慶應義塾大学学術情報リポジトリ
Keio Associated Repository of Academic resouces

Title	ゴルフ初心者に向けたスイング時の体重移動のフィードバック方法の検討
Sub Title	A study in feedback for golf beginners in weight transfer during a swing
Author	石原, 有紗(Ishihara, Arisa) 石戸, 奈々子(Ishido, Nanako)
Publisher	慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科
Publication year	2021
Jtitle	
JaLC DOI	
Abstract	
Notes	修士学位論文. 2021年度メディアデザイン学 第858号
Genre	Thesis or Dissertation
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=KO40001001-00002021-0858

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

修士論文 2021 年度

ゴルフ初心者に向けた
スイング時の体重移動の
フィードバック方法の検討

慶應義塾大学
大学院メディアデザイン研究科

石原　有紗

本論文は慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科に
修士 (メディアデザイン学) 授与の要件として提出した修士論文である。

石原　有紗

研究指導コミッティ：

石戸 奈々子 教授　(主指導教員)

加藤 朗 教授　(副指導教員)

論文審査委員会：

石戸 奈々子 教授　(主査)

加藤 朗 教授　(副査)

砂原 秀樹 教授　(副査)

修士論文 2021 年度

ゴルフ初心者に向けた
スイング時の体重移動の
フィードバック方法の検討

カテゴリ：デザイン

論文要旨

本論文では、ゴルフ初心者に向けた、スイング時の体重移動についてのフィードバック方法について検討を行う。

ゴルフのスイングについてはセンサーを活用したフィードバック方法の普及が進んでおり、体重移動や力加減といった、目で見ただけでは客観的な把握が難しかった情報が提示されることにより、スイングの習得や上達に大いに貢献している。ある程度実力のあるプレイヤーや、初心者の中でもコースに出られるほどには練習を積んだプレイヤーは、これらの情報を見ることでどうすべきか掴むことができるかもしれない。一方で、まだ始めて間もないプレイヤーが理解するのは簡単ではなく、始めたての初心者に向けた学習段階があることで練習環境を向上できるのではないかと考えた。

そのためにまず、実力の異なるプレイヤー 14 名のスイング時の体重移動を測定し、実力による体重移動の違いについての分析や、違いが顕著にあらわれるポイントについての考察を行う。そしてそれらをもとに、熟練者と初心者の体重移動をマッピングで表示して初心者の反応を観察し、初心者に向けたフィードバックにさらに必要な要素について検討をした。その結果、表示する情報量や表示速度、フォームとの連動等を考慮した設計が必要であることがわかった。そのほか得られたフィードバックをもとに設計について示し、今後の課題としてまとめた。

キーワード：

ゴルフ, スイング, 初心者, 体重移動, フィードバック

慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科

石原　有紗

Abstract of Master's Thesis of Academic Year 2021

A Study in Feedback for Golf Beginners in Weight Transfer during a Swing

Category: Design

Summary

In this research, a study of a feedback method for golf beginners is given, focusing on the weight transfer in a swing.

For golf swings, feedback methods that utilize sensors are becoming more widespread, and by showing information that was difficult to objectively grasp by looking at things such as weight transfer and force adjustment, it contributes greatly to acquire and improvement of a swing. Players with some ability, or beginners who have practiced enough to get on the course, may be able to grasp what to do by looking at this information. On the other hand, it is not easy for players who are just started golf, and it may be possible to improve the practice environment by having a learning stage for such beginners.

For that purpose, first, the weight transfer of 14 players with different abilities were measured during a swing, the difference in weight transfer depending on their abilities were analyzed, and the points where the difference was noticeable were considered. Then, based on the results, the weight transfer of the skilled-player and the beginner were displayed by mapping, the reaction of the beginners were observed, and the factors necessary for feedback to the beginners were examined. As a result, it was found that it is necessary to design in consideration of the amount of information to be displayed, the display speed, the interlocking with the form and the like. Based on the feedback obtained, the design was shown and summarized as a future task.

Keywords:

golf, swing, beginner, weight transfer, feedback

Keio University Graduate School of Media Design

Arisa Ishihara

目　　次

第 1 章　序論 **1**

1.1. 研究背景 1

1.2. 研究目的 2

1.3. 基本的なゴルフ用語 2

1.4. 本論文の構成 3

第 2 章　関連研究 **4**

2.1. 身体動作の習得方法 4

2.1.1　市販のテキスト 4

2.1.2　Youtube 動画 5

2.2. 映像を用いたフィードバック方法 6

2.2.1　映像と書き込みツールを用いた指導 6

2.2.2　CG を用いた遠隔教育支援 6

2.3. センサーを用いたフィードバック方法 7

2.3.1　筋肉活動の可聴化 7

2.3.2　Wii Fit Plus 8

2.3.3　ゴルフのスイングに関するサービス 9

2.4. その他の技術習得支援法 10

2.4.1　身体動作のカップリング 10

2.4.2　ゴルフのスイングと重心・体重移動 10

2.5. 本研究の意義 11

第 3 章　事前準備 **13**

3.1. 初心者と熟練者の定義 13
3.2. アンケート調査 13
3.2.1 調査の目的と概要 13
3.2.2 調査結果 14
3.3. 実験の設計概要 15
3.4. 設計方法 16

第 4 章 測定 **22**
4.1. 体重移動測定の実験 22
4.1.1 実験の目的と概要 22
4.1.2 実験手順 23
4.1.3 実験結果の評価方法 24
4.2. 熟練者の体重移動分析 25
4.2.1 左足における熟練者の体重移動 25
4.2.2 右足における熟練者の体重移動 29
4.2.3 熟練者のまとめ 31
4.3. 中級者の体重移動分析 32
4.3.1 左足における中級者の体重移動 32
4.3.2 右足における中級者の体重移動 34
4.3.3 中級者のまとめ 35
4.4. 初級者の体重移動分析 36
4.4.1 左足における初級者の体重移動 36
4.4.2 右足における初級者の体重移動 38
4.4.3 初級者のまとめ 39
4.5. 初心者の体重移動分析 41
4.5.1 左足における初心者の体重移動 41
4.5.2 右足における初心者の体重移動 42
4.5.3 初心者のまとめ 44
4.6. 考察 45
4.6.1 熟練者、中級者、初級者、初心者の比較 45

4.6.2　違いが顕著に出るタイミングとセンサーの位置 48

第 5 章　フィードバック **52**

5.1. フィードバック方法の設計 52
5.2. 体重移動の表示 52
5.3. 評価 57
5.4. 考察と今後の課題 58

第 6 章　結論 **60**

6.1. 本研究の結論 60
6.2. 今後の課題 61

謝辞 **62**

参考文献 **63**

付録 **65**

A.　測定実験で取得したデータ例 65
B.　被験者の測定結果 66

図　目　次

2.1　テキストの内容例 5
2.2　Wii Fit Plus ゴルフレッスン 8

3.1　圧力センサーに関する回路図 17
3.2　光センサーに関する回路図 17
3.3　光センサー 18
3.4　クラブ通過前 18
3.5　クラブ通過時 18
3.6　圧力センサーの配置 (左) 19
3.7　圧力センサーの配置 (右) 19
3.8　仮実験時の圧力センサー 20
3.9　圧力センサーを固定したインソール 20

4.1　実験の様子 24
4.2　被験者 P (左足) 25
4.3　被験者 Q (左足) 25
4.4　被験者 Y (左足) 26
4.5　被験者 Z (左足) 26
4.6　被験者 P (右足) 29
4.7　被験者 Q (右足) 29
4.8　被験者 Y (右足) 29
4.9　被験者 Z (右足) 29
4.10　被験者 N (左足) 32
4.11　被験者 X (左足) 32

4.12 被験者 N (右足) 34
4.13 被験者 X (右足) 34
4.14 被験者 O (左足) 36
4.15 被験者 R (左足) 36
4.16 被験者 S (右足) 38
4.17 被験者 T (右足) 38
4.18 被験者 V (左足) 41
4.19 被験者 W (左足) 41
4.20 被験者 U (右足) 43
4.21 被験者 W (右足) 43
4.22 被験者 Y(熟練者) のインパクト〜フィニッシュ (左足) 49
4.23 被験者 R(初級者) のインパクト〜フィニッシュ (左足) 49
4.24 被験者 W(初心者) のインパクト〜フィニッシュ (左足) 49
4.25 被験者 Z(熟練者) のアドレス〜テイクバック (左足) 50
4.26 被験者 S(初級者) のアドレス〜テイクバック (左足) 50
4.27 被験者 V(初心者) のアドレス〜テイクバック (左足) 51
4.28 被験者 W(初心者) のアドレス〜テイクバック (左足) 51

5.1 凡例 53
5.2 熟練者の体重移動 54
5.3 初心者の体重移動 56

A.1 Arduino Mega で取得したデータの一部 65

B.1 被験者 M (左足) 66
B.2 被験者 S (左足) 66
B.3 被験者 T (左足) 66
B.4 被験者 M (右足) 66
B.5 被験者 O (右足) 67
B.6 被験者 R (右足) 67
B.7 被験者 U (左足) 67

B.8　被験者 V (右足) 67

第 1 章
序　　論

1.1. 研究背景

ゴルフは老若男女楽しめるスポーツの代表であり、大人になってから始める人も多い。最近では、特に権威のある大会とされるメジャー選手権で優勝するなど、日本人選手の活躍が多く見られる。また、先日行われた全米プロゴルフ選手権で優勝した選手は、最年長記録を更新しての優勝だった。

このような活躍を間近に見たり、社会人になって始める周囲の人に影響されたりすることで、ゴルフを始める人も多いだろう。実際に筆者もその一人だった。しかしいざ始めてみると、なかなかクラブがボールに当たらず、振り方を教わっても同時にやらなければならないことが多く、言われたことを自分の体に落とし込むのに苦労する。これまでの学生生活で、水泳、バスケットボール、ラクロスといったスポーツに取り組んできたが、学習の初期段階において、目に見える成長が感じられるまでのもどかしい期間がゴルフが一番長いと感じた。友人とラウンドをして楽しみたいという気持ちがありつつ、なかなか成長ができず、つまずいてしまう。そんな経験をした。

そこで、同じような経験をしたことのある初心者、もしくはこれから始める人たちに対し、ゴルフのスイングの動作習得に少しでも貢献できる方法はないか、検討することにした。

1.2. 研究目的

ゴルフのスイングを習得するうえで初心者が難しいと感じることの一つは、自身の動作と熟練者の動作の違いを客観的に把握することだ。フォームについては映像や写真で撮影したものを確認すれば把握できるかもしれないが、力加減や体重移動といった目に見えないものの把握は難しい。

このような課題に対し、ゴルフのスイングに関してはセンサーを使用したサービスが多く普及しており、力加減、体重移動、スイングの軌道の客観的なデータが得られるようになっている。ある程度の実力があるプレイヤーや、コースに出られるほどには練習を積んだ初心者は、これらの情報を見ることで理解できるだろう。一方で、コースに出るにはまだ練習が必要な始めたての初心者には、これらの理解が簡単にできるものではないと感じた。

そこで本研究では、始めたての初心者にフォーカスし、彼らの理解につながるような体重移動のフィードバック方法について検討することにした。

1.3. 基本的なゴルフ用語

本論文で用いるゴルフ用語は以下の内容を表す。ここでは熟練者からの説明を参考にした。

- ティーショット ： 各ホールにおける 1 打目
- ドライバー ： 1 番ウッドと呼ばれる、主に長打を目的とする際に使われるクラブ
- アドレス ： 構え
- テイクバック ： スイングの始動
- バックスイング：クラブを振り上げてから切り返すまで
- トップ ： クラブの切り返し地点
- ダウンスイング ： 切り返しから振り下ろし

- インパクト ： クラブがボールに当たる瞬間
- フォロースルー ： クラブがボールに当たった後の、クラブを振り切る動作
- フィニッシュ ： スイングの終わり

1.4. 本論文の構成

本論文は、研究背景や目的について述べた本章を含め、全5章で構成される。第2章では、ゴルフを中心に身体動作の習得方法についての先行研究と既存サービスに触れ、本研究の意義について述べる。第3章では、関連研究、アンケート調査を踏まえて体重移動に着目し、測定実験の設計をする。そして第4章では、初心者と熟練者のスイングのデータを測定し、得られたデータをグラフにして比較しながら考察を行う。その結果をもとに第5章では、熟練者と初心者の体重移動をマッピングで表示しながら、初心者にスイングを行ってもらい、評価を得る。それらをもとに初心者に向けたフィードバック方法を検討する。最後に第6章で本研究の結論、今後の課題について述べる。

第 2 章
関 連 研 究

2.1. 身体動作の習得方法

ゴルフを含め、新たなスポーツを始めた際、初心者はあらゆる方法で動きを徐々に習得していく。現在行われている一般的な習得方法として、自身の手足を指導者に支えてもらい直接動かしてもらうことで習得する方法や、動画や写真を見ながら見様見真似で習得する方法が挙げられる。前者は部活動やスクールで、後者は独学や、指導者からの指導を受けた後の自主練習でよく行われる手法である。

自主練習で使用する教材として、市販のテキストは簡単に手に入れることができ、さらに近年では、プロの選手が実際に動き見せながらポイントを説明した動画を無料で見ることができる。また、映像技術を用いたり動作のセンシングを行うことで、新しいフィードバック方法を試みている研究や既存サービスがある。

本章では、ゴルフを中心に、その他のスポーツも含めた既存の動作の習得方法、フィードバック方法に触れ、最後にそれらを踏まえて本研究の意義について述べる。

2.1.1 市販のテキスト

初心者が動作を学習する方法として、まずは市販テキストの活用が挙げられる。ここでは、鳥井悠治ティーチングプロが監修を務めた初心者向けのテキストである、『ゴルフ for Beginners 2020–21』[1] を例に挙げる。

このテキストでは、ゴルフのルールやマナーから、スイング等の技術的な内容まで、アドバイスや初心者が間違えやすいポイントを、写真や絵を多く用いて解説している。図 2.1 からもわかるように、写真や絵の上から矢印や丸を使用する

ことで、大事なポイントを明確に表示している。

練習場での練習方法のみならず、実際のラウンドにおけるドライバーやアイアン、アプローチ、パット等、あらゆる状況での解説が書かれているため、一冊で基本が身につけられる仕様になっている。

(『ゴルフ for Beginners 2020-21』より引用 [1])

図 2.1 テキストの内容例

2.1.2 Youtube 動画

動画を用いた学習方法は、スポーツの動作のような、一連の流れを習得したい場合に役に立つ。特に近年では、プロゴルファーやコーチが解説している動画を、Youtube で無料で見ることができる。実際にプロやコーチがスイングをしながら、動作を細かく区切って解説をしている動画が多いため、初心者も映像と同じ動作をしながらその場その場のポイントを意識することができる。また、失敗例と成功例の動作と、実際それぞれの場合にどのようにボールが飛ぶかを見ることができる動画もあるため、失敗と成功のイメージを把握しやすくなる。

このように、市販のテキストやYoutube動画は、ゴルフの初心者がプロやコーチによる解説情報を気軽に手に入れることができるという利点がある。しかし一方で、どちらの場合も、学習者が自身の動作と熟練者の動作の差異を客観的に認識することが難しいという課題がある。また、このようなテキストや解説動画でたびたび言及されている、力加減や重心等は、写真や映像、言葉だけでは正確に伝えることが難しいという課題もある。

ここからは、映像にシステムを加える、センサーを使用して動作を計測する等、さらに一歩踏み込んだ情報を学習者に提供することで、動作の習得支援を目指す研究やサービスについて触れる。

2.2. 映像を用いたフィードバック方法

2.2.1 映像と書き込みツールを用いた指導

一らは、大学の実習授業における弓道の射法学習初期段階の指導を対象に、映像を活用したフィードバック方法を提案している [2] 。

従来授業現場で採られていた、単にカメラやビデオカメラで撮影・録画したものを使用する方法では伝わらない、細かいニュアンスを伝えるためのシステムで、「映像合成」と「軌道分析」を特徴としている。受講生の射法動作を正面と側面から撮影し、映像に書き込めるツールや、他者とのフォーム比較の表示、撮影したフォームの一部を複数回分、同一画面上に静止画として残す等の機能を備えている。

この研究から、指導内容をあらゆる方法で視覚的に表示することや、受講生が自身の動きを客観視できるようになることで、受講者の理解度を高める有効性が認められる。

2.2.2 CGを用いた遠隔教育支援

高内らは、3次元コンピュータグラフィック (以下3DCG) 用いた初心者への動作学習支援システムを設計している [3]。この研究では、身体動作の学習をするた

めには正しいフォームの学習がスキル向上につながるとし、可能な限り小さな装置で遠隔学習を支援することを目指している。

予め撮影された熟練者の動作の 3DCG モデルを、学習者の画面に半透明で表示する。そして、その 3DCG モデルの動作と、web カメラによって撮影され、3DCG モデルの背景に表示される学習者の動作を確認しながら学習する。熟練者の動作と自分の動作を重ね合わせていくことで習得を促すものである。ここでは少林寺拳法の動作を例に挙げて実験が行われており、設定されているある範囲から動作がはみ出すと警告が表示され、学習者はフォームを調整する。指導者がいない環境において、ただ熟練者の映像を見て学習する方法では、学習者が自身の動作と熟練者の動作との差異を認識することが難しい。この研究では、その課題を改善し、初心者の動作習得への有効性を示している。

このことから、学習者に対して熟練者の動きとの差異をいかに伝えるかが、動作習得の向上において重要であることがわかる。

2.3. センサーを用いたフィードバック方法

2.3.1 筋肉活動の可聴化

NTT コミュニケーション科学基礎研究所の柏野は、情報通信技術を最大限に活用して、スポーツに関わる潜在脳機能を解明することで、スポーツ上達支援を目指すプロジェクトを進めている。その取り組みの中で、直感的にパフォーマンスの状態を把握できるようにする「感覚フィードバック」をテーマに掲げ、筋活動の可聴化を試みている研究がある [4]。

この研究では、加速度センサーを使用して野球の投球動作を測定し、音に変換している。そして、映像を使用した視覚フィードバックよりも、リアルタイムで聴覚フィードバックを行った方が、投球速度の安定性が見られることを示している。また、複数箇所の筋肉の連動を音でフィードバックし、「理想の音」を目指して投球練習できる方法のほか、ゴルフのパッティングにおいて、過度な筋活動を検出し、「力み」を音で警告することも試みられている。

この研究から、映像からは読み取れない動きを客観的にフィードバックすることで、動作の習得を支援する効果が認められる。

2.3.2 Wii Fit Plus

ゴルフのスイングを客観的にフィードバックする既存サービスに、Wii Fit Plus のゴルフレッスン [5] というものがある。Wii Fit の上に乗ってリモコンを持ってスイングをすることで、重心移動を測定する。その結果からボールの飛距離や方向を示すほか、熟練者の重心移動の特徴と比較してアドバイスを表示してくれる機能もある。

(任天堂 公式サイトより引用 [5])

図 2.2 Wii Fit Plus ゴルフレッスン

このサービスにより、指導者がいない環境でも熟練者との重心移動の比較を知り学習することができるため、ゴルフの初心者に対し新しい価値を提供していると言える。

2.3.3 ゴルフのスイングに関するサービス

ゴルフのスイングについては、センサーを使用した練習方法が多く普及している。ここではいくつかのサービスについて触れる。

まずは、クラブにセンサーをつけてスイングを解析する、ソニーのスマートゴルフレッスン [6] というアプリケーションだ。これは、クラブにセンサーを取り付けてスイングをすることで、スイングの軌道やヘッドスピード等のデータを映像と共にスマートフォンの画面に表示することができるものである。記録したデータをコーチに共有することで、オンラインレッスンを受けることもできる。ある程度スイングを習得できた段階で、クラブの軌道や角度等の細かい部分を学習、修正することでさらなる向上を目指していく際に役に立つ。また、レッスンを受けた後の自主練習での、学習のサポートとしても役に立つ。

次に、Flight Scope Mevo [7] というプロダクトでは、クラブやボールの速度や角度、滞空時間、飛距離等を測定できる。小型でどのような場面においても使いやすくなっているが、数字を中心としたデータの表示となるため、ある程度の実力を持つプレイヤー向けであると言えるだろう。

さらに、スイング時の重心や体重移動を測定することができるものとして、Bodi Trak [8] や、SALTED SMART GOLF INSOLE [9] というプロダクトがある。Bodi Trak はマット、SALTED SMART INSOLE はインソールの上でスイングすることで、重心や体重移動や足圧マップやアドバイスが表示される。SALTED SMART INSOLE では、プロのショットとの比較や、得られるデータを基にしたトレーニングができる等、サービスの幅も広い。重心や体重移動、足圧のデータが、映像でわかりやすく表示されるため、口頭での説明だけでは把握しきることが難しい部分を理解することに役に立つ。また、コーチがレッスンを行う際に導入することで、指導のサポートとしても活躍する。

2.4. その他の技術習得支援法

2.4.1 身体動作のカップリング

ビリヤード初学者に向けて、ストップショットを打てるようになる教本をデザインした砂山の研究がある [10]。

この研究では、熟練者のストップショットについて、目視による観察だけでなく、圧力センサー、加速度センサー、角速度センサー、表面筋電位センサー、ビデオカメラを用いて測定をしている。この測定された値と、同じ熟練者によって事前に口頭で説明されたポイントとがカップリングがされていることを確認し、このカップリングという要素に重点をおいて初学者に向けた教材のデザインを行なっている。最終的に、ストップショットの習得に向け、段階別に目標やポイントが書かれたテキストと、それを補足する Youtube 動画が制作されている。

この研究の特徴は、初学者がペアになってお互いのストップショットを観察し、指摘し合うことで、技術の習得を目指すことにある。実際に、ユーザーテストでは、コツの理解だけでなく初学者がお互いに指摘し合って動作を修正することで、ストップショット習得への有効性が見られたとしている。これまで課題であった、初心者が熟練者の動作との差異を認識できないという点を、他者から指摘を受けられるよう設計することで改善していると言える。

2.4.2 ゴルフのスイングと重心・体重移動

さらに、川島の研究では、ゴルフプレイヤーの身体的特性、クラブを握る力、重心移動、足裏力量等、あらゆる角度からゴルフについて考察を行っている [11]。

重心移動の測定ではフォースプレート (身体の重心点を二足圧から抽出する方法) を使用し、全日本選手クラスの大学ゴルフ選手 4 名に対してドライバークラブでの実打の実験をしている。この実験より、ゴルフスイング中の足圧中心移動軌跡について、アドレス時にはスタンスの中央部、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、インパクトで左足内側近く、そしてフィニッシュでは左足側に移動させているということを明らかにしている。

さらに、足裏にかかる力量 (足裏体重移動) についても分析が行われている。これまであまり見られなかった定量的な分析をするために、特殊小型ロードセルをインナーブーツに挿入し、片足 3 点 (母指球、小指球、かかと) ずつ、計 6 点の足裏力量を測定している。そして、熟練者 7 名と未熟練者 7 名に対して、アイアンクラブでの実打による実験を行った。この測定により、熟練者のスイングは、バックスイングでは右小指球と左かかと部、ダウンスイングでは右小指球部、インパクトでは左足底全体に力をかけているということを明らかにしている。

また、未熟練者が熟練者と比較して、右足裏に力をかけている局面が多く見られたことから、この差が身体の回転やクラブへのエネルギー不足を生み、スイングに影響を与えているのではないかと考察している。

これらの研究から、重心や体重移動についての分析が、身体動作の習得状況の把握や、熟練者と初心者の動作の違いを定量的に評価するために有効であるということがわかった。

2.5. 本研究の意義

本章で触れた先行研究から、身体動作の習得において、初心者が自身の動作を客観的に把握することが重要であることがわかった。近年ではプロが監修したテキストや動画等を気軽に利用でき、初心者がスポーツの動作を学ぶ環境は充実してきている。これらテキストや Youtube 動画では、前述の「自身の動作の客観的な把握」は難しいが、センサーを活用したフィードバック方法の普及により、このような課題は解決されつつある。

既存のセンサーを使用したサービスは、自主練習環境を豊かにし、ある程度実力のあるプレイヤーや、コースに出られるほどには練習を積んだ初心者にとっては、これらのデータを見ることでどこを修正すべきかを掴めるため、スイングの上達や習得に大いに貢献している。一方で、筆者のような、まだクラブを握りたての本当に始めたばかりの人にとって理解につなげるためには、これらのサービスを使う前のもう一つ前の学習段階が必要であると感じた。そこで本研究では、スイング時の体重移動について、始めたての初心者がどのような要素を必要として

いて、どうすれば理解につながるかという観点からアプローチし、フィードバック方法の検討を行う。

第 3 章
事 前 準 備

3.1. 初心者と熟練者の定義

本研究では、初心者と熟練者のスイングについて調査や分析を行う。初心者と熟練者の区分については、平均スコアを基準とし、平均スコア 100 以上のプレイヤーを初心者、平均スコア 90 以下のプレイヤーを熟練者と定める。そして、その中間である平均スコア 90-100 のプレイヤーを中級者と定める。

また、初心者の中には、ラウンドができる程度練習したことのあるプレイヤーもいれば、クラブを握ってまだ数回というプレイヤーもいる。そこで、平均スコア 100-130 の初心者を初級者、それ以外の初心者を初心者と、さらに分類することとする。

3.2. アンケート調査

3.2.1 調査の目的と概要

ゴルフのスイングを習得するにあたり、どのような点を理解するのが難しいと感じるのかを知るため、初心者に対してアンケート調査を行った。また、指導者から見た初心者についても把握するため、誰かに教えた経験がある熟練者に対しても同様にアンケート調査を行った。

【概要】

- 日時 ： 2020 年 6 月 3 日
- 方法 ： オンライン

- 対象者 ： 初心者 4 人、熟練者 2 人
  - 被験者 A(初心者) ： 20 代女性、ゴルフ経験 7 ヶ月
  - 被験者 B(初心者) ： 20 代女性、ゴルフ経験 4 年
  - 被験者 C(初心者) ： 20 代女性、ゴルフ経験 1 年半
  - 被験者 D(初心者) ： 40 代女性、ゴルフ経験 5 年
  - 被験者 E(熟練者) ： 20 代女性、ゴルフ経験 6 年
  - 被験者 F(熟練者) ： 50 代男性、ゴルフ経験 30 年

3.2.2 調査結果

質問内容と得られた回答は以下の通りである。

- 初心者への質問と回答
  1. どのような点を重視した指導を受けているか
     - 左重心を意識して、胸と腕を一緒に回すこと
     - 手打ち癖の修正
     - 足裏の意識 (重心とフォーム)
     - 下ろしてくるときに体が開く、腰が止まる、体を回すのが浅い、等フォーム関連
     - 腕や手に力を入れ過ぎないようにすること
     - 打ったあとのクラブの向き
  2. 教わっても実行するのが難しいと感じること
     - 左重心を意識して、胸と腕を一緒に回すこと
     - フォームの注意点は覚えられるが、それを自分の体で再現すること
     - 手首が解けないようにすること
- 熟練者への質問と回答

1. 初心者はどのような点ができていないと感じることが多いか
   - 効率的ではない体の動きをしている
   - ボールを当てにいってしまう
   - 力任せに打とうとする
   - 軸がブレる
   - ボールの行方が気になり、すぐに顔を上げてしまう
2. 伝えるのが難しいと感じること
   - 無駄がない、効率的な動き
   - クラブの軌道
   - タイミング

この結果から、まず課題として挙げられるのが「フォーム関連」だ。回答内容を見れば、フォーム関連に該当するものがわかる。また、腕や手に力が入り過ぎる、力任せに打ってしまう等から「力加減」が、手打ち癖や軸のブレ、効率的な動きができない等から「重心」が挙げられるだろう。この調査からは主に以上の3点が、初心者が理解するのに苦労しているポイントであることがわかった。

3.3. 実験の設計概要

関連研究から、身体動作習得のためには、初心者が自身の動作と熟練者の動作の差異を客観的に把握することが重要であることがわかった。先行例ではそのためにあらゆる方法が検討されていた。また、アンケート調査より、「フォーム」、「力加減」、「重心」の3点が課題であることがわかった。この中でも、「力加減」や「重心」については、言葉では正確に伝え切るのが難しく、特に初心者が学習の初段階で使用する市販のテキストやYoutube動画では習得しづらい要素である。

そこで本研究では、「重心」に着目し、スイング時の体重移動を測定することでさらに詳しく分析を行うこととする。

ゴルフは状況によって異なるクラブを使用し、振り方も大きく変わる。その中で今回は、他と比較すると足場の状況に左右されにくく、各ホールのスタートとい

う重要な役割を担う、ティーショットにフォーカスして定量的に評価する。実験は、ティーショットで用いられることが多いドライバーを使用して行う。圧力センサーを使用し、実力の異なる男女複数名の、スイング時の体重移動を測定する。

3.4. 設計方法

設計に使用した主なもの：

- Arduino Mega
- 圧力センサー (FSR400) 14 個
- インソール サイズ 3 種類 (24cm、25cm、28cm)
- フォト IC ダイオード (S7565)
- LED(白、黄、緑)

これらを使用し、図 3.1、図 3.2 のような回路を使用した。

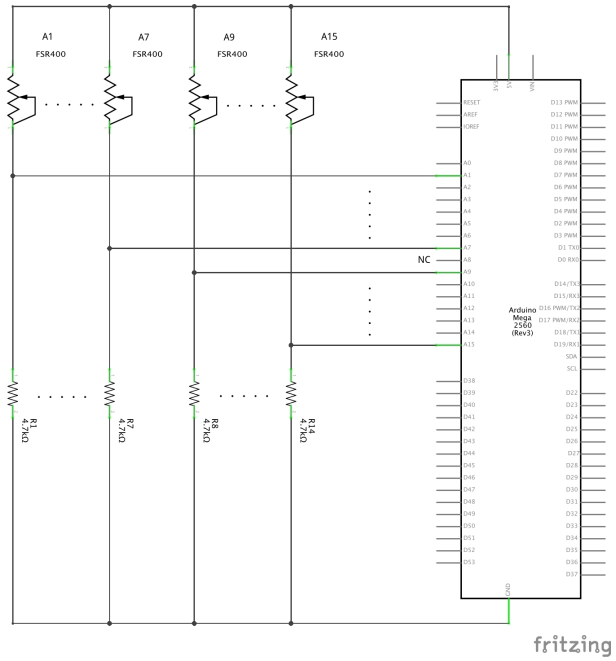


図 3.1 圧力センサーに関する回路図

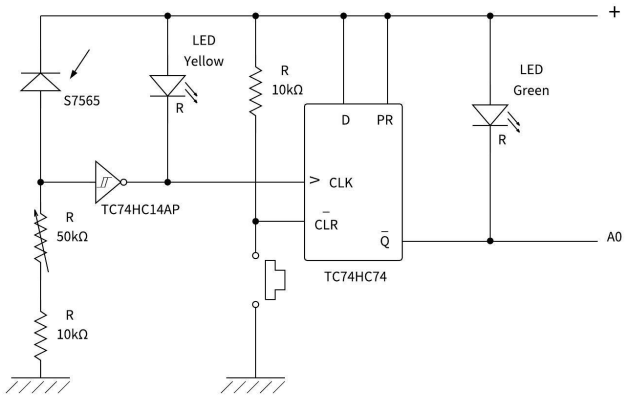


図 3.2 光センサーに関する回路図

図 3.2 で設計した図 3.3 の光センサーは、体重移動の測定時、クラブがボールに当たる瞬間 (インパクト) を特定するためのものである。黒い筒の中にフォト IC ダイオードがある。このセンサーに対し、クラブが通る位置を挟んだ向かい側に、センサーに光がちょうど当たるように懐中電灯を配置する。実験時はこれをボールの位置に設置し、クラブが懐中電灯の光を塞いだ瞬間を D-フリップフロップによって検知する。光を感知している間は黄色 LED が点灯し、これが遮られると黄色 LED が消灯し緑色 LED が点灯する (図 3.4、図 3.5 参照)。

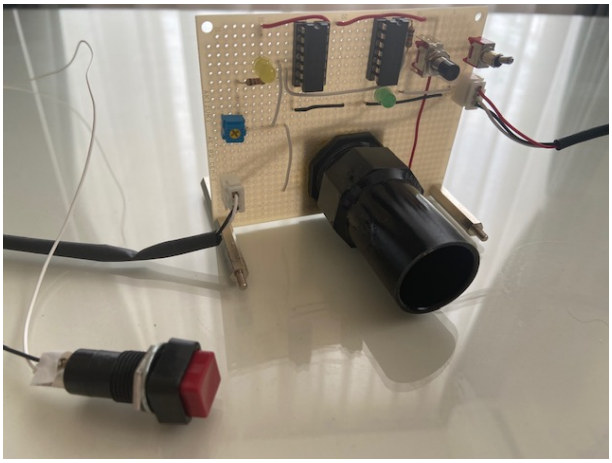


図 3.3 光センサー

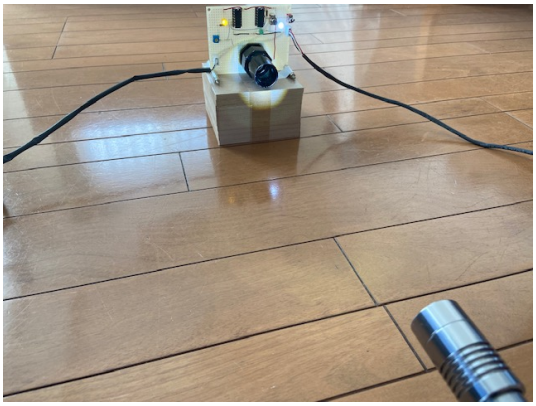


図 3.4 クラブ通過前

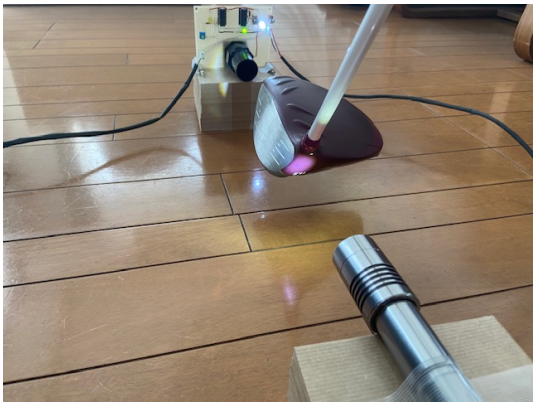


図 3.5 クラブ通過時

また、ティーショットを打つ際のティーの高さは、日本ゴルフ協会が定める「ティーの長さ 4 インチ (101.6mm) 以内」というルールの範囲内でプレイヤーが調整できる。そのため、実験においても被験者ごとに光センサーの高さを調整できるようにする必要がある。そこで本実験では、横 10mm 縦 10mm 高さ 6mm の木の板を複数枚準備し、積み重ねる枚数を変えることで、被験者ごとに普段打つ高さに合わせるようにした。

次に、圧力センサーの配置について検討した。本実験では、身体動作における足裏の圧力の測定を試みている、Wertsch らの研究 [12] と深堀らの研究 [13] を参考に、図 3.6、図 3.7 のように配置した。

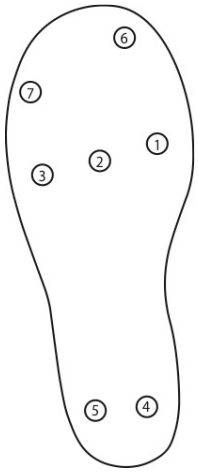


図 3.6 圧力センサーの配置 (左)

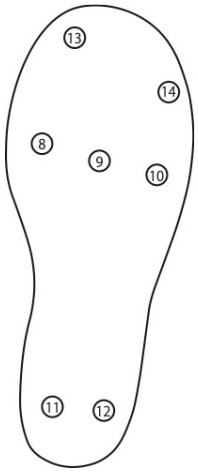


図 3.7 圧力センサーの配置 (右)

これをもとに、初めは図 3.8 のように、アクリル板に被験者の足型を書き写して圧力センサーを配置・固定し、その上に足を乗せるという方法で実験を設計していた。しかし、仮実験を行ったところ、スイング時には足が上下左右にスライドするため、この方法では正確に値を取ることができないということがわかった。また、スイングをするたびに、アクリル板と足の位置を調整して再固定しなければならず実験に時間がかかるほか、一度足の場所を決めると、スイングの直前に一切足を動かすことができないという課題もあった。

そこで、インソールを使用して、図 3.9 のように履くことのできる装置にする

よう再度設計した。これにより、スイング時の足のスライドや、被験者がスイング直前に微調整等で足を動かす際にも、足とセンサーの位置が連動できるよう改善をした。

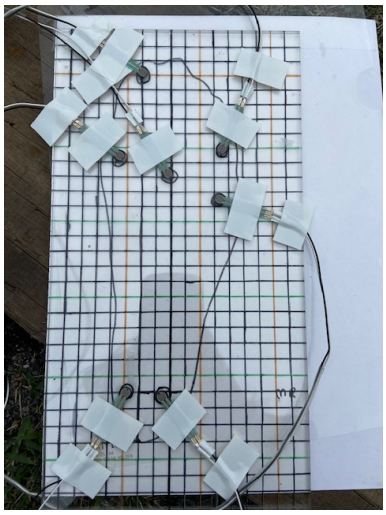


図 3.8 仮実験時の圧力センサー

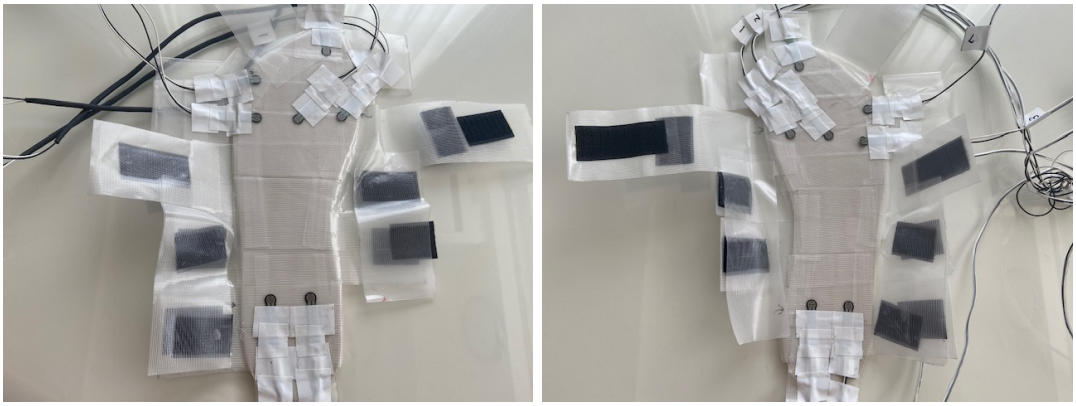


図 3.9 圧力センサーを固定したインソール

使用した圧力センサーは、圧力がかかっていない時に 0 を示し、かかる圧力が大きくなるにつれて示される数値も増加していく。Arduino は、スイング中の光センサー、圧力センサーの合計 15 個の値を、1 秒間に 180 回程度読む。

また、実験時は、足場の状況を揃えるため、そしてインソールを装着してスイ

ングした際の足裏への違和感を軽減するために、左右それぞれの足の下にＡ３大のカッターマットを敷くこととする。

第 4 章
測　　定

4.1. 体重移動測定の実験

4.1.1 実験の目的と概要

設計した測定器を使用して、スイング時の体重移動を測定する。実力と体重移動の関係について考察を行うため、被験者はなるべく経験やスコアが散らばるようにした。

【概要】

- 日時 ： 2021 年 5 月 26 日～2021 年 6 月 11 日
- 場所 ： スイングするスペースが取れる屋外
- 対象者 ： 実力が異なる男女 14 名 (全員右利き)
  - 被験者 M ： 40 代女性、ゴルフ経験 6 年
  - 被験者 N ： 20 代男性、ゴルフ経験 2 年
  - 被験者 O ： 20 代男性、ゴルフ経験半年
  - 被験者 P ： 20 代女性、ゴルフ経験 7 年
  - 被験者 Q ： 50 代男性、ゴルフ経験 30 年
  - 被験者 R ： 20 代女性、ゴルフ経験 1 年
  - 被験者 S ： 20 代男性、ゴルフ経験半年
  - 被験者 T ： 20 代男性、ゴルフ経験 2 年

- 被験者 U ： 20 代男性、ゴルフ経験半年 (5 年前)
- 被験者 V ： 20 代女性、ゴルフ経験 1 週間
- 被験者 W ： 20 代女性、ゴルフ経験 レッスンを 5 回ほど (3 年前)
- 被験者 X ： 30 代女性、ゴルフ経験 12 年
- 被験者 Y ： 50 代女性、ゴルフ経験 40 年
- 被験者 Z ： 60 代男性、ゴルフ経験 50 年

また、3 章 1 節で述べた定義に従うと、被験者は以下のように分類される。

- 熟練者 ： 被験者 P、被験者 Q、被験者 Y、被験者 Z
- 中級者 ： 被験者 N、被験者 X
- 初級者 ： 被験者 M、被験者 O、被験者 R、被験者 S、被験者 T
- 初心者 ： 被験者 U、被験者 V、被験者 W

4.1.2 実験手順

実験は以下の手順に統一して行う。
【事前準備】

1. 被験者の氏名、年齢、足のサイズ、利き手、ゴルフ経験、平均スコアを事前に Google フォームにて回答してもらう
2. 足のサイズに合わせてインソールを準備し、大体の位置に圧力センサーを固定する

【実験当日】

1. 設計した測定器を裸足で装着してもらい、左右それぞれの足の下にカッターマットを敷く
2. 被験者の足に合わせてセンサーの位置を微調整する

3. クラブを実際に構えてもらい、つま先とかかとの幅を記録する
4. 光センサーをボールの位置 (クラブを構えた際のヘッドの位置の真横) に合わせ、高さを調整する
5. スイングをしてもらう (毎回、足とセンサーの位置がずれていないか確認をする)
6. スイングを 5 回測定する
7. 実験終了後、圧力センサー 14 つの配置を左右別に、トレース紙に書き写す

なお、被験者には、光センサーの位置に実際にボールがあると思ってスイングしてもらうよう指示をした。

図 4.1 実験の様子

4.1.3 実験結果の評価方法

実験で測定したデータをグラフにして分析し、熟練者、中級者、初級者、初心者の特徴をそれぞれまとめる。その結果をもとに、熟練者、中級者、初級者、初心者の特徴を比較し、特徴の違いが顕著にあらわれるタイミングやセンサーの場所についての考察を行う。なお、Arduino Mega で取得したデータの例は付録 A.1 に掲載する。

4.2. 熟練者の体重移動分析

4.2.1 左足における熟練者の体重移動

熟練者である被験者 P、Q、Y、Z の左足のグラフを、以下の図 4.2〜図 4.5 に示す。グラフ内のセンサー名は、“Sensor 0” が光センサーを表し、“Sensor 1” から “Sensor 7” については、3 章 4 節で述べた圧力センサーの配置 (図 3.6) に記載された数字とそれぞれ対応している。“Sensor 0” の数値が約 5V から約 0.5V まで下がったところが、インパクトの瞬間である。このインパクトの瞬間を基準に、相対時刻で表示をする。

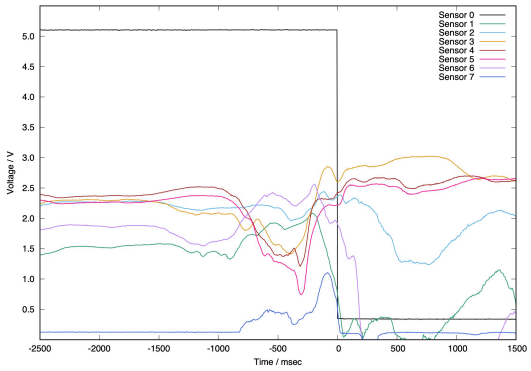


図 4.2 被験者 P (左足)

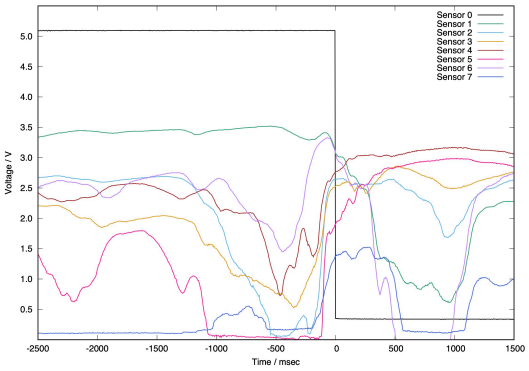


図 4.3 被験者 Q (左足)

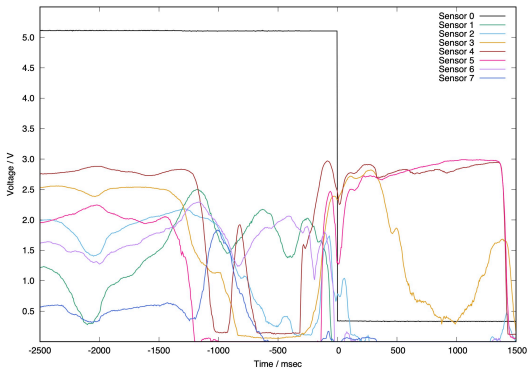


図 4.4 被験者 Y (左足)

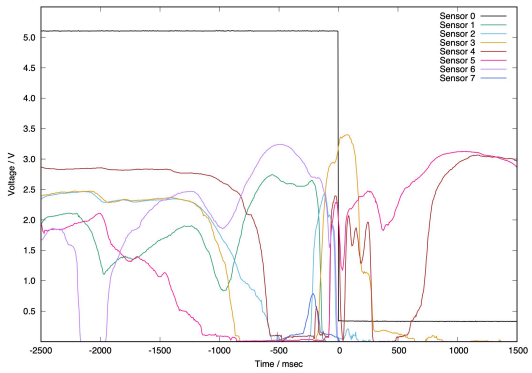


図 4.5 被験者 Z (左足)

この結果をもとに、アドレス、テイクバック、ダウンスイング、インパクト、フォロースルー&フィニッシュの 5 つの局面に分けて考察を行う。また、これ以降ダウンスイングについては、主にインパクトの直前の考察を行うこととする。

- アドレス
  - 突出してどこかに高く体重がかかっているのではなく、足裏全体にかけている
- テイクバック
  - 母指球・親指付近の値が維持または増加し、他の部分の値については減少を始める。(値が維持または増加するのは、被験者 P は “Sensor 1”、“Sensor 2”、“Sensor 6”、被験者 Q は “Sensor 1” のみ、被験者 Y、Z は “Sensor 1”、“Sensor 6” となっており、範囲は違えど母指球と親指付近であると言える)
  - 母指球・親指付近以外の減少について、被験者 Y、Z のように 0 近くまで落ちる、減少幅の大きい被験者もいれば、被験者 P のように減少幅の小さい被験者、被験者 Q のようにその中間である被験者もおり、テイクバックからトップ付近での減少幅については様々

– 被験者 P は、他の 3 名と比較して値の変化の上下差が小さい

これらのことから、アドレスで全体的にかかっていた体重がテイクバックで母指球・親指付近へと移動し、トップ付近の左足では母指球・親指に体重が最もかかっていることがわかる。テイクバックでの変化の幅については、前述の通り個人差があったものの、母指球・親指付近に体重が乗り、その他の部位では値が減少するという傾向が見られた。

- ダウンスイング

  – 被験者 Y、Z は、トップ付近で高い数値を示していた “Sensor 1”、“Sensor 6” の値が、ダウンスイングでインパクトに向けて減少し、代わりに “Sensor 2” ～ “Sensor 5” の値が増加

  – 被験者 P は上記に加え、“Sensor 2” がトップ付近から変わらず高い値のままインパクトに向かう

  – 被験者 Q は、トップ付近で高い数値だった “Sensor 1” が高いままで、他の 3 名よりも遅いタイミング、インパクトを迎える直前で減少を始める

  – しかし、インパクトに向かうにつれて、トップ付近で低かった “Sensor 2” ～ “Sensor 5” の値が増加していることから、母指球と親指に体重が乗りながらも、徐々にかかと側に体重が移動していると考えられる

これらのことから、トップ付近で主に母指球や親指にかかっていた体重が、ダウンスイングからインパクトに向けて、かかとと小指球へ移動していくことがわかった。

また、被験者 P に関しては、ダウンスイングでも他の 3 名と比較して値の変化の上下差は小さかった。

- インパクト

  – 被験者 Y、Z は、“Sensor 3” ～ “Sensor 5” が高い数値

- 被験者 P、Q はこの 3 つに加え、“Sensor 2” も高い数値を示している
- 被験者 Q は、“Sensor 7” にも体重がかかっており、他の 3 名と比較すると、あらゆる箇所に体重がかかっていることがわかる
- 被験者 Q は、インパクト直前から減少を始めた “Sensor 1”、“Sensor 6” について、フォロースルー・フィニッシュに向けて下っているものの、インパクトの瞬間には最も高い値となっている

  この段階ではまだ、かかとや小指球側に体重が移動している途中であると考えられる

これらのことから、被験者 Q に関してはまだ体重の移動途中であるが、インパクトではかかとと小指球に体重がかかる傾向が見られることがわかった。

- フォロースルー&フィニッシュ
  - 被験者 Y、Z は、インパクトと同様に “Sensor 3” 〜 “Sensor 5” が高い数値
  - 被験者 P はこの 3 つに加え、インパクト同様に “Sensor 2” も高い数値を示している

    これについて、被験者 P の “Sensor 1”(母指球) が 0 に近い値を示していることから、センサー 2 に表れている値は、“Sensor 3”(小指球) 側にかけられた体重の一部であると見られる
  - 被験者 Q は、“Sensor 1”、“Sensor 6” の値が減少し、“Sensor 2” 〜 “Sensor 5” が高い数値を示している

    “Sensor 2” に関して、被験者 P と同様に “Sensor 1” の値が低くなっていることから、この “Sensor 2” の値は “Sensor 3” 寄りにかかっているものだと考えられる

これらのことから、フォロースルーからフィニッシュにかけては、インパクト時よりもさらに明確に、かかとと小指球に体重がかかることがわかった。

4.2.2 右足における熟練者の体重移動

熟練者である被験者 P、Q、Y、Z の右足のグラフを、以下の図 4.6〜図 4.9 に示す。グラフ内のセンサー名は、”Sensor 0”が光センサーを表し、”Sensor 8”から”Sensor 14”については、前項同様に、3 章 4 節で述べた圧力センサーの配置 (図 3.7) に記載された数字とそれぞれ対応している。

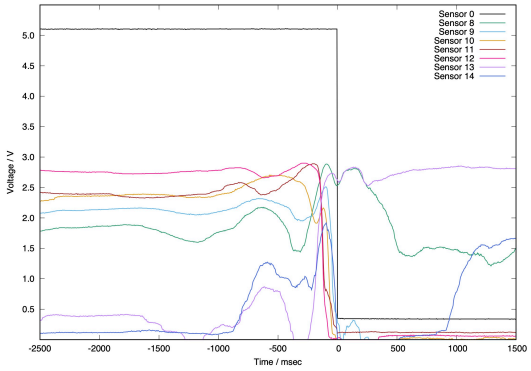


図 4.6 被験者 P (右足)

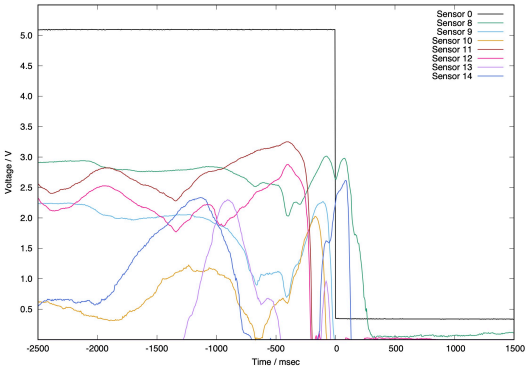


図 4.7 被験者 Q (右足)

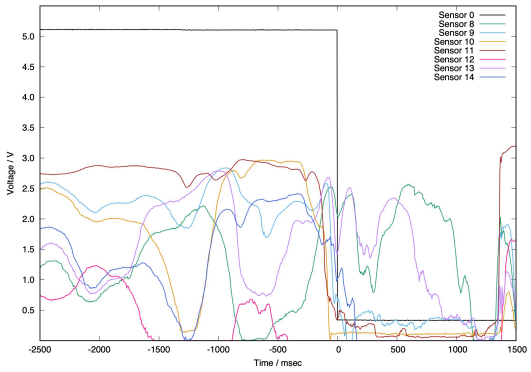


図 4.8 被験者 Y (右足)

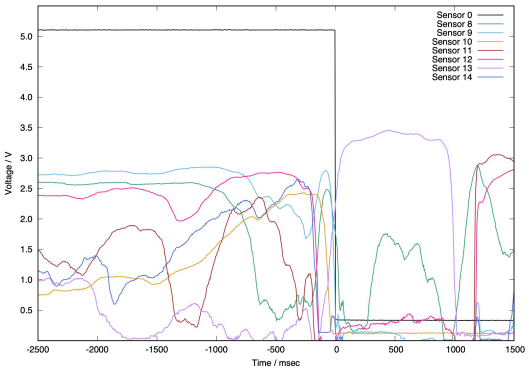


図 4.9 被験者 Z (右足)

右足についても、この結果をもとに、アドレス、テイクバック、ダウンスイング、インパクト、フォロースルー&フィニッシュの 5 つの局面に分けて考察を行う。

- アドレス

  - 足裏全体に体重をかけている
  - 被験者 Y、Z は左足に比べて動きがある

- テイクバック

  - 被験者 P、Y、Z は、“Sensor 9” 〜 “Sensor 12” あたりの値が増加し、他の値が減少する
  - 被験者 Q は、“Sensor 8”、“Sensor 11”、“Sensor 12” の値が増加し、他の値が減少
  - 被験者 P は、変化の幅が小さい

  被験者 P、Y、Z はかかとと小指球に、被験者 Q はかかとと母指球に体重が乗っていることがわかる。母指球か小指球かという点に違いがあるが、かかとに体重が乗っているという点は共通である。これらのことから、テイクバックでは、アドレスの状態から徐々にかかと側へ体重が移動することがわかった。

- ダウンスイング

  - どの被験者も、‘Sensor 9” 〜 “Sensor 12” の値が急激に減少し、“Sensor 8”、“Sensor 13” の値が増加する

  このことから、トップ付近でかかとや小指球にかかっていた体重が、インパクトに向けて母指球や親指へと移動していくことがわかる。

- インパクト

  - どの被験者も、“Sensor 8” に体重がかかっている
  - 被験者 P、Y、Z はこれに加えて “Sensor 13” に、被験者 Q、Y は “Sensor 14” にもかかる

  インパクトでは母指球や親指 (加えて一部の人は小指にも) が高い値を示し、かかとや小指球付近にはほぼ体重が乗っていないことがわかる。

- フォロースルー&フィニッシュ
  - どの被験者も、“Sensor 8”、“Sensor 13” といった、母指球や親指に体重がかかっている
  - 被験者 P、Y、Z についてはその他の値が 0 近くを示している
  - 被験者 Q は “Sensor 14” にもフォロースルーの序盤まで体重がかかる

  インパクトに続いてこの段階でも、かかとや小指球あたりにはほぼ体重が乗らないことがわかった。

4.2.3 熟練者のまとめ

ここまでの分析から熟練者のスイングについてまとめると、以下のようになる。

【左足】

- アドレス ： 足裏全体に体重がかかっている
- テイクバック ： 母指球・親指付近へ体重が移動
- ダウンスイング ： かかとと小指球へ体重が移動
- インパクト ： かかとと小指球に体重がかかる傾向
- フォロースルー&フィニッシュ：かかとと小指球に体重がかかる

【右足】

- アドレス ： 足裏全体に体重をかけているが、左足より動きが見られる
- テイクバック ： かかと側へ体重が移動
- ダウンスイング ： 母指球や親指へ体重が移動
- インパクト ： 母指球や親指、小指に体重がかかる
- フォロースルー&フィニッシュ ： 母指球や親指に体重がかかる

4.3. 中級者の体重移動分析

4.3.1 左足における中級者の体重移動

次に、中級者である被験者 N、X の左足の体重移動について分析を行う。2 名の測定結果を図 4.10、図 4.11 に示す。

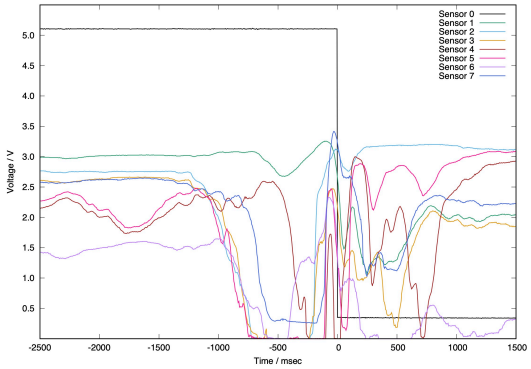


図 4.10 被験者 N (左足)

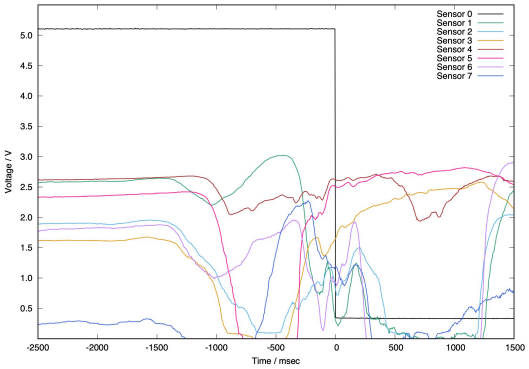


図 4.11 被験者 X (左足)

この結果をもとに、アドレス、テイクバック、ダウンスイング、インパクト、フォロースルー&フィニッシュの 5 つの局面に分けて考察を行う。

- アドレス
  - 足裏全体的に体重がかかっている
- テイクバック
  - どちらの被験者も、母指球・親指付近以外に、かかと内側にも体重がかかっている
  - どちらの被験者も、“Sensor 2”、“Sensor 3”、“Sensor 5” が減少している
- ダウンスイング
  - 被験者 X は、インパクトに向けて母指球の値が減少し、かかとと小指球の値が増加する

  - 被験者 N は、母指球付近での値が高く、インパクトに向けてかかとと小指球は増加するもののインパクト直前に急降下する

- インパクト
  - 被験者 X は、かかとの数値が高く、母指球や親指の数値が低い
  - 被験者 N は、かかとにはほぼ体重が乗っておらず、つま先側に体重がかかる

- フォロースルー&フィニッシュ
  - 被験者 X は、かかとと小指球で高い数値、その他は 0 近くを示している
  - 被験者 N は、かかと以外にも “Sensor 2” で高い数値を示すフィニッシュにかけて母指球の値も増加する

4.3.2 右足における中級者の体重移動

中級者の右足について分析を行う。中級者である被験者2名の測定結果を図 4.12、図 4.13 に示す。

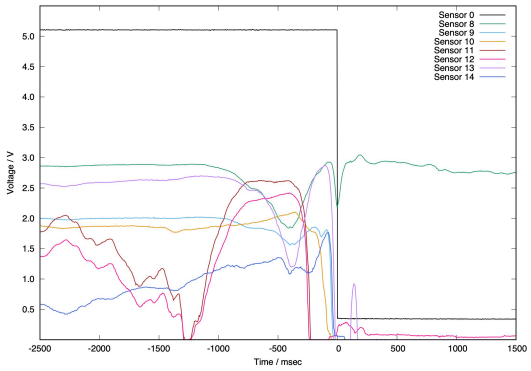


図 4.12 被験者 N (右足)

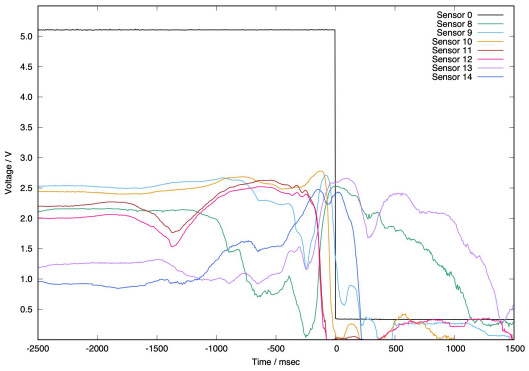


図 4.13 被験者 X (右足)

この結果をもとに、アドレス、テイクバック、ダウンスイング、インパクト、フォロースルー&フィニッシュの5つの局面に分けて考察を行う。

- アドレス
  - 被験者 X は、足裏全体に体重がかかっている
  - 被験者 N は、かかとの値が減少する
- テイクバック
  - どちらの被験者も、かかと、小指球で数値が高くなり、母指球と親指で減少している
- ダウンスイング
  - どちらの被験者も、インパクトに向けてかかとや小指球の値が急降下し、母指球・親指、小指の値が増加している
- インパクト

  - どちらの被験者も、かかとや小指球値が0に近く、母指球・親指付近または小指に体重がかかる

- フォロースルー&フィニッシュ
  - どちらの被験者も、母指球や親指に体重がかかる
  - 被験者Xは、フォロースルーで小指にもかかっているが、かかとや小指球にかかっている被験者はいない

4.3.3 中級者のまとめ

ここまでの分析から中級者のスイングについてまとめると、以下のようになる。
【左足】

- アドレス ： 足裏全体に体重がかかっている
- テイクバック ： 母指球・親指付近とかかと内側に体重が移動する
- ダウンスイング ： かかとと小指球に体重が移動する被験者、母指球に体重が残りかかとの体重が上下する被験者で分かれる
- インパクト ： かかとと小指球に体重がかかる被験者、つま先側に体重がかかる被験者で分かれる
- フォロースルー&フィニッシュ ： かかとに体重がかかるのは共通だが、それに加えて小指球にかかる被験者と母指球にかかる被験者で分かれる

【右足】

- アドレス ： 足裏全体に体重がかかっている被験者1名と、かかとの値が減少する被験者が1名
- テイクバック ： かかと、小指球に体重が移動
- ダウンスイング ： 母指球・親指、小指に体重が移動

- インパクト ： 母指球・親指付近または小指に体重がかかる
- フォロースルー&フィニッシュ ： 母指球や親指、小指に体重がかかる

4.4. 初級者の体重移動分析

4.4.1 左足における初級者の体重移動

初級者の左足について分析を行う。初級者の中から、特徴が出ている被験者 2 名の測定結果を代表として、図 4.14 と図 4.15 に示す。残りの被験者については、付録 B.1〜B.3 に掲載する。

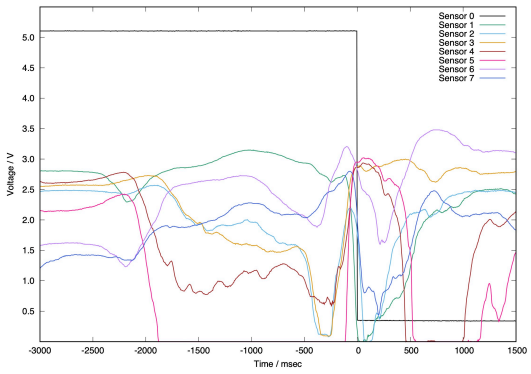


図 4.14 被験者 O (左足)

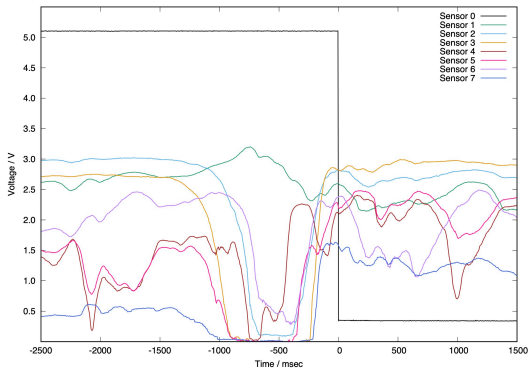


図 4.15 被験者 R (左足)

この結果をもとに、アドレス、テイクバック、ダウンスイング、インパクト、フォロースルー&フィニッシュの 5 つの局面に分けて考察を行う。

- アドレス
  - 足裏全体に体重がかかっている
- テイクバック
  - 被験者 R、S、T は、母指球の数値が高く、他が減少している

  - 被験者 O は、母指球・親指付近の数値が高くかかと側が減少しているが、小指球にも体重が残る
  - 被験者 M、S は、母指球の他にかかと内側で高い数値を示している

- ダウンスイング
  - 被験者 O、T、S は、インパクトに向けて母指球の値が減少し、かかとや小指球付近の値が増加する
  - 被験者 R は、インパクトに向けて母指球にも体重が残るが、かかとや小指球の数値が急激に増加することから、体重は移動していると言える
  - 被験者 M は、インパクトに向けて母指球の値が減少し、かかとや小指球の値が増加するものの、インパクト直前に再び母指球の値が増加する
    また、親指の値もかかとと共に増加している

- インパクト
  - 被験者 O は、かかとと小指球以外に、親指や小指といったつま先側にもある程度の数値が出ている
  - 被験者 M、R、S、T は、足裏のあらゆる部位に体重をかけている

- フォロースルー&フィニッシュ
  - 被験者 O は、フォロースルーでかかとの数値が高いものの、フィニッシュにかけてかかとの値が減少し、母指球付近に体重がかかる
  - 被験者 R は、“Sensor 1”～“Sensor 5” にバランスよくかけおり、足裏全体に体重がかかる
  - 被験者 T は、かかとと小指球で高い数値となっている
    フォロースルーにかけては親指にも体重がかかる
  - 被験者 M は、かかとの他に、母指球付近でもある程度の数値を示し、足裏全体に体重がかかる
  - 被験者 S は、かかとと小指球の他に、親指にも体重がかかる

4.4.2 右足における初級者の体重移動

初級者の右足について分析を行う。初級者のうち、被験者 2 名の測定結果を代表として、図 4.16 と図 4.17 に示す。残りの被験者については、付録 B.4〜B.6 に掲載する。

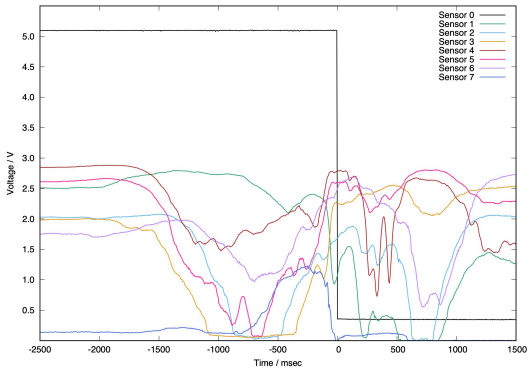


図 4.16 被験者 S (右足)

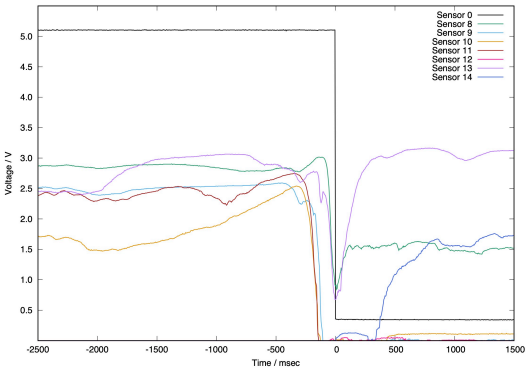


図 4.17 被験者 T (右足)

この結果をもとに、アドレス、テイクバック、ダウンスイング、インパクト、フォロースルー&フィニッシュの 5 つの局面に分けて考察を行う。

- アドレス
  - 被験者 M、S は、足裏全体に体重がかかっている
  - 被験者 R は、かかとの値が低い
  - 被験者 O、T は、アドレスを含めどの局面においても、かかと外側に体重があまりかからない
- テイクバック
  - 被験者 M、S は、かかと、小指球で数値が高くなり、母指球と親指で減少している
  - 被験者 O は、母指球や小指球の値が高く、かかとの値が減少している

  - 被験者 R は、かかとや小指球の値が高くなるものの、母指球付近の値が減少しておらず、足裏全体に体重がかかっている
  - 被験者 T は、アドレスの状態からあまり変化がなく、足裏全体に体重がかかっている

- ダウンスイング
  - T 以外の被験者は、かかとや小指球の値が急降下し、母指球・親指小指の値が増加している
  - 被験者 T は、かかとや小指球の値の減少に加え、インパクト直前に母指球や親指の値も減少する

- インパクト
  - どの被験者も、かかとの体重が 0 に近く、母指球・親指付近または小指に体重がかかる

- フォロースルー&フィニッシュ
  - どの被験者も、母指球や親指に体重がかかる

    被験者 O、S、T は、小指にもかかるが、かかとや小指球にかかっている被験者はいない

4.4.3 初級者のまとめ

ここまでの分析から初級者のスイングについてまとめると、以下のようになる。

【左足】

- アドレス ： 足裏全体に体重がかかっている
- テイクバック ： 母指球に体重が移動する被験者が 2 名、足裏の上半分に体重が移動する被験者が 1 名、母指球とかかと内側に体重が移動する被験者が 2 名

- ダウンスイング ： かかとと小指球に体重が移動する被験者が 4 名、かかとと小指球に体重が移動した後足裏全体に体重がかかる被験者が 1 名
- インパクト ： 足裏全体に体重がかかる傾向
- フォロースルー&フィニッシュ ： かかと体重から母指球体重に変化する被験者が 1 名、かかとと小指球に体重がかかる被験者が 1 名、足裏全体に体重がかかる被験者が 3 名

【右足】

- アドレス ： 足裏全体に体重がかかっている被験者が 2 名、かかとの一部体重が低いまたは減少する被験者が 3 名
- テイクバック ： かかとと小指球に体重が移動する被験者が 2 名、 足裏の上半分に体重が移動する被験者が 1 名、足裏全体に体重がかかる被験者が 2 名
- ダウンスイング ： 母指球・親指、小指に体重が移動する被験者が 4 名、どこにも体重がかからなくなる被験者が 1 名
- インパクト ： 母指球・親指、小指に体重がかかる
- フォロースルー&フィニッシュ ： 母指球・親指、小指に体重がかかる

4.5. 初心者の体重移動分析

4.5.1 左足における初心者の体重移動

初心者の左足について分析を行う。特徴が出ている被験者 2 名の測定結果を代表として、図 4.18 と図 4.19 に示す。残りの被験者については、被験者 W と測定結果が似ていることから、結果は付録 B.7 に掲載する。

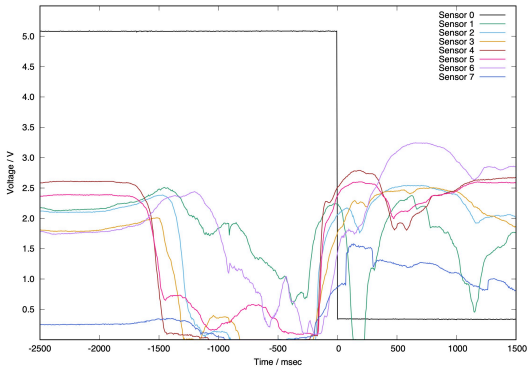


図 4.18 被験者 V (左足)

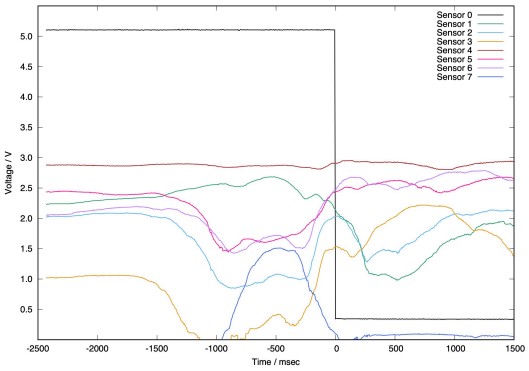


図 4.19 被験者 W (左足)

この結果をもとに、アドレス、テイクバック、ダウンスイング、インパクト、フォロースルー&フィニッシュの 5 つの局面に分けて考察を行う。

- アドレス
  - 足裏全体に体重がかかっている
- テイクバック
  - 被験者 V は、テイクバックに入ると全てのセンサーで減少する
    母指球、親指の数値がアドレス時より増加していないため、母指球を経由せずに右足へ体重が移動していると考えられる
  - 被験者 W は、母指球・親指付近と同じくらいの体重がかかとにもかかっている

  - 被験者 U は、母指球・親指へ体重が移動しつつ、かかと外側にも残っている

- ダウンスイング
  - 被験者 V は、インパクトに向けて全てのセンサーの値が増加する
    増加具合も全センサーで近いことから、トップにかけてほぼ左足にかかっていなかった体重が、インパクトに向けて今度は足裏全体に移動してきていると考えられる
  - 被験者 W は、インパクトに向けて母指球の値が減少し、かかとや小指球で増加するが、増減の幅が小さく、全体的にかかっている中でかなり緩やかに移動している
  - 被験者 U は、インパクトに向けて母指球の値が減少し、かかとや小指球で増加する
- インパクト
  - 被験者 U、V、W は、“Sensor 1”～“Sensor 6” にバランスよく体重がかかり、足裏全体でインパクトを迎えている
- フォロースルー&フィニッシュ
  - 被験者 U、V、W は、インパクト同様、特定のどこかに強くかけるのではなく、足裏全体に体重をかけている

4.5.2 右足における初心者の体重移動

初心者の右足について分析を行う。特徴が出ている被験者 2 名の測定結果を代表として、図 4.20 と図 4.21 に示す。残りの被験者については、被験者 W と測定結果が似ていることから、結果は付録 B.8 に掲載する。

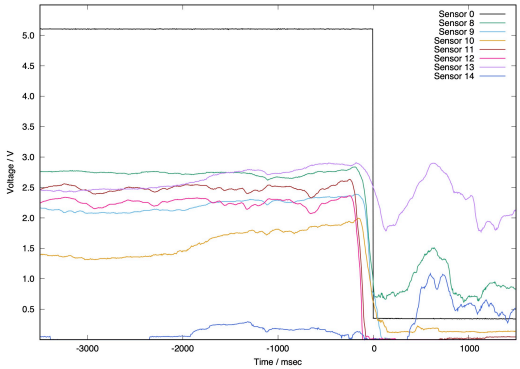


図 4.20 被験者 U (右足)

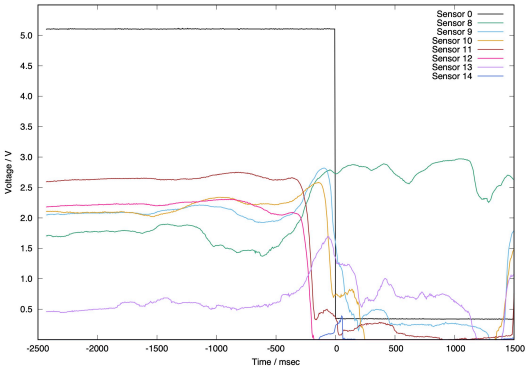


図 4.21 被験者 W (右足)

この結果をもとに、アドレス、テイクバック、ダウンスイング、インパクト、フォロースルー&フィニッシュの 5 つの局面に分けて考察を行う。

- アドレス
  - 足裏全体に体重がかかっている
- テイクバック
  - 被験者 V は、かかと、小指球で数値が高くなり、母指球と親指で減少している
  - 被験者 U、W は、アドレスの状態からあまり変化がなく、足裏全体に体重がかかっている
- ダウンスイング
  - 被験者 U は、かかとや小指球の値の減少に加え、インパクト直前に母指球や親指の値も減少する
  - 被験者 V は、かかとの値が急降下、母指球・親指付近の値が増加するが、小指球は減少が緩やかで、インパクトにかけても体重が残ったままである

  - 被験者 W は、かかとや小指球の値が急降下し、母指球・親指小指の値が増加している

- インパクト
  - どの被験者も、かかとの体重が 0 に近い
  - 被験者 U、W は、母指球・親指付近または小指に体重がかかる
  - 被験者 V は、上記以外に小指球にも体重がかかり、足の上半分全体に体重をかけてインパクトを迎えている

- フォロースルー&フィニッシュ
  - どの被験者も、母指球や親指に体重がかかる

    被験者 V は、小指にもかかるが、かかとや小指球にかかっている被験者はいない

4.5.3 初心者のまとめ

ここまでの分析から初心者のスイングについてまとめると、以下のようになる。
【左足】

- アドレス ： 足裏全体に体重がかかっている
- テイクバック ： どこにも体重がかからなくなる人が 1 名、あまり変化が見られない被験者が 2 名
- ダウンスイング ： 足裏全体に体重が移動する被験者が 1 名、かかとと小指球に移動する被験者が 1 名、かかとや小指球に緩やかに体重が移動する被験者が 1 名
- インパクト ： 足裏全体に体重がかかる
- フォロースルー&フィニッシュ ： 足裏全体に体重がかかる

【右足】

- アドレス ： 足裏全体に体重がかかっている
- テイクバック ： あまり変化が見られない被験者が2名、かかとと小指球に体重が移動する被験者が1名
- ダウンスイング ： 親指に体重が移動する被験者が1名、 母指球・親指、小指に体重が移動する被験者が1名、母指球に体重が移動しつつ小指球にもかかる被験者が1名
- インパクト ： 母指球・親指、小指に体重がかかる被験者が2人、足裏の上半分に体重がかかる被験者が1名
- フォロースルー&フィニッシュ ： 母指球・親指や小指に体重がかかる

4.6. 考察

4.6.1 熟練者、中級者、初級者、初心者の比較

前節で分析した結果をもとに、熟練者、中級者、初級者、初心者のスイングにおける体重移動について比較を行う。

- アドレス

  アドレスに関しては、足裏全体に体重をかけ、安定している被験者が多かったが、変化が見られる被験者についてもそれぞれ体を安定させるために動かしているのであり、この段階での特徴と言えるものはない。

- テイクバック

  テイクバックについて、まずは左足の比較をすると、熟練者はテイクバック入ると、母指球・親指付近へと体重を移動させていく。中級者2名はこれに加えてかかと内側にも体重がかかり、初級者2名についても中級者2名と同じ傾向が見られた。残りの初級者では、熟練者と同様に母指球付近へと体重

が移動する人が2名と、足の上半分に体重が移動する被験者が1名となっている。一方、初心者は、テイクバックに入るとどこにも体重がかからなくなる被験者1名と、変化があまり見られない被験者2名となっている。

次に右足の比較をすると、熟練者はテイクバックに入ると、かかと側に体重を移動させていく。中級者から初心者においても、同様の傾向が見られる被験者がいる。一方で、初級者には、反対に、足の上半分に体重が移動する被験者と、足裏全体に移動させる被験者がいる。初心者については、左足と同様、変化があまり見られない被験者が見られた。

これらのことから、テイクバックに入った際に、熟練者は母指球・親指付近への体重移動、中級者と初級者で少しずつ分散した体重移動が見られるようになり、初心者では体重移動が極端になる傾向が見られた。

一方右足では、熟練者から初心者で、かかと側への体重移動が見られるが、初心者に向かうにつれて、足裏全体に体重がかかる被験者が見られるようになる。

- ダウンスイング

ダウンスイングについて、まずは左足の比較をすると、熟練者はこの段階で、インパクトに向けてかかとと小指球へ体重を移動させていく。そして、中級者から初心者にかけても、基本的にはインパクトに向けて、かかとと小指球へと体重を移動させている。一方で、中級者で、小指球ではなく母指球に体重が乗ったままな被験者が1名いるほか、初級者、初心者にそれぞれ1名ずつ、足裏全体に体重をかけている被験者がいる。

次に、右足の比較をすると、熟練者はインパクトに向けて、母指球・親指へと体重を移動させていく。そして、これに加え小指に体重がかかる人もいるが、基本的には中級者から初心者にかけて同様の傾向が見られる。一方で、インパクトに向けて、どこにも体重がかからなくなる被験者が1名、母指球に加え小指球にも体重が残り、足の上半分に体重がかかる被験者が1名いた。

これらのことから、左足では、熟練者から初心者までの大半の被験者が、インパクトに向けてかかとと小指球に体重が移動させていることがわかった。

そうならない被験者については、中級者から初心者に各1名ずついるため、実力と差異の相関はわからなかった。

一方右足においても、熟練者から初心者までの大半の被験者が、インパクトに向けて母指球・親指や小指付近に体重を移動させていることがわかった。そうならない被験者は、初級者、初心者にそれぞれ1名ずついたが、実力と差異の相関はわからなかった。

- インパクト

  インパクトについて、まずは左足の比較をすると、熟練者はかかとと小指球に体重をかけている。中級者は、かかとと小指球に体重がかかる人と、母指球付近や小指など指の上半分に体重がかかる人がいる。そして、初級者、初心者は足裏全体に体重をかける傾向があることがわかった。

  次に、右足の比較をすると、熟練者は母指球・親指や小指に体重をかけている。そして、中級者、初級者にも同様の傾向が見られ、初心者においても、1名は足裏全体にかけていたが、2名については同様の傾向が見られた。

  これらのことから、左足では、熟練者から初心者に向かうにつれて、インパクト時に体重がかかる場所が、かかとと小指球から足裏全体に分散していく傾向があることがわかった。一方右足では、熟練者から初心者まで、基本的には母指球・親指や小指に体重をかけており、実力による差異はあまり見られなかった。

- フォロースルー&フィニッシュ

  フォロースルーについて、まずは左足の比較をすると、熟練者はインパクトに引き続き、かかとと小指球に体重をかけている。中級者は、かかとと母指球に体重をかける人と、かかとと小指球に体重をかける人の2つに分かれた。初級者は、中級者と同じ特徴を持つ被験者に加え、足裏全体にかける被験者が混在している。そして、初心者は足裏全体に体重をかける傾向が見られた。

  次に、右足の比較をすると、熟練者はインパクトに引き続き、母指球・親指

に体重をかけている。これに加えて小指にも体重がかかる被験者がいるが、基本的には中級者から初心者においても同様の傾向が見られる。

これらのことから、左足では、熟練者から初心者に向かうにつれて、体重がかかる場所が、かかとと小指球から足裏全体に分散していく傾向があることがわかった。その変化の過程で、かかとと母指球に体重をかける被験者が混在する。

一方で右足では、熟練者から初心者まで、母指球・親指、小指に体重をかけており、実力による差異は見られなかった。

以上の局面ごとに比較に加え、全体を通してわかったことについてまとめる。

まず、中級者について、被験者 N と被験者 X の間で大きく異なる特徴が見られる箇所がいくつかある。また、被験者 X の体重移動については、熟練者の傾向とほぼ同様の特徴を示している。この点に関しては、被験者 N と X のゴルフ経験に 10 年ほどの差があるため、この経験年数の差がスイング時の体重移動に影響している可能性がある。

また、比較全体を通して、右足よりも左足の方が人による体重移動の差が生まれやすいことがわかった。このことから、左足の体重移動のさせ方が、スイングに大きく影響している可能性があると言える。

4.6.2 違いが顕著に出るタイミングとセンサーの位置

本項では、14 名の体重移動の比較結果をもとに、実力によって顕著に差が見られるタイミングとそのときのセンサーの位置について考察する。

まず、右足については、体重を移動させる段階で足裏全体に体重をかける被験者が数名いたが、実力による顕著な差はあまり見られなかった。

一方左足では、特に違いがあらわれたタイミングとして、まずはインパクトからフォロースルー&フィニッシュを挙げる。わかりやすく違いを把握するために、インパクトの直前からフィニッシュまでの、熟練者、初級者、初心者のそれぞれ 1 名ずつのグラフを代表として以下の図 4.22〜図 4.24 に示す。

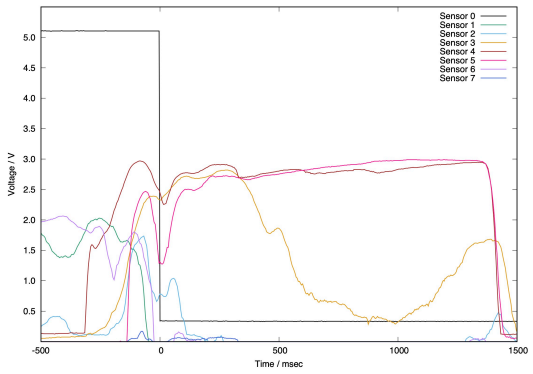


図 4.22 被験者 Y(熟練者) のインパクト～フィニッシュ (左足)

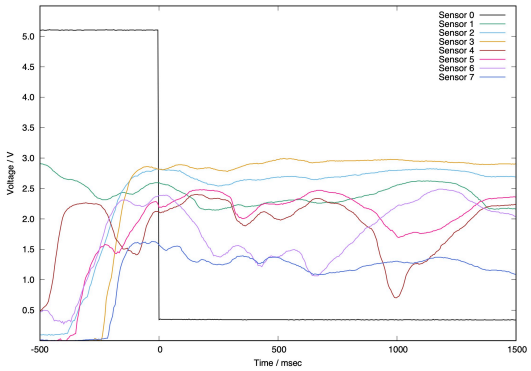


図 4.23 被験者 R(初級者) のインパクト～フィニッシュ (左足)

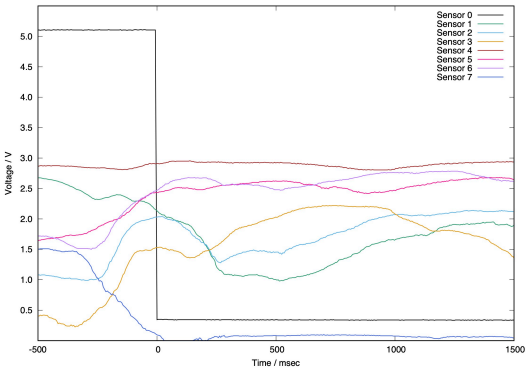


図 4.24 被験者 W(初心者) のインパクト～フィニッシュ (左足)

このグラフからわかるように、インパクトからフィニッシュにかけて、熟練者がかかとと小指球の 3 点に体重をかけているのと比較して、初心者は体重が足裏全体に分散している。インパクトにかけてこの 3 点に体重を乗せ、フィニッシュに向かうことがボールを飛ばす上で重要であると考えられる。

そのためには徐々に体重を移動させていくことが大切であり、テイクバックやダウンスイングの体重移動の重要性が出てくる。移動の過程で足裏全体に体重をかけるのではなく、効率のよい移動をすることが求められる。

そこで、体重をかける位置を移動させているタイミングについて見てみると、切り返し (トップ) に向けたテイクバックの体重移動において、特に熟練者と初心者に差が見られる。

これについてもわかりやすく違いを把握するために、アドレスからテイクバックにかけての、熟練者、初級者それぞれ 1 名ずつと、初心者 2 名のグラフを代表として、以下の図 4.25〜図 4.28 に示す。

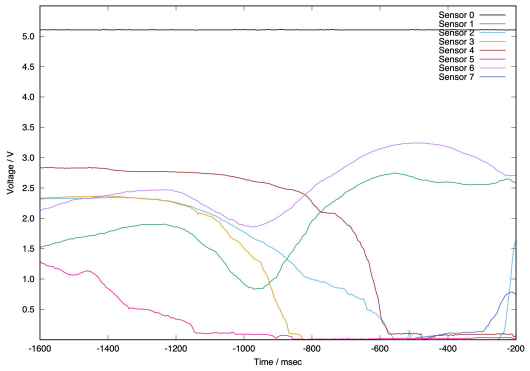


図 4.25 被験者 Z(熟練者) のアドレス〜テイクバック (左足)

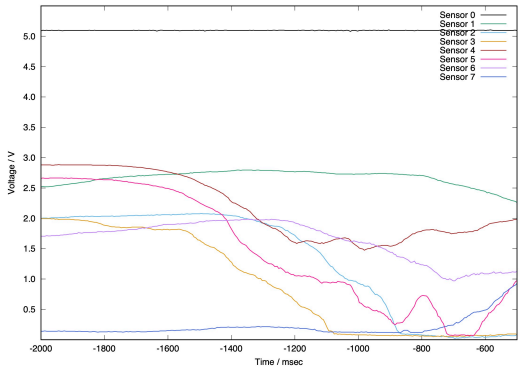


図 4.26 被験者 S(初級者) のアドレス〜テイクバック (左足)

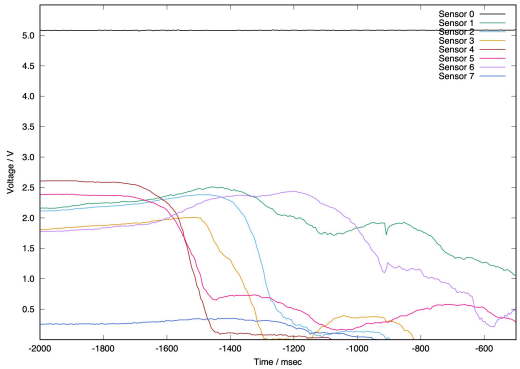


図 4.27 被験者 V(初心者) のアドレス～テイクバック (左足)

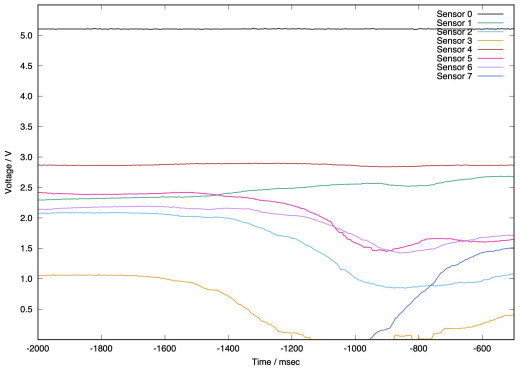


図 4.28 被験者 W(初心者) のアドレス～テイクバック (左足)

熟練者である被験者 Z が、かかと側の値の減少と母指球の値の増加を示している。

一方で、初心者である被験者 V は、かかとの値の減少に続いて母指球の値も減少し、左足にはどこにも体重が乗らない状態になる。逆に、同じ初心者の被験者 W は、ほぼアドレスの状態から体重移動しておらず、初心者の中では体重の移動のさせ方が極端にばらけている。

初級者では、熟練者と同様の特徴が見られる被験者もいるが、被験者 S のように熟練者と初心者の中間くらいの変化を示している被験者もいた。

これらをまとめると、体重移動において、実力による差異は特に左足に出やすく、テイクバックにかけての体重移動と、インパクト～フィニッシュにかけての体重のかけ方には特に差が見られる傾向があることがわかった。

第 5 章
フィードバック

5.1. フィードバック方法の設計

前章の測定結果と考察をもとに、初心者に向けたフィードバック方法の設計を行う。始めたての初心者でも理解ができるような情報提示を目標としていることから、全てのデータを表示するのではなく、まずは熟練者と初心者の体重移動のデータから変化のあらわれるタイミングを 7 か所を抽出し、マッピングによって表示することにした。また、実力による違いがあらわれやすいポイントについては、マークをつけることで強調をするようにした。これを初心者に表示しながらスイングを行ってもらうことで、体重移動を再現する中でどのような反応が見られるか、習得につながる要素はどこにあるのか、どのような情報を提示すればよいのかについて評価を得る。

5.2. 体重移動の表示

熟練者と初心者の体重移動について、前章で得られたデータをもとにマッピングで表示する。測定したセンサーの値を以下の凡例 (5.1) に従って、色の濃淡によって表現する。変化のあらわれるタイミングとして、インパクトの瞬間を基準 (0msec) として、-1500msec、-500msec、-200msec、-50msec、0msec、100msec、500msec の体重の分布を抜き出した。それぞれのマッピングは以下の通りである。

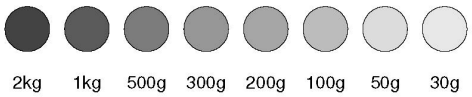
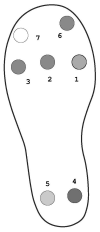
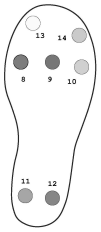


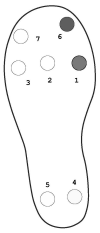
図 5.1 凡例



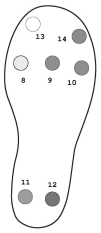
(a) 左足
-1500msec



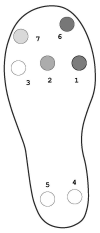
(b) 右足
-1500msec



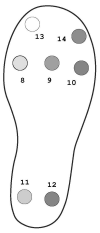
(c) 左足
-500msec



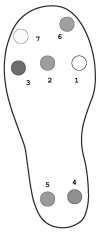
(d) 右足
-500msec



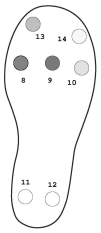
(e) 左足
-200msec



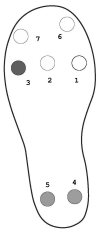
(f) 右足
-200msec



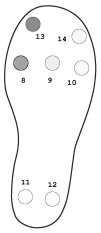
(g) 左足
-50msec



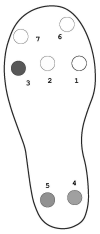
(h) 右足
-50msec



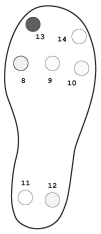
(i) 左足
0msec



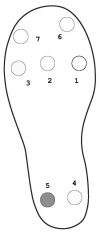
(j) 右足
0msec



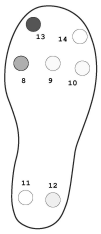
(k) 左足
100msec



(l) 右足
100msec

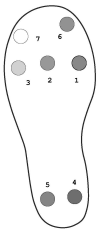


(m) 左足
500msec

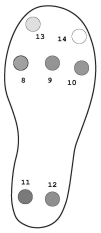


(n) 右足
500msec

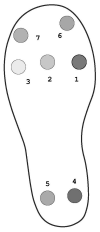
図 5.2 熟練者の体重移動



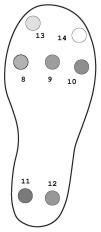
(a) 左足
-1500msec



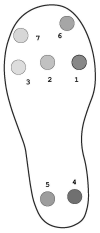
(b) 右足
-1500msec



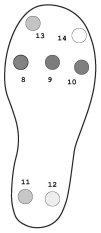
(c) 左足
-500msec



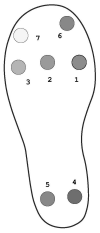
(d) 右足
-500msec



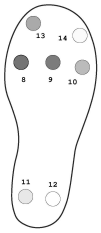
(e) 左足
-200msec



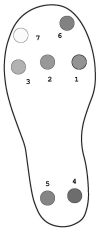
(f) 右足
-200msec



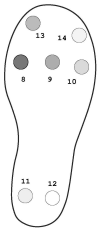
(g) 左足
-50msec



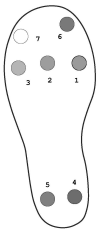
(h) 右足
-50msec



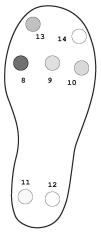
(i) 左足
0msec



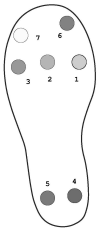
(j) 右足
0msec



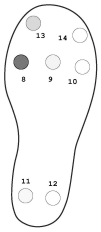
(k) 左足
100msec



(l) 右足
100msec



(m) 左足
500msec



(n) 右足
500msec

図 5.3 初心者の体重移動

熟練者の体重移動と初心者の体重移動を 2 つの画面を使用して、抜き出した時間の左右のマッピングを同時に、比較できるように表示する。特に、前章で明らかにした実力による違いがあらわれやすいポイントについては、マークをつけることで強調した。また、抜き出した時間に関しては、それぞれスイングのどのタイミングに当たるのかを事前に説明した。マッピングの情報を見ながら、クラブを持った状態で初心者にスイングを行ってもらうことで、どのような反応が見られるか観察をする。

5.3. 評価

フィードバック方法について、初心者 4 名から得られた発言をまとめる。

- 表示速度は、慣れるまではゆっくり確認できるようにして、徐々に早めたい
- 体重移動に関しては、最初はこれくらいの情報量の方がわかりやすい
- 体重移動だけだったらできるが、実際にボールがある状態で、フォームなど他の要素が加わった状態で振ろうとすると、当てようという意識になってしまい崩れる
- お手本 (熟練者) の表示は、体重移動だけ見てもどの部分を示しているのか理解するのが難しい

  フォームの映像も一緒にほしい
- 素振りだと、インパクトなどタイミングが明らかにわかる場合は再現がしやすいが、実際にボールがあるときは、インパクト周辺になるほど体重移動への意識が薄れてしまう
- 自分の体重移動の変化はリアルタイムで見られるようにしたい
- 体重移動に合わせるとフォームがぎこちなくなる部分が出てきて、一連の流れとしてスムーズにするのが難しい

- 自分ではやってるつもりが実際にはできてないことがあるので、いっそのこと無理やり体を動かしてくれるものがほしい
- 強調ポイントについては、まだ全体的にできないので特にこの部分だけできないということはないが、間違えないように覚えようという意識はできる

初心者に対する体重移動のフィードバックとして、ポイントだけを抑えて表示する、という点においては効果があると思われる。前章で明らかにした、実力によって違いがあらわれやすいポイントを強調した点については、この段階では特別な効果は見られなかったが、始めたばかりの段階から意識することにはつながる。また、表示方法に関して、マッピングでの表示をした際に初心者から特に戸惑いの様子が見られなかったことから、見てすぐに把握できるものとして継続して利用できると考えられる。

一方で、体重移動を習得するためには、体重移動の情報だけでなく、フォームの映像を同時に表示する必要があることがわかった。さらに、スイングの形が定まっていない初期段階においては、体重移動のフィードバックとフォームのフィードバックを組み合わせていく必要がある。

5.4. 考察と今後の課題

これらの評価から、始めたばかりのゴルフ初心者に向けた体重移動のフィードバックには、以下のような要素を含めた設計が必要であると言える。

- 初めはゆっくり確認しながら振る練習をし、徐々に表示速度を上げる
  - 熟練者の体重移動と初心者の体重移動の表示速度を調整できるようにする
  - そのためには両者のスイングの開始時点を判断して揃える必要があり、加速度センサーを使って振り始めのタイミングを検出する等の設計が必要である

- 初めはポイントを抑えた情報提供が必要である → 習得段階に応じて徐々に増やしていく
  - プレイヤーの習得段階に合わせて、表示する情報量が調整できるようにする
- 体重移動の表示だけでなく、フォームの映像の表示やフォームの学習との組み合わせが必要
  - 熟練者のフォーム映像と体重移動をリンクさせて表示する
- 初心者の体重移動のリアルタイム表示
  - 今回は別々に作業していた値の出力からマッピングでの表示を、一つのプログラムにまとめて同時に行う
- スイングの中でも、体重移動ができているタイミングとできていないタイミングがプレイヤーごとに異なるため、強化部分を選んで重点的に練習できるような機能が次に続くとよい
  - スイングの局面ごとのレッスンを作成し、重点的にトレーニングできるようなコンテンツを作成する

第 6 章
結　　論

6.1. 本研究の結論

本研究では、ゴルフ初心者に向けた、体重移動のフィードバック方法を検討した。ゴルフのスイングについては、センサーを活用したフィードバック方法の普及が進んでおり、自身のスイングについて客観的なデータも得られるようになっている。ある程度実力のあるプレイヤーや、初心者と言ってもコースに出られるほどには練習を積んでいるプレイヤーはこれらの情報を見て理解できるかもしれない。一方で、始めたばかりの初心者に関しては、理解するのは簡単ではなく、始めたての初心者に向けた学習を設計することでより練習環境を向上できるのではないかと考えた。そこで、特にコースに出る前の、始めたばかりの初心者にフォーカスして体重移動のフィードバック方法について検討を行った。

本研究を通じて明らかになったことを以下にまとめる。

- 測定実験について
  - 実力による違いは、右足よりも左足に出やすい
  - 熟練者は局面ごとで体重をかける位置が限定されている一方で、初心者に向かうにつれて足裏全体に体重が分散する局面が増加する
  - 特に、左足のテイクバックの体重移動と、インパクト～フィニッシュにかけての体重移動に実力による差が見られた
    * テイクバックにおいての左足で、熟練者は母指球に体重を移動させる傾向が見られたが、初心者に向かうにつれてこの体重移動が曖昧になったり、右足へ極端に体重を移動させたりする

    - インパクト～フィニッシュにかけての左足で、熟練者はかかとと小指球付近に体重がかかるが、初心者は足裏全体に体重がかかる傾向が見られる

- フィードバック方法検討について
  - あえてポイントだけを抑えて表示することは、習得初期段階の理解に効果があると思われる
  - マッピングによる表示は､初心者が見てもすぐに理解できるものであった
  - 体重移動の習得には、フォームの習得と連動が必要である

  その他、フィードバック方法の検討から得られた考察については、今後の課題として次節にまとめる。

6.2. 今後の課題

第 5 章において初心者から得られた評価をもとに、フィードバックに必要な要素について検討した。特に、始めたばかりの初心者に合わせた学習方法として、表示速度を調整したり、習得段階に応じて与える情報量を調整したりする必要がある。そのために、熟練者と初心者の体重移動について、スイングの開始 (テイクバック) の瞬間を検出し、その瞬間を軸とした体重移動の表示方法の設計や、習得段階に応じたレッスンの構築をしていきたい。また、足圧分布の値の出力からマッピングでの表示を一つのプログラムに統合し、初心者の体重移動をリアルタイムで表示する必要がある。それ以外にも、体重移動と同時にフォームの映像の表示したり、フォームの学習との組み合わせを考慮したりしていかなければならない。

これらを含めたフィードバック方法によって、始めたばかりの初心者にとっても理解につながるような情報を提供することで、自主練習環境の向上を目指していく。

謝　　辞

本研究の指導教員であり、幅広い知見から的確な指導と暖かい励ましやご指摘をしていただきました慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科の石戸奈々子教授に心から感謝いたします。

研究の方向性について様々な助言や指導をいただき、実験設計から論文執筆まで多くのサポートをいただきました慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科の加藤朗教授に心から感謝いたします。

研究指導や論文執筆など数多くの助言を賜りました慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科の砂原秀樹教授に心から感謝いたします。

入学してから共に過ごすことが多かった Policy Project のメンバーの方には、たくさん支えていただきました。ありがとうございます。

また、電子工作やプログラミングの経験がない中取り組んだ測定実験の設計で、加藤教授にはたくさんのご指導、サポートをいただきました。一から叩き上げてくださり本当にありがとうございました。

最後に、本研究を行うにあたり、アンケート調査及び実験にお忙しい中協力してくださった皆様に心から感謝いたします。特に父、母、妹には協力していただいたことが多く、常に前向きになれるようあらゆる面で支えていただきました。本当にありがとうございました。

参 考 文 献

[1] 沢井竜太. ゴルフ for Beginners 2020-21. 晋遊舎, 2020.

[2] 一正孝, 山田佳弘. スポーツ場面における動作分析の 視覚的フィードバックの有効性について. Technical report, 國學院大学, 2008.

[3] 高内一平, 飯田尚紀, 武田昌一. 身体動作に対する遠隔教育支援システム- 動作教育の提示・簡易評価手法の研究-. FIT2006, 2006 年, 2006.

[4] 柏野牧夫. 可聴化による身体運動の表現と調節. 日本音響学会誌, Vol. 76, No. 7, pp. 385–391, 2020.

[5] 任天堂. Wii Fit Plus ゴルフレッスン.

[6] ソニー. スマートゴルフレッスン.

[7] Flight Scope. Flight Scope Mevo.

[8] Enjoy Golf & Sports Japan. BodiTrak.

[9] NOBBY TECH. SALTED SMART INSOLE.

[10] 砂山真. 紅白インストラクションブック：初学者でもプロのようにストップショットが打てるようになる教本のデザイン. Master's thesis, 慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科, 2015.

[11] 川島一明. 身体機能とゴルフの科学. 株式会社 アイ・ケイコーポレーション, 2009.

[12] Jacqueline J Wertsch, John G Webster, and Willis J Tompkins. A portable insole plantar pressure measurement system. *J Rehabil Res Dev*, Vol. 29, No. 1, pp. 13–18, 1992.

[13] 深堀孔明, 坂本大介, 五十嵐健夫. 靴下型圧力センサを用いた足裏ジェスチャ. コンピュータ ソフトウェア, Vol. 33, No. 2, pp. 2_116–2_124, 2016.

付　　録

A. 測定実験で取得したデータ例

output_pa06

```
3247,1019,677,490,473,523,350,665,202,598,386,0,0,0,149,320,6
3252,1019,674,498,478,523,353,664,215,596,354,0,0,0,123,318,5
3258,1019,671,504,485,522,357,664,226,593,314,0,0,0,92,318,6
3263,1019,669,508,489,523,348,663,235,588,280,0,0,0,51,325,5
3268,1020,665,513,493,527,349,660,242,584,249,0,0,0,0,328,5
3273,1019,661,516,494,529,352,656,247,581,207,0,0,0,0,340,5
3278,1019,657,519,495,533,355,651,252,573,135,0,0,0,0,355,5
3283,1018,652,524,499,539,360,644,256,566,88,0,0,0,0,381,5
3289,1019,645,526,502,542,366,638,259,558,39,0,0,0,0,394,6
3294,1019,639,527,502,546,368,634,263,549,18,0,0,0,0,414,5
3299,1019,632,528,503,548,373,629,266,539,0,0,0,0,0,428,5
3304,1019,624,529,504,551,378,621,273,531,1,0,0,0,0,438,5
3309,70,616,529,506,553,383,614,275,527,0,0,0,0,0,451,5
3314,70,612,529,509,554,384,606,280,527,0,0,0,0,0,464,5
3318,70,609,528,509,554,389,600,277,532,0,0,0,0,0,473,4
3323,69,608,530,509,555,390,594,279,539,0,0,0,0,0,479,5
3329,70,604,530,508,556,392,591,279,549,0,0,0,0,0,482,6
3334,70,604,530,508,557,391,588,279,555,0,0,0,0,0,485,5
3338,69,603,530,509,558,393,586,282,562,0,0,0,0,0,488,4
3343,69,602,530,509,559,394,586,280,570,0,0,0,0,0,489,5
3348,69,602,531,509,560,396,584,280,578,0,0,0,0,0,491,5
3353,69,603,530,511,562,398,584,281,583,0,0,0,0,0,494,5
```

図 A.1　Arduino Mega で取得したデータの一部

B. 被験者の測定結果

- 初級者の測定結果

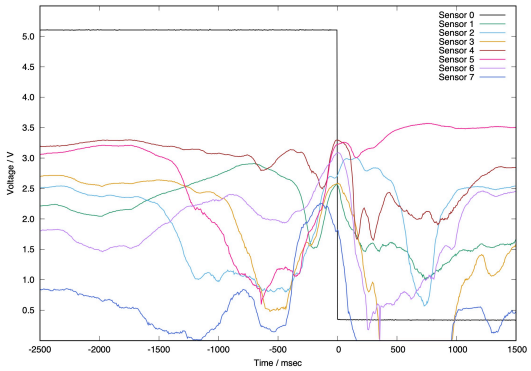


図 B.1 被験者 M (左足)

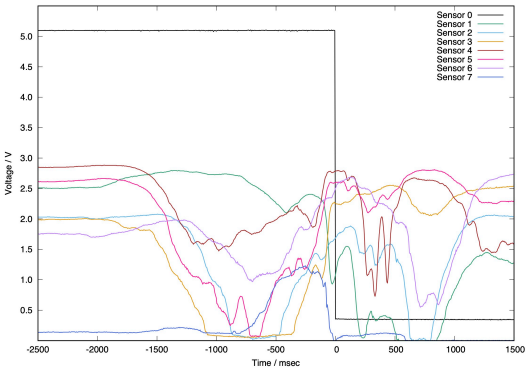


図 B.2 被験者 S (左足)

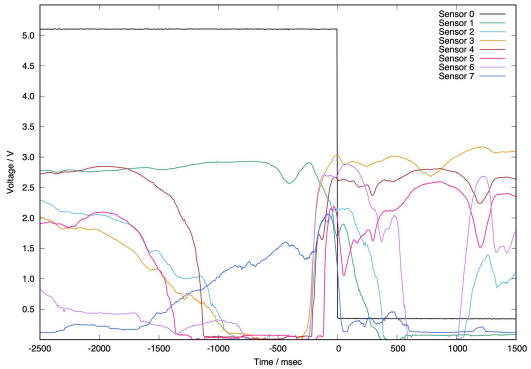


図 B.3 被験者 T (左足)

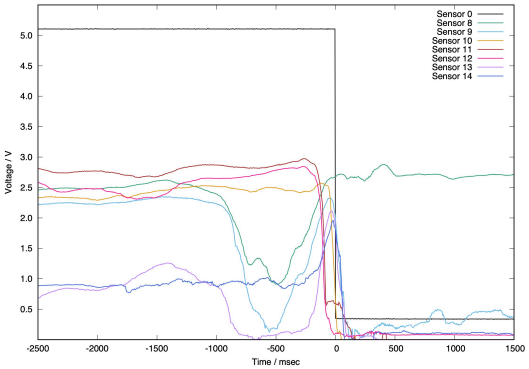


図 B.4 被験者 M (右足)

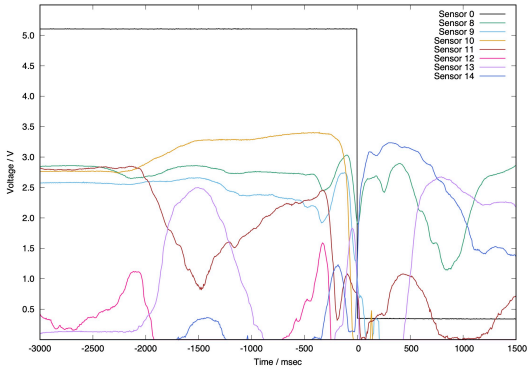


図 B.5 被験者 O (右足)

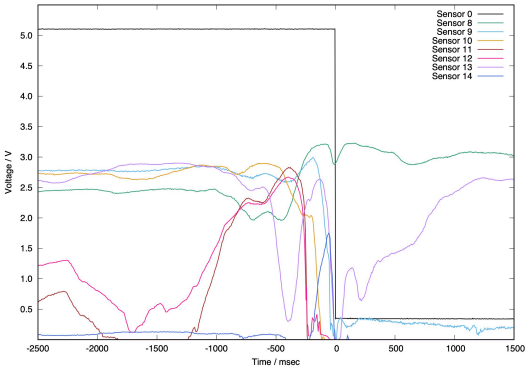


図 B.6 被験者 R (右足)

- 初心者の測定結果

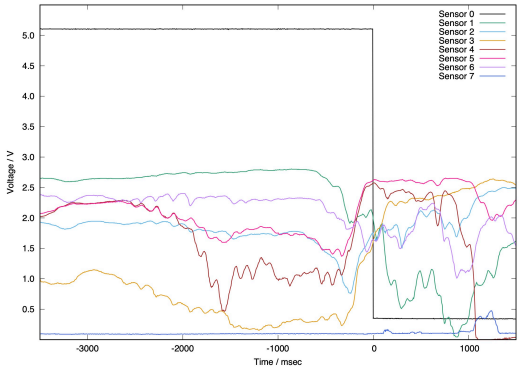


図 B.7 被験者 U (左足)

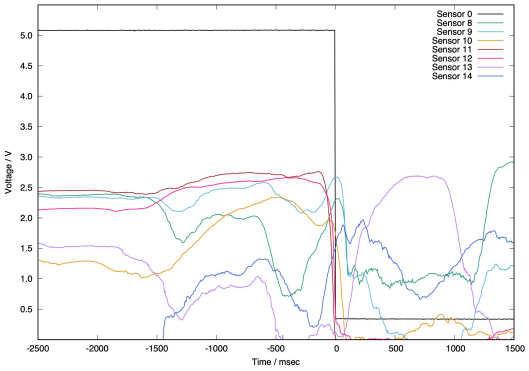


図 B.8 被験者 V (右足)