

セーリングクルーザーの 転覆沈没事故を防ぐために

(財)日本セーリング連盟

技術委員会

1. 乗りすぎは危険です

あなたの船が全長6mから7mで、排水量が1.1トン(1100kgf:備品含む)、バラスト比が30%程度であれば、復原力曲線(乗員なしの場合)はほぼ図1のグラフのようになります。このグラフは横軸がヒール角で、縦軸が船の復原モーメントの大きさを表しています。復原モーメントがプラスの場合は、船が傾いてももとに戻ります。この図より、プラスの復原モーメントが最大になるのはヒール角が約60°の時に、復原モーメントがゼロになるのが120°近く(これを復原力消失角と言います)であることが分かります。ということは、この船は120°までヒールしてももとに戻るけれども、それ以上だと180°転覆(おわん状態)になってしまうことを表しています。

あなたの船の復原力曲線がこれに近いかどうかは、次のように確認できます。大人(60kgf)5人が乗艇して、中心線から1mはなれたデッキサイドに並んでみて下さい。この時のヒール角が15°程度であれば、ほぼこれに相当します。図1のグラフが横軸と交わる点Aがこの状態を表しています。さらにこの船に、大人10人が同じようにデッキサイドに並んだ時の復原力はグラフで表されます。この時、ヒール角は点Bに示すように約40°となり、何かにつかまっていなくて乗ってられなくなるでしょう。また図から、復原力がプラスの部分がわずかしかないことが分かります。これは、あとほんのちょっとした波や風があったら簡単に転覆してしまうことを意味しています。

考えても見て下さい。この船のバラストは約300kgfです。大人5人だとやはり約300kgf、10人だと約600kgfの重量がデッキの上に乗ることになります。船に大勢乗ることが、いかに危険を伴うかがお分かりいただけるとと思います。

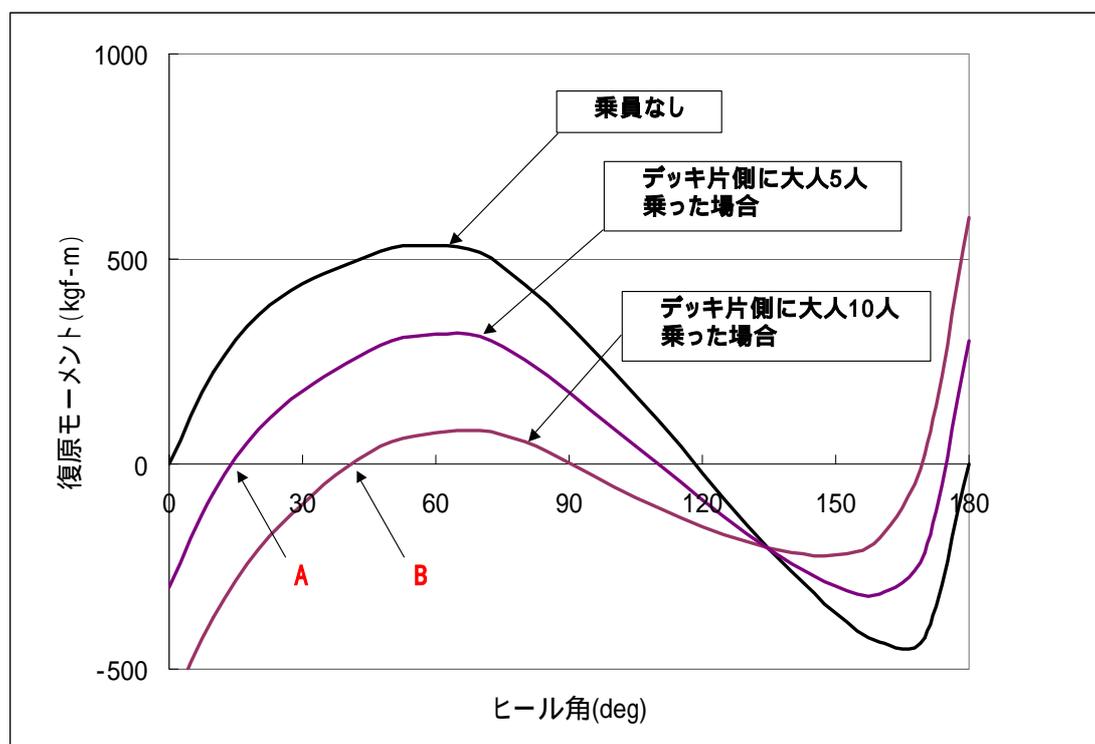


図1 全長 6.3m、排水量 1.1 トン、バラスト比 30%のクルーザーの復原力曲線

2. 無理なセールの張りすぎは危険です

図2は、同様にこの船に大人5人がデッキ上に乗った時の復原力曲線を表しています。今度は、 は風上側に並んでヒールを起こしている場合、 は船体中央に並んだ場合を示しています。また風速10m/sと12m/sの時に、メインセールとジブ合わせて20m²のセールの張った時の風によるヒールモーメントを(a)、(b)で表しています。なおヒールモーメントは、少し極端ですが風を真横から受けたものとして計算しています。例えば、セールの一杯に引き込んだまま、アビームになってしまった状態だと思って下さい。

セールに風を受けた時のヒール角は、船の復原力曲線、と、風によるモーメント曲線(a)、(b)との交点ということになります。例えば風速10m/sの時で、乗員が風上側に並んでヒールを起こしている場合は、と(a)との交点Aなので約15°、乗員が船体中央にいる場合は、と(a)との交点Bなので約35°となります。平均風速が10m/sでも突風が吹くと12m/sを超えることは珍しくありません。こうなると、と(b)との交点はそれぞれC、Dとなり、ほとんど復原モーメントの最大値近くになることが分かります。最大値を越えると、ヒールするほど復原モーメントが減る領域に入ってしまうので、もう少し風が強くなると転覆は目の前です。風速10m/sを超えると、海面は白波でいっぱいになります。こんな時に無理にセールの張るのはやめましょう。

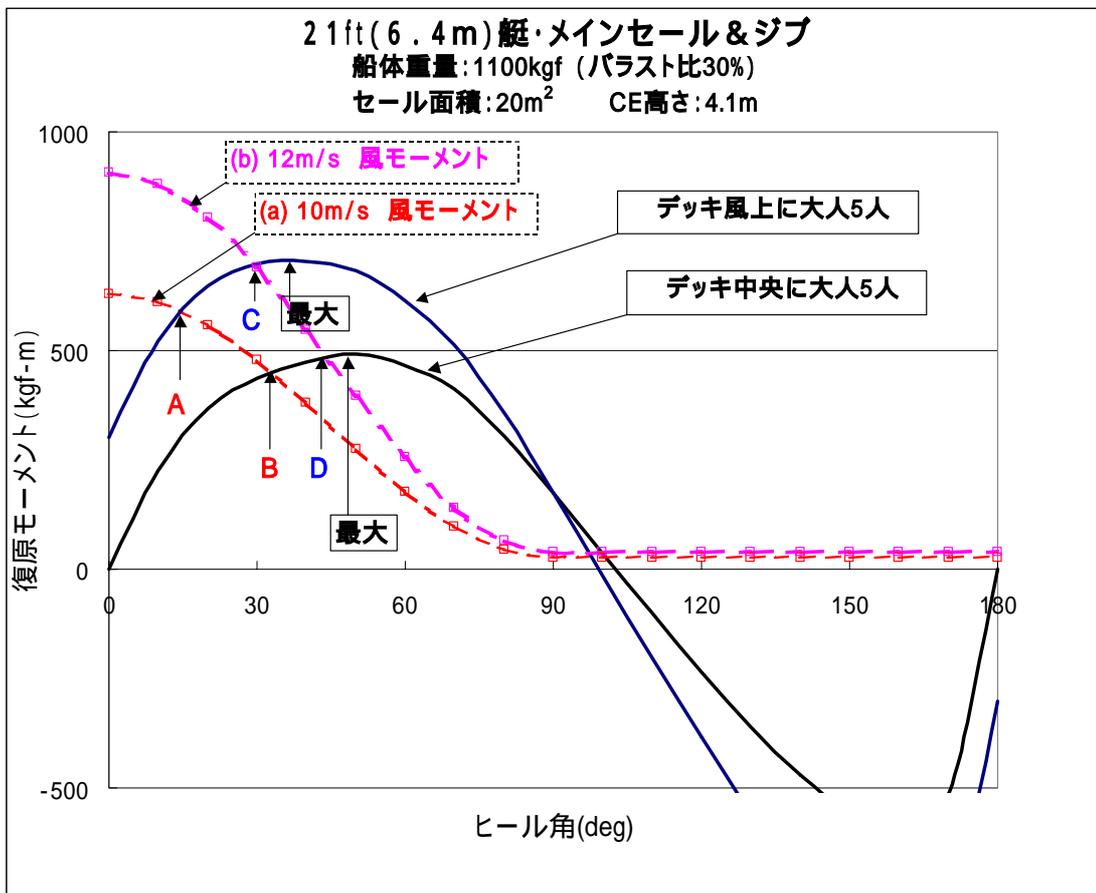


図2 大人5人が乗った場合の復原力曲線とセールに作用する風モーメント

3 . 急激なタッキングは危険です

前ページの図 2 は非常にうまくセーリングしている時の話です。実はもっと怖いお話をしましょう。図 2 でデッキ中央に 5 人乗っている の場合、風速 10m/s の時のヒール角は約 35° であることが分かりました。しかし、これは風がそよそよと吹きはじめて 10m/s までジワッと吹き上がっていった場合の話で、**静的なヒール角**といえます。

もし、風速 10m/s の中でいきなりタックして急に反対側から風を受けると、**風が船をヒールさせようとする仕事量**は、直立状態からその角度までセールに与えた全エネルギーに等しいものになります。少し専門的になりますが、この大きさは図 3 に示す風によるモーメント曲線(a)の下側の面積に相当します。一方、**船がこれに逆らって頑張ろうとする仕事量**も、**復原力曲線** の下側の面積で表されます。ですから、ヨットがタックして急に反対側から風を受けたような場合は、**これらの仕事量(面積)が釣合う点まで一気に傾く**ことになります。これが**動的なヒール角**です。(この説明は付録にします。)

ですから、タッキング中に乗員がデッキ中央にそのままいる の場合でも、**A の面積と B の面積が等しくなる 75° 程度(ほぼ横倒し)まで傾いてしまう**ことが分かります。もし予期しないワイルドタックが起きて、全員がそのまま**風下**になってしまった場合は、**B の面積がうんと小さくなります**から、簡単に**復原力消失角を越える**可能性があります。すなわち風速 10m/s でも転覆するかもしれないのです。これは**急激なタッキング**の場合だけでなく**スピンランでブローチングやワイルドジャイブ**した時にもあてはまります。

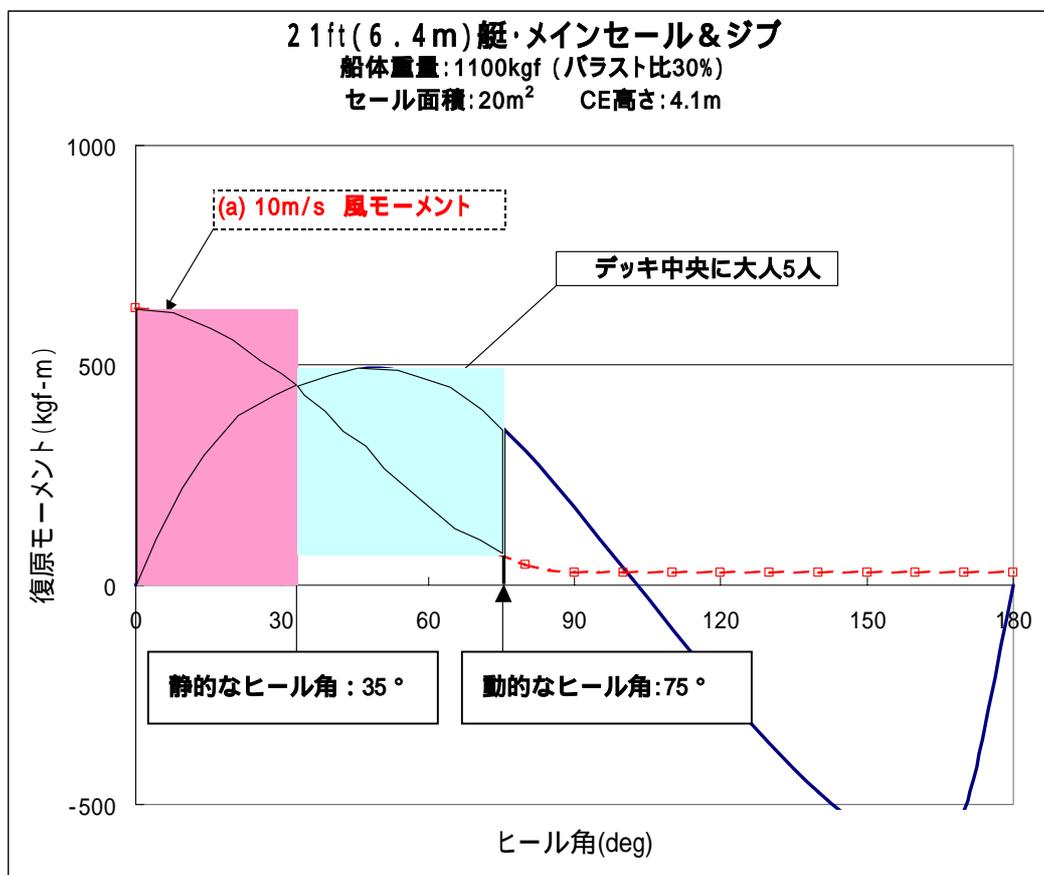


図 3 風速 10m/s で急激なタッキングやブローチングした時のヒール角

4 . もう少し大きな船でも危険です

これまで、全長 6 m から 7 m で、排水量が 1.1 トン程度の船の場合についてお話ししてきました。船が大きくなると、排水量が大きくなる割合（全長の約 3 乗）とセール面積が大きくなる割合（全長の約 2 乗）が異なりますので、風によるヒールの影響は小さくなります。でも安心はできません。

図 4 に全長 7.5m、排水量が 1.8 トン、バラスト比が 40% の場合の例を示します。セール面積は 26m² としていますが、ここでは大人 5 人がデッキ中央に乗った場合と、風下側に乗った場合を示しています。船が重くなるので、縦軸のスケールが大きくなるとともに、乗員の乗艇位置の影響が図 2 に比べて小さくなっていることが分かります。

ここでは風速 12m/s として、予期しないワイルドタックが起きて、全員移動しないまま風下になってしまったという最悪の場合を考えてみましょう、この場合も、船が頑張ろうとする仕事量と、風が船をヒールさせようとする仕事量が釣合う点は、図 3 と同様に A の面積と B の面積が等しくなる点ですから、なんと復原力消失角近くの 120°（キールが空を向いている）まで傾いてしまうことが分かります。このサイズの船で強風下のスピランで、ブローチングやワイルドジャイブして横倒しになった経験はないでしょうか？横倒して止まって転覆しなかったのは、幸運以外の何ものでもありません。こんな恐れがある時は、セール面積を小さくしましょう。

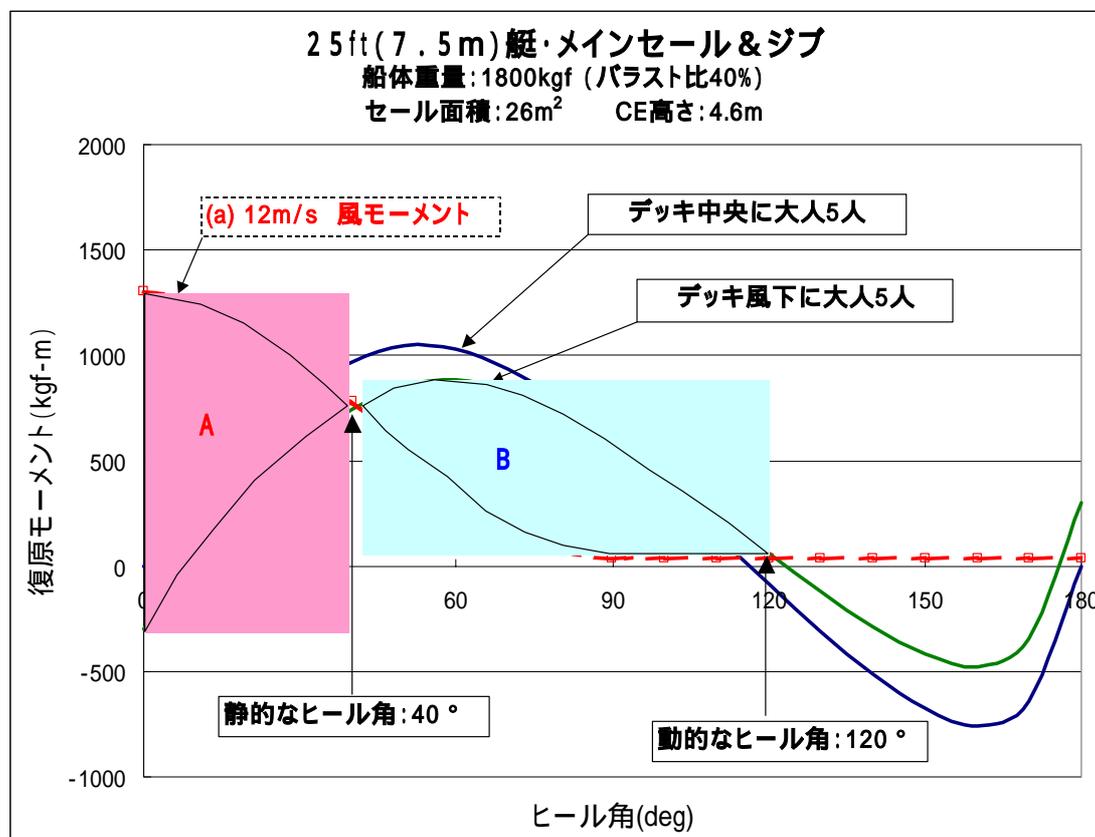


図 4 全長 7.5m、排水量 1.8 トン、バラスト比 40% のクルーザーが風速 12m/s で急激なタッキングやブローチングした時のヒール角

5 . “ ヨットの安全神話 ” を鵜呑みにしないで

復原力曲線の魔術で、復原力消失角が 120° 近くまであるといった情報が、横倒しになっても安全という “ ヨットの安全神話 ” につながっていると思います。「横倒しになればセールに働く風の力が抜けるのでそこで止まり、我慢していればその内に復原する」という神話です。

今までに述べたように、これは静的なヒール角についてしか言えないことです。動的なヒール角、すなわち「**風が船をヒールさせようとする仕事量**」という考え方からすると、**横倒して止まるという保証はどこにもありません**。特にワイルドタック、ワイルドジャイブ、ブローチングといった、船が激しく向きを変える時が危険です。また、船のサイズが小さく、軽い船ほどこのような危険性が大きいので注意して下さい。

6 . 転覆しても沈没しないようにするには

大分怖い話をしてきましたが、転覆と沈没は違います。ハッチやシンクのシーコックなどが閉まっていれば、普通のヨットは 180° 転覆（おわん）状態になっても簡単には沈没しません。180° 転覆になった場合は正立状態よりも復原力は小さいので、波のショックや、船内での人の動きなどによってもとに戻る可能性が高いとされています。これは世界一周をするようなヨットが、波にのまれて 180° 転覆しても、しばらく我慢していると元にもどったという経験が多数報告されていることから明らかです。

しかしながら、もしデッキのハッチが開いているとそうはいきません。転覆から元に戻る時にハッチから大量の浸水があり、沈没する場合があります。2003 年 9 月に琵琶湖で起きた事故がそうでした。

風の力だけで横転から転覆に至る可能性があることは、これまで述べてきたとおりです。転覆の可能性が感じられる状況下では、かならずハッチを（コンパニオンウェイの差し板も含めて）閉めましょう。またこの場合、あなたは水面に投げ出されることとなります。ライフジャケットを着用することは言うまでもありませんね。

7 . 対策のまとめ

- ・ ライフジャケットを必ず着用する。
- ・ 大勢の乗員がデッキ上に乗らない。（安全検査の定員とセーリング時の定員は別物）
- ・ 無理にセールを張らない。（プロ - チングをよくする艇は要注意）
- ・ 急激なタッキングをしない。（シートを出さないで急にベアしない。ブローチングにも注意）
- ・ 横倒しになって水面に投げ出されたら、セールやマストにつかまらず艇体につかまる。
- ・ セーリング時はバウハッチはもちろんであるが、コンパニオンウェイのハッチと差し板もなるべく閉める。
- ・ シンク排水口などのシーコックは全て閉める。（横転時や 180° 転覆時の浸水を防ぐ）

付録

動的なヒール角とは

図3を見て下さい。ヒール角が小さい内はセールに作用するモーメントが大きいのに対して、船体の復原モーメントは小さいですね。ということはセールに作用するモーメントが余っていることになります。すなわちヒール角 35°までは、セールに作用するモーメントが大きく、これによってたまった仕事量が面積Aに相当するものと言えます。このため、静的に釣合う35°までヒールしたからといって、「はい、これでヒールするのはストップします。」とは、セールが言ってくれない訳です。

35°を越えると、今度は船体の復原モーメントが大きくなりはじめます。船体がセールに対して頑張った分の仕事量の大きさをBとすると、このBとAが同じになる75°までいって初めてセールが許してくれ、ヒールは止まるという訳です。これが**動的なヒール角**ということになります。そしてそこまでいって気が付いたら、船体の復原モーメントの方がセールのヒールモーメントよりも大きいので、「な～んだ」という感じで静的な釣合い点である35°へ戻っていくことになります。

「な～んだ」という感じで戻ってくればいいのですが、もし復原力消失角までヒールしても、Bの面積がAの面積に満たなければ、セールの仕事量がまだ残っていますから、船は横倒しで止まらずに一気に180°転覆へ向かうことになります。**横倒しで止まるという保証はどこにもないのです！！**

なお、ここに示した動的なヒール角は、仕事量の釣り合いから求められる最大の値です。実際にはフィンキールやセールに減衰力が働きますのでこれほどにはならないと考えられますが、とにかく静的なヒール角よりもずっと大きく傾くことだけは理解して下さい。どうかこの資料を参考に、自分の船の限界を理解した上で安全確保に努めて下さい。

以上