

### 6.1.6 ハードチャイン (Hard Chine) 船型の平振り外板の展開

図 2.6.17 のような滑走艇の Fr 線は、直線に近い構成である。

船側の振りの少ない部分は図 2.6.18 に示すように、板中央部をマカネ送りする。

Chine 部は、柱面に巻付いたと捉えて、図 2.6.19 のように、STR (Stringer) の展開に用いた基線法を適用する。

その他の振りの大きい部分は、X 型両タスキ掛けで、補正しながら送る展開となる。

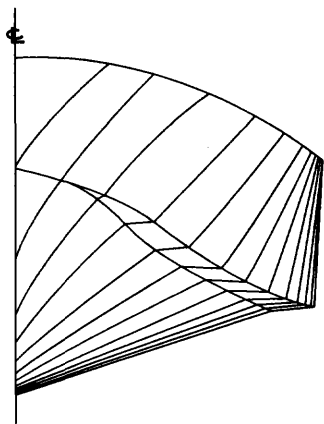


図2.6.17

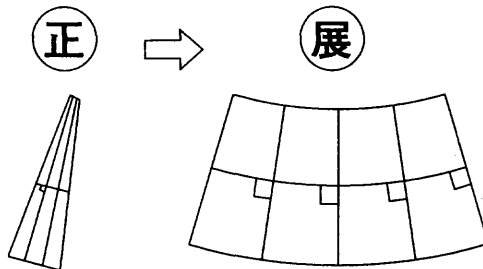


図2.6.18

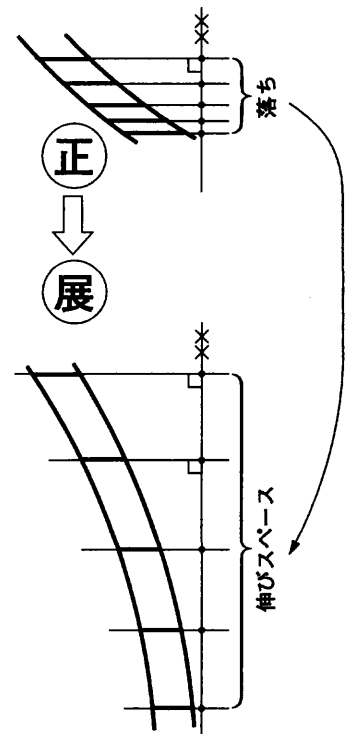


図2.6.19

### 6.1.7 平面部を含む曲り外板の展開

Tank Top Margin 線の展開で、T.TOP の KL にマカネを掛けて (図 2.6.15) 展開した。船底の平板から Bilge の曲りに入る外板のような場合は、曲り部を Margin 線と見做した要領の展開をする。図 2.6.15 で平板相互の境である KL 線の代わりに、平面と曲面の境である Tangency Line (T.L.) を用いて、図 2.6.20 のようにマカネを掛けるのである。Margin 線が曲面になり、逆に上に曲ったと見做せばよい。

手順は：

- ① 正面を平面に移す。
- ② 平面の U シーム Fr 線端点を通るマカネを掛け、そのマカネ線上に正面から拾った

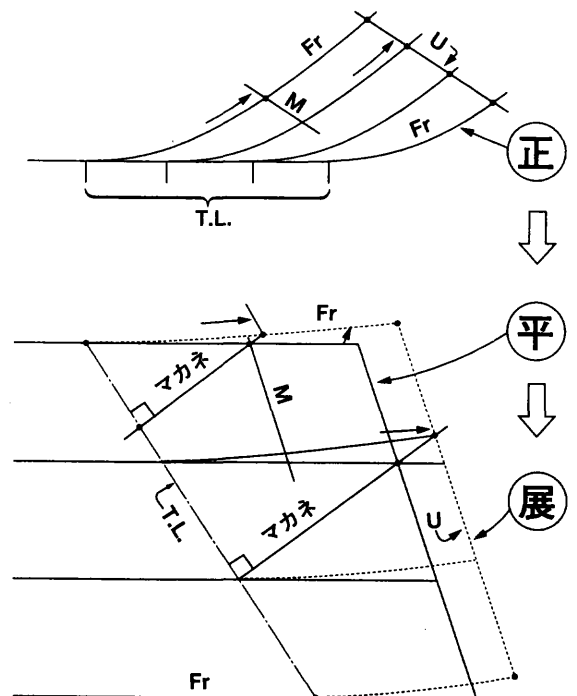


図2.6.20

Fr 線ガス実長の端点を移すと、それが展開となる。このとき展開面Fr 線は、平板部での直線にT.L.で接する曲線に描かねばならない。この展開Fr 曲線を、より細かく決めるには、中線 (M) を設け、M線のFr 線交点をやはりマカネで移す。

③ この作業を各Fr で求めて得られた上端シーム (U) を連ねれば、これが展開形状となる。

このやり方は図2.6.21に示すように、あたかもローラーに板端を巻き込んだ形の、その逆を求める感じなので「ロール展開」と称している。

展開手順で見たように、各Fr にマカネを掛けて求めたUシームは、その展開面長が、正面Uシームの落ちから求めた実長と合うとは限らない。特にT.L.の曲り量が大きいと、この差は大きく、曲り板部の非可展度が大きくても、同じく大きくなる。一般に展開長の方が実長より長く (図2.6.22)、その差 ( $\delta$ ) 分だけ撓鉄で焼縮める必要のあることを意味する。

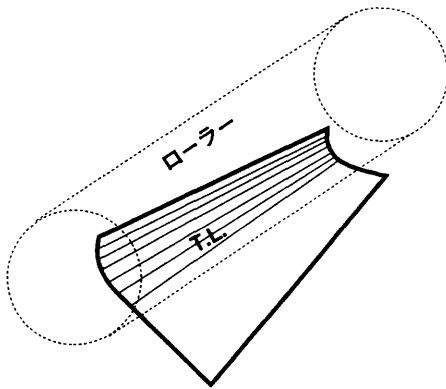


図2.6.21

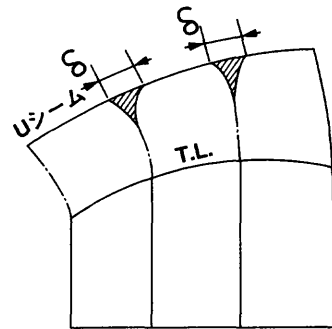


図2.6.22

だが普通の場合、T.L.の曲りは小さくて直線に近く、曲り形状も各Fr で類似していれば、図2.6.21のローラー加工に見るように柱面展開に近いので図2.6.23Aのように：

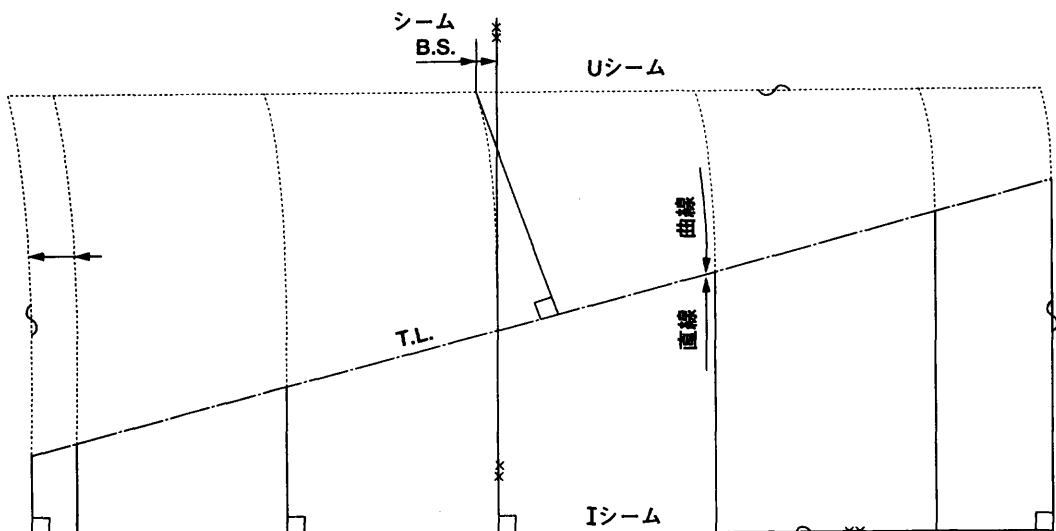


図2.6.23A

① 板長の中間に近いFrを基線に選び、そこだけマカネでUシーム位置を決める。このとき平板部Fr線の延長から、UシームFr端点の外れ量寸法を、シーム・バックセット (B.S.) と呼ぶことがある。このシームB.S.は一般曲面展開での「転び」とは異なる意味のものである。

② 基線Frの展開を押えて、各Fr線実長とUシーム実長で追って、展開を求めることにしてよい。

ここで注意しておきたいのは、同じ曲り形状でも平面部が図2.6.23Bのように狭い場合である。このようなシームは曲げ加工の必要な板を減らすためによく採用される。これはもう平板部を含む外板とは扱わず、つまりロール展開とはせず、主体となる曲面部を捉えた展開法を適用したい。

ここで平面と曲面のいずれも含む外板の展開判断を示す(図2.6.24)。

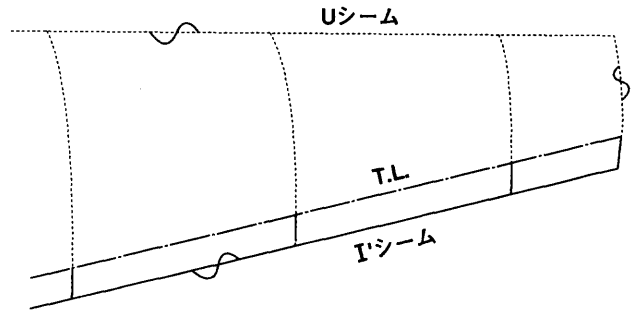


図2.6.23B

① 曲面が周縁2辺しか持たない場合：

すでに曲面部はT.L.と合わせて三角形を形作るから、マカネとか基線とか不要で、Fr線やシーム・バットの实長だけで展開が追える。便宜上これもロール展開とする。

② T.L.が板の両シームに行当たっている場合 (平・曲両面とも周縁が3辺)：

T.L.から押えられる範囲はロール展開しての展開に残曲面部のタスキ展開を付加する。または次の場合と同じ方法とする。

③ 平面が周辺2辺しか持たない場合：

曲面部のみに、次項及び以下で説明する一般外板展開法を適用し、その展開に平板部を付加する。または平板部は押えることにして、全体をそれら外板展開の手法による。

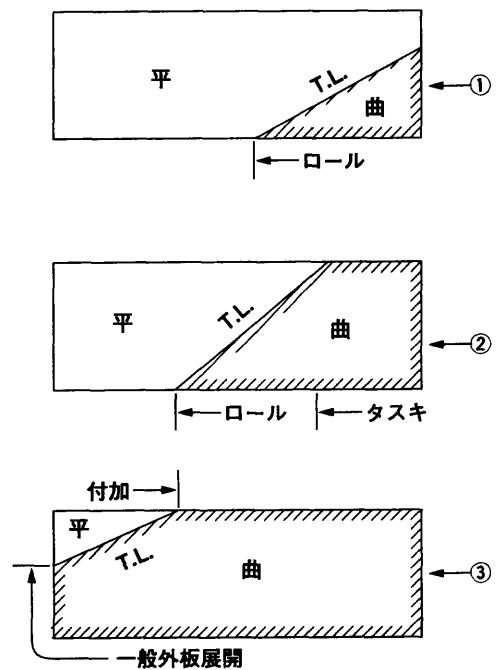


図2.6.24

この判断はあくまで参考である。実際にはその具体的な形状と、どちらのシームが、先に板継ぎされるブロック内継手か、伸しが含まれていてあと仕上げられるか、により決めるべきである。

繰返して強調するが、船体外板曲面はすべてと言ってよく非可展面で、非可展の展開は近似にすぎない。

展開法によって、その近似の傾向は異なり、隣接する板が同一展開法なら相殺に働き、異なる展開なら近似の矛盾が出易い。

後工程の精度保持の実状も考え合わせる必要がある。

## 6.2 基線法

展開面上に直線を置き、その線を基準として、実長を追う展開法で、詳しくは基準線法 (Base Line Method) と言ひ、多くの類型がある。この方法に共通する利点は、これまで説明したタスキやマカネの方法が、現図上で展開図形を求めねばならないのに対して、現図では実長関係だけ求めておけば、その現寸で取材時に展開が行えることにある。

### 6.2.1 基線展開の基本

図2.6.25は、3 Fr よりなる外板曲面の正面線図である。

基線の立て方：

- ① 中央のFr線を基準にすることとし、その上下端を直線で結ぶ。

展開の原理に、実長の見える線に垂線を立てれば、その垂線は展開面でも、実長の見える線に直交する、とあるが、正面Fr線は曲線であり、曲線への垂線は作画上定め難い。

そこでこのFr線弧の代りに弦を垂線の対象に用いるためである。

- ② その弦のほぼ中央に垂線を立て、これを展開基準に決める。

この状況を空間見取図 (図2.6.26) に示す。

基準Fr線 (弧) とその弦は、基準Fr面に含まれ、展開基準は、このFr面に直交する面 (基線面) に含まれる。

この基線面上で基線は曲線であるが、正面での前後Frの「落ち」に大きな差がなければ、曲り量は僅かで、この展開したい曲面の四つ角を、同一平面上になるように押下げて拵げると、得られた形状は展開形状であり、そのとき基線は基線面上を動いて、同じ実長の直線になる……と推論するのである。

この拵拵げて展開したとき、基準Frはどうなるか、基準Fr面と展開基準は斜交しており、Fr線の両端点は、拵拵げによりそれまで載っていた基準Fr面を離れ、展開平面上に落ちる。正面Fr線の弧 (曲線) は実長を同じくしながら、展開平面上に移るが、Fr端点間の距離は拵

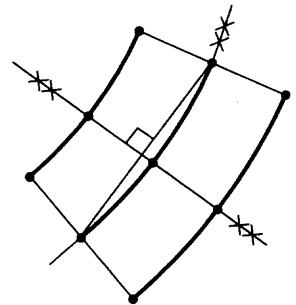


図2.6.25

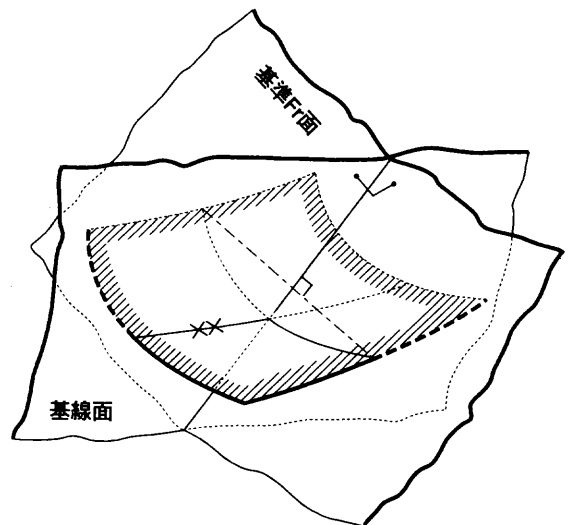


図2.6.26

がるから、弧の曲り量は正面の曲り量より減るはずである……こう推理できる。

そこで次に、この基準Fr線の展開を検討しよう。

まず基線を垂直に立てるため設けたFr線端点間直線を含み、展開基線に直交する面を考え(図2.6.27)、これを仮Fr面としよう。

この仮Fr面と、これから展開する外板曲面との交線が、仮Fr線で、ちょうど柱面をロールラインに垂直に切った断面線であるから、展開面では直線となり、かつ展開基線と直交することになる。

この仮Fr線を展開に使わない手はない。

展開平面で、直交十文字直線となる展開基線を併せ用いれば、あとは実長関係を追うことで曲り外板展開は成立する。

ここで、「仮」という形容詞を用いたので、本来の正面Frを対比するため「正」を付けて区別し、図2.6.27図示のようにすれば、バックセット(B.S.)は仮Frと正Frとの展開基線上の距離を意味する。また展開基線を立てるのに用いた基準Frの弦は、正Fr面と仮Fr面の交線となる。

この正×仮交線と正Fr線の、正面基線上の距離(m)同じく次Fr線との「落ち」(h)、とすれば(図2.6.28)、その寸法の関係は、図2.6.26に示した基線面を描くことで示せる。これが図2.6.29の上図である。この図で、ハッチ(//)した二つの直角三角形は相似であるから、基線実長を作画するとき、即副産物として求まるが、この寸法式を所要Frスペースごとに一括計算しておいて、「バックセット図表」(図2.6.29の下図)にしておけば、場合によっては便利かもしれない。

### 6.2.2 基線(直線)展開法

以上3Fr線間という狭い範囲で、展開基線を展開

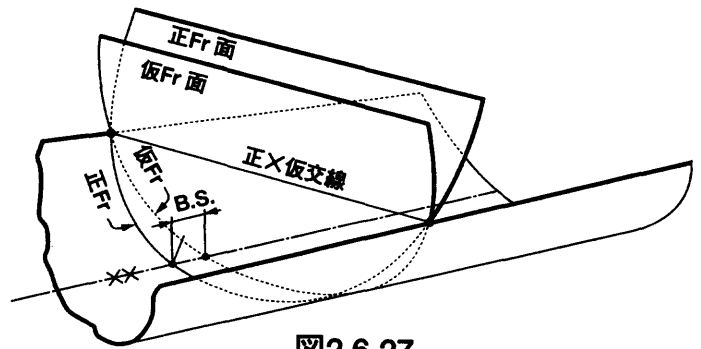


図2.6.27

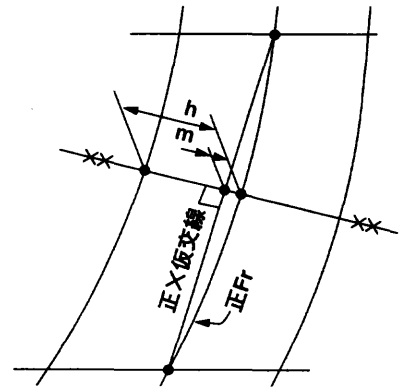
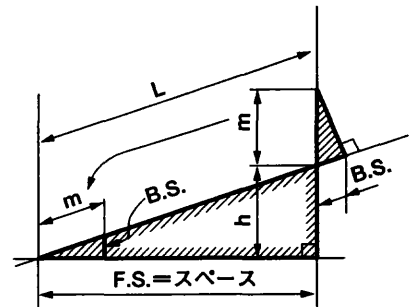


図2.6.28



$$B.S. = h \cdot m / L$$

寸法の関係



図表

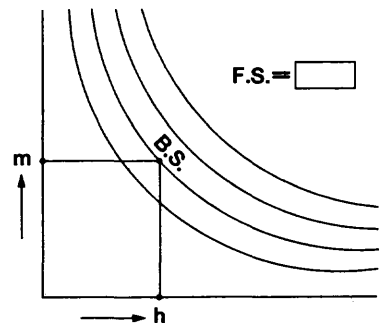


図2.6.29

面で直線と置き、基準Frの展開の基本を説明したが、これを無理に広い範囲に拡張して適用するのが、世上一般に行われている基線展開法である。

図2.6.30にその要領を示す。

作業手順は：

- ① 正面にて各Fr線（長さ方向接手：バットもFr面と平行な面上にあれば、含む）の実長（ガス）を、基線位置も目盛りながら拾う。次に同じく正面で、シーム・基線のFr位置を目盛りながら「落ち」を拾い、Frスペース上にその「落ち」を印して、その点を長さ方向に連ねることで、それぞれの実長を得る。

基線実長を拾うとき、基準FrでのB.S.を目盛っておく。

- ② 展開は素材上で行う。

バット両端の幅と基準Fr幅で、

展開が素材をはみ出さないように、基線位置を決め、直線に打つ。

基線直線上に基準FrとB.S.を押え、両端に向かってFr実長を写す。

基準Frに仮Fr線を立て、正Fr線を描いて、シームの基点が決まる。

あとはその基点から長さ実長をスタート、幅は基線上の位置を押えて、幅×長さ、幅×長さ……のように実長を追ってゆき、バット位置に至れば、展開の出来上りである。

正Fr線は仮Fr線のどちら側に膨らむか、基本を省みればすぐ分かることだが、簡単には図2.6.31のように憶えておくといよい。すなわち、正面の膨れた方向に、展開も膨れるのである。図2.6.30の正面が船首側であれば、展開形状の右手が船首側である。船尾側なら、この逆で右手が船尾側となる。

また、この展開手順から分るように、バックセット「転び」が正しいのは、基準Fr位置だけであり、その基準点から離れるほど、狂いが大きくなる。展開幅そのものへの影響は少ないが、Fr線形状は、3点でしか押えずその1点も不確かということであり、承知しておきたい。

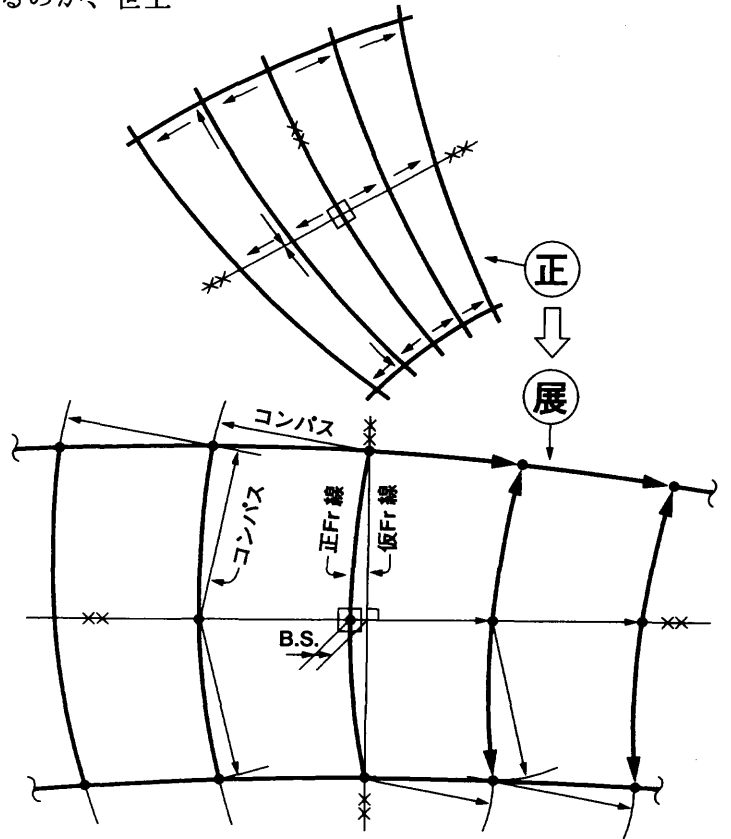


図2.6.30

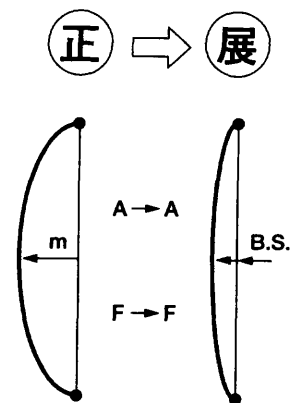


図2.6.31

### 6.2.3 近似測地線展開

基線展開法の基線が、基線を立てた外板の中央部分では正面でも展開面でも直線であるのはよいとしても、それをそのまま両端にまで延長するのは、かなり無理がある。

この無理を補正できないか。

曲面幾何学に測地線 (Geodesic) という用語があり、2地点間の曲面上の最短距離を通る線を意味する。であれば、曲面を展開すると、測地線は2点間を結ぶ直線になるはずである。

これを基線展開の成立つ狭い範囲 3 Fr で考えてみよう。

図 2.6.32 のように展開面上で基準 Fr の基点を通る、少し傾いた直線を描いてみる。

狭い範囲であるから、展開 Fr 線はほぼ平行であり、スペース伸びもほぼ等しいので、描いた直線を斜辺とする図の三角形 ( // で示す) の二つは、ほぼ合同となる。

合同とは三辺が相等しいことであるから、基準 Fr の前後 Fr における基線からのシフト量 (S) は等しいことになる。

この S 寸法を正面に戻すと、展開面で描いた直線は、正面では曲線になる。つまりこの曲線は外板曲面での測地線といえる。ただここまでの検討で、「ほぼ」を連発してきたから「近似測地線」としておく。

この理屈を基線展開の補正に利用しよう。

図 2.6.33 の上図は 5 本 Fr の外板正面であり、これに基線が掛けられている。

さて基準 Fr を含む中央 3 Fr 間は、これによしとして、そのまま中間の図のように取出しておく。

次には、この外板を基準 Fr 位置で左右に分割すると、それぞれが 3 Fr を持つ外板となる。そこでそれぞれの中央 Fr を基準として、かつ最初の基線位置の点を通るように、新しいマカネの基線を立てる。この左右分割した外板では、この新基線での展開は、旧基線の展開より正しい。そこで旧基準 Fr 上での新旧基線のシフト量 (S 又は S') を新基

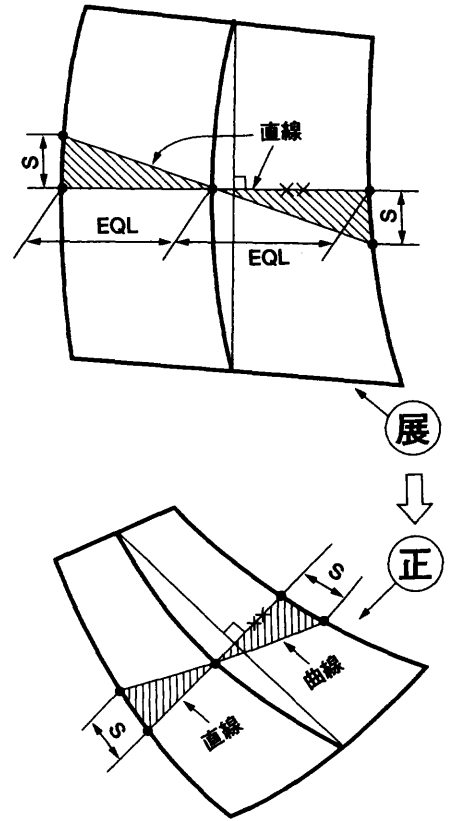


図2.6.32

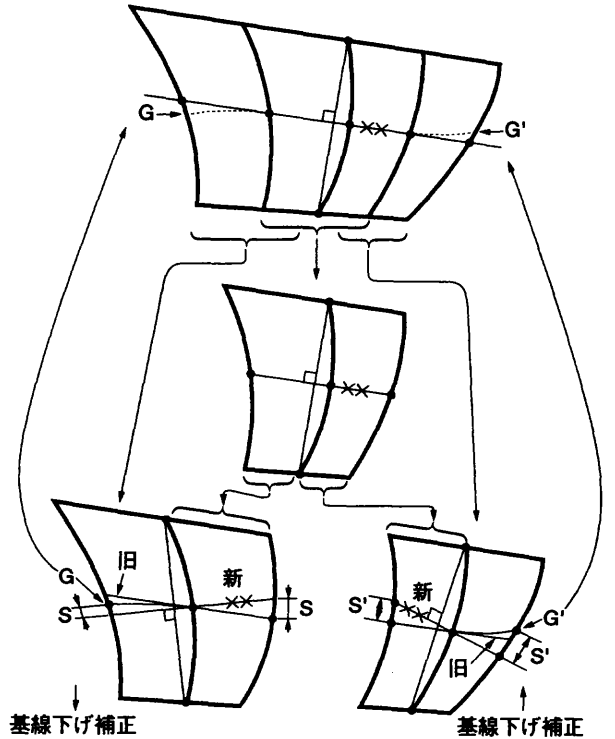


図2.6.33

準Fr より対象に振れば、近似測地線の点G（及びG'）が求まる。

これら3Frを持つ外板3枚を重ねて、元に戻そう（図2.6.33の上図）。GとG'が展開基線補正位置となる。

この原理での実際の近似測地線（Geodesic Line : G.L.）の求め方を図2.6.34に示す。

外板ほぼ中央に選んだ基準Frから振分けに、次のFrに基線点を通るマカネを掛けて、その次の基線点を求め、その次のFrはその前に求まった基線点をやはり押えてマカネを掛け、これを繰返してゆく。

この繰返して求まってゆく基線点を連ねると、これが近似測地線である。

この展開基線補正法は、三田村利武氏により発表され、近年の現図書物には洩れなく方法の記載がある。

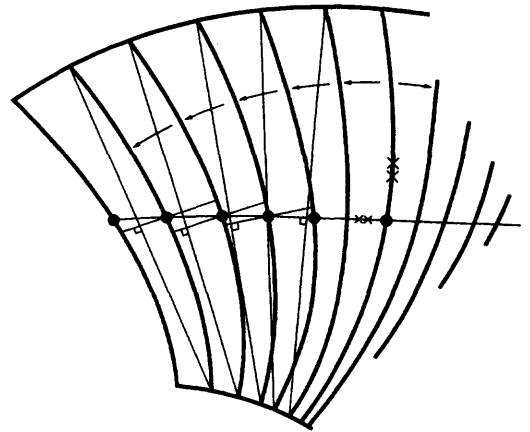


図2.6.34

一見複雑な方法に思えるが、理屈が解れば簡単なものである。3Frごとの基線展開を、Frを重ねながら追ってゆくにすぎない。

外板展開範囲でFrスペースが変わる所があれば、最初に説明した図2.6.32の三角形は合同にならず、相似となる。したがって、シフト量(S)を移すとき、比例按分が必要である。外板両端バット継手の所は、それを越えた次のFrまで基線点を追い、求めた近似測地線とバット線の交点を基準点とすればよい。

この近似測地線による展開の手順は、基線（直線）展開と同じで、相異点のみを簡略にして図2.6.35に示す。

基線（直線）展開の展開基線は、ここでは見透し線（Sight Line : S.L.）としての意味で残る。つまり基線（直線）展開の基線は展開基線と見透し線を兼ねていた、またはそれより、見透し線を展開基線にした、と解することができる。

近似測地線展開では展開基線と見透し線が分離し、

- 展開基線 = 近似測地線 (G.L.)
- G.L. ⇒ 正面で曲線 / 展開面で直線
- 見透し線 = 基準Fr (弦) への垂線 (S.L.)
- S.L. ⇒ 正面で直線 / 展開面で曲線

となる。

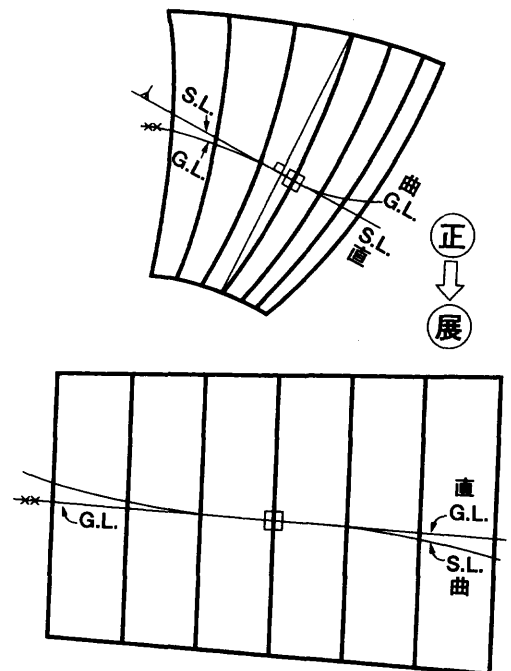


図2.6.35

正面でFr線にシームが斜交していて、基準Frと基線を立てる位置を工夫しても、展開が図



2.6.36略図に示すようになり、基線がシームに接近したり、はみ出したりする。

このとき基準Frより遠いFrでは転び（バックセット）がアヤシクなる以上に決まらなくなる。そんなときは「6.1.4 曲り外板タスキ展開」の図2.6.9で見たように、シームの中間に中線（M）を付加して展開の補助とする。

また近似測地線の基準点にマカネを掛けようにも、図2.6.36の上図のときは、Frの弧と弦の方向が異なったり、下図のように延長したFr位置になったりする。

こんなときも近似測地線が出せるように、Frの弦にマカネを掛けるのではなく、弧に掛ける方法が採用されることがある。

図2.6.37はその道具の例である。

この方が合理的であるが、つぎつぎに追う基線点に作画誤差が累積しやすい。

基線（直線）展開法と測地線展開の使い分けについてであるが、そもそも基線展開法とは測地線展開と考える方が明確である。たまたま展開の基線点が見透し線上に一致して並んだ場合が、基線（直線）展開法となったにすぎない。

測地線を出す作業は、現尺床にナイフで彫込みながら作画を追う精密さを必要とするし、もともと粗いフェアリングの正面線図なら、かえって基線（直線）展開の方が精度が良いとも言える。

造船工場の施工標準に「見透線と測地線の最大シフト量が、5mm以下なら直線基線展開とする」というのを見たことがあるが、そう簡単に割切れるか、どうか。

推奨したいのは、各船別にシフト量の記録を取り、正面構造線図と外板拡張図の上に残すことである。そして加うるに撓鉄施工者の加工直後の感想を訊き、また組立現場の板並べ板継ぎの実状を観察するようにしたい。一律な基準ではゆかないことが分るはずである。

### 6.3 切直し展開

近似測地線展開を含む広義の基線法は、現図作業が簡明で、素材にマーキングする時に実展開を行えばよいので、できるだけ広範に適用したい。

しかし図2.6.38に見るような船首尾部で

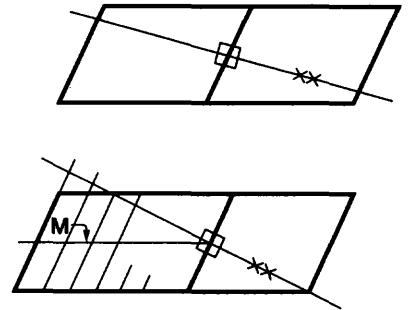


図2.6.36

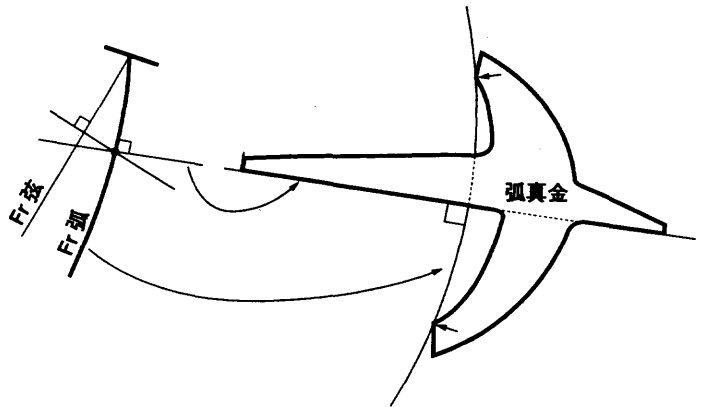


図2.6.37

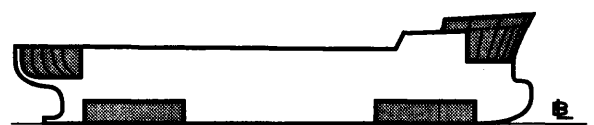


図2.6.38

は、正規の横断面Fr線を対象に適用するには問題がある。

① 外板面と正規Fr面との交叉角が大きく傾斜し、「落ち」が大きい部分は、基線法的前提である類似近接Fr線とするには原理的にムリがある。このような部位には構造上Cant Frame (カントフレーム)やBulwark (ブルワーク)ではStay (ステイ)が外板面に直交に近づくよう配置され、その配置断面を現尺平面より切出す必要が伴う(図2.6.39)。

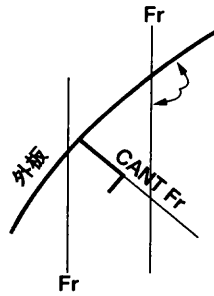


図2.6.39

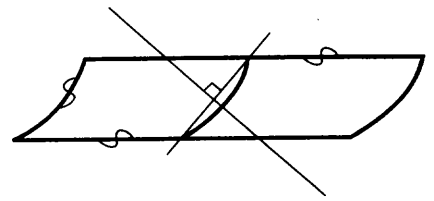


図2.6.40

② 外板の船底から船側への立上りでは、展開基線が板内からはみ出したり(図2.6.40)、船底面境界線(Bottom Tangency) B.T.を板一枚に収めて曲加工枚数を減らそうとすれば(図2.6.41)、ロール展開でも平面部が狭く原理的に不相当となる。

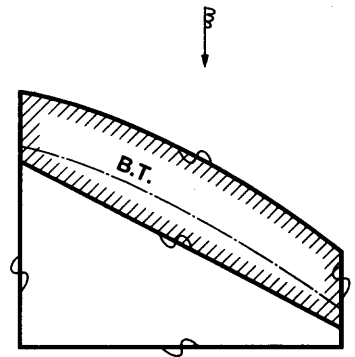
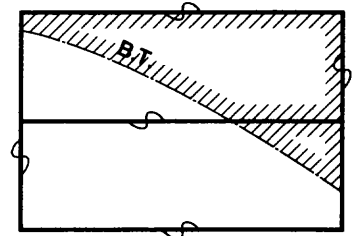


図2.6.41

このような場合は、外板曲面での「落ち」が最小となるような仮のFr線群を求めて、その仮Fr線を持つ正面図の上で基線法展開を適用する。

現尺線図では、この仮のFr面を船体水平(W.L.)面に垂直に決め、W.L.線群平面を切って仮Fr線群を作成する。この仮Frを立てること全般を「切直し」と言い、仮Frを切直しFrと称している。代表的な例として、巡洋艦型船尾(Cruiser Stern)で説明する。

図2.6.42はW.L.平面(⊕)であり、⊙の方向から船体を見たのが、正規の正面(⊕)であり図2.6.43の上側に示す。

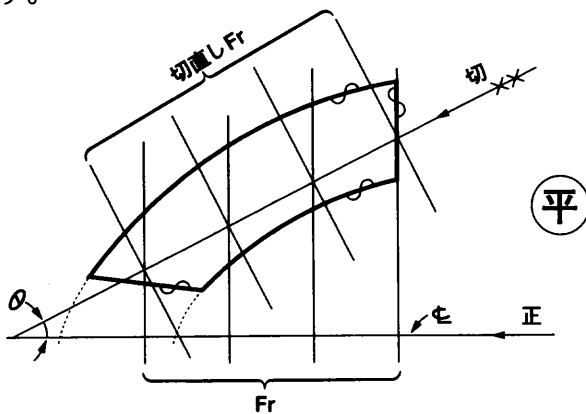


図2.6.42

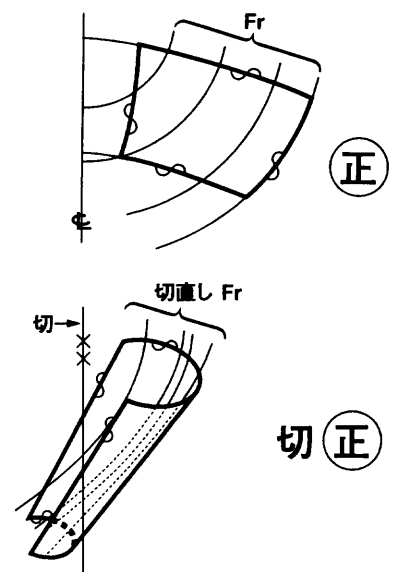


図2.6.43

この⊕を⊖に角θで見て仮Frを立てると図2.6.43の下側、仮Frの正面(切⊕)ができる。⊕と切⊕はFr位置が異なるので線群の形状は全く異なるが、ベースになる⊕のW.L.は全く同じである。このように平面を共通にし、W.L.を切直すことから、詳しくは「平面切直し」と定義している。一般に「切直し」平面は空間上にいろいろと設定でき、切直し基準線(面)、図示では切基線(面)と略示しているものを：

- ③ 撓鉄定盤に平行とすれば、曲げ型はすべて定盤面(地面)に対して垂直にセットでき、
- ④ 組立定盤に平行とすれば、曲げ外板を支持するピン治具が、切直しFrで表現される。

このことを数値現図では「座標変換」と総称しており、展開上の精度のみならず、加工組立に便利で確実な作業とすることができる。

作画現図でも、任意の切直しはできないことはないが、かなり面倒な手順が必要であり、錨巻揚の外板開孔部(Hawse Pipe/Bell Mouth)などの特殊な局部に適用が限られ、設計もその暗黙の前提からCant Fr, Stay, Sea Chestなどは、図面表現で一線となるように構造が決められている。

Panel Breaker やCarling といった小部材も、スパン最小、板付直角が強度的にも工作的にも最適であるが、そのような合理追求は数値現図によらないと現実的でない。作画現図は設計の自由な選択を阻害してきたことを、ついでに指摘しておこう。

また作画での切直し線図の作成は、展開よりその準備であり、より線図フェアリングに関連し、作業時期も内部構造設計以前に着手することから、「5.1.4 斜交する面材の展開」の説明で省略した相貫体の「構造現図」に併せて、別途の現尺線図の巻に譲ることにする。以下切直し線図があるとしての展開の説明である。

### 6.3.1 クルーザー・スターン (Cruiser Stern) の外板の展開

最近では客船などにしか見ることはなくなったが、切直し展開の諸要素を含んでいるので採り上げた。

図2.6.44は、その平面である。首端は正規Fr線に平行であり、尾端は中心板、かつては禰(フンドシ)板と呼ばれたが、現代は禰そのものが一般的でなくなったので、呼称が廃された、その板と接続する。図の外板からはButtとすべきだが、平面(図)でも直線(つまりW.L.

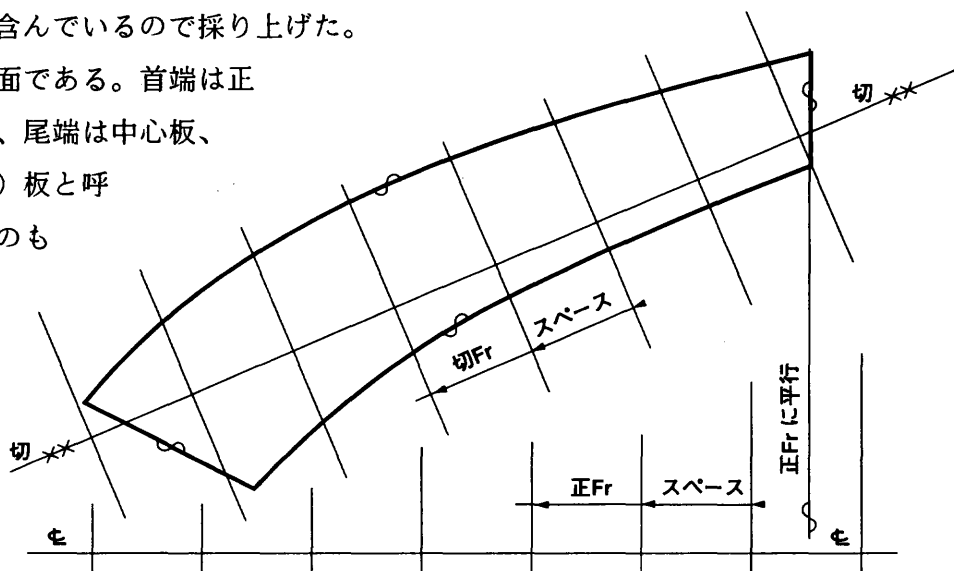


図2.6.44

に垂直な平面上)でないことから、中心板からはSeamと扱うのが妥当であろう。

切直し基線(面)は、ほぼ板の中央を通るように決める。そうすると切直し正面では板の中央部が凸出し、首尾部は重なる形状となる。

図2.6.45に展開基線の立て方を示す。図は分かり易いように凸端線が基線展開の基準となる中央(切直し)Frとし、首尾端線も実際は交叉するのだが、そうならない形で示してある。

要領は先に説明した基線法のとおりで、対象が正規Frから切直しFrに変わっただけであり、板に換れがあれば近似測地線を追うことになる。一般のやり方と同じく、1スペース外の切直しFrまで測地線を掛け、その板端線との交点が、板端における展開基線位置となる。

切直し正面(切⑤)の展開基線点の切基線からの距離だけW.L.面(⊕)に下して連ねれば、展開基線の⊕図が得られる(図2.6.45)。図は説明のため中央基準切直しFr(切中央Fr)まで結んで示してあるが、実際は次の図2.6.47に説明するように板端近傍だけでよい。

次に首尾端の実長を求める。

図2.6.46で、それぞれの端部の上下点及び展開基線位置は、同じ高さにある。

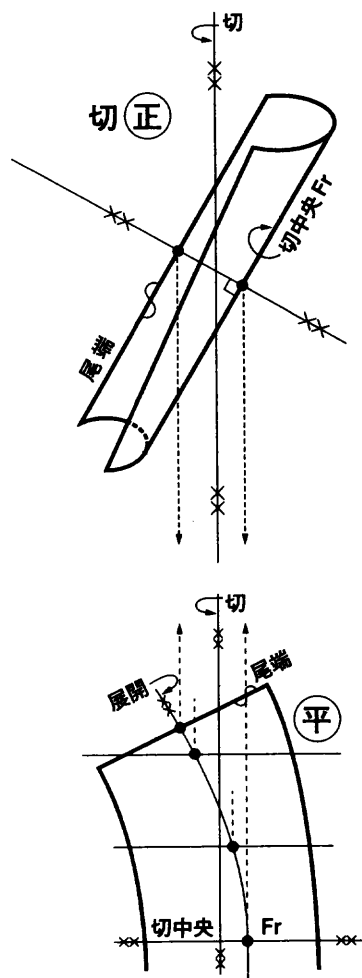


図2.6.45

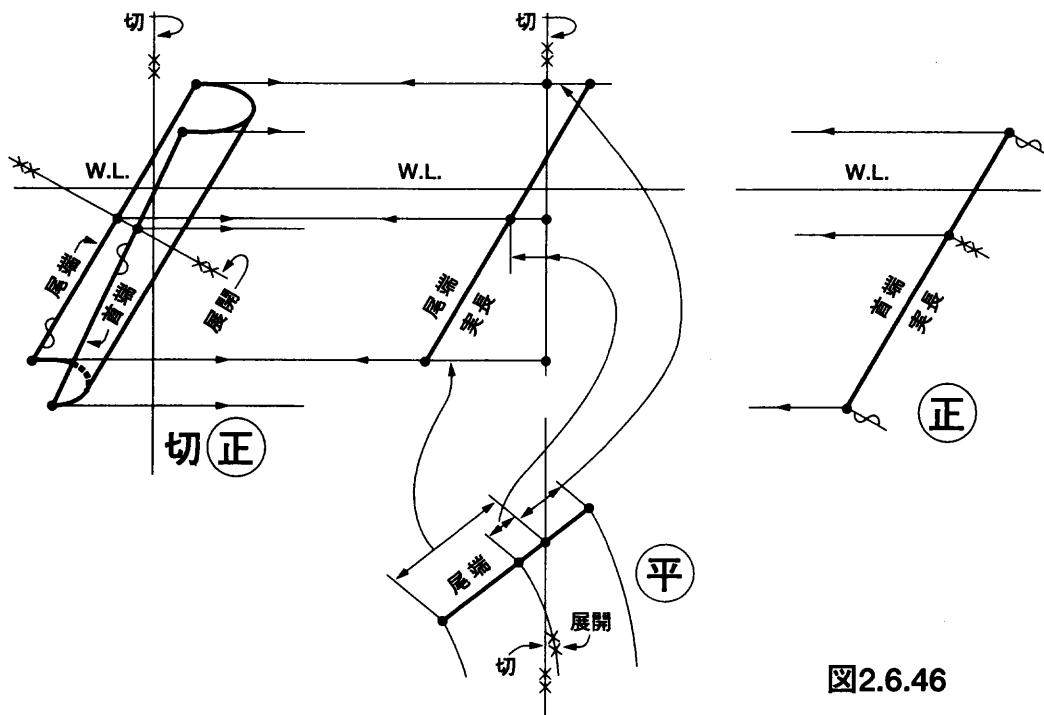


図2.6.46

首端実長は正規Fr面と平行な断面上にあるから、正規正面(㊟)上で拾えばよく、尾端実長は㊟上の尾端ガス長を同じ高さ位置に当てはめれば求まる。

残るのは首尾端の各点の最寄りの切直しFrからの実長である。図2.6.47に示すように、切直し正面(切㊟)上での求まる両点の高さ差と㊟のガス長を2辺とする直角三角形の斜辺が、その実長となる。

その他の実長は、一般外板における㊟での「落ち」から求めるのと同じで、相手が切㊟であるだけのこととなる。

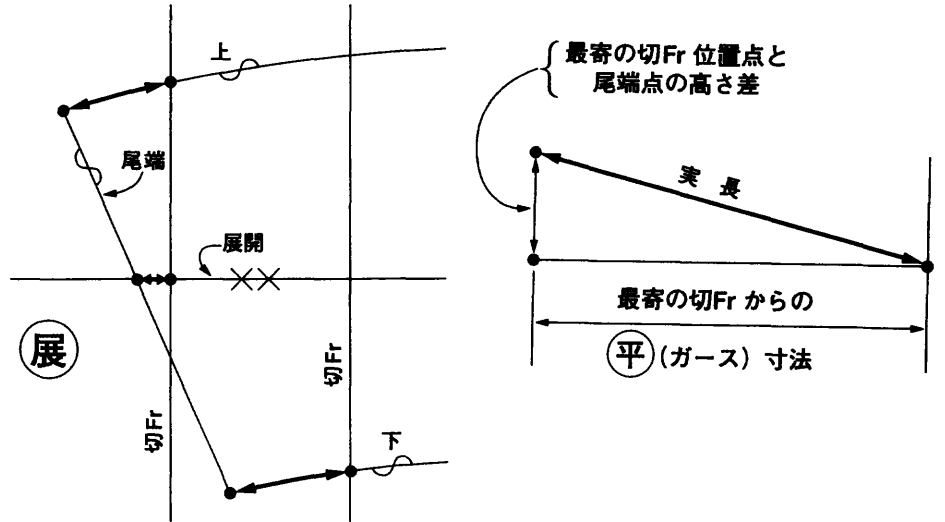


図2.6.47

### 6.3.2 船底立上り外板の切直し展開

図2.6.48に平面の、図2.6.49に切直し正面の例を示す。

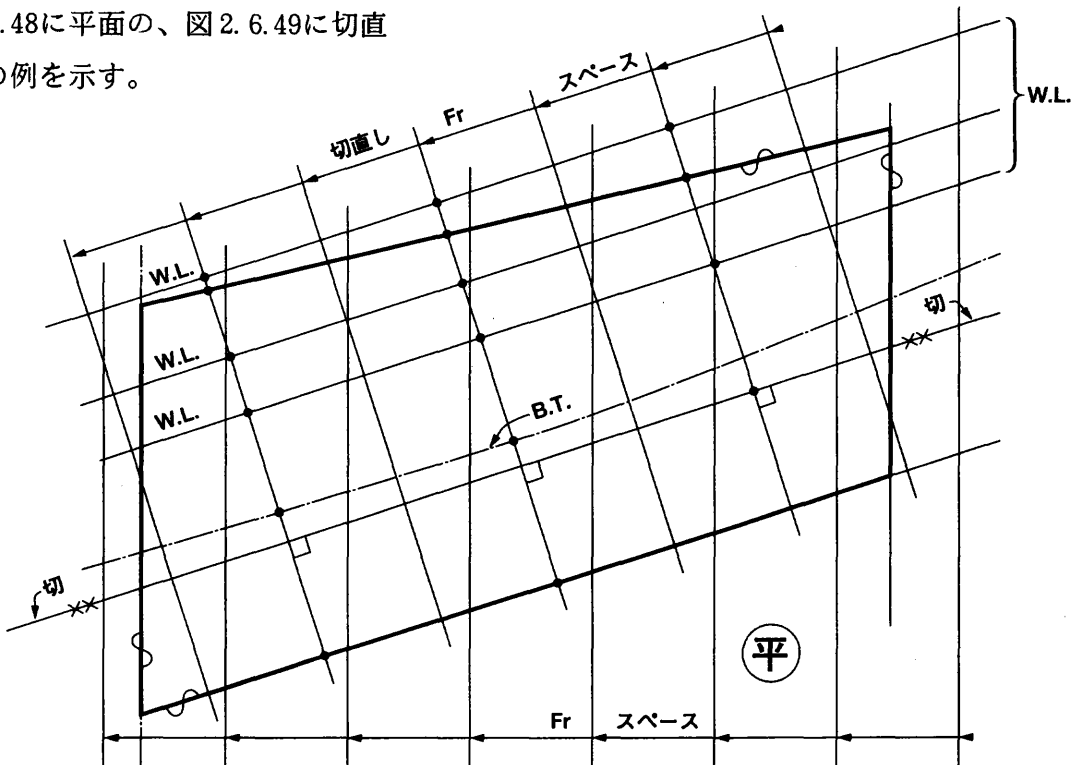


図2.6.48

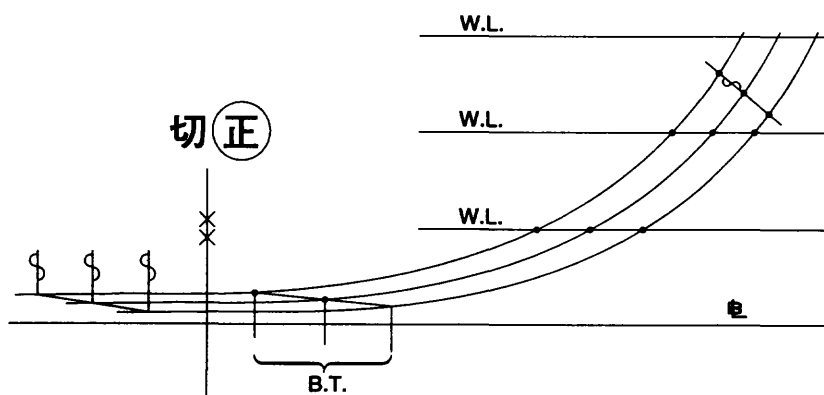


図2.6.49

この平面例の切直し基線のように、船底平面境界線(Bottom Tangency) にほぼ平行に決めるのが原則であるが、このまま切直し正面を描くと、切直しFr は重なってしまって分り難くなるので、故意に切直し基線を外れるようにしてみた。このような切直しの工夫も場合により必要である。

この展開法は、外板の平面部が狭ければ基線展開、広ければロール展開が適する。