

# ゴルフ場グリーンのパッティング特性

Micah Woods (マイカ・ウッズ) , Ph.D.\*  
主任研究員 | アジアン・ターフグラスセンター  
[www.asianturfgrass.com](http://www.asianturfgrass.com)

2012 年 8 月

---

\*本論文の作成にあたり、多忙な業務の中にも関わらず筆者の訪問を快く受け入れてくださり、また現場において貴重なデータの収集を許可してくださるなど、筆者を支えてくださった全てのゴルフ場のスーパーインテンドント、グリーンキーパー、支配人、および友人各位に、この場を借りて心から感謝を申し上げます。また、本論文の日本語訳を引き受けてくださった上野幸夫氏にも、この場を借りて感謝の意を表する。

## 要旨

このレポートは、2011年8月から2012年5月にかけて収集したグリーンのプレーアビリティに関わるデータを、整理・分析したものである。データは、全部で210面のグリーンから収集され、<sup>1</sup> 調査対象となったゴルフ場は全部で79コースにのぼる。具体的には、日本を含む7カ国のゴルフ場において、全部で8種類の草種について、グリーンを測定した。ステインプメータで測定したグリーンは、173～370 cm であり、これらの平均値は 263 cm であった。クレックハンマー(500 g) で測定したグリーンの硬さは、57～137G であり、これらの平均値は、88.3 であった。テタプローブで測定した、地表から 6 cm までの深さにおける土壌水分(体積比含有率) は、4.1～62.4% であり、これらの値の平均値は、26.7% であった。また、地表面から 5 cm の深さにおける地温は、10.6℃～33℃ であり、これらの値の平均値は 24.5℃、葉面上の気温は 8.4℃～37.8℃ であり、平均値は 25.4℃ であった。

---

<sup>1</sup>全てのグリーンで全種類のデータが採集できたわけではない。このレポートでは、それぞれの測定区分について具体的なデータをまとめている。

## Contents

1	どのような理由で、どのようなデータを収集したのか	4
2	草種について	5
3	データの採取地	5
4	グリーンの速度	7
4.1	ブレードの式 . . . . .	9
5	グリーンの硬さ、またはしっかり感	12
5.1	クレグハンマーと山中式土壤硬度計 . . . . .	15
6	土壤水分	18
7	ターフ表面の気温と地温	20
8	結論	20

## 1 どのような理由で、どのようなデータを収集したのか

なぜ、このようなデータの収集を思い立ったのか？その目的は何だったのか？このプロジェクトは、昨年夏の始めに、二つのアイデアからスタートした。第一は、日本においてクリーピングベントグラスを育成している地域における、夏の間の気温および土壌水分についての具体的なデータを集めてみたいという意図があった。土壌水分や気温が、ターフのクオリティとどのように関連しているのかを具体的に確かめたいという気持ちが、その背景にあった。第二には、クレググハンマー<sup>2</sup>による土壌硬度測定値と、山中式土壌硬度計<sup>3</sup>による土壌硬度測定値との違いを実際に比較してみたいということがあった。実際に測定を始めるとすぐに、グリーンスピードについてのデータも収集すれば興味深いだろうという考えに至ったし、また地理的範囲も広げ、色々な草種のグリーンについて、さらには、色々な管理方法のグリーンについて測定を行えばさらに良いのではないかと考えた。

そのようにして、当初の予定よりも多くのゴルフ場でデータを収集する結果になったが、こうした中で、これらのデータは、以下に挙げる理由から、非常に興味深いものであることが分かってきた。

**このようなデータはこれまでに収集されることがない** ゴルファーやターフ管理責任者は、グリーンが柔らかいとか、硬い、あるいは速い、遅いといったことをしばしば話題にするにも関わらず、東アジアおよび東南アジア地域におけるゴルフ場グリーンスピードと表面硬さに関わる実データは、まだ存在していない。そこで、アジアで育成されている草種、ゴルフ場グリーンについて、こうした話題に関わるデータ一式を収集することを始めてみたい、と考えたのである。

**ベンチマーク作り** 自分のゴルフ場のグリーンが、たとえば近隣の他のゴルフ場に比べて、あるいは世界的に見てどうであるか、といったことに興味を持っているゴルフ場は多い。こうした情報を収集し、それを共有することによって、ターフ管理者がより良い情報を入手できるようになる。

**より良いターフ、より良いプレーコンディション作り** こうした情報を参考にすることにより、各ターフ管理者は、自分の管理方法に修正を加え、それによって芝草に掛かるストレスを軽減し、より健康度の高いターフと、よりレベルの高いプレーコンディション作りを行うことができる。

ターフの現在の状態がわかり、プレー面を所定のレベルに作り上げるためにこれまでにどんな作業をしてきたのかが分かれば、現状のプレーコンディションに調整を加える、あるいはコンディションをそのまま維持するといった業務を、より明確な立場から実施することができるようになるし、ターフが受けているストレスの軽減や、より望ましいコンディションに向けての調整といった作業をしやすくなるはずである。こうしたデータがあれば、コース管理の効率をより高いレベルに引き上げるべく、前進していくことができるだろう。

<sup>2</sup>Clegg Impact Soil Tester, SD Instrumentation, <http://sdinst.com/>

<sup>3</sup>山中式土壌硬度計, 株式会社藤原製作所

草種	学名	パーセント (%)
クリーピングベントグラス	<i>Agrostis stolonifera</i>	40
バミューダグラス	<i>Cynodon dactylon</i> & <i>Cynodon hybrids</i>	23
シーショアパスパラム	<i>Paspalum vaginatum</i>	16
コウライ	<i>Zoysia matrella</i> & <i>Z. pacifica</i>	12
スズメノカタビラ	<i>Poa annua</i>	3
ベント・カタビラ	<i>A. stolonifera</i> + <i>P. annua</i>	3
ファインフェスク	<i>Festuca rubra</i>	2
クイーンズランドブルークーチ	<i>Digitaria didactyla</i>	1

Table 1: グリーンの速度、グリーンの硬さ、温度などを測定したグリーンで育成されていた草種の区分とその割合

## 2 草種について

日本においては、クリーピングベントグラスのグリーンにおいて多くの測定を行った。表 1 は、全体の測定の中で各草種が占める割合をまとめたものである。

「コウライ」グリーンは、日本で通常 *Z. matrella* とされる種であり、東南アジアでは *Z. matrella* または *Z. pacifica* とされる種である。「ベント・カタビラ」グリーンとは、クリーピングベントグラスとスズメノカタビラが混生しているグリーンであり、「クイーンズランドクーチ」は別名「クーチグラス」あるいは「セラングーン (serangoon)」グラスとも呼ばれる。

## 3 データの採取地

このレポートに含まれるデータは、日本では以下の地域において収集された：北海道、茨城、栃木、埼玉、千葉、神奈川、静岡、山梨、大阪、兵庫、和歌山、広島、島根、沖縄。上記以外に、インド、フィリピン、スリランカ、タイ、ベトナム、米国カリフォルニア州、オレゴン州でもデータの収集を行った。

グリーンの速度は、USGA ステインプメータで測定した。原則として、各グリーンについて、それぞれ 3 回の測定を行った。いずれの場合も、速度の測定はグリーンの中のできるだけ平坦な場所を選んで行われた。測定に適した平坦なエリアがない場合には、上り勾配と下り勾配で測定を行い(勾配面を横切る形での測定は行わなかった)、Brede (1991) に解説されている計算方法によって、平坦なエリアに相当する速度を求めた。各グリーンでの測定に用いたゴルフボールは、Srixon Z-STARxv である。

勾配が 6% 未満の一定した法面で測定したボールの転がり速度を平坦地における速度値に補正するための式としてブレードの式がある：

$$S = \frac{2ab}{a+b} \quad (1)$$

但し、

$S$  = ボールの転がり距離 (修正後のグリーン速度)

$a$  = ボールの転がり距離 (上り勾配)

$b$  = ボールの転がり距離 (下り勾配)

上記の式 (1) は上り勾配における転がり距離と下り勾配における転がり距離の算術平均値を求める一般的な式である式 (2) とは異なることに留意されたい。この一般式を用いるためには、2 つの値の差が 45 cm 以内でなければならないという制限が存在する。

$$S = \frac{a + b}{2} \quad (2)$$

但し、

$S$  = ボールの転がり距離

$a$  = ボールの転がり距離 (上り勾配)

$b$  = ボールの転がり距離 (下り勾配)

実際に測定を行ってみると、上りと下りでの測定値の差が 45 cm 未満に収まるような平坦なエリアを探すのは、なかなか難しいものであり、このブレードの公式が非常に役に立つ。特に断らない限り、本レポートに採用されているグリーンスピードは全て式 (1) を用いて修正したものである。

グリーン hardness は、クレグハンマー (SDi 製ゴルフプローブ; 先端がドーム形をした 500 g のおもりを用いるもの) で測定を行った。各グリーンについて 9 回の測定を行った。1 回の測定は、高さ 60 cm の位置からガイドチューブを通じてハンマー (おもり) を 1 回グリーン面に落下させたときの表示値である。表示値は、ハンマーがグリーン表面に落下する際に受けた最大減速度を表す数値であり、Gmax という単位で表記される。事情が許す限りにおいて、グリーンと同じ場所で、山中式土壌硬度計による測定も実施した。測定値の単位はミリメートル (mm) であるが、これは  $\text{kg cm}^{-2}$  に対応する数値である。

土壌水分については、ターフ表面から深さ 6 cm までの水分含有率をテタプローブ (Delta-T Devices) によって測定した<sup>4</sup>。各グリーンについて 9 回の測定を行い、それぞれ、クレグハンマーによる測定場所の近くを選んで測定を行った。

地温は、各グリーンにつき 3ヶ所で測定した。使用した計器はデジタル温度計<sup>5</sup>であり、この温度計を地表から 6 cm の深さまで差し込んで測定を行った。ターフの表面温度は、赤外線温度計<sup>6</sup>を用い、温度計をグリーン表面からおよそ 50 cm の高さに保持し、グリーン上の直径約 5 cm の円の内部の積算温度を測定した。

収集したデータは、R ソフトウェア (R Development Core Team, 2012) によって解析を行い、ggplot2 パッケージ (Wickham, 2009) を用いてグラフの作成を行い、

<sup>4</sup>Theta-probe, Delta-T Devices, <http://www.delta-t.co.uk/>

<sup>5</sup>Taylor Precision Products model 9842 waterproof digital thermometer, <http://www.taylorusa.com/>

<sup>6</sup>Fluke 62 mini infrared thermometer, <http://www.fluke.com/>

速度 (cm)	速度 (フィート)
170	5'7"
180	5'11"
190	6'3"
200	6'7"
210	6'11"
220	7'3"
230	7'7"
240	7'10"
250	8'2"
260	8'6"
270	8'10"
280	9'2"
290	9'6"
300	9'10"
310	10'2"
320	10'6"
330	10'10"
340	11'2"
350	11'6"
360	11'10"
370	12'2"

Table 2: グリーンの速度を cm 単位およびフィート単位で表す

本レポートの英語原本は、knitr パッケージ (Xie, 2012) を利用し、最終レイアウトは XeLaTeX を用いて行った。

## 4 グリーンの速度

図 1 は、グリーン速度についての全ての測定値をまとめたものである。全部で 623 回の測定を行ったが、得られた値は 173 から 370 cm までの範囲に分布しており、その平均値は 263 cm であった。表 2 には、本稿で取り上げるグリーン速度の各レンジを、センチメートルとフィートで表してある。

図 1 に示すボックスプロット (箱ひげグラフ) は、グリーン速度の測定値をそれぞれの草種別に整理したものである。それぞれの草種に対応したボックスの内部に引かれている水平線は、その草種のグリーン速度の平均値を表している。また、グラフの中の小さい丸は 1 回の測定を表しており、横軸が草種を、縦軸が式 (1) を用いて計算した速度を表している。

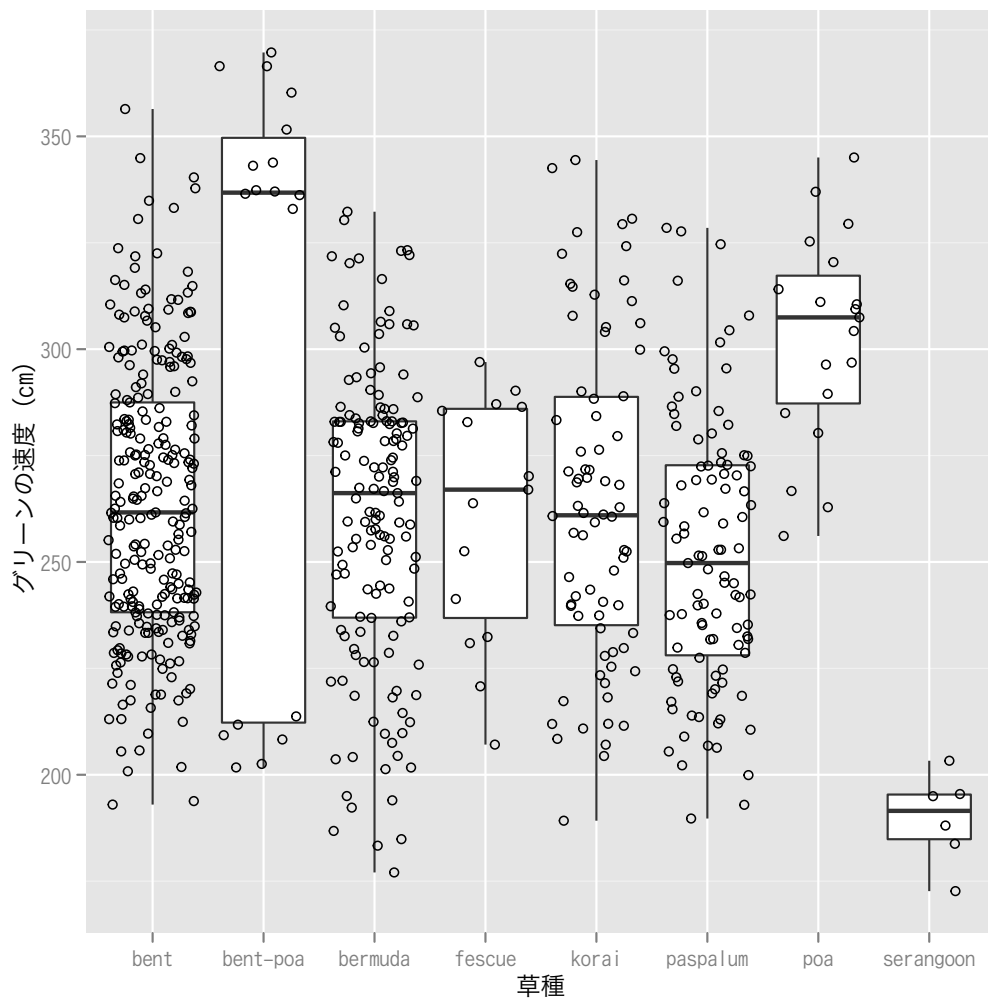


Figure 1: グリーンの速度についての 617 個の測定値を草種ごとに整理した。



クリーピングベントグラス、バミューダグラス、シーショアパスパラム、コウライについてのデータは、8ヶ所またはそれ以上の数のゴルフ場から採取したものである。ベントグラス・カタビラ混合、フェスク、*Poa annua*、およびセラングーングラスのデータは3ヶ所またはそれよりも少数のゴルフ場で収集したデータである。最初の組(ベントグラス)のデータについては、この草種のグリーンの特徴をよくあらわしているデータとみてよいと思われる。しかし2番目の組(ベント・カタビラ)のデータは、ごく限られた数のゴルフ場からのものであり、草種の代表的な特徴を表しているデータというよりは、これらのゴルフ場の管理スタイルの特徴がデータに表れていると考える方が適当であると思われる。

## 4.1 ブレードの式

ブレードの式(1)は極めて有用度が高い式である。ほとんどのグリーンの場合、ステインプメータによる測定に適した平坦な場所を探し出すのは、なかなか困難である。本プロジェクトにおいては、全部で210のグリーンから速度のデータを収集したが、面が比較的平坦であると見えるようなグリーンであっても、上り方向での測定値と下り方向での測定値を比較すると、その差が45 cmを超えてることがしばしばであった。実際に測定を行う際には、グリーンのエッジまたはコーナーに近いエリアが選ばれることが多かったが、これはそのエリアがそのグリーンを代表するようなエリアであったからではなく、適切な測定を行えるようなエリアが他になかったからである。場合により、法面を横断する形になることを承知で測定を行ったが、これも、往復方向の測定値の差が45 cm以内になる場所を選んでのことである。しかし、傾斜に対して直角方向にボールを転がせばボールは弧を描いて転がるので、これらの測定によって得られた値には若干の誤差が含まれることが避けられない。

図2は、斜面において、上り方向の測定値と下り方向の測定値との差が45 cmを超えるとステインプメータによる測定の精度が大きく低下し始める様子を示している。図中、青色の線が、2つの測定値の差が45 cmである時を示している。ふたつの測定の差が45 cm未満であれば、式(2)を利用して修正値をほぼ正確に求めることができる。しかし、この差が45 cmを超えると、修正によって求めた値の誤差が大きくなりすぎるので、ステインプメータを使った通常の方法での測定が意味を成さなくなる。

そこで、上り勾配における測定値と下り勾配における測定値の差が45 cmを超えても、これを平坦面での数値に正確に換算できる方法がないものであろうか?と考えるのは当然であろう。図3は、ブレードの式(1)を使えばそれが可能であることを示している。

これは、各グリーンにおいてグリーン速度の測定を多数回実施し、各グリーンの中でデータを比較したものである。図3は、同じグリーンのいろいろな勾配エリアにおいてそれぞれ2方向からの測定を行った結果とその修正計算値とをグラフにしたものであるが、上り方向の測定値と下り方向の測定値との差が500 cmを超えても、式(1)を使って求めた修正値は、そのグリーンにおける平坦なエリアで測定した場合の値に非常に近い値となっている(上り方向と下り方向の測定値の差 < 45 cm)。すなわち、ブレードの式を使うことによって、図2に表れていた誤差が除去されたということである。

図3の中に引いた1:1を表す直線の周囲の分散状況はどうであろうか?このグラフはこれで「正常」であろうか、それとも、グリーンと同じ場所で2方向から速度を測ったら、

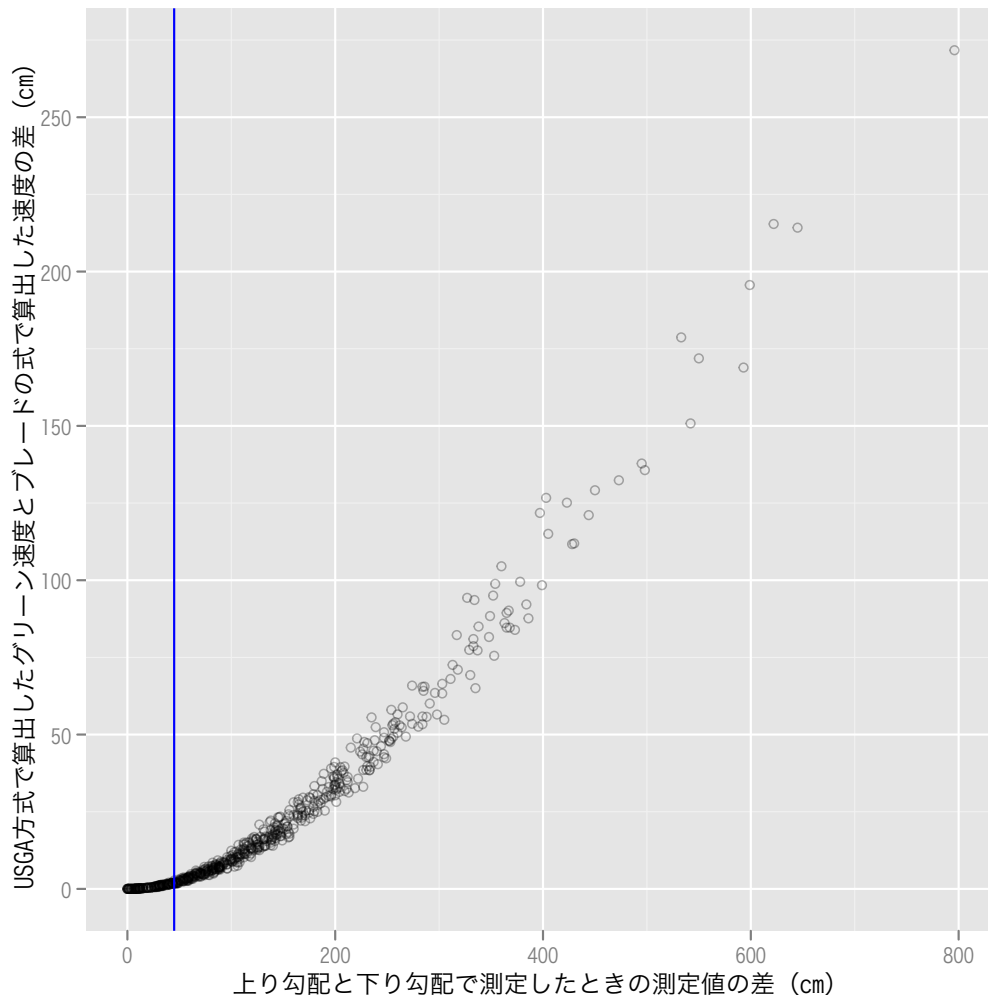


Figure 2: 2 方向からの測定値の差が 45cm を超えるとステインプメータでの測定精度が急激に悪化する。

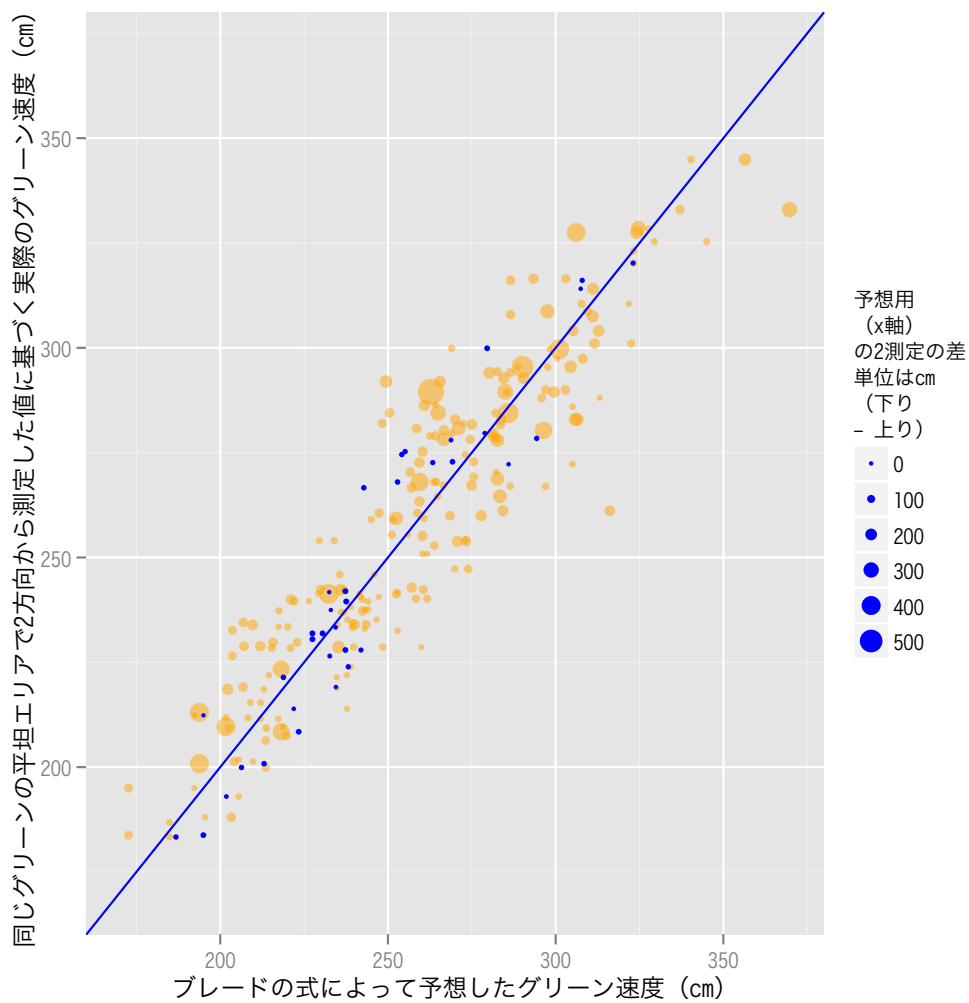


Figure 3: グリーンの速度の測定値 212 組(オレンジ色) は勾配エリア(x 軸の値) での測定値から同じグリーンの平坦エリアでの速度を予想したもの(差 < 45 cm)。36 組の測定値(青色) は、平坦エリアでの測定値から同じグリーンの別の平坦エリアの速度を予想したもの。グラフ中の円の大きさは予想のベースとなった測定における上り勾配方向と下り勾配方向での測定値の差の大きさ(x 軸) を示す。

いつでも絶対に同じ値にならないといけないだろうか？同じ場所で 2 方向から測定して得られた値が完全に同じであれば、その値は図 3 においては、青色の 1:1 線上にくる。実際にグラフを見てみると、青色の線からわずかずつであるが外れて、線の周囲に分散している。これは、斜面での測定と平坦面での測定を比べた場合(オレンジ色)でも、平坦面での測定と平坦面での測定を比べた場合(青色)でも同じである。

同じグリーンの中であっても、場所によってグリーン速度がやや異なるのは自然なことである。グリーン奥の方で測定したときの速度が、グリーンフロント部分での速度と同じとは限らないし、同様に、グリーン中央部の速度と同じとも限らない。グリーンすべての場所でまったく同じ速度ということはないのである。この点についてももう少し詳細に検討をすべく、同じグリーンの中の平坦なエリア 2ヶ所の測定値を比較してみた(n = 36)。また、同じグリーンにおいて、傾斜面での測定と、平坦面での測定を比較してみた(n = 212)。

まず、平坦なエリア 2ヶ所における、それぞれ 2 方向からの測定値の比較では、ステンプメータによる測定値の差の平均値は 9 cm であった。そして、傾斜エリアにおける 2 方向からの測定値を平坦エリアにおける 2 方向からの測定値と比較した場合には、ステンプメータによる測定値の差の平均値は 9.9 cm であった。以上のことから、一般的なグリーンの場合、ある場所においてスピード測定を行った場合の値と、同じグリーンの別の場所で次に行ったスピード測定の差は、9 cm 程度と考えられる。そして、これに傾斜面での測定を含めた場合でも、その差は 1 cm 程度しか増加しないと言えそうである。

このばらつきを別の面から考えてみよう。Karcher et al. (2001) は、グリーン速度の違いが 15 cm 以内のときはゴルファーはその違いを認識できないことを示した。また、同じ実験区画で、ターフのスピードの測定を何回も繰り返すと、測定値にそれなりのばらつきが出てくるが、それは 15 cm 未満であり (Richards et al., 2009) その原因は、風速や風向の違い、ターフそのものが完全に均一でないこと、芝目や刈り込みの方向によって葉身の寝ている向きが異なったりすることであるとされた。

ここで、傾斜面 vs 平坦面(オレンジ色)と平坦面 vs 平坦面(青色)の確率密度関数(図 4)を見てみると、両者がほとんど重なりあっていることが分かる(ただし、20cm を超える差については、平坦面 vs 平坦面の方が少なくなっている)。すなわち、実用的な観点から言えば、2 方向から測定を行ったときの差の分布の仕方は、傾斜面 vs 平坦面と平坦面 vs 平坦面とで大きな違いはなく、したがって、グリーン勾配部分で測定を行って得た値をブレードの式 (1)を使って補正すると、得られた値は、そのグリーンの平坦面での速度と機能的に同等の値となっている。

## 5 グリーンの硬さ、またはしっかり感

グリーンの性能あるいは優秀さを表すもうひとつの重要な因子として、グリーン表面の硬さがある。Baker et al. (1996) は、500 g のクレグハンマーを使用して、英国における 74 のゴルフ場の 148 枚のグリーンの硬さを測定した。得られた測定値(Gmax)のほとんどは、70 ~ 150 の範囲であった。このうち、造成後 5 年未満のグリーンの硬さの平均値(Gmax)は 126 であった一方、造成後 10 年以上を経過したグリーンでは値が

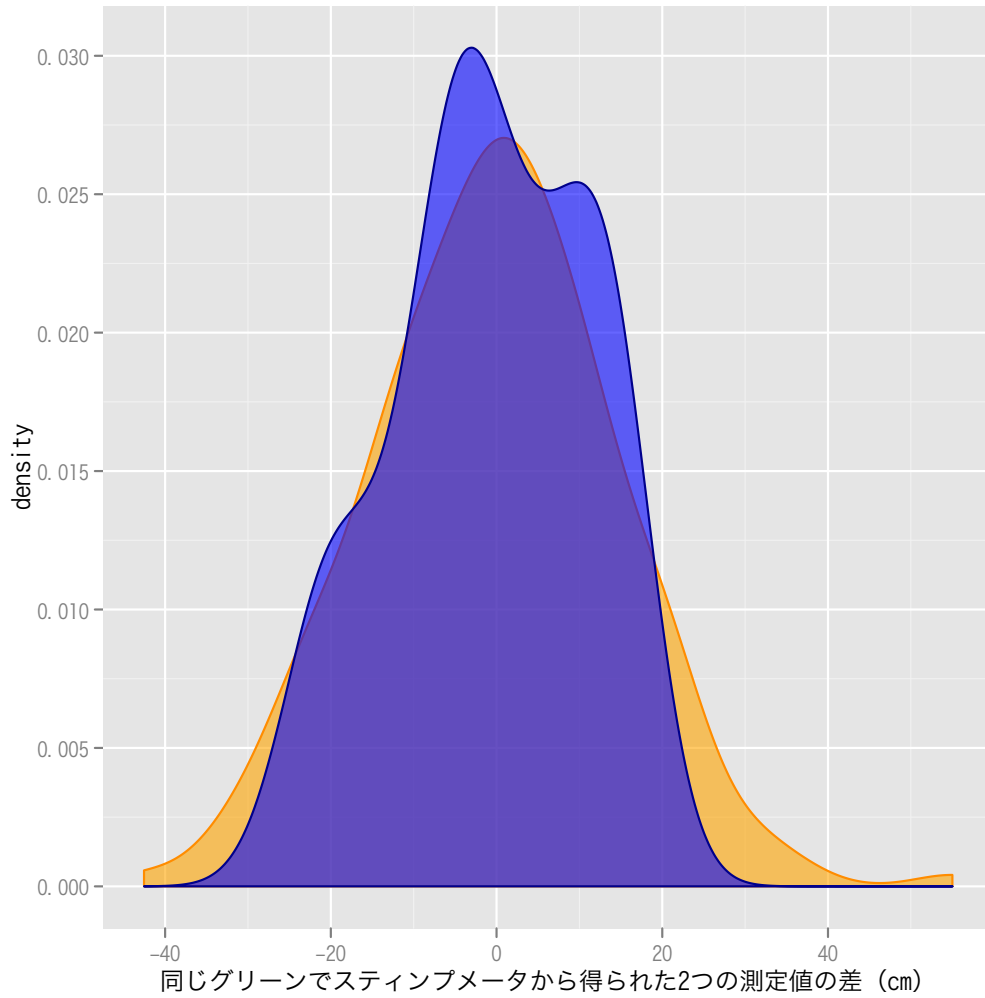


Figure 4: オレンジ色は、勾配エリアについてブレードの式を利用して求めた値と、同じグリーンの平坦エリアにおいて求めた 212 組の測定値についての確率密度関数である。青色は、同じグリーンにおける平坦なエリア 2ヶ所でステンプメータを用いて求めた 36 組の測定値についての確率密度関数である。

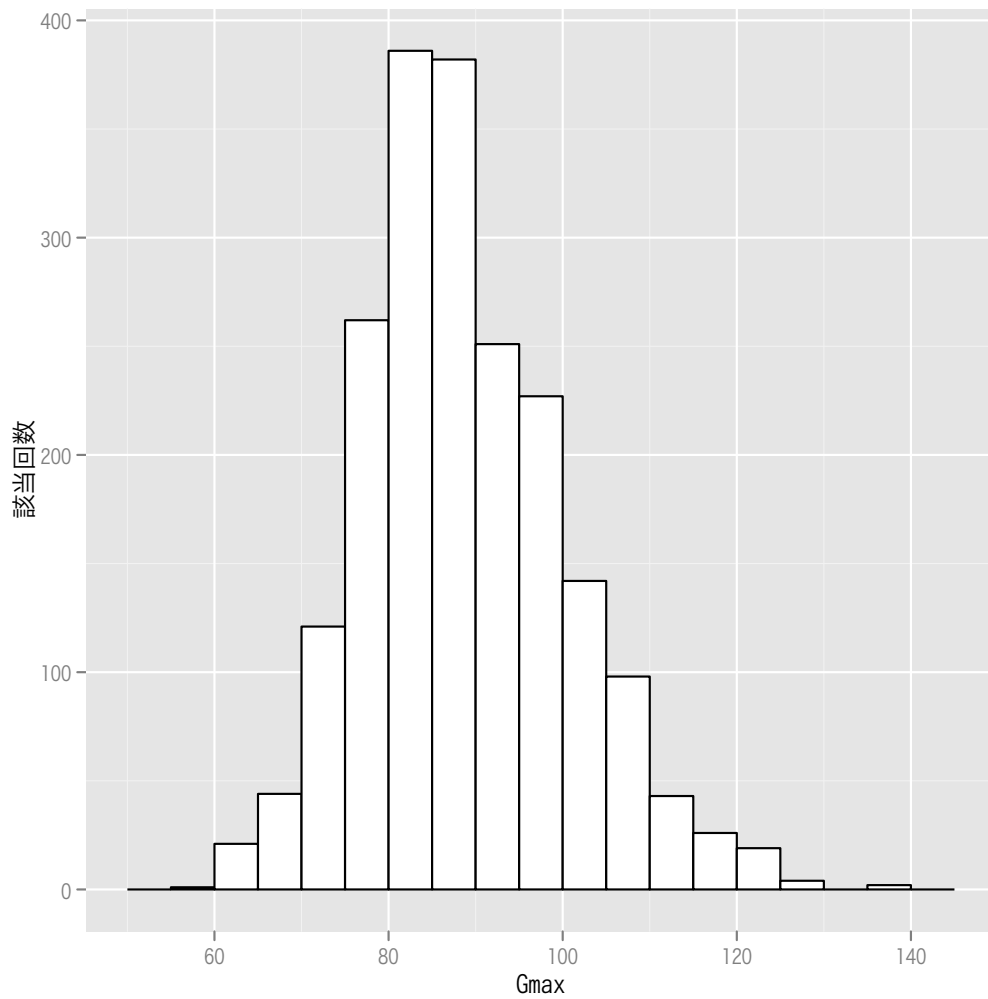


Figure 5: クレグハンマーで求めたグリーン hardness についての 2029 の測定値(Gmax) のヒストグラム

108であった。図 5は、筆者(マイカ・ウッズ)が行った 2029 回の Gmax 測定の実績のヒストグラムである。Gmax が 80 ~ 90 を示した回数が最も多いが、測定値全体としては、57 ~ 137 の範囲に散らばっており、全体の平均値は 88 Gmax である。

図 6 は、すべての測定値を、草種ごとにボックスプロットに整理して表したものである。ひとつのゴルフ場でなく多くのゴルフ場からのデータなので、それぞれの草種において非常に大きな差があるのは事実であるが、寒地型芝草よりも暖地型芝草の方がグリーンが硬い傾向があることが読み取れるだろう。ペント・カタビラ、フェスク、カタビラ、それにセランググラスのデータについては解釈に注意が必要である。これらのデータは、ごく限られた数のゴルフ場からのものであるため、それぞれの草種の一般的な特徴を表しているという解釈は危険である。むしろ、それぞれのゴルフ場における管理手法がこうした数値に反映されていると解釈すべきである。

興味深いのは、シーショアパスタラムのグリーンがバミューダグラスのグリーンよりも硬い傾向が見られることである。これは、シーショアパスタラムのグリーンが全体として造成から比較的日が浅いため、土壌中の有機物の蓄積が少なく、そのために硬いグリーンになっているものと思われる。コウライグリーンは他に比較して柔らかいという結果になっているが、これには 3 つの理由があるだろう：

1. コウライのグリーンは、バミューダグラスやシーショアパスタラムのグリーンよりも古いものが多いので、土壌中に含まれる有機物の量が多い。
2. コウライは、東アジアおよび東南アジア地域に特に良く適応している芝草なので、好適条件下で生育するその自然な営みの結果として大量の有機物を作るのではない。
3. 他の芝草で作るグリーンと比べ、コウライグリーンはあまり手を掛けた管理が行われていない。

図 1 を見ると、コウライグリーンのスピードは他の暖地型芝草のグリーンのスピードと遜色ないことが分かる一方、図 6のデータでは、コウライグリーンが他の暖地型芝草のグリーンよりも柔らかい傾向にあることが読み取れる。しかし、コウライのグリーンは、他の芝草ほど多くの管理を受けていない。もしコウライにもっと濃密な管理を行ったら、たとえば目砂の回数を増やし、成長調整剤を使ったならば、どれほど良いグリーンができるか、特に東南アジアでどれほど素晴らしいグリーンができるであろうか？ここまでのデータを基に、そして、コウライグリーンの平均速度が驚くほど速いことを考えると、「驚くほど素晴らしい」グリーンができるのではないかとと思われる。

## 5.1 クレグハンマーと山中式土壌硬度計

日本では、グリーンを測定する器具として、山中式土壌硬度計が使われることが多い。このプロジェクトのひとつの目的は、クレグハンマーによる測定値と山中式土壌硬度計による測定値との間にどのような相関があるのかを調べることであった。

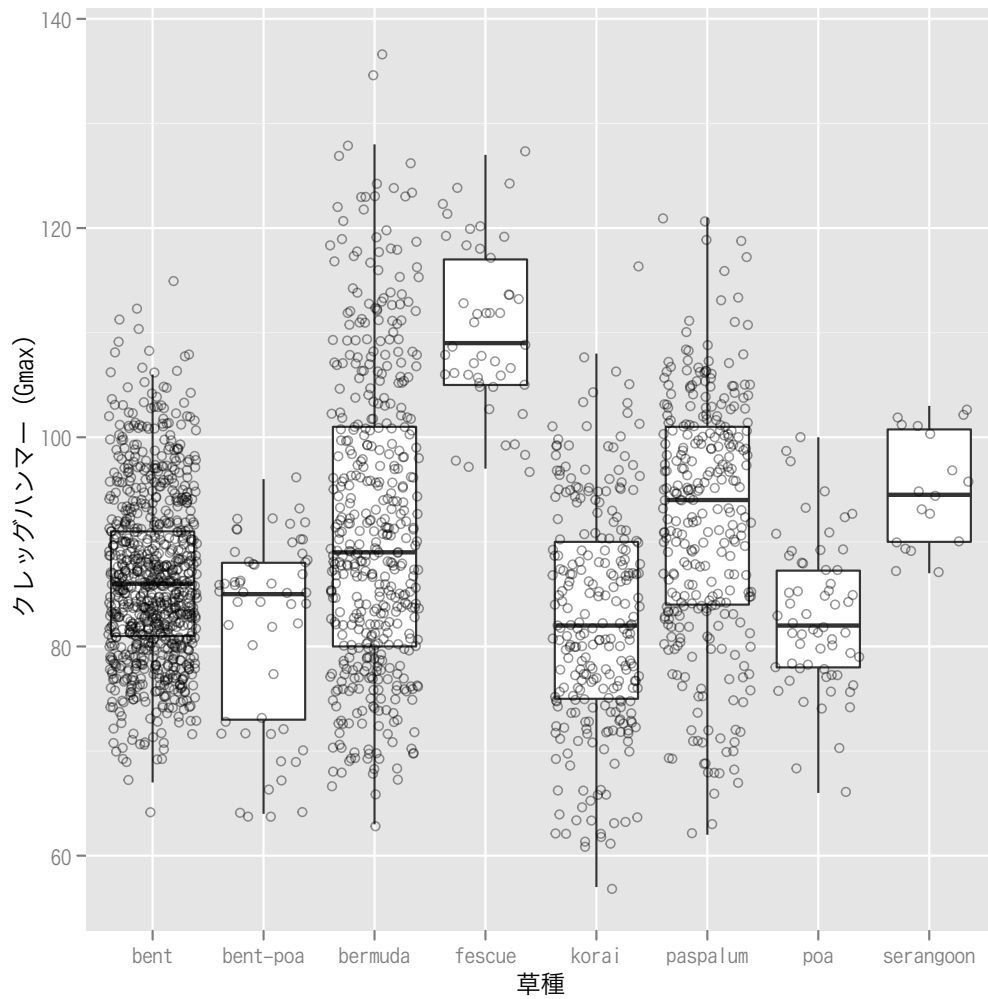


Figure 6: クレグハンマーで測定したグリーンの硬さ (Gmax) を草種ごとに整理したもの。



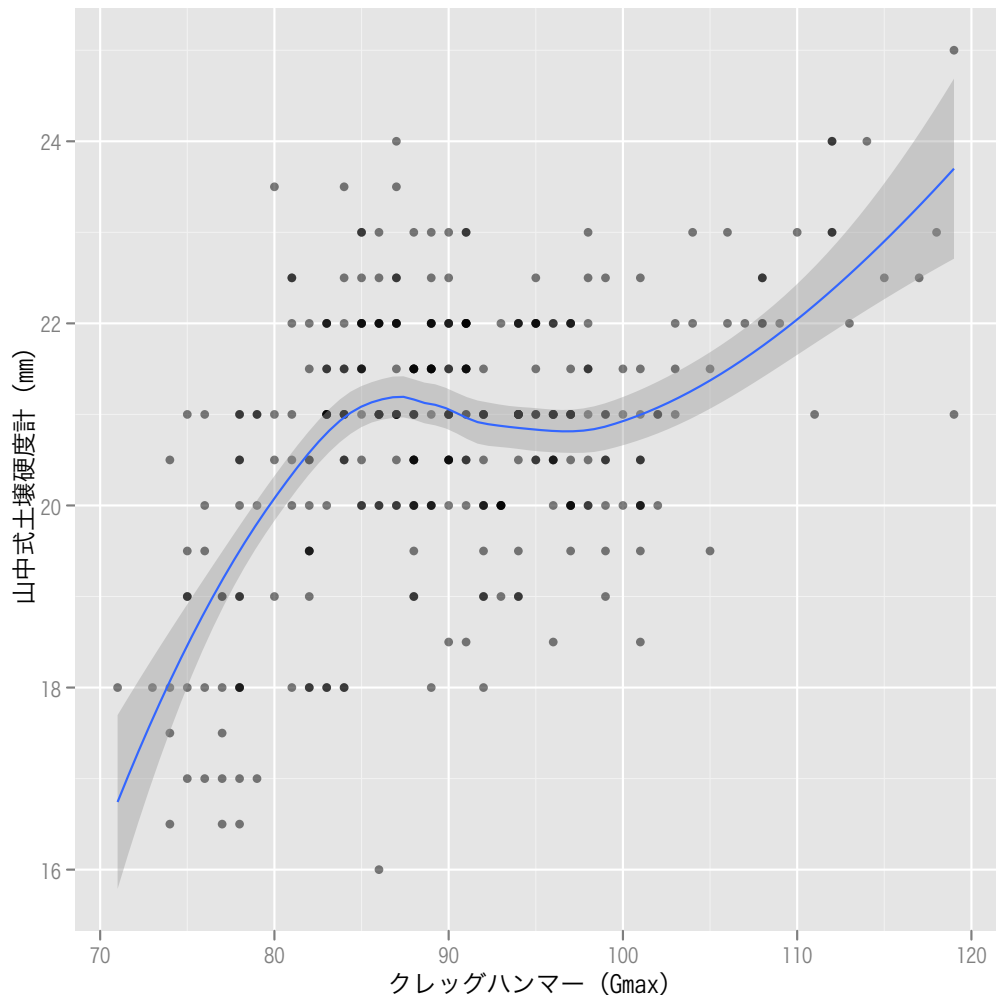
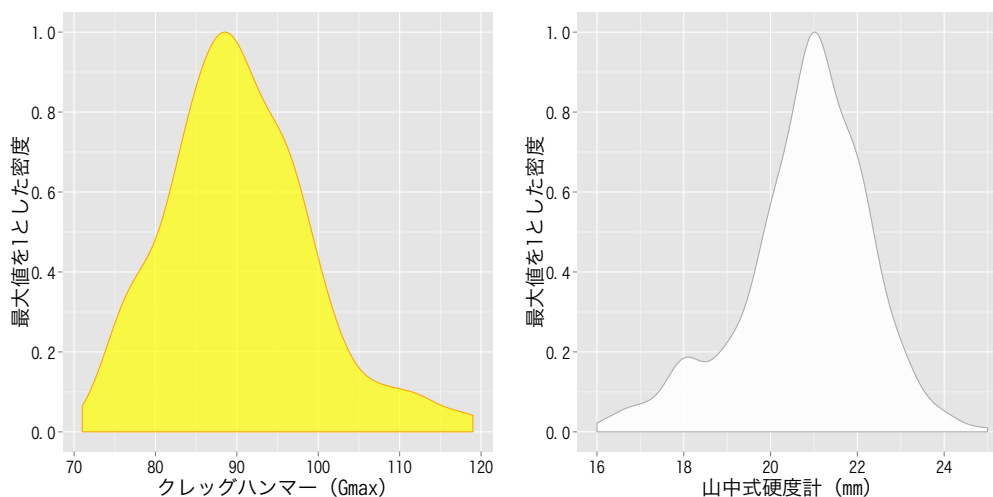


Figure 7: クレグハンマーおよび山中式土壌硬度計による測定値。青色の線は、Gmaxのそれぞれの値に対する山中式硬度計の値の平均値を示す。

図 7 は、色々なグリーンにおいて同じポイントでクレグハンマーと山中式とで測定を行って得た値の散布図である。全部で 8 つのゴルフ場、39 枚のグリーン、測定点の数は 345 と、データとしては小さい。しかし、データからは、ターフ表面の硬さを測定した場合に、山中式よりもクレグハンマーの方が感度が良いことが見て取れる。山中式の場合、345 個の測定値はわずか 9 レンジ、すなわち低い数値で 16 から高い数値で 25 までの範囲にしか分散していない。一方、クレグハンマーの場合、低い数値は 71、高い数値は 119 と、48 段階の範囲に分散している。

また、図 7 の中央部にデータが広く分散していることが読み取れる。図 5 で見たように、ゴルフ場のグリーンの硬さはおおむね Gmax (クレグハンマー) で 80 ~ 100 の間に収まっているのであるが、クレグハンマーによる測定値と山中式土壌硬度計による測定値との間にはほとんど相関が見られない。



上に示す図は、クレグハンマーのデータと山中式のデータそれぞれについて、縮尺を等しくして確率密度関数を描いてみたものである。左側の図(黄色)はクレグハンマーのもの、右側の図(白色)は山中式のものである。クレグハンマーのデータが描く山形は裾野が広く、測定値がより広い範囲に広がっていること、すなわち計測感度が高いことを示している一方、山中式のデータが描く山形は裾野が狭く、ほとんどの測定値が 20、21、および 22 のどれかである。実際のグリーンには非常に柔らかいものも非常に硬いものもあったのに、実測データはこのように狭い領域に固まってしまっている。したがって、限られたデータ数からではあるが、グリーンの硬さの一般的なレンジにおいては、山中式土壌硬度計よりもクレグハンマーの方が表面硬さの違いをより良く拾うことができると結論できるだろう。

## 6 土壌水分

土壌水分については、1193 の測定値を得た。これは、今回のプロジェクトに関わる草種のほとんどをカバーしているが、全部はカバーしていない。図 8 は、上記のようにし

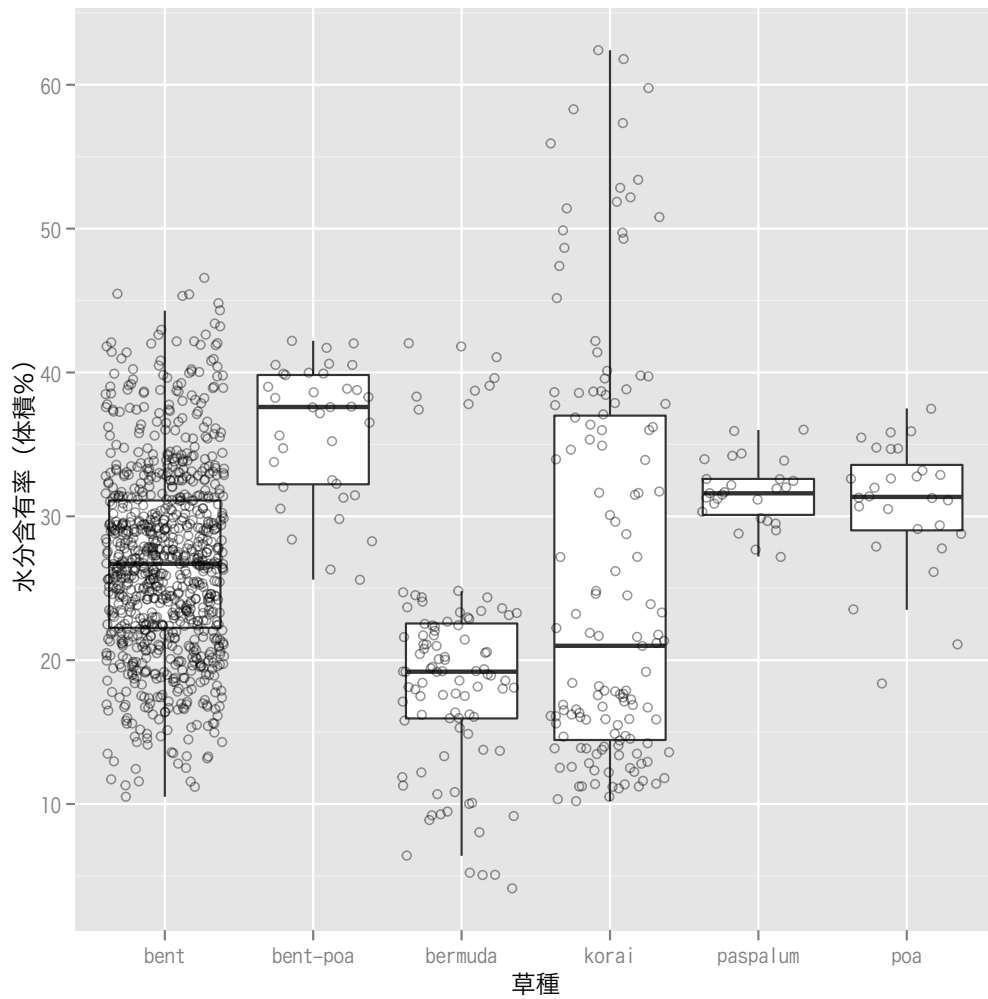


Figure 8: 土壌表面から深さ 6 cm までの土壌断面における水分含有率(体積比)。ゴルフ場のグリーンにおける合計 1193 ポイントでの測定値を草種ごとに整理したもの。

て得た土壌水分のデータを草種ごとにボックスプロット図として整理したものである。バミューダグラスとコウライの平均土壌水分含有率が最も低いことが分かる。これは、暖地型芝草の方が寒地型芝草よりも水を効率よく利用することができるので、土壌水分をより低い状態に維持して管理することができるという事実と良く一致している。1193 個の全ての測定値の平均値が 26.7% であるのはなかなか興味深い。というのは、これらのデータを測定したグリーンのはほとんどはいわゆる USGA 方式のサンドベースのグリーン培地を使用したものであった。USGA が公表しているグリーン建設仕様書 (United States Golf Association Green Section Staff, 2004) では、グリーン建設時の土壌ミックスの毛細管孔隙の割合は 15 ~ 25% とされている。平均的に見て、今回の測定が行われたゴルフ場のグリーンの土壌水分含有率は、この条件にほぼ一致していたということである。

土壌水分がグリーン表面の硬さに影響を与えているという示唆を見ることができる。図 9 は、土壌水分が低い硬いグリーンと、土壌水分の多い柔らかいグリーンとがあることを示唆している。そして、土壌水分が 35% を超えると、Gmax が 100 を超えるような硬いグリーンを維持することが不可能になることが示唆されている。

## 7 ターフ表面の気温と地温

図 10 は、国ごとに温度データを整理したものである。データ収集時に測定したターフの表面温度を緑色の丸で表し、その時の地温をオレンジ色の三角で表している。少なくとも、温帯の国においては、季節よって大きな温度変化があることがはっきりと表れている。一方タイ国では、海拔 0 メートルに近い地域での気温は、一年間を通じて比較的一定である。

興味深いのは、日本において最も気温が高くなる夏には、ターフ表面の温度および地温がともに、熱帯の国であるタイ、フィリピン、スリランカのそれに等しいか、それ以上になるということである。

## 8 結論

データの収集の範囲も、また、収集したデータの整理も、結果として当初に予定したものを大幅に上回る規模と期間にわたるものとなった。当初は、日本のいくつかのゴルフ場で測定するという程度の発想であったが、こうして規模を拡大したことによって、より有益な情報をまとめることができるようになったと感じている。こうした研究活動に関しては、多くの友人知人の援助があり、また、The R&A のゴルフコース委員会からは、測定に必要な計器を貸し出していただけるという有り難い支援も頂くことができた。

グリーン性能やプレーアビリティに関わる諸特徴について、あるいは草種による相違や国による特徴などについては、膨大な時間を掛けた論争が行われているわけであるが、こうして実際にデータを収集分析することによって多くの学びを得ることができたのは間違いない。このレポートは、今回収集したデータの基本的な整理の意味と、測定のお供を与えてくださった各ゴルフ場における個々のデータが、データ全体の中でどういった位置にあ

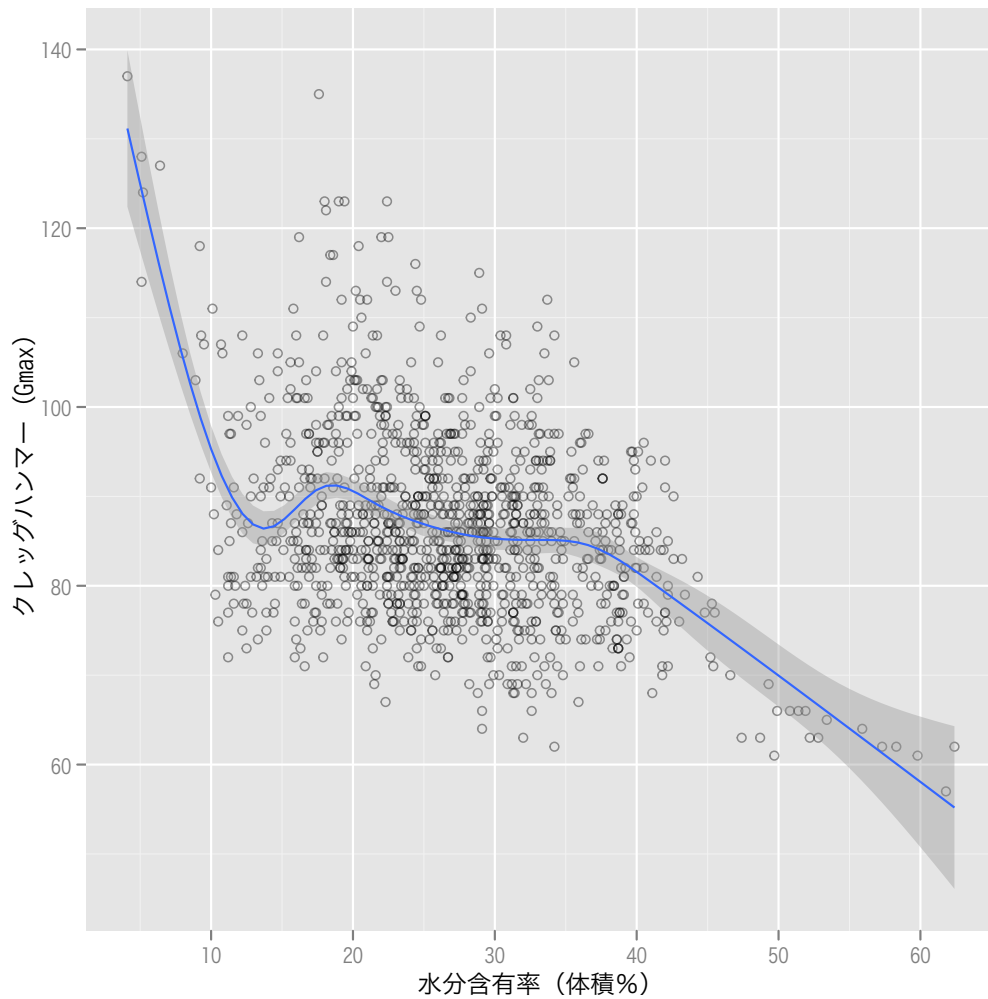


Figure 9: 土壌表面から深さ 6 cm までの土壌断面における水分含有率(体積比)。ゴルフ場のグリーンにおける合計 1193 ポイントでの測定値を草種ごとに整理したもの。

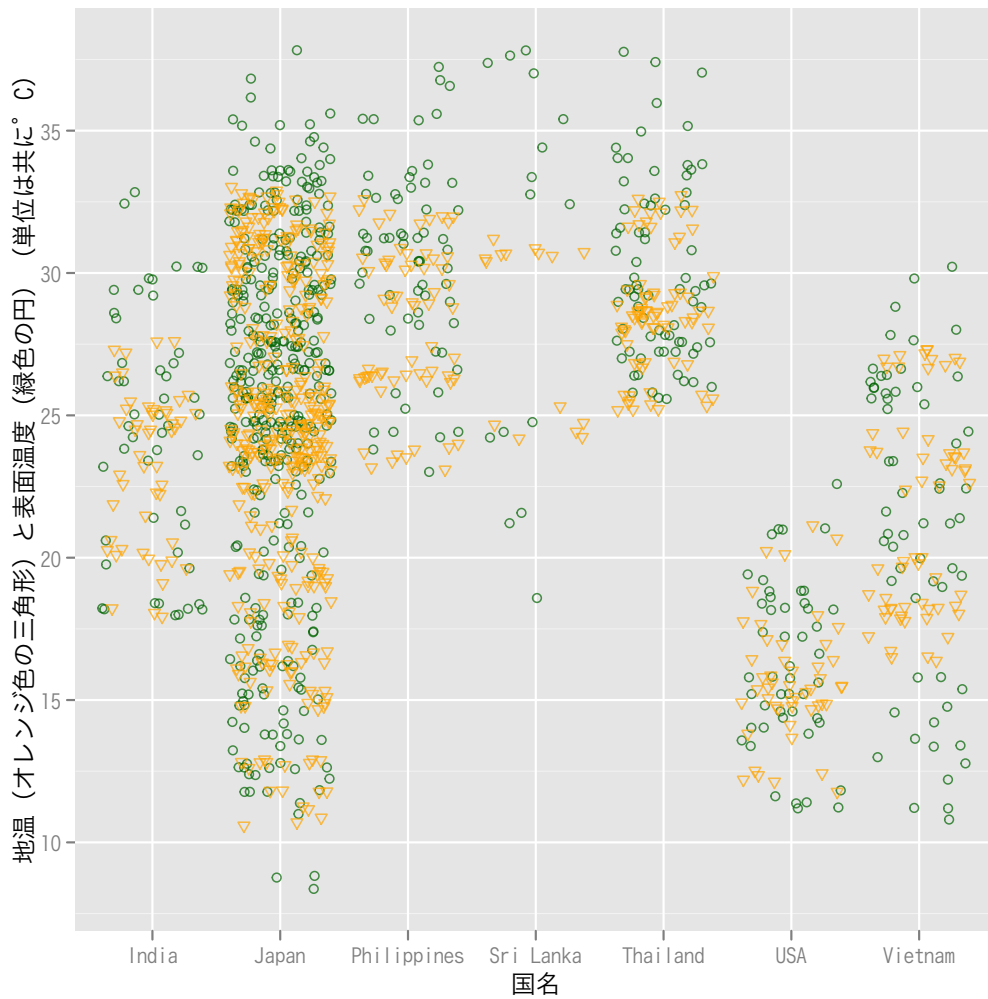


Figure 10: 地表から 6 cm の深さにおける地温とターフ表面の温度。測定を行ったすべてのグリーンのデータを示す。

るのかを、ご協力いただいた皆様にお知らせすることを目的として作成したものである。もちろん、それ以外に、個人的に非常に興味を引かれた話題(ブレードの式など!) についての見解もここにまとめたし、今後は更に追及していきたく思っている。

ご協力いただいた各位にも筆者と同様の興味を感じていただければ非常に光栄であるとともに、このような形でお送りするデータが、今後のコース管理に何らかの有益な情報となることを願っている。

## References

- S.W. Baker, P.D. Hind, T.A. Lodge, J.A. Hunt, and D.J. Binns. A survey of golf greens in Great Britain. IV. playing quality. *J. Sports Turf Res. Inst.*, 72:9–21, 1996.
- A.D. Brede. Correction for slope in green speed measurement of golf course putting greens. *Agronomy Journal*, 83:425–426, 1991.
- D. Karcher, T. Nikolai, and R. Calhoun. Golfer’s perceptions of green speeds vary: over typical stimpmeter distances, golfers are only guessing when ball-roll differences are less than 6 inches. *Golf Course Management*, 69 (57-60), 2001.
- R Development Core Team. *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2012. URL <http://www.R-project.org>. ISBN 3-900051-07-0.
- Jacob S. Richards, Douglas E. Karcher, Thomas A. Nikolai, Jason J. Henderson, and John C. Sorochan. A comparison of two devices used to measure golf course putting green speed. *Applied Turfgrass Science*, online (doi:10.1094/ATS-2009-0724-02-RS), 2009.
- United States Golf Association Green Section Staff. USGA recommendations for a method of putting green construction. USGA World Wide Web Site, March 2004.
- Hadley Wickham. *ggplot2: elegant graphics for data analysis*. Springer New York, 2009. ISBN 978-0-387-98140-6. URL <http://had.co.nz/ggplot2/book>.
- Yihui Xie. *knitr: A general-purpose package for dynamic report generation in R*, 2012. URL <http://CRAN.R-project.org/package=knitr>. R package version 0.5.