

ウェザーヘルムというのは、舵により修正しないと針路が自然に風上に向かう状態を示す現象であり、リーヘルムはその反対である。ヘルムがあると舵によって針路を修正してやらないと真っ直ぐ走れない。ところが、舵を効かすことは大きな抵抗を生む。ヘルムはどうして生まれるか？船を重心のまわりに回転させようとする力の釣り合いがずれていると生まれる。

よって、ヘルムに影響する物を数え上げるときりがない。

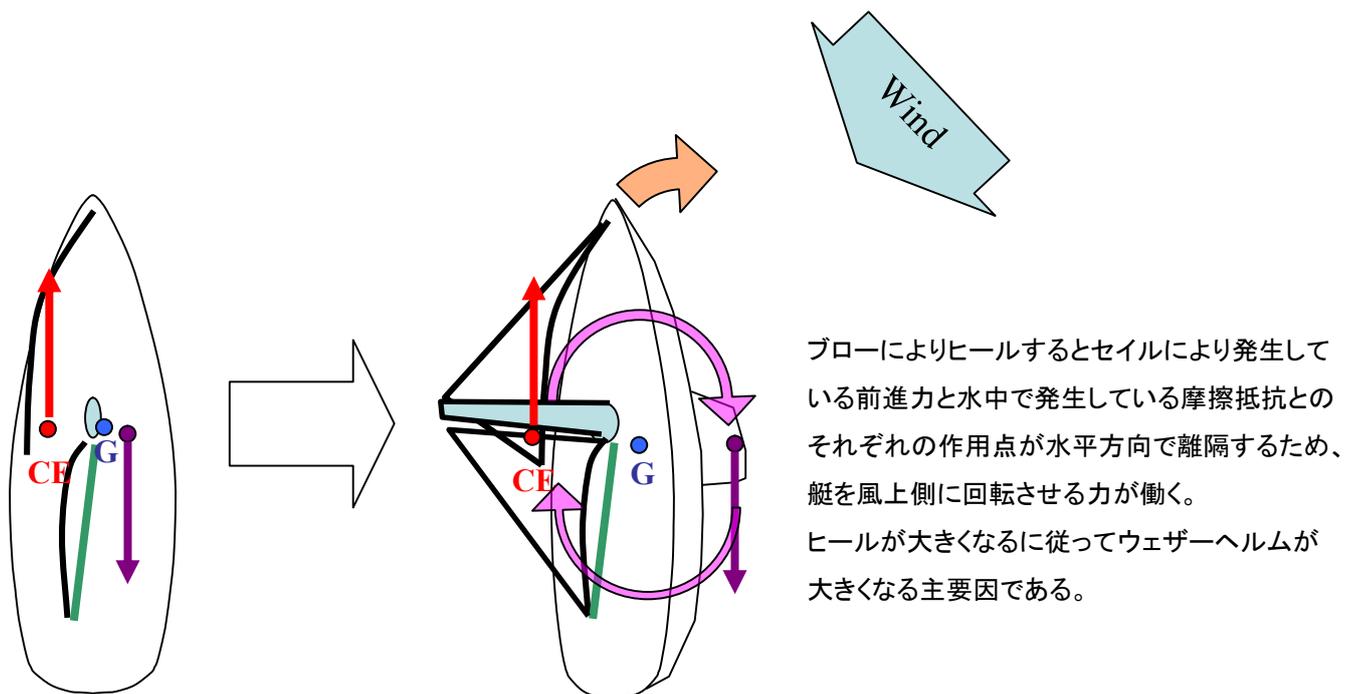
ヒール、前後トリム、セールトリム、キール(センターボード)の位置、ラダーの位置マストの位置、リギンのテンション、ハルのゆがみ、ラダー取り付け部のずれ、マストの曲がり、マストのねじれ、風の強さ、風のねじれ、波の向き、、、つまり、ヘルムがおかしい原因の推定は非常に難しい。

スターボでウェザーが、ポートでリーが掛かるといってもラダー、キール、マストがくるっていることもあれば、風や波が原因であったりセールトリムの癖が原因だったりすることもある。

ヘルムがおかしいのは何とかする努力はするべきだが、極端にとらわれることもないように思われる。

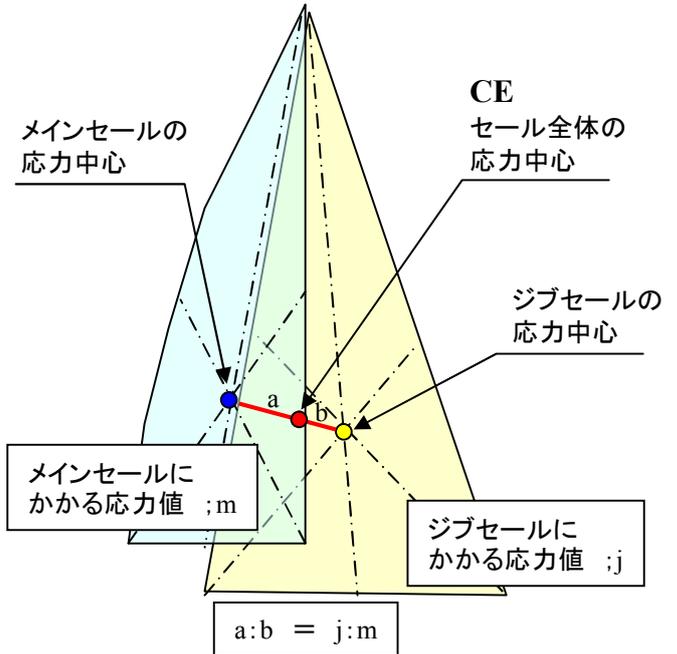
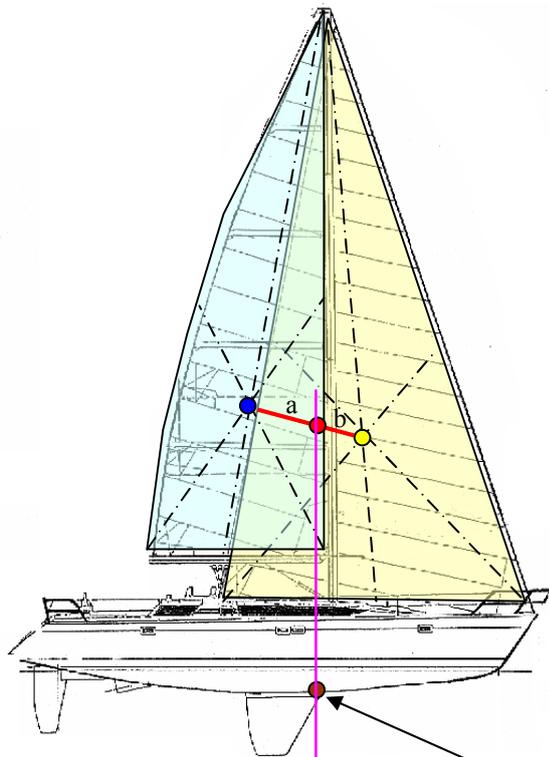
また、ヘルムがおかしい時に疑う順番は、ヒール、前後トリム、セールトリムなど変え易いものからということが基本であると思われる。

## ヒールとヘルム



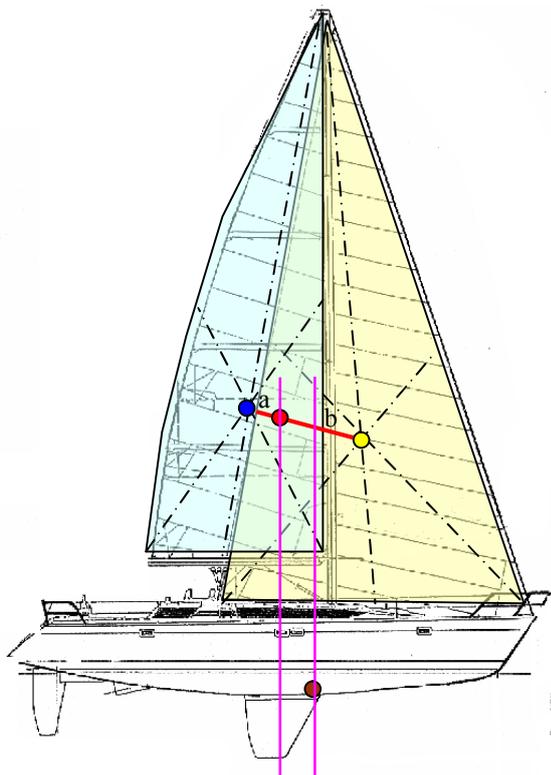
オーバーヒールでは帆走能力が低下するだけである。

セイルを適度の面積までリーフィングすることで、オーバーヒールを抑えることは、ウェザーヘルムを抑える有効な手段でもある。



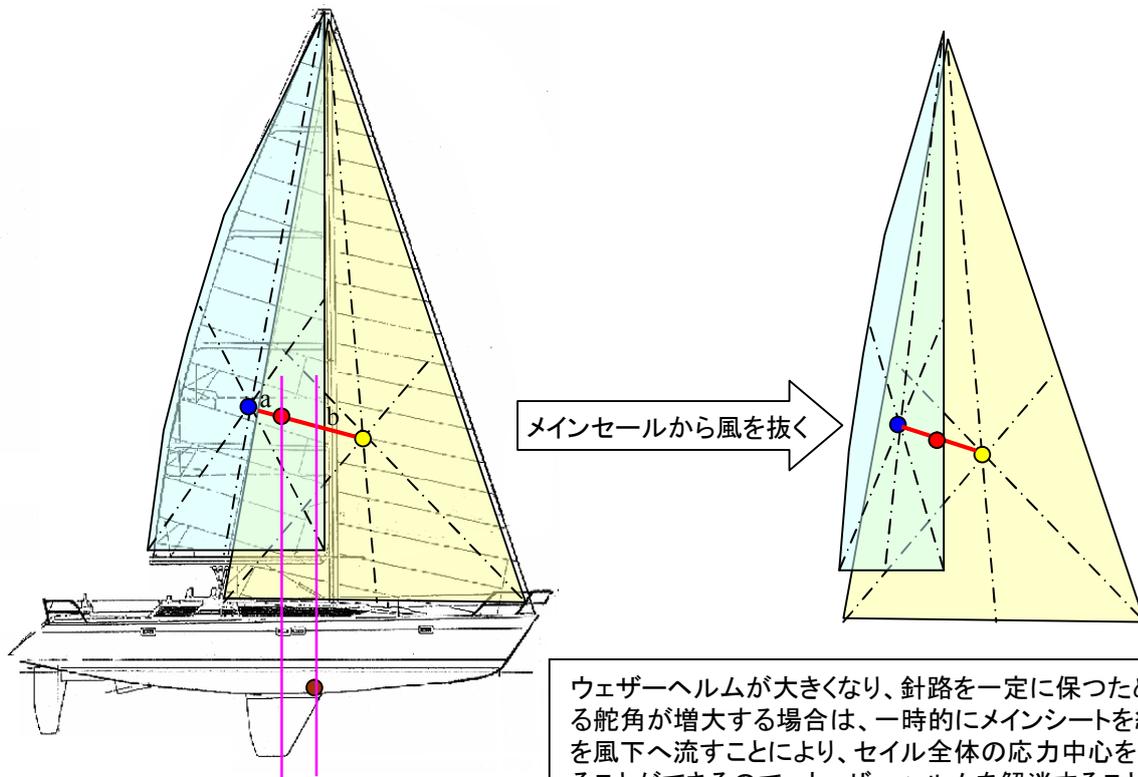
船体の応力中心とセイルの応力中心が一致しているとき、ヘルムはニュートラルになる。  
 (ウェザーヘルムもリーヘルムも発生しない)

船体の横方向への  
 応力中心

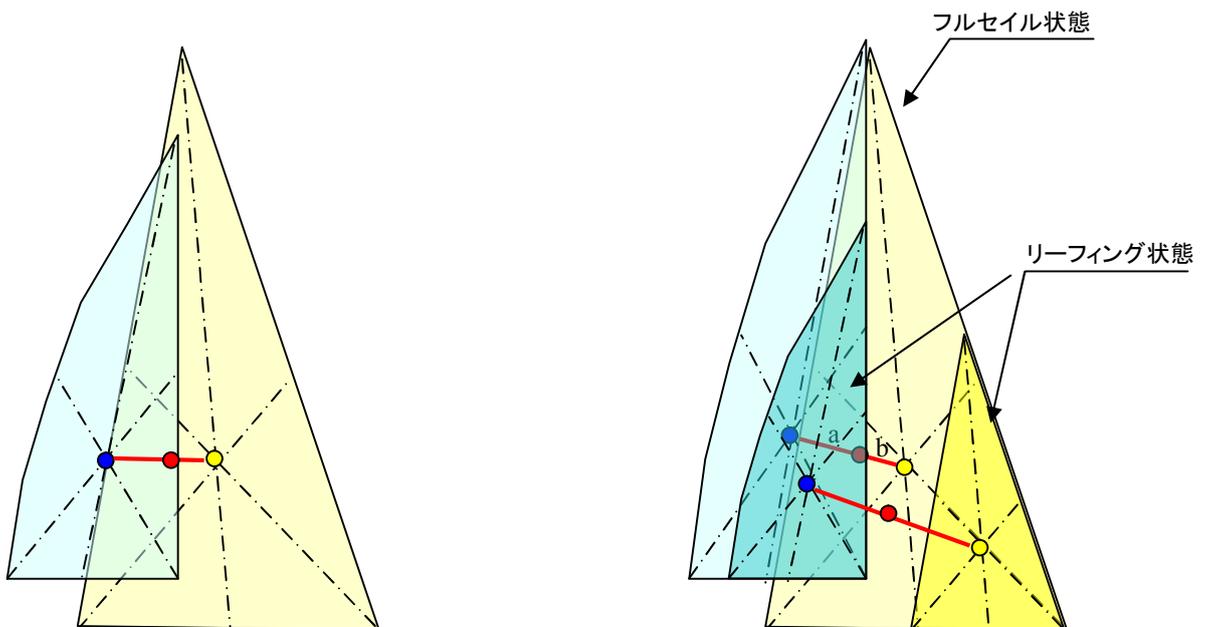


一般的な傾向として、艇は若干のウェザーヘルムでトリムされることが多い。  
 また、風が強くなるとメインセールで発生する応力がより増大するので、セイルの応力中心は後方へ下がってくる。さらには、ヒールが大きくなるほどにセイルの応力中心は後へ下がる。  
 艇を安定して走らせるためには、できるだけニュートラルに近い位置でセールトリムすることが重要である。

リーヘルムとは、ウェザーヘルムの反対の原因による反対の現象であるが、経験的にはほとんど発生することはないため、ウェザーヘルムの発生のプロセスを理解することで対処できる。



ウェザーヘルムが大きくなり、針路を一定に保つために使用する舵角が増大する場合は、一時的にメインシートを緩めブームを風下へ流すことにより、セール全体の応力中心を前に移動することができるので、ウェザーヘルムを解消することができる。



風力が増してくると、セールに発生する応力は増大しながら後方へ移動してくるので、メインセールをリーフして面積を小さくすることにより、応力中心を前方に移動させるとともに、下方へも下がってくるので、船体のオーバーヒールも抑えられる。

メインセール及びジブセールをさらにリーフしていくことで応力中心を適宜の位置に維持することができるのと同時に低く保てるので、強風下の帆走時のヒールを押さえることが可能となる。

航空工学のエンジニアの知識まで必要無いとしても、艇の帆走性能を最大限に引出そうと思うなら、セールとその周りの空気の流れについて知っておかなければならないいくつかの基本的事項がある。

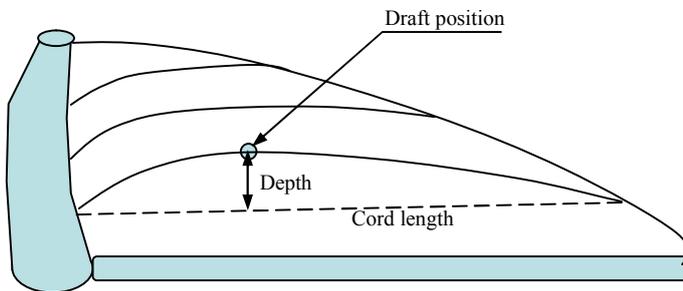
## セールの理解

### セール・シェイプ

セールは単純でフラットな三角形の布というのではなく、合成樹脂加工したダクロンでできたセール生地をいくつかのパネル状に縫い合わせて、作製されている。

セクション・シェイプは以下の要素によって定義される。

- \* Depth (デプス): セールの一番深い部分から cord(コード=一定の高さのラフとリーチを結ぶ直線)までの距離。
- \* Cord length(コードレングス): ある特定の高さにおけるラフとリーチの水平距離。
- \* Camber(キャンバー): デプスとコードの比率。
- \* Draft position(ドラフト・ポジション): セールの一番深い位置。
- \* Angle of attack(アタック・アングル): ラフの丸み具合 (右図)
- \* Twist(ツイスト): セール上部のコード・アングルの歪曲(ねじれ)。

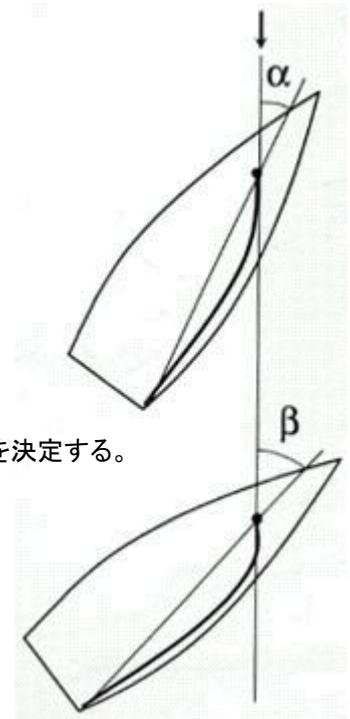


セクション・シェイプ

ラフの丸み具合がアタック・アングルを決定する。

上) 小さなアタック・アングル

下) 大きなアタック・アングル



## セールのはたらき

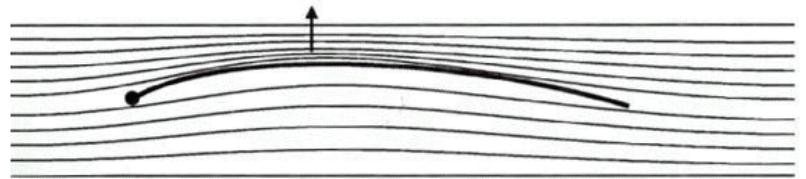
セール面での屈曲のために、風下側の空気は風上側の空気よりも同じ時間で非常に長い距離を流れる(図2-3)。つまり風下側の空気の流れが速いわけで、そのため圧力が下がり(ベルヌーイの法則)、セールはその揚力で風下側に吸い込まれることになる。

生み出される揚力の効果は、風下側の空気の流れがどのくらいまで高速化できるか、そしてセールの風下面を空気がどれだけうまく流れているかによる。左図のように、空気の流れはブレイク・ポイントの後ろで剥離(注: 空気の流れはセールに張り付いていることがベストだが、これが途中でセールから離れてしまうこと)する傾向がある。

多少の剥離はセールがリーチに向かうにつれて仕方ないものであるが、ブレイク・ポイントがラフの方に向けて移動してくることは避けたい。そのためには、セールを深くしすぎないことが必要で、特に軽風の時に注意が必要だ。さらに重要なのはメインシートを引き込み過ぎないことだ。

セールを引き込み過ぎる(オーバースーティング)と空気の流れが早く剥離してしまうばかりか、セールがストール(失速)してしまう。空気の流れがラフからリーチにかけて剥離するときストールする。このような場合、風下側のテールが下がる。ストールは著しく揚力を損なうことになる。これとは逆にセールを大きく外に出し過ぎるとセールがシバーし始める。両方とも避けなければならないが、ストールはシバーよりも始末が悪い。セールがシバーした場合、セールを引き込むことによって即座にスピードは回復する。一方、セールがストールしてしまった場合、セールを緩めたとしてもボートのスピードを回復するのにかなりの時間がかかる。

オーバースーティング(セールの引き込み過ぎ)がスピードを遅くする理由はもう一つある。セールが生み出す揚力(L)はブームに対しておおむね垂直である。Lはボートの前進力(f)と、ボートをヒールさせ、また横流れを引き起こす横向き力(s)に分解することができる。セールを引き込み過ぎるとfが小さくなる分sが増加する。裏風が入っている(ラフイングしている)セールの場合、Lの多少の減少はfの増加で部分的に補填されているが、これはLがブームと一緒に前方に回っているからである。このため、オーバーパワーになった場合にセールを緩める。

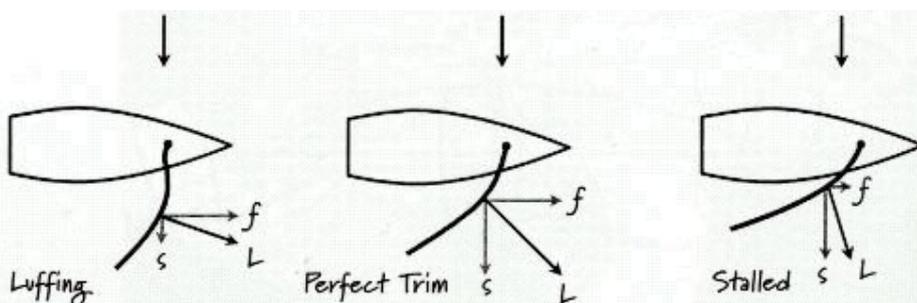
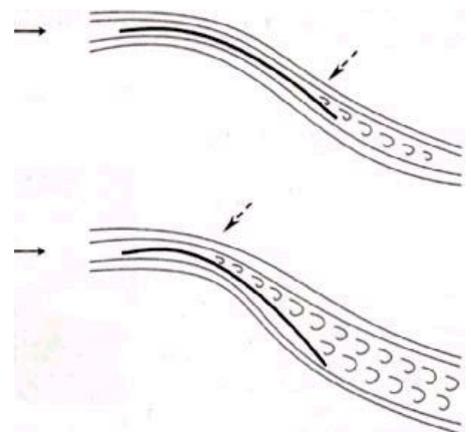


風下の高速で流れる空気の流れ(狭い間隔の流線)が揚力(lift)を発生させる

## ブレイク・ポイント(破線矢印)

上) 最適なセクション・シェイプとアタック・アングルでは風の流れの剥離は最少になる。

下) 過剰なフルセールでは過大なアタック・アングルとなり、剥離が早く(より前で)起こる。

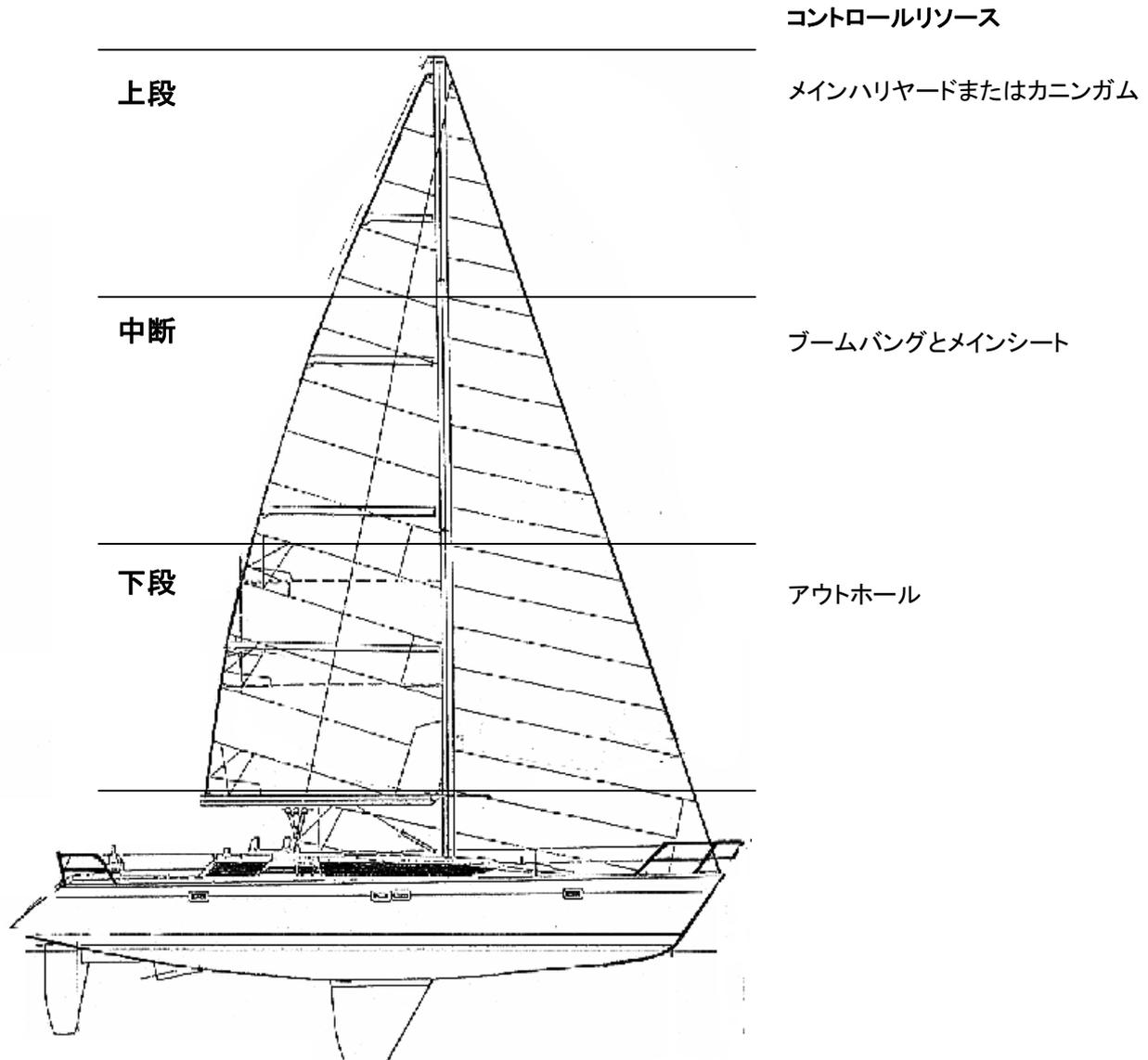


リフト・フォースの解析 L=リフト、f=前進・推進力、s=横滑り・ヒールを起こす力

## セールシェイプのコントロール

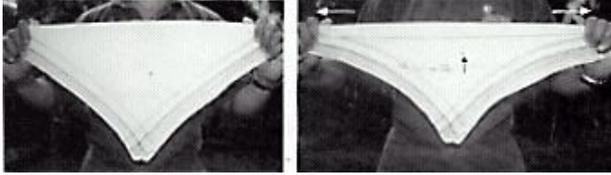
話を簡単にするために、セイルを上段・中断・下段に三等分してメインセイルを中心に考える。

各種のコントロールリソースとメインシートは、このセイルのそれぞれの3分の1の部分をパワーアップさせたりパワーダウンさせている。



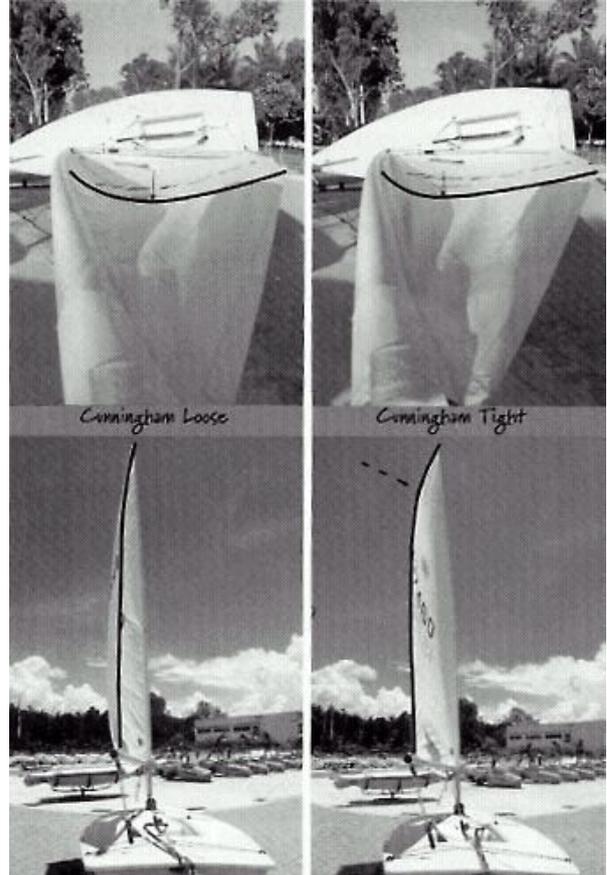
## 上段部分のセールシェイプのコントロール

### メインハリヤードまたはカニングガム



布のバイアス(織り目と交差する方向)の角度に加重すると、折り目は加重の方向になり、布は折り目の方に引き寄せられる(ハンカチの上のマークは上に移動する)

上写真のようにハンカチの端と端を折り返して、両端を引っ張って持つ。そして両端を横に引っ張り、しわがどうなるか、そしてハンカチの真中が折り目に向かってどのように引っ張られるかを見てみよう。これと同様に、カニングガムが引っ張られると、セール生地はラフに向かって引っ張られ、ドラフトを前に持ってくる(右写真上段)。これによりアタック角度(風に対するセールの角度)が大きくなり(つまりエントリーがより丸くなる)セールはストールしにくくなり、ポインティング・アングル(上り角度)はより低くなる。セールのツイスト(ねじれ)に対しメインハリヤードまたはカニングガムが果たす役割が大きい。メインハリヤードまたはカニングガムを強く引くと、セールのツイスト(ねじれ)が増し、リーチが開く(右写真下段)。このことでセールの上3分の1部分から空気がもれ出し、効率的にリグのパワーダウンができる。



写真は「レザー」から引用

### ・アップウインド

軽風の場合、セールはパワーアップが必要なのでカニングガムのテンションはほとんど必要ない。よい目安のひとつとして、大きなしわを取り除き“スピードクリース”と呼ばれる小さなしわを残す程度にカニングガムを引けばよい。

オーバーヒールに気味になるようなときは、セールの上3分の1は傾斜力(ヒーリング・モーメント)が最も高いので、まず最初にその部分から力を逃がす必要がある。この場合カニングガムを強く引く。

### ・オフウインド(ダウンウインド)

クローズ・ホールド以外でのセイリングでは、カニングガムはいつも十分に緩めておくと考えてよい。

例外はオーバーパワー状態でのリーチングである。

中段部分のセールシェイプのコントロール

## ブームバングとメインシートのテンション

マストベンド(屈曲)とリーチのテンションは、バックステーとバングとメインシートのテンションによって決まる。

Comfortの場合マストはさほどベンドしないが、それでも重要な要素であることはいなめない。

アップウインドではバックステーとバングとメインシートがリーチのテンションとマストベンドをコントロールするが、オフウインドの場合はバックステーを緩めてマストベンドをコントロールすることになる。

バックステーを詰めたりバングまたはメインシートにテンションがかかるとマスト、特にその中央部分が曲がる。このことによりセイルの中央がフラットになる(つまりキャンバー《彎曲》が下がる)。風力が強まるにしたがって、一般的にはセイルの上部3分の1を最初にパワーダウンさせ、その次に中央の3分の1部分をパワーダウンさせていくことになる。

### ・アップウインド

中風の時には、メインシートのテンションをきつくし、リーチが真直ぐになるようにする。バングのテンションは必要ない。最適なメインシートのテンションは、中央3分の1からのパワーがどの位欲しいかによる。

### ・リーチング

リーチやランの時、メインシートのテンションとバングテンションの合成力がベンドコントロールの手段となる。

リーチングに入る前、クローズ・ホールドで上マークへのアプローチの間にバックステーおよびバングのテンションをセットするのが一番よい。中風の時はメインシートを緩め、それからバングを緩めてたるみがないようにクリートする。上マークを回航しリーチングに入ったらブームは水平より少し高く、そしてマストは相対的に垂直にする。

非常に軽風(漂うような)の時は空気の剥離防止のためにフラットなセイルが望ましいので、バングのテンションは強くなければならない。

これに対して、強風で波が大きい場合は、バングのテンションは緩くセットする。これによりブームが上がりリーチが開くのでセイルがパワーダウンする。

### ・ダウンウインド(下り)

ダウンウインドの時、バングは緩めていなければならない。マストを真直ぐまたはほとんど真直ぐにし、ブームを上位置させリーチを開かなければならない。

下段部分のセールシェイプのコントロール

## アウトホール

アウトホールの作用は最も理解しやすい。つまりコード(ラフとリーチの距離)を長くするのだ。これによってセイルの下3分の1部分のキャンバーをフラットにしたり減少させることができる。セイルの下3分の1は、最小のヒーリング・モーメントで多くの推進力を生じさせるので、風が上がってきた時も一番最後にパワーダウンさせる。

アウトホールを緩めすぎてキャンバーを深くとりすぎると空気流の剥離が過度になってしまうことがある。アウトホールをリリースして深いフットを作る場合は波がある時、風の強さの変動が大きい時に適している。

## ・アップウインド

非常に弱い風の時、セイルのブレイク・ポイントが前に移動してしまいやすいので、アウトホールをやや詰めてキャンバーの深さを浅めにしてやる。強風の時にもアウトホールを十分に詰めてセイルをフラットにし、推進力には最小の妥協をしながら波に立ち向かう。さらに強風になったら、カニンガムをいっぱい引き、バングのテンションをかけ、セイルのフットをさらにフラットに、また必要ならば完全にフラットにしてもよい。

## ・オフウインド

リーチングや下りの時、フットの深さは風の強さに関わらず十分に深くすべきである。ただし、オーバーパワーの時には考える必要はない。これに対する例外は強風時のタイトリーチの時、まだヒーリング・モーメントはかなり強い。このような場合、アップウインドと同じセッティングでよい。

## セールシェイプのコントロール

### セールの深さ

微風時は、セールの風下側で剥離が起こりやすくなるのでセールを浅くして風を流れやすくする必要がある。風が強くなるに従って剥離は起こりにくくなるため、より大きな揚力を得るためにセールを深くしていく。しかし限界を超えると、オーバーヒールするばかりでセールをはらませられなくなるので、再びセールを浅くして効率よく揚力を得るようにしなければならない。セールは、マストが曲がることにより浅くなり、リーチが開きやすくなる。

### リーチの形状

微風時は、セールの風下側で剥離が起こりやすくなる。その中でもリーチ付近はさらに起こりやすいので、リーチを風下に出す、つまり開かせて剥離させないようにする。風が強くなるに従って剥離は起こりにくくなるため、推力をロスしないためにリーチを閉じさせる。しかし限界を超えると、オーバーヒールするばかりでセールがはらませられなくなるので、再びリーチを開かせて効率よく揚力を得るようにしなければならない。

### ドラフトの位置

ドラフトの位置によりC.E.の位置が変化する。ヘルムが発生することでまっすぐ走りづらくなる。一般的に風が強くなるのに従ってドラフトは後方へ移動する。カニングガムやジブタックなどを引くことでキャンセルする。

| ジブセールのコントロールリソース |      |              |
|------------------|------|--------------|
| ジブシート            | 引く   | リーチが閉じる      |
|                  |      | セールが浅くなる     |
| ジブタック            | 引く   | ドラフトが前へ移動する  |
|                  |      | セールが浅くなる     |
| ジブシート<br>リーダー    | 前にする | リーチが閉じる      |
|                  |      | セールが深くなる     |
|                  |      | ドラフトが前へ移動する  |
|                  | 後にする | リーチが開く       |
|                  |      | セールが浅くなる     |
|                  |      | ドラフトが後ろへ移動する |

| メインセールのコントロールリソース |     |             |
|-------------------|-----|-------------|
| メインシート            | 引く  | リーチが閉じる     |
|                   |     | セールが浅くなる    |
| カニングガム            | 引く  | ドラフトが前へ移動する |
|                   |     | セールが浅くなる    |
| バング               | 引く  | リーチが閉じる     |
|                   |     | セールが深くなる    |
|                   |     | ドラフトが前へ移動する |
| アウトホール            | 引く  | セールが浅くなる    |
|                   | 緩める | セールが深くなる    |

### ジブセールの役割

メインセールだけでも走ることはできるが、それではなぜジブセールが付いているのか？

ジブセールは確かにそれ自身でも揚力を発生している。しかしジブセールの主な役割は、メインセールの風下側の風の流れを加速することにある。帆走理論では、揚力は圧力差によって発生する。

流れが加速されることで、より大きな圧力差が生じる。つまり、より大きな揚力を発生することとなる。