

フーリエ記述子による切断自動化のための形状記述

大阪支所 材料研究グループ 多賀 謙治

1. まえがき

FRP 船建造においては成形、切断等手作業で行われることが多く、作業環境の改善、高精度化等のための自動化、設計から製造に至るデータの共有が望まれる。現在製造現場においては、三次元化 CAD/CAM の導入が行われており、フェアリング処理の繰返し¹⁾、曲線の継ぎ足しを繰返すことで曲線、曲面を構成しており、数学的記述で表現することは困難である。設計領域とのデータ共有を考慮すると船体形状、構成物形状を数式で記述出来ることが望ましい。

曲面で構成されている船殻は三次元での取扱いが必要であるが、一方シェル構造物である船体は隔壁、スチフナなど二次元曲線で構成された要素も多用されているため、これらの形状記述について検討を行う。曲線を記述する方法として NURBS、フーリエ記述子等がある。通常は、船体断面、対象曲線を鏡像化して閉曲線とすることでフーリエ記述子で取り扱うことが出来るが、鏡像化した際に端点付近での再現性の問題点など²⁾が指摘されている。

切断自動化のための第一段階として、閉曲線で近似した船体隔壁の曲線記述の可能性などを考える。

2. フーリエ記述子法^{3), 4), 5)}

フーリエ記述子は、二次元平面上に描かれた閉曲線が周長など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、およびその組み合わせにより曲線を記述する方法である。

図-1 に示される複素平面上で閉じた曲線 C を考える。この閉曲線上の点 A を始点として定速度 v で C に沿って動くとする、時刻 t において複素数 u は t の関数となり、周期 T で周回することで、

$$u(t+T) = u(t)$$

u は複素フーリエ級数として表示され、フーリエ係数は

$$A_n = 1/T \int^T u(t) \exp [i n 2 \pi t / T] dt$$

で示される。

$$u(t) = \sum_{-\infty}^{\infty} A_n \exp [i n 2 \pi t / T]$$

v は定速度であるため、

$$u(l) \sim u(t), L \sim T$$

と置くと、

u(l) は周期関数であるため、

$$u(l) = \sum_{-\infty}^{\infty} A_n \exp [i n 2 \pi l / L]$$

と級数展開出来、複素フーリエ係数は、

$$A_n = 1/T \int^T u(l) \exp [i n 2 \pi t / L] dl$$

ここで、l は始点 A から曲線に沿った長さを、L は周長を示す。

複素フーリエ係数の平面図形形状に対する寄与は、係数 {A_n} は n の値により、区間 0 ≤ l ≤ L で、

$$A_n \cos(2 \pi n l / L) + i A_n \sin(2 \pi n l / L)$$

で表される。

ここで n は ±1, ±3, ±5, ±7, …

の値を持つ。

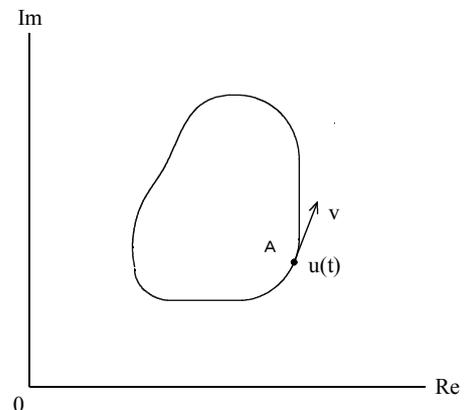


図-1 平面曲線記述の座標系

3. フーリエ記述子法による断面形状の記述

フーリエ記述子法による形状記述するためのモデルとして 17 メートル型水先船を選び、隔壁、横断面の一部を図-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。

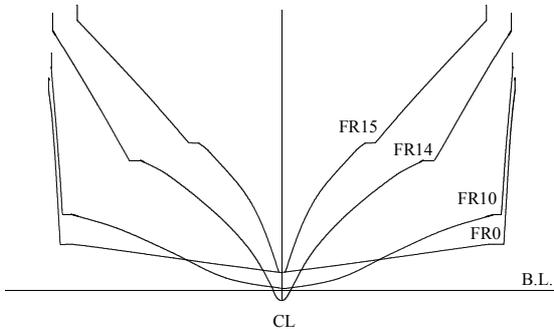


図-2 対象船断面例

図-3 (a)は断面 FR10 について太線で示す原断面、および再生曲線である。FR10 は隔壁部分であり、ここではチェーン部は外殻と異なり図の様に角は落とされている。 $n = \pm 9$ までを考慮すればほぼ一致するがチェーン部近傍での誤差が約 3%ほど生じており、 $n = \pm 13$ まで考慮に入れると誤差は 2%程度になる。

図-3 (b)は船首寄り FR14 の例である。FR10 の場合と同じくチェーン部の角を無くして考慮する。 $n = \pm 9$ の 10 項までを考慮すれば大部分は原型に近いが、甲板部に向かって開いているため甲板付近で原型との誤差が約 4%程度生じている。

断面 FR0 については、直線での構成部分が多く記述するには厳しい形状である。 $n = \pm 21$ まで導入することでビルジ部の誤差は小さくなる。

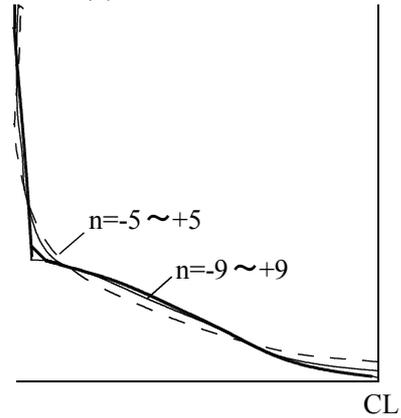
4. まとめ

船体断面、隔壁を鏡像化して閉曲線で近似し、フーリエ記述子により形状記述、および切断に利用するための精度について検討した。結論として、

(1) 曲線で構成される形状については原曲線に近い再生曲線が得られる。

(2) FR15 の様に鏡像化したとき角が生じる様な形状では、端点(接合部)近傍で再生曲線の精度が良くない。また FR0 の様な曲率の大きな曲線が組

(a) FR10 の例



(b) FR14 の例

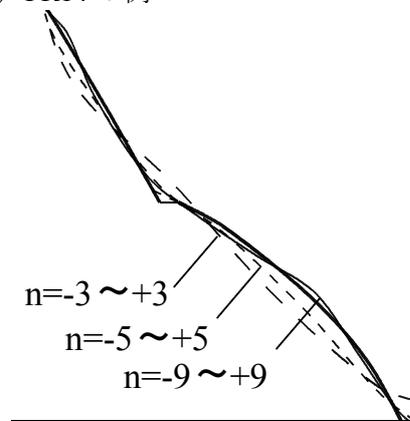


図-3 FDの次数による断面の再生曲線例

合わさった形状も端点、接合部近傍の再現性が良くない。

(3) 切断への再生曲線の利用を考えると、曲線の再現性が良い場合では切断への利用可能であるが、形状により無視出来ない誤差となる場合もある。

FRP 船工作時に要求される精度を考えると、開曲線に適用出来る記述方法などさらなる再現性を有する形状記述方法が求められる。

参考文献

- 1) 船体の自由曲面形状の作成(1),(2)日経デジタルエンジニアリング,P77-84, 1998-5
- 2) 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, 1984
- 3) Zahn, C. T. and Roskies, R. Z.: "Fourier descriptors for plane closed curves 2, IEEE Trans. Computers, C-21, (1972)
- 4) 山田他: 船体形状の記述と特長表現, 日本造船学会論文集, 第169号, 1991
- 5) 荒井他: 船体形状の記述と性能評価に関する研究(第1報), 日本造船学会論文集, 第182号, 1997