

# フーリエ記述子による切断自動化のための形状記述 ( 第 2 報 )

大阪支所 多賀 謙治

## 1. まえがき

曲面で構成されている船殻は設計、工作においてデータ共有を考えると数式的な記述で取り扱えることが望ましい。また曲面で構成された構造物であるため厳密には三次元での取り扱いが必要となるが、シェル構造物である船体は二次元曲線で構成された要素も多く用いられている。曲線を記述する方法として NURBS、フーリエ記述子法などがある。フーリエ記述子法<sup>1)2)</sup>は二次元平面上に描かれた閉曲線が周長を周期とする周期関数で表されることを利用して、閉曲線の内容をフーリエ級数展開して、フーリエ係数を利用して曲線を記述する方法である。

前報<sup>3)</sup>では船殻の断面を舷端を対称軸に鏡像化して閉曲線にし、閉曲線の一点からの長さに対する角度変化の累積を一次関数で連続化したものをフーリエ展開し、その係数をフーリエ記述子として記述した。この方法では原曲線の端点近傍で曲線の再現性の低下が生じる。また船尾部断面の様に緩やかな曲線の組み合わせにより構成される曲線、すなわち低域成分の多い曲線では曲線どうしの接合部近傍での再現性は良くないため、船底と船側との結合部、チャイン部分についてはうまく再現出来ない。

本報告ではそれらの欠点を解消し、周期性を有しない開曲線にも適用可能な方法<sup>4)</sup>で船体断面、隔壁の曲線記述について検討する。

## 2. フーリエ記述方法

平面上の連続曲線  $C$  は、 $C$  上の一点からの長さ  $s$  を変数とし、 $x-y$  座標の値をそれぞれ値に持つ関数  $x, y$  からなる点  $(x(s), y(s))$  の集合

$$C = \{ (x(s), y(s)) \mid 0 \leq s \leq S \} \quad (1)$$

として表される。  $S$  は  $C$  の全長である。

今曲線  $C$  を折線図形と考える。

微小長さ  $\Delta s$  の  $n$  本の線分を接続して出来る折線図形を  $C$  とする。各線分の端点を  $x(j), y(j)$  で

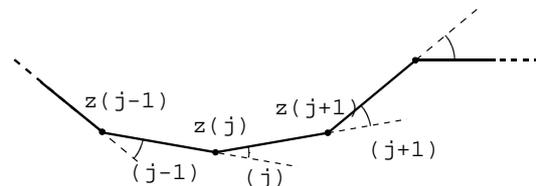


図 - 1 曲線  $C$  の離散化近似

表す。

平面を  $x$  軸を実軸、 $y$  軸を虚軸とする複素平面と考え、 $z(j) = x(j) + iy(j)$  を点  $(x(j), y(j))$  と同一視する。

曲線を微小長さ  $\Delta s$  の折線で近似し、各線分の長さ

$$= |z(j) - z(j-1)| \quad (j=1, \dots, n) \quad (2)$$

図 - 1 に示すように折線  $z(j) - z(j-1)$  と  $z(j+1) - z(j)$  とのなす角を反時計方向に正に、その値を  $\theta(j)$  とすると  $\theta(j) < \pi$  である。ただし  $\theta(0)$  はベクトル  $z(1) - z(0)$  と  $x$  軸とのなす角とする。

を用いて曲線  $C$  の全曲率関数を

$$\theta(0) = \theta(0) \quad (3)$$

$$\theta(j) = \theta(j-1) + \theta(j) \quad (4)$$

を用いて複素数値関数  $c$  を

$$c(j) = \exp(i \theta(j)) \quad (j=0, 1, \dots, n-1) \quad (5)$$

式(4)から

$$\theta(j) = (z(j+1) - z(j)) / \Delta s \quad (6)$$

を得る。(6)式を  $z$  について解くことにより

$$z(j) = z(0) + \sum_{r=0}^{j-1} \Delta s \cdot c(r) \quad (j=1, \dots, n) \quad (7)$$

式(5)の  $P$  表現 から定まる関数  $c$  は、

$$c(k) = 1/n \cdot \sum_{j=0}^{n-1} c(j) \exp(-2 \pi i j k / n) \quad (8)$$

式(8)は  $c$  について解け、

$$c(j) = \sum_{k=0}^{n-1} c(k) \exp(2 \pi i j k / n) \quad (9)$$

この  $c$  を曲線  $C$  の  $P$  型記述子とする。

今、 $c$  に対して

$$c(k) = c(k) \quad (k=0, 1, \dots, n/2) \quad (10)$$

$$c(n+k) \quad (k=-n/2, \dots, -1)$$

とおくと変数変換により式(9)は

$$(j) = \sum_{k=-n/2+1}^{n/2} c(k) \exp(2ijk/n) \quad (11)$$

$|k| > N$  における  $c$  の高域成分を  $c(k)=0$  とおいて

$$N(j) = \sum_{k=-N}^N c(k) \exp(2ijk/n) \quad (12)$$

を  $N$  次の  $P$  表現と呼び、これを用いて得られる関数

$$z_N(j) = z_N(0) + \sum_{r=0}^{j-1} N(r) \quad (j=1, \dots, n) \quad (13)$$

を  $N$  次の再生曲線と呼ぶ。

### 3. フーリエ記述による断面形状の記述

17 メートル型水先船を形状記述のためのモデルにする。横断面、隔壁の一部を図-2に示す。図中FR0は船尾部の、FR10は中央部付近の、FR14、FR15は船首寄りの断面である。

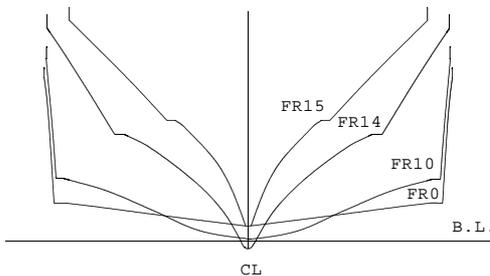
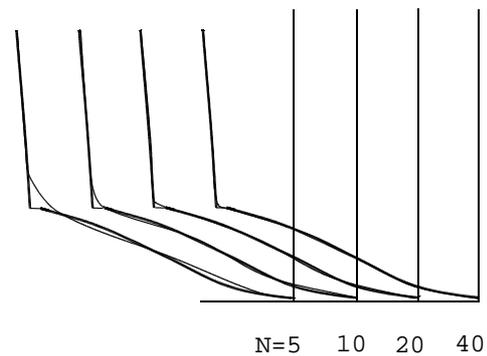


図-2 対象船断面

図-3(a)は断面FR10について太線で示す原曲線(原断面)、および再生曲線(再生された断面)を、図-3(b)は断面FR14について示す。ここで  $N$  は式(12)で用いた  $N$  であり  $N=5, 10, 20, 40, n=32$  について示している。 $N$  の値が小さな時は原曲線の概形から復元され、 $N$  の値が大きくなるに従い原曲線の細部に至る部分が復元される。前報では断面を鏡像化して閉曲線を構成した。再生曲線はその結合部近傍で互いに閉じようとする傾向を示し原曲線に対する再現性が低下した。今回、端点は原曲線に一致し、チェーン部に相当する部分についてはほぼ原曲線に対応した再生曲線が得られた。

(a)FR10



(b)FR14

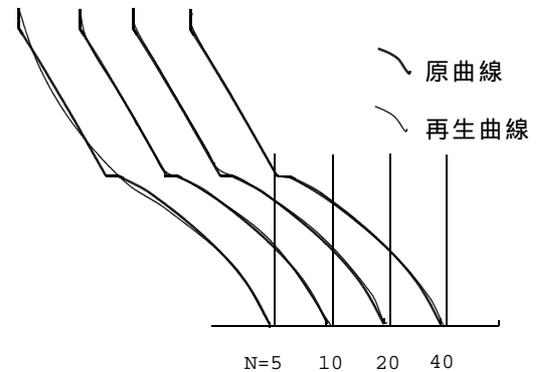


図-3 断面の再生曲線例

### 4. まとめ

自由曲線を有する被工作物の切断加工への導入を目的に自由曲線の形状記述を行った。前報では船体断面を鏡像化して閉曲線とした時、その結合部である舷端近傍、チェーン部で原曲線の再現性が低下した。本報告に示す方法ではほぼ原曲線を近似出来ることが出来た。

#### 参考文献

- 1) Zahn, C.T and Roskies, R.Z: Fourier descriptors for plane closed curves, IEEE Trans. Computers, C-21
- 2) 山田ほか: 船体形状の記述と特徴表現, 日本造船学会論文集, 第169号, 1991
- 3) 多賀: フーリエ記述子による切断工程自動化のための形状記述, 海技研究発表会講演集, 2003
- 4) 上坂: 開曲線にも適用できる新しいフーリエ記述子, 電子通信学会論文誌, 84/3, Vol. J67-A, No. 3