



第2報：スピン発生研究
2007年1月12日

1 . 要約	4
2 . はじめに	5
3 . プロジェクト概要	6
3.1. フィールド基準性能試験	6
3.2. 芝の代用物の確立	6
3.3. フェース処理性能試験	6
3.4. フェース処理のスピン効果の評価	8
3.4.1 さらなるボールタイプの検討	8
3.5. ボールの空気力学と芝との衝突	9
3.6. プロジェクト要旨	9
4 . 基準プレーヤーテスト	10
5 . 芝の代用物質の確立	11
6 . プレートテスト手順	11
6.1. 用具	11
6.2. インパクト条件	13
6.3. データ収集	14
6.4. プレートテスト(Phase)	14
6.4.1. 基本プレート(B シリーズ)	14
6.4.2. 縁の半径(R シリーズ)	16
6.4.3. 間隔(S シリーズ)	18
6.4.4. 深さ(D シリーズ)	20
6.4.5. 幅(W シリーズ)	22
6.4.6. ミリング (M シリーズ)	24
6.5. Phase の結果とスピン予測との相関関係	25
6.6. プレートテスト(Phase)	26
6.6.1. Phase のテスト結果	26
6.7. ボール構造タイプテスト	27
6.8. ボールの空気力学と芝との衝突	32
6.8.1. ボールの空気力学	32
6.8.2. 芝との衝突	34
7 . プレーヤーテスト	37
7.1. ツアープレーヤーテスト	37
7.1.1. 下部ツアープレーヤーテスト	38
7.1.2. PGA ツアープレーヤーテスト	38
7.1.3. ツアープレーヤーテストの比較	39
7.1.4. ツアープレーヤーテストの結論	41
7.2. アマチュアプレーヤーテスト	41
7.2.1. スピンテスト	41
7.2.2. ショットのばらつき	44
7.2.3. アマチュアプレーヤーテストの要約	48
8 . 結論	48

付属 A : 斜めのインパクトのプレートテストレポート

付属 B : 溝をつけたプレートへのボールの効果のスピンレポート

付属 C : ボールの空気力学レポート

付属 D : 芝との衝突のレポート

付属 E : ツアープレイヤーのテストレポート

付属 F : アマチュアプレイヤーのスピンレポート

付属 G : アマチュアプレイヤーのショットのばらつきレポート

付属 A ~ G は英文のみとなります。

1. 要約

ゴルフボールとクラブヘッドの間の斜めのインパクトの力学は複雑であり、長い間調査の題材となっていました。しかしながら、近年の研究、特にゴルフボールの作用についての研究は知識を飛躍的に拡大させました。この理解はクラブヘッドフェース処理の影響について、また、フェース処理が一般的に使用されていた V 字の溝からどのように進化してきたのかの完全な見直しを促進しました。

この研究はプレー状況によって異なる様々なライからの性能の基準を提供するために実地された一連のプレーヤーテストから始められました。溝のないマッスルバックの鍛造ヘッドから始め、アイアン 2 セットが加工されました：ひとつは伝統的な V 字溝を有し、もうひとつは U 字溝を有するもので、寸法は適合の上限で作られています。これらのクラブのプレー特性はその他の点では同一です。加えて、近代のボールと U 字溝が一般的に使用される前の時代にツアーで使用されていたものを代表するボールが選択されました。プレーヤーはきれいでドライなライから、そしてラフからのショットを行いました。クラブヘッドの動きとボールの発射についてのデータが収集されました。

プレーヤーデータから、近代のクラブフェースの仕様は、芝の深いライにおいて、伝統的な V 字溝に比べ、著しく性能が向上しているは明らかです。いくつかのロフトについては、ラフから U 字溝のクラブを使ったスピンは、きれいなライからのショットよりも実際に多くのスピンの発生するということが分かりました。

プレーヤーデータとプレーヤーテストで使用した用具は、2つの異なる物質がクラブとボールの間のインパクトへの芝の深いライの影響を模すために使用され得ることを確立するため、次に研究室で使用されました。多くのテストが計画されているとすれば、本物の芝を実験室で使用することはふさわしくありません。それゆえ、こうした芝の代用物を使用することは効果的に、再現可能な方法で斜めのインパクト実験を行うことを可能にするのです。

過去の研究はクラブヘッドのフェース処理の性能は、溝の形状、縁の半径、溝の幅、溝の深さ、溝の間隔、そして表面の粗さなどの多くのパラメーターによって合理的に描写できるということを立証しました。こうした要素の各々がどのようにクラブフェースの性能に影響しているのかをよりよく理解するために、一連のテストプレートがデザインされ、加工されました。この最初のプレートセット (Phase) は個々の溝のデザインパラメーターを独立して変化させるためにデザインされました。こうした各プレートは両方の芝の代用物質を使用して様々な角度でテストされました。このテストはインパクトエリアの溝の断面の総面積 (溝の形状、幅、深さ、そして間隔によって決まる) が結果として生じるスピンに直接影響するということを明らかにしました。加えて、溝の側壁が急勾配であるときに溝の縁の鋭さが大きく影響するということが分かりました。溝の形状が V 字溝のプロファイルに近づくと縁の半径の影響は減少しました。この実験研究を仕上げるために、プレートインパクトテストの結果を解釈するための構造 (framework) を提供するために様々なモデルが使用されました。

Phase のプレートがガイドとしての役割を果たしたことで、テストプレートの第 2 セット (Phase) が V 字溝の性能を有するようにデザインされましたが、必ずしも V 字溝のプロファイルを有する必要はありませんでした。溝のデザインパラメーターはこの目的を達

成するために同時に変えられました。両方のテストセット、つまり Phase と Phase の調査結果は結集され、縁の半径が約 0.010 インチあるいはそれ以上のプレートについて、スピンはインパクトゾーンの断面の総面積から推定できるということが分かりました。このことに加えて、スピン発生がボールと溝との組み合わせについてよりよく理解されることを確保するために行われた溝の特徴、および広範囲に及ぶゴルフボールについての集中的なテストもまた評価されました。

ボールの発射はゴルフショットの一部分にすぎないということもまた認識されました。それゆえ、芝への衝突時の跳ね返りと転がりの作用と同様に、アイアンショットの空気力学と弾道の研究もまた行われました。

最後に、ツアープロフェッショナルとアベレージゴルファーの両方を含む一連のプレーヤーテストは、実験室環境での Phase と の様々なプレートのテストによって得られた結果を裏付けるために行われました。

こうしたプレーヤーテストについて、選択されたクラブ（U 字溝のもの、V 字溝のもの、そして V 字溝のように機能するようにデザインされたもの）はプロフェッショナルゴルフの下部ツアーのプレーヤー、PGA ツアープレーヤー、そしてアマチュアゴルファーによってテストされました。レーダー追跡装置によって測定される発射条件はフェアウェイのライと浅いラフから取得されました。

プレーヤーテストの結果は実験室でのプレートテストを裏付け、浅いラフからプロフェッショナルゴルファーが手にした U 字溝と V 字溝のクラブの間に明らかなスピン性能の差があることを証明しました（アマチュアゴルファーでも同様の結果）。テスト結果は、ウレタンカバーのボールで U 字溝のクラブを使用して得られたスピン率は、V 字溝のクラブでのスピン率に対して相当な開きがあるということを明示しました。U 字溝のクラブとウレタンカバーボールの組み合わせは、一貫して高いスピン率を達成しました。こうしたテストはまた、浅いラフのライから使用されたときには、V 字の溝ではない用具が伝統的な V 字溝のように機能する用具に改造され、製造され得るということを示しました。

アマチュアプレーヤーテストは、U 字溝と V 字溝のクラブをサーリンカバーボールとの組み合わせで使用したときにアマチュアゴルファーによって得られたスピン率にはごくわずかな差しかないということを明らかにしました。ウレタンカバーボールは U 字溝のクラブとの組み合わせで使用されたときに V 字溝に比べてより多いスピンを示し、V 字溝でのウレタンカバーボールのスピン性能は、サーリンカバーのボールがどちらの溝の仕様で使用された場合に比べてもアドバンテージはほとんどありません。

V 字溝や V 字のような溝のクラブから得られた減じられたスピンは、発射角度にともなって、変化するものであるが、ボールの弾道に影響を及ぼし、したがってボールがグリーンに衝突する際のボールの条件（着地の角度、スピン率と速度）に影響を及ぼします。V 字溝や V 字のような溝で打たれたボールの着地条件は、U 字溝にくらべると、グリーンに衝突する際にボールが経験する全体の弾みや転がりに、著しい増加を引き起こします。

2. はじめに

ゴルフの規則制定団体の技術スタッフの使命の重要な構成要素は、ゲームの力学と動力学

についての基礎研究を行うことです。特に興味のある一面は、何も無いクリーンな状態と芝の深い状態におけるロフトの付いたクラブとボールの斜めのインパクトです。このトピックは 1980 年代後半にかなり注目を集めました。

近年は、斜めのインパクトにおけるゴルフボールの作用について理解を深めるために実験的、そして分析的な研究が行われてきました。クラブヘッドのフェース加工の影響を含むようにこの研究を拡張するため、包括的な研究が始まりました。この研究はこの主題についての過去の研究に基づいて進め、どのようにそのようなフェース加工がボールの発射に、またそのことによって弾道と芝への衝突時における弾み作用に影響を与えるのかについて完全な理解を立証することを意図していました。

3. プロジェクト概要

プロジェクト全体の詳細についてはスピン発生研究の最初の中間報告書で示されています。このプロジェクトは 5 つの主要な要素からなっています：

- ・ フィールド基準性能試験（終了）
- ・ 芝の代用物の確立（終了）
- ・ フェース処理性能試験（終了）
- ・ ショット弾道と着地作用へのフェース処理性能の影響についての研究（終了）
- ・ 実験室テストのフィールドテストでの裏付け（終了）

最初の中間報告書を発行したときには、プロジェクトの最初の 2 要素しか終了していませんでした。それらについては中間報告書で詳細に記述されているので今回は要約だけとなります。しかしながら、それ以降、プロジェクトの残りの要素が終了し、この報告書の中で詳細に述べられています。

3.1. フィールド基準性能試験

この研究の第一歩は、U 字溝を有する近年のクラブが V 字溝と標準的なサンドブラスト加工を施したフェースに比べて著しく高い性能をもっているという仮説を裏付けることでした。何も無いきれいなライと芝の深いライの両方からの U 字溝を有する近年のクラブの性能は、プロフェッショナルゴルファーが様々なロフトのアイアンクラブで、以下のものを使用しているフィールドテストプログラムを通して決定的に立証されました：

- ・ V 字溝、サンドブラストフェース、パラタカバー糸巻きボール
- ・ U 字溝、サンドブラストそして/またはミルド（機械削り）されたフェース、近代のツアーボール
- ・ 溝なし、軽いサンドブラストフェース（下限性能限界を確立するため）

3.2. 芝の代用物の確立

実験室でフェース処理をテストするために本物の芝を使用することは実際的ではありません。当初のプレーヤーテストから、2 つの芝の代わりに媒体が確立されました。芝の代用物としてのこうした 2 つの介在物を使って生み出されたスピンは、すべてのクラブについてプレーヤーテストの間に測定されたスピンを包括します。

3.3. フェース処理性能試験

異なるフェース処理デザインパラメーターの影響についての多くの研究が 1980 年代に USGA によって行われてきました。この主題におけるさらなる準備段階の研究も両統括団体において行われてきました。こうした過去の研究でなされた観測結果は再検討され、様々

なフェース処理のための基礎を提供しました。

実験室での性能テストの第1段階では、4つの基本プロファイルが作られました。それは、現在ゴルフ規則によって規定されている上限やそれに近い寸法によって特徴付けられます。

これらは以下のものを含まます（すべては $Ra \sim 120 \mu\text{in}$ のサンドブラストを施したフェースを有する）。

- ・ U字溝(90°の側壁) 0.010inの縁の半径、0.035inの幅、そして0.020inの深さ、0.140inの溝の間隔
- ・ V字溝(55°の側壁) 0.010inの縁の半径、0.035inの幅、そして0.020inの深さ、0.140inの溝の間隔
- ・ 中間の溝(65°の側壁) 0.010inの縁の半径、0.035inの幅、そして0.020inの深さ、0.140inの溝の間隔
- ・ 中間の溝(75°の側壁) 0.010inの縁の半径、0.035inの幅、そして0.020inの深さ、0.140inの溝の間隔

基本プロファイルのデザインパラメーターは各パラメーターの影響が隔離されるように体系的に変えられました。研究されたパラメーターは図3.3.1.に図解的に示されています。各デザインパラメーターを独立して修正した結果、70の個々のプレートデザインが開発されました。ワイヤ放電加工機(EDM)がこうしたプロファイルを造るのに使用されました。

各プレートは2種類の芝の代用媒体とともに4つの角度でテストされました。インパクトスピードはインパクト角度と一致するようにセットされました。

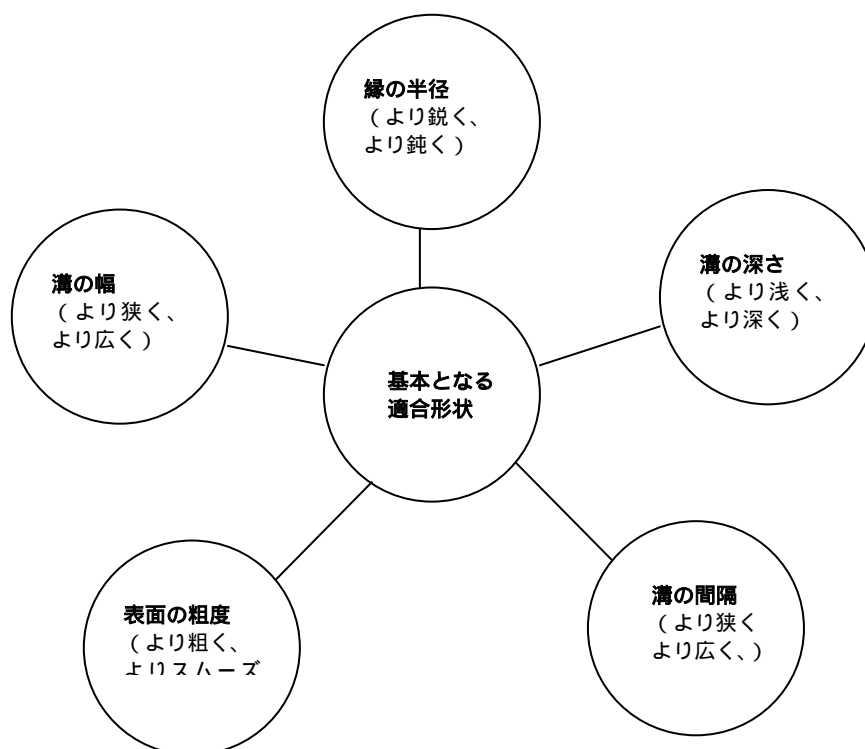


図 3.3.1: プレートテスト実験的パラメーター

Phase プレートのテストでは各溝のパラメーターを独立して隔離し、各パラメーターのスピンの影響を測定しました。こうした結果から、**Phase** テストの重要な結果を含む線形相関が構築されました。

このプロジェクトの第2段階の部分は、V字溝ではない溝のプロファイルのスピンの性能をV字溝のスピンの性能まで減じる目的で、溝のパラメーターを変えて行うことでした。

Phase のプレートの結果から得られた相関関係は、V字溝のスピンの性能に近いスピンの性能を達成するために、複数の溝のプロファイルの特性を同時に変えたプレートをデザインするために使われました。さらなる25のプレートが製造されました。

3.4. フェース処理のスピンの効果の評価

Phase と におけるフェース処理のプレートテストを終了し、一連のフェース処理の効果について様々な結果を示すことができました。こうした結果から、芝の代用物を使った実験室でのテストで、V字形状ではないが、V字溝のような性能を示した溝の仕様でテストクラブのセットがデザインされ、加工されました。こうしたクラブは実験室での結果を検証するためにプロフェッショナルとアマチュアの両ゴルファーのプレーヤーテストに使用され、その結果は実験室での結果に基づくものとなりました。

3.4.1. さらなるボールタイプの検討

過去の研究は斜めのインパクトにおけるボールの性能を考察しながら行われてきました。今回の研究は、溝があるものと溝のないもの、粗くしたプレートとスムーズなプレートでの、異なる衝突角度（ロフト）と速度における、異なったボールのスピンの大きさに及ぼす効果の定量化から構成されていました。

プロジェクトのこの部分では、上記の **Phase** と のテストプレートのサブセットが、一

連の構造タイプとカバー素材を網羅した異なるタイプのソリッドゴルフボールとともにテストされました。

3.5. ボールの空気力学と芝との衝突

クラブへのフェース処理はボールの発射条件、従ってボールの飛行弾道とその結果としての芝への跳ね返りと転がりの両方へ影響を与えます。アイアンの弾道についてのボールの空気力学とそれに引き続く芝との衝突の研究もまた行われました。

ウェットとドライの両方の条件で、U字溝とV字溝のフェースでのボールとクラブとの衝突の結果から実験的に決められた発射条件は、2つの構造のゴルフボールでの揚力と抗力の空力係数を幅広い速度とスピンにおいて測定するために使用されました。それから、この空気力学モデルは代表的なチャンピオンシップ品質のグリーン表面でどのようにボールが跳ね返り、転がるのかを測定する一連のテストのための芝への衝突条件（速度、角度、スピン）を作り出すために使用されました。

3.6. プロジェクト要旨

図 3.6.1 は図解的にプロジェクト作業を示しています。

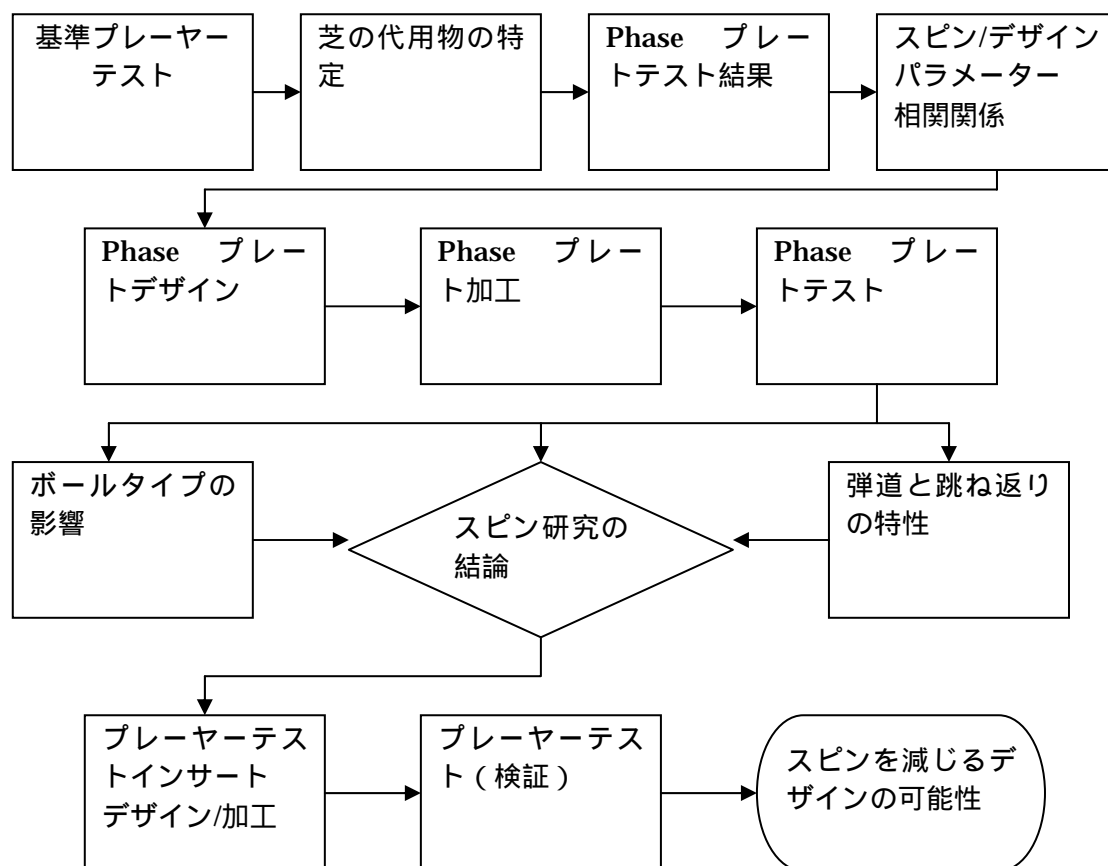


図 3.6.1: プロジェクトフローチャート

4. 基準プレーヤーテスト

基準プレーヤーテストの目的は、現行の適合の上限の代表的な用具と U 字溝が一般的になる前の時代を代表する用具を使って発射条件を求めることでした。

3 本セットのクラブ(それぞれ 5 番、8 番、サンドウエッジからなる)を関心のある 2 つの時代を代表する溝で製造しました。過去の研究に基づき、2 つの時代で典型的であったボール、糸巻きバラタボールと多重ウレタンカバーボールが選択されました(4.1.4.項を参照¹⁾)。

アイアンの 3 つ目のセットには、溝の仕様の实用限界の目安を規定するために溝がないもの(ただし、典型的なサンドブラストを施したフェースの粗さを持つ)が使われました。ハイスピードビデオによって測定されるインパクト条件と、レーダー追跡ユニットによって測定される発射条件がフェアウェイと浅めのラフのライの両方から求められました。

図 4.1 は基準プレーヤーテストでのドライとウエットの両方の条件における 2 つのボール/溝の組み合わせの平均結果を示しています。信頼区間もまた示されています(注:別途規定がない限り、この報告書に示されている信頼区間は 95%の信頼水準です)。

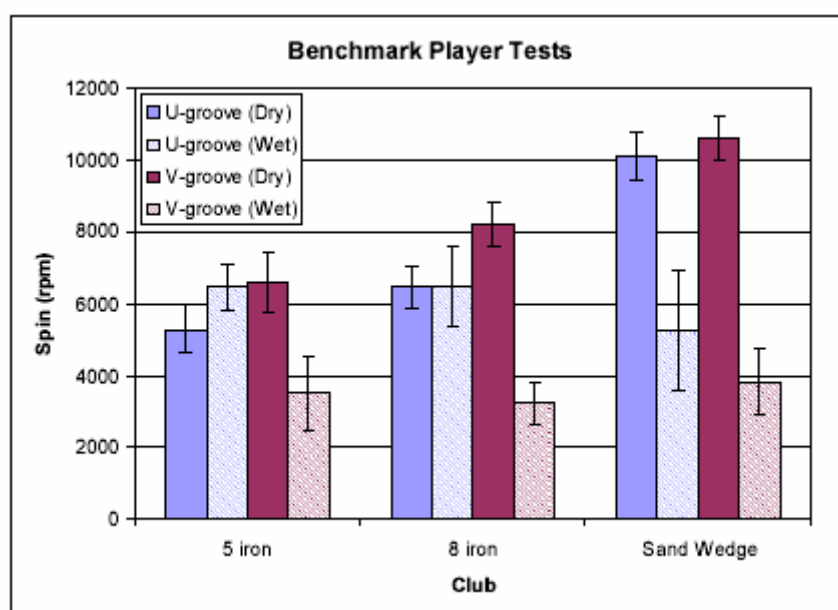


図 4.1: プレーヤー結果の平均

基準テストの結果は、ドライ条件ではバラタボール/V 字溝の組み合わせはすべてのロフトにおいて近代の組み合わせよりもより多くのスピンを発生させるということを示しました。しかしながら、近代のボール/U 字溝の組み合わせはラフのライからはすべてのロフトでバラタ/V 字溝の組み合わせよりもより多くのスピンを発生させました。近代の用具はドライなライからよりラフからより多いスピンを実際に発生させる潜在能力をもつということもまた観察されました。この最終結果は、いささか直感に反したことであるものの、様々なモデルによって十分に予測されていました。

最初の中間報告書には基準プレーヤーテストの完全な報告書が含まれています。

5．芝の代用物質の確立

室内実験のために本物の芝をテスト媒体として使用した場合に、時間と共に一貫性を保つことが困難であることが観察されてきました。それゆえ、芝と同じように作用し、芝の深い条件でテストしたときに観察される重要ないくつかのインパクトの現象を記録する適切な代替物を特定することが必要でした。そのためには、基準プレーヤーテストで用いた U 字溝と V 字溝のクラブを使って多くの介在させる素材がテストされました。2つの芝の代替媒体が確立されました。この選択された2つの材料は濡れた新聞紙と濡れた布（テスト用にスリットが入れられた）；DuPont Sontara です。芝の代用物としてのこうした2つの介在物質を使用して生み出されたスピンは、すべてのクラブにおいてプレーヤーテストで測定されたスピンを包括しました。

最初の中間報告書には芝の代用物をテストすることについて完全な報告書が含まれていません。

6．プレートテスト手順

このプロジェクトのこの部分の目的は、介在する物質（芝の深いライを代表する）がある場合の様々な溝やフェース処理パラメーターのスピンへの影響の幅広い評価を提供することでした。プレートテストの Phase 1 では 70 のテストプレートが加工されました。Phase 1 のプレートは、各プレートのスピンへの影響を測定することができるように、各溝のパラメーターを独立して隔離しました。プレートテストの Phase 2 では、プレートは V 字溝のスピン性能と近いスピン性能を達成するために V 字溝のプロファイルを有していない溝の施されたプレートの複数の溝のパラメーターを同時に変えることによってデザインされました。プレートテストのこの段階のために 25 のさらなるプレートが製造されました。

6.1 用具

Phase 1 と 2 のプレートは、焼きなまし状態の 17-4 ステンレスを EDM 方式で加工して作られました。図 6.1.1. はテストプレートの基本的な溝のプロファイルの横断面を示しています。

(i)機械が非常に精巧であること、(ii)各溝のプロファイルに対して個々のカッターを必要としないこと、(iii)デザインから製造までの必要な準備期間が非常に短いこと、と言う理由から、ワイヤ EDM 方法がそうしたプレートを製造するのに優れていることが証明されました。溝の機械加工に加えて、プレートのフェースには吹きつけ加工やミルド（機械削り）加工がなされました。

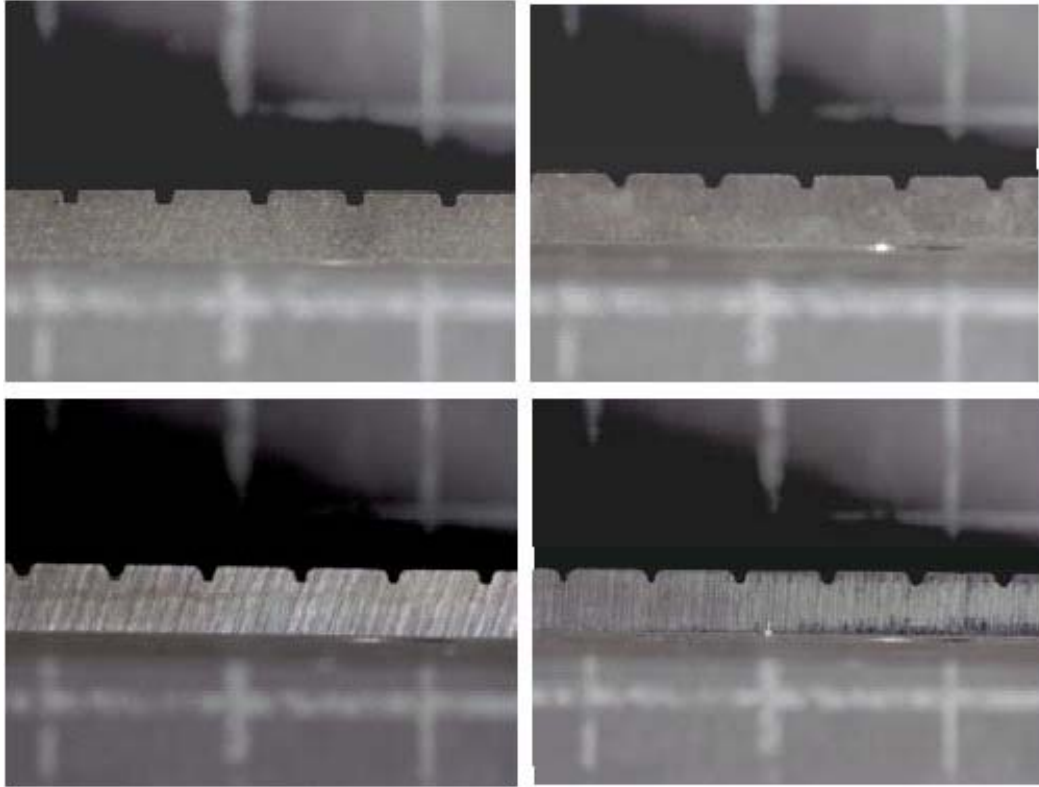


図 6.1.1: 溝の施されたテストプレートの基本プロファイルの横断面 (写真は B シリーズ)

すべてのプレートには順繰りに多軸フォース振動板に取り付けられる基準プレートの穴にマッチする 6 つの装着用の穴が開いていました。この完全な組み立て部は、角度調整可能機械運転者テーブルに取り付けられている大きくて重厚なブロックにボルトで固定されました。フォース振動板は通常と正接の方向の力の時系列で記録することができます。図 6.1.2 は斜めの角度で振動版に取り付けられた典型的なプレートを示しています。

人気のウレタンカバーの 3 ピースツアーボール (U3P) が Phase と のプレートのテストで使用されました。



図 6.1.2: 溝の入ったテストプレートで斜めのインパクトのテストセットアップ

6.2. インパクト条件

斜めのインパクトがプレー条件でのインパクトを代表するという意図がありました。特に、インパクト速度 V_{in} (フィート/秒) はインパクト角度 θ_{impact} (度) に伴い減少する。

$$V_{in} = 133.4 - 0.65 \theta_{impact}, \quad (6.2.1)$$

このことは図6.2.1.に描写されています。

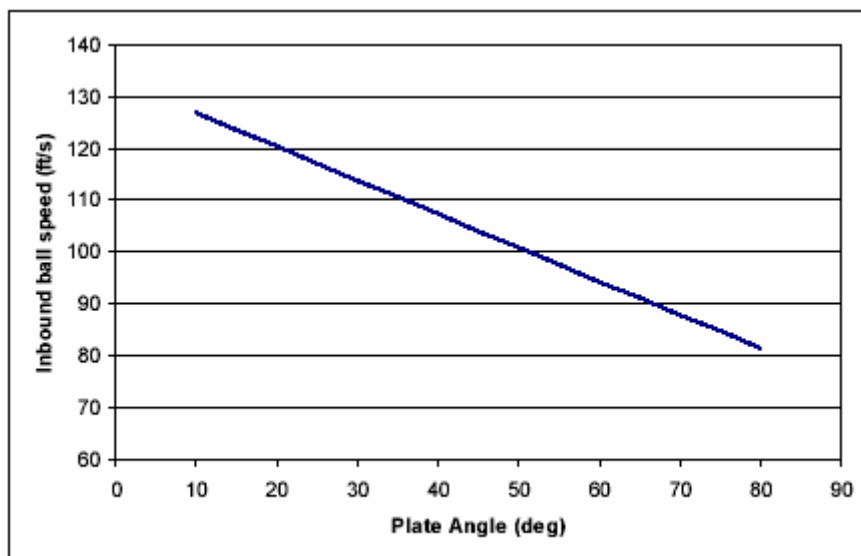


図 6.2.1: テストプレートの角度に応じた、インバウンドボール速度

6.3. データ収集

インバウンドとアウトバウンドの速度、角度とスピン率は各ショットに対して自動カメラシステムを用いて記録されました。各テスト条件において、アウトバウンドスピン率の平均値の信頼区間が 1 分間に 300 回転以下になるまでショットが発射されました。多軸フォース振動板からの力の時系列は各テスト条件につき 1 インパクト記録されました。そうした時系列の例は図 6.3.1 に示されています（ロフト角 60 度のプレートについて）。

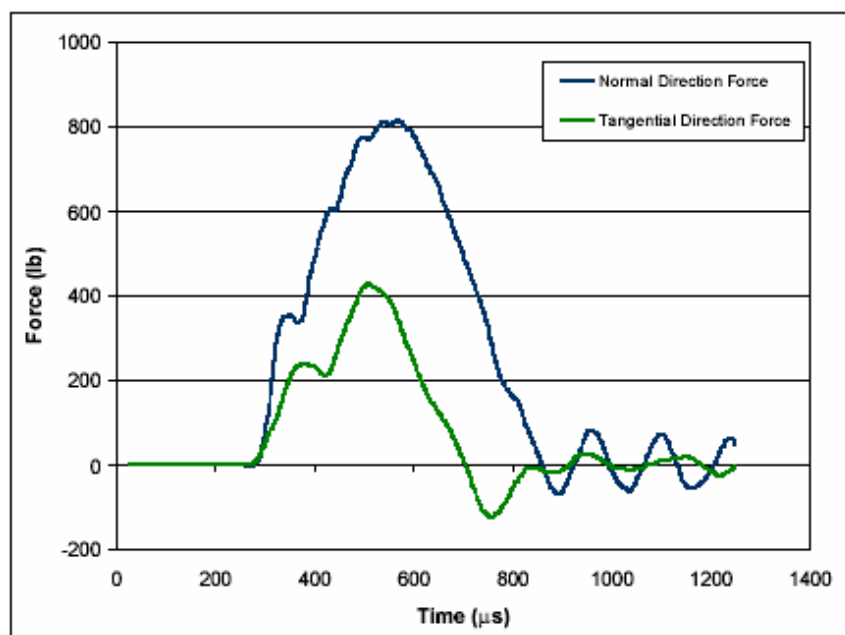


図 6.3.1: 力の時系列の例（ロフト角 60 度のプレートについて）

6.4. Phase プレートテスト

以下の項では、Phase プレートが一連の角度で、濡れた新聞紙を芝の代用物として使用して行われたスピン結果が示されていきます。DuPont Sontara を使用したテストのデータを含む完全な結果は付属 A に収録されています。

6.4.1. 基本プレート（B シリーズ）

基本プレートは、側壁が完全な U 字溝から完全な V 字溝に移行していく 4 つの異なる溝のプロファイルから構成されています。基本プレートのための溝の寸法は表 6.4.1.1 に与えられています。

表 6.4.1.1: B シリーズプレート寸法

Serial #	Draught Angle (deg)	Width* (in)	Depth (in)	Edge Radius (in)	Groove Pitch (in)
B100	90 (U)	0.030	0.020	0.010	0.140
B200	75	0.030	0.020	0.010	0.140
B300	65	0.030	0.020	0.010	0.140
B400	55 (V)	0.030	0.020	0.010	0.140
B000	Grooveless				

* この研究ではすべての幅は 45 度の接線を用いて測定されています (付属 A 参照)

図 6.4.1.1 は濡れた新聞紙での基本プレートのスピン結果を表しています。

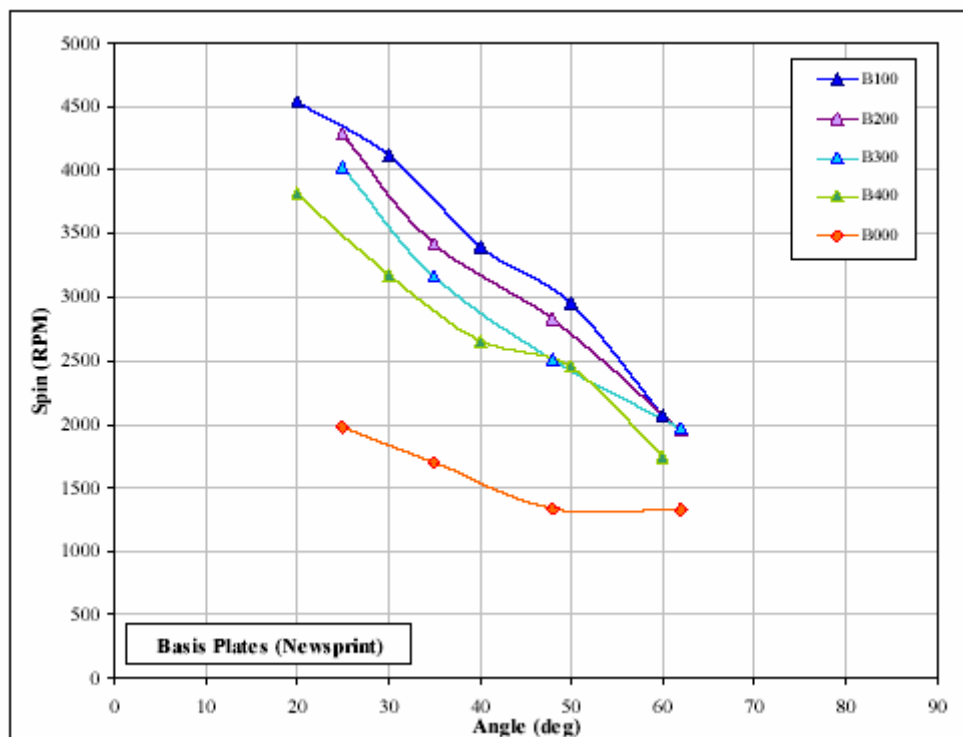


図 6.4.1.1 : 基本プレートのスピン結果 (濡れた新聞紙の素材)

基準プレーヤーテストでも観察されたように、すべての角度において U 字溝 (B100) は V 字溝 (B400) よりも優れています。準 V 字溝 (B300) が性能の点で V 字溝に近いという一方で、準 U 字溝 (B200) は性能の点で U 字溝に近いのです。溝のないプレート (B000) は溝を施したすべてのプレートよりも悪い性能を示しました。

Sontara を用いた結果は新聞紙を用いた結果ほど体系的ではありませんでした。B100,B200,B300 はお互いに区別できませんでした。V 字溝 (B400) は他の形状よりもほとんどの角度で悪い性能を示しました。最後に、溝のないプレート (B000) は他の溝の形状よりも著しく悪い性能を示しました。

6.4.2. 縁の半径 (R シリーズ)

すべてのプレートにおいて、溝の縁は平縁の推移(a filleted transition)で表面部分に続いています。ほとんどのプレートに対してこの平縁の半径は 0.010 インチです。しかしながら、この縁の半径は R シリーズのプレートでは 0.0025 インチから 0.020 インチまで変えられています (注: B シリーズは、R シリーズに 0.010 インチの半径のプレートを提供することで完成します)。R シリーズのプレートの溝の寸法は表 6.4.2.1 に与えられています。

表 6.4.2.1: R シリーズのプレート寸法

Serial #	Draught Angle (deg)	Width (in)	Depth (in)	Edge Radius (in)	Groove Pitch (in)
R101	90 (U)	0.030	0.020	0.0025	0.140
R102	90 (U)	0.030	0.020	0.005	0.140
R103	90 (U)	0.030	0.020	0.015	0.140
R104	90 (U)	0.030	0.020	0.020	0.140
R201	75	0.030	0.020	0.0025	0.140
R202	75	0.030	0.020	0.005	0.140
R203	75	0.030	0.020	0.015	0.140
R204	75	0.030	0.020	0.020	0.140
R301	65	0.030	0.020	0.0025	0.140
R302	65	0.030	0.020	0.005	0.140
R303	65	0.030	0.020	0.015	0.140
R304	65	0.030	0.020	0.020	0.140
R401	55 (V)	0.030	0.020	0.0025	0.140
R402	55 (V)	0.030	0.020	0.005	0.140
R403	55 (V)	0.030	0.020	0.015	0.140
R404	55 (V)	0.030	0.020	0.020	0.140

R シリーズのプレートに対する完全なテスト結果の一覧は付属 A に与えられています。図 6.4.2.1 は濡れた新聞紙を使用した R100 シリーズのスピン結果を示しています。この図は Phase のプレートテストでの縁の半径の影響に関して到達した結論を代表するものです。

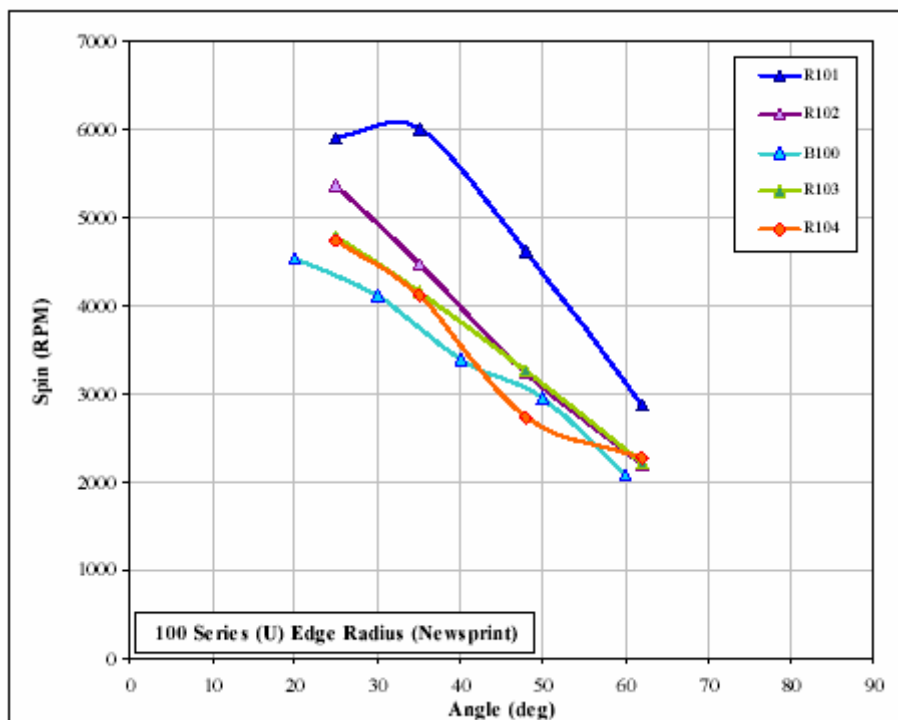


図 6.4.2.1: 100 シリーズのプレート (新聞紙) に対するスピン結果への縁の半径の影響

この結果は、縁の半径の影響は溝の側壁の抜き勾配に依存していることを示しています。図 6.4.2.1 から、(U 字溝) 0.0025 インチ (R101) という最も鋭い縁の半径をもつ R100 シリーズのプレートは、基準となる半径の 0.010 インチ (B100) に比べて劇的にスピンを増すということが見て取れます。低い口フトのクラブについては 0.005 インチ (R102) の半径もまたスピンの向上しました。しかしながら、0.010 インチを超える縁の半径は基準となる丸みに比べて低い性能をもつとは思われません。

縁の半径が 0.0025 インチと 0.005 インチの準 U 字溝のプレートについて、0.010 インチに比べてスピンの向上しました。しかしながら、準 V 字溝から V 字溝へ推移するにつれて縁の半径の効果は減少します。準 V 字のプロファイルの最も鋭い縁の半径だけが鈍い縁に比べてスピンの向上しました。真の V 字溝については、縁の半径は結果として生じるスピンの率に影響を与えません。

一定のインパクト角度、35° で新聞紙を介在物として行われる縁の半径の試験は、様々な溝の形に対する縁の半径の影響を明らかにします (図 6.4.2.2)。図 6.4.2.2 では、縁の半径は U 字形の溝に多大な影響があり、溝の形状が V 字に推移するにつれてその影響が少なくなるということは明らかです。

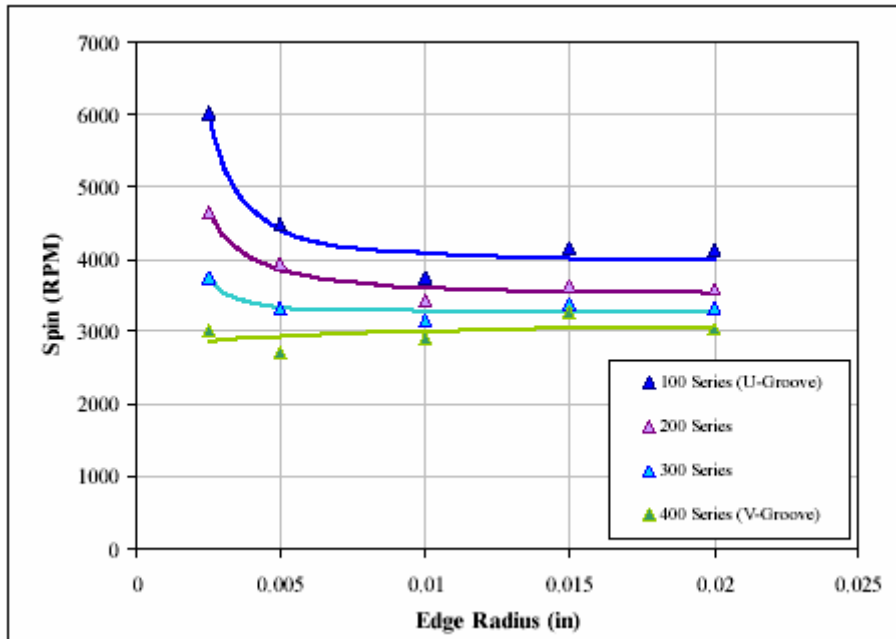


図 6.4.2.2: 縁の半径の 35 ° でのスピン結果への影響、(新聞紙)

6.4.3. 間隔 (Sシリーズ)

このプロジェクトのために、「間隔」は一般にはピッチとして参照されている「中心から中心までの距離」と定義しました。現行の溝の仕様では、縁と縁の距離は溝の幅 (0.035 インチ以下) の 3 倍以上でなければならないとしています (30 ° の接触点によって測定)。それゆえ、最大溝幅に対して、許される最小の縁から縁の距離は 0.105 インチとなるでしょう。同等に、そうした仕様の許される最小のピッチは 0.140 インチとなるでしょう、これは 0.105 インチ + 溝幅の 0.035 インチです。S シリーズのテストプレートの間隔は、4 つすべての溝の形状に対して ±0.035 インチ変化させます。U 字と準 U 字のプロファイルのプレートについては追加的に 0.210 インチの間隔を有したものを用意しました。(こうした最後の 2 つのプレート (S103 と S203) は正式には Phase でのデザインでしたが、比較目的でここに含まれているということに注目してください。) S シリーズのプレートの溝の寸法は表 6.4.3.1 に与えられています。

表 6.4.3.1: S シリーズのプレート寸法

Serial #	Draught Angle (deg)	Width (in)	Depth (in)	Edge Radius (in)	Groove Pitch (in)
S101	90 (U)	0.030	0.020	0.010	0.105
S102	90 (U)	0.030	0.020	0.010	0.175
S103	90 (U)	0.030	0.020	0.010	0.210
S201	75	0.030	0.020	0.010	0.105
S202	75	0.030	0.020	0.010	0.175
S203	75	0.030	0.020	0.010	0.210
S301	65	0.030	0.020	0.010	0.105
S302	65	0.030	0.020	0.010	0.175
S401	55 (V)	0.030	0.020	0.010	0.105
S402	55 (V)	0.030	0.020	0.010	0.175

S シリーズのプレートに対する完全なテスト結果の一覧は付属 A に与えられています。図 6.4.3.1 は濡れた新聞紙を使った S100 シリーズのプレートのスピン結果を示しています。この図は Phase のプレートテストでの溝の間隔の影響に関して到達した結論を代表するものです。

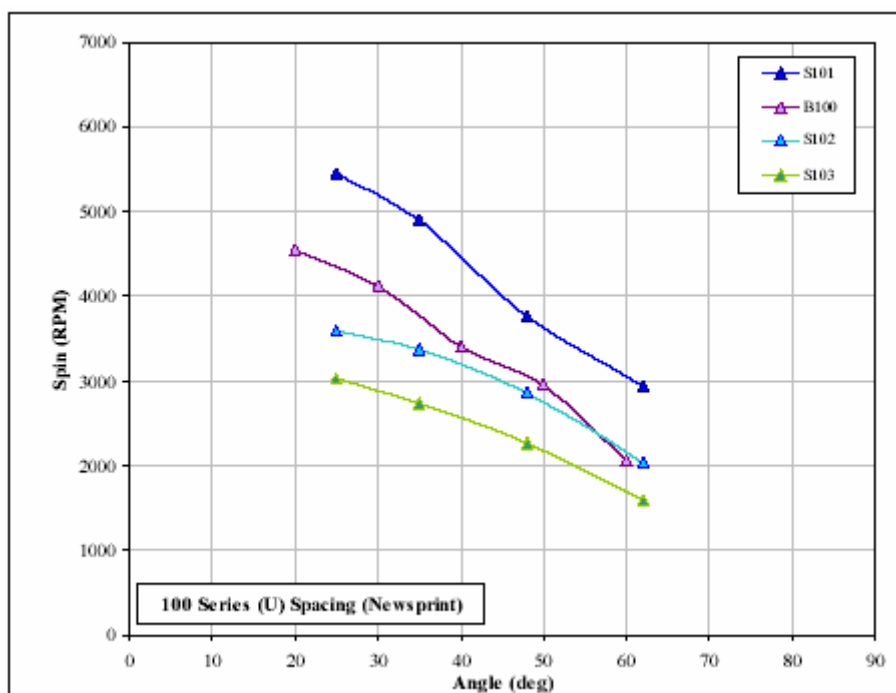


図 6.4.3.1: 100 シリーズのプレートに対するスピン結果への溝の間隔の影響 (新聞紙)

図 6.4.3.1 から、溝の間隔を狭めることはスピン性能を向上させるということが見て取れます。この傾向はすべての溝の形状に対して一貫しています。間隔を広げることの影響はあまり明確ではありません。新聞紙を使った低い角度でのテストでは、すべての溝の形状のスピン性能は間隔が広くなるにつれて低くなりました。しかしながら、その他の角度で、Sontara 素材を用いた場合、ピッチの距離を 0.140 インチから 0.175 インチに広げることはスピンを著しく減少させませんでした。このことは接触面の有限性の結果かもしれません。すなわち、間隔を 0.140 インチから 0.175 インチに変えることは、ボールに接触する溝の数を一貫して増やさなかったのかもしれませんが、しかしながら、U 字と準 U 字の溝のプロファイルのピッチ距離を 0.210 インチまで広げた場合には、スピン性能を低下させるという期待された結果が得られました。

6.4.4. 深さ (D シリーズ)

溝の深さの上限は現在 0.020 インチです。テストプレートはすべての溝の形状について深さを 0.010 インチと 0.015 インチに減らして製造されました。加えて、可能な場合には、溝の深さを 0.025 インチと 0.0394 インチに深くしました (例えば、側壁の抜き勾配を 55° に維持しながら V 字の溝の深さを深くすることはできません)。D シリーズのプレートの溝の寸法は表 6.4.4.1 に与えられています。

表 6.4.4.1: D シリーズのプレート寸法

Serial #	Draught Angle (deg)	Width (in)	Depth (in)	Edge Radius (in)	Groove Pitch (in)
D101	90 (U)	0.030	0.010	0.010	0.140
D102	90 (U)	0.030	0.015	0.010	0.140
D103	90 (U)	0.030	0.025	0.010	0.140
D104	90 (U)	0.030	0.0394	0.010	0.140
D201	75	0.030	0.010	0.010	0.140
D202	75	0.030	0.015	0.010	0.140
D203	75	0.030	0.025	0.010	0.140
D204	75	0.030	0.0394	0.010	0.140
D301	65	0.030	0.010	0.010	0.140
D302	65	0.030	0.015	0.010	0.140
D303	65	0.030	0.025	0.010	0.140
D401	55 (V)	0.030	0.010	0.010	0.140
D402	55 (V)	0.030	0.015	0.010	0.140

D シリーズのプレートに対する完全なテスト結果の一覧は付属 A に与えられています。図 6.4.4.1 は濡れた新聞紙を使った D100 シリーズのプレートのスピン結果を示しています。この図は Phase のプレートテストでの溝の深さの影響に関して到達した結論を代表するものです。

図 6.4.4.1 は、新聞紙を介在とした D100 シリーズのプレートについて、スピンは溝の深さに直接的に支配されるということを示しています。このことは新聞紙を介在とした場合のほとんどすべての溝のプロファイルについていえることです。縁の半径のときのように、35° のインパクト角度がこのことを最も明確に示しています (図 6.4.4.2)。

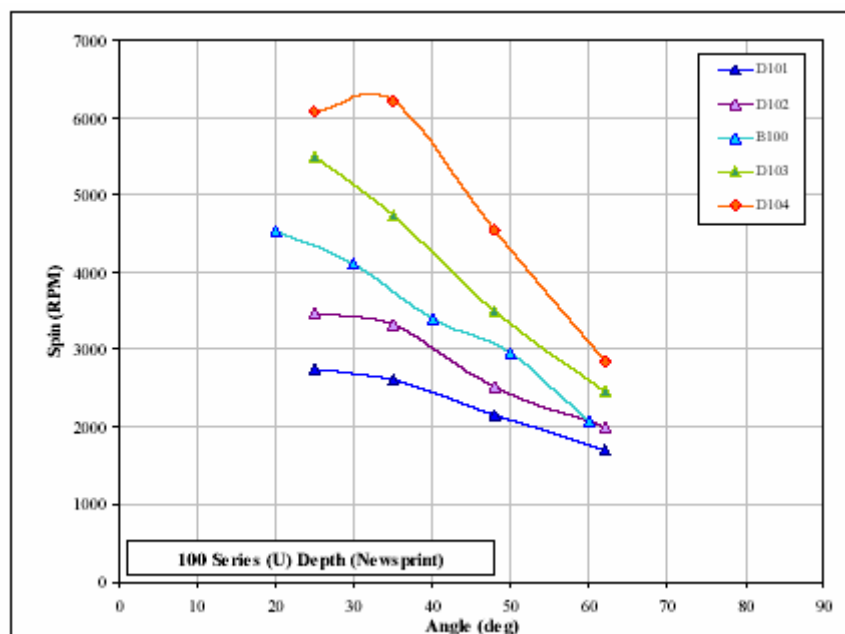


図 6.4.4.1: 100 シリーズのプレートに対するスピン結果への溝の深さの影響 (新聞紙)

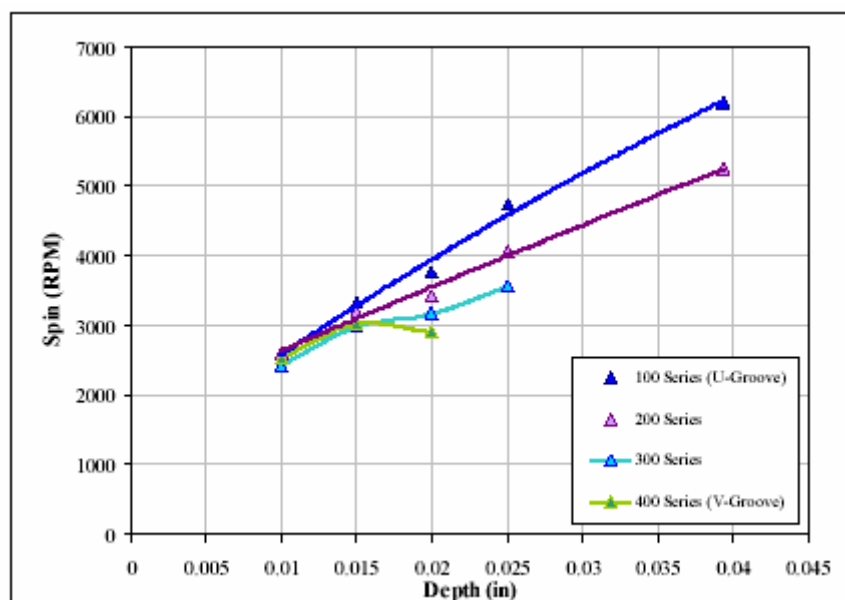


図 6.4.4.2: 35° でのスピン結果への溝の深さの影響 (新聞紙)

図 6.4.4.2 は、V 字溝を除いて、スピンは深さとともに増加するということを示しています。一般に、同様の作用が Sontara を使用した際にも示されました。しかしながら、深さが 0.025

インチを超えると、付加的な利益は見受けられませんでした。

6.4.5. 幅 (W シリーズ)

溝の幅は、溝の縁を 30° の接触点で測定したときに 0.035 インチと現行制限されています。縁の半径に応じた溝の横断面の面積の変化を最小にするために、この研究での溝の幅は 45° の接触点で測定されました。30° の接触点で測定された 0.010 インチの縁の半径と 0.035 インチの幅をもつ溝は、45° の接触点で測定した場合、約 0.030 インチの幅となるでしょう。(この 2 つの測定技術の差は付属 A に詳述されています。) 溝の幅は、可能であれば、0.020 インチから 0.035 インチまで変えられました (30° の接触点で測定した場合、おおよそ 0.025 インチから 0.040 インチに相当)。例えば、V 字溝は 55° の抜き勾配を維持しながらほんの少ししか幅を広げることにはできません。W シリーズのプレートの溝の寸法は表 6.4.5.1 に与えられています。

表 6.4.5.1: W シリーズのプレート寸法

Serial #	Draught Angle (deg)	Width (in)	Depth (in)	Edge Radius (in)	Groove Pitch (in)
W101	90 (U)	0.020	0.020	0.010	0.140
W102	90 (U)	0.025	0.020	0.010	0.140
W103	90 (U)	0.035	0.020	0.010	0.140
W201	75	0.020	0.020	0.010	0.140
W202	75	0.025	0.020	0.010	0.140
W203	75	0.035	0.020	0.010	0.140
W302	65	0.025	0.020	0.010	0.140
W303	65	0.035	0.020	0.010	0.140
W403	55 (V)	0.035	0.020	0.010	0.140

W シリーズのプレートに対する完全なテスト結果の一覧は付属 A に与えられています。図 6.4.5.1 は濡れた新聞紙を使った W100 シリーズのプレートのスピン結果を示しています。この図は Phase のプレートテストでの溝の幅の影響に関して到達した結論を代表するものです。

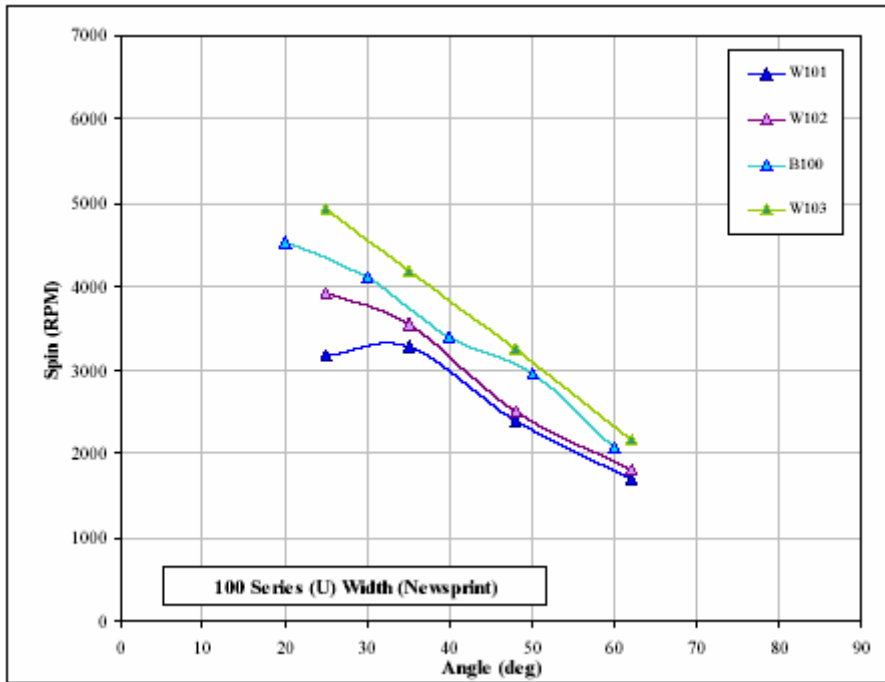


図 6.4.5.1: 100 シリーズのプレートに対するスピン結果への溝の幅の影響 (新聞紙)

溝の深さのときと同様に、幅が広くなるにつれてスピンも増加します。またしても、新聞紙を使用した 35° のインパクト角度でこの効果を明確に示しています (図 6.4.5.2)。

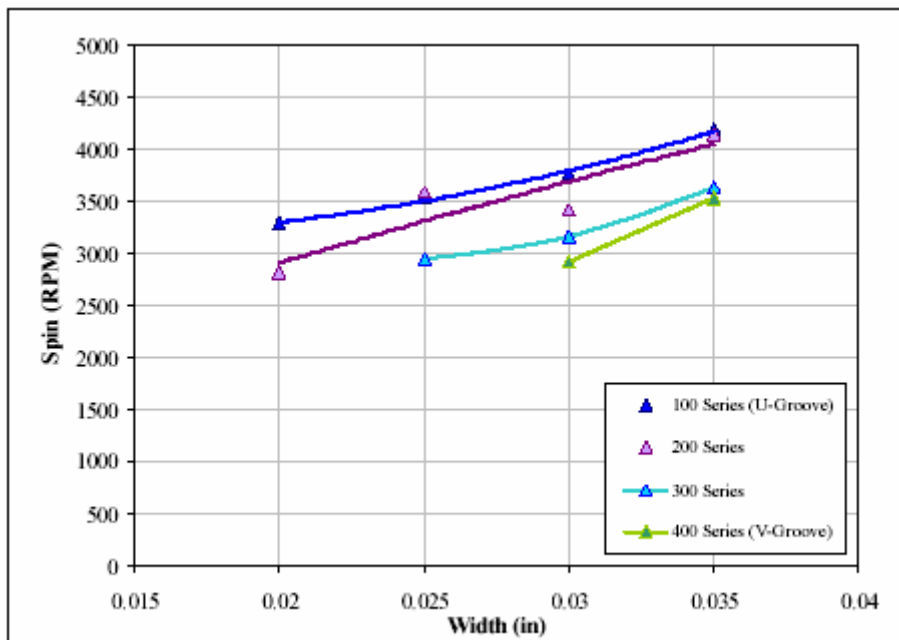


図 6.4.5.2: 35° でのスピン結果への溝の幅の影響 (新聞紙)

6.4.6. ミリング (Mシリーズ)

適合の範囲にわたって一連のプレートがミリング (フライス加工) されました。そうしたプレートには溝のないプレートと 4 つの基本の溝のプレートを含みます。このミリングは約 150 マイクロインチから 250 マイクロインチまで変化させ、ミリングの方向は3つの角度 (0°, 45°, 90°) に変えられました。Mシリーズのプレートのための溝の寸法とミリングの粗さは表 6.4.6.1 に与えられています。

表 6.4.6.1: Mシリーズのプレート寸法

Serial #	Draught Angle (deg)	Width (in)	Depth (in)	Milling Angle (deg.)	Ra (micro-inches)
M001	N/A	N/A	N/A	0	100
M101	90	0.030	0.020	0	160
M102	90	0.030	0.020	0	190
M103	90	0.030	0.020	0	265
M104	90	0.030	0.020	90	140
M105	90	0.030	0.020	45	190
M201	75	0.030	0.020	0	110
M202	75	0.030	0.020	0	175
M203	75	0.030	0.020	0	410
M301	65	0.030	0.020	0	140
M302	65	0.030	0.020	0	200
M303	65	0.030	0.020	0	250
M304	65	0.030	0.020	90	215
M305	65	0.030	0.020	45	150
M401	55	0.030	0.020	0	150
M402	55	0.030	0.020	0	200
M403	55	0.030	0.020	0	255
M404	55	0.030	0.020	90	215
M405	55	0.030	0.020	45	250

Mシリーズのプレートに対する完全なテスト結果の一覧は付属 A に与えられています。図 6.4.6.1 は濡れた新聞紙を使った M100 シリーズのプレートのスピン結果を示しています。この図は Phase のプレートテストでのミリングの影響に関して到達した結論を代表するものです。

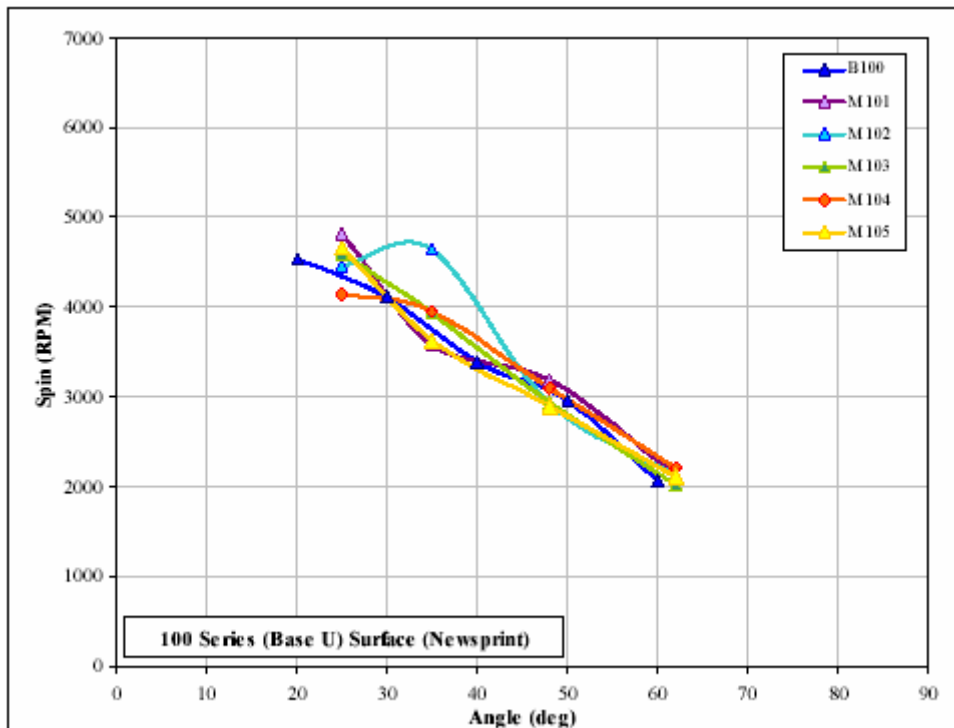


図 6.4.6.1: 100 シリーズのプレートに対するスピン結果へのミリングの影響 (新聞紙)

適合となるミリング (Ra=180 マイクロインチ) の範囲では、新聞紙あるいは Sontara を芝の代用物として使用したときに、どのテストを行ったミリング方向においても感知できるほどのスピンへの影響はありませんでした。スピンは極端な粗さの値 (Ra=400 マイクロインチ) をもったミリングに対して穏やかに増加しました。

6.5. Phase の結果とスピン予測との相関関係

新聞紙を使用して 35° の角度で行われた Phase のプレートテストのスピン結果は、溝のパラメーターをスピンと関連づけるために使われました。(その他の角度での結果は同様の結論を提供します) こうした結果から線形相関が作られました。この相関は以下の重要な結果を含むことを意味しています：

- ・ 溝の形状のプロファイルが V 字から U 字に推移するにつれてスピンは増加する
- ・ 縁の半径を小さくすることはスピンを増加させる
- ・ 縁の半径を 0.010 インチを超えて大きくすることは限定効果しかもたない
- ・ 縁の半径は大きな抜き勾配に対してより大きな影響をもつ
- ・ 間隔を狭めるとスピンを増加させる
- ・ 深さを深くするとスピンを増加させる
- ・ 幅を広くするとスピンを増加させる

このデータは次の方程式によってフィットする：

$$\omega_{35^\circ} = 0.12 \frac{(\theta_{draft} - 55)}{R_{edge}} + 620000 \frac{A}{S} + 1130 \quad (6.5.1)$$

ここでは、 ω_{35} は新聞紙を介在させて35°の角度でのインパクトに対するスピンの、 draught は溝の側壁の抜き勾配(°)、 R_{edge} は縁の半径(インチ)、 A は溝の横断面の面積(スクエアインチ)。

この測定されたスピンは、方程式(6.5.1)によって予測されたスピンに対して図6.5.1の中のグラフに点で描かれています。

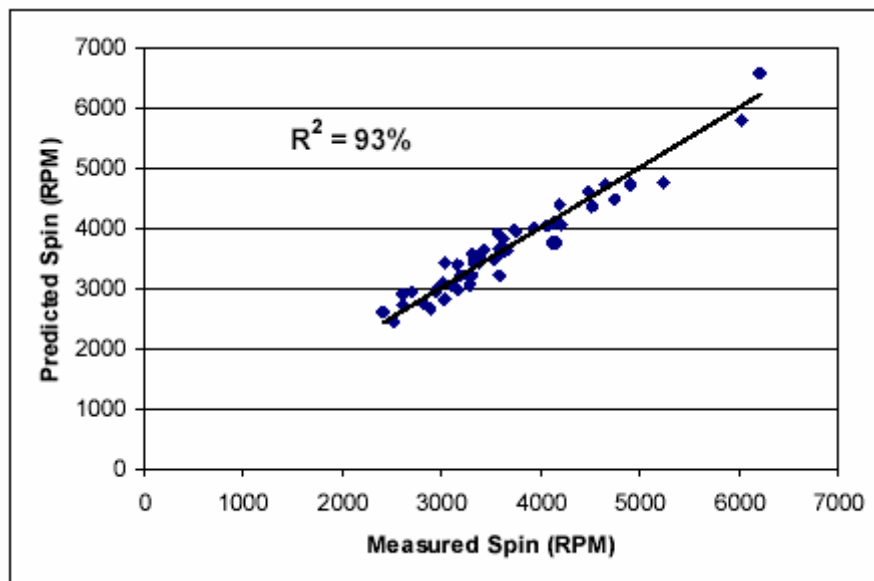


図 6.5.1: スピン性能と溝のパラメーターの相関関係 (Phase)

図 6.5.1 から、相関関係は 93%の決定係数で測定されたデータにとってもよくフィットするということが見て取れます。この関係は Phase のプレートのデザインのためのガイダンスとして使用されました。

6.6. Phase のプレートテスト

Phase のプレートデザインの目的は、V字溝ではない溝のプロファイルのスピン性能をV字溝のスピン性能まで減じる目的で溝のパラメーターのばらつきを結集することでした。方程式 6.5.1 は、V字溝のスピン性能に近いスピン性能を達成するために複数の溝の特徴を同時に変えられるプレートデザインを製作するために使われました。25 のさらなるプレートが製造されました。そうしたプレートの仕様は付属 A に提供されています。

比較的重要でない項目について研究するためにいくつかの追加的なプレートもまた造られました。こうしたものはパンチマークと2重の溝 (grooves with internal shoulders) を含みます。こうしたプレートの性能はここでは述べませんが、付属 A で論じられています。

6.6.1. Phase のテスト結果

Phase のプレートは Phase でのプレートと同じ方法でテストされました。テストはインパクト角度 25°, 35°, 48°, 62° で芝の代用物として新聞紙と Sontara の両方を使用して行われました。こうしたテストのいくつかの結果は図 6.6.1.1 に描かれています。新聞紙の

素材を使用して 35° の角度で測定されたスピンは目標となる性能、つまり V 字溝のプレート (B400、緑の棒) の性能と比較されました。R102 (ゴルフ規則の中で規定されている「フィンガー」テストを用いた場合、現行の適合基準の上限と考えられる) のスピンは参照のために赤で示されています。

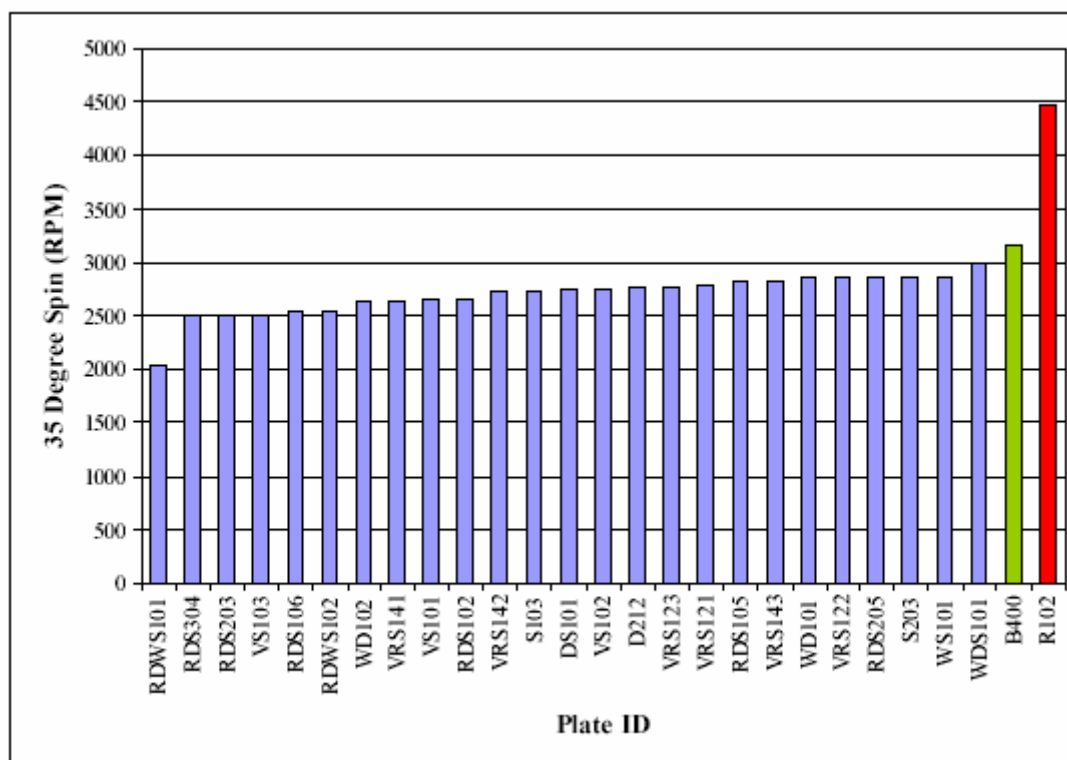


図 6.6.1.1: Phase (V 字溝のような) プレートデザインの性能

Phase のプレートは、V 字溝プレートの 3200RPM に比べるといささか Phase デザインのための目標である平均スピン 2700RPM に及びませんでした。このことは溝のパラメーターは、同時に修正されたときに、方程式 6.5.1 で予測されたよりもスピんにいささか異なった影響を与えるということを示しています。しかしながら、Phase のプレートは溝の仕様によって予測されたスピンの原則は妥当であるということを示し、お互いに同様の性能を示しました。

6.7. ボール構造タイプテスト

人気のツアー品質のボール (3 ピース、ウレタンカバー) が Phase と のプレートのテストで使用されました。このテストでは、いくつかの溝のプロファイルに対しては、介在物が存在する、斜めのインパクトでは溝の鋭さがスピンを増加させることができるということを示しました。この効果はゴルフボールの構造によって強く決まるということもまた観察されました。具体的に言うと、2つの似たようなウレタンカバーのボールが小さい縁の半径 (鋭い溝の縁) について異なる性能を示したということが観察されました。この相互依存の関係を定量化するために、一連の斜めのインパクトテストが行われました。

溝の縁の半径が0.005インチと0.010インチで抜き勾配が90° (U字溝) から55° (V字溝)

にわたるプレートがテストされました。2つの最も溝の形状が浅い、65°と55°のものもまた縁の半径が0.0025インチでテストされました。3つのボールタイプが使われました。3ピース、ウレタンカバーボール(U3P)、同様の4ピース、ウレタンカバーボール(U4P)、そして2ピース、サーリン(Surlyn™)カバーボール(S2P)。以前に記述された標準化された斜めのインパクトテストに準じて、インパクトは25°、35°、48°、62°で記録されました。濡れた新聞紙が介在物質として使用されました。

3ピースのウレタンカバーボール(U3P)の35°のインパクト角度に対する結果は図6.7.1に与えられています。他のインパクト角度での結果も似たような傾向を示しています。このテストの完全な詳細は付属Bに与えられています。

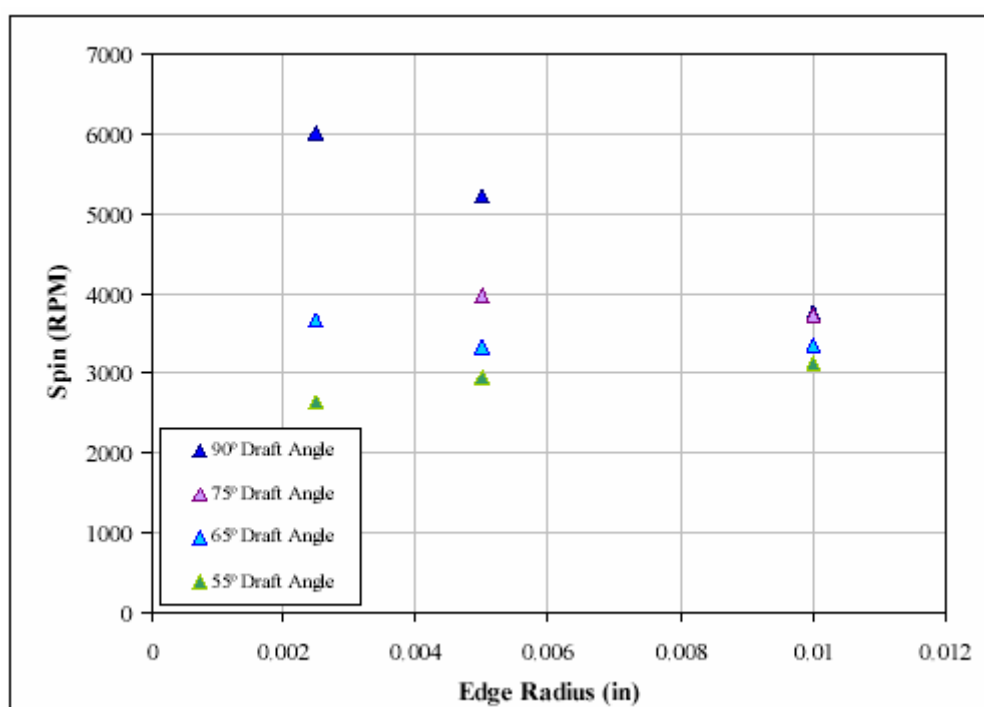


図 6.7.1: 3 ピースのウレタンボール (U3P) 35° のインパクト

最も大きな抜き勾配である 90° (U 字溝) では縁の半径のスピンの増加への影響はすべての角度で顕著であるということが見て取れます。縁の半径はまた一貫して 75° の抜き勾配でのスピンの影響を与えているように思われます (付属 B 参照)。しかしながら、より低い抜き勾配、65°、55° (V 字溝) においては、縁の半径はスピンの増加において重要な役割を果たしていません。

4 ピースのウレタンカバーボール (U4P) に対する結果は U3P ボールと似ています (図 6.7.2.)。 (再び、35° のインパクト角度に対する結果が与えられています。他のインパクト角度での結果は似たような傾向を示しています、付属 B 参照)。スピンの縁の半径の影響は 90° の抜き勾配において最も顕著です。このボールについて、縁の半径は 75° の抜き勾配でのスピンの影響にもまた強く影響しています。U3P ボールのように、65° と 55° の抜き勾配でのスピンは目に見えるほどは縁の半径に影響されません。このボールについて、縁の半径は最も高いインパクト角度、62° では目に見えるほどにスピンの影響を与えな

ったということが注目されます。

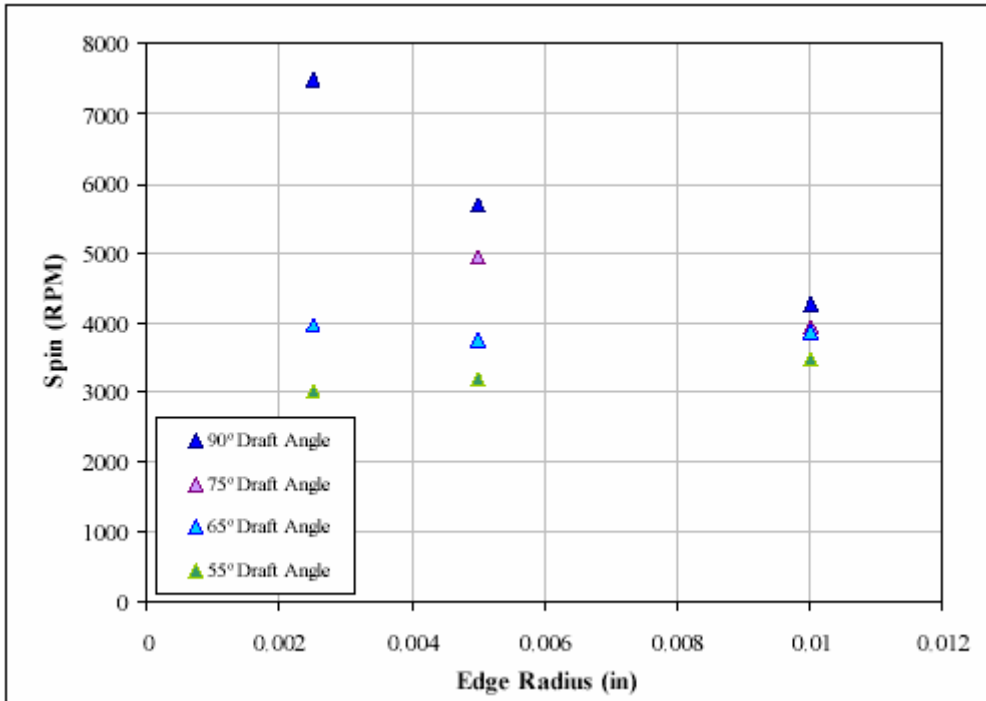


図 6.7.2: 4 ピースのウレタンボール (U4P) 35° のインパクト

2 ピースのサーリンカバーボール (S2P) の 35° のインパクト角度に対する結果は図 6.7.3 に与えられています(他の角度での結果については付属 B 参照)。サーリンカバーボールについては、縁の半径も溝の形状もスピンの全く影響しないと思われる。

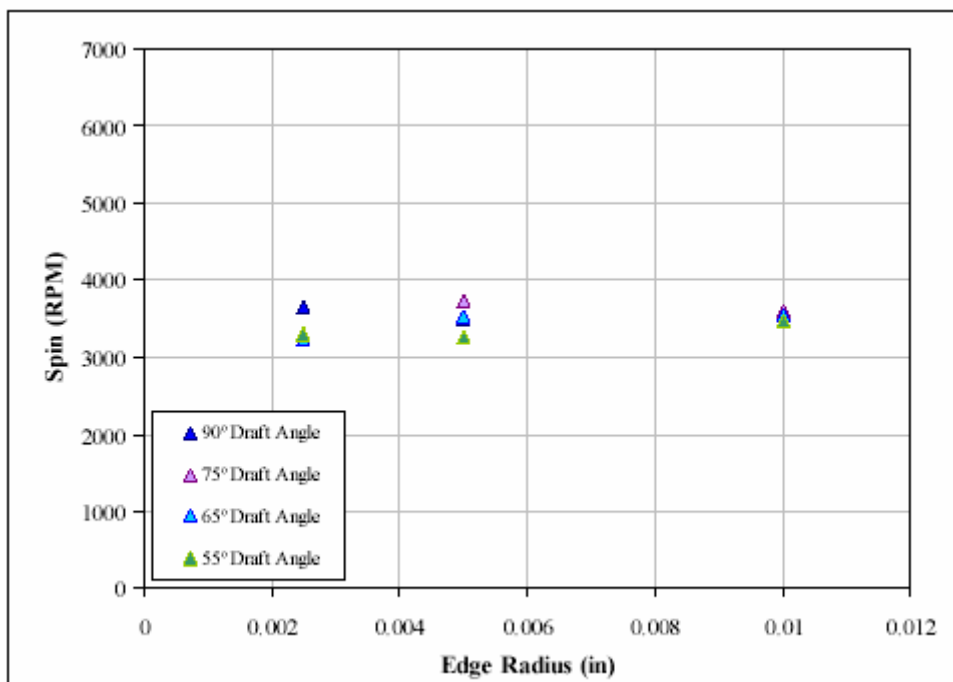


図 6.7.3: 2 ピースサーリンカバーボール (S2P) 35° のインパクト

図 6.7.4 から 6.7.6 まで、35° でテストされた 3 つのボールに対する U 字溝と V 字溝への縁の半径の影響を比較しています。

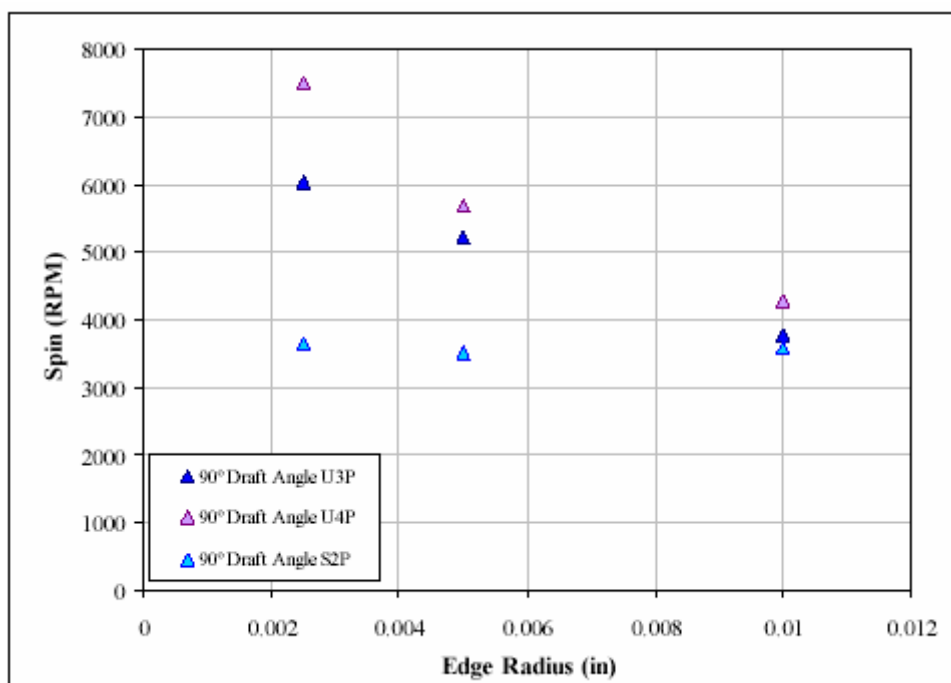


図 6.7.4: 3 つのボールタイプに対する縁の半径の影響の比較 (U 字溝、35° のインパクト)

図 6.7.4 から、縁の半径が 0.010 インチの U 字溝 (90° の抜き勾配) について、3 つすべてのボールタイプの性能は似たようなものであるということが見て取れます。しかしながら、縁の半径が 0.005 インチではウレタンカバーボールがサーリンボールよりも明らかに優れたスピンを有しています。最後に、最も鋭い縁の半径 (0.0025 インチ) では 4 ピースのウレタンカバーボール (U4P) は 3 ピースのウレタンカバーボール (U3P) よりも優れています。

75° の抜き勾配での縁の半径の影響は図 6.7.5. に示されています。再び、縁の半径はボールタイプごとに異なる影響を与えているということが見て取れます。U4P に最も大きな影響を与え、U3P に弱い影響を与え、S2P サーリンカバーボールにはほんの少しか全く影響を与えないということです。

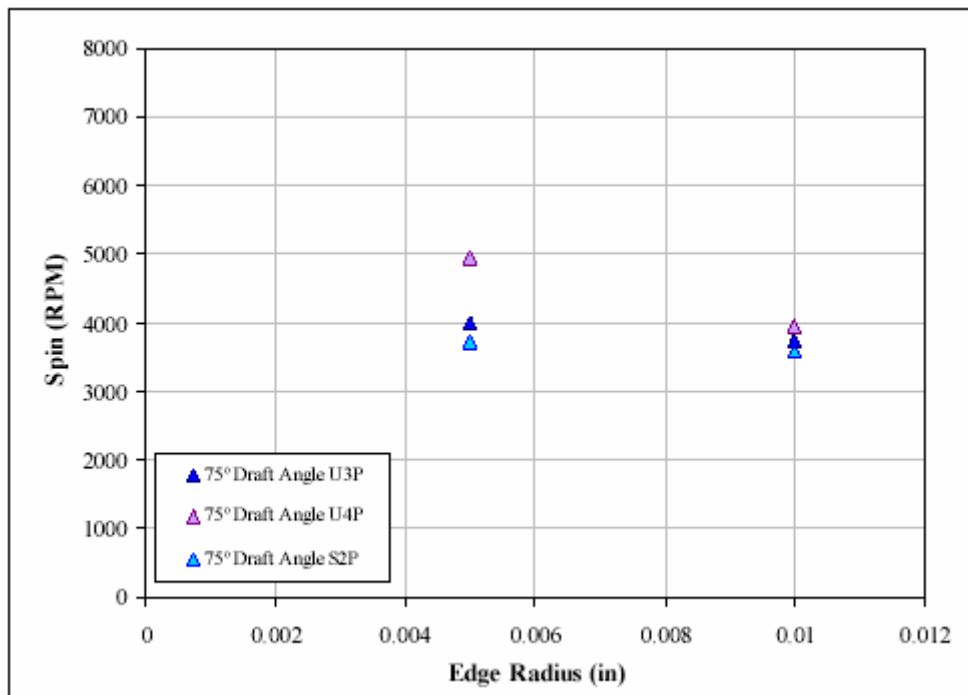


図 6.7.5: 3つのボールタイプに対する縁の半径の影響の比較(75°の抜き勾配、35°のインパクト)

65°と55°(V字溝)の抜き勾配への縁の半径の影響は、図 6.7.6 に見られるように無視してよいほどわずかです。

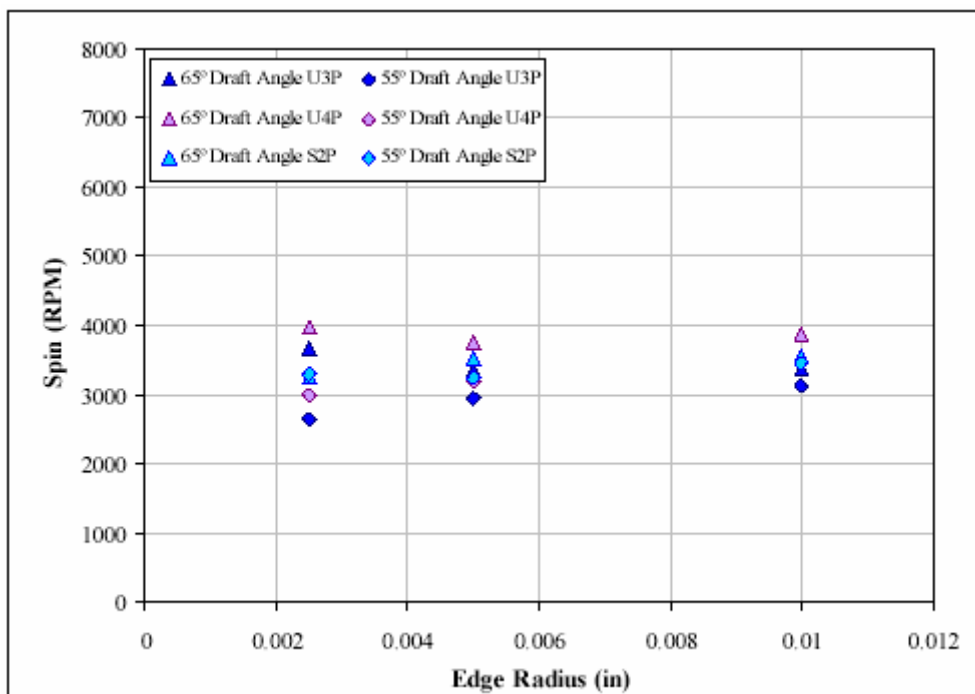


図 6.7.6: 3つのボールタイプに対する縁の半径の影響の比較(65°と55°の抜き勾配、35°のインパクト)

こうした結果から、スピンへの縁の半径の影響は、溝の形状とボールタイプの両方によっ

で決まるということが明らかです。縁の半径は険しい溝の側壁（90°と75°）に対して最も影響力が大きくなります。縁の半径は2つのウレタンカバーボールのタイプに異なる影響を与えます。溝の形状と縁の半径は2ピースのサーリンカバーボールのスピンはほとんど影響を与えません。

こうした研究結果は、縁の半径の規制がない限り、溝のプロファイルの特徴（すなわち、深さ、幅など）の性能を制限する規定はボールの選択によってある程度は軽減され得るということを示しています。

6.8. ボールの空気力学と芝との衝突

クラブへのフェース処理はボールの発射条件、従ってボールの飛行弾道とその結果としての芝への跳ね返りと転がりの両方へ影響を与えます。U字溝とV字溝のフェースを用いた基準テストから実験的に測定された発射条件を使用して、幅広い速度とスピンのわたって2つのタイプのゴルフボールに対する空気力学的な揚力係数と抵抗係数が求められました。この空気力学モデルは、ボールがチャンピオンシップ品質を代表するグリーンの表面にどのように跳ね返り、転がるのかを決定する芝への衝突条件（速度、角度、そしてスピン）を生成するために使われました。

6.8.1. ボールの空気力学

ここ数年の間、ゴルフボールの弾道をシミュレーションするために使われる空力特性の測定のために、ゴルフの統括団体はUSGAのインドアテストレンジ（ITR）付属C、を頼りにしてきました。しかしながら、このシステムの現行の構造はドライバーに関連した発射条件に限定されています。ITRによってもたらされる制限のために、かなり高い正確性でアウトドアでの3次元の弾道を記録することができるアウトドア追跡システムがアイアンでのショットの空力係数を推定するために使用されました。

フェアウェイ（ドライ）とラフの両方から、糸巻き、バラタカバーゴルフボールでのV字溝のクラブと近代の3ピースのウレタンカバーボール（U3P）を使用した基準プレーヤーテストから算出される発射条件は、幅広いロフトに拡張されました（表6.8.1.1）。

表 6.8.1.1: 空力研究のためのボール発射条件

Condition	Iron	U3P/ U-Groove			Wound Balata / V-Groove		
		Speed (ft/s)	Angle (°)	Spin (rps)	Speed (ft/s)	Angle (°)	Spin (rps)
Dry	3i	195	15	85	195	12	97
	5i	189	16	88	188	14	110
	7i	179	18	99	176	17	128
	9i	164	21	119	161	20	146
	SW	131	29	168	129	27	177
Rough	3i	186	14	104	188	13	65
	5i	181	14	108	177	16	59
	7i	170	17	109	162	20	54
	9i	155	22	105	147	25	54
	SW	119	35	88	119	34	64

一次の推定値が、空力データが望ましいとされたレイノルズ数とスピン率の範囲を包括する4つの弾道を生み出すために使用されました。スピン率の範囲とレイノルズ数が与えられて、機器と人材が、すべての範囲をスパンした限定された初期条件のもとで、最も効果的に使用されるように決定されました。これらの弾道から、発射条件は4つのスピン率、固定された初期発射速度（235ft/s）、最大実用発射角度から選択されます。それからボールはアウトドアで発射され、弾道は追跡されました。各ボールタイプに対して、そして4つの発射条件のそれぞれについて20の弾道が追跡されました。

揚力係数と抵抗係数は各弾道の時間依存性の位置データから決定されました。（空力係数を導くために使用された方法は付属Cで詳細に論じられています。）一度、揚力係数と抵抗係数が決定されたならば、補間フィット（interpolary fits）が完全な範囲の発射条件をシミュレーションするために使われました。着地角度、スピン、そしてキャリーを含み、シミュレーションされた弾道はいかなるアイアン発射条件に対しても生み出され得ることになります。

さらに、拡張された基準テストからの発射条件（表6.8.1.1）が、2つのクラブ/ボールの組み合わせに対してシミュレーションされた弾道を生み出すために使用されました。表6.8.1.2はこうした発射条件のそれぞれにおいて、クラブ/ボールの両方の組み合わせに対する着地条件を示しています。

表6.8.1.2: 表6.8.1.1の発射条件でシミュレーションされた弾道のボールの着地条件

Condition	Iron	U3P/ U-Groove			Wound Balata / V-Groove		
		Speed (ft/s)	Angle (°)	Spin (rps)	Speed (ft/s)	Angle (°)	Spin (rps)
Dry	3I	83	44	71	80	40	82
	5I	82	44	74	78	43	93
	7I	81	46	84	76	46	110
	9I	78	48	103	74	48	128
	SW	72	51	151	68	50	160
Rough	3I	79	43	89	85	35	55
	5I	78	42	93	85	36	50
	7I	78	44	94	85	39	47
	9I	78	46	92	83	43	47
	SW	75	52	80	76	49	58

表6.8.1.2に示されているように、近代のボール/U字溝の組み合わせと糸巻きバラタ/V字溝の組み合わせとの間の差はラフからのショットにおいて拡大されます。サンドウエッジを代表する発射条件に対する2つの組み合わせの間の着地角度の差はラフからにおける3°と比べて、ドライなライからは約1°です。3番アイアンに対しては、着地角度の差は4°から8°となります。着地のために進入時（approach）におけるスピンの差は表6.8.1.1の発射スピンの差とおおよその相関があります。糸巻きバラタ/V字溝の組み合わせに対する着地のための進入スピード（approach speed）は、近代のボール/U字溝の組み合わせで

は逆の状況となりますが、主に大きく減じられたスピンのことによって引き起こされる抗力のせいで(例えば、公式(10)(付属C参照)と表6.8.1.1のデータから、糸巻きバラタ/V字溝、7i-dryに対する初期抗力は7i-roughよりも30%近く大きいということを示すことができます。)ドライなライからよりもラフからのほうが著しく早くなります。着地条件におけるこうした差は、ボールがグリーンに衝突する際にどのように作用するのかに大きく影響を与えます。

6.8.2. 芝との衝突

一度、様々なライから異なるクラブを使用して発射されたときのボールの着地条件がわかったならば、目指すものはボールがチャンピオンシップ品質を代表するグリーンの表面にどのように跳ね返り、転がるかを究明することです。

表6.4.1.2に規定されている着地条件を効果的に包括するために一連の19のテストセッティングがデザインされました。図6.8.2.1は着地条件とテストセッティングを描画しています。

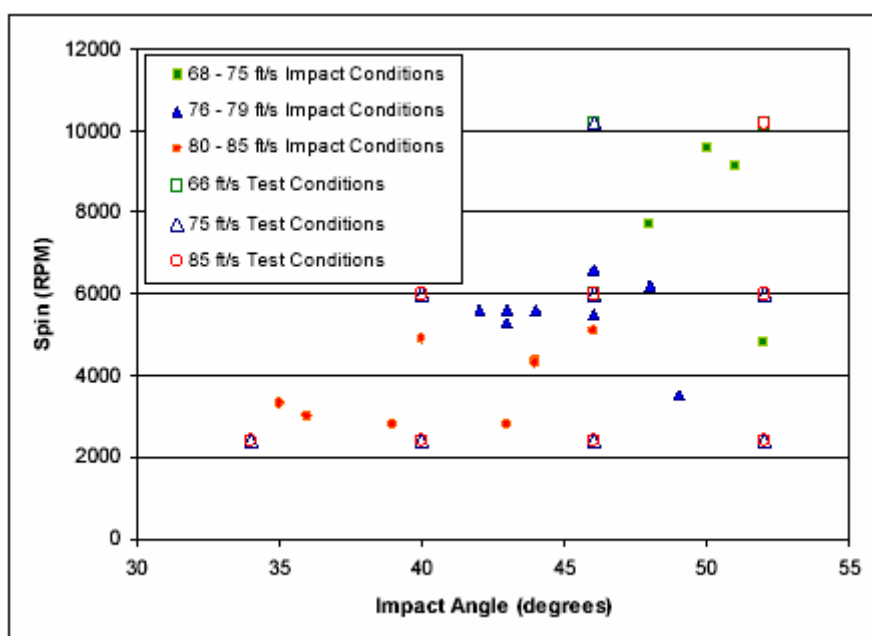


図 6.8.2.1: 衝突条件とテストセッティング

コースのグリーンと同じ方法で構築され維持されている芝の苗床(ナセリー)がテストのために使用されました。ピッチングマシンを改造したものが望ましいテストセッティングでボールを発射するために使用されました。ハイスピードビデオが実際の衝突と跳ね返りの条件(インバウンドとアウトバウンドのボール速度、角度、そしてスピン)を捕らえるために使われました。ボールが跳ね返り転がる総距離とともに最初の跳ね返りの距離が記録されました。ボールはそれぞれの条件について3回発射され、合計57の衝突となりました。(完全なテストセットアップと手順の詳細は付属Dに与えられています)

最初の衝突の直後に測定されたボール条件(速度、角度、スピン)は3つのインバウンド条件と比較されました。アウトバウンドのボール速度と角度は主としてインバウンド角度

に依存するということが分かりました。アウトバウンドのスピン率は主としてインバウンドのスピン率に影響されました。こうした結果は、図 6.8.2.2、6.8.2.3、そして 6.8.2.4 に描画されています。

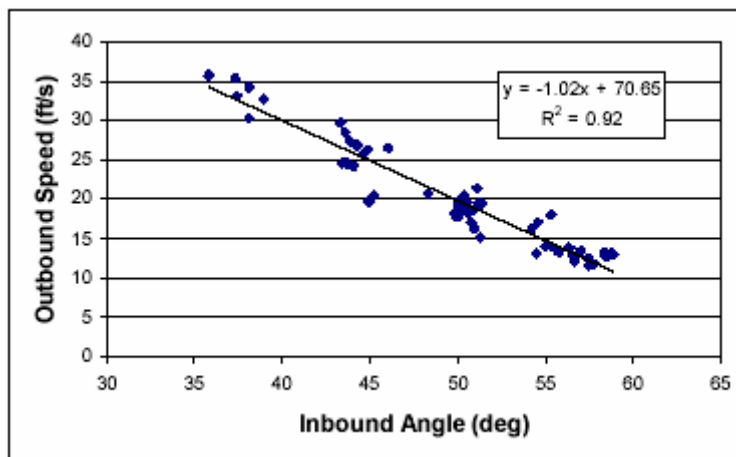


図 6.8.2.2: 跳ね返りのボール速度

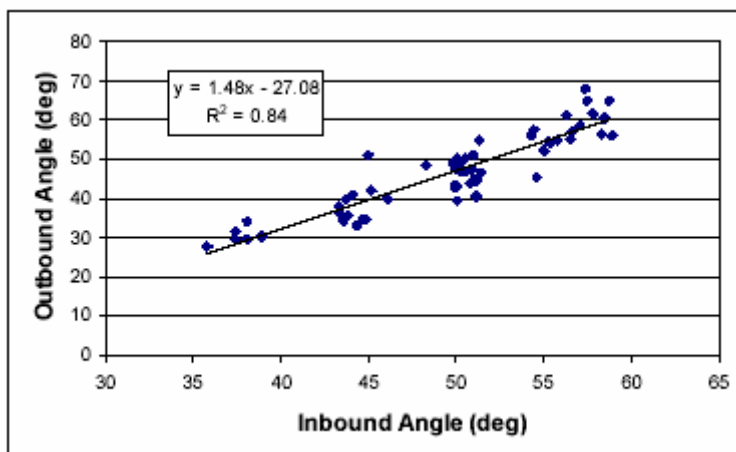


図 6.8.2.3: 跳ね返りの角度

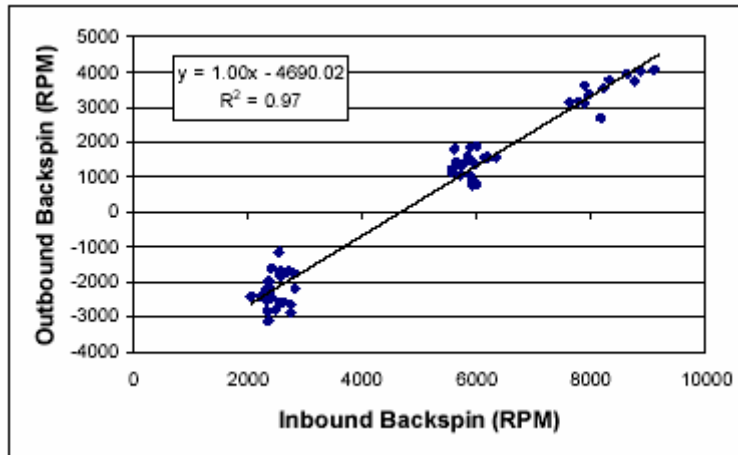


図 6.8.2.4: 跳ね返りのスピンの率

最初の衝突の後のゴルフボールの全体の跳ね返りと転がりはインバウンド角度とインバウンドスピンに強く依存します。したがって、インバウンド角度とスピンの依存した全体の跳ね返りと転がり（フィート）の直線回帰の公式が作られました。この公式を用いた全体の転がりの予測値は測定された転がりの値（ $R^2 = 90\%$ ）ととてもよく合致しました。（この公式の導出については付属 D で詳細に論じられています。）

この公式は次にフェアウェイとラフから 2 つのクラブ/ボールの組み合わせ（糸巻きバラタ/V 字溝と近代の複数構造のウレタン/U 字溝）について 5 番アイアン、8 番アイアン、そしてサンドウエッジに対する基準プレーヤーテストから測定された実際の発射条件を用いた跳ね返りと転がりの差を算出するために使用されました。こうした 2 つのボール/溝の仕様に対する全体の跳ね返りと転がりの結果は図 6.8.3.5 に描画されています。近代のボールについてのフェアウェイからの予測された跳ね返りと転がりもまた示されています。こうした予測値は平らなグリーンに対してのものであるということは注目に値します。

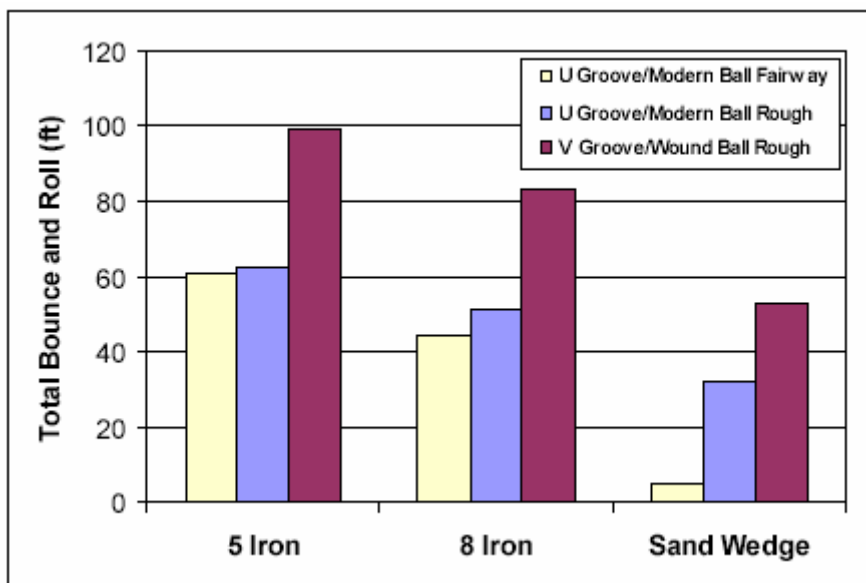


図 6.8.3.5: 溝とライの全体の跳ね返りと転がりへの影響

糸巻きバラタ/V字溝でのラフからのショットに対する着地条件は、近代のボール/U字溝の組み合わせよりも著しく浅いインバウンド角度と低いスピン率をもっていました。このことはU字溝に比べてV字溝については著しく長い全体の跳ね返りと転がりをもたらします。ラフからの糸巻きバラタ/V字溝の組み合わせの全体の跳ね返りと転がりは、近代のボール/U字溝の組み合わせよりも約60%多くなり、5番アイアンと8番アイアン、近代のボール/U字溝の組み合わせについては、ラフからの跳ね返りと転がりはフェアウェイからのものとほとんど同一でした。

7. プレーヤーテスト

実験室でのテストから、V字の形状ではないが、芝の多いライにおいて伝統的なV字溝のスピン性能と同じようなスピン性能を実現するであろう溝のプロファイルのために一連の改造された溝の仕様が作成されました。この引き続いてのプレーヤーテストの目的は、Phase と Phase のプレートについての実験室でのテストを実証することであり、改造されたフェース処理の仕様となるように製造された用具が浅いラフからのショットでプレーヤーに使われたときに同じ効果を示すということを明らかにすることです。

7.1. ツアープレーヤーテスト

ツアープレーヤーテストは2段階で行われました。第1段階では、U字溝とV字溝のセットに加えて、V字溝ではないが、V字溝のように作用する溝のプロファイルを持つようにデザインされた多くのクラブを使用しました。こうしたクラブはプロフェッショナルゴルフの下部ツアーのプレーヤーたちによってテストされました。プレーヤーテストのこの第1段階の結果に基づき、改造された溝のプロファイルの小規模なサブセットがPGAツアーのプレーヤーたちによるプレーヤーテストの第2段階のために選択されました。両方の段階において、レーダー追跡システムによって測定される発射条件はフェアウェイのライと浅いラフから求められました。8つのクラブセットが一意的な溝の仕様で組み立てられました。プレーヤーテストで使われたクラブの各セットは5番アイアン、8番アイアン、そしてサンドウェッジを含んでいます。現行の適合の上限でのU字溝とV字溝のセットを除いて、選択されたすべての溝の仕様は、実験室テストでの芝の代用物を用いたV字溝の性能と同じような性能を示しました。表7.1.1はクラブセットが製造された溝の仕様の一覧です。(使用されたクラブの溝のプロファイルを含むこのプレーヤーテストの完全な記述は付属Eに与えられています。)すべてのテストは近代のウレタンカバー、3ピースボール(U3P)を使用しました。

表 7.1.1 - テストクラブの溝の仕様

Set ID	Groove ID	Edge Radius (in)	Groove Spacing* (in)	Groove Width** (in)	Groove Depth (in)
A	U (R402)	0.005	0.14	0.03	0.02
B	V (B402)	0.005	0.14	0.03	0.02
C	WD101	0.01	0.14	0.0225	0.015
D	RWD101	0.005	0.14	0.023	0.014
E	RWD102	0.0025	0.14	0.02	0.01
F	WS101	0.01	0.175	0.0225	0.02
G	VRS123	0.005	0.175	0.03	0.0148
H	VRS101	0.0025	0.245	0.0219	0.02

* Groove Spacing is centreline to centreline

** Groove Width using 45° method

7.1.1. 下部ツアープレーヤーテスト

このプレーヤーテストの第 1 段階は、現在下部ツアーで競技に参加している 6 人のプロフェッショナルゴルファーによって行われました。各プレーヤーは、U 字溝と V 字溝の各口フトのセットを用いて、浅いラフからショットするように求められました（彼らはまたフェアウェイのライから U 字溝のクラブを打つようにも求められました）。彼らはそれから浅いラフから V 字溝のような溝の 2 つのセットの各口フトを用いてショットするように求められました。このやり方を使って、V 字溝のような溝のセットのそれぞれ、C から F、は 4 人のプレーヤーによってテストされました。テストに先立って、溝のデザインについてはプレーヤーには知らされませんでした。

各ショットについて、発射とその結果の弾道を追跡するのにレーダーが使われ、ハイスピードビデオが入ってくるクラブの軌道と初期のボールの発射を捕らえました。様々な溝の仕様に対する個々のプレーヤーテストの結果は分類され、図 7.1.1.1 に示されています。

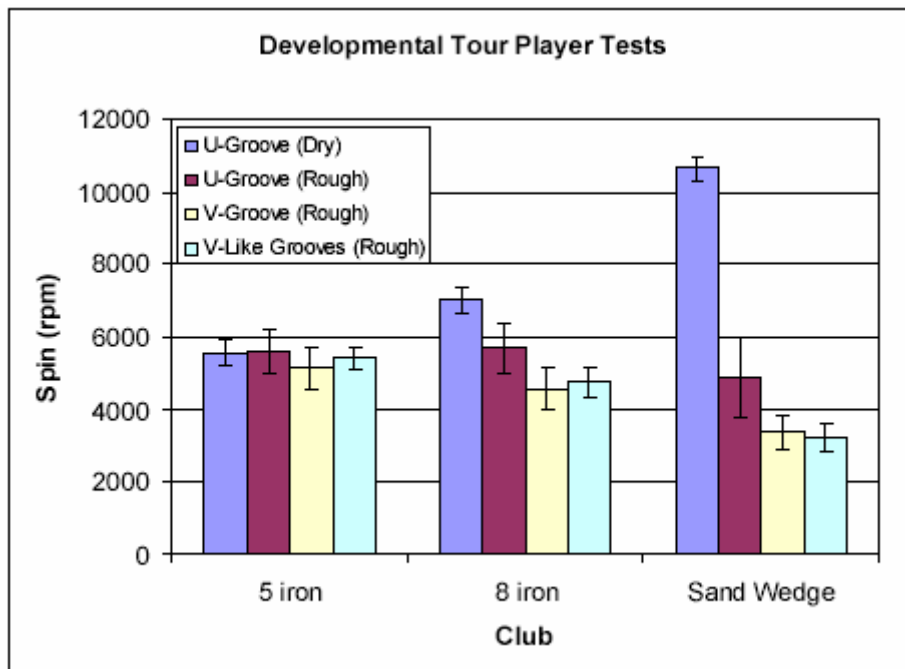


図 7.1.1.1: 下部ツアープレーヤーのテスト結果

このデータから、8 番アイアンと SW の両方について、V 字溝のような溝のクラブによって生み出されるスピンは V 字溝にとっても似ており、U 字溝とは異なるということが観察できます。5 番アイアンでのデータは、様々な溝の仕様の中に認められるほどの差が少ないことを示しています。

7.1.2. PGA ツアープレーヤーテスト

このプレーヤーテストの第 2 段階は PGA ツアーの 9 人のプロフェッショナルゴルファーによって行われました。PGA ツアープレーヤーテストのために、V 字溝のような溝の仕様は表 7.1.1 に記載されている C と F の仕様のみで削減されました。このテストのこの段階は、2 つの異なる会場（両方とも基準プレーヤーテストが行われた会場の芝により似た構造の芝草を有する）で行われました。

プレーヤーたちは、浅いラフから U 字溝の特定のクラブのロフトのクラブを用いてショットを行うように求められました。(彼らはまたドライなライから U 字溝のクラブを打つように求められました) 彼らは次に浅いラフから同じロフトの 2 つの選択された V 字溝のような溝のクラブ (表 7.1.1 のセット C と F) を用いてショットを行うように求められました。可能であれば、プレーヤーは 2 つ目のロフトでこの手順を繰り返しました。このやり方を使って、各溝の仕様の各ロフトは 4 人のプレーヤーによってテストされました。再び、発射とその結果の弾道を追跡するのにレーダーが使われ、ハイスピードビデオが入ってくるクラブの軌道と初期のボールの発射を捕らえました。

下部ツアーのプレーヤーテストと同様に、個々のプレーヤーテスト結果は分類されました。9 人の PGA ツアープレーヤーの平均化された結果は図 7.1.2.1 に示されています。

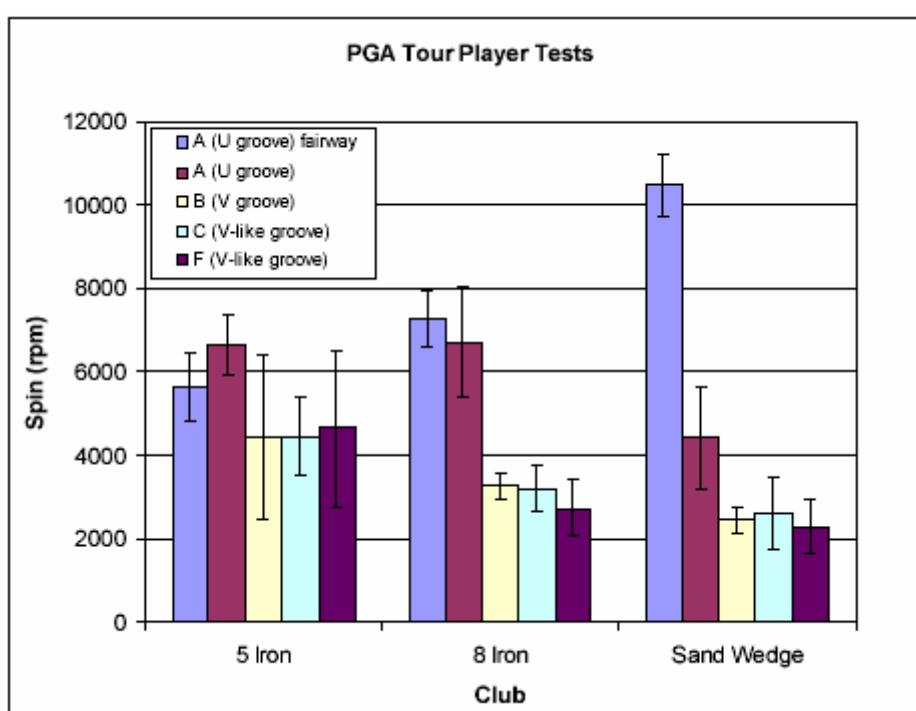


図 7.1.2.1 - PGA ツアープレーヤーテスト結果

図7.1.2.1から、すべてのロフトについて、V字溝のような溝のクラブの性能はV字溝にとっても似ており、U字溝とは異なるということが観察できます。このデータのラフでのU字溝、V字溝、そしてV字のような溝の仕様についての信頼区間 (平均スピンの比率で比較) はよく似ています; 平均で約 $\pm 22\%$ ということもまた観察できます。これはドライ仕様の信頼区間の約 2 倍であり、異なる溝の仕様の間ショットのばらつきは比較できることを示しています。

7.1.3. ツアープレーヤーテストの比較

下部ツアーと PGA ツアーのプレーヤーテストの両方の結果の全体的な傾向は、実験室でのテストと基準プレーヤーテストとも一致しました。ドライなスピンは 5 番アイアンからサンドウエッジまで増加しました; U 字溝はラフから 5 番アイアンと 8 番アイアンの両方で同様のスピンを示し、サンドウエッジではスピン率を減じました; そして V 字溝 (そして

V字溝のような溝)はすべてのロフトにおいてU字溝よりも少ないスピンを示しました。

様々なプレーヤーテスト(基準、下部ツアー、そしてPGAツアー)の結果が同様であった一方で、それらは同一のものではありませんでした。例えば、基準テストやPGAツアープレーヤーテストデータでは明らかではなかった差が、下部ツアープレーヤーテストでのデータにおいて、ドライとウェット条件で8番アイアンのU字溝の相対的なスピンの見られました。同じクラブを使用し、ドライとウェット条件での下部ツアーテストにて統計的に有意となるスピンの低下があったという一方で、基準プレーヤーテストとPGAツアープレーヤーテストデータは、U字溝の8番アイアンでのドライとウェットからのショットでは有意な差を示しませんでした。

下部ツアーとPGAツアーのプレーヤーテストのように、基準テストの間に個々のプレーヤーテストの結果は分類されました。基準テストの間に、6人のプレーヤーのうち3人のプレーヤーがU字溝の8番アイアンでのドライとウェット条件の間でスピンの若干の増加を示しましたが、一方で他の3人がドライとウェット条件の間で若干のスピンの減少を示しました。したがって、被験者が有限数とすれば、8番アイアンについてドライでの平均スピンはラフからとは有意差があるかもしれないということは非合理的ではありません。しかしながら、下部ツアーのプレーヤーテストで、U字溝でのウェットとドライの間に差があるにもかかわらず、下部ツアーと基準テストの会場からのデータが比較された場合、ウェットとドライ条件のどちらでも、この2つのテストの間には8番アイアンのU字溝のスピンの性能に統計的な差はありませんでした。図7.1.3.1はこうした2つのテストからのU字溝の8番アイアンの結果の並列比較です。

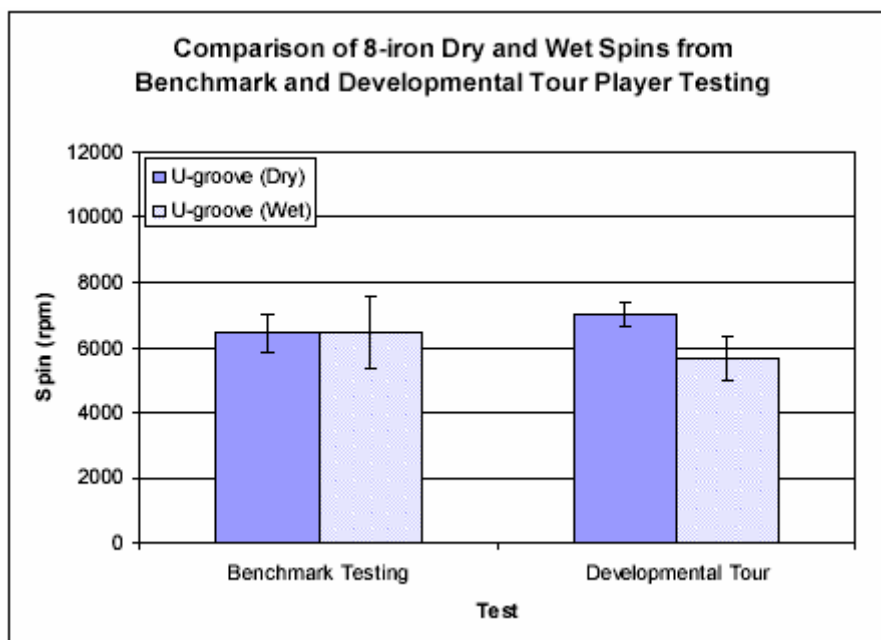


図 7.1.3.1 - U字溝、8番アイアンの基準テストと下部ツアープレーヤーテストの結果比較

また、下部ツアーのプレーヤーテストデータにおいてはU字溝とV字溝のクラブの間のスピンの差は基準プレーヤーテストデータほど顕著ではありませんでした。当然、このこと

は定量的な（定性的ではなく）様々な溝の形状の性能は、ラフの芝のタイプにある程度の依存度をもっているということを示しています。基準プレーヤーテストと下部ツアーのプレーヤーテストの両方の会場のラフはパミュダグラスであった一方で、基準テストが行われたコースの区域は成長調節剤を使用していました。この成長調節剤を使用することはより葉が多い、茎が少なく、茎が短い芝に導きます。このことは成長調節剤が全く使われていなかった下部ツアーのプレーヤーテストのために使用された区域；少ない葉と茎が多く、茎が長めの芝と対照的です。ラフからのすべてのショットの性能がなんらかの方法で芝に依存しているということの認識は、実験室テストのための2つの芝の代用物質を選択する際の論拠の一部となりました。

7.1.4. ツアープレーヤーテスト条件

プレーヤーテストの結果は、実験室テストで示された改造されたフェース処理のスパインへの影響を裏付けました。さらには、浅いラフのライからプロフェッショナルゴルファーによって使われたときにV字の形状ではないが、V字溝のクラブのように作用する溝のプロファイルをもつクラブフェースを製造することが可能であったということが示されました。

7.2. アマチュアプレーヤーテスト

改造されたフェース処理のクラブが平均的な技量のゴルファーに与える影響を究明するために、アマチュアゴルファーによるプレーヤーテストもまた行われました。アマチュアプレーヤーテストの第1段階はPhase、PGA ツアープレーヤーテストと同様で、ゴルファーは浅いラフから異なるロフトのU字溝とV字溝のクラブを用いてショットするように求められました。

アマチュアプレーヤーテストの第2段階は、アマチュアゴルファーが様々な距離やライからヒットしてグリーンに乗せることのできるショットの比率を定量化することを目的とした実際のコースでの研究(on-course study)でした。

7.2.1. スピントテスト

1.9から19.8までの範囲で均一に配分されたハンディキャップインデックスをもつ15人の異なるアマチュアゴルファーの発射条件が測定されました。ツアープレーヤーテストのように、ゴルファーの発射条件は浅いラフからU字溝とV字溝のクラブの異なるロフトのクラブでショットを行うときにレーダーシステムを用いて測定されました。

このテストは2つの部分に分けられます；ひとつはスパインへの溝の配列の影響を評価すること、2つ目はスパインへのボールカバー素材の影響を評価することです。アイアン2セットがこのテストで使用されました；ひとつは適合の上限を代表するU字溝デザイン、もうひとつは完全な寸法のV字溝を代表するものでした。このテストで使用された2つのボールは、サーリンカバーの2ピースの「ディスタンス系」ボール(S2P)と実験室テストと以前のプレーヤーテストで使用された3ピースウレタンカバーボール(U3P)でした。すべてのショットは浅いラフのライから打たれました。このテストの完全な詳細と結果は付属Fに含まれています。

テストの第1ラウンドは11人のプレーヤー、4つのアイアン、そしてウレタンカバーボールで行われました。このテストで使用されたアイアンはU字溝とV字溝の8番アイアンとU字溝とV字溝の5番アイアンで、各プレーヤーは合計40ショット行いました。

図 7.2.1.1 は U 字溝と V 字溝 8 番アイアの結果を示しています。11 人すべての被験者は V 字溝の 8 番アイアンの平均スピン値よりも高い U 字溝の 8 番アイアンの平均スピン値をもちました。11 人中 10 人の被験者が U 字溝と V 字溝の 8 番アイアンの間に統計的に有意なスピンの差をもちました。ハンディキャップと標準偏差の間に弱い相関関係もありました。当然、低いハンディキャップの被験者は低いばらつきをもつ傾向があるということが観察されました。

同様の傾向が U 字溝と V 字溝の 5 番アイアンのテストでも観察され、11 人中 10 人の被験者について、U 字溝の 5 番アイアンの平均スピン値は V 字溝の 5 番アイアンよりも多いスピンをもちました。主として最も低いハンディキャップをもつ 6 人の被験者は U 字溝と V 字溝のクラブの間に統計的に有意な差をもちました。

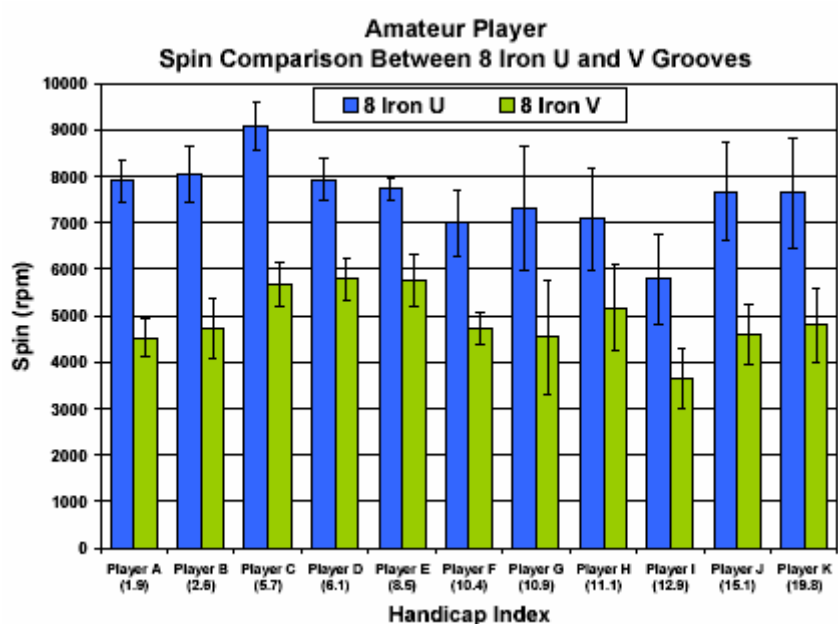


図 7.2.1.1 - アマチュアプレイヤーの 8 番アイアン、U 字溝と V 字溝についての発射スピン比較

すべてのプレイヤーに対してこのデータを結合した場合、5 番アイアンと 8 番アイアンの両方について、U 字溝と V 字溝のクラブに対するスピン値の平均には統計的な有意差があります。両方のロフトにおいて、U 字溝は V 字溝よりも多くのスピンをもちました(図 7.2.1.2)。

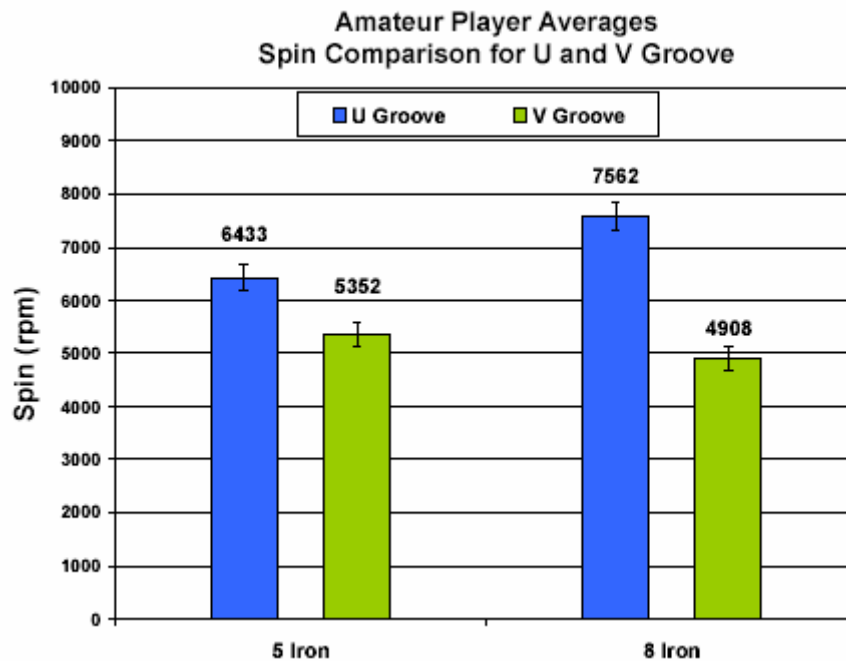


図 7.2.1.2 プレーヤーの平均発射スピンの比較

このテストの2つ目の部分は、2つのボール構造でU字溝とV字溝の8番アイアンだけを使用して6人の被験者を含みました。このテストは以前のテストと同じような方法で行われましたが、以前のテストで見られたような溝のウレタンへの依存がこうしたテストの被験者によっても依然として示されるということを裏付けるために、ウレタンカバーボールとサーリンカバーボールの両方を各被験者がヒットしました。

テストされた4つの組み合わせについてのスピンの結果は図 7.2.1.3 に示されています。この一連のテストの各プレーヤーは、またしてもウレタンカバーボールでV字溝よりもU字溝に対して高い平均スピンをもち、それぞれがU字溝とV字溝の間に統計的に有意な差を示しました。しかしながら、サーリンカバーのボールについてはU字溝とV字溝のクラブの間に統計的な有意差はありませんでした。ほとんどの被験者がU字溝からV字溝になると若干のスピンの減少を示しましたが、たった1人の被験者だけが統計的に有意な減少を示しました。さらには、ウレタンカバーボールで観察されたほどの大きな差はどの差にも全くありませんでした。実際に、サーリンカバーでのU字溝とV字溝の両方のスピンの率は、V字溝とウレタンの組み合わせで得られたスピンの率と統計的な差はありませんでした。

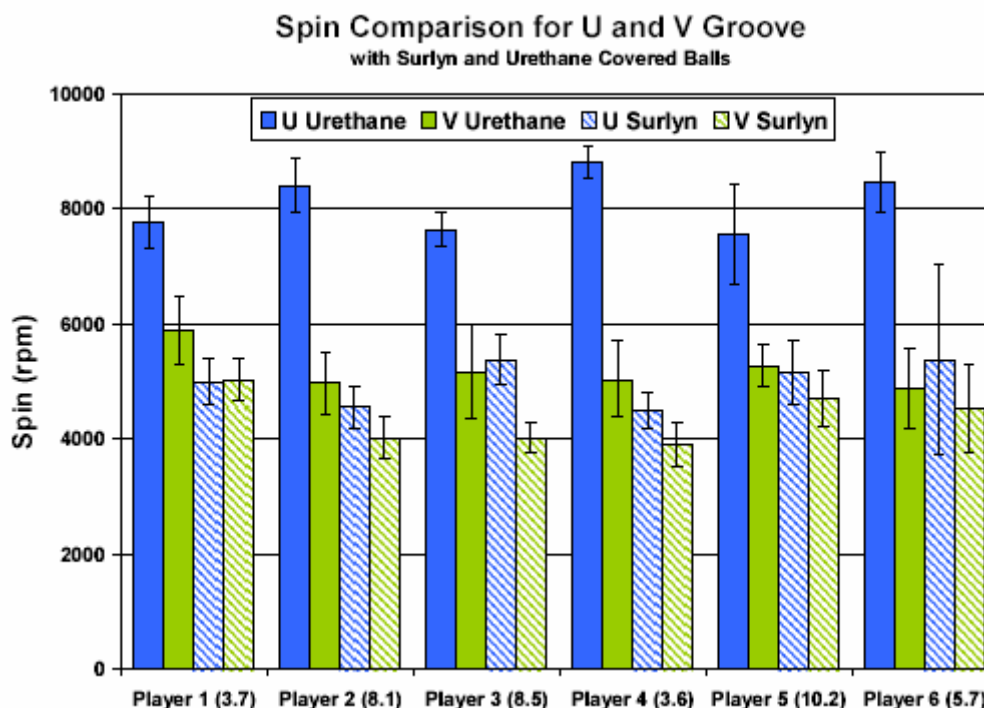


図 7.2.1.3 - ウレタンカバーボールとサーリンカバーボールでもアマチュアのスピンの比較 (8 番アイアン)

テスト結果は、プロフェッショナルゴルファーのテストのときのように、ウレタンカバーボールで U 字溝のクラブを使ったアマチュアプレーヤーが達成したスピン率は V 字溝のクラブでのスピン率に対して相当な開きがあることを示しました。U 字溝のクラブとウレタンカバーボールの組み合わせは一貫してより高いスピン率を達成し、このことは 8 番アイアンのロフトで最も明白でした。しかしながら、U 字溝と V 字溝のクラブをサーリンカバーのボールとの組み合わせで使用したときのアマチュアゴルファーによって達成されたスピン率にはほんのごくわずかな差しかありません。このタイプのゴルフボールはゴルフ場の内外での小売店 (US) で販売されるゴルフボールの約 70% を構成しています。

こうしたテストはまた、V 字溝と合わせたウレタンカバーボールのスピン性能は、サーリンカバーのボールとどちらの溝の仕様 (V 字、U 字) の組み合わせに対してもほんの少しの優位性しかもたないことを示しています。

7.2.2. ショットのばらつき

アマチュアゴルファーのショットのばらつきの測定は Walt Disney World Resort's Palm と Eagle Pines golf courses で 2 日間にわたって行われました。412 ショットから 824 データが取得されました。アプローチショットの位置と目標のグリーン内の最終的なボールの位置が測定されました。測定されたすべてのショットは通常のゴルフの正規のラウンドの間に起こりました。

3 つのホール (すべてパー 4) がこの研究で使用されました。ひとつは 385 ヤードの長さでグリーン面積は 750 スクエアヤードでした。2 つ目は 367 ヤードの長さでグリーン面積は 440 スクエアヤード、3 つ目に選ばれたホールは 351 ヤードでグリーン面積は 375 スク

エアヤードでした。(平均的なグリーンは約 550 から 600 スクエアヤードの面積です) フェアウェイは、幅は 28 から 30 ヤードの広さで、そのホールのティーから 100 から 175 ヤードの距離にあり、ラフは 1.0 から 1.75 インチのパミュダグラスでした。アマチュアプレーヤーのばらつきテストの完全な詳細は付属 G に与えられています。

表 7.2.2.1 はこの研究で使用された 3 つのホールについて収集されたばらつきデータの要約です。測定された 412 のアプローチショットの 217 はラフからのショットでした。ラフからヒットされたときにグリーンに乗ったショットの比率は各ホールによって変化し、そしてそれはグリーンの総面積と同様に、ホールからの範囲(距離)に依存していました。

表 7.2.2.1 - 測定された 412 ショットについてのアマチュアのばらつきデータの要約

	Lie	Hole 1	Hole 2	Hole 3	Overall	PGA Tour*
Approach	Fairway	43	51	74	168	98813
Location (# of shots)	Rough	50	54	113	217	50840
	Bunker	4	13	9	26	
Percentage On Green	Fairway	21%	10%	25%	19.4%	75%
	Rough	4%	5%	21%	13.1 %	49%**
	Bunker	0%	7%	0%	3.8%	
Green Area		440 sq. yd.	375 sq. yd.	750 sq. yd.		

* 2006 PGA Tour data (par 4 holes only)

** Includes all non-fairway approach shots.

すぐに目を引くように、選択された 2 つのグリーンは 3 つ目のホールのグリーンの面積の約半分の面積でした。このことはおそらくラフからのショットがグリーンに乗る比率の根本的な相違点(4-5%対 21%)に対する要因でした。グリーンに乗ったショットの比率の間の大きな差は、2 つのコースにおいてフェアウェイから打たれたショットについては顕著ではありませんでした(10-21%対 25%)。全体としては測定されたアプローチショットの 13.1%がグリーンに乗りました。

図 7.2.2.1 はホールの 1 つで測定されたすべてのショットの点の分散のサンプルです。(他のホールの散布図は付属 F に含まれています) 各赤い点はひとつのアプローチショットの起点を示し、一方で対応する黄色の点はそのアプローチショットが最終的に止まった位置を示しています。こうした散布図はこのホールの想像画の上に重ねられています。

こうした 3 つのデータセットをより統合的な方法で分析するために、この 3 つのデータセットは、グリーンを中心を基点として重ね、各データセットを 150 ヤードのマーカーが一直線になるように回転させることによって結合されました。次に、グリーンに乗ったか載らないかという 2 進情報と、対照的に、ホールからの半径の距離という観点で定量化されました。

図 7.2.2.2 はホールから 5 ヤードの同心円内に止まったラフからのアプローチショットの比率を示しているヒストグラムです。(フェアウェイからのショットの同等の図表は付属 F に含まれています) フェアウェイとラフの両方からのショットに対して、約 14%がホールから 20~25 ヤードのところにとまりました。ヒストグラムに赤で重ねられているのはホール

から与えられた半径の距離の中のショットの累積比率を描く曲線です。このデータはフェアウェイとラフからのアプローチショットの約 95%がホールから 100 ヤード以内に止まるということを示しています。しかしながら、50%の切捨ては2つのライに対して変化します。ラフからのすべてのアプローチショットの 50%はホールから 30 ヤード以内に止まり、フェアウェイからは約 60%のショットがホールから 30 ヤード以内に止まります。グリーンに乗ったショットの実際の比率を見るために、ヒストグラムのバーが緑色に塗られました。このデータはまた、アプローチショットが長くなればなるほど、アプローチショットが止まるホールからの距離が遠くなるということを示しています。



図 7.2.2.1 - アマチュアのショットのばらつきのサンプル

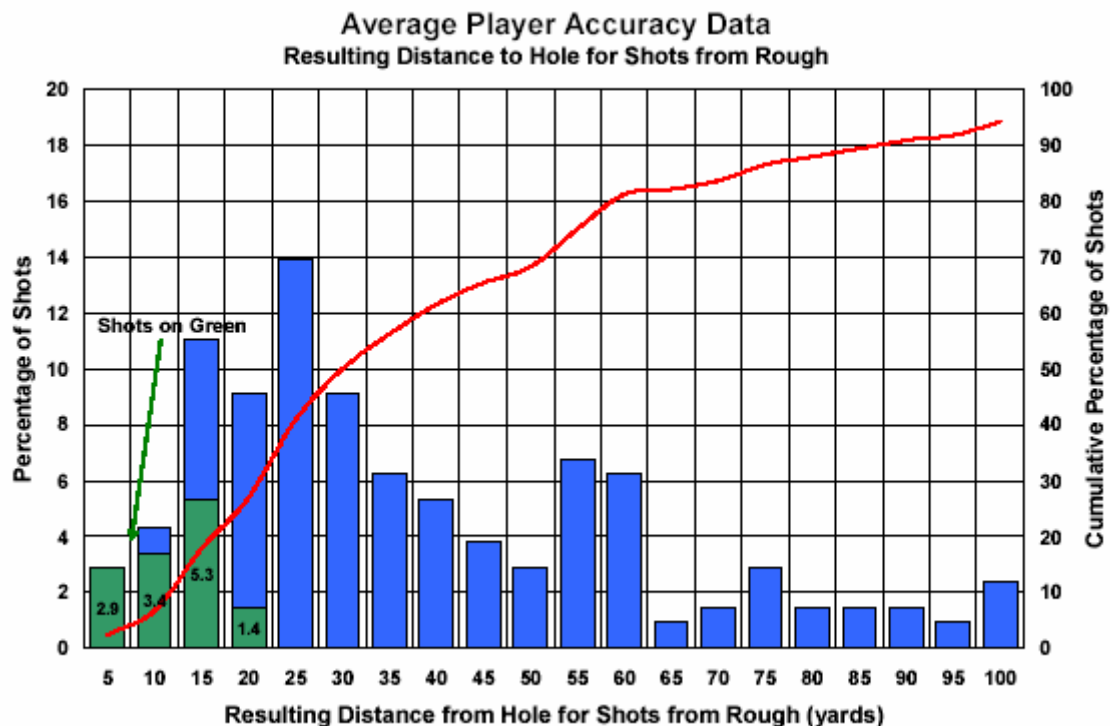


図 7.2.2.2 - アマチュアプレーヤーのラフからのショットの正確性のデータ

この結果は、100 ヤード以内からちょうど 200 ヤードを超える距離からのアプローチショットについて、アマチュアプレーヤーの母集団の 13.1 パーセントはラフからのショットでボールをグリーンに止めることに成功したことを示しています。当然、グリーン面積が減少するにつれて、グリーンに止まるショットの平均比率は減少します。グリーンに止まるショットの平均比率について、それらのホールからの距離はアプローチショットの長さが長くなるにつれて遠くなります。

7.2.3. アマチュアプレーヤーテストの要約

アマチュアゴルファーのテストは、ウレタンカバーボールでの U 字溝のクラブと V 字溝のクラブとでは、スピン率に対して無視できないほどのスピンの差がある一方で、サーリンカバーボール（ゴルフ場の内外での小売店（US 国内）で販売されるゴルフボールの約 70% を構成している）との組み合わせで U 字溝と V 字溝のクラブを使用したときにアマチュアゴルファーによって達成されたスピン率にはほんのわずかな差しかないということを示しました。アマチュアプレーヤーが選択するボールタイプにかかわらず、テストはラフからのショットにおいては平均的なプレーヤーはほんの少しの確率でしかボールをグリーンに乗せられないということを示しました。

8 . 結論

当初のテストは、近代の溝とフェース処理の仕様はより伝統的な V 字溝に比べて著しい性能の向上を表しているということを裏付けました。

実験室テストは、100 を超える溝のプレートについて芝の代用物をクラブとボールの間の介在物質として使用して行われました。こうしたテストは以下のことを示しました：

- ・ スピンは溝のプロファイルが V 字から U 字に変わるにつれて増加する
- ・ 縁の半径を小さくするとスピンは増加する。縁の半径の影響は大きな抜き勾配に対してより大きくなるが、0.010 インチを超えて縁の半径を大きくしてもそれは限定された効果となる。
- ・ 溝の間隔を狭くすることはスピンを増加させる
- ・ 溝の深さを深くすることはスピンを増加させる
- ・ 溝の幅を広くするとスピンを増加させる
- ・ 縁の半径が 0.010 インチ以上のものだけを考えれば、スピン性能は溝の横断面の面積を溝の間隔（ピッチ）で除するという関数で表現できる

こうしたフェース処理は、発射条件、従って、ボール飛行の弾道とその結果としての芝への衝突におけるボールの跳ね返りと転がりに影響します。糸巻きバラタ/V 字溝でのラフからのショットに対する着地条件は、近代のボール/U 字溝の組み合わせよりも著しく浅いインバウンド角度と低いスピン率をもちました。このことは V 字溝に対して、U 字溝に比べて約 60%高い全体の跳ね返りと転がりに導きます。

プロフェッショナルゴルファーのテストは、実験室でのテストで実証された、改造されたフェース処理のスピンへの影響を裏付けました。さらには、こうしたテストでは浅いラフのライからプロフェッショナルゴルファーが使用したときに V 字ではないが、伝統的な V 字溝のクラブのように機能する溝の仕様となるように製造することが可能であったことを実証しました。

プロフェッショナルゴルファーでのテストと同様に、アマチュアゴルファーのテストは、V 字溝のクラブでのスピン率に比べて、ウレタンカバーボールを用いた U 字溝のクラブの間に無視できないほどのスピン率の差を示しました。しかしながら、サーリンカバーボール（ゴルフ場の内外での小売店で販売されるゴルフボールの約 70%を構成している）との組み合わせで U 字溝と V 字溝のクラブを使用したときに、アマチュアゴルファーによって達成されたスピン率にはほんのわずかな差しかありませんでした。アマチュアプレーヤーが選択するボールのタイプにかかわらず、テストはラフからのショットについては平均的なプレーヤーはほんの少しの確率でしかボールをグリーンに乗せられないということを示しました。

参考文献

1. Interim Report on Study of Spin Generation, August 7, 2006.
2. Golf Ball Sales; On-Off Course Shops, April – June 2006, Golf DataTech.