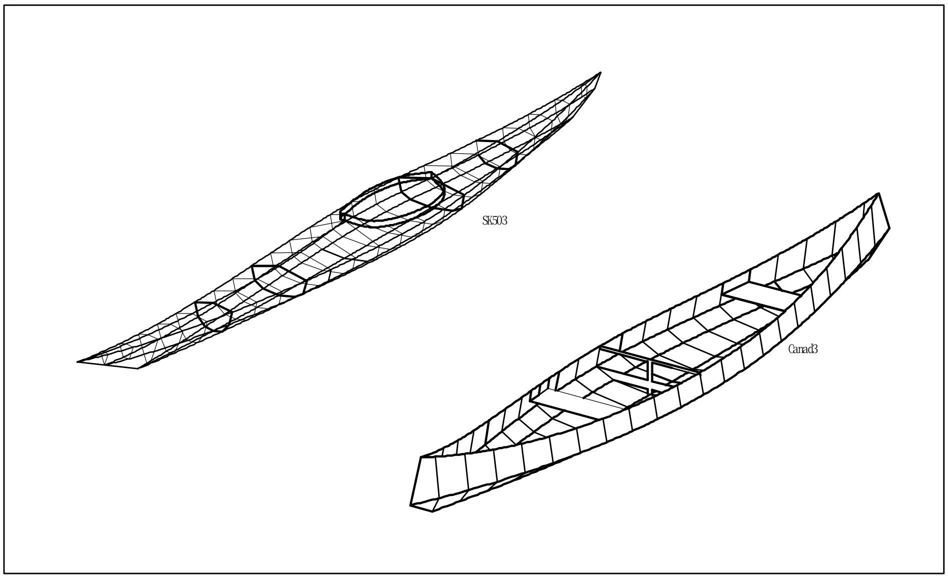
カヌーの設計と製作に関する考察

（ver3.0　2005.1.22）

―― シーカヤックとカナディアンカヌー ――



井　瀬　敦　司

１　設計についての概要

小型船の製作としてよくとられる方法は、船体の形状から骨組み（フレーム）をつくり、そのフレームに合わせながら船体の外壁板（ハル）を張り合わせていくという方法がとられる。

また、台になる骨組み（モールド）に船体板を接着せず張り合わせていき、船体が完成してから、骨組みを船体板からはずして船体をつくるという方法などがある。

これらの方法では、船体板は一定の狭い幅の板をつなぎ合わせて貼っていったり、フレームやモールドにあわせて外壁板をねじりながら貼り付け、余分なところを切り取っていくという方法がとられる。平面である外壁板をねじることにより船体の形状を構成するわけであるが船体の形状は設計図に基づいてつくった骨組みにあわせて少し大きめの船体板を調整しながら現物あわせで張り合わせていくものである。

設計した形状を得るためには、たわみやねじれのない骨組みが基準となるため、軽量でしかも適度な強度のある骨組みを正確に作ることが求められることになり、船体長が４～５㎜となってきたとき、これらの要求に応える骨組み製作は容易ではない。

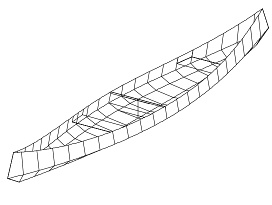
ここでは発想を変え、外壁板の形状を計算により求め、仕上がり寸法に裁断した外壁板を張り合わせることにより、当初設計した船体の形状を構成するという方法を考えた。フレームや骨組みから形状をつくるのでなく、外壁板であるベニア板にひねりを加えながら張り合わせることにより船体形状をつくっていき、骨組みにより強度をもたすのではなく、外壁板により船体の強度を持たせようという考えである。

この方法は、骨組みを必要としないため、部材が少なくなり、その分簡単に、また安価にしかも軽量化できるというメリットがある。

また、船体形状の基準を骨組みにおいていないため、船体板を寸法どおり正確に切り出し、隙間なく接合すれば設計した形状になるため、製作場所も選ばない。

当初、強度について不安を持っていたが、乗り降りに配慮すれば、カヌーとしての通常の使用では経験上全く問題がない。これは、船体を支える浮力は、水中に沈んでいる船体全体から均質に受けているため、通常では一部に強い力がかかることは考えにくい。布張りのフォールディングカヤックが存在するゆえんである。

この考えに立ち船体の設計を行っていく際の中心的な課題は「どのような形状にベニア板を裁断すれば、張り合わせたとき設計した船体の形状になるか」いいかえれば、「外壁板を構成する曲面を、平面上にのばすと、どのような形状になるか」を求めていくことである。



設計の手順を段階で示すと次のようにあらわすことができる。それぞれの過程について以下で順次述べてみる。

設計の手順

step1　外観形状のデッサン

①　船体をいくつかの曲面で構成することとし、デッサンを行う

②　デッサンにもとづき、概観を数値化する

step2　船体形状をあらわす関数

③　座標軸を決め、隣り合う船体板がつくる辺を線形３次式であらわす

④　等間隔の輪切り断面を数値化し、三角形のワイヤーフレームで近似的にあらわす

⑤　ワイヤーフレームの各節の長さを数値化する

step3　平面上への展開

⑥　平面上に三角形のワイヤーフレームを並べることにより平面に展開し、外壁板の形状を求める

step4　ベニア板への木取り

⑦　仕切り板や細部の構造について検討する

⑧　ベニア板への木取りをする

２　概観のデッサンと数値化

船体の形状をデッサンしてみる。カヌー・カヤックの市販製品カタログなどを参考にし、グラウンドデザインを行う。このとき次の点を考慮する必要がある。

①　安定性と走波抵抗

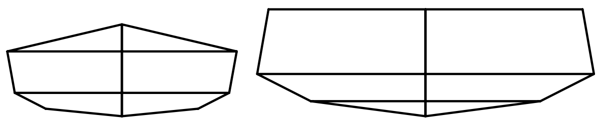
②　回転性と直進性

③　浮力と搭載負荷

④　前方、側方からの耐波性

⑤　全長と持ち運びやすさ

⑥　強度と全重量



＜図1-2-1＞

これらの点を考慮に入れ、図1-2-1のように、船体中央部での断面の形状を、クローズドデッキのカヤックでは８面、オープンデッキのカナディアンカヌーでは６面で構成することにした。

ここで、船底の形状は①②に影響するものと考えるが、⑥の強度にも影響を与えるので、面と面のつくる角が小さくなりすぎないようにしなければならない。また、仕切板を入れるが、これは強度を得るため大きなはたらきがある。

また、④の項目であげているとおり、波の影響を考え、船の先端が波間に突き刺さり

安定を失うことへの対応や、横波・横揺れへの対応から、喫水から先端の高さや、側面の高さが決まる。また、同時にパドルの操作性も考慮に入れなければならない。

船幅については、大きくとれば安定が増すが、同時に抵抗も増す。全長を長くとれば安定性、直進性に有利であるが、強度の面や運搬時の取り扱いについては不利である。これまでの経験と自動車のルーフキャリーでの輸送を考え、全幅及び全長を次の表のとおりとした。（詳細については、第２章を参照）

＜表1-2-1＞

	全　長	全　幅	前先端高	側　高
シーカヤック　(SK503)	４８０cm	６０cm	４０cm	１７cm
カナディアンカヌー(canad3)	４４０cm	８８cm	５５cm	２８cm

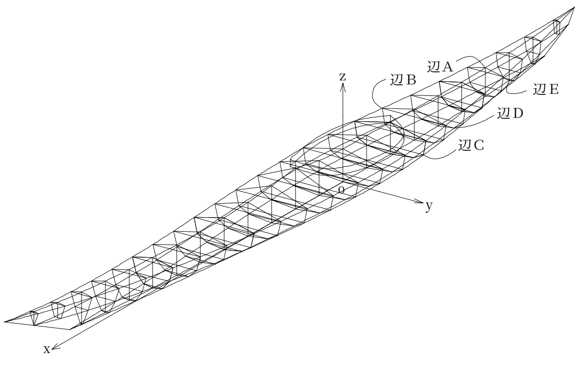
３　座標軸と概観をあらわす関数

おおよその概観デッサンができれば、それを数値化し、表現することを試みる。なめらかな曲線を表現するため、船体を構成する曲面と曲面の交差する曲線、すなわち船体の辺をつくる曲線を関数であらわすことを以下のとおり考えた。

（１）座標軸

船幅の最も大きくなるところの船底中央最下部を原点とし、船体の前方にｘ軸、左方にｙ軸、上方にｚ軸をとり座標軸を定めた。

このｘｙｚ空間における、辺Ａ，Ｂ，Ｃ，Ｄ，Ｅについて、xyzをつかった関数であらわすことにする。



＜図1-3-1＞

カナディアンでは、前後及び左右対称の形状とし、シーカヤックでは、前後は非対称とした。

（２）辺をあらわす関数

まず、辺Ｂについて考える。左右対称なので、一方だけ（y≧0）について、辺Ｂを、

ｘｙ平面及びｘｚ平面への投影した曲線を次の２つの関数であらわすことにする。

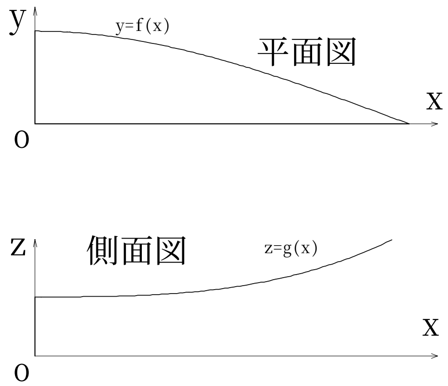
$$y = f(x) \qquad \cdots\cdots\cdots ①$$

$$z = g(x) \qquad \cdots\cdots\cdots ②$$

ここで、①は平面図への辺Ｂの投影であり、②は側面図への辺Ｂの投影である。

同様にして、各辺についても関数であらわすことにする。

（３）投影図上での船体の形状について



＜図1-3-2＞

前述したように、平面図上での船体の形状をあらわす辺Ｂは関数①②によりあらわすことにするが、これらの関数について考察を加える。

平面図でのカヌー船体の形状をあらわす曲線を考えたとき、船体中央部から先端に行くほど曲率が小さくなり直線的になる形状が考えられる。また、中央部では前後の対称性から曲線の接線はｘ軸に平行にならなければならない。

また、側面図でのカヌー船体の形状をあらわす曲線を考えたとき、先端部にいくほど曲率が大きくなり辺が上に持ち上がっている形状が考えられる。また中央部では平面図と同じく曲線の接線はｘ軸に平行にならなければならない。

そこでまず、平面図上での船体の形状考えると、曲線ｙ＝ｆ（ｘ）は、<図1-3-3>のように、点Ｓ、Ｔを通り、それぞれの点において、曲線の傾きが直線ＳＶ、ＴＶの傾きに等しくなる。

また、区間　$0<x<a$　において変曲点を持たず、単純増加、または、単純減少でなければならない。したがって、次の条件を満たす。

ア　$f(0) = b$

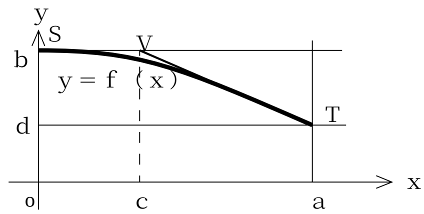
イ　$f(a) = d$

ウ　$\dfrac{d}{dx} f(0) = 0$

エ　$\dfrac{d}{dx} f(a) = \dfrac{b-d}{c-a}$

オ　$\dfrac{d^2}{dx^2} f(x) > 0$ または $\dfrac{d^2}{dx^2} f(x) < 0 \quad (0<x<a)$

$\dfrac{d}{dx} f(x)$、$\dfrac{d^2}{dx^2} f(x)$ は $f(x)$ の１次及び２次導関数



＜図1-3-3＞

ここで、形状を表す関数f(X)を線形3次式とし、ア～オの条件によりf(x)を求めることにする。

まず、アウより

$$f(x)=\alpha x^3+\beta x^2+b \qquad \cdots\cdots\cdots ①$$

①について関数f(x)の1次および2次導関数を求めると

$$\frac{d}{dx}f(x)=3\alpha x^2+2\beta x \qquad \cdots\cdots\cdots ②$$

$$\frac{d^2}{dx^2}f(x)=6\alpha x+2\beta \qquad \cdots\cdots\cdots ③$$

これらに、イ、エの条件を代入し、

$$f(a)=\alpha a^3+\beta a^2+b=d \qquad \cdots\cdots\cdots ④$$

$$\frac{d}{dx}f(a)=3\alpha a^2+2\beta a=\frac{b-d}{c-a} \qquad \cdots\cdots ⑤$$

を得る。

④⑤をα、βについて解くと

$$\alpha=\frac{-(b-d)(a-2c)}{a^3(c-a)} \qquad \cdots\cdots\cdots ⑥$$

$$\beta=\frac{(b-d)(2a-3c)}{a^2(c-a)} \qquad \cdots\cdots\cdots ⑦$$

となり、関数f(x)を求めることができた。

また、単純増加または単純減少で、かつ区間（0<x<a）に変曲点をもたない。すなわち、$\frac{d^2}{dx^2}f(x)=0$となる点が、区間（0<x<a）に存在してはならないことから

$$\frac{d^2}{dx^2}f(x)=6\alpha x+2\beta \qquad \cdots\cdots\cdots ③$$

より　$\frac{d^2}{dx^2}f(x)=0$　となる変曲点は、関数上で

$$x=\frac{-\beta}{3\alpha}=\frac{a(2a-3c)}{3(a-2c)}$$　の点である。

この変曲点が、x=0　および　x=a　の場合について考える

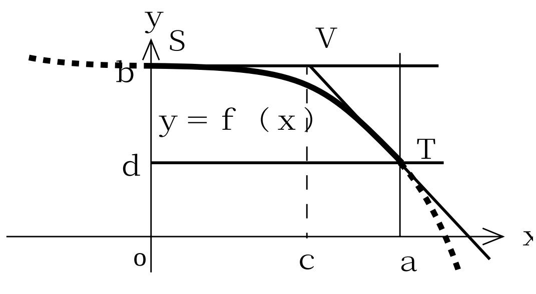
1)x=0　で関数f(x)が変曲点を持つ場合

（図1-3-4）

$$\frac{a(2a-3c)}{3(a-2c)}=0 \quad より$$

$$c=\frac{2}{3}a$$

このときβ＝0となる。



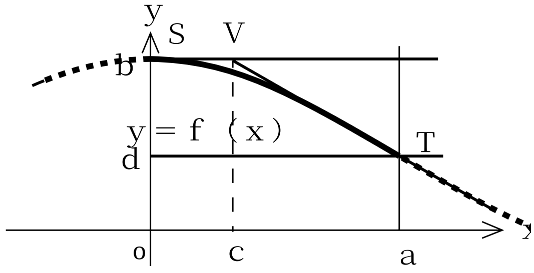
＜図1-3-4＞

2)x=a　で関数f(x)が変曲点を持つ場合

(図1-3-5)

$$\frac{a(2a-3c)}{3(a-2c)} = a \quad より$$

$$c = \frac{1}{3} a$$



＜図1-3-5＞

したがって、関数f(x)が　0<x<a　において変曲点を持たないためには

$$\frac{1}{3}a \leqq c \leqq \frac{2}{3}a$$

でなければならない。

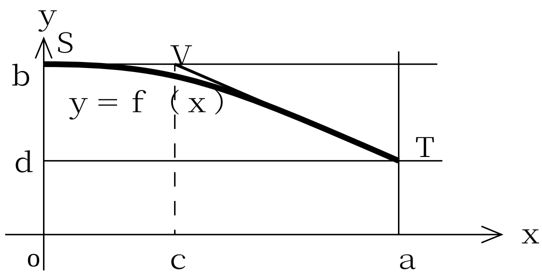
したがって、船体の形状をあらわす曲線の、xy平面への投影を表す関数f(x)は次のようにあらわすことができる。

$$f(x) = \alpha x^3 + \beta x^2 + b$$

$$\alpha = \frac{-(b-d)(a-2c)}{a^3(c-a)}$$

$$\beta = \frac{(b-d)(2a-3c)}{a^2(c-a)}$$

$$\frac{1}{3}a \leqq c \leqq \frac{2}{3}a$$



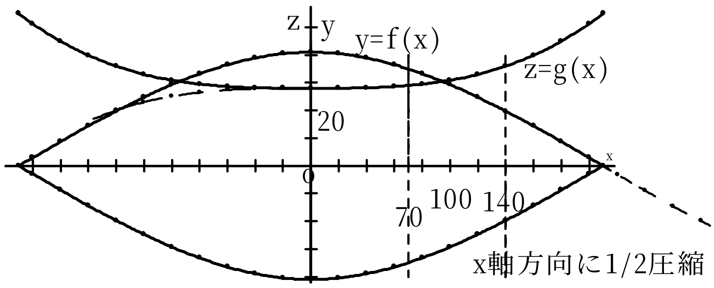
＜図1-3-6＞

同様にして、立画面への投影についても考察し、船体の形状をあらわす曲線のxz平面へ投影した関数　z = g (x)　についても同様にあらわすことができる。

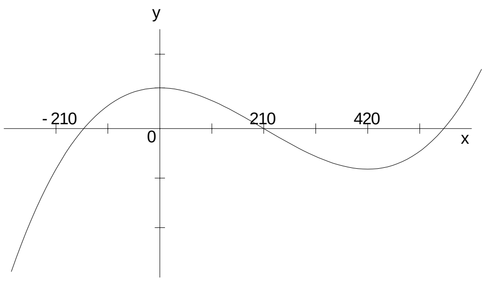
カナディアンカヌーの辺Bについて、表1-3-1の数値を用いて図1-3-7の形状を得た。

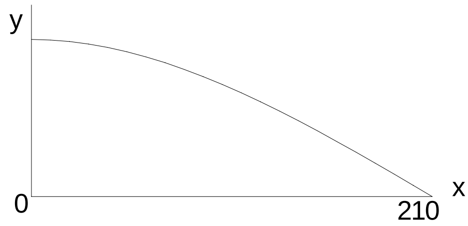
＜表1-3-1＞

	y=f(x)	z=g(x)
	$\alpha x^3 + \beta x^2 + b$	
a	210	210
b	41	28
c	70	140
d	0	55
α	2.21358E-6	2.91545E-6
β	-1.39456E-3	0

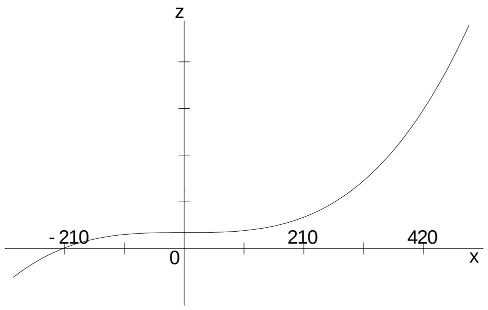


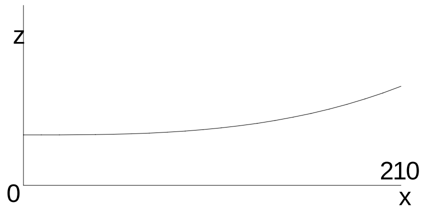
＜図1-3-7＞





0<x<210の範囲を拡大





0<x<210の範囲を拡大

（４）シーカヤックの形状（一次関数との組み合わせ）

シーカヤックでは水の抵抗を減らす点から、より鋭角的な形状が求められる。そこで、前述した三次式による関数と直線、すなわち、一次関数を組み合わせて形状をあらわすことにした。

平面図における船体形状をあらわす曲線の投影において、最大幅から前方1/3を三次関数とし、そこから先端部を、一次関数としてあらわすことにした。そのとき、その接続点は連続性が求められることになる。

具体的にシーカヤックの辺Ｂの形状について以下にあらわす。

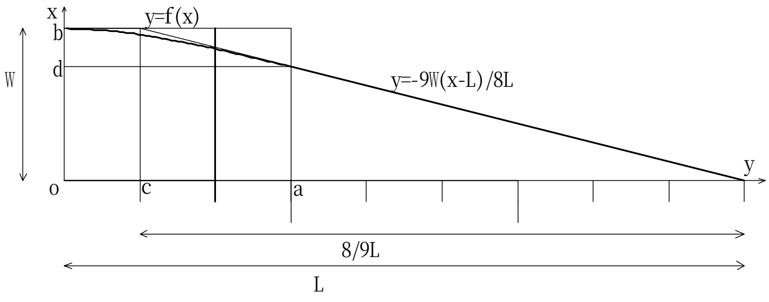
最大幅から前方先端までＬおよび最大幅をＷについて、Ｌ＝320(cm)、Ｗ＝36(cm)とし、

$0 < x < L/3$　において　　$y = f(x)$

$L/3 < x < L$　において　　$y = -\dfrac{9W}{8L}(x - L)$　　とした。

＜表1-3-2＞

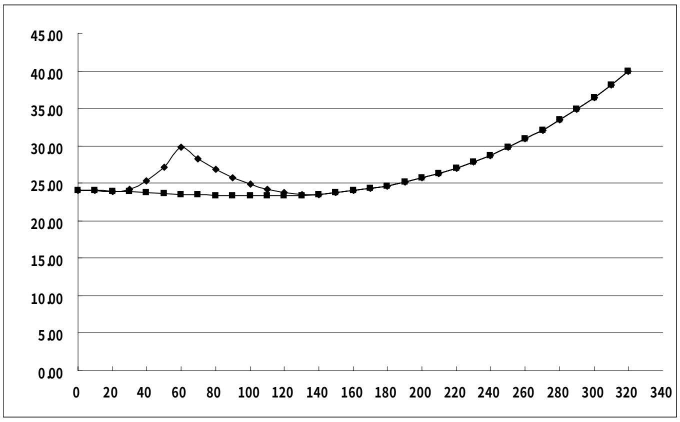
	y=f(x)
	$\alpha x^3+\beta x^2+b$
a	320/3
b	36
c	320/3/3
d	36*9/8*2/3
α	3.295898E-6
β	-1.054688E-3



＜図1-3-8＞

シーカヤックの平面図における形状はこのようにして、直線的で鋭角的な形状とした。　ただし、側面図における形状は、カナディアンと同様に、中央部から先端部まで一様に３次式であらわすことにする。

また、シーカヤックでは前後非対称としているので、前部及び後部でそれぞれ関数を定めていく必要がある。



＜図1-3-9＞

さらに、デッキ部中央で左右のデッキ板がつくる曲線については、乗り降りや開口部への水の浸入を防ぐため、いくつかの区間に分け上部にふくらみをもたした。

次のように形状をあらわす３次式ｇ（ｘ）に二次曲線のふくらみの項を追加することにより、側面図投影図で図のように開口部でふくらみをもたした関数ｈ（ｘ）を次のように定めた。

20≦ｘ≦60において

$$h(x) = g(x) + \frac{h}{1600}(x-20)^2 \qquad \cdots\cdots\cdots ①$$

60＜ｘ≦140において

$$h(x) = g(x) + \frac{h}{1600}\cdot\frac{(x-140)^2}{4} \qquad \cdots\cdots\cdots ②$$

$0 \leqq x \leqq 20$　および　$x > 140$において

$h(x) = g(x)$　　　　　　　　　　　　　　　　　・・・・・・・・③

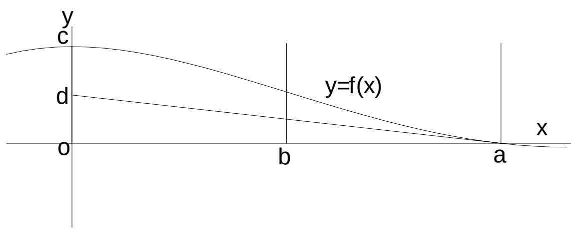
このようにして、３つの領域に分けデッキ板の形状をあらわす関数を定めた。

以上のようにして、ｘの値を定めると、各辺の座標が求まることになる。いいかえると、任意のｘ座標での断面の形がｙｚ平面座標に表されることになり、断面の連続としてワイヤーフレームによる表現が可能となる。

（５）シーカヤックの形状（４次関数）

シーカヤックにおける平面図の形状について、鋭角的にするため、前節の直線部分がさらに凹状になるよう、船体を表す関数を線形４次関数で表すことにした。

平面図上の形状の先端部から最大幅（$0<x<a$）までをひとつの線形４次関数で表すことにする。



すなわちこの関数を

$y=f(x)$　　・・・・・・・①

としたとき、次の条件を満たす関数 $f(x)$を定める。

先端部から中央最大幅までの長さをaとすると

$f(a)=0$　　　・・・・・・・②

船体幅を2cとすると

$f(0)=c$　　　・・・・・・・③

最大幅で船体形状はｙ軸に平行だから

$$\frac{d}{dx} f(0) = 0 \qquad \cdots\cdots\cdots ④$$

先端部での形状から

$$\frac{d}{dx} f(a) = -\frac{d}{a} \qquad \cdots\cdots\cdots ⑤$$

曲線の凸部から凹部への変換点として変曲点となる点をbとし、

$$\frac{d^2}{dx^2} f(b) = 0 \qquad \cdots\cdots\cdots ⑥$$

の条件を満たす。

ここで、③④より$f(x)$を

$$f(x) = \alpha x^4 + \beta x^3 + \gamma x^2 + c \qquad \cdots\cdots\cdots ⑦$$

とおくと

$$\frac{d}{dx} f(x) = 4\alpha x^3 + 3\beta x^2 + 2\gamma x \qquad \cdots\cdots\cdots ⑧$$

$$\frac{d^2}{dx^2} f(x) = 12\alpha x^2 + 6\beta x + 2\gamma \qquad \cdots\cdots⑨$$

となる。ここで、

②⑦より $\alpha a^4 + \beta a^3 + \gamma a^2 + c = 0$ ・・・・・・・ ⑩

⑤⑧より $4\alpha a^3 + 3\beta a^2 + 2\gamma a = -d/a$ ・・・・・・・ ⑪

⑥⑨より $12\alpha b^2 + 6\beta b + 2\gamma = 0$ ・・・・・・・ ⑫

が得られ、これより、α、β、γについて解く。

まず、⑫より

$\gamma = -6\alpha b^2 - 3\beta b$ を⑩⑪に代入すると

$\alpha(a^4 - 6a^2b^2) + \beta(a^3 - 3a^2b) = -c$ ・・・・・・・ ⑬

$\alpha(4a^3 - 12ab^2) + \beta(3a^2 - 6ab) = -d/a$ ・・・・・・・ ⑭

ここで、 $A = a^4 - 6a^2b^2$

$B = a^3 - 3a^2b$

$C = -c$

$D = 4a^3 - 12ab^2$

$E = 3a^2 - 6ab$

$F = -d/a$ とおくと

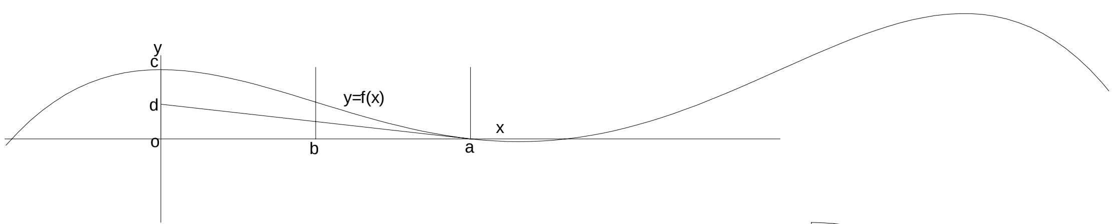
$$\alpha = \frac{CE - BF}{AE - BD}$$

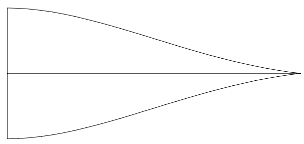
$$\beta = \frac{CD - AF}{BD - AE}$$

$$\gamma = -6\alpha b^2 - 3\beta b$$

となり $f(x) = \alpha x^4 + \beta x^3 + \gamma x^2 + c$

が求められた。





（６）表計算ソフト上での計算の方法

具体的に船体の形状を表計算ワークシート上であらわしていくためには、全長及び全幅、変曲点に関する値を入力することになる。つまり、船体形状をあらわす各辺に関する表1-3-1のデータを定めれば船体の形状が決まることになる。

カナディアンcanad3のデータを表1-3-3にあげておく。

canad3データ　<表1-3-3>

	辺B		辺C		辺D		辺E	
	y=f(x)	z=g(x)	y=f(x)	z=g(x)	y=f(x)	z=g(x)	y=f(x)	z=g(x)
a	210.0	210.0	220.0	220.0	200.0	200.0	200.0	200.0
b	41.0	28.0	44.0	11.0	30.0	4.0	0.0	0.0
c	1/3*a	2/3*a	1/3*a	2/3*a	1/3*a	2/3*a	1/3*a	2/3*a
d	0.0	55.0	0.0	22.0	0.0	7.0	0.0	7.0

この値をもとに、辺の形状を関数であらわす。さらに、全長方向（ｘ軸方向）に10cm間隔にyz平面で切断したときの辺のy及びz座標を数値で表し、断面の形状を得る。　＜表1-3-4＞はワークシート上の設定をあらわしたものである。

＜表1-3-4＞

	f(x)	
a= 210	α = (b-d)(2c-a)/a^3/(a-c)	
b= 41	β = (b-d)(2a-3c)/a^2/(c-a)	
c= (1/3)*a		
d= 0		
	g(x)	
a= 210	α = (b-d)(2c-a)/a^3/(a-c)	
b= 28	β = (b-d)(2a-3c)/a^2/(c-a)	
c= (2/3)*a		
d= 55		
x	y	z
x0= 0	y0= α x0^3+β x0^2+b	z0= α x0^3+β x0^2+b
x1= 10	y1= α x1^3+β x1^2+b	z1= α x1^3+β x1^2+b
x2= 20	y2= α x2^3+β x2^2+b	z2= α x2^3+β x2^2+b
x3= 30	y3= α x3^3+β x3^2+b	z3= α x3^3+β x3^2+b
:	:	:
:	:	:
x20= 200	y20= α x20^3+β x20^2+b	z20= α x20^3+β x20^2+b

この表は船体板がつくる辺の座標を表しているものであり、10cmごとの断面の形状を座標として表していることになる。

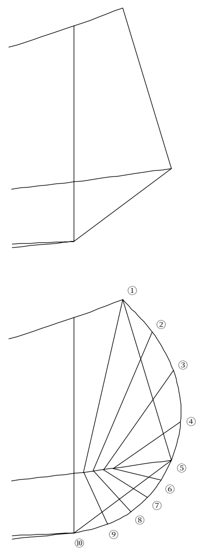
これらの値をもとに船体をいわゆるワイヤーフレームで表すことが可能になってくる。

（７）カナディアン先端部の曲線

カナディアン先端は上記関数で側面図では図1-3-10の上図のように直線的なっているが、これを下図のように曲線に丸めることにした。それにともない、フレーム線も先端部では変更されることになる。

表1-3-5　先端形状

	x	z	x		x	z
①	210.00	55.00	202.00	⑨	206.95	8.78
②	216.05	48.37	204.00	⑧	211.71	11.37
③	220.42	40.47	206.00	⑦	215.13	14.36
④	221.89	29.79	208.00	⑥	217.90	17.91
⑤	220.00	22.00		⑩	200.00	7.00

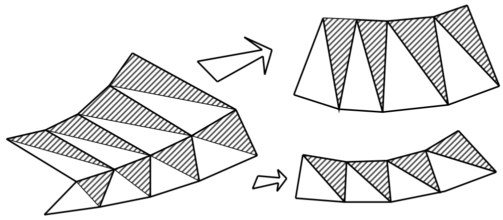


<図1-3-10>

４　ワイヤーフレームの平面への展開

船体の形状が決まったところで、次にその船体を構成する曲面を平面上に展開することを考える。

船体を構成する曲面を、ワイヤーフレームで構成されている平面三角形の集まりと近似的にみなし、この三角形を平面上に隙間なくならべていくことにより、曲面を平面に近似的に展開したものとした。



＜図1-4-1＞

（１）平面への展開

船体を、x方向に垂直な平面で等間隔に切断し、曲面と切断面との交線をフレーム線とする。このフレーム線の両端を結ぶ直線及びフレーム線両端を対角に結ぶ直線により、曲面を平面三角形で近似的にあらわす。すなわち、曲面を三角形に細分化し構成することにする。この三角形の３辺の長さを求め、それぞれの三角形を平面上に隙間なくならべ、その頂点の位置を平面座標で表すことにより、曲面を近似的に平面に展開していく方法を考えた。ここでは、全長約４ｍを10cm間隔にフレーム線を設定し、１つの曲面を約80個の三角形に細分化した。シーカヤックでは船体は８つの曲面で構成されるから、

全体の曲面を約640個の三角形に分割したことになる。

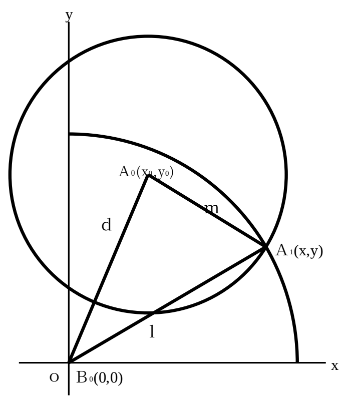
（２）２点からの距離と座標

曲面を平面に展開するため、まず、座標で与えられた任意の２点から、それぞれ与えられた距離にある点の座標を求めることについて考察する。

点$B_0(0,0)$からの距離がl、点$A_0(x_0,y_0)$からの距離がmの点$A_1(x,y)$の座標について、次の関係がある。　$x^2+y^2=l^2$　・・・・①

$$(x-x_0)^2+(y-y_0)^2=m^2 \quad ・・・・②$$

これをx,yについて解き、交点の座標$A_1(x,y)$を求める。



＜図1-4-2＞

①－②により

$$2xx_0-x_0^2+2yy_0-y_0^2=l^2-m^2$$

$$y=-\frac{x_0}{y_0}x+\frac{1}{2y_0}(l^2-m^2+x_0^2+y_0^2)$$

ここで、線分A_0B_0の長さをdとすると、

$$d^2=x_0^2+y_0^2$$

また、

$$s=-\frac{x_0}{y_0} \quad ・・・・③$$

$$t=\frac{1}{2y_0}(l^2-m^2+d^2) \quad ・・・・④$$

とし、置き換えると、

$y=sx+t$　・・・・・⑤　となり、これを、①に代入し

$x^2+s^2x^2+2stx+t^2=l^2$　・・・⑥　を得る。

ここで、　$a=1+s^2$　，　$b=2st$　，　$c=t^2-l^2$　・・・・・⑦　とおくと　⑥式は
$ax^2+bx+c=0$となり、x,yを次のように得る。

$$x=\frac{-b+\sqrt{b^2-4ac}}{2a} \quad ・・・⑧$$

$$y=sx+t \quad ・・・⑨$$

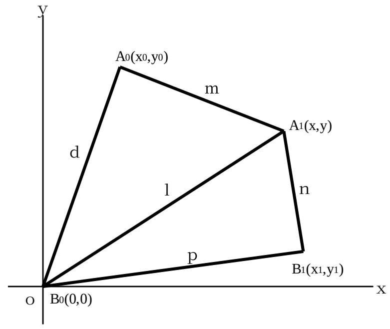
ただし、$a=1+s^2$　$b=2st$　$c=t^2-l^2$　$s=-\dfrac{x_0}{y_0}$　$t=\dfrac{1}{2y_0}(l^2-m^2+d^2)$

（３）ワイヤーフレームの展開

同様に、点A_1、B_0から、の距離が、n,pの距離の点B_1を求める。

すなわち、＜図1-4-3＞A_0、B_0の点からの距離がそれぞれm、ｌの点A_1の座標、さらに、B_0、A_1の点からの距離がそれぞれｐ、ｎの点B_1の座標を求めることができる。

さらに、図＜1-4-4＞のように、B_1を原点とするx'y'座標系において、A_2，B_2の座標を求め、これをxy座標系に変換することによりA_2，B_2の座標が求まる。

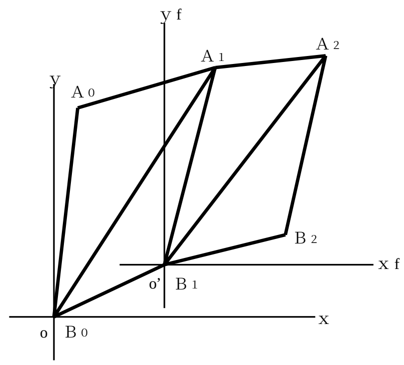


＜図1-4-3＞

船体の形状をワイヤーフレームであらわし、フレーム上の点A(x_1,y_1,z_1)及び点B(x_2,y_2,z_2)の２点間の距離ｌについて

$$l^2=(x_1-x_2)^2+(y_1-y_2)^2+(z_1-z_2)^2 \cdots ⑩$$

が成り立ち、フレームの長さを求めることができるので、そのフレームの長さをもとに、フレームがつくる三角形を順次平面上に展開していくことにより、立体的な曲面を、近似的に展開することができる。



＜図1-4-4＞

（４）表計算ソフト上での数値解析

表計算ソフトワークシートは次のような配置にした。フレームはｘ軸方向に10cm間隔で設定した。 なお、その数値結果は第２章にあらわしている。

＜表1-4-1＞

Ax	Ay	Az	Bx	By	Bz	d^2	m^2	l^2	n^2	s1	t1	a1	b1	c1	s2	t2	a2	b2	c2	ax	ay	bx	by
0			0				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	d	0	0
10			10																				
20			20																				

表の計算式について(1) AyAzByBzの値は＜表1-3-3＞の値を代入する

(2) d^2,m^2,l^2,n^2の値は、(1)の値を⑩式により計算する

(3) s12t12a12b12c12の値は、(2)の値を③④⑦式により計算する

(4) ax、ay、bx、byの値は、(3)の値を⑧⑨式により計算する

5　ベニア板への木取り

船体を構成する曲面は、前節の数値解析により平面上に展開することができた。

しかし、これらの展開平面は全長がベニア板の長さを越えるため、182cm×91cmのベニア板にとれるいくつかの部材に分ける必要がある。このとき、部材と部材の接合部がそれぞれの曲面で前後に分散するように分けた。また、ベニア板のサイズにうまく無駄なく収まるように、試行錯誤で型どりをし、大まかな位置を決定する。

さらに、表計算上のデータから、部材をベニア板に木取りをするときの位置を、ベニア板の角を原点とするxy座標に平行移動するよう変換し木取りオフセットの値を得た。

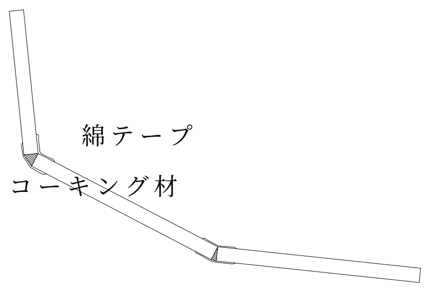
製作時には、このオフセットデータからベニア板に木取りを行うのである。

また、木取りの際には、シーカヤックにおける仕切板や、カナディアンカヌーにおける座椅子の部材もとっておかなければならない。

6　製作精度

ここまでは、板の厚みについてはふれてこなかったが、4㎜ベニア板を使った場合当然板の厚みについて考えていかなければならない。

設計図の数値はすべて、船体の内のりとした。したがって、実際の船体は、板厚の分だけ外に大きくなる。こうすることで、仕切板の寸法の計算が容易になっている。



＜図1-6-1＞

ただし、船体の板を、角度をつけ張り合わせたとき、接合部に外側で隙間ができる。このことを避けるためには、板を切断するとき、面に垂直に切断するのではなく、このことを見込んで、外側で大きくなるように角度をつけ切断すればよいのであるが、計算が大変複雑になり、また、加工も困難になる。そこで、板は垂直に切るものとし、板と板との接合部の隙間はコーキング材を入れ、内側、外側とも、綿テープを接着し、板と板を接合するものとした。

製作の目標精度は、1㎜以内とし、木取りを行うことにした。

「カヌーの設計と製作に関する考察」（ver3.0　2005.1.22）

「カヌーの設計と製作に関する考察」（ver2.0　2001.9.29）
「カヤックの設計と製作」（1997.2.19）