

数理科学実践研究レター 2023-10 May 09, 2023

ゴルフスイング中の上体の使い方に対する
図形的アプローチ

by

桑 潤哉



UNIVERSITY OF TOKYO
GRADUATE SCHOOL OF MATHEMATICAL SCIENCES
KOMABA, TOKYO, JAPAN

ゴルフスイング中の上体の使い方に対する図形的アプローチ

桑潤哉¹ (東京大学大学院理学系研究科)

Jun'ya Kume (Graduate School of Science, The University of Tokyo)

概要

ゴルフスイングの数理モデルにおいては、例えば右腕であったり下半身の運動といった自由度が省略されて計算されることが多い。しかしながら、初心者のスイングの悪癖は様々な箇所に見ることが予想されるため、それらの省略されている箇所の運動についての理解を深めることは、より効果的な初心者指導のためには不可欠である。本研究では特にスイング時の上体の使い方に着目し、両腕が形成する三角形ないし五角形を通して運動を評価する方法を提案する。また、このような手法の実現に向け、準備的な考察を行った。

1 はじめに

近年人気が高まりつつあるゴルフであるが、初心者の定着が課題と言われている。というのも、ゴルフスイングの習得自体が実は容易ではなく、自分が思った方向により遠くに飛ばす、ということが実現できるようになるまではかなりの時間がかかるという。このような状況で初心者を定着させるには、より効果的な初心者指導を実現することで、上達を容易なものとする必要がある。そしてその実現には、数理科学の応用が有用であると期待される。

スポーツ工学の分野において、ゴルフスイングは長らくの研究対象であった。一見複雑そうなその運動の本質は、実は左腕一本の胴体の運動として記述・理解することができる [1]。実際のゴルフの指導教本でも右腕は添えるものと表記されているため、図 1 に示したこのモデル化はある意味では的を射ているのである。



図 1: 参考文献 [1] より抜粋。スイングの数理モデルの自由度の例。

しかし、このような理想化されたモデルは、「理想的なスイング」をするプロに対してならまだしも、身体の様々な箇所に見られるであろう「初心者のスイング」を理解するにはあまり有用ではないと言える。ところが、右腕一本であろうと余剰な自由度を追加してしまうと、スイングの運動を力学的に解くことは困難となってしまいます。言い換えれば、余剰な自由度を含めたスイングを理解・評価するには、既存の力学的なアプローチとは異なる手法が必要なのである。そのような「非理想的なスイングを評価する方法」を確立することは、効果的な初心者指導の実現に繋がるものであるため、極めて重要な課題であると言える。そこで我々は、そのような余剰な自由度も含めて運動を理解し、定量的に評価する方法についての考察を行った。本研究では特に、右腕を含めた上体の運動に着目し、定量的評価の方法の提案 (第 2 節) と、その実現に向けた準備的な考察 (第 3、4 節) を行った。

¹kjun0107@resceu.s.u-tokyo.ac.jp

2 両腕の形成する図形に基づいた評価

本節では、右腕を含めた上体の運動を定量的に評価する方法を提案する。第1節で述べたように、基本的には右腕の役割は、左腕の運動をフォローし、支持することである。余計な力が右腕に入ることを防ぐために、「両腕の描く三角形が崩れないように」、「腕で大きなボールを挟み、それを潰さないよう抱えたまま」などのアドバイスがされる。いずれも共通するのが、一定の図形を保ったままスイングをすると良い、ということである。例えば、両肩と手首の接点を頂点に持つ三角形、あるいはそれらに両肘を加えた五角形に着目した場合、これらの図形の軌跡がスイング中にどうなっているか、を分析することは非常に興味深い。例えば時刻 t において、スイングする人を真正面から見た際のこの図形の面積を $S(t)$ としよう。同じ背格好の人同士で $S(t)$ の値にどのような差があるのかを比べたり、あるいは時間変化率

$$\frac{S(t + \Delta t) - S(t)}{\Delta t} \quad (1)$$

に着目することで、定量的な評価につなげられることが期待される。他にも各辺の長さ $l_i(t)$ や各頂点の角度 $\theta_i(t)$ 等に着目すれば、より特定の部位の運動と結びつけた理解が可能になると考えられる。また特に、それらの量の「時間発展」を追うことは、「一連の動作の中で」問題となっている箇所を明確にする可能性があり、初心者への指導において有効活用することができるのではないだろうか。

本研究では、このような「両腕が形成する図形に着目したゴルフスイングの定量的評価」に向け、準備的な考察を行った。具体的には、

- プロとアマチュアの実際のスイングに対し、インパクト時(クラブとボールの接触する瞬間)の「両肩・両肘・手首のなす五角形」を比較(第3節)
- 同一人物の異なるスイング(良いスイングと悪いスイング)に対し、インパクト時の「両肩・両肘・手首のなす五角形」を比較(第4節)

を行い、五角形に顕著な違いが現れるかどうかを調査した。インパクトはスイング時の「一連の動作の結果」とも言うべき瞬間であり、この最後の一瞬に顕著な違いが現れているようであれば、五角形の諸量(面積・角度等)の時間発展にも注目すべき差異が存在していることが示唆される。このような示唆は、上で述べた「スイングの図形的定量評価」の実装を動機付けるものである。

3 プロとアマチュアの比較

本節では、プロとアマチュアのスイングのモーションキャプチャーのデータから、上述のインパクト時の五角形を比較した結果について述べる。比較に使用した画像は無料公開されているゴルフレッスン動画 [3] から抜粋したものであり、この画像データは Gears [2] というツールで取得されたスイングデータから生成されたものである。

図3に、同じ背格好のプロ(赤)とアマチュア(青)が、インパクト時に描く五角形を模式的に示した。参考のため、アマチュアの方にはプロのものを透過して重ねてある。

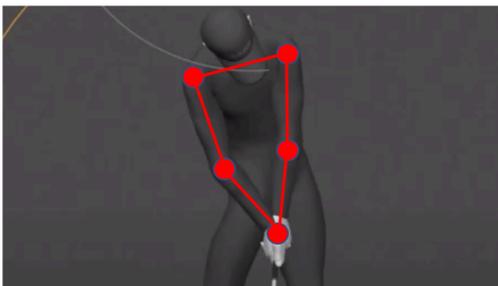


図2: プロのインパクト

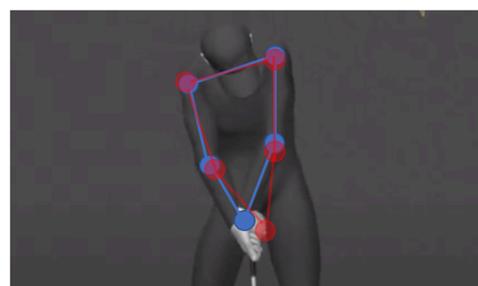


図3: アマチュアのインパクト

これらの図形を比較すると、アマチュアの方は右の肘から手にかけての辺が短くなっており、窮屈な印象を受ける。レッスンの解説によれば、このアマチュアの方は右腕の力みが悪癖として指摘されているようで、この辺の長さの違いと右腕の力みには相関があることが期待される。ただし、ここで参照しているプロのスイングもあくまで一例にすぎず、理想的なスイングとして参照して良いものかについては疑問が残る。素朴には、プロ同士のスイング動作の間に顕著な差異があるとは考えにくいので、単に同じ(あるいは近い)背格好のプロのスイングと比較するだけで、悪癖を洗い出すには有効であることが期待される。この予想を正当化するには、同じ背格好のプロ同士の描く図形を比較する必要がある。

上達に向けた指導を可能とするには、単に力みがあることを指摘するだけではなく、どのようにしてその力みが生じてしまっているのかまで明らかにする必要がある。上で述べたように、インパクトは一連の動作の結果であるから、この一瞬の図形を見比べるだけでは、そのような悪癖の原因を明らかにすることは難しい。例えば、当該部分の辺の長さの時間発展を追うことで、少なくともどのタイミングで力みが発生しているかを特定することができるかもしれない。

4 同一人物のショットごとの比較

別の例として、同一人物の良いショット、ミスショットに対して、インパクト時の五角形の比較を行った。ショットが良いものか、ミスしたものか、の判断については、弾道測定機器トラックマン [4] のデータを利用した。本研究では飛距離が大きく、目的の方向に対する横方向へのシフトが小さいものを良いショット、逆のものをミスショットとした。図 4 に、対応するスイングのインパクト時の写真に対して、両腕の五角形を模式的に表したものを示す。

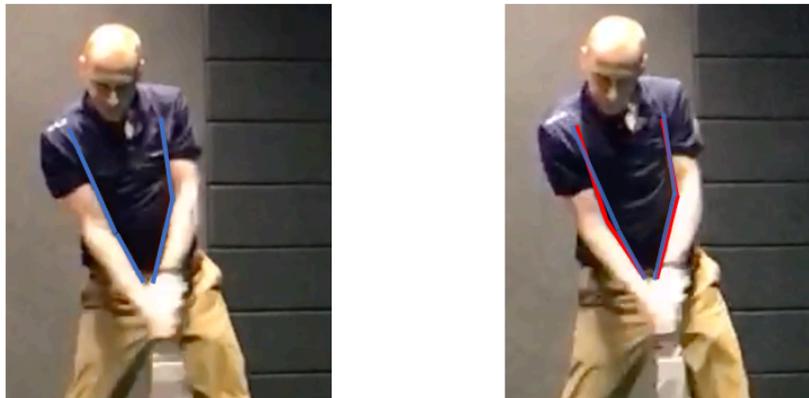


図 4: ミスショットのインパクトの瞬間(左)と、良いショットのインパクトの瞬間(右)。写真及びデータは Trackman 社より提供頂いた。

ミスショット(青)と良いショット(赤)を重ね描くと、赤では五角形が保たれているのに対して青では左の辺が一直線になり、三角形のようになってしまっているという差異が見られた。

現時点ではこの図形的差異とどのような悪癖が対応しているのかは明らかではないものの、同一人物においても良いスイングと悪いスイングの間に図形的差異が現れた、ということは、この図形的アプローチが個人のスイングの矯正に役立ち得ることを示唆している。例えば、良かった場合のスイングと悪かった場合のものとの適切な差分を取ることで、スイング時にどの部分のパフォーマンスが安定していないのかを明らかにすることが期待される。ただし、自分自身の良いショットの場合にフォーム等を近づけていくことと、プロのような理想的スイングに近づいていくことは必ずしも一致しない、という点には注意されたい。例えば、第3節のようなプロとの比較では悪癖を洗い出し、本節のような自身との比較によっては安定していない部分を洗い出す、という相補的な分析による指導が初心者には必要となるだろう。

5 終わりに

本稿では両腕の描く図形、特に両肩・両肘・手首を頂点とする五角形に着目し、スイング中の上体の動きを評価するという手法を提案した。また、この手法の実現に向けた準備的考察も行った。具体的には、プロとアマチュアの比較、同一人物のショットごとの比較を行い、どちらの場合においても図形に特徴的な差異が見られた。この結果は、第2節において提案した「スイングの図形的定量評価」の実装を動機付けるものであると言える。

今回の研究ではあまり踏み込むことが出来なかったが、この図形から腕の各部位に対してどのような情報が得られるか、を明確化することが、初心者指導へ繋げていくためには必要不可欠である。例えば第3節にて行った、右腕に力が入りがちだというアマチュア選手とプロ選手の比較は、上述の五角形のうち右の肘から手首にかけての辺の長さとの力みとの関係性を示唆するようなものであったが、多くの場合を比較・検討することで、図形的な量と実際の運動(あるいは悪癖)との間の対応を確立しなければならない。

また、理想的スイングとしての比較対象をどのように用意すべきか、という重要な問題も存在する。第3節でコメントしたように、プロ同士のスイング間で図形的差異が顕著でなければ、単に同じ背格好のプロ選手のデータを参照すれば良いと言えるだろう。反対にある程度の個人差が見られるような場合は、例えば適切な方法で「平均化」を行った図形を理想的スイングに対応するものとして用意する必要があるかもしれない。いずれにせよこの問題を解決するためには、プロ選手の描く図形の比較も多数行う必要があると考えられる。この他、実際のスイング時の図形と、理想的なスイングに対応する図形との比較を「任意の人物に対して」可能とするには、身体の大きさなどを適切に規格化する必要があるとも考えられる。このように、図形的な評価を実際の初心者指導へ活用するためには、議論・改善の余地がまだ多くあるが、一つの有効なアプローチとして今後も検討、発展させていく価値があると考えられる。

最後に、研究課題のみならず、実体験に基づいたゴルフスイングに関する様々な情報を提供してくださったアビームコンサルティングの武貞征孝さん、毎回の議論を楽しく円滑に取り仕切ってくださった数理科学研究科の田中雄一郎先生、様々なアイデアを提案し、議論を刺激的なものにしてくださった同研究科の齋藤勇太さんに感謝申し上げます。

参考文献

- [1] D. Balzerson, J. Banerjee & J. McPhee, “A Three-Dimensional Forward Dynamic Model of the Golf Swing Optimized for Ball Carry Distance”. *Sports Eng* 19, 237-250(2016).
- [2] <https://www.nobby-tech.co.jp/swinggear/gears.html>
- [3] https://youtu.be/uBrrSK_o-Wo
- [4] <https://www.trackman.com>