



IYRU-MYRD 測定値の分解能、誤差、正確性

1 はじめに

クラス規則でキールとボートの最小/最大重量が規定されている場合、「WCレガッタのコントロール計測で使用する適切な計測機器をどのように選択すべきか」という質問があった。計測の分解能、誤差、精度に関するIYRUの明確な方針は存在しないので、このメモはIYRU-MYRDのイベントで使用される一般的な方針の根拠を示すために作成したものである。

測定される量が性能的に重要な場合、例えばキール最大重量やボート最小重量など、最初の測定とその後のコントロール測定の両方で測定機器の精度が問われるケースが相当数あるのは避けられないことである。また、レガッタ委員会がコントロール計測を行う際に、どのような手順で行うべきか、またその手順が技術的に正しいかどうかを正確に把握することは極めて重要である。したがって、測定・計測機器の要求精度や分解能、許容誤差を示す方針を確立することが必要である。

2 いくつかの一般的な定義。

測定値とは、ほとんどの場合、実用上、絶対的な値であるものに付与される代表的な値である。

分解能とは、測定値が「丸められる」度合いのことです。例えば、100.7と判断された長さを101と記録するのは、通常、整数で目盛られたルールを使う場合であり、10.07という値を10.1に丸めるのは、小数の1桁を使うことが要求されている場合である。このように、分解能の程度は測定の誤差に影響する。

誤差とは、代表的な測定値と量の絶対値との差のことである。

正確さとは、誤差がない度合いを表す。

ゼロ誤差とは、測定する量がゼロであっても存在する誤差のことです。

3 ディスカッション

ボート計測という広い意味での計測プロセスの目的は、ある臨界値が規定された最小値または最大値に適合するかどうかを判断することである。

正確な計測の確実性は、ボートがルールに適合していることを示すために計測用紙に署名する計測者にとっても、また、後日、自分のボートが計測に対する抗議の対象となることを知るオーナーにとっても重要なことです。

解像度、誤差、精度が測定プロセスに影響し、ボートが格付けされているかどうかの確実性の程度に寄与するいくつかの方法がある。

3.1 測定スケールの誤差

測定に使用するスケール（定規、テープ、秤など）の分解能**は、読み取りに影響します。100.5という絶対値は、目盛りが細かくなっていないため、100とも101とも読み取れることがあります。これは、 $\pm 0.5\%$ の「誤差」を意味します。

また、スケールは固有の誤差や不正確さがあります。

例えば、絶対値が100の場合、目盛りでは正確に101と測定されることがあります。したがって、1%の校正誤差があります。この1%の誤差は、測定される量がゼロであるときに存在する可能性があり、すなわちゼロ誤差である可能性があります。あるいは、測定される値の常に1%である漸増誤差である場合もあります。実際には、誤差は、各タイプのいくつかの要素から構成されることになる。

全単位で目盛られ、校正に1%の誤差がある秤の誤差範囲は、100単位の量を測定する場合、1.5%である。

3.2 ユーザーエラー

測定を行う人は、系統的及び／又は無作為の誤りを犯すことによって、知らず知らずのうちにプロセスに誤差を与える可能性がある。これらは、測定を行う前に計量器の「無負荷」読み取り値をゼロに正しく校正しない（ゼロ誤差を排除する）例と、計量器を常に誤読する例でそれぞれ説明される。

3.3 ルールの解決策を欠く

クラス規則で規定された最大値及び最小値を定義するために使用される分解能の程度も、不確実性の問題に寄与する可能性がある。0.3単位の値に制限された量を、一般に入手可能な秤を使用して0.01の分解能で測定することができる。例えば0.295は、0.30と読みます。では、クラスルールの値と同じ分解能（この場合は小数点以下の桁数）で表すと0.3になるので、0.34という値も認められるのでしょうか。

それがダメなら、一般的な分解能で測定して0.30と読めるから、0.3049という絶対値も認められるのか。

** この文脈で「精密」という言葉が使われることがあります。

ほとんどの場合、絶対値を決定することはできないので、絶対値に対する価値観が重要であることがお分かりいただけたと思います。バテンの数を決定するような場合にのみ、絶対的な精度を得ることができる。

理想的には、クラス規則が正式に制定される際に、適切な測定単位の選択と分解能の程度を検討し、重要な測定値が初期測定と管理測定で必ず再現できるようにすることである。また、最大値になるように切り捨てられた測定値（または最小値になるように切り上げられた測定値）が許容されるかどうかについても考慮する必要がある。

直線測定のほとんどすべての場合、測定者の系統誤差と無作為誤差は、測定機器に起因する誤差よりも大きい可能性がある。ディビジョンメンバーやレース委員会が利用可能な最高の測定器のみを採用することを奨励する以外には、この一般的な誤差の原因を排除するためにできることはほとんどない。しかし、コントロール測定では、本当に問題となる測定は、懲罰的な措置が取られる前に、複数の人によって再チェックされる可能性があります。

4 一般ポリシー

4.1 既存のクラスルール

既存の明示的な方針がない場合、クラス規則における最大値および最小値は、絶対的な制限値であると理解される。例えば、最大値20台は、ABSOLUTE MAXIMUM VALUEが正確には20台であることを意味します。

4.2 クラスルールの新設・改訂

また、測定や計算を記録する際の小数点以下の桁数を指定する測定単位に関するセクションを設けること。また、計算で使用される値も、必要に応じてこのセクションで扱うべきである：

XX.1 小数点以下の桁数が指定されていない限り、測定値および計算値は以下のよう
に記録されるものとする：

項目	ユニット	小数点以下の桁 数 測定	小数点以下の桁 数 算出方法
長さ	ミリメート ル	0	0
その他			

XX.2 最大値および最小値は、絶対的なOPTION制限 値として扱われなければ
ならない。 測定値を丸めることはできない。
A を比較します。

OPTION ORMeasured 値は、 最大 B と比較する前に、必要な
小数点以下の桁数に正しく丸められなければならない。
または最低限度額を設定します。

XX.3 計算された値は、記録前に必要な小数点以下の桁数に正しく丸めること。

XX.4 その後の計算で使用される既計算値は、正しく丸められた記録値でなければ
ならない。

4.2 1000mm以下のリニア測定

直線測定が通常1000mm以下の場合、クラス規則は最小値と最大値を小数点以下0桁で規定し、測定は小数点以下0桁で行われ記録されなければならない。1000mm以下の範囲の測定は、この程度の分解能で行われることが合理的に予想され、高精度の技術者用ルールは、ミリメートル単位で表示されたものが容易に入手できます。

もし、100.49や100.049の測定値が、100.0や100.00の最大値として許容されないことを意図するのであれば、上記XX.2のオプションAをクラス規則に用い、最大値を100と記載することができる。

4.3 50mm以下のリニア測定

50mm以下の測定は、通常バーニアゲージやマイクロメーターを使用し、小数点以下1~2

桁の分解能を容易に満足させることができます。高精度で作られているので、ルールと同様に標準的なゲージで簡単にチェックすることができます。

4.4 体重測定

重量を測定するという特殊なケースは、本質的には、線形量の測定と変わりません。しかし、一般に販売されている体重計は、対象となる量に対して、線形測定器よりも大きな固有誤差と低い分解能を有しています。例えば、5kgまでのレンジを持つデジタル電子秤は、50ポンドから100ポンド程度である。

150ポンドで、標準的な誤差は+または-20グラム、分解能は10グラム（最も近い10グラムまで読み取れる）です。このような計量器は、約25ポンドの標準的な5kgの分銅を使用して校正することができ、その誤差は-0~+0.5グラムである。しかし、この分解能は、同じ基準で校正された複数の計量器で計量した場合、測定値にばらつきが出ることを意味します。

3.9996 kg と 4.0004 kg を確実に識別する計量器のコストは数千ポンドであり、したがって、測定者やレース委員会がそのようなものを利用できることを期待するのは不合理である。すべての競技者が艇を調整する機会を持つレース前のコントロール測定では、測定値の絶対的な精度は再現性よりも重要でない。絶対的な精度は、レース前のコントロール測定が実施されていないときに、重量が規則上の制限に非常に近い艇が抗議された場合にのみ、極めて重要な意味を持つ。すべての艇がスタート前にコントロール計測されるイベントでは、同じ計測機器が各艇に一貫して使用されている場合、公平なアプローチは、高精度の認証基準を使用して定期的に計量器を校正し、各艇にその計量器で計測された最小値/最大値を遵守するよう求めることである。そうすれば、秤の分解能の重要性はぐっと低くなります。

例えば、1メートル級のボートを計量する場合など：

4kgの証明書付き標準重量を仮定する 既知の
誤差は±0.2g以下

分解能0.01kg（0.01kg単位で読み取れる）の秤で測定するチェックです。

測定値は4.01kg、温度は記録される 4.01以上の重さのボートで

あれば、このように許容される

後日、標準重量を測定して確認する

温度が記載されており、先の図と異なっています

測定値は4.02kgになりました（目盛りは若干気温に左右されます）規則に従うため、ボートは4.02kgで測定値を確認すること

4.01kgでチェックされた場合、どのボートもレーティング外であるとみなされる。

最初のチェックで満足に測定されたボートがクラス外であることが判明するのは、次のような場合である：

標準体重を4.014kgと測定する。

分解能に制限があるため、4.01kgの指示測定しかできない Aボートの絶対重量は3.992kgである

このため、秤では標準重量（4.006kg）より0.008kg少ない重量となります。

秤の分解能が制限されているため、表示された測定値は4.01kgとなる ボートはルールに適合しているように見える

その後、体重計で標準体重を4.016kgと測定し、表示された

測定値は4.02kgとなります。

ボートを再度確認すると、標準重量より0.008kg少ない4.008kgと測定される。
この船は、今回、極めて正しく、定格外であることが確認されました。

秤の温度依存性があるため、このような方法で艇を管理し、定格外であることが判明する可能性は、依然として現実的なものである。したがって、競技者に、もし自分のボートがチェックされたときに限界に達していたとしても、後のコントロール測定で失敗する可能性が10分の1程度あることを明確にすることに加えて、非常に手頃な価格のスケールを使用することが最も重要であることが強調されます。

実際には、1グラムの分解能で6キロまでの重さを量ることができる秤を300ポンドで購入することが可能です（最も近い整数グラムまで読み取れます）。校正証明書は80ポンドで購入できますが、これは適切な校正分銅よりも価値が低いと考えられています。このグレードの機器を使用することで、上記のような不幸なケースを防ぐことができます。

5 測定器の分解能と誤差の許容範囲について

以下は、適切な最低基準とされています。

M'ment レンジ	スケール の大きさ	スケールの 分解能 *	校正量	校正量に許容 される誤差
0~50mm	適切	0.1mm		
50-3000mm	適切	1mm		
0-4kg	0~5kg	0.01 kg	2kg	0.1グラム/kg
4~9kg	0-10 kg	0.02 kg	5kg	0.2グラム/kg
9~40kg	0-50kg	0.1kg	20kg	0.5グラム/kg
Xキロ 判明分	0-(X+30%)	0.2%より大きい Xまたは0.01kg	X + または - 20	適宜 上より

* ここでいう分解能1とは、目盛りが全単位で表示されていることを意味します。したがって、他の誤差がない場合、測定値は絶対値の±0.5以内となる。

1994年1月11日より施行

技術委員会IYRU-MYRD委員長