, 風, 気温, クラブおよびボールの影響を受ける. この研究では, 同じドライバーと同程度の硬さのボールを使用しているため, 被験者のスイングの特性および使用されたクラブ・ボールとの相性が交絡因子となり, 本来の飛距離が測定できたのか否かは不明であると考えられる. また, この研究では, ゴルフパフォーマンスの結果の変化のみで, 介入前後の体力的要因の変化は, 検討されていないため, どこの筋力や柔軟性が変化しパフォーマンスに影響を与えたかのかは不明であった. Thompson & Osness (2004)は, 男性アマ(年齢: 64.8 ± 6.1 歳, HCP: 記載なし)を対象として8週間のマシンを用いたレジスタンストレーニングおよび静的・動的ストレッチの介入を実施した. 介入後の CHS は, 2.7 %有意に向上した($p < 0.05$). また, 筋力においても有意な向上が認められた(チェストプレス: 35.6 %, 腹筋: 28.9 %, 肘屈曲: 60.4 %, 膝屈曲: 27.3 %, レッグプレス: 41.1 %) ($p < 0.05$). また, Thompson et al. (2007)は, さらに年齢の高い高齢者の男性アマ(年齢: 70.7 ± 7.1 歳, HCP: 記載なし)を対象とし, 自重による筋力, ストレッチおよびバランスのトレーニング介入後に, CHS が有意に 4.9 %向上したことを報告している($p < 0.05$). 筋力の変化は, 30 秒チェアスタンドテストおよびタイムアンドゴーが有意に向上した($p < 0.05$). しかしながら, これらの研究の被験者は, 高齢者の集団のため, 他の年齢層においても同程度の結果が得られるのか否かは不明である. さらなる研究では, 被験者の選定やコントロール群, 分析方法などの研究方法におけるデザインを検討する必要がある. 以上, 筋力および柔軟性などのトレーニング介入は, 体力的要因が向上し, CHS およびキャリーの飛距離を有意に向上させたが, 効率的かつ具体的なトレーニング法を提案するだけのエビデンスは蓄積されていないのが現状である. 今後, エリートゴルファーに対する効果的な CHS 向上のトレーニング法を検討するためには, プロを対象として, どこの筋力や柔軟性等がどの程度の大きさで関連しているのか全身的な部位を測定項目として明らかにする必要があると考えられる.

6. ゴルファーの技術レベルと体力的要因

これまでに行われた研究では、男性アマを対象として、上級者(HCP < 0)の肩、股関節、体幹回旋の等速性筋力、柔軟性およびドライバーの飛距離は、中級者(HCP: 0-9)および初級者(HCP: 10-20)より有意に高いことが報告されている($p < 0.05$) (Sell et al., 2007). しかしながら、この研究では、ドライバーの飛距離を実験的に測定せず自己申告のドライバーの飛距離を分析値としていたため、科学的意義を認めることは難しい. 今後は、実測値を指標として検討する必要があると考えられる. Keogh et al. (2009)は、男性アマにおける上級者(HCP: 0.3 ± 0.5)と初級者(HCP: 20.3 ± 2.4)の CHS および筋力を比較した. その結果、上級者の 1RM のケーブルウッドチョップ、ベンチプレスの筋力および股関節の柔軟性が有意に高かった($p < 0.05$). また、上級者の CHS においても(CHS: 37.6 m/s), 初級者(CHS: 33.0 m/s)より、有意に高いことを報告している($p < 0.05$) (Keogh et al., 2009). Fradkin et al. (2004)は、CHS と HCP との間に強い関連($r = 0.95$, $p < 0.001$)があり、CHS によってゴルファーのレベルを識別できるとしている.

Chung et al. (2014)は、女性プロと運動習慣のない女性の肩、肘および膝の等速性筋力を比較し、女性プロが有意に高いことを報告している($p < 0.05$). しかしながら、Chung et al. (2014)は、これまでの研究も含めて、これらの筋力の差異は、単なるプレーの頻度の差異である可能性を示唆している. それゆえ、さらなる比較研究では、プレーの頻度を考慮した上で、被験者を選定し検討する必要がある. 技術レベルの高いゴルファーの体力的要因の水準を知ることが、トレーニング法を検討する上で重要である(Sell et al., 2007). しかしながら、男性プロの体力的要因の水準を検討した研究は、我々の知る限りみられないのが現状である.

7. 被験者の技術レベル

ゴルファーにおける被験者の技術レベルは、測定されるゴルフパフォーマンスの結果に影響を及ぼすことが示唆されている(Smith et al., 2011; Torres-Ronda et al., 2011). そのため、エ

リートゴルファーに参考になる知見を得るためには、プロを対象とした研究が必要であるが、非常に少ないのが現状である。これまでに行われたゴルファーの体力的要因を検討した研究では、若年層(平均 19 歳程度) (Doan et al., 2006)から中・高齢層(55–80 歳) (Thompson & Osness, 2004; Thompson et al., 2007)と幅広い年齢層のアマが対象とされている。ゴルフの技術レベルは、HCP の指標で判断されることが多く、上級者(HCP: 0 程度) (Keogh et al., 2009), (HCP: 5 程度) (Gordon et al., 2009), (HCP: 6 程度) (Fletcher & Hartwell, 2004), 中級者(HCP: 12 程度) (Lephart et al., 2007), または被験者の技術レベルが混合している研究(Doan et al., 2006; Keogh et al., 2009; Sell et al., 2007; Thompson & Osness, 2004)が報告されている。また、HCP が示されていないレクリエーションアマ(Thompson & Osness, 2004; Thompson et al., 2007)およびエリートアマ(Hellström, 2008; Wells et al., 2009)を対象とした研究が報告されている。Wells et al. (2009)は、カナダのナショナルチームに所属する男性と女性のエリートアマの身体的特徴およびフィールドテストを比較し、男性が有意に高いことを報告している。それゆえ、ゴルフのパフォーマンスと体力的要因に関する研究を行う際は、性別を別々に検討する必要がある。Lewis et al. (2016)は、USPGA のプロを対象として、CHS と下肢および体幹の瞬発力との間に関連があることを報告した。しかしながら、この研究の被験者は USPGA ツアーに出場しているプロなのか、ティーチングプロなのか、技術レベルの記載がないため、どのレベルのゴルファーまで活用できるか不明であった。これらのことから、今後、わが国のエリートゴルファーのトレーニング法に参考になる知見を得るためには、被験者の技術レベル、性別および年齢を選定する必要があると考えられる。

第3章 本研究の課題

1. 本研究の課題

ゴルフがオリンピック種目に再選出されたことから、わが国においても、体力的要因を強化することでエリートゴルファーの競技力を向上させることは、大変重要であると思われる。エリートゴルファーに対するトレーニング法を具体化するために必要な体力的要因に関する先行研究を整理したところ、次の問題点が挙げられた。

- (1) これまでに行われた CHS と体力的要因との関連を検討した研究では、プロを対象とした研究がほとんどみられず、特に日本人の男性プロを対象とした研究は報告されていない。
- (2) これまでに行われた CHS と体力的要因との関連を検討した研究では、複数の関節運動や一部の部位による筋力および瞬発力で評価しているため、どこの筋力、筋量および柔軟性がどの程度の大きさで関連しているかは不明である。また、男性プロを対象として、上肢、下肢および体幹の単関節の筋力、筋量、ならびに柔軟性で評価した検討は行われていない。
- (3) これまでプロの体力的要因の水準を検討した研究はみられない。

以上の問題点を検討するために、本研究では以下の2つの研究課題を設定した。

課題 1: 日本人男性プロのクラブヘッドスピードと体力的要因との関連

[課題 1-1] プロのクラブヘッドスピードとフィールドテストとの関連

[課題 1-2] プロのクラブヘッドスピードを規定している体力的要因の検討

課題 2: 日本人男性プロのクラブヘッドスピードに関連した体力的要因の水準

[課題 2-1] プロとエリートアマのクラブヘッドスピードおよび体力的要因の比較

第4章 日本人男性プロのクラブヘッドスピードと体力的要因との関連

1. プロのクラブヘッドスピードとフィールドテストとの関連(課題 1-1)

(1) 目的

ゴルフがオリンピック種目となり、エリートゴルファーに対する CHS 向上のトレーニング法を検討するためには、まず、プロを対象として CHS と関連している体力的要因を明らかにする必要があると考えられる。これまでに行われた縦断研究 (Doan et al., 2006; Fletcher & Hartwell, 2004) では、男性アマを対象として、筋力および柔軟性のトレーニング介入によって CHS がわずかに向上 (1.5–3.5 %) することが報告されているものの、効率的かつ具体的なトレーニング法を提案するだけのエビデンスは蓄積されていないのが現状である。CHS と体力的要因との関連を検討した横断研究では男性アマの CHS と 1RM のケーブルウッドチョップ ($r = 0.71$) (Keogh et al., 2009), 垂直跳びの距離 ($r = 0.53$) (Hellström, 2008) および MB 横投げの距離 ($r = 0.54$) (Gordon et al., 2009) との間に有意な正の相関があることが報告されている ($p < 0.05$)。男性プロにおける CHS と体力的要因との関連を検討したものはわずかに 1 件で、この研究では、USPGA のプロを対象として、CHS とスクワットジャンプの高さ ($r = 0.82$) および座位 MB 投げの距離 ($r = 0.71$) との間に有意な正の相関が認められている ($p < 0.05$) (Lewis et al., 2016)。しかしながら、この研究では、3 つの瞬発力の指標のみの評価で、筋力、敏捷性および柔軟性の評価が行われていない。加えて、男性プロを対象とした研究は 1 件のみのため、日本人男性プロの CHS とフィールドテストとの関連において一致した結果が得られるのか否かは不明である。そこで、課題 1-1 では、日本人男性プロを対象として、CHS とフィールドテスト (筋力、瞬発力、敏捷性および柔軟性) との関連を明らかにすることを目的とした。

(2) 方法

A. 被験者

本研究では、日本プロゴルフ協会 (Professional Golfers' Association of Japan: JPGA) のトーナメントプレーヤーを取得した 16 人の男性プロを対象とした (ツアートーナメント出場選手: 3 人, チャレンジトーナメント出場選手: 6 人, ローカルトーナメント出場選手: 7 人). 被験者の選定条件は、右利き右打ちであること, ゴルフ歴が 10 年以上であること, 最近 1 年間で週 4 回以上の頻度でラウンドを実施していること, 週 2 回以上の頻度で体力トレーニング (無酸素運動トレーニング, 有酸素運動トレーニングおよびストレッチングを含む) を実施していること, およびプレーに支障を来す傷害を有していないこととした. 被験者の特徴は, Table 4-1-1 に示した. 本実験は、ヘルシンキ宣言の趣旨に沿った倫理的配慮のもとに行われることを被験者に説明した上で、文書による同意を得た. 本実験は、筑波大学大学院体育系の倫理委員会の承認を受けたものである (承認番号 24-111).

B. 形態測定

形態測定は、身長 (cm), 体重 (kg), 体格指数 (body mass index: BMI) (kg/m^2) および除脂肪体重 (kg) の測定を行った. 除脂肪体重は、生体電気インピーダンス法による体組成計 (Inner Scan 50; Tanita, Co., Ltd., Tokyo, Japan) によって体脂肪率 (%) を測定し、除脂肪体重 (kg) を算出した.

C. クラブヘッドスピード

CHS の測定は、ショットパフォーマンス測定器 (Vector Professional Launch Monitor VPR200; AccuSport, Inc., Winston-Salem, North Carolina, USA) を用い、先行研究 (Lamberth, et al., 2013; Lephart et al., 2007; Weston et al., 2013) と同様に実施した. 本測定は、本学のスペース内に、ゴルフマットとネットをセットし、同一のドライバー (ヘッド: R11S Driver; Taylor

Made -Adidas Golf Co., Ltd., California, USA, シャフト: Tour AD BB-7; Graphite Design Inc., Saitama, Japan, シャフト硬度: X, 長さ: 44.75 インチ, クラブ総重量: 329.4 g) およびボール (Tour Stage X01z; Bridgestone Golf, Inc., Tokyo, Japan) を用い, 5 回のフルスイングによる打球テストを行った. CHS の分析値は, 5 回のスイングの内, 最高値と最小値を除いた 3 回の平均 CHS (m/s) とした.

D. フィールドテスト

① 筋力

本研究では, 筋力の指標として, 握力(左右) (kg) を測定した. 新体力テスト実施要項(1999) を参考に実施し, 2 回の測定の高値を分析値とした. なお測定は, 握力測定器 (T.K.K.5401 Grip D; Takei Scientific Instruments, Co., Ltd., Tokyo, Japan) を用い実施した.

② 瞬発力

本研究では, 瞬発力の指標として, 立ち幅跳びの距離 (cm), MB 投げ(前方, 後方および横投げ) の距離 (m) の測定を行った.

立ち幅跳びの距離の測定は, 新体力テスト実施要項(1999) を参考に実施し, 2 回の測定の高値を分析値とした.

MB 投げは, 十分なウォーミングアップを行った後, 4 kg の MB (NT5884C; NISHI Athletic Goods, Co., Ltd., Niigata, Japan) を用い, 先行研究の方法を参考に, 前方(酒井ら, 2013), 後方 (Stockbrugger & Haennel, 2001, 2003) および横投げ (Gordon et al., 2009; Lewis et al., 2016) の 3 種類を実施した. MB 前投げは, 足幅は肩幅より広くスタンスを取り, 胸の位置に両手で MB を保持し, その後, 股関節および膝関節を屈曲させた位置まで MB の位置を下げる反動動作を行い, その後切り返しから前方に全力で投球した. MB 後ろ投げは, 目標側に背中を向け足幅は肩幅の広さとし, 胸の位置に両手で MB を保持し, 立位で静止の状態から動

作を開始した。反動動作は、股関節および膝関節を屈曲させながら、胸から腰の高さにかけて MB の位置を下げ、その後切り返しから後方に全力で投球した。MB 横投げは、ゴルフのアドレスと同様の姿勢をとり MB を両手に持ち、バックスイング方向に反動動作を行った後、目標方向に全力で投球した。全ての MB 投げテストは、2 回ずつ行い、高値を分析値とした。本測定は、室内で行われ、各テスト間には少なくとも 1 分の休憩を取った。

③ 敏捷性

本研究では、敏捷性の指標として反復横跳びの回数を測定した。測定方法は、新体力テスト実施要項(1999)を参考に実施し、2 回の測定の高値を分析値とした。

④ 柔軟性

本研究では、柔軟性の指標として、長座体前屈の距離(cm)および左右における肩関節伸展、肩関節屈曲、股関節伸展、股関節屈曲および体幹回旋の関節可動域の角度(°)を測定した。長座体前屈の距離の測定方法は、新体力テスト実施要項(1999)を参考に実施し、2 回の測定の高値を分析値とした。また、関節可動域の角度は、リハビリテーション医学の定める「関節可動域表示ならびに測定法」(米本ら, 1995)を参考に、自動運動で実施した。測定には、ゴニオメーターを用い、2 回の内、高い値を分析値とした。

E. 統計分析

基本統計量は、平均値 ± 標準偏差で示した。本研究では、CHS とフィールドテストとの関連を明らかにするために、偏相関分析を行った。このとき、制御変数は、単相関分析によって CHS と有意な相関を示した身体的特徴を投入した。統計処理は、統計解析ソフトウェア (IBM SPSS for Windows, version 21.0, Chicago, IL, USA) を用いた。各検定における有意水準は $p < 0.05$ とした。

Table 4-1-1. Characteristics of the participants.

	Mean ± SD
Age (years)	31.3 ± 5.9
Height (cm)	174.6 ± 5.6
Body weight (kg)	75.2 ± 7.4
BMI (kg/m ²)	24.6 ± 1.5
Fat-free mass (kg)	62.5 ± 5.5
Golf career (years)	16.5 ± 5.5

BMI: body mass index, n = 16.

(3) 結果

プロのCHSおよびフィールドテスト

プロのCHSおよびフィールドテストの結果は、Table 4-1-2 に示した。

プロのCHSと身体的特徴との関連(単相関分析)

プロのCHSと身体的特徴との関連は、Table 4-1-3 に示した。プロのCHSと体重($r = 0.521$)、除脂肪体重($r = 0.531$)との間に有意な正の相関が認められた($p < 0.05$)。しかしながら、年齢、身長およびBMIとの間に有意な関連は認められなかった。

プロのCHSとフィールドテストとの関連(単相関分析)

プロのCHSとフィールドテストとの関連は、Table 4-1-3 に示した。プロのCHSと握力(右)($r = 0.607$)、握力(左)($r = 0.571$)、立ち幅跳びの距離($r = 0.558$)、MB前投げの距離($r = 0.584$)およびMB後ろ投げ($r = 0.768$)の距離との間に有意な正の相関が認められた($p < 0.05$)。しかしながら、CHSとMB横投げの距離、反復横跳びの回数、長座体前屈の距離、左右の肩関節伸展・屈曲、股関節伸展・屈曲および体幹の回旋の角度との間には有意な関連は認められなかった。

プロのCHSとフィールドテストとの関連(偏相関分析)

プロのCHSとフィールドテストとの関連は、Table 4-1-4 に示した。本研究では、CHSとフィールドテストとの関連を明らかにするために、偏相関分析を行った。このとき、制御変数は、除脂肪体重とした。単相関分析では、CHSと体重および除脂肪体重との間に有意な正の相関が認められた。体重と除脂肪体重は、類似性の高い指標であったため、相関係数が高値を示した除脂肪体重を制御変数とした。その結果、CHSと立ち幅跳びの距離($r = 0.581$)、MB後ろ投げの距離($r = 0.667$)および左体幹回旋の角度($r = 0.517$)との間に有意な正の相関が認め

られた($p < 0.05$). しかしながら, 左右の握力, MB 前投げ, MB 横投げの距離, 反復横跳びの回数, 長座体前屈の距離, 左右の肩関節伸展・屈曲, 股関節伸展・屈曲および右体幹回旋の角度との間に有意な関連は認められなかった.

Table 4-1-2. CHS and field-based test measures.

	Mean ± SD
CHS (m/s)	56.3 ± 2.6
<i>Strength</i>	
Dominant arm grip strength (kg)	48.4 ± 6.2
Nondominant arm grip strength (kg)	47.6 ± 6.2
<i>Power</i>	
Standing long jump (cm)	225.3 ± 11.1
Foward MB throw (m)	8.1 ± 0.9
Backward MB throw (m)	9.1 ± 0.9
Rotational MB throw (m)	7.9 ± 0.8
<i>Agility</i>	
side-to-side jumps (# in 20 sec)	51.8 ± 3.8
<i>Flexibility</i>	
Sit and reach (cm)	45.9 ± 10.7
Shoulder backward extension (R) (°)	64.4 ± 13.6
Shoulder backward extension (L) (°)	66.3 ± 11.8
Shoulder forward flexion (R) (°)	194.6 ± 12.6
Shoulder forward flexion (L) (°)	195.4 ± 11.2
Hip extension (R) (°)	23.5 ± 6.2
Hip extension (L) (°)	24.9 ± 5.9
Hip flexion (R) (°)	122.8 ± 11.6
Hip flexion (L) (°)	123.5 ± 10.8
Trunk rotation (R) (°)	65.2 ± 14.4
Trunk rotation (L) (°)	66.5 ± 15.3

CHS: club head speed, MB: medicine ball, #: number,
R: right, L: left, n = 16.

Table 4-1-3. Correlations between CHS, physical characteristics, and field-based test measures.

Variables	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
1 CHS	—																							
2 Age	-0.030	—																						
3 Height	0.420	0.207	—																					
4 Body weight	0.521 *	0.306	0.798 *	—																				
5 BMI	0.386	0.277	0.222	0.763 *	—																			
6 Fat-free mass	0.531 *	0.291	0.853 *	0.969 *	0.651 *	—																		
7 Dominant arm grip strength	0.607 *	0.117	0.496	0.659 *	0.532 *	0.640 *	—																	
8 Nondominant arm grip strength	0.571 *	0.083	0.444	0.689 *	0.636 *	0.620 *	0.937 *	—																
9 Standing long jump	0.558 *	-0.481	0.166	0.086	-0.062	0.130	0.242	0.298	—															
10 Forward MB throw	0.584 *	0.077	0.555 *	0.502 *	0.227	0.631 *	0.413	0.243	0.256	—														
11 Backward MB throw	0.768 *	0.061	0.685 *	0.747 *	0.469	0.777 *	0.649 *	0.552 *	0.451	0.814 *	—													
12 Rotational MB throw	0.387	0.311	0.532 *	0.625 *	0.412	0.635 *	0.640 *	0.562 *	0.138	0.585 *	0.699 *	—												
13 Side-to-side jumps	-0.103	-0.642 *	0.010	-0.379	-0.624 *	-0.219	-0.200	-0.246	0.441	0.230	-0.050	-0.228	—											
14 Sit and reach	-0.264	-0.360	-0.298	-0.330	-0.182	-0.390	-0.314	-0.286	0.086	0.015	-0.094	-0.140	0.240	—										
15 Shoulder backward extension (R)	-0.284	-0.544 *	-0.154	-0.358	-0.437	-0.296	-0.235	-0.206	0.480	-0.241	-0.217	-0.083	0.484	0.174	—									
16 Shoulder backward extension (L)	-0.299	-0.551 *	-0.076	-0.419	-0.598 *	-0.303	-0.228	-0.322	0.265	-0.027	-0.198	-0.122	0.637 *	0.200	0.850 *	—								
17 Shoulder forward flexion (R)	0.007	-0.675 *	-0.117	-0.373	-0.479	-0.390	-0.222	-0.157	0.504 *	-0.095	-0.022	-0.043	0.526 *	0.521 *	0.462	0.351	—							
18 Shoulder forward flexion (L)	-0.156	-0.679 *	-0.218	-0.582 *	-0.717 *	-0.556 *	-0.406	-0.398	0.332	-0.159	-0.233	-0.239	0.634 *	0.470	0.495	0.488	0.899 *	—						
19 Hip extension (R)	0.147	-0.562 *	0.144	-0.011	-0.164	0.042	0.136	0.046	0.561 *	0.362	0.388	0.186	0.488 *	0.469	0.572 *	0.668 *	0.394	0.316	—					
20 Hip extension (L)	0.137	-0.508 *	0.181	0.088	-0.039	0.142	0.277	0.284	0.499 *	0.311	0.252	0.112	0.553 *	0.324	0.441	0.533 *	0.193	0.179	0.799 *	—				
21 Hip flexion (R)	-0.286	-0.339	0.094	-0.304	-0.583 *	-0.223	-0.215	-0.255	0.395	0.057	-0.033	-0.013	0.622 *	0.476	0.661 *	0.723 *	0.461	0.470	0.755 *	0.642 *	—			
22 Hip flexion (L)	-0.350	-0.323	-0.018	-0.318	-0.470	-0.230	-0.398	-0.412	0.188	0.086	-0.166	-0.268	0.596 *	0.512 *	0.540 *	0.713 *	0.197	0.307	0.667 *	0.674 *	0.847 *	—		
23 Trunk rotation (R)	0.310	-0.165	-0.005	-0.137	-0.206	-0.102	0.032	0.002	0.478	0.286	0.208	-0.002	0.256	0.441	0.298	0.340	0.190	0.240	0.598 *	0.620 *	0.521 *	0.586 *	—	
24 Trunk rotation (L)	0.231	-0.307	-0.200	-0.401	-0.432	-0.341	-0.143	-0.230	0.495	0.215	0.066	-0.182	0.434	0.446	0.382	0.474	0.321	0.434	0.565 *	0.508 *	0.513 *	0.594 *	0.918 *	

CHS: club head speed, BMI: body mass index, MB: medicine ball, R: right, L: left, n = 16, * : p < 0.05.

Table 4-1-4. Partial correlations between CHS and field-based test measures.

	r
<i>Strength</i>	
Dominant arm grip strength	0.410
Nondominant arm grip strength	0.363
<i>Power</i>	
Standing long jump	0.581 *
Foward MB throw	0.379
Backward MB throw	0.667 *
Rotational MB throw	0.076
<i>Agility</i>	
side-to-side jumps	0.017
<i>Flexibility</i>	
Sit and reach	-0.073
Shoulder backward extension (R)	-0.156
Shoulder backward extension (L)	-0.171
Shoulder forward flexion (R)	0.275
Shoulder forward flexion (L)	0.198
Hip extension (R)	0.148
Hip extension (L)	0.168
Hip flexion (R)	-0.203
Hip flexion (L)	-0.276
Trunk rotation (R)	0.432
Trunk rotation (L)	0.517 *

CHS: club head speed, r: partial correlation coefficient,
 Partial correlation calculated using fat-free mass as a
 convariate, MB: medicine ball, R: right, L: left, n = 16,
 *: p < 0.05.

(4) 考察

これまでに行われた CHS と体力的要因との関連を検討した先行研究 (Gordon et al., 2009; Hellström, 2008; Keogh., 2009) は、ほとんどがアマを対象としており、プロを対象とした研究は、世界的にみてもわずか 1 本 (Lewis et al., 2016) とエビデンスが少ない。専門家によるレビューでは、CHS のようなゴルフパフォーマンスと体力的要因との関連を明らかにする際には、被験者のスイング技術が交絡因子となるため、スイング技術が高く、かつ安定しているプロを対象とするべきであると指摘されている (Smith et al., 2011; Torres-Ronda et al., 2011)。そこで、本研究では、被験者を男性プロに限定し、CHS とフィールドテストとの関連を明らかにすることを目的とした。

先行研究 (Hellström, 2008) では、CHS と体重との間に有意な正の相関が報告されている ($r = 0.51, p < 0.01$)。しかしながら、これまでの研究 (Gordon et al., 2009; Hellström, 2008; Keogh., 2009; Lewis et al., 2016) では、CHS との関連を検討する際、体重の影響を考慮に入れず、単相関分析から検討している。本研究においても、CHS と体重および除脂肪体重との間に有意な正の相関が認められた ($p < 0.05$) (Table 4-1-3)。また、体重と除脂肪体重は、類似性の高い指標であるため、CHS との相関係数が高値を示した除脂肪体重を制御変数とした偏相関分析から CHS とフィールドテストとの関連の検討を行った。本研究では、除脂肪体重と左右の握力および MB 投げ (前, 後および横) との間に有意な正の相関が示されていることから ($p < 0.05$) (Table 4-1-3)、CHS とフィールドテストの間には除脂肪体重が影響していると考えられる。そこで、本研究では、CHS に関連する体力的要因の特徴をより明確に検討するために、除脂肪体重で統制した偏相関分析を行った。その結果、CHS と立ち幅跳びの距離、MB 後ろ投げの距離および左体幹回旋の角度との間に有意な正の相関が認められた (Table 4-1-4)。

国内の現役の男性プロの総数の中で、ツアートーナメント出場者の割合は約 9%、チャレンジトーナメント出場者は約 9% である (JGTO, 2017)。それ以外の 82% の選手は、ローカルトーナメント等に出場している。本研究の被験者 16 人は、ツアートーナメント出場者 3 人 (19%)、

チャレンジトーナメント出場者 6 人 (38 %) およびローカルトーナメント出場者 7 人 (43 %) であり、ツアーとチャレンジトーナメントに出場する選手の割合が比較的高い集団であったと考えられる。

また、本研究の被験者の平均の CHS は、 56.3 ± 2.6 m/s であった。同一機器で計測した先行研究では、平均 HCP が 12.1 程度の男性アマ (CHS: 42.4 m/s) (Lephart et al., 2007), および HCP が 8 以下の男性アマ (CHS: 50.9 m/s) (Lamberth et al., 2013) より高値を示していた。CHS の 1 m を飛距離に換算すると、約 7 ヤードとなり (社団法人 日本プロゴルフ協会 資格認証委員会, 2010), 飛距離の差はスコアに影響する可能性が示唆されている (Brodie, 2012; Cochran & Stobbs, 1968)。それゆえ、本研究のプロの CHS は、先行研究のアマと比較して、高いレベルであったと推察される。

先行研究では、男性アマの CHS とスクワットジャンプの高さ ($r = 0.45$) (Hellström, 2008), 1RM のハックスクワット ($r = 0.50$) (Keogh et al., 2009) および 1RM のスクワット ($r = 0.54$) (Hellström, 2008) との間に有意な正の相関が報告されている ($p < 0.05$)。さらに、USPGA の男性プロを対象とした研究においても、CHS とスクワットジャンプの高さ ($r = 0.82, p < 0.05$) (Lewis et al., 2016) との間に有意な正の相関が報告されている。そのため、臀部および下肢筋群の筋力や瞬発力が CHS に関連していると仮説づけられ、本研究においても、CHS と立ち幅跳びの距離との間に有意な正の相関が認められた ($p < 0.05$) (Table 4-1-4)。本研究では今後、右利きのゴルフスイングを前提として議論を展開する。ゴルフスイングにおいて、左右の臀部 (大臀筋上部, 下部および中臀筋) の筋活動は、フォワードスイング期 (トップオブスイングからダウンスイング前期の局面) で、一気に高まり、左の臀部の筋は、さらに、アクセレーション期 (ダウンスイング後期からインパクトの局面) で活動が高まることが報告されている (Bechler et al., 1995)。左右の下肢の筋群 (大腿二頭筋, 半膜様筋および外側広筋) においても、フォワードスイング期で、活動が一気に高まり、さらに、左の大腿二頭筋は、アクセレーション期まで活動が高まることが報告されている (Bechler et al., 1995)。これらのことから、ダウンスイング

では、スイングのスピードを最大限加速させるために、臀部および下肢の筋を大きく活動させる。それゆえ、臀部および下肢筋群の瞬発力を必要とする立ち幅跳びの距離とCHSとの間に関連が認められたものと推察される。

また、本研究では、CHSとMB後ろ投げの距離との間に有意な相関が示された(Table 4-1-4) MB後ろ投げは、体幹筋群を中心に、全身の瞬発力を必要とするフィールドテストの項目である(Stockbrugger et al., 2001, 2003)。ゴルフのスイング動作における体幹筋(脊柱起立筋、腹斜筋および腹直筋)の活動は、テイクアウェイ期(バックスイングからトップオブスイングの局面)では活動が低いが、フォワードスイング期では左右の脊柱起立筋、腹斜筋および腹直筋の活動が高まり、さらに、左右の腹直筋、左の脊柱起立筋および右の腹斜筋は、アクセレーション期まで活動が高まると報告されている(Watkins et al., 1996)。インパクトで最大のCHSを生み出すためには、フォワードスイング期およびアクセレーション期といった加速を促す局面における筋活動が重要であると思われる。CHSと体幹の筋力との関連を検討した先行研究(Keogh et al., 2009)においても、男性アマのCHSと1RMのケーブルウッドチョップ($r = 0.71$, $p < 0.05$)との間に有意な正の相関があることが報告されており、本研究と同様の結果であった。

一方で、CHSとMBの前投げの距離との間には有意な相関は認められなかった。MB前投げは、MB後ろ投げより、体幹や下肢の動作が小さく、MB後ろ投げほどは、体幹背部の瞬発力を必要としなかった可能性が考えられる。MB前投げおよびMB後ろ投げはJISSにおいて、日本代表のトップアマに対するフィジカルチェックで評価されている項目である(長嶋ら, 2016)。今後は、本研究の知見と比較することで、CHS向上のトレーニング法を検討する際に、役に立つことを期待したい。また、CHSとMBの横投げ距離との間には有意な相関は認められなかった。MBの横投げは、ゴルフのスイング動作に類似し、体幹の回旋動作を伴った瞬発力が必要であることから(Gordon et al., 2009)、CHSと関連があるという仮説であった。しかしながら、本研究だけでなく、USPGAのプロを対象とした研究(Lewis et al., 2016)においてもCHSとMBの横投げの距離との間に有意な関連が認められなかった。一方で、アマを対象とした研究

(Gordon et al., 2009)では、CHS と MB 横投げの距離との間に有意な正の相関 ($r = 0.54, p < 0.05$) が報告されており、本研究と異なる結果であった。これらの研究結果の不一致は、今後検討が必要であるが、MB 横投げはスイング動作に類似しているものの、前および後ろ投げとは異なり、リリースのタイミングなどの技術的な要因に影響され、本来の瞬発力が発揮できなかった可能性が考えられた。

バイオメカニクスの分野では、X ファクターは、CHS を含めたドライバーパフォーマンスに貢献することが示唆されている (An et al., 2013; Chu et al., 2010; Hume et al., 2005; Meister et al., 2011)。そのため、右の体幹回旋の角度と CHS との間に関連がある可能性が考えられたが、有意な関連が認められなかった。一方で、CHS と左の体幹回旋の角度との間に正の相関が認められた ($r = 0.517, p < 0.05$) (Table 4-1-4)。これまでの研究 (Keogh et al., 2009) では、左の体幹回旋の角度との間に有意な関連は報告されていない。本研究の単相関分析においても CHS と左の体幹回旋の角度との間に有意な関連は認められなかった (Table 4-1-3)。この結果についての理由は不明であり、今後さらなる検討が必要である。リハビリテーション医学 (米本ら, 1995) では、一般人の体幹回旋の平均的な角度は、 45° としている。本研究におけるプロの体幹回旋の角度の平均値は、右が 65° 、左が 66° (Table 4-1-2) と左右同程度で、一般人の平均値と比較すると約 20° 高い値であった。このプロの体幹回旋の柔軟性は、CHS を生じさせるためにゴルフのスイングを最適化する過程で獲得した可能性が考えられる。本研究の結果を支持するならば、CHS 向上のトレーニングでは、体幹回旋の柔軟性を高めることが有効である可能性が示唆された。本研究では、左の体幹回旋以外の柔軟性の項目と CHS との間には、有意な関連が認められなかったが、柔軟性は、傷害予防およびスイング技術の向上という観点から重要な要素であると考えられる。

また、先行研究では、CHS と利き手の握力との間に有意な正の相関 ($r = 0.36, p < 0.05$) が認められている (Hellström, 2008)。本研究においても単相関分析では、CHS と利き手および非利き手の握力との間に有意な相関が認められた (Table 4-1-3)。しかしながら、除脂肪体重

で統制した偏相関分析では、CHS と握力との間に有意な関連は認められなかった (Table 4-1-4). これは、除脂肪体重と握力との間に有意な正の相関が認められていることから (Table 4-1-3), CHS と握力との間に除脂肪体重が影響していたものと考えられる.

課題 1-1 では、日本人男性プロの CHS とフィールドテストとの関連を横断研究から検討し、CHS と立ち幅跳びの距離、MB 後ろ投げの距離および左の体幹回旋の角度との間に有意な関連が示された. このことは、効果的な CHS 向上のトレーニング法の検討やエリートゴルファーのタレント発掘に有益な知見となったと考えられる.

しかしながら、CHS と関連の認められた立ち幅跳びおよび MB 後ろ投げのテストは、複数の関節運動の組み合わせによる瞬発力から評価しているため、CHS とどの部位の筋力がどの程度の大きさで関連しているか不明である. 今後は、それらを構成している各関節の筋力発揮特性を把握することが重要であると考えられる. したがって、さらなる研究では、CHS とどの部位の筋力がどの程度の大きさで関連しているか、全身的な単関節による筋力を評価指標とし、CHS との関連を明らかにすること、およびそれらの項目から CHS を規定している体力的要因を明らかにする必要があると考えられる.

2. プロのクラブヘッドスピードを規定している体力的要因の検討(課題 1-2)

(1) 目的

課題 1-1 では、CHS と立ち幅跳びの距離、MB 後ろ投げの距離および左体幹回旋の角度との間に有意な関連が認められた ($p < 0.05$)。しかしながら、立ち幅跳びおよび MB 後ろ投げのテストは、複数の関節運動の組み合わせによる瞬発力から評価したため、CHS に対して、どこ筋力がどの程度の大きさと関連しているか不明であった。そのため、さらなる研究では、上肢、下肢および体幹と全身的な単関節の筋力を指標として、CHS との関連を検討する必要があると考えられる。

また、体幹部に関しては、単関節の筋力では評価することが困難な深部筋があるため、本研究では、全身的な筋力および体幹の柔軟性と合わせて、体幹の筋量を指標として検討することとした。筋量は、筋力と一定の関係にあることから (Masuda et al., 2003; Maughan et al., 1983)、筋量と CHS との関連について検討することは、トレーニングの具体化において意味があるものとする。

そこで、課題 1-2 では、CHS と上肢、下肢および体幹の単関節の筋力、体幹の筋量、ならびに体幹回旋の柔軟性との関連を明らかにすること、およびプロの CHS を規定している体力的要因を明らかにすることを目的とした。

(2) 方法

A. 被験者

本研究では、JPGAのトーナメントプレーヤーを取得した22人の男性プロを対象とした(ツアートーナメント出場選手: 6人, チャレンジトーナメント出場選手: 6人, ローカルトーナメント出場選手: 10人)。被験者の選定条件は、右利き右打ちであること、ゴルフ歴が10年以上であること、最近1年間で週4回以上の頻度でラウンドを実施していること、週2回以上の頻度で体力トレーニング(無酸素運動トレーニング, 有酸素運動トレーニングおよびストレッチングを含む)を実施していること、およびプレーに支障を来す傷害を有していないこととした。被験者の特徴は、Table 4-2-1に示した。本実験は、ヘルシンキ宣言の趣旨に沿った倫理的配慮のもとに行われることを被験者に説明した上で、文書による同意を得た。本実験は、筑波大学大学院体育系の倫理委員会の承認(承認番号24-111)を受けたものである。

B. 形態測定

形態測定の測定方法については、課題1-1と同様に実施した。

C. クラブヘッドスピード

CHSの測定方法については、課題1-1と同様に実施した。

D. 筋力

本研究では、上肢、下肢および体幹の単関節による筋力の指標として、等速性筋力を測定した。上肢、下肢および体幹の等速性筋力は、Biodex-system 4 Multi-Joint Testing and Rehabilitation-system (Biodex Medical Inc., Shirley, New York, USA)を用いて測定した。測定動作は、 $60^{\circ}\cdot\text{s}^{-1}$ と $180^{\circ}\cdot\text{s}^{-1}$ における肘伸展・屈曲(左右), 膝伸展・屈曲(左右), 体幹回旋(左右)および体幹伸展・屈曲とした。各種目間の休憩時間は5分とし、角速度間の休憩時間

は1分とした。各測定項目は、Biodex-system 4のユーザーガイドに順じ、ダイナモメーターおよびチェアの位置を設定し、専用のアタッチメントを取り付けた。また、肘(左右)、膝(左右)および体幹の伸展・屈曲は、重力補正を行った。測定前には、動作がスムーズに行えるよう3回練習を行わせた。被験者は、検者の合図とともに、トゥワード位よりテストを行った。被験者は、十分なウォームアップを実施した後、各種目における最大努力での筋力発揮を実施した。各測定動作の動作回数は、 $60^{\circ}\cdot\text{s}^{-1}$ では3回、 $180^{\circ}\cdot\text{s}^{-1}$ では5回とし、それぞれの最大トルク(Newton meter: $\text{N}\cdot\text{m}$)を分析値とした。

E. 筋量

本研究では、体幹筋群の筋量の指標として体幹部の筋横断面積(cross-sectional area: CSA)を測定した。体幹部の筋 CSA は、磁気共鳴画像撮影装置(magnetic resonance imaging: MRI) (0.25 T; AIRIS mate, Hitachi Medical Co., Tokyo, Japan)で得られた横断画像より分析した。MRI測定プロトコルは、先行研究(Bang et al., 2016)と同様の方法(高速スピネコー法, TR: 510 ms, FOV: 320 mm, TE: 30 ms, FA: 90° , マトリックス: 256×256 , スライス厚: 5 mm, スライス間隔: 13 mm)を用いた。CSAの解析の部位は、先行研究(村松ら, 2010; 大川ら, 2004; 高橋と平野, 2014)を参考に第4腰椎と第5腰椎の中央部水平横断面における大腰筋、脊柱起立筋群、腹斜筋群および腹直筋とした。なお、脊柱起立筋群は、脊柱起立筋と多裂筋を合わせた筋群とし、腹斜筋群は、外腹斜筋、内腹斜筋および腹横筋を合わせた筋群とした(村松ら, 2010; 大川ら, 2004)。筋 CSA の解析は、画像処理ソフトウェア(NIH image 1.62, National Institute of Health, Maryland, USA)を用いて行い、トレーニングを受けた熟練者1名が行った。トレースは、5回行い、その内の最大、最小値を除いた平均値を身長²で除した値(cm^2/m^2)を分析値とした。筋 CSA の一例およびトレースイメージは、Figure 4-1 に示した。

F. 柔軟性

体幹回旋の柔軟性の測定方法については、課題 1-1 と同様に実施した。

G. 統計分析

本研究では、CHS と年齢、身長、除脂肪体重、上肢、下肢および体幹の等速性筋力、体幹部の筋 CSA、ならびに柔軟性との関連を検討するために単相関分析を行った。また、CHS を規定している体力的要因を明らかにするために、ステップワイズ法による重回帰分析を行った。従属変数は、CHS とし、独立変数は、全ての体力的要因(身体的特徴、上肢、下肢および体幹の等速性筋力、体幹部の筋 CSA、ならびに柔軟性)とした。統計処理は、統計解析ソフトウェア (IBM SPSS for Windows, version 21.0, Chicago, IL, USA) を用い実施した。各検定における有意水準は $p < 0.05$ とした。

Table 4-2-1. Characteristics of the participants.

	Mean ± SD
Age (years)	32.9 ± 6.0
Height (cm)	174.2 ± 5.3
Body weight (kg)	78.3 ± 8.0
BMI(kg/m ²)	25.8 ± 2.0
Fat-free mass (kg)	63.4 ± 5.4
Golf career (years)	18.7 ± 5.9

BMI: body mass index, n = 22.

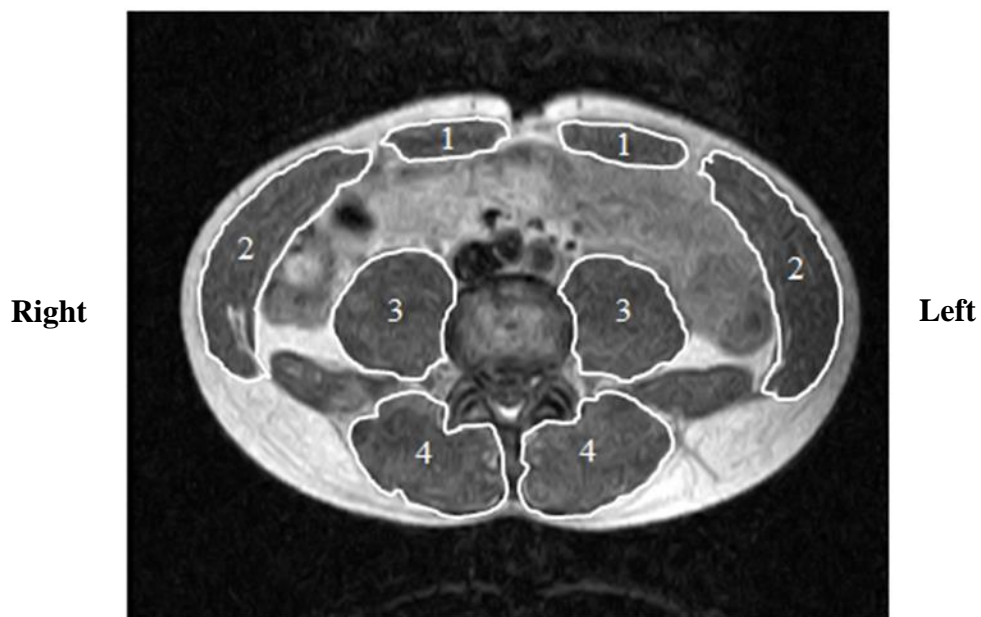


Figure 4-1. A sample of trunk muscle CSA and trace image at the L4/L5 disc level.

1. Rectus abdominal
2. Oblique abdominal (external oblique, internal oblique and transverse)
3. Psoas major
4. Erector spine (erector spine and multifidus)

CSA: cross-sectional area

(3) 結果

プロの CHS, 等速性筋力および筋 CSA

プロの CHS, 等速性筋力および筋 CSA の平均 \pm 標準偏差は, Table 4-2-2 に示した.

CHS と体力的要因との関連

プロの CHS と体力的要因との関連は, Table 4-2-3 に示した. CHS と年齢, 身長, 除脂肪体重, 上肢, 下肢および体幹の筋力, 体幹部の筋 CSA, ならびに体幹回旋の柔軟性との関連を明らかにするために単相関分析を行った. その結果, CHS と除脂肪体重 ($r = 0.462$), 肘伸展 $60^\circ \cdot s^{-1}$ (右: $r = 0.561$, 左: $r = 0.671$), 肘屈曲 $60^\circ \cdot s^{-1}$ (右: $r = 0.676$, 左: $r = 0.701$), 肘伸展 $180^\circ \cdot s^{-1}$ (右: $r = 0.457$, 左: $r = 0.616$), 肘屈曲 $180^\circ \cdot s^{-1}$ (右: $r = 0.628$, 左: $r = 0.509$), 膝伸展 $60^\circ \cdot s^{-1}$ (左: $r = 0.567$), 膝屈曲 $60^\circ \cdot s^{-1}$ (右: $r = 0.582$, 左: $r = 0.786$), 膝伸展 $180^\circ \cdot s^{-1}$ (右: $r = 0.473$, 左: $r = 0.547$), 膝屈曲 $180^\circ \cdot s^{-1}$ (右: $r = 0.485$, 左: $r = 0.755$), 体幹回旋 $60^\circ \cdot s^{-1}$ (右: $r = 0.616$, 左: $r = 0.694$), 体幹回旋 $180^\circ \cdot s^{-1}$ (右: $r = 0.535$, 左: $r = 0.520$), 体幹伸展 $60^\circ \cdot s^{-1}$ ($r = 0.484$) および腹斜筋群 CSA (右: $r = 0.503$, 左: $r = 0.549$) との間に有意な正の相関が認められた ($p < 0.05$). しかしながら, CHS と年齢, 身長, 右膝伸展 $60^\circ \cdot s^{-1}$, 体幹屈曲 $60^\circ \cdot s^{-1}$, 体幹伸展・屈曲 $180^\circ \cdot s^{-1}$, 左右における大腰筋, 脊柱起立筋群, 腹直筋の筋 CSA および左右の体幹回旋の柔軟性との間には有意な関連は認められなかった.

CHS を規定している体力的要因

本研究では, プロの CHS を規定している体力的要因を明らかにするためにステップワイズ法による重回帰分析を行った. 結果は, Table 4-2-4 に示した. 従属変数は CHS とし, 独立変数は, 本研究で測定した全ての体力的要因を投入した. その結果, ステップ 1 では, 左膝屈曲 $60^\circ \cdot s^{-1}$ で CHS を 62 % 説明できることが示された. ステップ 2 では, 左膝屈曲 $60^\circ \cdot s^{-1}$ および右腹斜筋群 CSA で CHS を 80 % 説明できることが示された. ステップ 3 では, 決定係数が最も高

値 ($R^2 = 0.845$)を示しており, 右肘屈曲 $60^\circ \cdot s^{-1}$, 左膝屈曲 $60^\circ \cdot s^{-1}$ および右腹斜筋群 CSA で CHS を 85 % 説明できることが示された.

Table 4-2-2. CHS, strength, muscle CSA and flexibility of professional golfers.

		Mean ± SD		Mean ± SD
CHS (m/s)		56.5 ± 2.4		
<i>Isokinetic strength peak torque (N·m)</i>				
Elbow				
Extension 60°·s ⁻¹	(R)	51.7 ± 10.5	(L)	53.2 ± 11.6
Flexion 60°·s ⁻¹	(R)	41.5 ± 10.1	(L)	39.9 ± 8.5
Extension 180°·s ⁻¹	(R)	42.4 ± 8.1	(L)	39.2 ± 7.2
Flexion 180°·s ⁻¹	(R)	34.1 ± 7.3	(L)	32.8 ± 5.5
Knee				
Extension 60°·s ⁻¹	(R)	214.6 ± 40.0	(L)	213.5 ± 35.2
Flexion 60°·s ⁻¹	(R)	114.6 ± 17.1	(L)	118.3 ± 18.8
Extension 180°·s ⁻¹	(R)	138.8 ± 23.2	(L)	141.1 ± 23.7
Flexion 180°·s ⁻¹	(R)	92.8 ± 16.0	(L)	96.9 ± 17.0
Trunk				
Rotation 60°·s ⁻¹	(R)	134.7 ± 23.2	(L)	139.5 ± 25.0
Rotation 180°·s ⁻¹	(R)	126.5 ± 22.2	(L)	133.2 ± 24.7
Extension 60°·s ⁻¹		357.2 ± 78.3		
Flexion 60°·s ⁻¹		199.2 ± 47.0		
Extension 180°·s ⁻¹		289.3 ± 102.8		
Flexion 180°·s ⁻¹		152.4 ± 30.8		
<i>Trunk muscle CSA (cm²/m²)</i>				
Psoas major	(R)	5.7 ± 0.7	(L)	6.1 ± 0.7
Erector spine	(R)	8.3 ± 1.2	(L)	8.3 ± 1.1
Oblique abdominal	(R)	7.0 ± 1.2	(L)	8.0 ± 1.2
Rectus abdominal	(R)	2.8 ± 0.7	(L)	2.9 ± 0.6
<i>Flexibility (°)</i>				
Trunk rotation	(R)	62.3 ± 11.9	(L)	65.8 ± 13.8

CHS: club head speed, N·m: newton meter, CSA: cross-sectional area, R: right, L: left, n = 22.

Table 4-2-3. Correlations between CHS and variables.

		r	
<i>Physical characteristics</i>			
Age (years)		-0.084	
Height (cm)		0.367	
Fat-free mass (kg)		0.462 *	
<i>Isokinetic strength peak torque</i>			
Elbow			
Extension 60°·s ⁻¹	(R)	0.561 *	(L) 0.671 *
Flexion 60°·s ⁻¹	(R)	0.676 *	(L) 0.701 *
Extension 180°·s ⁻¹	(R)	0.457 *	(L) 0.616 *
Flexion 180°·s ⁻¹	(R)	0.628 *	(L) 0.509 *
Knee			
Extension 60°·s ⁻¹	(R)	0.416	(L) 0.567 *
Flexion 60°·s ⁻¹	(R)	0.582 *	(L) 0.786 *
Extension 180°·s ⁻¹	(R)	0.473 *	(L) 0.547 *
Flexion 180°·s ⁻¹	(R)	0.485 *	(L) 0.755 *
Trunk			
Rotation 60°·s ⁻¹	(R)	0.616 *	(L) 0.694 *
Rotation 180°·s ⁻¹	(R)	0.535 *	(L) 0.520 *
Extension 60°·s ⁻¹		0.484 *	
Flexion 60°·s ⁻¹		0.379	
Extension 180°·s ⁻¹		0.304	
Flexion 180°·s ⁻¹		0.402	
<i>Trunk muscle CSA</i>			
Psoas major	(R)	0.306	(L) 0.420
Erector spine	(R)	0.277	(L) 0.131
Oblique abdominal	(R)	0.503 *	(L) 0.549 *
Rectus abdominal	(R)	0.189	(L) 0.103
<i>Flexibility</i>			
Trunk rotation	(R)	0.335	(L) 0.090

CHS: club head speed, r: correlation coefficient, *: p < 0.05,

CSA: cross-sectional area, R: right, L: left, n = 22.

Table 4-2-4. Stepwise linear model to predict CHS.

	B	SEB	β	r
Step 1				
Left knee flexion $60^\circ \cdot s^{-1}$	0.102	0.018	0.786*	0.786
SEE	1.543			
R ²	0.617			
Step 2				
Left knee flexion $60^\circ \cdot s^{-1}$	0.096	0.013	0.743*	0.786
Right Oblique abdominal CSA	0.862	0.207	0.429*	0.503
SEE	1.146			
R ²	0.799			
ΔR^2	0.182			
Step 3				
Left knee flexion $60^\circ \cdot s^{-1}$	0.077	0.015	0.592*	0.786
Right Oblique abdominal CSA	0.801	0.189	0.399*	0.503
Right elbow flexion $60^\circ \cdot s^{-1}$	0.064	0.028	0.265*	0.676
SEE	1.034			
R ²	0.845			
ΔR^2	0.046			

B: unstandardizes regression coefficient, SEB: standard error of the regression coefficient, β : standard partial regression coefficient, r: correlation coefficient,

SEE: standard error of estimate, R²: coefficient of determination,

ΔR^2 : variation of coefficient of determination, *: p < 0.05, n = 22,

CHS: club head speed, CSA: cross-sectional area, Dependent variable: CHS,

Independent variable: all physical fitness factors.

(4) 考察

課題 1-1 では、CHS と立ち幅跳びの距離および MB 後ろ投げの距離との間に有意な関連が示された ($p < 0.05$) (Table 4-1-4). これらの項目は、全身的な複数の関節運動の組み合わせによる瞬発力から評価しているため、CHS とどの部位の筋力がどの程度の大きさで関連しているか不明であった。それゆえ、本研究では、全身的な単関節の筋力を指標として、CHS との関連を検討した。その結果、CHS と上肢、下肢および体幹の等速性筋力との間に有意な正の相関が示された ($r = 0.457-0.786, p < 0.05$) (Table. 4-2-3). CHS と上肢の筋力との関連を報告した研究は、我々の知る限りみられなかったが、本研究では、CHS と左右の肘の伸展・屈曲の等速性筋力との間に有意な関連が示された ($p < 0.05$) (Table. 4-2-3). また、先行研究では、CHS と下肢 (Hellström, 2008; Keogh et al., 2009; Lewis et al., 2016), 体幹 (Gordon, et al., 2009; Keogh et al., 2009;) の瞬発力や筋力との関連が報告されており、本研究と同様の結果であった。しかしながら、これらの研究のほとんどが、男性アマを対象としており (Hellström, 2008; Keogh et al., 2009), 男性プロを対象とした研究 (Lewis et al., 2016) は、1 件のみであった。

本研究におけるプロの CHS は、 56.5 ± 2.4 m/s であった。これは、課題 1-1 で測定された CHS (56.3 ± 2.6 m/s) と同程度の結果であり、先行研究の男性アマ (HCP: 12.1, CHS: 42.4 m/s (Lephart et al., 2007); HCP: 8 以下, CHS: 50.9 m/s (Lamberth et al., 2013)) より高値を示している。国内の現役の男性プロの総数の中で、ツアートーナメントに出場できる割合は、約 9%, チャレンジトーナメントに出場できる割合は、約 9% である (JGTO, 2017)。本研究の被験者 22 人は、ツアートーナメント出場者 6 人 (27%), チャレンジトーナメント出場者 6 人 (27%) およびローカルトーナメント出場者 10 人 (46%) であることから、本研究の被験者は課題 1-1 と同様に国内の現役の男性プロの中でもツアーとチャレンジトーナメントに出場する選手の割合が比較的高い集団であった。また、本研究のプロの左の体幹回旋 $60^{\circ} \cdot s^{-1}$ は、韓国の男性プロ (117.7 N·m) (Bae et al., 2012) より高値を示していた。ゆえに、本研究の被験者は、先行研究のアマ

と比較するとCHSは高く、体幹の回旋筋力も韓国のプロより高かったことから、エリートゴルファーに参考にする知見を得るためには妥当なレベルであったと考えられる。

本研究では、プロのCHSを規定している体力的要因を明らかにするために重回帰分析を行った。その結果、男性プロのCHSに対して、右肘屈曲筋力 $60^{\circ}\cdot s^{-1}$ 、左膝屈曲筋力 $60^{\circ}\cdot s^{-1}$ および右腹斜筋群 CSA が最も強い予測因子で、これらの要因でCHSを85%説明できることが示された ($R^2 = 0.845$) (Table 4-2-4)。CHS向上のトレーニングを検討する上で、角速度間における発揮特性を検討することは重要であると考えられる。そこで、本研究では、 $60^{\circ}\cdot s^{-1}$ および $180^{\circ}\cdot s^{-1}$ の2種類の等速性筋力の角速度を指標とした。単相関分析の結果では、角速度間においてCHSに有意に関連を示した項目数に顕著な差はみられなかったが、相関係数は、 $60^{\circ}\cdot s^{-1}$ が、 $180^{\circ}\cdot s^{-1}$ より多くの項目で高値を示していた。また、重回帰分析で示された等速性筋力の項目においても、右肘屈曲筋力および左膝屈曲筋力の角速度は、ともに $60^{\circ}\cdot s^{-1}$ が採択されていた (Table 4-2-4)。ゴルフのスイング動作は、非常に高速で行われるため (野澤ら, 2006)、 $180^{\circ}\cdot s^{-1}$ よりも低速である $60^{\circ}\cdot s^{-1}$ が採択された理由については不明である。本研究の結果を支持するならば、等速性運動によるCHS向上のトレーニング法において、運動速度を設定する際は、低速の $60^{\circ}\cdot s^{-1}$ 程度が有効な可能性が示唆された。

重回帰分析のステップ1, 2 および 3 の結果では、左膝屈曲筋力 $60^{\circ}\cdot s^{-1}$ は、CHSに対して最も影響していることが示された (Table 4-2-4)。これまでにCHSと下肢の筋力との関連を検討した研究では、男性プロのCHSとスクワットジャンプの高さ ($r = 0.82$) (Lewis et al., 2016)、男性アマのCHSと1RMのハックスクワット ($r = 0.50$) (Keogh et al., 2009)、1RMのスクワット ($r = 0.54$) (Hellström, 2008) およびスクワットジャンプの高さ ($r = 0.45$) (Hellström, 2008) との間に有意な正の相関が報告されている ($p < 0.05$)。ゴルフのスイング動作では、バックスイングで右側へ体重移動し、ダウンスイングで左側に体重移動する。加速が必要なフォワードスイング期では、左足の踏込みが重要であることが示唆されている (McNally et al., 2014; Okuda et al., 2010)。また、スイング動作における下肢の筋活動に着目した研究では、ダウンスイングの局面

で踏み込む左足のハムストリングは、フォワード期からアーリーフォロースルー期まで持続して活動することが報告されている (Bechler et al., 1995). それゆえ、左膝屈曲筋力は、ダウンスイングの切り替え時から左足をリードした後もインパクトで左膝の屈曲を保持し (Bechler et al., 1995), 骨盤の回旋にブレーキをかけ、CHS を最大に加速させるため (Cheetham et al., 2001) に必要であると考えられる。インパクト時で、ブレーキをかける際の左膝の屈曲筋の収縮形態はエキセントリックであると考えられる。本研究では、左膝の屈曲筋力の収縮形態は、コンセントリックから評価したが、先行研究では、コンセントリックとエキセントリックの膝の屈曲筋力との間には、一定の関連があることが報告されており (Jonhagen et al., 1994; Kellis et al., 2001), 本研究の結果は、妥当であったと考えられる。

また、CHS と体幹の筋力を検討した研究では、男性アマを対象として MB 投げの距離 ($r = 0.54$) (Gordon, et al., 2009), 1RM のケーブルウッドチョップ ($r = 0.71$) (Keogh et al., 2009) との間に有意な正の相関が報告されている ($p < 0.05$). また、本研究では、課題 1-1 において CHS と MB 後ろ投げの距離との間に有意な正の相関が示された ($r = 0.667, p < 0.05$). ゆえに、CHS と体幹回旋筋力や体幹筋量に関連があると仮説づけられる。重回帰分析のステップ 2 および 3 の結果では、CHS の予測因子の一つに右腹斜筋群 CSA が採択されている (Table 4-2-4). ゴルフスイングにおいて腹斜筋は、テイクアウェイ期では、活動は少ないが、フォワードスイング期からアクセレーション期、アーリーフォロースルー期にかけて活動が高まり、レイトフォロースルー期では活動が弱まると報告されている (Pink et al., 1993; Watkins et al., 1996). また、腹斜筋の筋活動は、フォワードスイング期では、右腹斜筋 (52 %) より左腹斜筋 (63 %) が高いが、右腹斜筋の筋活動は、CHS が高まるアクセレーション期からアーリーフォロースルー期にかけて、左腹斜筋より高いと報告されている (アクセレーション期: 右腹斜筋 (59 %), 左腹斜筋 (38 %), アーリーフォロースルー期: 右腹斜筋 (51 %), 左腹斜筋 (38 %)) (Watkins et al., 1996). そして、CHS が最大となるインパクトの局面では、左足のリードおよび体幹の回旋から生じたエネルギーが、右上肢を通じてクラブに伝達される (Hume et al., 2005). 重回帰

分析のステップ3の結果では、CHSの予測因子の一つとして右肘屈曲筋力が有意に関連していることが示された(Table 4-2-4)。右肘の屈曲筋力は、インパクトでエネルギーをクラブに伝えるために右脇を締め、右肘の屈曲を保持させるために重要である可能性が考えられる。ゴルフのスイングで発生する下肢から体幹、そして上肢へのエネルギーフロー(Jöris et al., 1985; 宮西智久ら, 1999)の大きさを考慮すると、それに相応する右肘屈曲の筋力が必要である可能性が示唆された。これらのことから、左膝屈曲筋力(左足をリードし、インパクトで壁を作るため)、右腹斜筋 CSA(体幹の回旋するスピードを加速させるため)および右肘屈曲筋力(エネルギーをクラブに伝えるため)が、CHSに対して、最も影響していることが示された。しかしながら、これまで、プロの上肢、下肢および体幹の全身の筋活動、ならびにスイング動作を検討した研究ほとんどみられないため、メカニズムを言及するには限界があった。今後は、各スイング局面における筋活動およびスイング動作を合わせて検討する必要がある。

本研究は、日本人男性プロのCHSと等速性筋力および筋CSAを指標として関連を検討した初めての研究であった。プロのCHSを規定している体力的要因は、右肘屈曲筋力、左膝屈曲筋力および右腹斜筋群CSAであることが示され、これらを強化することで、CHSが向上する可能性を示唆する知見になったと考えられる。また、本研究から得られたデータは、エリートゴルファーだけでなくレクリエーションゴルファーのCHS向上のトレーニング法にも参考になると考えられ、健康分野における生涯スポーツとして期待されているゴルフの研究の発展に寄与する知見が得られたと考えられる。

しかしながら、本研究では、プロのCHSと等速性筋力および筋CSAとの関連を示したに過ぎない。そのため、今回の結果から、CHS向上のトレーニング法の検討の際の目標値を設定することは困難である。したがって、さらなる研究では、プロのCHSに関連した体力的要因の水準の妥当性を明らかにする必要があると考えられる。

第5章 日本人男性プロのクラブヘッドスピードに関連した体力的要因の水準

1. プロとエリートアマのクラブヘッドスピードおよび体力的要因の比較(課題 2-1)

(1) 目的

スポーツ競技では、種目によって筋力 (Teixeira et al., 2014) や筋量 (Sanchis-Moysi et al., 2010, 2011) の特徴が異なり、そのスポーツに特化した体力的要因の水準を知ることは、トレーニング法を検討する上で重要である (Sell et al., 2007). これまでの研究では、HCP が 0 以下の男性アマの筋力および柔軟性は、HCP が 0-9 および 10-20 のグループより高いことが報告されている (Sell et al., 2007). また、上級者 (HCP: 0.3 ± 0.5) の筋力および柔軟性は、初級者 (HCP: 20.3 ± 2.4) と比較して高いことが報告されている (Keogh et al., 2009). しかしながら、さらにその上の技術レベルである男性プロの体力的要因の水準は明らかになっていない.

また、技術レベル間における CHS の差異を検討した研究では、上級者 (HCP 0.3 ± 0.5) は、初級者 (HCP: 20.3 ± 2.4) と比較して有意に高いことが報告されている (Keogh et al., 2009). CHS と HCP との間には一定の関係があり、CHS によってゴルファーの技術レベルが識別できるとしている (Fradkin et al., 2004). しかしながら、プロとエリートアマの CHS の差異を検討した研究はみられない.

課題 1-2 では、CHS と除脂肪体重、上肢、下肢および体幹の等速性筋力、ならびに腹斜筋群筋 CSA との間に有意な正の相関が示された ($r = 0.457-0.786$) ($p < 0.05$). さらに、測定された全ての体力的要因を独立変数として投入したステップワイズ法による重回帰分析を行った結果、CHS を規定している体力的要因は、右肘屈曲筋力、左膝屈曲筋力および右腹斜筋群 CSA であることが示された ($R^2 = 0.845$). しかしながら、これらの結果から、CHS 向上のトレーニング法の目標値を設定することは困難である. そこで、課題 2-1 では、プロの CHS に関連し

た体力的要因をエリートアマと比較することで、プロの体力的要因の水準の妥当性を明らかにすることを目的とした。

(2) 方法

A. 被験者

① プロの選定条件および技術レベル

被験者の選定条件は、JPGA のトーナメントプレーヤーを取得した男性ゴルファーであること、右利き右打ちであること、ゴルフ歴が10年以上であること、最近1年で日常的にラウンド、練習、および体カトレーニング(無酸素運動トレーニング、有酸素運動トレーニングおよびストレッチングを含む)を合わせて、週5回以上実施している者とし、プレーに支障を来す傷害を有していないこととした。また、アマ時代には、8地区大会のいずれかで決勝出場、あるいは全国大会出場の経験がある者とした。計20人のプロが本研究に参加した(ツアートーナメント出場選手:6人、チャレンジトーナメント出場選手:6人、ローカルトーナメント出場選手:8人)。

② エリートアマの選定条件および技術レベル

被験者の選定条件は、最近1年で8地区大会のいずれかで決勝に出場、あるいは全国大会に出場経験のある男性アマとした。被験者は、右利き右打ちで、最近1年で日常的にラウンド、練習および体カトレーニング(無酸素運動トレーニング、有酸素運動トレーニングおよびストレッチングを含む)を合わせて、週5回以上実施している者とし、プレーに支障を来す傷害を有していないこととした。また、ナショナルチーム選抜のエリートアマ(長嶋ら, 2016)は、プロと同等のレベルである可能性があるため除外することとした。計13人のエリートアマが本研究に参加した(全国大会出場歴のある選手:8人、地区決勝大会出場歴のある選手:5人)。

被験者の特徴は、Table 5-1-1 に示した。本実験は、ヘルシンキ宣言の趣旨に沿った倫理的配慮のもとに行われることを被験者に説明した上で、文書による同意を得た。また、本実験は筑波大学大学院体育系の倫理委員会の承認を受けたものである(承認番号 24-111)。

B. 形態測定

形態測定の方法については、第4章に詳述した。

C. クラブヘッドスピード

CHS の測定方法については、第4章に詳述した。

D. 筋力

上肢、下肢および体幹の等速性筋力の測定方法については、第4章に詳述した。課題1-2では、 $60^{\circ}\cdot\text{s}^{-1}$ および $180^{\circ}\cdot\text{s}^{-1}$ を測定したが、CHSとの関連は、重回帰分析では、 $60^{\circ}\cdot\text{s}^{-1}$ が採択され、単相関分析においても相関係数が高値を示す項目が多かった。そのため、本研究では、角速度は、 $60^{\circ}\cdot\text{s}^{-1}$ を測定項目とした。なお、本研究では、実測値による最大トルク($\text{N}\cdot\text{m}$)と最大トルクを体重で除した補正值($\text{N}\cdot\text{m}/\text{kg}\times 100$)を分析値とした。

E. 筋量

体幹筋群の筋量の指標として、体幹部の筋CSAの測定を行った。方法については、第4章に詳述した。なお、本研究では、実測値による筋CSA(cm^2)と身長²で除した補正值(cm^2/m^2)を分析値とした。

F. 統計分析

プロとエリートアマの2群間における身体的特徴、ゴルフ歴、筋力、筋量および柔軟性に差があるかどうかを検討するために、独立したサンプルのt検定を行った。統計処理は、統計解析ソフトウェア(IBM SPSS for Windows, version 21.0, Chicago, IL, USA)を用いて実施した。各検定における有意水準は $p < 0.05$ とした。

Table 5-1-1. Characteristics of the participants.

	Professional golfers (n = 20)	Elite amateur golfers (n = 13)
	Mean ± SD	Mean ± SD
Age (years)	32.6 ± 5.7	19.5 ± 1.2*
Height (cm)	173.7 ± 5.2	169.9 ± 5.9
Body weight (kg)	78.3 ± 8.3	64.8 ± 7.4*
BMI (kg/m ²)	25.9 ± 2.0	22.4 ± 1.8*
Fat-free mass (kg)	63.2 ± 5.6	55.9 ± 5.1*
Golf career (years)	18.2 ± 5.8	10.2 ± 4.1*

BMI: body mass index, Independent t-test, *: p < 0.05.

(3) 結果

プロとエリートアマの身体的特徴およびゴルフ歴

被験者の身体的特徴およびゴルフ歴は、Table 5-1-1 に示した。プロとエリートアマの身体的特徴およびゴルフ歴を比較したところ、プロの年齢、体重、BMI、除脂肪体重およびゴルフ歴は、エリートアマより有意に高かった ($p < 0.05$)。また、身長においては、両群間に有意な差は認められなかった。

プロとエリートアマのCHS

プロとエリートアマにおけるCHSの比較は、Figure 5-1 に示した。プロのCHS (56.8 ± 2.3 m/s) は、エリートアマ (54.6 ± 3.3 m/s) より有意に高かった ($p < 0.05$)。

プロとエリートアマの等速性筋力

プロとエリートアマにおける等速性筋力の比較は、Table 5-1-2 に示した。プロの右肘伸展、左肘伸展、右膝伸展、右膝屈曲、左膝伸展、左膝屈曲、右体幹回旋、左体幹回旋および体幹伸展の等速性筋力は、エリートアマより有意に高かった ($p < 0.05$)。しかしながら、両群間の右肘屈曲、左肘屈曲および体幹屈曲の等速性筋力には有意な差は認められなかった。

プロとエリートアマの体幹部の筋CSA

プロとエリートアマにおける体幹部の筋CSAの比較は、Table 5-1-3 に示した。プロとエリートアマの両群間に有意な差は認められなかった。

プロとエリートアマの体幹回旋の柔軟性

プロとエリートアマにおける柔軟性の比較は、Table 5-1-3 に示した。本研究では、プロとエリートアマの体幹回旋の柔軟性の指標として、体幹回旋の角度を比較した。その結果、エリートアマの右の体幹回旋角度は、プロより有意に高かった。しかしながら、左の体幹回旋角度には、両群間に有意な差は認められなかった。

プロとエリートアマの体重あたりの等速性筋力

プロとエリートアマにおける体重あたりの等速性筋力の比較は、Table 5-1-4 に示した。プロとエリートアマの両群間には、有意な差は認められなかった。

プロとエリートアマの身長あたりの体幹部の筋 CSA

プロとエリートアマにおける身長あたりの体幹部の筋 CSA の比較は、Table 5-1-5 に示した。プロとエリートアマの両群間には、有意な差は認められなかった。

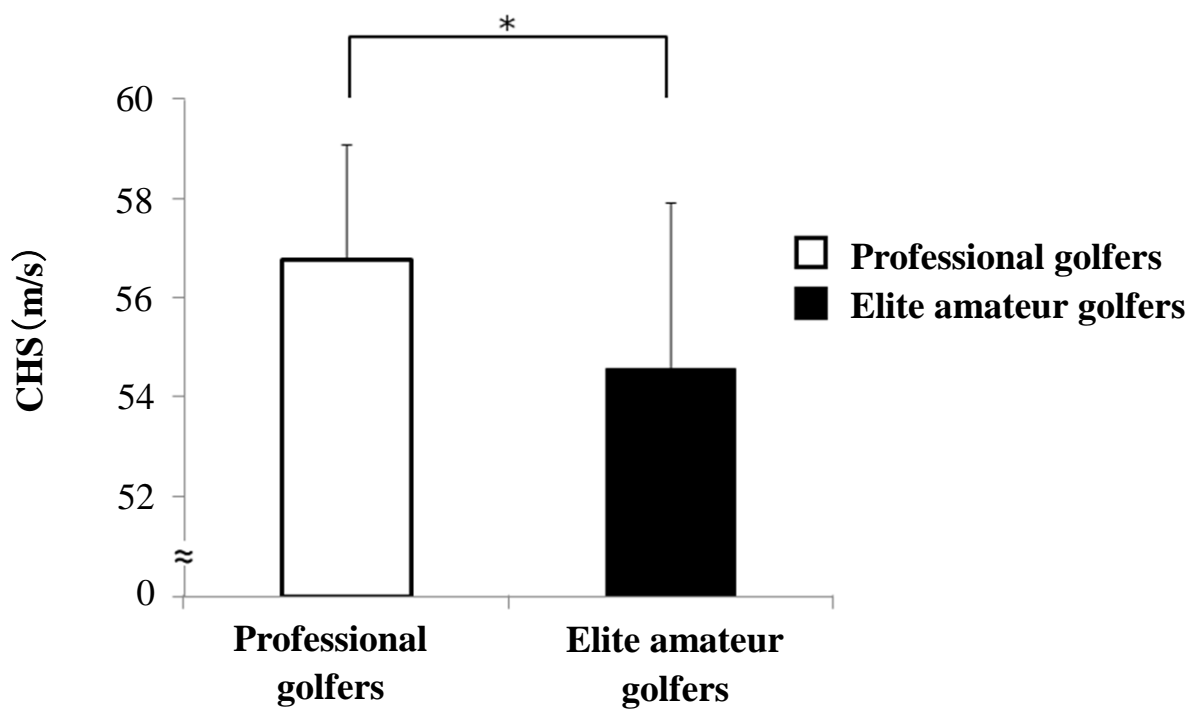


Figure 5-1. Comparisons of CHS between professional golfers (n = 20) and elite amateur golfers (n = 13).

CHS: club head speed, Values are mean \pm SD, *p < 0.05.

Table 5-1-2. Comparisons of strength between professional golfers and elite amateur golfers.

	Professional golfers (n = 20)	Elite amateur golfers (n = 13)
	Mean ± SD	Mean ± SD
<i>Elbow (R)</i>		
Extension 60°·s ⁻¹	53.2 ± 9.3	45.7 ± 10.3*
Flexion 60°·s ⁻¹	42.0 ± 10.1	37.7 ± 7.8
<i>Elbow (L)</i>		
Extension 60°·s ⁻¹	54.8 ± 10.6	42.9 ± 8.7 *
Flexion 60°·s ⁻¹	40.4 ± 8.4	35.1 ± 5.9
<i>Knee (R)</i>		
Extension 60°·s ⁻¹	219.9 ± 37.7	180.3 ± 38.5*
Flexion 60°·s ⁻¹	116.6 ± 16.5	101.1 ± 15.3*
<i>Knee (L)</i>		
Extension 60°·s ⁻¹	217.1 ± 34.9	181.0 ± 35.5*
Flexion 60°·s ⁻¹	120.2 ± 17.8	91.8 ± 13.9*
<i>Trunk (R)</i>		
Rotation 60°·s ⁻¹	137.9 ± 21.3	106.0 ± 15.2*
<i>Trunk (L)</i>		
Rotation 60°·s ⁻¹	142.7 ± 23.3	108.1 ± 13.4*
<i>Trunk</i>		
Extension 60°·s ⁻¹	360.7 ± 75.3	277.2 ± 102.7*
Flexion 60°·s ⁻¹	204.4 ± 43.5	172.4 ± 48.8

Isokinetic strength peak torque (N·m), R: right, L: left,
Independent t-test, *: p < 0.05.

Table 5-1-3. Comparisons of muscle CSA and flexibility between professional golfers and elite amateur golfers.

	Professional golfers (n = 20)		Elite amateur golfers (n = 13)	
	Mean	± SD	Mean	± SD
<i>Trunk muscle CSA (cm²)</i>				
Psoas major (R)	17.5	± 1.9	16.8	± 2.2
Psoas major (L)	18.8	± 2.4	17.5	± 2.3
Erector spine (R)	25.6	± 4.0	23.8	± 3.4
Erector spine (L)	25.5	± 3.3	24.3	± 3.2
Oblique abdominal (R)	21.6	± 3.6	22.2	± 2.4
Oblique abdominal (L)	24.6	± 4.0	24.6	± 3.5
Rectus abdominal (R)	8.7	± 2.1	7.6	± 1.2
Rectus abdominal (L)	8.8	± 1.5	7.6	± 1.8
<i>Flexibility (°)</i>				
Trunk rotation (R)	63.1	± 11.8	72.2	± 10.2*
Trunk rotation (L)	65.7	± 12.7	70.9	± 9.5

CSA: cross-sectional area, R: right, L: left, Independent t-test, *: p < 0.05.

Table 5-1-4. Comparisons of weight-adjusted strength between professional golfers and elite amateur golfers.

	Professional golfers (n = 20)		Elite amateur golfers (n = 13)	
	Mean	± SD	Mean	± SD
<i>Elbow (R)</i>				
Extension $60^{\circ} \cdot s^{-1}$	68.8	± 13.8	70.5	± 13.2
Flexion $60^{\circ} \cdot s^{-1}$	54.9	± 12.4	58.1	± 9.4
<i>Elbow (L)</i>				
Extension $60^{\circ} \cdot s^{-1}$	70.7	± 14.4	66.2	± 10.0
Flexion $60^{\circ} \cdot s^{-1}$	51.8	± 9.6	54.2	± 6.9
<i>Knee (R)</i>				
Extension $60^{\circ} \cdot s^{-1}$	283.0	± 51.6	279.0	± 51.4
Flexion $60^{\circ} \cdot s^{-1}$	149.9	± 22.9	156.1	± 16.0
<i>Knee (L)</i>				
Extension $60^{\circ} \cdot s^{-1}$	279.2	± 45.3	279.2	± 41.0
Flexion $60^{\circ} \cdot s^{-1}$	154.2	± 20.8	141.7	± 15.7
<i>Trunk (R)</i>				
Rotation $60^{\circ} \cdot s^{-1}$	176.4	± 22.9	164.7	± 24.1
<i>Trunk (L)</i>				
Rotation $60^{\circ} \cdot s^{-1}$	182.9	± 27.5	168.3	± 23.1
<i>Trunk</i>				
Extension $60^{\circ} \cdot s^{-1}$	461.5	± 86.6	423.8	± 136.1
Flexion $60^{\circ} \cdot s^{-1}$	261.4	± 51.4	264.0	± 58.8

Isokinetic strength peak torque ($N \cdot m / kg \times 100$), R: right, L: left,
Independent t-test, All not significant.

Table 5-1-5. Comparisons of height-adjusted muscle CSA between professional golfers and elite amateur golfers.

		Professional golfers (n = 20)	Elite amateur golfers (n = 13)
		Mean ± SD	Mean ± SD
Psoas major	(R)	5.8 ± 0.6	5.8 ± 0.8
Psoas major	(L)	6.2 ± 0.7	6.0 ± 0.7
Erector spine	(R)	8.5 ± 1.0	8.3 ± 1.3
Erector spine	(L)	8.4 ± 0.9	8.4 ± 1.2
Oblique abdominal	(R)	7.2 ± 1.2	7.7 ± 1.0
Oblique abdominal	(L)	8.2 ± 1.2	8.5 ± 1.1
Rectus abdominal	(R)	2.9 ± 0.7	2.6 ± 0.4
Rectus abdominal	(L)	2.9 ± 0.6	2.6 ± 0.5

CSA : cross-sectional area, Muscle CSA (cm²/m²), R : right, L : left,
 Independent t-test, All not significant.

Table 5-1-6. Summary of physical and isokinetic strength characteristics of previous studies.

Study	Present study		Bae et al. (2013)		Bradic et al. (2014)		Brito et al. (2010)		Chishaki et al. (2010)		Fousekis et al. (2010)		Ikeda et al. (2008)	
	Professional golfers (n = 20)	Elite amateur golfers (n = 13)	Professional golfers (n = 51)	General (n = 50)	Professional basketball players (n = 43)	Subelite soccer players (n = 20)	Elite judo players (n = 14)	Professional soccer players (n = 100)	Collegiate American football players (n = 25)					
Sample	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	
Physical characteristics														
Age (years)	32.6 ± 5.7	19.5 ± 1.2*	22.3 ± 4.3*	21.1 ± 3.1*	24.0 ± 4.0*	22.3 ± 4.2*	20.7 ± 0.6*	23.6 ± 4.2*	19.6 ± 1.3*					
Height (cm)	173.7 ± 5.2	169.9 ± 5.9	176.5 ± 5.3	175.4 ± 5.7	201.5 ± 8.0*	176.7 ± 6.3	174.1 ± 6.0	177.7 ± 5.6*	173.2 ± 5.4					
Body weight (kg)	78.3 ± 8.3	64.8 ± 7.4*	74.7 ± 7.9	69.8 ± 7.9*	98.9 ± 9.9*	70.1 ± 5.6*	88.7 ± 21.9	73.3 ± 6.0	75.6 ± 11.4					
Body fat (%)	19.1 ± 2.9	13.4 ± 4.9*	—	—	12.5 ± 3.3*	—	—	—	—					
Isokinetic strength peak torque (N · m)														
Elbow (dominant)	Extension 60° · s ⁻¹	53.2 ± 9.3	45.7 ± 10.3*	—	—	—	—	—	—	79.6 ± 19.6*				
	Flexion 60° · s ⁻¹	42.0 ± 10.1	37.7 ± 7.8	—	—	—	—	—	—	68.1 ± 13.8*				
Elbow (nondominant)	Extension 60° · s ⁻¹	54.8 ± 10.6	42.9 ± 8.7*	—	—	—	—	—	—	—				
	Flexion 60° · s ⁻¹	40.4 ± 8.4	35.1 ± 5.9	—	—	—	—	—	—	—				
Knee (dominant)	Extension 60° · s ⁻¹	219.9 ± 37.7	180.3 ± 38.5*	—	—	297.5 ± 43.5*	212.4 ± 48.4	262.2 ± 54.7*	242.0 ± 35.1*	259.1 ± 57.7*				
	Flexion 60° · s ⁻¹	116.6 ± 16.5	101.1 ± 15.3*	—	—	172.0 ± 27.3*	109.1 ± 30.0	152.2 ± 24.2*	137.9 ± 24.0*	127.7 ± 17.7*				
Knee (nondominant)	Extension 60° · s ⁻¹	217.1 ± 34.9	181.0 ± 35.5*	—	—	—	205.3 ± 40.2	—	236.5 ± 35.2*	—				
	Flexion 60° · s ⁻¹	120.2 ± 17.8	91.8 ± 13.9*	—	—	—	105.9 ± 31.2	—	134.8 ± 24.1*	—				
Trunk (dominant side)	Rotation 60° · s ⁻¹	137.9 ± 21.3	106.0 ± 15.2*	117.7 ± 25.2*	117.2 ± 21.7*	—	—	—	—	—				
	Rotation 60° · s ⁻¹	142.7 ± 23.3	108.1 ± 13.4*	127.4 ± 26.4*	112.4 ± 24.8*	—	—	—	—	—				
Trunk	Extension 60° · s ⁻¹	360.7 ± 75.3	277.2 ± 102.7*	—	—	—	—	—	—	—				
	Flexion 60° · s ⁻¹	204.4 ± 43.5	172.4 ± 48.8	—	—	—	—	—	—	—				

All isokinetic strength was measured with the Biodex-system, Independent t-test, *, p < 0.05.

Table 5-1-6. Summary of physical and isokinetic strength characteristics of previous studies (continued).

Study	Kano et al. (1997)		Lephart et al. (2007)		Matsumoto et al. (1995)		Santos et al. (2011)			
	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD		
Sample	Collegiate sprinters (n = 11)	Amateur golfers (HCP: 12.1 ± 6.4) (n = 15)	Collegiate American football players (n = 10)	Collegiate baseball players (n = 69)	Collegiate basketball players (n = 12)	Collegiate rugby players (n = 22)	Collegiate soccer players (n = 55)	Collegiate sprinters (n = 19)	General (n = 10)	Elite athletes (n = 26)
	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD
<i>Physical characteristics</i>										
Age (years)	20.8 ± 0.9*	47.2 ± 11.4*	20.3 ± 0.8*	20.4 ± 1.0*	21.2 ± 0.4*	21.2 ± 1.0*	20.5 ± 1.2*	20.6 ± 1.3*	40.7 ± 1.7*	20.1 ± 4.9*
Height (cm)	172.8 ± 6.9	178.8 ± 5.8*	174.8 ± 6.0	174.1 ± 5.9	178.5 ± 3.6*	175.5 ± 4.8	174.3 ± 5.4	174.5 ± 6.8	171.3 ± 4.8	190.2 ± 7.9*
Body weight (kg)	66.7 ± 7.2*	86.7 ± 9.0*	72.7 ± 8.2	70.5 ± 9.2*	78.9 ± 6.7	78.5 ± 6.7	68.2 ± 6.2*	65.4 ± 5.6*	65.4 ± 6.9*	81.9 ± 8.9
Body fat (%)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	14.5 ± 2.9*
<i>Isokinetic strength peak torque (N · m)</i>										
Elbow (dominant)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Elbow (nondominant)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Knee (dominant)	251.6 ± 39.4*	—	210.4 ± 38.1	221.6 ± 34.6	257.9 ± 31.8*	243.0 ± 35.1*	240.6 ± 41.9	295.9 ± 58.9*	168.5 ± 44.7*	235.5 ± 48.4
Knee (nondominant)	154.7 ± 29.6*	—	119.4 ± 27.3	115.3 ± 17.9	140.4 ± 23.2*	117.7 ± 27.2	121.2 ± 19.3	132.8 ± 30.2*	77.1 ± 21.5*	132.0 ± 26.4*
Trunk (dominant side)	—	137.1 ± 37.0	—	—	—	—	—	—	—	—
Trunk (nondominant side)	—	136.4 ± 33.1	—	—	—	—	—	—	—	—
Trunk	—	—	360.9 ± 71.9	—	416.1 ± 63.5*	—	—	—	—	—
	—	—	211.1 ± 39.8	—	238.0 ± 56.2	—	—	—	—	—

All Isokinetic strength was measured with the Biodex-system, Independent t-test, *: p < 0.05.

(4) 考察

本研究では、日本人男性プロの CHS に関連した体力的要因の水準の妥当性を明らかにすることを目的とし、エリートアマと比較検討した。先行研究では、HCP が 0 以下の男性アマの筋力および柔軟性は、HCP が 0-9 および 10-20 のグループより有意に高く (Sell et al., 2007), HCP が 0.3 程度の男性アマの筋力および柔軟性は、HCP が 20.3 程度のグループより有意に高いことが報告されている ($p < 0.05$) (Keogh et al., 2009)。女性プロを対象とした研究では、上肢および下肢の等速性筋力は、運動を日常的に実施しない一般女性と比較して有意に高いことが報告されている ($p < 0.05$) (Chung et al., 2014)。また、日本人男性プロの上腕囲および下腿囲は、レクリエーションアマおよび一般人と比較して有意に高いことが報告されている (Kawashima et al., 2003)。プロは、ゴルフの競技力向上のために、技術練習の他に体力的要因の強化を継続的に行うことで、筋力や筋量を向上させている可能性が示唆されている (Kawashima et al., 2003)。このように、先行研究では、技術レベルが高い程、体格、筋力および柔軟性が高いことが報告されている。しかしながら、ゴルファーのレベル別における体力的要因の差異は、ゴルフの技術練習、ラウンドおよびトレーニングの頻度や量による影響の可能性が指摘されており (Chung et al., 2014)、単に頻度や量による差異なのか、技術レベルに係した差異なのか不明であった。それゆえ、本研究では、ゴルフの技術練習やトレーニングの頻度が同程度であるエリートアマを対照群として比較することでプロの体力的要因の水準の妥当性を検討した。

本研究におけるプロの CHS は、 56.8 ± 2.3 m/s であった。これは、課題 1-1 (56.3 ± 2.6 m/s) および課題 1-2 (56.5 ± 2.4 m/s) で測定された CHS と同程度の結果で、先行研究の男性アマ (HCP: 12.1, CHS: 42.4 m/s (Lephart et al., 2007); HCP: 8 以下, CHS: 50.9 m/s (Lamberth et al., 2013)) より高い値であった。また、国内の現役の男性プロの総数の中で、ツアートーナメントに出場できる割合は、約 9%、チャレンジトーナメントに出場できる割合は、約 9% である (JGTO, 2017)。本研究のプロの被験者 20 人は、ツアートーナメント出場者 6 人 (30%)、チャレンジト

ーナメント出場者 6 人 (30 %) およびローカルトーナメント出場者 8 人 (40 %) であるため、課題 1-1 および課題 1-2 と同様にプロの中でもツアーとチャレンジトーナメントに出場する選手の割合が比較的高い集団であった。

先行研究では、本研究と同様に Biodex-system を用い、様々な被験者における利き足の膝の伸展・屈曲の等速性筋力 $60^{\circ} \cdot s^{-1}$ が測定されている (Table 5-1-6)。また、いくつかの研究では肘の伸展・屈曲、体幹の回旋および体幹の伸展・屈曲が測定されている (Table 5-1-6)。本研究では、プロの被験者の等速性筋力の水準を他の研究のサンプルと比較するため、主要な統計解析とは別に、平均値と標準偏差および n 数から求める独立したサンプルの t 検定を行った (Table 5-1-6)。その結果、プロバスケットボール選手 (Brdic et al., 2014)、全日本上位のエリート柔道選手 (Chisyaki et al., 2010) およびプロサッカー選手 (Fousekis et al., 2010)、ならびに大学体育会レベルのアメリカンフットボール選手 (Ikeda et al., 2008)、バスケットボール選手 (松元ら, 1995)、ラグビー選手 (伸展筋力のみ) (松元ら, 1995) およびスプリンター (狩野ら, 1997, 松元ら, 1995) の利き足の膝伸展・屈曲筋力は、本研究のプロより有意に高い値を示した ($p < 0.05$) (Table 5-1-6)。これは、体格の差もあるが、スポーツの動作の特徴に関係していると考えられる。バスケット、柔道、サッカー、アメリカンフットボールおよびラグビーなどは、接触を伴うような激しいスポーツである。また、スプリントパフォーマンスは、筋力と競技成績との関連が高いスポーツである。ゴルフは、最大限の飛距離を出すためにフルスイングを行うものの、走ったり、飛んだり、接触を伴う激しい動作を必要としない。そのため、それぞれのスポーツによって、強度および量的なトレーニングの違いが筋力に影響を及ぼしていると考えられる。また、本研究のプロとサブエリートクラスのサッカー選手 (Brito et al., 2010)、大学生のアメリカンフットボール選手 (松元ら, 1995)、大学生の野球選手 (松元ら, 1995) および大学生のサッカー選手 (松元ら, 1995) の利き足の膝伸展・屈曲筋力には有意な差はみられなかった。これらの競技も激しい動きを含むスポーツであるが、本研究のプロはこれらの研究のサンプルと同程度の筋力であった。また、一般人における利き足の膝伸展・屈曲 (松元ら, 1995) および左右の

体幹回旋 (Bae et al., 2013) の筋力と比較すると、本研究のプロが有意に高かった ($p < 0.05$) (Table 5-1-6). また、ゴルフのスイング方向である体幹の非利き手側の回旋の筋力においては、韓国のプロより、有意に約 10 %, 一般男性より約 25 % ($p < 0.05$) (Bae et al., 2013) 高く、男性アマ (Lephart et al., 2007) より、有意ではないものの約 5 % 高値を示していた。バックスイング方向である利き手側の体幹の回旋の筋力においては、男性アマ (Lephart et al., 2007) と有意な差はみられなかったが、韓国のプロおよび一般人 (Bae et al., 2013) より有意に約 17 % 高値を示している ($p < 0.05$)。これらのことから、本研究のプロの筋力は、他の激しい動作を含んだプロレベルのスポーツ選手より低い、サブエリートおよび大学生クラスのアスリートと同程度、一般人より高い傾向にあり、比較的高い水準の筋力を有しているものと推察される。

本研究の被験者の中には、ここ数年以内に世界ランキングが 300 位台に入り、日本のツアートーナメントにおけるドライバーの飛距離ランキング日本人ベスト 20 位内の選手が含まれているが、本研究の被験者の上肢、下肢および体幹の等速性筋力の平均値と比較しても顕著な差異は認められなかった。本研究の被験者の範囲では、技術レベルが高い程、筋力および CHS が高いという結果は得られていない。しかしながら、さらに技術レベルの高い世界ランキングトップの選手の集団においても同様の結果が得られるのかは不明である。世界ランキングのトップ選手の筋力の水準は明らかになっていないため、今後日本人選手が世界で活躍するためには、どの程度の筋力を必要とするか検討することが今後の課題である。

本研究における CHS の比較では、プロの CHS (56.5 ± 2.4 m/s) は、エリートアマ (54.6 ± 3.3 m/s) と比較して有意に高いことが示された ($p < 0.05$)。この CHS の約 2 m/s の差異は、飛距離に換算すると正確なインパクトであれば、推定 14 ヤードの差と推計される (社団法人 日本プロゴルフ協会 資格認証委員会, 2010)。14 ヤードの差異は、次のショットにおいて 1-2 クラブの下の番手の使用を可能にし (社団法人 日本プロゴルフ協会 資格認証委員会, 2010)、スコアが向上する可能性が示唆されている (Brodie, 2012; Cochran & Stobbs)。さらに、CHS は、ラフの抵抗に対応するために必要で (Hellström, 2009)、高弾道のショットを可能にし、メジャートー

ナメントなどの硬いグリーンで打球を止めるために非常に重要なパフォーマンスであると考えられる。課題 1-2 では、CHS を規定している要因は、右肘屈曲筋力、左膝屈曲筋力および右腹斜筋 CSA であることが示された ($R^2 = 0.845$)。その中でも CHS に対して β が最も高値を示した項目は、左膝屈曲筋力であった (Table 4-2-4)。この左膝屈曲筋力の比較では、プロが有意に高く、この筋力の差異がエリートアマとの CHS の差異に影響している可能性が示唆される。一方で、右肘屈曲筋力および右腹斜筋群 CSA においては有意な差は認められなかった。エリートアマは、日常的に技術練習および体カトレーニングを実施しており、これらの部位の筋力および筋 CSA に関しては、プロと同程度獲得していた可能性が考えられる。

また、体重で補正した等速性筋力の比較においても有意差は認められなかった。本来であれば、プロの方が、体重あたりで出力される筋力が高くあるべきであると考えられる。これは、年齢の影響の可能性が考えられるが、プロの体重がエリートアマより有意に高いことに起因していると考えられる。本研究のプロの被験者は、日常的な筋カトレーニングを行っているものの、他のアスリート(プロバスケットボール選手 (Brdic et al., 2014), バスケット, ハンドボールおよびバレーボール選手 (Santos et al., 2011))と比較して、体脂肪率が有意に高く (Table 5-1-6), 他のスポーツ選手より、トレーニング量が少ない可能性が考えられる。専門的な筋カトレーニングを行うためには、他のプロスポーツと同様に専門家の補助が必要であると考えられる。本研究のプロは、他のアスリートと同様に専門的なトレーニングを実施することで、体力的要因が向上する余地が残されており、さらなる競技力の向上が期待できると思われる。一方で、エリートアマは全ての被験者が学生連盟に所属している大学ゴルフ部のメンバーであり、日常的にクラブ活動で体カトレーニングを行っていた。これらのことから、体重あたりの筋力に差異がみられなかったものと考えられる。

USPGA ツアーでは、CHS のデータが公表されており、2016 年賞金ランキングトップ 10 の選手の最高スピードの平均値は、 54.3 ± 1.7 m/s (USPGA, 2017) であった。本研究で使用した弾道測定機器 (Vector pro: <http://www.accusport.com/vector-pro.html>) と USPGA で使用された測

定器(Trackman: <http://blog.trackmangolf.com/trackman-average-tour-stats/>)では、表示される数値が異なる。表示される数値の差異を我々の研究室で検討した結果、「Vector pro」は、「Trackman」より平均で 5.7 ± 0.5 m/s 高値を示していた。その差異から、USPGA ツアーの2016年賞金ランキングトップ10の選手のCHSを算出すると約60 m/sと推定される。本研究の被験者の平均のCHSは、56.5 m/sで、USPGA ツアーのトップ選手とは、3.5 m/sの差異がある。この差異は、飛距離に換算すると約25ヤードと推定され(社団法人 日本プロゴルフ協会 資格認証委員会, 2010)、少なくとも使用番手は2-3クラブ程度異なり、スコアに影響する可能性が高い(Broadie, 2012; Cochran & Stobbs)。このことから、今後日本人が、世界のトップで戦うためには、CHS向上の専門的なトレーニングによってCHSを向上させ、飛距離を獲得する必要があると考えられる。

体重あたりの筋力の比較では、有意差は認められなかったが、実測値による筋力の比較では、プロの左右の肘伸展、左右の膝伸展・屈曲、左右の体幹回旋および体幹伸展の等速性筋力は、エリートアマより有意に高いことが示された。スプリンターを対象とした研究では、スプリントパフォーマンスのタイムと体重の補正值による下肢筋力との間の有意な関連のあった項目は、実測値よりも減ってしまうことが報告されている(渡邊ら, 2000)。それゆえ、スプリントパフォーマンスとの関連を検討する際は、補正值よりも実測値の筋力とする方が、パフォーマンスを反映する結果になる可能性が示唆されている(渡邊ら, 2000)。競技の世界では実測値が直接パフォーマンスに影響すると考えられる。本研究では、技術レベルが上位のプロが、エリートアマよりも上肢、下肢および体幹の筋力が高いことが示され、プロの体力的要因の水準は妥当であったと考えられる。

実測値による体幹部の筋CSAおよび身長あたりの筋CSAの比較では、有意差は認められなかったが、除脂肪体重の比較では、プロがエリートアマより約7 kg 有意に高値を示している($p < 0.05$)。これは、総合的には、プロの筋量が多い可能性が考えられる。筋力と筋量は、一定の関連があると報告されていることから(Hoshikawa et al., 2012; Masuda et al., 2003;

Maughan et al., 1983), 筋量の差が筋力の差に反映している可能性が考えられた。今後は, プロとエリートアマのどこの部位の筋量に差異があるのか, さらなる検討が必要であると考えられる。一方で Kawashima et al. (2003)は, 日本人の男性プロとエリート大学生ゴルファーの体格を比較し, 身長および除脂肪体重に有意差がないと報告しており(プロの身長: 171.2 cm, 除脂肪体重: 60.5 kg, エリートアマの身長: 172.6 cm, 除脂肪体重: 57.7 kg), 本研究と一致した結果は得られなかった。

体幹回旋の柔軟性の比較では, エリートアマの右の体幹回旋角度は, プロより有意に高く ($p < 0.05$), 左の体幹回旋角度には有意差は認められなかった。先行研究ではスイング中の右の体幹回旋で生じる X ファクターは, CHS, ボールスピードおよびゴルフの技術に重要であると報告されていることから (Chu et al., 2010; Hume et al., 2005; Meister et al., 2011), この柔軟性がエリートアマの CHS に貢献している可能性が考えられる。課題 1-1 では, プロの CHS と左の体幹回旋の柔軟性との間に有意な関連が認められており ($p < 0.05$), ゴルファーの CHS に対しては体幹回旋の柔軟性が重要であることが示唆された。リハビリテーション医学(米本ら, 1995)では, 一般人の体幹回旋の平均角度は, 45° としており, 本研究のプロとエリートアマの結果が高値を示していた。柔軟性は, ゴルフの傷害予防に必要な要因であることが報告されており (McHardy et al., 2007), エリートアマよりも技術レベルの高いプロにとって, 右回旋の柔軟性がさらに必要であるか否かは, 今後検討が必要であると考えられる。

本研究は, 日本人の男性プロの体力的要因の水準を検討した初めての研究であった。これまでは, 日本人の男性プロの体力的要因の水準が明らかになっていなかったため, エリートゴルファーに対するスポーツ医学分野のアプローチの発展がみられなかった。Biodex-system による等速性筋力は, スポーツ傷害の復帰の過程で多く用いられている筋力の指標であることから(臼田ら, 1993; 松元ら, 1995), 傷害後のリハビリテーションに現場にも活用できる可能性が考えられる。さらに, これらのデータは, ゴルファーの傷害予防や治療の現場にも応用できる可能性があり, スポーツ医学分野の発展に繋がる基礎的な知見が得られたと考えられる。

本研究の結果では、プロの CHS, 上肢, 下肢および体幹の筋力は、エリートアマと比較して有意に高いことが示された ($p < 0.05$)。また、CHS に対して最も高い予測因子であった左膝屈曲筋力(課題 1-2)においても、プロがエリートアマと比較して有意に高かった ($p < 0.05$)。これらのことから、競技レベルが上位であるプロの体力的要因の水準は、妥当である可能性が示された。本研究の成果は、エリートゴルファーの CHS 向上のトレーニング法の目標値を設定する上で有用な知見が得られたと考えられる。

第6章 総括

1. 本研究で得られた成果と意義

本博士論文では、わが国のエリートゴルファーに対する CHS 向上のトレーニング法を具体化するための知見を得ることを目的とし、日本人男性プロの CHS と体力的要因との関連、および男性プロの CHS に関連した体力的要因の水準の妥当性を明らかにするため、2 つの研究課題から以下の知見が得られた。

- (1) プロの CHS と全身の筋力、瞬発力および体幹回旋の柔軟性との間に有意な関連が認められた。
- (2) プロの CHS を規定している体力的要因は、右肘屈曲筋力、左膝屈曲筋力および右腹斜筋群 CSA であることが示された。
- (3) プロの CHS および筋力は、エリートアマより高く、競技レベルが上位であるプロの体力的要因の水準は妥当である可能性が示された。

ゴルフはオリンピック種目に選出されたことからエリートゴルファーに対するトレーニング法を検討することは重要な課題であると考えられる。エリートゴルファーに対する具体的なトレーニング方法を検討するためには、技術レベルの高いプロのデータを活用することが望ましいと考えられるが、わが国ではプロを対象とした研究は、我々の知る限り 1 件もみられなかった。近年、やっとナショナルチームのトップアマの体力測定が行われるようになったが (JGA, 2012), 得られたデータから学術論文として公表されていない。一方、プロの体力的要因に関するデータは、日本を代表するようなゴルフ団体であっても取得できていない。これは、プロを体力測定にリクルートすることが難しいことに起因している。これまでは、世界的にみても主にアマを対象として検討されていたため、4 日間のトーナメントにおける競技力向上を目指すプロやエリ

ートアマに対する具体的なトレーニング方法を提案するための情報としては不十分であった。このような現状の中、本研究では、ツアーおよびチャレンジツアーに出場している割合が比較的高い日本人の男性プロを対象としてドライバーパフォーマンスと体力的要因を検討した初めての研究であった。ごく最近、USPGAのプロを対象とした研究が報告されたものの(Lewis et al., 2016)、プロのレベルの記載がないため、どのレベルのゴルファーまで活用できるかは不明であった。この点においては、本研究のデータは、エリートアマからトーナメントに出場するプロまで活用できる貴重な知見が得られたと考えられる。

これまでに行われたいくつかの研究では、CHSと体力的要因との関連を検討する際、体格の影響を考慮に入れず、主に単相関分析によって検討されていた。課題 1-1 では、CHSと体力的要因との関連を偏相関分析によって検討し、除脂肪体重で補正しても有意な関連が示された。さらに課題 1-2 では、重回帰分析によってCHSの予測因子まで明らかにしたことは、現場への応用性の高い成果が得られたと考えられる。

また、これまでの先行研究では、CHSと関連している体力的要因は、複数関節の一連動作の結果生じる瞬発力や一部の部位の筋力の評価であったため、どこの筋力がどの程度の大きさで関連しているか不明であった。本研究では、上肢、下肢および体幹の等速性筋力を指標として、CHSとそれぞれの単関節における最大トルクとの相関係数を報告した。また、これまでに行われたアスリートの等速性筋力を検討した研究では、一部の部位および単一の角速度における評価がほとんどであった。その点においては、本研究では、左右および複数の角速度における上肢、下肢および体幹と全身的な等速性筋力を指標としたことで、応用性の高い貴重なデータが得られたと考えられる。さらに、体幹の深部筋については、筋力によって評価することが困難なため、本研究では、MRIを用い、筋CSAを評価した。これまでに行われたゴルファーの体力的要因を検討した研究では、主に瞬発力、筋力および柔軟性から評価されていたが、本研究は、筋CSAを指標として評価した初めての研究であった。

課題 1-1 では、CHS と立ち幅跳びの距離、MB 後ろ投げの距離および体幹回旋の柔軟性との間に関連があることが示された。これらのフィールドテストは、場所、費用および時間が最小限で実施できるような実用的な項目で、多くのゴルファーに活用できる有益な知見が得られたと考えられる。

課題 1-2 で得られたプロの CHS を規定している体力的要因(右肘屈曲筋、左膝屈曲筋および腹斜筋群)を強化したことで、CHS が向上するかまでの縦断研究までには至らなかったが、CHS を規定している体力的要因まで示せたことで、CHS 向上のトレーニング法の具体化に向けた第一段階の知見が得られたと考えられる。

本研究における測定項目(フィールドテスト、等速性筋力および筋 CSA)は、JISS で行われているナショナルチームのトップアマの体力測定の項目を多く含んでいるため、CHS 向上のトレーニング法の検討の際に活用されることを期待したい。また、本研究から得られた成果は、エリートゴルファーだけでなくレクリエーショナルゴルファーの CHS 向上のトレーニング法にも応用できると考えられ、健康分野における生涯スポーツとして期待されているゴルフの研究の発展に寄与する知見が得られたと考えられる。

これまでの研究では、主にアマの体力的要因の水準が検討されていたが、競技レベルが上位である男性プロの体力的要因の水準は明らかになっていなかった。そのため、エリートゴルファーに対するスポーツ医学分野のアプローチの発展がみられなかった。本研究は、プロの体力的要因の水準を検討した初めての研究であった。プロの CHS および筋力は、エリートアマより高く、競技レベルが上位であるプロの体力的要因の水準の妥当性が示されたことは、CHS 向上のトレーニング法における筋力、筋量および柔軟性の目標値を検討する上で重要な知見が得られたと考えられる。さらに、本研究で得られたデータは、CHS 向上を含めた競技力向上だけでなく、傷害予防、治療およびリハビリテーションの現場への応用性も高く、スポーツ医学分野の発展に繋がる基礎的な知見が得られたと考えられる。

2. 本研究の限界

課題1では、横断的な検討により、CHSと全身の瞬発力、体幹回旋の柔軟性、上肢、下肢および体幹の等速性筋力、ならびに体幹の筋量との関連を明らかにしたが、縦断的な検討は行っていない。すなわち、CHSと有意な関連を示した体力的要因が、プロのCHSに影響を与える可能性を示しているに過ぎない。

課題2では、プロのCHSに関連した体力的要因の水準の妥当性を検討したが、対照群は、全員が日本学生ゴルフ連盟に所属している大学生であり、年齢が20歳前後とプロと有意差があった。本来であれば、プロの被験者の年齢(32歳前後)と同程度で、8地区の決勝大会、または全国大会出場のエリートアマ(選定条件: 日常的にゴルフおよび体力トレーニングを週5回以上実施している者)をリクルートすることが望ましいが、わが国には、ほとんど存在しないため限界があった。

また、MRI実験において、腹斜筋群の筋CSAは、先行研究を参考に外腹斜筋、内腹斜筋および腹横筋を合わせた筋群を評価した。しかしながら、各筋の役割を考慮に入れると、それぞれの筋CSAを分析対象にすることが望ましいが、静磁場強度が0.25 Tの画像であったため限界があった。

本研究は、ツアーおよびチャレンジツアーに出場する選手を含んだ現役の日本人男性プロを対象として、ゴルフパフォーマンスと体力的要因に関する検討を行った世界で初めての研究であった。本研究の被験者は、ツアーおよびチャレンジツアーに出場する割合が比較的高い集団であるが、世界ランキング上位の男性プロを対象としても同様の結果が得られるかは不明である。

3. 今後の課題

課題1では、CHSに対して、右肘屈曲筋力、左膝屈曲筋力および右腹斜筋群CSAが最も影響していることが示された。しかしながら、因果関係を明らかにするためには、プロを対象と

して、縦断的に検討する必要があると考えられる。また、この結果が何故得られたかというメカニズムをより詳しく検討する必要があると考えられる。今後メカニズムを言及するには、プロを対象として、スイングの動作解析、およびそれぞれのスイング局面における全身の筋活動も合わせて計測し、検討する必要があると考えられる。

最後に、課題2では、ツアーおよびチャレンジツアーに出場する割合が比較的高い日本人男性プロのCHSに関連した体力的要因の水準の妥当性が示されたが、世界ランキング上位の男性プロにおいても同様の結果が得られるか検討する必要があると考えられる。

4. 結論

本研究では、トーナメントに出場している現役の日本人男性プロを対象とし、CHSと体力的要因(筋力、瞬発力、敏捷性、筋量および柔軟性)との関連を明らかにすること、さらにエリートアマと比較することにより、CHSに関連したプロの体力的要因の水準の妥当性を明らかにすることで、わが国のエリートゴルファーに対するCHS向上のトレーニング法を具体化するための知見を得ることを目的とした。

その結果、CHS向上のトレーニング法では、右肘屈曲筋、左膝屈曲筋および右腹斜筋群を中心として強化することが有効である可能性が示唆された。

また、プロの体力的要因の水準は、妥当性が示されたことで、CHS向上のトレーニング法における目標値として有用な可能性が示唆された。

謝辞

本論文を終えるにあたり、研究生から約6年半の間に渡り、終始ご懇篤なるご指導および激励を賜りました筑波大学大学院人間総合科学研究科教授 久野 譜也 先生に謹んで深甚なる感謝の意を表します。また、副指導教員として、貴重なご指導、ご助言を賜りました筑波大学大学院人間総合科学研究科教授 白木 仁 先生、筑波大学医学医療系講師 金森 章浩 先生に心から感謝の意を表します。そして、博士論文の副査をお引き受けくださり、貴重なご指導、ご助言を賜りました筑波大学大学院人間総合科学研究科教授 尾縣 貢 先生に心から感謝の意を表します。

本論文執筆にあたり、データ解析、懇切丁寧なご指導、ご助言を賜りました駒沢女子大学准教授 田辺 解 先生に心から感謝の意を表します。本研究遂行にあたり、大変有意義なご指導、ご助言を賜りました筑波大学大学院人間総合科学研究科特任助教 横山 典子 先生、筑波大学医学医療系准教授 中田 由夫 先生、呉竹メディカルクリニック副院長 村瀬 訓生 先生、国士舘大学副学長 角田 直也 先生に心から感謝の意を表します。また、本論文に対するご助言および校閲を賜りましたインディアナ大学医学部教授 栗原 徳善 先生、江場歯科クリニック院長 江場 光芳 先生に心から感謝の意を表します。

本論文のMRI実験あたり、予備実験を快く受けてくださり、懇切丁寧なご指導頂きました呉竹メディカルクリニック呉竹医療専門学校柔道整復科科長 川口 央修 先生、聖路加国際病院放射線科診療放射線技師 砂塚 亘 先生に心から感謝の意を表します。

そして、本研究の目的を遂行するために多くの測定項目を要し、最大8時間に渡る長時間の実験に快くご協力くださったプロの皆様、心から感謝の意を表します。

最後に、本研究の作成に際して、ご協力くださった筑波大学久野研究室の皆様、D3 千々木 祥子氏、方 恩知氏、レッスン生、所属先の皆様、友人、ならびに家族に深く感謝の意を表します。

引用文献

- An, J., Wulf, G., Kim, S.** (2013) Increased carry distance and X-factor stretch in golf through an external focus of attention. *Journal of Motor Learning and Development* 1 (1): 2-11.
- Bae, J. H., Kim, D. K., Seo, K. M., Kang, S. H., Hwang, J.** (2012) Asymmetry of the isokinetic trunk rotation strength of Korean male professional golf players. *Annals of Rehabilitation Medicine* 36 (6): 821-827.
- Bang, E., Tanabe, K., Yokoyama, N., Chijiki, S., Kuno, S.** (2016) Relationship between thigh intermuscular adipose tissue accumulation and number of metabolic syndrome risk factors in middle-aged and older Japanese adults. *Experimental Gerontology* 79: 26-30.
- Bechler, J. R., Jobe, F. W., Pink, M., Perry, J., Ruwe, P. A.** (1995) Electromyographic analysis of the hip and knee during the golf swing. *Clinical Journal of Sport Medicine* 5 (3): 162-166.
- Bradic, A., Bradic, J., Pasalic, E., Markovic, G.** (2009) Isokinetic leg strength profile of elite male basketball players. *The Journal of Strength and Conditioning Research* 23 (4): 1332-1337.
- Broadie, M.** (2012) Assessing golfer performance on the PGA Tour. *Interfaces* 42 (2): 146-165.
- Brown, S. J., Selbie, W. S., Wallace, E. S.** (2013) The X-Factor: An evaluation of common methods used to analyse major inter-segment kinematics during the golf swing. *Journal of Sports Sciences* 31 (11): 1156-1163.

Brito, J., Figueiredo, P., Fernandes, L., Seabra, A., Soares, J. M., Krstrup, P., Rebelo, A.

(2010) Isokinetic strength effects of FIFA's "The 11+" injury prevention training programme. *Isokinetics and Exercise Science* 18(4): 211-215.

Cheetham, P. J., Martin, P. E., Mottram, R. E., St Laurent, B. F. (2001) The importance of

stretching the "X-Factor" in the downswing of golf: The "X-Factor Stretch. Optimising performance in golf: 192-199.

樗木武治, 久保潤二郎, 田崎元久. (2007) 大学柔道選手における競技力と等速性膝関節

屈曲・伸展筋力との関係. *松山大学論集* 19(3): 201-211.

Chu, Y., Sell, T. C., Lephart, S. M. (2010) The relationship between biomechanical variables

and driving performance during the golf swing. *Journal of sports sciences* 28(11): 1251-1259.

Chung, S. W., Song, B. W., Kim, J. Y., Lim, J. Y., Kim, S. H., Oh, J. H. (2014) Isokinetic

muscle strength profile of ladies professional tour golfers. *Isokinetics and Exercise Science* 22(3): 183-190.

Cochran, A., Stobbs, J. (1968) *The search for the perfect golf swing.* Grass Valley, CA: The

Booklegger.

Doan, B. K., Newton, R. U., Kwon, Y. H., Kraemer, W. J. (2006) Effects of physical

conditioning on intercollegiate golfer performance. *The Journal of Strength and Conditioning Research* 20(1): 62-72.

江原義智, 久野譜也. (2017) プロゴルフで求められるエビデンスと研究を実施する際の問

題点. *体力科学* 66(1): 43.

European Tour. (2017) ツアー部門別データ(statistics).

<http://www.europeantour.com/europeantour/stats/index.html>.

Farrally, M. R., Cochran, A. J., Crews, D. J., Hurdzan, M. J., Price, R. J., Snow, J. T., Thomas, P. R. (2003) Golf science research at the beginning of the twenty-first century. *Journal of sports sciences* 21 (9): 753-765.

Fletcher, I. M., Hartwell, M. (2004) Effect of an 8-week combined weights and plyometrics training program on golf drive performance. *The Journal of Strength and Conditioning Research* 18 (1): 59-62.

Fousekis, K., Tsepis, E., Vagenas, G. (2010) Multivariate isokinetic strength asymmetries of the knee and ankle in professional soccer players. *J Sports Med Phys Fitness* 50 (4): 465-474.

Fradkin, A. J., Sherman, C. A., Finch, C. F. (2004) How well does club head speed correlate with golf handicaps?. *Journal of Science and Medicine in Sport* 7 (4): 465-472.

Gordon, B. S., Moir, G. L., Davis, S. E., Witmer, C. A., Cummings, D. M. (2009) An investigation into the relationship of flexibility, power, and strength to club head speed in male golfers. *The Journal of Strength and Conditioning Research* 23 (5): 1606-1610.

Hellström, J. (2009) Competitive elite golf. *Sports Medicine* 39 (9): 723-741.

Hellström, J. (2008) The relation between physical tests, measures, and club head speed in elite golfers. *International Journal of Sports Science and Coaching* 3 Supplement 1: 85-92.

- Hoshikawa, Y., Iida, T., Ii, N., Muramatsu, M., Nakajima, Y., Chumank, K., Kanehisa, H.** (2012) Cross-sectional area of psoas major muscle and hip flexion strength in youth soccer players. *European journal of applied physiology* 112 (10): 3487-3494.
- Hume, P. A., Keogh, J., Reid, D.** (2005) The role of biomechanics in maximising distance and accuracy of golf shots. *Sports Medicine* 35 (5): 429-449.
- Jonhagen, S., Nemeth, G., Eriksson, E.** (1994) Hamstring injuries in sprinters: the role of concentric and eccentric hamstring muscle strength and flexibility. *The American Journal of Sports Medicine* 22 (2): 262-266.
- Jöris, H. J. J., Van Muyen, A. E., van Ingen Schenau, G. J., Kemper, H. C. G.** (1985) Force, velocity and energy flow during the overarm throw in female handball players. *Journal of biomechanics* 18 (6): 409-414
- Joyce, C., Burnett, A., Cochrane, J., Ball, K.** (2013) Three-dimensional trunk kinematics in golf: between-club differences and relationships to club head speed. *Sports Biomechanics*. 12 (2): 108-120.
- 狩野豊, 高橋英幸, 森丘保典, 秋間広, 宮下憲, 久野譜也, 勝田茂. (1997) スプリンターにおける内転筋群の形態的特性とスプリント能力の関係. *体育学研究* 41 (5): 352-359.
- Kawashima, K., Kato, K., Miyazaki, M.** (2003) Body size and somatotype characteristics of male golfers in Japan. *Journal of sports medicine and physical fitness* 43 (3): 334.
- Kellis, S., Gerodimos, V., Kellis, E., Manou, V.** (2001) Bilateral isokinetic concentric and eccentric strength profiles of the knee extensors and flexors in young soccer players. *Isokinetics and Exercise Science* 9 (1): 31-39.

- Keogh, J. W., Marnewick, M. C., Maulder, P. S., Nortje, J. P., Hume, P. A., Bradshaw, E. J.** (2009) Are anthropometric, flexibility, muscular strength, and endurance variables related to clubhead velocity in low-and high-handicap golfers?. *The Journal of Strength and Conditioning Research* 23 (6) : 1841-1850.
- Kim, K. J.** (2010) Effects of core muscle strengthening training on flexibility, muscular strength and driver shot performance in female professional golfers. *International Journal of Applied sports sciences* 22 (1) : 111-127.
- Lamberth, J., Hale, B., Knight, A., Boyd, J., Luczak, T.** (2013) Effectiveness of a six-week strength and functional training program on golf performance. *International Journal of Golf Science* 2 (1) : 33-42.
- Lephart, S. M., Smoliga, J. M., Myers, J. B., Sell, T. C., Tsai, Y. S.** (2007) An eight-week golf-specific exercise program improves physical characteristics, swing mechanics, and golf performance in recreational golfers. *The Journal of Strength and Conditioning Research* 21 (3) : 860-869.
- Lewis, A. L., Ward, N., Bishop, C., Maloney, S., Turner, A. N.** (2016) Determinants of club head speed in PGA professional golfers. *The Journal of Strength and Conditioning Research* 30 (8) : 2266-2270.
- Loock, H., Grace, J., Semple, S.** (2013) Association of Selected Physical Fitness Parameters with Club Head Speed and Carry Distance in Recreational Golf Players. *International Journal of Sports Science and Coaching* 8 (4) : 769-778.
- Masuda, K., Kikuhara, N., Takahashi, H., Yamanaka, K.** (2003). The relationship between muscle cross-sectional area and strength in various isokinetic movements among soccer players. *Journal of sports sciences* 21 (10) : 851-858.

- 松元剛, 安田貴彦, 白木仁. (1995) 大学男子スポーツ競技者の膝関節および体幹の等速性筋力特性. 大学体育研究 17: 49-56.
- Maughan, R. J., Watson, J. S., Weir, J.** (1983) Relationships between muscle strength and muscle cross-sectional area in male sprinters and endurance runners. *European journal of applied physiology and occupational physiology* 50 (3): 309-318.
- McHardy, A. J., Pollard, H. P., Luo, K.** (2007) Golf-related lower back injuries: an epidemiological survey. *Journal of chiropractic medicine* 6 (1): 20-26.
- McHardy, A. J., Pollard, H. P.** (2005) Muscle activity during the golf swing. *British journal of sports medicine* 39 (11): 799-804.
- McNally, M. P., Yontz, N., Chaudhari, A. M.** (2014) Lower Extremity Work Is Associated with Club Head Velocity during the Golf Swing in Experienced Golfers. *International journal of sports medicine* 35 (9): 785-788.
- McTeigue, M., Lamb, S. R., Mottram, R., Pirozzolo, F.** (1994) Spine and hip motion analysis during the golf swing. In *Science and Golf II: Proceedings of the world scientific congress of golf*: 50-58.
- Meister, D. W., Ladd, A. L., Butler, E. E., Zhao, B., Rogers, A. P., Ray, C. J., Rose, J.** (2011) Rotational biomechanics of the elite golf swing: benchmarks for amateurs. *Journal of Applied Biomechanics* 27 (3): 242-251.
- 溝口正人, 羽柴利直, 米山猛. (2005) ゴルフクラブのシャフト長尺化によるヘッドスピードの向上. *日本機械学会論文集 C 編* 71 (703): 966-971

三野耕, 田中譲. (2012) ゴルフ選手のドライバーショットにおける飛距離の形態学的評価.

大阪産業大学人間環境論集 11: 65-74.

宮西智久, 宮永豊, 福林徹, 馬見塚尚孝, 藤井範久, 阿江通良, 岡田守彦. (1999) 投球動作における肘・肩関節の 3 次元動力学的研究—投球上肢の運動パターンと障害発生の可能性との関連—: 体力科学 48(5): 583-595.

文部科学省. (1999) 新体力テスト実施要項(20~64 歳対象).

<http://www.mext.go.jp/component/amenu/sports/detail/icsFiles/afieldfile/2010/07/30/129507903.pdf>.

村松正隆, 星川佳広, 飯田朝美, 井伊希美, 中嶋由晴. (2010) 高校生スポーツ選手の体幹筋群の筋サイズ—性差と競技種目差の検討—. 体育学研究 55(2): 577-590.

Myers, J., Lephart, S., Tsai, Y. S., Sell, T., Smoliga, J., Jolly, J. (2008) The role of upper torso and pelvis rotation in driving performance during the golf swing. Journal of sports sciences 26(2): 181-188.

長嶋淳治. (2016) 公益財団法人日本ゴルフ協会におけるエリートアマチュア選手への医科学サポート (特集 ゴルフ障害の治療・予防・コンディショニング) (現場でのコンディショニングケア). 臨床スポーツ医学 33(3): 298-30.

日本ゴルフ協会. (2012) 日本ゴルフ界の振興のために. JGA Golf Journal. 91(6): 5-13

http://www.jga.or.jp/jga/html/about_jga/image/gj_vol91.pdf

日本ゴルフツアー機構. (2017) ツアー部門別データ.

<http://www.jgto.org/pc/TourStats.do>.

- 日本ゴルフツアー機構. (2017) クオリファイングトーナメント.
http://www.jgto-qt.jp/about_qt.html.
- 日本プロゴルフ協会. (2017) 資格認定プロテスト.
<https://www.pga.or.jp/pro-test/sankou.html>
- 日本プロゴルフ協会. (2017) ティーチングプロ資格認定制度.
<https://www.pga.or.jp/teach/index.html>
- 野澤むつこ, 島典広, 西菌秀嗣. (2006) ゴルフスイング分析データの指導法への活用.
スポーツトレーニング科学 7: 25-28
- 大川昌宏, 菅原勲, 櫻井忠義. (2004) 体幹部の筋横断面積および機能に関する陸上競技
やり投げ選手と他の投擲選手との比較. 体力科学 53(4): 411-423.
- Okuda, I., Gribble, P., Armstrong, C.** (2010) Trunk rotation and weight transfer patterns
between skilled and low skilled golfers. *Journal of sports science and medicine* 9 (1): 127.
- USPGA.** (2017) ツアー部門別データ (statistics).
<http://www.pgatour.com/stats.html>.
- Pink, M., Jobe, F. W., Perry, J.** (1990) Electromyographic analysis of the shoulder during
the golf swing. *The American journal of sports medicine* 18 (2): 137-140.
- Pink, M., Perry, J., Jobe, F. W.** (1993) Electromyographic analysis of the trunk in golfers.
The American journal of sports medicine 21 (3): 385-388.

- Sanchis-Moysi, J., Idoate, F., Dorado, C., Alayón, S., Calbet, J. A.** (2010) Large asymmetric hypertrophy of rectus abdominis muscle in professional tennis players. *PLoS One* 5 (12): e15858.
- Sanchis-Moysi, J., Idoate, F., Izquierdo, M., Calbet, J. A., Dorado, C.** (2011) Iliopsoas and gluteal muscles are asymmetric in tennis players but not in soccer players. *PloS one* 6 (7): e22858.
- 酒井一樹, 吉本隆哉, 山本正嘉. (2013) 陸上競技短距離選手における疾走速度, ストライドおよびピッチとメディシンボール投げ能力との関係. *スポーツパフォーマンス研究* 5: 226-236.
- Santos, D. A., Matias, C. N., Monteiro, C. P., Silva, A. M., Rocha, P. M., Minderico, C. S., Laires, M. J.** (2012) Magnesium intake is associated with strength performance in elite basketball, handball and volleyball players. *Magnesium research* 24 (4): 215-219.
- Sato, K., Kenny, I. C.** (2013) Current golf performance literature and application to training. *Journal of Trainology* 2 (2): 23-32.
- Sell, T. C., Tsai, Y. S., Smoliga, J. M., Myers, J. B., Lephart, S. M.** (2007) Strength, flexibility, and balance characteristics of highly proficient golfers. *The Journal of Strength and Conditioning Research* 21 (4): 1166-1171.
- Sharma, A., Reilly, P.** (2013) A Comparative Study of the Indicators of Success on the PGA Tour: A Panel Data Analysis. *International Journal of Economic Practices and Theories* 3 (1): 29-36.

- Smith, C. J., Callister, R., Lubans, D. R.** (2011) A systematic review of strength and conditioning programmes designed to improve fitness characteristics in golfers. *Journal of sports sciences* 29 (9) : 933-943.
- Smith, M. F.** (2010). The role of physiology in the development of golf performance. *Sports medicine* 40 (8) : 635-655.
- Stockbrugger, B. A., Haennel, R. G.** (2001) Validity and Reliability of a Medicine Ball Explosive Power Test. *The Journal of Strength and Conditioning Research* 15 (4) : 431-438.
- Stockbrugger, B. A., Haennel, R. G.** (2003) Contributing factors to performance of a medicine ball explosive power test: a comparison between jump and nonjump athletes. *The Journal of Strength and Conditioning Research* 17: 768-774.
- 社団法人 日本プロゴルフ協会 資格認証委員会. (2010) PGA 基本ゴルフ教本
FUNDAMENTAL LESSON FOR GOLFERS.
- Teixeira, J., Carvalho, P., Moreira, C., Santos, R.** (2014) Isokinetic Assessment of Muscle Imbalances and Bilateral Differences between Knee Extensores and Flexores' Strength in Basketball, Footbal, Handball and Volleyball Athletes. *International Journal of Sports Science* 4 (1) : 1-6.
- Thompson, C. J., Osness, W. H.** (2004) Effects of an 8-week multimodal exercise program on strength, flexibility, and golf performance in 55-to 79-year-old men. *Journal of aging and physical activity* 12 (2) : 144-156.
- Thompson, C. J., Cobb, K. M., Blackwell, J.** (2007) Functional training improves club head speed and functional fitness in older golfers. *The Journal of Strength and Conditioning Research* 21 (1) : 131-137.

Torres-Ronda, L., Sánchez-Medina, L., González-Badillo, J. J. (2011) Muscle strength and golf performance: A critical review. *Journal of sports science and medicine* 10 (1): 9.

白田滋, 長谷川恵子, 福屋靖子, 宇川康二, 江口清, 福林徹. (1993) 膝前十字靭帯再建術後の早期筋力増強訓練とその効果について. *理学療法学* 20 (6): 392-398.

渡邊信晃, 榎本好孝, 狩野豊, 安井年文, 宮下憲, 久野譜也, 勝田茂. (2000) スプリンターの股関節筋力とスプリント走パフォーマンスとの関係. *体育学研究* 45 (4): 520-529.

Watkins, R. G., Uppal, G. S., Perry, J., Pink, M., Dinsay, J. M. (1996) Dynamic electromyographic analysis of trunk musculature in professional golfers. *The American journal of sports medicine* 24 (4): 535-538.

Wells, G. D., Elmi, M., Thomas, S. (2009) Physiological correlates of golf performance. *The Journal of Strength and Conditioning Research* 23 (3): 741-750.

Weston, M., Coleman, N. J., Spears, I. R. (2013) The effect of isolated core training on selected measures of golf swing performance. *Medicine and science in sports and exercise* 45 (12): 2292-2297.

Wiseman, F., Chatterjee, S. (2006) Comprehensive analysis of golf performance on the PGA Tour: 1990–2004, Perceptual and Motor Skills 102 (1): 109-117.

米本恭三, 石神重信, 近藤徹. (1995) 関節可動域表示ならびに測定法. *リハビリテーション医学* 32 (4): 207-217.