

令和 4 年 5 月 18 日現在

機関番号：32663

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19K11451

研究課題名(和文) 傾斜や視野が異なる環境下でのゴルフボール弾道測定とフェースコントロール解析

研究課題名(英文) Golf ball trajectory measurement and face control analysis under different slope conditions and field of view.

研究代表者

一川 大輔 (Ichikawa, Daisuke)

東洋大学・理工学部・准教授

研究者番号：10383499

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 600,000円

研究成果の概要(和文)：研究1：打席からの視野が上下で異なる条件において42名のSkilled golfers (SG)と25名の average male golfers (AG)を対象に弾道測定器で比較を行った。SGは上りでは視野の知覚を働かせ、下りの条件よりクラブヘッドの入射角度を3度以上有意に大きく変化させていた。研究2：14名のSGと14名のAGの間において、15回のショットでのクラブヘッド挙動と平均スコアとの関係性を分析した。重回帰分析の結果、フェース角度の標準偏差が平均スコアの予測に有意で、この独立変数だけで従属変数の51%を説明できることが明らかとなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ヒトの運動動作には個々のパターンが存在し、動きの正解がなく統一的な評価をすることが難しいと考えられてきた。しかしながら、ゴルフスイングにおけるインパクト時の結果に関する要因、つまり真っすぐ飛ばすためのフェース向き、または、安定的なボール弾道の基準であれば、あらゆるプレイヤーに対しても統一的な評価が可能と考えた。そこで、本研究では様々な視野環境におけるSGとAGの弾道分析の結果や、複数回での打撃結果からスキル評価、および地面の傾斜状況が異なる条件においての実験から、それぞれの統計学的手法モデルを確立することを目指し研究を行った。

研究成果の概要(英文)：Study 1: We used TrackMan to compare golf club movement adaptations in 42 SGs and 25 AGs. A 330-m driving range facing the uphill (+5) and downhill (-5) fairways were used. SGs could adapt their swings to the uphill fairway by increasing the attack angle by 3° compared with the downhill fairway. Study 2: We analyzed the relationship of the average scores of 14 SGs and 14 AGs to their clubhead movement data over 15 driver shots. We also conducted a stepwise multiple regression analysis, which showed that the independent variable (face-to-target SD score) was a significant predictor of the dependent variable (average score), and it alone explained 51% of the dependent variable ($R = 0.714$).

研究分野：スポーツ科学

キーワード：ゴルフ 運動制御 クラブヘッド挙動 弾道測定器 足圧変化 傾斜 視野条件 アフォーダンス

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

スポーツの分析において、物体の速度を正確に測定することは、パフォーマンスを正しく評価する上で極めて重要である。ゴルフ・テニス・野球などのボールゲームでは、ドップラー効果を利用したレーダー測定器であるトラックマン (A/S 社製、DEN) を利用し、ボール移動速度に加えて回転数・インパクト時の打撃面のフェース角度 (Face angle) ・入射角度 (Attack angle) ・弾道角度 (Launch angle) ・落下地点等の数値が瞬時に算出可能となっている (McLean, 2021)。ゴルフにおいては、トラックマンを利用した測定が屋内・屋外の施設に設定が可能であり、ハイスピードカメラを用いた動作分析での結果と弾道測定器との間における測定精度誤差は極めて小さく信頼性が高いことが証明されている (Leach et al., 2017)。屋外フィールドでのゴルフラウンドでは様々な斜面状況下や前方の視野環境に変化が生じており、プレーヤーは、その刻々と変化する環境を瞬時に把握しスイングを調整しないとミスを繰り返すことになる。特にハイスキルなゴルファー (Skilled golfer: SG) は様々な条件下であっても高い環境認知能力を働かせ対処ができるが、アマチュアゴルファー (Amateur golfer: AG) はこの能力が低く、このような観点に基づいた屋外環境での比較研究は極めて少ないといえる。また現在では、弾道測定器と、クラブシャフトに装着可能なウェアラブル機器を同時に利用すれば、屋内外にてデータ測定が可能であるが、コーチと選手の間ではその場限りでのデータ閲覧に留まる場合が多い。それゆえ、様々なデバイスにも応用できる複数回打撃時のスキルレベルを短時間で評価できるような統計学的な分析モデルを構築することが求められている。

2. 研究の目的

本研究はゴルフにおけるクラブフェース挙動と弾道の変動性に着目し、SG と AG の間で比較することを目的に、以下の3つのテーマについて研究を行った。

(1) 研究 : 打席から打ち上げ (Uphill) と打ち下ろし (Downhill) の状況が 330m 以上離れ落下地点の視野環境が上下で異なる条件にて、42 名の Professional golfer (PG) と 25 名の AG を対象にツアープロが使用する弾道測定器 (トラックマン) を用いフェース挙動についての測定を行い、環境認知に対する運動制御の違いについて比較を行うことを目的とした。

(2) 研究 : 14 名の SG と 14 名の AG を対象に 1 ラウンド時の使用回数に相当する 15 球ドライバーショットでのクラブ挙動を弾道測定器で測定し、平均スコアとの関係性を分析し、短時間でショットスキルのパフォーマンスを評価できる統計学的モデルの導出を目的とした。

(3) 研究 : ゴルフのラウンドにおいては、全ショットの 80% は平均 4.6 度の傾斜地からショットを行っていることが報告があるが、AG は、傾斜地における重心の不安定さからショットの正確性を失うことが多く散見される (Peters et al., 2015)。一方、SG はあらゆる傾斜状況であってもアドレスやクラブヘッドの挙動を制御し正確なショットが遂行できる。本研究では、4 種類の傾斜地によって、クラブ挙動および弾道結果とアドレスがどのように変化するかを 10 名の SG を対象に研究を行った。

3. 研究の方法

(1) 研究 : 研究参加者は、日本プロゴルフ協会の A 級会員である男性 42 名の PG と 25 名の AG であった。測定場所は Uphill 打席 (高さ約 30m) と Downhill 打席が約 300m 先で対面となっている Maoi golf resort driving range (北海道) で実施した。測定クラブは各自のドライバーであり Uphill 打席 3 球、Downhill 打席 3 球の成功試技 6 球を分析対象とした。参加者には指定の目標方向と通常のスイングを試みることを指示し、それ以外の教示は与えなかった。なお、試技前には 10 球程度のウォーミングアップを各自に任せて行った。プロトコルによる偏りをできる限りなくすために被験者半数は Uphill 打席から始めその後 Downhill 打席へ移動し、もう半数は Downhill 打席から始め Uphill 打席へと移動した。各打席で 3 球を連続して打ち、反対打席試技へは乗用カートにより移動し、実験試技は 30 分以内に行われた。弾道計測にはトラックマンを使用した。参加者はボール弾道を目視により確認できるが数値に関するフィードバックについてはブラインドとした。

(2) 研究 : 被験者は準備運動及び数回の試打をおこなった後、自身が有するドライバーを使用し、1 セット 5 回の打撃を正面の十字ターゲットに対して 1 分の休息を挟みながら、合計 3 セット行うことで 1 ラウンドに想定されるドライバーショットの回数を勘案し、15 回のショットデータを測定した。なお、被験者には毎回のショットで、実際のアウトドアコースでのティーショットをイメージし、毎回丁寧なアドレスと正確に打撃するように指示を行った。なお被験者には測定が終了するまで、測定器による弾道結果をみせないことで、結果の知識を与えないように制約を加えた。ボール弾道とクラブヘッドの動作測定には、ドップラー方式の弾道測定器であるフライトスコープ X3 (Flight Scope, USA) 採用した。

(3) 研究 : 被験者はゴルフを専門競技として取り組む大学生およびプロゴルフ協会に所属する指導者およびツアープロの合計 10 名を対象とした。弾道測定には、スカイトラック (ゴープロ社製) を使用し、クラブヘッドの挙動はウェアラブルセンサーである M トレーサー (エプソン社製) を使用し、インパクト時のデータを取得した。足圧測定にはスマートインソール (ノビテッ

ク社製)を使用し、アドレスからフィニッシュまでの経時的データを取得した。被験者は「平地」および「左足上がり」「左足下がり」「つま先上がり」「つま先下がり」の状況を独自に作成した傾斜5度のマットで再現し、ランダムな順番で2回ずつ打撃を行った。

4. 研究成果

(1) 研究 : クラブヘッドスピードと Attack angle はどちらの傾斜でも PG は AG より有意に大きく、特に PG は Uphill での視野において得られる情報を認識し Downhill より Attack angle を 3 度以上有意に大きくし、傾斜に応じたスイングを遂行していることが確認された (Table 1)。また AG の Downhill の条件においては、Attack angle と Launch angle との間における相関関係が認められず、傾斜に応じたボールの高さのコントロールが出来ていないことが推察された。以上の結果からハイスキルの PG では、30m の高低差に対して Uphill ではアタックアングルを約 3 度高くし、AG とは違うアフォーダンス (環境知覚) を働かせていたが、Downhill においては実際のゴルフコースでのトラブルのリスクを回避するための、打ち出し角度を減少させるショットが引き出されていたことが確認された。

(2) 研究 : 被験者ごとの Average Score には、15 球打撃時の Face Angle (Face to target) の SD スコアとの間において強い相関関係が認められ、さらに実施したステップワイズ法による重回帰分析の結果、Face to target の SD スコアが従属変数 (Average score) の予測に有意で、この独立変数だけで従属変数の 51% ($R = 0.714$) を説明できることが明らかとなった (Table 2)。また SG における Face to target の SD は 1.1 ± 0.5 、AG では 2.3 ± 0.5 であり、両群の間で 2 倍以上の差が確認され (Table 3)、この結果だけでストローク数を 10 以上増やす要因となる可能性が認められ、ティーショットでドライバーを用いた場合の一貫したフェースコントロールがゴルフスコアを規定する上で極めて重要であることが示唆された。

(3) 研究 : 左足上がりと左足下がりでは、アドレスでのシャフト角度の差異により打ち出し角度が平地と比較して相違することが確認された。それぞれの傾斜状況でスイング中の足圧変化に特徴が認められたが、現在、詳細な分析を進めている。

Table 1. Variables and statistics in swinging to uphill and downhill fairway conditions between AG and PG.

		AG				PG				Main factor		Interaction
		Uphill	(SD)	Downhill	(SD)	Uphill	(SD)	Downhill	(SD)	Level	Condition	
CHS	(m/s)	39.8	2.8	39.7	3.0	45.0	2.0	44.5	2.0	.000	.001	.054
Face	(deg)	-1.5	4.2	-2.4	3.7	-1.8	2.6	-3.1	2.4	.509	.003	.514
Path	(deg)	-2.9	5.9	-2.6	5.5	-0.4	2.5	-1.1	2.9	.044	.436	.150
Attack	(deg)	0.6	3.4	-0.7	3.1	3.6	2.4	0.3	2.7	.004	.000	.000
Dynamic	(deg)	16.2	2.7	14.6	3.2	16.0	1.9	13.2	2.5	.167	.000	.070
Launch	(deg)	13.7	2.4	12.3	3.0	14.2	1.9	11.4	2.6	.769	.000	.041

Note. AG = amateur golfer (n=25), deg = degrees, PG = professional golfer (n = 42), CHS = club head speed

Table 2. Regression analysis results predicting average scores from each clubhead movement data

	B	SE B	β	T	P	R ² (Adjusted R ²)	VIF
Step 1						.51 (.49)	
Face to Target	10.43	2.01	.71	5.20	.00		1.000

Note. B = partial regression coefficient, SE B = standard error, β = standard partial regression coefficient, R² = coefficient of determination, Adjusted R², VIF = variance inflation factor

Table 3. Unpaired t-test for the aggregated standard deviation score of clubhead movement across 15 shots between AG and SG

	AG		SG		t(26)	P	AG vs SG	95% CI		ES
	M	SD	M	SD				LL	UL	
CHS (m/s)	0.7	0.2	0.6	0.6	0.49	.63		-0.25	0.41	0.18
Face to target (°)	2.3	0.5	1.1	0.5	6.06	.00	AG > SG	0.76	1.54	2.29
Club path (°)	1.3	0.4	0.9	0.4	2.75	.01	AG > SG	0.10	0.68	1.04
Face to path (°)	3.0	1.0	1.5	0.6	4.94	.00	AG > SG	0.89	2.16	1.87
Attack angle (°)	1.3	0.4	1.0	0.2	2.62	.02	AG > SG	0.06	0.55	0.99

Note. AG = amateur golfer (n = 14), SG = skilled golfer (n = 14)

CI = confidence interval; LL = lower limit; UL = upper limit. ES = effect size; CHS = Club head speed

参考文献

- Leach, R. J., Forrester, S. E., Mears, A. C., & Roberts, J. R. (2017). How valid and accurate are measurements of golf impact parameters obtained using commercially available radar and stereoscopic optical launch monitors? *Measurement*, 112, 125-136. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2017.08.009>
- McLean, J. K., Adam (2021). *The ultimate guide to Trackman swing analysis* (pp. 230), Kindle Edition.
- Peters, R., Smith, N., & Lauder, M. (2015). Quantifying the gradients exposed to a professional golfer during a round of golf. *ISBS-Conference Proceedings Archive*

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Suzuki Takeru, Sheahan John Patrick, Okuda Isao, Ichikawa Daisuke	4. 巻 16
2. 論文標題 Investigating factors that improve golf scores by comparing statistics of amateur golfers in repeat scramble strokes and one-ball conditions	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Human Sport and Exercise	6. 最初と最後の頁 1-13
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.14198/jhse.2021.164.09	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Suzuki Takeru, Sheahan John Patrick, Miyazawa Taiki, Okuda Isao, Ichikawa Daisuke	4. 巻 14
2. 論文標題 Comparison of TrackMan Data between Professional and Amateur Golfers at Swinging to Uphill and Downhill Fairways	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Open Sports Sciences Journal	6. 最初と最後の頁 137-143
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2174/1875399X02114010137	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 鈴木 タケル、一川 大輔、奥田 功夫、北 徹朗、庭瀬 敏和、坂井 昭彦	4. 巻 34
2. 論文標題 ゴルフの運動障害予防やスイング改善のための左右クラブヘッドスピード比較研究	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 ゴルフの科学	6. 最初と最後の頁 15-22
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 樽谷恭明, 鈴木タケル, 一川大輔
2. 発表標題 足元に対するボール位置が上下異なる状況下でのショットおよびスイング変数の比較
3. 学会等名 日本ゴルフ学会第32回大会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担 者	奥田 功夫 (Okuda Isao) (20615190)	東京国際大学・人間社会学部・教授 (32402)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------