

用具仕様研究

当初の「関心のある分野」（2021年2月）に基づいて行われた研究結果

2022年6月

1 はじめに

当初の R&A/USGA 研究トピックー関心のある分野（2021年2月）に記載されているように、R&A ルールズリミテッド（The R&A）と USGA は、用具仕様に直接関連する事項を超えた他の分野についても研究を行う一方で、技術レベルとスイング速度の幅広い範囲にわたって、ドライビング距離の減少に導き、バッグの中の（ドライバー以外の）他のクラブについて距離の減少に導き、そして、飛距離とそれ以外の技術のバランスを改善することに導く可能性があるクラブと球の両方の仕様の潜在的な変更を評価してきました：

この文書は、過去の関連する研究を含み、2021年2月の「関心のある分野」に含まれていたトピックについて行われた研究結果を要約しています。

2 用具仕様研究の要約

この文書で示されている各結果は 2021 年の「関心のある分野」に記載されていたトピックに基づいて分類されています（下記表 1）。

表1: 現在の研究のセクション番号と 2021 年の「関心のある分野」研究。*「クラブレングス」は 2021 年 10 月の製造業者への告知で言及されています。

セクション	研究分野
2.2	標準総合距離（ODS）の中での制限値の縮小
2.3	ボールの他の仕様（サイズや質量）
2.4	ドライバーの性能の縮小：クラブレングス*とクラブヘッド寸法（体積を含む）
2.4	スプリング効果（SLE）と慣性モーメント（MOI）についてクラブヘッドの仕様の変更、また、（フェースの）回転半径を利用した制限の検討
2.5	コースのすべてのエリアからすべてのクラブによるスピン発生

技術レベルとスイング速度の幅広い範囲にわたって仕様を変更する影響を特定するために、プレーヤーテストには女性と男性のプロフェッショナルゴルファー、エリートアマチュア、そしてレクリエーションゴルファーを参加させました。研究室でのテストやシミュレーション

は、エリート競技とレクリエーションの女性と男性のゴルファーを含め、すべてのレベルのゴルファーに基づきました（セクション 2.1 参照）。

2.1 一般的な仮定

研究室でのテストやシミュレーションが行われた場合、以下の条件を前提としました。選択したソースは、異なるクラブヘッド速度と技術レベルのゴルファーを代表していることに基づきました。

- a. PGA ツアー（エリート男性プロフェッショナルゴルファーを代表）は公表されている PGA ツアー(2)の平均打ち出し条件に基づきました。
- b. LPGA ツアー（エリート女性プロフェッショナルゴルファーを代表）は公表されている LPGA ツアー(2)の平均打ち出し条件に基づきました。
- c. 平均的な男性アマチュア（「AMA」）：「平均的な男性アマチュア」(3)に関連して公表された打ち出し条件に基づきました。
- d. 平均的な女性アマチュア（「AFA」）：「ハンディキャップグループ 2」と「ハンディキャップグループ 3」の女性アマチュア（つまり、ハンディキャップインデックス 12 くらい）のゴルファーデータ(4)に基づきました。

こうした条件は表 2 に要約されています。

表 2：研究したゴルファーの各タイプに関連するドライバーの打ち出し条件。芝や環境条件、そして打ち出し条件の選択によって飛距離が変わる可能性があることに注意すること。引用は本文を参照。

	クラブ速度 MPH	ボール速度 MPH	角度 degrees	ボールスピン RPM
PGA ツアー平均	113	167	10.9	2686
LPGA ツアー	94	140	13.2	2611
平均的な男性アマチュア (‘AMA’)	93	133	12.6	3275
平均的な女性アマチュア (‘AFA’)	72	103	12.2	2727

別途述べられている場合を除き、前提とされた環境条件は標準総合距離（ODS）に規定された条件（摂氏 75 度、30 水銀柱インチ、相対湿度 50%）に基づきました(5)。

2.2 標準総合距離（ODS）の中での制限値の縮小

2.2.1 全体

標準総合距離（ODS）(5)の中で有効な制限の縮小のために考えられる2つの対応に関して、ゴルフボールをテストしたゴルファーの認識は下記に要約されています。

NP-301 と NP-500 は、2005年に開始した飛距離を制限したゴルフボールの実験のために The R&A と USGA がゴルフボール製造業者に要請して製造されたソリッド・コアのゴルフボールです(6)。NP-301 は、テスト時にエリート競技で使用されていたゴルフボールと比較して、標準総合距離（ODS）の条件下でドライブ距離が8.5%変わるボールです。テストは2012年を通してレクリエーションとプロフェッショナルゴルファーについて行われました。NP-500 は、同じ条件下で飛距離が4.5%変わるゴルフボールであり、2021年の「関心のある分野」に基づき、レクリエーションゴルファーについてテストが行われました。

2.2.2 NP-301（8.5%の飛距離の変化）

NP-301 のデザインは現存するハイスピンの量産モデルの構造に基づいており、エリート競技で使用されている典型的なモデルよりも若干低いボール初速でしたが、ドラッグ（抗力）を増すようにかなり異なるディンプルパターンに修正され、結果として飛距離の減少となります(7)。

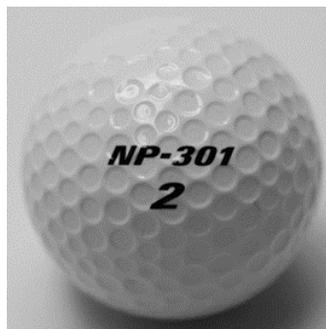


図1：標準総合距離（ODS）の条件下で評価したときに、エリート競技で使用されている現代のゴルフボールと比べて飛距離が約8.5%減少するゴルフボール

こうしたボールは2012年を通じて北アメリカとヨーロッパの女性と男性のプロフェッショナルゴルファー、そして北アメリカ、ヨーロッパ、そしてアジアの977名のレクリエーションゴルファーによってテストされました。レクリエーションゴルファーの結果は下記に NP-500 を使用した同等のゴルファー群と比較して示されています。

2.2.3 NP-500 (4.5%の飛距離の変化)

NP-500 ゴルフボールはエリート競技で使用されているゴルフボールと同様の空力特性を有しています。すなわち、同一の速度、角度、スピン条件下において、こうしたボールは同様の距離を達成することになります。しかしながら、このボールは通常のスピンよりも多いスピン量を示し、より重要なこととして、かなり低い反発係数となり、結果としてボール速度は減じられます。

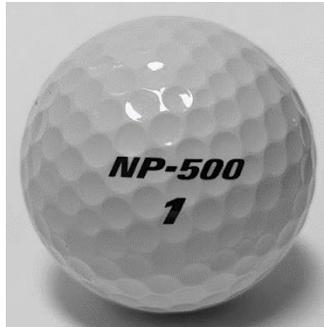


図2：標準総合距離（ODS）の条件下で評価したときに、エリート競技で使用されている現代のゴルフボールと比べて飛距離が約4.5%減少するゴルフボール

図3：NP-301 と NP-500 のゴルフボールの標準総合距離（ODS）テスト（120MPHのクラブヘッド速度）結果

ボールタイプ	速度 MPH	角度 deg.	スピン RPM	総合距離 yards
NP-301	176	9.5	3430	286
NP-500	170	9.5	3250	297

NP-500 ゴルフボールはより低い反発係数を通じて距離を変えるために、ドライバーでより低いスイング速度ではより距離を失い、速い速度で距離を制限するために空気力学を用いる NP-301 よりもアイアンショットでより距離を失います。

下記及び(8)で詳述されている NP-500 のテストでは、参加者は飛距離の減少は約 4.9%（自己申告による平均 221 ヤードと比較して 210 ヤード）と認識したと報告しました。これは研究室でのテストに基づく予想と一致しています。

2.2.3.1 参加者

NP-500 ゴルフボール¹はアメリカ合衆国のゴルファーに配布されました。調査結果は 246 名の参加者から返信され、そうしたボールでラウンドをプレーした後の彼らの認識を報告しました (8)。

参加者のプロフィールは NP-500 と NP-301 をテストしたグループ間で同様であり、この 2 つの研究の間の比較を促進しました。両グループの平均年齢は 56 歳でした。この 2 つのテストの間の報告されたグループには多少の違いがあり、ハンディキャップインデックスは両方において主に 10~24 の範囲であったということに留意すべきです。

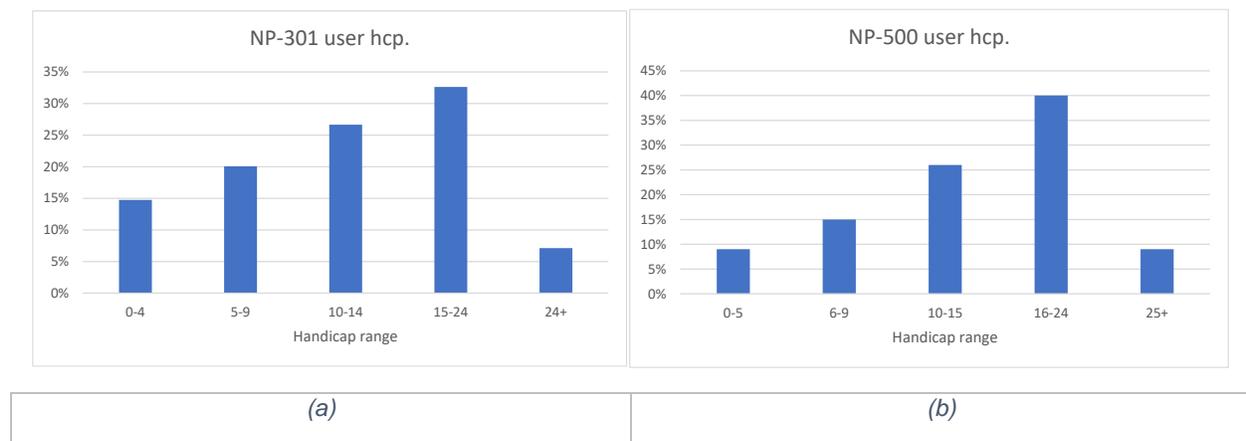


図3：NP-301(a)とNP-500(b)を使ったレクリエーショナルゴルファーのハンディキャップインデックス分布。この2つの研究で報告されたハンディキャップグループが若干異なったことに注意。

2.2.4 認識

調査の質問はこの2つの調査の間で一致したものであり、さらに直接比較を可能としています。両方の調査において、参加者に予想されるゴルフボールの距離は通常彼らが慣れているボールよりも距離は短くなるだろうということが通知されました。

NP-500 を使用したプレーヤー (84%) は、NP-301 を使用したプレーヤー (81%) よりも若干多くがラウンドを楽しんだと報告しました。NP-301 を使用したプレーヤーは、通常のプレーで使用しているボールと比べて自分たちの距離が減少した、あるいはかなり減少したとより頻繁に報告しました。NP-500 の研究で参加者の 29%、NP-301 を使った 4%が通常のボールよりドライビング距離が伸びた、あるいはかなり伸びたと認識したと回答したということは注目に値します。

¹ 供給量が限定されたため、参加者のごく一部には同様の特性を持つ (市場に出回っている) 代替ボールが提供されました。

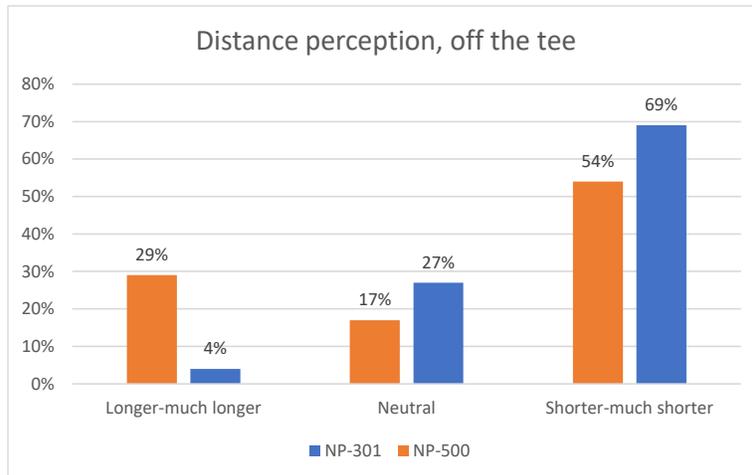


図4：レクリエーションゴルファーのティーからのショットのゴルフボールの距離の認識

そのボールを使用したことが彼らのラウンドにどのような影響を与えたのかと質問されたとき、中立の回答は少なく、NP-301についてよりもNP-500についてかなり多くの肯定的な回答（このボールは参加者自身が使っているボールと比べて多少、あるいはかなり役立った）がありました（図5）。

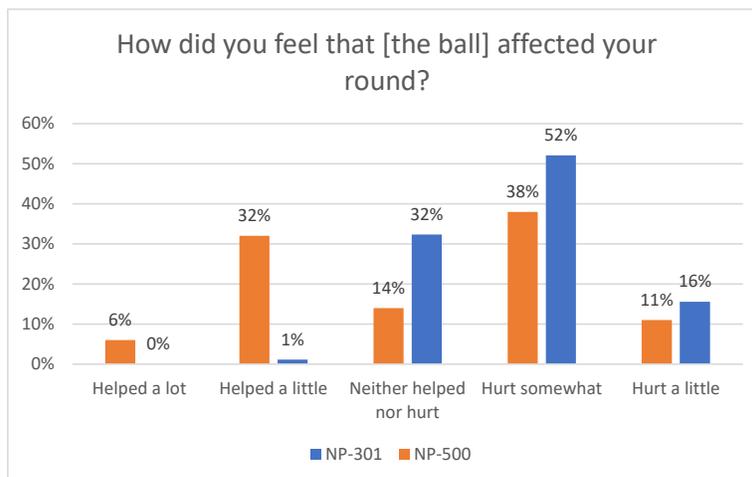
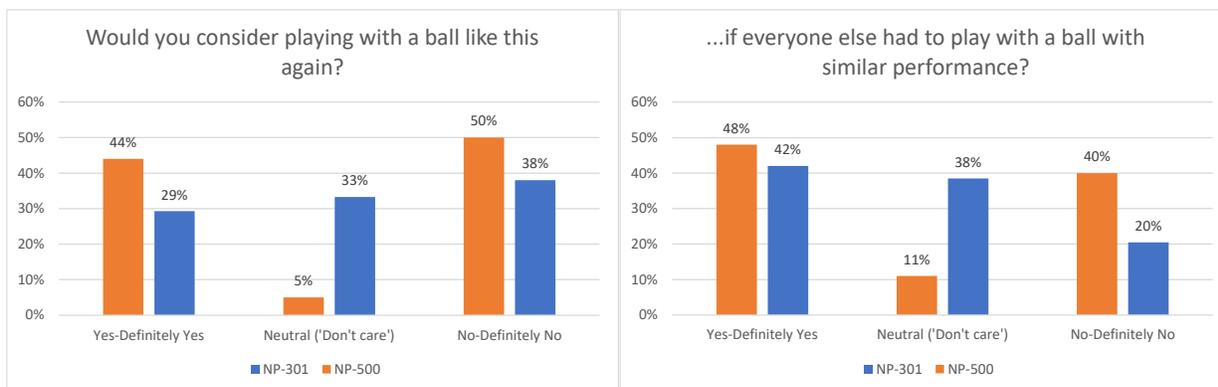


図5：そのゴルフボールがレクリエーションゴルファーのゲームに役立ったか、あるいは害を及ぼしたかの認識

参加者はこのようなボールでまたプレーしたいと思うかどうか、誰もが同様の性能のボールを使わなければならない、使わなくてもよいという両法の文脈において質問されました。肯定的な「はい」あるいは「ぜひとも」という回答は、NP-301についてよりもNP-500についての方がより多数でした（図6）。しかしながら、この異なる文脈では、NP-500についての方がより偏向した回答となっていました。



(a)

(b)

図6：同様の性能のボールをまた使うことの好ましさについてレクリエーションゴルファーの参加者の回答。誰も
が同様の性能のボールを使って(a)プレーしなくてもよい、(b)プレーしなければならない、という文脈

2.3 ボールの他の仕様（サイズや質量）

ゴルフボールのサイズを増すと、ドラッグ（抗力）を含むそのボールへの空気力を増すことになり、距離を制限します。ここでは、より遅いクラブヘッド速度、例えば72MPH（平均的な女性アマチュアを代表する、表2）から生じるドライバーの弾道は、そのボールの重さよりも一般的により低い初期の揚力を引き起こし、より短い飛行時間とキャリーという結果となることに注意することが重要です。より大きなゴルフボールでは、そうした弾道のために増加した揚力はより大きなドラッグ（抗力）による飛距離の減少をいささか相殺するということが示されるでしょう。

ゴルフボールの質量を減じることは、ドラッグ（抗力）を含むそのボールへの空気力の効果を拡大し、したがって、特により速いインパクト速度において距離を制限します。それ以外のすべてが同じとした場合、より軽い重さのゴルフボールは、同じ条件下においてゴルフクラブで打たれたときに、より速い初速を有するということが注目すべきです。このより速い速度は、拡大した揚力の効果と共に、70MPHのクラブヘッド速度から生じるドライバーについて増加した有効なドラッグ（抗力）を相殺します。

ボールサイズと質量の変更の効果を特定するために、エリート競技で使われているボールを代表するような現代の空力性能と反発係数を有するゴルフボールに基づいてシミュレーションが行われました。過去のプレーヤー研究に導かれ、120MPHのインパクト速度（「ALC」に対応）で、4%（NP-500に近い）と8%（NP-301に近い）の距離の変化を目標としました。

表4：エリート競技で使用されるボールを代表する現代のゴルフボールに基づくデザインの変更。*純レジン球体の密度で制約され；目標の距離に適うように抗力係数を若干増した：ボールは水に浮くことになる。

距離の変化	直径 in.	重さ oz.
なし	1.685	1.61
4% サイズによって	1.741	1.61
8% サイズによって	1.779*	1.61
4% 重さによって	1.685	1.48
8% 重さによって	1.685	1.30*

こうした仕様は極端な例を示しており、増加したサイズとより軽い重量もまた同じくこうした目的を達成することが確認されています。こうした条件下において距離で8%の違いを達成するためには、純（あるいは空の）レジン球体に代表される最小密度に制約する場合、サイズのみ、あるいは重さのみの変更では不十分であることがさらに知られています。

異なるタイプのプレーヤーについての影響は図9に示されています。平均的な男性アマチュア（表2）のついてのより大きな影響は、それ以外のすべてが同じとした場合、そうしたゴルファーに想定されるより多い初期のスピンの結果を反映しています。

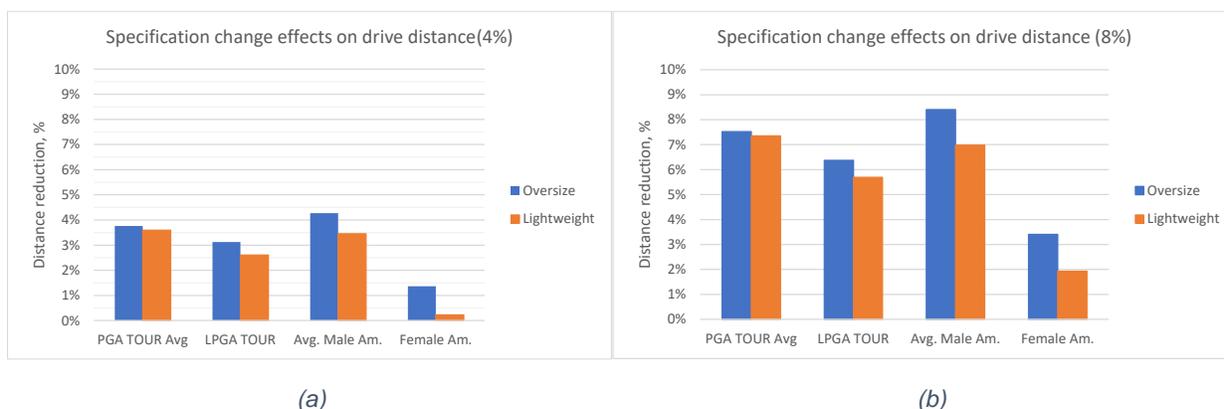


図9：120MPH の速度でドライブ距離に4%(a)あるいは8%(b)の違いを達成するためにサイズを大きくすること、あるいは重さを軽くすることの影響

こうした仕様の変更は、ゴルフボールの弾道への別の変化という結果にもなるでしょう。例えば、こうした条件下で図9(a)のボールを考慮した場合、最高点の高さは特大のボールでは5～6%高くなり、また軽量のボールでは10%ほど高くなるでしょう。図で示されているように、そうしたボールはさらに風へのより大きな反応を有することでしょう。例えば、向かい風5MPHの距離と追い風5MPHの距離の間の違いです（図10）。

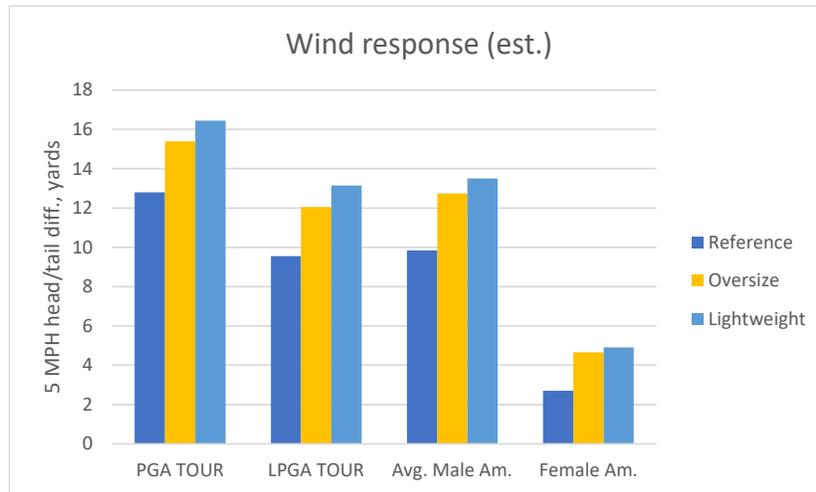


図 10：図 9(a)に例証されているゴルフボールの推定される風への反応（向かい風 5MPH の距離と追い風 5MPH の距離の間の差異で定量化される）。基準値はエリートレベル競技で使用されているボールを代表するゴルフボールに関連している。

2.4 スプリング効果（SLE）と慣性モーメント（MOI）についてクラブヘッドの仕様の変更

2.4.1 慣性特性の影響。

過去に報告されたように(9)、クラブの中心でボールを打つことに比べたオフセンターヒットによるボール速度の損失は、慣性モーメント（MOI）を増やすことによって軽減されます。このことは図 11 で視覚化できます。スピン、スピン軸の傾き、そして初期の方向の変化を含む、オフセンターヒットの他の影響があることは議論されてきました。スプリング効果（SLE）や他の特性への変更との組み合わせでの慣性モーメント（MOI）の縮小の影響についてはセクション 2.5.3 で議論されます。

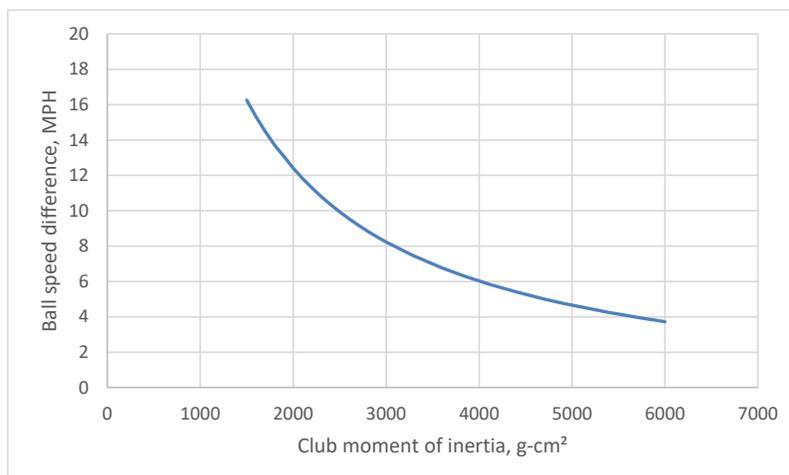


図 11：7/8 インチ (22mm) オフセンターの慣性モーメントに応じたボール速度性能の視覚化 (出典：R&A ルールズリミテッドと USGA) (9)

2.4.2 スプリング効果 (SLE) の変更の結果

反発係数の変化の影響 (所定のボール構造と柔軟なチタンプレートで測定されたとき) は過去に報告されました(9)。より最近には、特性時間 (CT) と異なるゴルファータイプの距離との関連を特定するための研究が行われました(10)。ドライバーヘッドは CT 範囲が 168 μ s (とても硬いフェースのドライバー) から 266 μ s (適合となる制限値の 239 μ s よりもかなり高い CT 値) を有するもので、異なる製造業者と時代を代表するものが選択されました。

そうしたクラブを (68~120MPH、ここで特定されるすべてのプレーヤーの範囲をカバーする) 速度範囲にわたってテストすることを通じて、特性時間 (CT) を増加させることでの距離の感度は、表 6 に要約されているように、異なるクラブヘッド速度と共にグループによって異なることが判明しました。

表 6：特性時間 (CT) による総距離の相対感度

スイング速度グループ	総距離 感度 vs CT (ヤード/マイクロセカンド)
平均的な女性アマチュア (72 MPH)	0.04
平均的な男性アマチュア (93 MPH)	0.08
LPGA ツアー平均 (94 MPH)	0.09
PGA ツアー平均 (114 MPH)	0.11
標準総合距離 ('ALC', 120 MPH)	0.12

これに基づき、特性時間（CT）の変化で予想される距離の相対的な変化は図 12 に示されています。

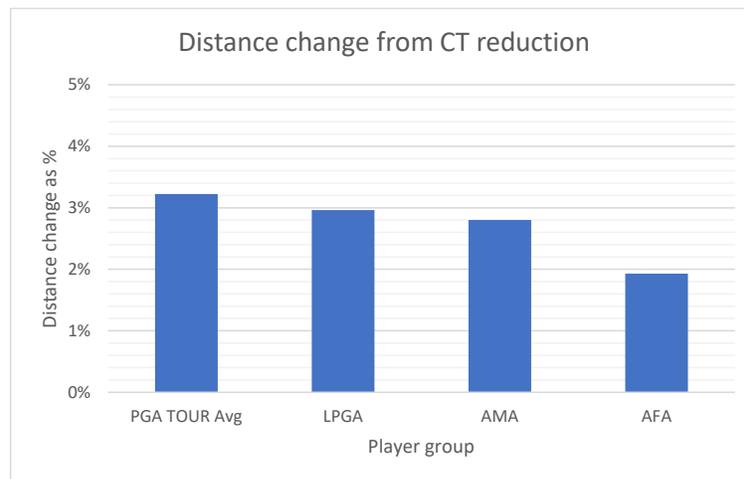


図 12：CT 値を 257 μ s から 170 μ s に減じることに関連するヤード距離変化

2.4.3 スプリング効果（SLE）慣性特性の変化の研究

2007 年から 2008 年の間、The R&A と USGA は正確性の要求を高めることとドライバーのスプリング性能を制限する影響を研究する初期の研究を始めました(11)。初期のシミュレーション、ロボットテスト、プレーヤーテストに引き続き、ディベロップメントツアーのプレーヤーを用いた数ラウンドによるプレーヤーテストを行いました。

予備テストでは、現代のドライバーと機械加工によるプロトタイプドライバー（セクション 2.5.3.1 に詳述されている特性を有する）を比較しました。後のテストでは、現代のドライバーをプロトタイプヘッドと同じような特性を有する 250cc のチタン製の鋳造ドライバー（ゴルフクラブサプライヤーの大手 OEM と共同でデザインされた）と比較しました。こうしたテストは男性と女性のプロフェッショナルゴルファーによるドライビングレンジ競技と男性のトーナメントコンディションテストを含みました。

2.4.3.1 ドライバーのデザイン

別の仕様を有したドライバーが、オフセンターヒットについてより重大な不利益を生み出すという目標を持って開発されました。このドライバーは、オフセンターヒットがターゲットラインから遠く離れて着弾するフックやスライスの弾道となるように、体積が 250 cm³、慣性モーメント（MOI）が 2,600 g-cm²、普通のものよりも平らなフェース形状（バルジの半径が 20 インチ）を有しています。また、こうしたクラブは硬いフェースで構成されており、その結果として CT 値は約 170 μ s となります。

2.4.3.2 プレーヤーテストの結果

アマチュアとプロフェッショナルの4ラウンドのプレーヤーテストが行われました。こうしたテストは距離の増加に応じた金銭的なインセンティブとマークした「フェアウエイ」を外した場合にはペナルティーがあるドライビングレンジテストを含みました。加えて、こうしたドライバーを使用した競技ラウンドも開催されました。主要な結果は下記のとおりです：

- a. 男性プロフェッショナルは2つのテストで8%と9%という正確性の平均の減少に統計的な有意差を示しました。
- b. オンコースでのテストでは、男性プロフェッショナルゴルファーはドライバーの許容度は彼らの現代のドライバーより「かなり悪かった」、彼らのゲームを「害した」ということを示しました。
- c. 男性と女性のプロフェッショナルゴルファーは、彼ら自身の現代のドライバーと比べて、このタイプのドライバー（表）では15~17ヤード短いドライブとなりました。
- d. 概して、男性プロフェッショナルの参加者は、誰もがそれでプレーすることを要求される場合には、このタイプのドライバーでプレーすることについてやや肯定的な回答を行いました。

全体として、すべての参加者はチャレンジが増したことをかなり意識すると共に、ドライビングにおいてより技術/注意を必要とすると回答しました。

表7：プレーヤーテストの結果。*正確性について統計的な有意差は観察されませんでした。

テスト	プレーヤータイプ	参加者数	距離の変化 yards	正確性の変化 %
1	レクリエーション (男性と女性)	14	-17	*
2	NGA/フーターズ	28	-16	-9%
3	NGA/フーターズ	44	-16	-8%
4	Duramed/ フューチャーズ	40	-15	*

2.5 コースのすべてのエリアからすべてのクラブによるスピン発生

2.5.1 ティーイングの高さを変える影響

ティーイングの高さを変えることの重要な影響は、より高いティーイングの高さはインパクト位置をフェースのより高い位置とすることを可能とし、より高い、あるいは有益なアタックアングルをも可能とし(12)、スピンを含む打ち出し条件を変更します。

2.5.1.1 インパクト位置のショットの結果への影響

メカニカルゴルフクラブを使ったティーの高さとアタックアングルのショットの結果への影響の初期の研究では、ボール速度はフェースの中心の近くで最大となる傾向があり、より高いインパクト位置は一般的に打ち出し角がより高くなり、スピンの量がより少なくなるということを示しました。こうした傾向はフェースのクラウンやソールの端に向かって非線形となることが分かっています。

引き続いての研究(12)では、同じような傾向がクラブヘッド速度が 120MPH での異なるボール/クラブモデルの組み合わせで示されました (図 14)。より低いインパクト位置での総距離は、より多くのスピンとより低い打ち出し角のせいで (ボール速度が速くなるにもかかわらず) 通常より短くなりました。この研究では、スピン、角度、そして速度は使用されるクラブヘッドのタイプやボールの影響を強く受けることを示しました。

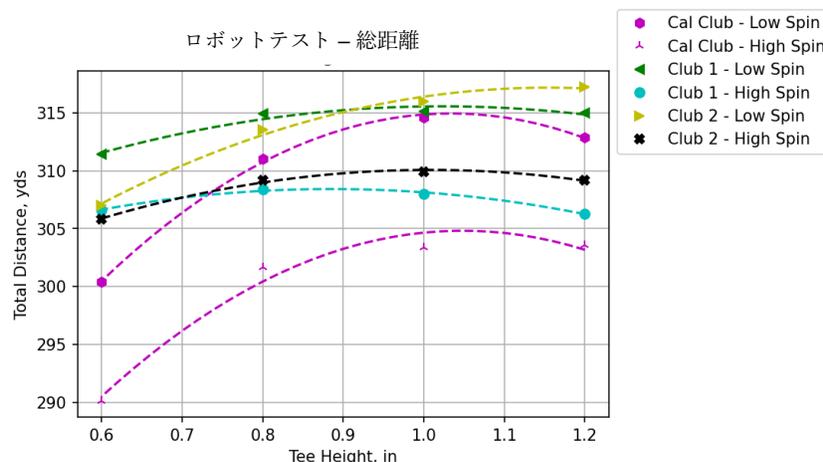


図 14：インパクト位置の総距離への影響

2.5.1.2 ティーの高さのプレーヤーの飛距離への影響

この研究を人間のゴルファーに拡大することを通じたスイングのばらつきへの導入は、フェースのより低いインパクト位置、より低い打ち出し角、そしてより多くのスピンに導くより低いティーの高さに加えて、より急角度のアタックアングルにも導くということを示しました。こうしたことは、より低いティーの高さはより短い距離に相当することが多いとしても、達成される総距離への決定的ではない変化という結果となりました。

しかしながら、この研究ではプレーヤーの通常のティーイングの高さとその球をドライブする距離との間に関連性はないということも示しました。

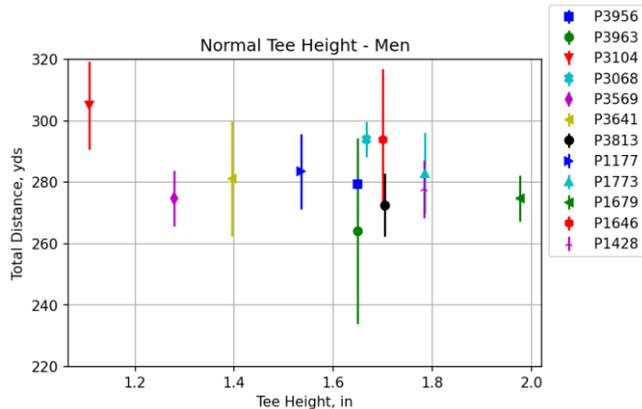


図 16：通常のティーの高さと総距離－男性

さらに、クラブヘッドの形状の変更は、彼らの通常のドライバーでより低いティーの高さを用いたときに一部のプレーヤーに観察された距離の減少を緩和する可能性があるということも示しました。しかしながら、このことはテストしたプレーヤーの間で一貫して観察されたことではありませんでした。

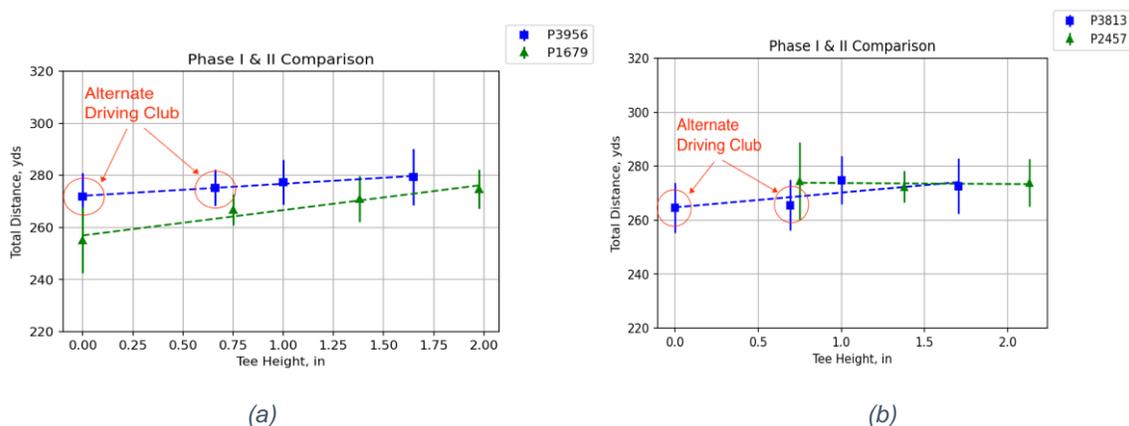


図 17：別の形状のヘッドは一部のプレーヤー(a)の低い/無しの高さの影響を緩和しますが、他のプレーヤー(b)については緩和しません。

2.5.2 ボールスピン仕様

2000年代初期のより多くのスピンの糸巻きゴルフボールからより少ないスピンの多層ソリッドボールへの移行(図 18)はエリートプロフェッショナルゴルファーのドライブ距離の著しい増加と関連していました。ドライバーで打った時の最小のボールスピンの規定を導入することは実質的にボール距離の減少に導くということが提案されていました。

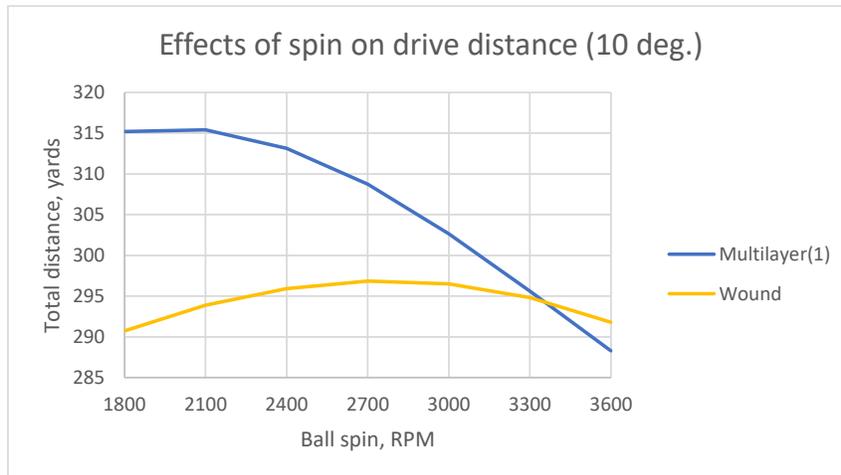


図 18：現代の多層ゴルフボールと糸巻きボールの間のスピンを増加させたときの反応の比較。糸巻きボールは多層ボールに比べてより低いスピンの（例えば、2,400）では著しくより短い距離となることを示していることに注意。

しかしながら、2017年にテストされたゴルフボールの再考察では、多くのスピンの（図 19）で、糸巻きゴルフボールあるいは図 18 で示されている「多層レイヤー1」のボールよりも著しく高い性能を有するゴルフボールがあることを示しています。

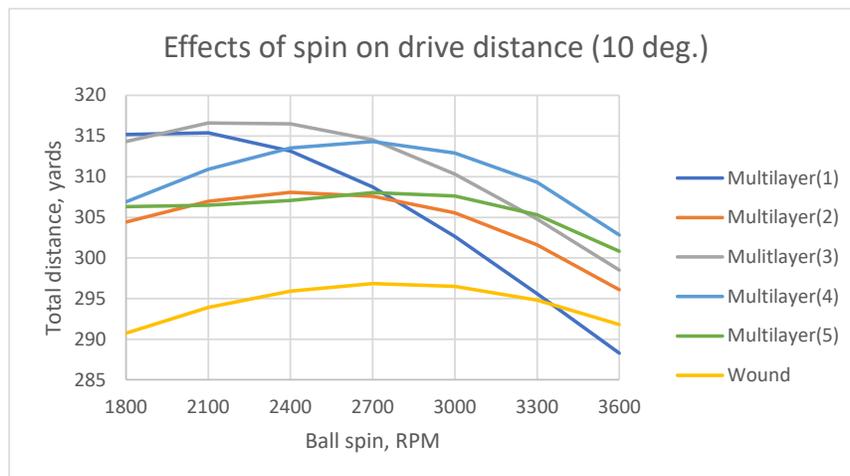


図 19：スピンの量がとても少ない（1,800RPM）ものからとても高いものまでに及ぶ選択したボールタイプの総距離。高スピンの最適性能は短いドライブ距離に必ずしも関連していないことに注意。

ドライバーの「多い」スピンと考えられているスピンの量（3,300RPM、10度の初期の角度と120MPHのクラブヘッド速度）での距離は表 8 に与えられています：それらは複数の製造業者のボールを代表しています。

表8：1990年代の世代の糸巻きゴルフボール（2017年のゴルフボールを含む）に適切なスピン量での選択したボールタイプの総距離

3,300 RPM での距離 yards	
多層 レイヤー(1)	296
多層レイヤー (2)	302
多層レイヤー (3)	305
多層レイヤー (4)	309
多層レイヤー (5)	305
糸巻き	295

こうした変化は一様ではありません。上記で選択されたボールはPGA ツアー、LPGA ツアー、平均的な男性アマチュア、そして平均的な女性アマチュアゴルファーの平均打ち出し条件でシミュレーションされ、結果は表9に示されています。

表9：異なるゴルファータイプについて、多層レイヤー1をベースラインとして比較したときの空気力学の変更の影響を含み、スピンを23%増加させた影響。

スピンを23%増加させたときの距離変化の結果 yards					
条件	多層レイヤー 1	多層レイヤー 2	多層レイヤー 3	多層レイヤー 4	多層レイヤー 5
PGA ツアー	-13	-7	-4	0	-3
LPGA	-10	-4	-4	1	-1
男性アマチュア	-14	-7	-7	-6	-4
女性アマチュア	-5	-1	-2	2	0

2.5.3 ラフからのショットの不利益を増す影響

2.5.3.1 関心の根底

2021年2月の「関心のある分野」のひとつのトピックは、アプローチショットをより挑戦しがいのあるものとする意図を持って、したがって、距離よりも正確性により高い褒章を与えるように、ボールのスピンを大幅に減じる影響の研究に集中していました。

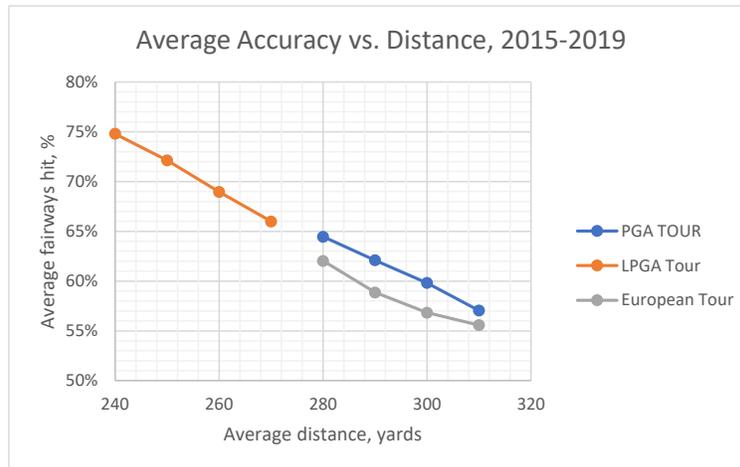


図20：プロフェッショナルゴルファーの正確性の平均とドライブ距離の平均との対比、10ヤードの間隔

概して、距離と正確性の間にはトレードオフがあり（図20）、同じ距離のフェアウェイからのショットと比較して、ラフからのショットでのスコアには定量化できる不利益があります(15)。テストした仮説は、ラフからのショットの不利益を増すことはドライブ距離の減少という結果となるかどうかです。

ラフのライに関連する不利益の度合いを増すことによるドライブ距離の間接的な減少の実現可能性と有効性は、プロフェッショナルゴルファーの統計分析の見直し、ラフのショットの異なるレベルの不利益についてのゴルファーの戦略のモデリングと最適化、そしてエリートアマチュアゴルファーを含めたプレーヤー研究（ドライビングレンジとプレーイングテストを含む）を通じて調査されます。

2.5.4 ラフのショットの不利益

2.5.4.1 統計的研究、男性プロフェッショナルゴルファー

PGA ツアーショットリンクシステムを通じて収集された重要なデータは、コースセットアップのドライブ距離とスコアの両方への影響を調査することを可能としました。PGA ツアーショットリンクデータ(16)の分析で詳述されているように、フェアウェイに対して、ラフに着弾することの相対的な不利益はホールまで同じ距離の場合、パーに左右されますが約0.23~0.27ストロークです。しかしながら、ラフの長さとの相関は高くはなく(16)、 $R^2 = 0.0003$ です。ここで議論されたさらなる研究では、距離に応じてラフからのショットの相対的な不利益を増した影響の調査を行います。

2.5.4.2 ドライビングレンジでの研究

エリートアマチュアゴルファーは、ラフからの不利益を増やすことが距離を減じ、より正確なドライビング距離へと導くかどうかを決定するために、距離を増すことでインセンティブがある一方で、正確性を欠くとペナルティーを受けるというドライビングレンジでの研究に参加しました。このテストでは、プレーヤーは10回のドライブを打ち、距離を達成するとインセンティブを受け一方で、フェアウェイを定めた30ヤードの幅でマークされた四角形のライディングエリアを外れたショットにはペナルティーを受けました(17)。ペナルティーのレベルは第2ラウンドでは大幅に増やされ、テストが繰り返されました。

このテストは、アメリカ合衆国の4つの市場（ニュー・ジャージー、テネシー、コロラド、南カリフォルニアを含む）の77名のエリートアマチュアゴルファーによって行われました。プレーヤーは全米女子オープンと全米オープンの予選イベントへの参加に基づいて事前に招集されました。プレーヤーはイベントの前と後でインタビューを受けました(18)。

正確ではないドライブ（ペナルティーの低いラウンドでは72回、ペナルティーの高い第2ラウンドでは69回）についてペナルティーのレベルにかかわらず、プレーヤーは主にドライバーを使用することを選びました。他のクラブはこの2つのラウンドの間（第1ラウンドでは35/770、第2ラウンドでは39/770）で均等に使用されました。参加者の1人はドライバーを持ち運んでおらず、両方のラウンドでフェアウェイウッドを使用しました。

第1ラウンドと第2ラウンドの間のクラブヘッド速度、距離、そして正確性の平均的な変化は表10に示されています(17)。平均クラブヘッド速度の増加は有意ではありませんでした。しかしながら、平均距離の変化（2.9ヤードの増加）と正確性の変化（8.6%増加）は有意でした。

表10：77名のエリートアマチュアゴルファーの低いペナルティーと高いペナルティーのラウンド間の距離と正確性の変化の結果の要約。平均距離が報告されています：抜粋したトリム平均は両ラウンドについて2ヤード多いものでした。

	平均	標準偏差	P(t>T)
速度の変化 MPH	0.2	3.0	51%
距離の変化, yards	2.9	10.2	1.51%
正確性の変化	8.6%	22%	0.11%

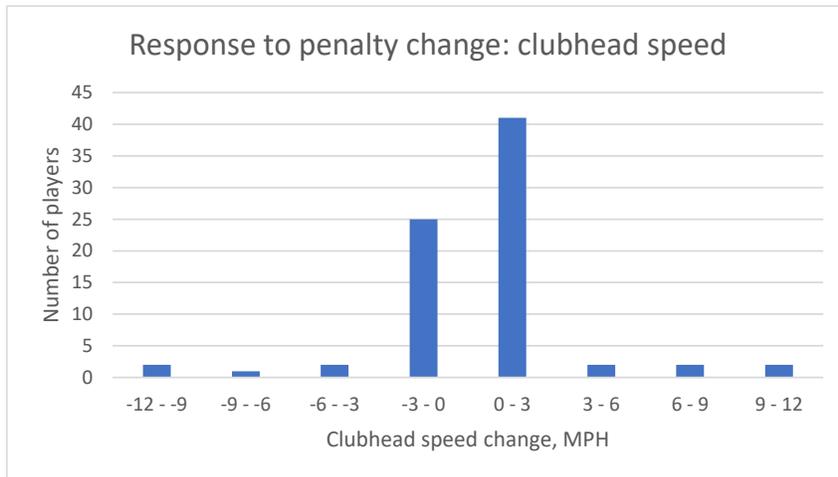


図21：フェアウェイを外したドライブへのより重いペナルティーに対応した77名のエリートアマチュアについてクラブヘッド速度の変化（すべてのクラブ）の分布。平均クラブヘッド速度に統計的に有意な差はなかった。

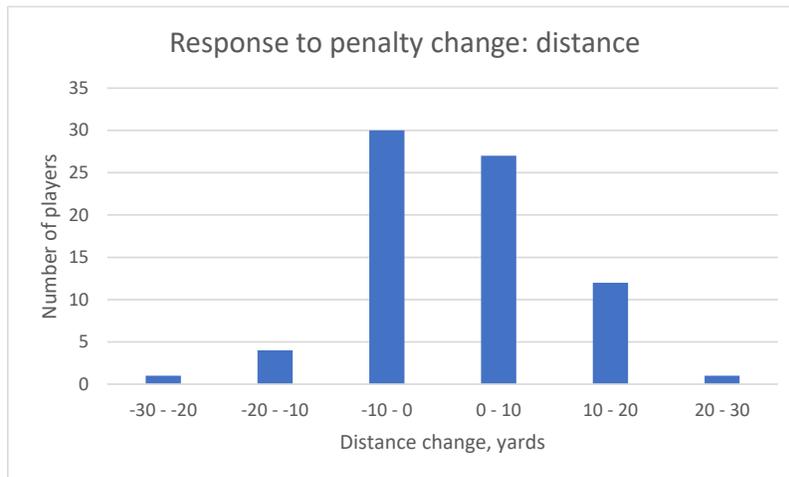


図22：フェアウェイを外したドライブへのより重いペナルティーに対応した77名のエリートアマチュアについて距離の変化の分布。平均ドライブ距離について統計的に有意な2.9ヤードの増加があった。

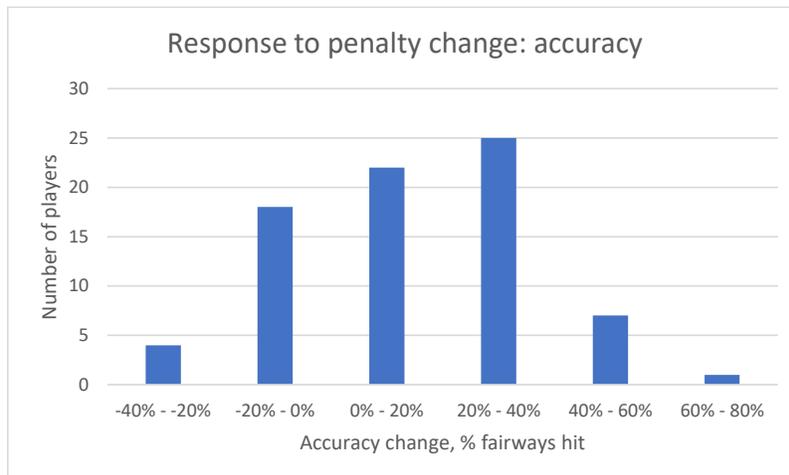


図23：フェアウェイを外したドライブへのより重いペナルティーに対応した77名のエリートアマチュアについて正確性の変化の分布。フェアウェイヒットにおいて統計的に有意な8.6%の増加があった。

2.5.5 有効性を制限した溝でプレーすること

距離と正確性の研究(17)への参加者はさらに別のコンディション(18)でゴルフの2ラウンドをプレーするように要請されました。この評価では、参加者にはラフからのショットに使用するためのフェースインパクトテープを提供しました。このテープは、溝を完全になくしてしまうことと同等に、溝の有効性を著しく制限することを示していました(19)。このテストのプレーヤーは、テープを貼ったクラブでのショットを行う前であっても、ほとんどの者がテープの効果はどんなものであるのかを理解でき、ラフからのスピン発生を無効とするための補完としての調整はたやすく簡単に行われたと報告しました。このことはほとんどのゴルファーについてティーからのアプローチに大きな変化はなく、「ドライバー優先」のメンタリティーは引き続き示されていました。

2.5.6 ゴルファーの最適化戦略

ゴルファーが彼らのスコアを最小とすることを目標とする最適な戦略を特定するためにシミュレーションが開発され、実証されました(20)。このシミュレーションは平均的なPGAツアーのゴルファーの統計的なモデリングと各ショットについて最善のターゲットエリアを特定するかなり多くの試験の使用に基づいていました。増加させたラフの不利益をモデル化するために、プレーヤーのラフからのばらつきはラフの難易度の4つのレベル：平均的なPGAツアーのインターメディアイトラフ、平均的なPGAツアーのプライマリーラフ、プライマリーラフの+20%の難易度、プライマリーラフの+40%の難易度（別々にフェアウェイの幅、ホール距離、そしてグリーンサイズを変化させているが）から予想されるものと定義されました。

多くのゴルファーのパフォーマンス指標（ストロークやスクランブリングなど）には顕著な変化があった一方で、意図するドライビング距離に影響を与える変化はありませんでした：すべてのケースにおいて、意図するドライビング距離はそのゴルファーの最大の能力と等しいものでした。テストしたシナリオでは、どれもティーからの戦略に変化を生み出すのに十分ではありませんでした。シミュレーションはラフの不利益への大きな変化はティーからの戦略の変化を引き起こすには不十分であったということを示しました。

3 結論

この文書と対応する資料は、標準総合距離（ODS）の中の制限の縮小、ボールの他の仕様（サイズや質量）、ドライバーの性能の縮小：体積を含むクラブヘッド寸法、スプリング効果

(SLE) と慣性モーメント (MOI) についてのクラブヘッドの仕様の変更、コースのすべてのエリアからすべてのクラブによるスピン発生を含め、当初の「関心のある分野」(2021年2月)で特定されたトピックについて行われた研究を提供しています。

研究は、ドライビングレンジでのテストとプレーイングテストを含め、このゲームのすべてのレベルのゴルファーを対象とし、参加させました。シミュレーションが行われる場合、その結果はエリートの女性や男性の競技者とアベレージの女性と男性のゴルファーを含むこのゲームのレベルで研究されました。

この研究に基づき、下記の事項は現時点で今後の研究分野として想定されていません。

a. ラフからのショットの難易度に影響する用具の要因

PGA ツアーのパフォーマンス統計分析、ドライビングレンジでのエリートアマチュアゴルファーのテスト、修正した用具でプレーしたラウンド後のインタビュー、そして戦略最適化では、ラフからプレーすることの不利益を増すことはより短いドライブ距離へと導くという仮説への支持は示されませんでした。

b. ティーイングの高さの影響

ティーイングの高さを著しく低くした場合、特にロボットテストにおいて、かなりの飛距離の減少につながるような状況がありました。しかしながら、ボールやクラブのデザインや選択はそうした飛距離の減少を緩和することを示しており、その影響はテストを行ったすべてのゴルファーに一貫したものではありませんでした。

c. ゴルフボールの最小スピン仕様

異なる空力設計のゴルフボールはスピンを増やす特徴を有する構造を緩和し得ること、また、(クラブヘッドの使い方に起因して) 生来より多くのスピンを持つゴルファーは偏った影響を受けることが示されました。

d. ゴルフボールについて別のサイズと重量の仕様

より軽量な、あるいはより大きな直径のゴルフボールを使うことで恩恵を受けるゴルファーもいるかもしれませんが、利益はサイズや重量の仕様への有意な変更としては認識されず、いくつかの影響(弾道の高さと風への反応を含む)は望ましくないものであるかもしれません。

この文書は特定の規則や仕様の変更を提案してはなりません。

4 参考文献

1. **R&A Rules Ltd., United States Golf Association.** *12 October 2021 Notice to Manufacturers Proposed change to the maximum length for clubs.* St Andrews, Liberty Corner : R&A Rules Ltd., United States Golf Association, 2021.
2. **TrackMan.** TrackMan Average Tour Stats. *TrackManGolf.com.* [Online] March 27, 2021. <https://blog.trackmangolf.com/trackman-average-tour-stats/>.
3. —. Performance of the Average Male Amateur Golfer. *TrackMan Golf.* [Online] 10 12, 2021. <https://blog.trackmangolf.com/performance-of-the-average-male-amateur/>.
4. **R&A Rules Ltd., United States Golf Association.** *R22-01 Launch conditions of male and female golfers of different skill levels.* St Andrews, Liberty Corner : R&A Rules Ltd., United States Golf Association, 2019.
5. —. *Overall Distance Standard and Symmetry Test Protocol.* St Andrews, Liberty Corner : R&A Rules Ltd., United States Golf Association, 2019.
6. **R&A Rules Ltd.** *Memorandum to Golf Ball Manufacturers.* St Andrews : R&A Rules Ltd., 2005.
7. **United States Golf Association, R&A Rules Ltd.** *R22-02 Laboratory and player testing with a limited distance golf ball.* Liberty Corner, St Andrews : United States Golf Association, R&A Rules Ltd., 2021.
8. **Sports and Leisure Research Group.** *R22-03 Reduced Flight Golf Ball Testing, Final Findings.* White Plains : Sports and Leisure Research Group, 2021.
9. **United States Golf Association, R&A Rules Ltd.** *R19 - Effect of Equipment on Distance - Driver.* Liberty Corner, St Andrews : United States Golf Association, R&A Rules, Ltd., 2019.
10. —. *R22-04 Effects of club flexibility at different swing speeds.* Liberty Corner, St Andrews : United States Golf Association, R&A Rules Ltd., 2021.
11. **United States Golf Association, R&A Rules Ltd.** *R22-05 Player testing with alternative specification drivers.* Liberty Corner, St Andrews : United States Golf Association, R&A Rules Ltd., 2020.
12. —. *R22-06 Initial investigation: Effects of tee height on drive distance.* Liberty Corner, St Andrews : United States Golf Association, R&A Rules Ltd., 2020.
13. **R&A Rules Ltd., United States Golf Association.** *R22-07 The effect of impact position on driving distance.* St Andrews, Liberty Corner : R&A Rules Ltd, United States Golf Association, 2006.
14. **Mase, Tom, Myrhum, Mark.** *R22-08 Effects of Tee Height on Drive Distance.* 2021.
15. **Distance Insights Project Report.** *R14 - Components of Superior Professional Golf Scoring from 1983 to 2018, With A Focus on Driving Distance and Accuracy.* St Andrews, Liberty Corner : R&A Rules Ltd., United States Golf Association, 2019.

16. **R&A Rules, Ltd., United States Golf Association.** *R22-09 Impact of Course Setup on Scoring and Driving Distance on the PGA TOUR.* St Andrews, Liberty Corner : R&A Rules, Ltd., United States Golf Association, 2022.
17. **United States Golf Association, R&A Rules, Ltd.** *R22-10 Distance and Accuracy Range Testing Performance Results.* Liberty Corner, St Andrews : United States Golf Association, R&A Rules Ltd., 2021.
18. **Sports and Leisure Group.** *R22-11 Qualitative Insights: TrackMan and Face Tape-Rough Penalty Elite Player Testing.* White Plains : Sports and Leisure Group, 2021.
19. **United States Golf Association, R&A Rules Ltd.** *R22-12 Spin reduction modification to Existing Irons.* Liberty Corner, St Andrews : United States Golf Association, R&A Rules Ltd., 2021.
20. **United States Golf Association, R&A Rules Ltd.** *R22-13 Simulated effects of rough penalty on golfer distance and strategy.* Liberty Corner, St Andrews : United States Golf Association, R&A Rules Ltd., 2021.