

素人向けゴルフスイングの効率的指導ポイントの発見

An Important point of golf swing instruction for armature golfers

嶋津恵子¹

Keiko Shimazu¹

¹慶應義塾大学 大学院システムデザイン・マネジメント研究科

¹Keio University, Graduate School of System Design and Management

- **Abstract:** Private lessons from a pro golfer and kinesthetic practice mechanical tools have been introduced for improving golf swing. Although, these costs are high and these are also given time to bear fruit. On the other hand, it can be noticed, according to analyze related works, that there is the critical point of modification of posture for naïve amateur golfers. In other words, they may improve their swing-forms in comparative shorter period. We tried to execute experimental study of inspecting golfers swing using a motion-capture system.

1. はじめに

一般に、ゴルフは他のスポーツと比べ、始めるのに敷居が高いと言われ、また上達の困難さも指摘されている。さらに、素人を対象にした有料の個人指導がこれほど定着しているものは少なく、継続のためのコストも話題に上る。

そこで、本研究では、素人が比較的安価に短期間でゴルフスイングを改善するための方策を検討する。これに当たり、従来研究とは異なり、ゴルフスイングをシステムとしてモデル化する。

研究成果は、手軽に扱えるツールに展開し、利用促進を目指す予定である。

本書は次の構成を採る。2章に先行研究を示し、3章に我々の主張を述べる。すなわち、ゴルフスイングをシステムとした時の基本アーキテクチャ (3.1節) と、動作させた時の時系列フェーズ (3.2節) について示す。特に3.1節に基づく3.2節の特定のフェーズの最適化がスイングの全体最適化に最も影響している可能性があることを説明する。4章に3章で述べた内容を確認する実験の内容と結果を示し、5章に考察を述べる。6章にまとめを記す。

2. 先行研究

ゴルフスイングを工学的に分析し、モデル化する研究は、1930年に、写真技術を用いて状態を記録することから始まった[1]。これによると、正しいゴルフスイングは、クラブヘッドと両手首とボールは、常に平面上に存在し、これは体型や飛球の種類に影響を受けない。さらに1940年に、光跡写真法を利用

して、この平面が円であることが解明された。これはその後のゴルフスイングのモデル化の基礎となり、1957年に、「クラブヘッド軌道(円周)によってできる円盤状の平面」の概念が完成する[2]。その後、このモデルに従っていても熟練者と初心者で、ショットに差が出ることに注目し、詳細化モデル(二次元モデル)が提案された[3]。このモデルが、現在、よく目にするスイングロボットに利用されている。ただし、このモデルは、腕以外の体の動きや状態を表現していない。

国内の研究は2000年前後に開始している。三浦らは、ゴルフスイングのインパクト(クラブがボールに当たった瞬間)に注目し、その状態の速度と回転数による表現を試みている[4]。そして、同じ状態を各種の角度の幾何学的量で表現し、素人に研究成果を利用できる可能性を示した[5]。

また、長尾らは、プロ選手と素人のスイングの差を、5つの属性値すなわち、球初速とダウンスイングに要する時間と、クラブヘッドの速さと、グリップ部の速さと、そしてフォロースルーでの蔵具シャフトの角度変化で観察した。その結果、すべての項目で、約20%程度プロ選手が上回っている[6]。さらにMacCloyは、アイアン3種(3番, 5番, 7番)とピッチング・ウェッジに関し、ハンディキャップ0レベルの選手がいわゆるナイスショットを打った時の特徴を、インパクト時における5つの属性値、すなわちクラブヘッドの打ち出し角度 (Clubhead Angle of attack) と、クラブ速度 (Clubhead Velocity) と、ボール速度 (Ball Velocity) と、クラブ速度とボール速度の比 (Velocity Ratio) と、ボール打ち出し角度 (Launch Angle) と、バ

ックスピン回転率 (Spin Rate) のそれぞれの値で特定した[7]. これらを計測するシステムの代表が、ハリウッドの映画製作会社が開発したゴルフスイング解析用モーションキャプチャー装置である[8].

さらに、植田らは、記録されたスイングのどのシーンに注目すべきかを検討し、12の時系列に並ぶフェーズを特定した. これに対し、前掲のゴルフスイング解析用モーションキャプチャー装置では、これら12のうちの7つのフェーズを採用することで十分だとしている[8].

一般に、ゴルフスイングは、身体の複数の部分と、それらの異なる動きを複雑に組み合わせることで構成されている[9]. そしてこの複雑性を解析することをめざし、最近ではこれらの各部分の動きをモデル化した研究が開始した. つまり、ゴルフスイングの研究は、主に物理学と人間工学に立脚してきた.

そして、教授法に関しては、指導者それぞれの経験に基づくものが多く、指導者に依存した内容がほとんどである. つまり、再利用性の高い汎用的なフレームワークとして成立しているものは、ほとんど無い.

これらに対し、本研究では、ゴルフスイングをシステムとしてとらえ、システムズエンジニアリングの立場から、全体最適化を実現する重要箇所を発見し、そこに焦点を置いた支援ツールを開発することを目指している.

3. ゴルフスイング・システム

3.1 アーキテクチャとシステム統合のタイミング

ゴルフスイングをシステムとして観察すると、そのアーキテクチャは、2つのコンポーネントとそれらをつなぐインタフェースから成る. すなわち、(1)ゴルファー自身の身体と、(2)ゴルフクラブと、両者をつなぐ(3)ゴルファーの両手である. (1)は、インパクト時にエネルギーが最大になるような円運動を(2)に起こさせる装置であり、(3)はこのエネルギーを無駄なく(2)に渡す役割を担う. ゴルフスイングを構成する部分のモデリング研究が、この3視点のそれぞれで行われていることから、このアーキテクチャイメージは、妥当性があると考えられる.

一方、このシステムは、コンポーネントの一つとして人間が用いられていることから、機械システムとは異なり、常時統合されてはいない. インパ

クト時をゴールとし、一定の短い時間だけ密な接続が保たれる. そして、結合された状態(両手の位置等)は、この短い時間内で、変化することはほとんどない. つまり、最初に結合された瞬間の良し悪しが、このシステムの目的であるスイング結果に大きく影響する可能性がある.

この結合のタイミングを推定できるのが、溝口の報告である[10]. これは、インタフェース部分である両手がゴルフクラブをどの程度強く握っているかを計測した報告である. これによると、"Mid Back"の状態が最大であった.

このことから、この状態のときに、システムとして結合されたととらえることができ、この状態が最適化されていることがシステムとして品質の高さに大きく影響すると考えることができる. この着目は、従来ゴルフスイングのトップと言われる状態が重視されていた教授法に対する、本研究の特徴と言える点である.

3.2 ゴルフスイングの最適性判定基準

本書では、ゴルフスイングの最適性を判断する時系列からなるフェーズ群を先行研究に倣い、

"Mid Back"を含む7つを採用する[6]. そしてそれぞれの最適なフォームを、2章に示した先行研究から、表1のように特定した. ここで、シャフトラインは、フェーズが address である時、これを飛球線後方から見たときの、ゴルフクラブシャフトが示す直線である. またスイングラインは、同様にこのフェーズを飛球線後方から見たときの、ボールと首の付け根を結んだ直線である.

本研究では、3.1節に述べたように、Mid Downの状態の重要性に注目している. そこで、このフェーズの最適状態とナイスショットとの関係を調べる実験を行った. 次章でその内容を述べる.

表 1 ゴルフスイングのフェーズ毎の
最適なフォーム仕様

Table 1 Appropriate Golf Swing Forms
for each Phase

フェーズ No.	フェーズ名	最適なフォーム仕様
1	Address	飛球線後方から見て、両肩を結んだラインと両つま先を結んだラインが平行であること
2	Mid Back	飛球線後方から見たとき、背中のラインとリーディングエッジのラインが平行であること
3	Transition	飛球線後方から見て、クラブヘッドが両手と同じ位置、もしくは左にあること
4	Mid Down	アドレス時のシャフトラインと同スイングラインの、2つの線の間にクラブヘッドがあること
5	Impact	右足の踵が地面と接着していること
6	Mid Through	後方から見たとき、クラブヘッドが左肩より左にあること
7	Finish	正面から見たとき、右肩と左足が一直線上にあること

4. ゴルフショットの各フェーズの状態の最適性とナイスショットの関係 確認実験

ハンディキャップ 16 前後の素人のゴルファー 3 人を被験者として、ゴルフショットの各フェーズの状態の最適性とナイスショットの関係を調べる実験を行った。このレベルのゴルファーを被験者として採用したのは、一般的にナイスショットとミスショットを同程度に生産するためである。[6]の環境を利用し、1 打席で獲得できるすべてのデータ属性値を 1 レコードとして記録した。3 人の被験者は、それぞれ 6 球、13 球、13 球を打ち、25 レコードを収集した。属性の値を参照し、3.2 節に示した 7 つのフェーズの最適性と、その時にナイスショットを生産したかどうかを調べた(図 1)。ナイスショットの判定は、の報告に従い、インパクトにおける クラブ速度 (Clubhead Velocity) とボール速度 (Ball Velocity) とボール打ち出し角度 (Launch Angle) のそれぞれの値を採用した (表 2)。ここで、先行研究におけるこれらの値は、ハンディキャップ 0 レベルのゴルファーを対象に観察した結果である。そこで、[2-7]を参照し、すべての基準値を 20% 下げ、そのすべてに合致する記録をナイスショットとした。

表 3 に、表 1 の 3 列目の各セルに示した 7 つのフェーズごとに、フォームが最適であったかどうかと、その時ナイスショットであったかどうかの関係を、精度と再現率で示す。このとき、精度は、(ナイスショットであり、かつ当該フェーズのフ

ォームが最適であったレコード数/ナイスショットであったレコード数) で求め、再現率は、(当該フェーズの状態が最適であり、かつナイスショットであったレコード数/当該フェーズの状態が最適であったレコード数) で求めた。

その結果、Mid Back のスイングの状態が最適であったことと、ナイスショットであることとの関係は、精度 1.000 で再現率は 0.440 であった。精度に関し、ナイスショットであることに対し高い数値を示したのは、Mid Back に続き Mid Down の 0.818 であった。そして、再現率に関し、最も高い数値を示した Transition の 0.500 であり、Mid Back はこれに続いている。一方、最も低い精度と再現率は、前者が 0.455 の同値で Transition, Mid Through, Finish であり、そして後者は 0.263 の Mid Through であった。



図 1 本実験で使用したゴルフスイング解析用モーションキャプチャー装置

Figure 1 Motion Capturing System for Golf Swing

表 2 ナイスショット判定基準

Table 2 Meteorix of "Nice Shots"

ナイスショット判定要素	ナイスショットの基準
Clubhead Velocity (m/s)	≥ 30.3
Ball Velocity (m/s)	≥ 41.0
Launch Angle (degree)	$\geq 16.3, \leq 20.9$

3つの属性の値がいずれも基準内であるデータを、ナイスショットとして特定

表 3 各フェーズで最適なフォームだったかどうかと、ナイスショットを生産したかどうかの関係

Table 3 Relationships between Appropriate Formes and Nice shots

		精度	再現率
Adress	の状態が最適であることと、ナイスショットの関係	0.545	0.333
Mid Back	の状態が最適であることと、ナイスショットの関係	1.000	0.440
Transition	の状態が最適であることと、ナイスショットの関係	0.455	0.500
Mid Down	の状態が最適であることと、ナイスショットの関係	0.818	0.429
Impact	の状態が最適であることと、ナイスショットの関係	0.545	0.400
Mid Through	の状態が最適であることと、ナイスショットの関係	0.636	0.368
Finish	の状態が最適であることと、ナイスショットの関係	0.455	0.333

精度 = (ナイスショットであり、かつ当該フェーズのフォームが最適であったレコード数) / (ナイスショットであったレコード数)

再現率 = (当該フェーズの状態が最適であり、かつナイスショットであったレコード数) / (当該フェーズの状態が最適であったレコード数)

5. 考察

実験の結果、Mid Back のスイングの状態が最適であったことと、ナイスショットであることとの関係は、精度 1.000 で再現率は 0.440 であった。精度に関し、ナイスショットであることに対し高い値を示したのは、Mid Back に続き Mid Down の 0.818 であった。そして、再現率に関し、最も高い数値を示した Transition の 0.500 であり、Mid Back はこれに続いている。一方、最も低い精度と再現率は、前者に関し 0.455 の同値で Transition, Mid Though, Finish であり、後者に関しては 0.263 の Mid Though であった。

我々は、ゴルフスイングをシステムとして観察すると、時系列にならぶ 7 つのフェーズの中で、Mid Back の状態の時、システム統合が実施されたとみなすことができると考えた。従ってこの状態のフォームの最適化状況が、このシステムが最終的にナイスショットを生産できるかどうか大きく影響する可能性がある。4 章は、これを確認するために、おこなった検証実験である。

実験は、時系列に並ぶ Mid Back を含む 7 つのフェーズのそれぞれが、最適なフォームであったかどうかと、その時ナイスショットを生産したかどうかの関係を求める方法でおこなった。関係性は、精度の再現率の 2 つの値で求めた。

実験の結果、Mid Back が最適なフォームであったかどうか、ナイスショットの生産に大きく関係していることがわかった。特に精度は、1.000 であり、必ずこの状態が満たされていることがわかる。再現率の値を考慮に加えても、本実験では、我々の想定通りの結果がえられたといえる。

これに続く高い値を見ると、Mid Back から

その一方で、今回の実験は考察を行うには、データ数が十分ではない。また、被験者が素人としては中程度以上のスキルを有していたことも検討すべき点である。このレベルのゴルファーは、自身のフォームがある程度固定されており、従って、ナイスショットを生産するときとそうでないときのフォームに優位と判断できる差が（プロ選手ほどではないが）発生しにくい。本研究の動機が、素人初心者のゴルフの上達に寄与することを目指している点からも、被験者のスキルに関しては再考を要すると考えられる。

我々は、データの量と質の両面から再検討し、再度実験を行う。

6. まとめ

一般にゴルフの技術を取得する方法として、専門講師によるレッスンの受講や、高機能の練習器具の利用があるが、コストが高く効果が現れるまでに時間を要する。一方、いくつかの先行研究を整理すると、ゴルフスイングのモデルを構成する時系列フェーズの特定個所に集中して矯正することで、初心者ゴルファーが、比較的短期間で技術習得が出来る可能性があることを発見した。具体的には、ゴルフスイングを時系列に並ぶフェーズで区切った時、Mid Back として特定される状態の最適化である。このフェーズのフォームが最適化されているかどうか、ナイスショットを生産できるかどうか強く影響している可能性を、システムとして検討することで、事前に想定した。さらに、実際に素人のゴルファーを被験者とし、ゴルフスイング解析用のモーションチャプター装置を使った実験を行った。この結果から、事前の想定がある程度有効性がある可能性を確認した。今後、データ数を有効値まで増やして検証を行うことと、それらの結果を利用した素人初心者向けゴルフスイング矯正用ツールを開発する予定である。

謝辞

本報告は、慶應義塾大学大学院システムデザイン・マネジメント研究科修士 2 年生の中濱正宜君の修士研究の一部である。

参考文献

- [1] Duncan J.: Natural golf, G.P. Puntnam's sons, pp.80,86,95, (1931)

- [2] ホーガン,B(水谷準訳): モダン・ゴルフ, ベースボールマガジン社, (1958)
- [3] Coleman S.G.S., Ritchie S.: Mathematical Comparison of Swing Planes With and Without the Explanar® Trainer, Science and Golf V, AZ:Energy in Motion, p263-p269, (2008)
- [4] Miura K, and T Naruo.: Use of mapping of launching to understand golf ball trajectory, 4th international Conference on the Engineering of Sport, Kyoto, (2002)
- [5] 三浦 公亮: ゴルフインパクトの「左手の法則」とインパクトの補正, symposium on human dynamics, Vol. 2003, pp.73-78, (2003)
- [6] 長尾愛彦, 体力とスイングの軌跡について, 学術研究紀要第10号 (1993年9月)
- [7] McCloy, Alex J., Eric S. Wallace, and Steve R. Otto. "Iron Golf Club Striking Characteristics for Male Elite Golfers." The Engineering of Sport 6. Springer New York, pp. 353-358. (2006)
- [8] [2-9] CENTER OF EXCELLENCE.: THE MAT-T EXPERIENCE, <http://www.experiencetaylorlormade.eu/coe/mat-t>, (2013年9月20日参照)
- [9] [2-11] 赤池 弘次: モデリングの技 : ゴルフスイングの解析を例として(<特集>モデリング-広い視野を求めて-), オペレーションズ・リサーチ : 経営の科学, Vol. 50, No. 8, pp. 519-524, (2005)
- [10] 溝口正人, ゴルフスイングにおけるグリップ力の測定, ジョイント・シンポジウム講演論文集 : スポーツ工学シンポジウム : シンポジウム:ヒューマン・ダイナミックス : symposium on sports engineering : symposium on human dynamics, pp. 84-87, 2003-11-0 (2003)