

新展開法による外板展開及び曲げ方案作成システムの開発

海上安全研究領域 構造安全性研究 G * 田中 義照
輸送高度化研究領域 インテリジェント加工法研究 G 安藤 孝弘
研究統括主幹 松岡 一祥
国土交通省 海事局 技術課 岩田 知明

1. まえがき

造船各社で使用されている外板展開法の多くは、情報処理技術レベルが今日ほど発達していなかった 1970 年代に構築されたものが多く、撓鉄作業工数の最適化が考慮されていないだけでなく、フェアリングされた曲面の展開においても近似が多く精度も悪い。また、曲げ方案は現図技能者及び撓鉄技能者の頭の中にあり、個別に後継者に伝承されるため、高度技能者の高齢化と後継者不足により、曲げ加工技術の伝承にも支障が出始めている。

そこで、技能伝承問題を根本的に解決するとともに、さらに進んで撓鉄作業の高度化をも実現することを目的として、外板展開法を工夫し（新展開法¹⁾という）、具体的な撓鉄作業手順の指示書を作成する「外板展開および曲げ方案作成システム」の開発に着手した。

本報告では、システム開発の「ものづくり基盤技術の高度化」プロジェクトにおける位置づけを示すとともに、本システムの基本概念、機能、及び展開性能等について概説する。

2. システム開発の位置づけ

本システム開発は、国土交通省海事局造船課からの受託研究「造船業の IT 化に伴う『ものづくり基盤技術』の高度化に関する研究」として平成 14 年度より実施されているプロジェクトの一部であり、(社)日本中小型造船工業会との共同研究「技能伝承のための撓鉄作業の高度化」として実施されている。初めにプロジェクト全体を概説し、続いて本システム開発のプロジェクトにおける位置づけを示す。

今日採用されている一般的な船舶生産システムは図-1 のとおりである。情報技術の発展とともに、

数値水槽 (CFD) や構造解析 (FEM による Design by Analysis) を駆使した設計・性能評価が行われつつあるものの、その下流にあたる生産現場では、前述のように熟練技能者のノウハウに負っている工程が多く残されている。したがって、この部分の工数管理は撓鉄作業任せとなり、管理者が生産工数を正確に把握することが困難な状況にある。

そこで、当所では「ものづくり基盤技術の高度化」プロジェクトを平成 12 年度より開始し（次世代造船技術の調査研究）図-2 に示すような一貫したデジタル情報に基づく精度管理、工程管理を可能とするシステム開発を目標に検討を進めている。本研究は、上記の受託研究及び共同研究の成果である「熱曲げデータベース」²⁾、及び「新しい外板展開法に基づく板曲げ実証実験」¹⁾の成果を基に「新展開法による外板展開及び曲げ方案作成」をシステム化するものである。今後、「曲げ方案の鋼板への自動マーキング」、木型による曲外板の精度確認を自動化するための「3 次元形状計測装置」、並びに、撓鉄作業の自動化を図る「自動板曲げ装置」の開発を行い、デジタル生産技術のプロトタイプを構築するほか、「撓鉄作業教育システム」を作成し、撓鉄技能者養成の一助とする予定である。

3. システムの仕様

3.1 システム開発の目的

平成 12 ~ 13 年度に実施した(社)日本中小型造船工業会との共同研究「撓鉄作業の技能伝承マニュアル作成」において、近年の情報処理技術の急速な向上に見合った高度な外板展開法を開発し、特許申請を行った¹⁾。この新展開法に基づく曲げ方案によれ

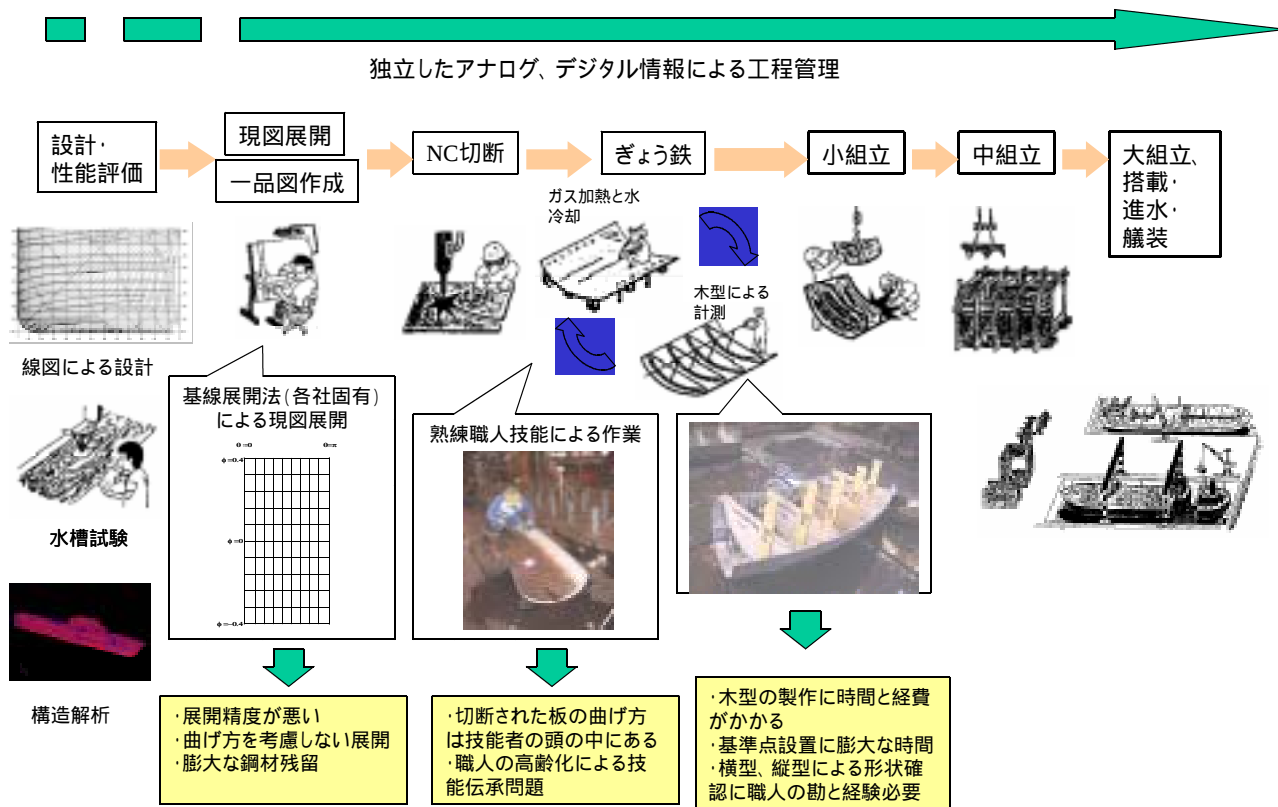


図-1 従来の船舶生産システム

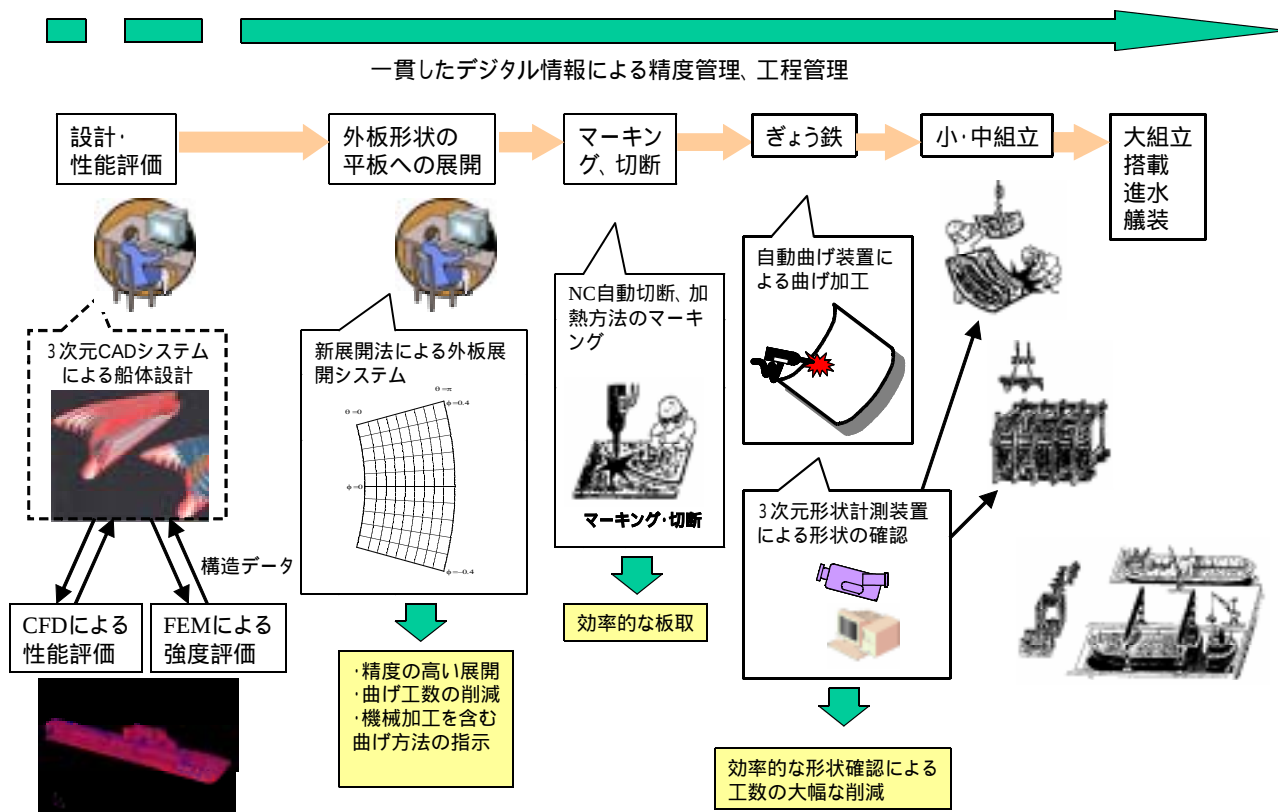


図-2 革新的船舶生産システム

ば、撓鉄作業工数を削減できるだけでなく、作業工数をあらかじめ計算できるようになる。また、熟練を要する複雑な曲面形状も的確な加熱指示を与えることにより、容易に目標形状が作成できる。本システムは、このような曲面形状の現図展開、及び、曲げ方案（撓鉄作業の指示）の作成をパソコン上で実現し、技能伝承問題の一助をなすことを目的とした。

3.2 他のシステムとの関連

基本的には日立造船情報システム(株)製の造船システム「GRADE/HULL」に新展開法ロジックを組み込むものとしたが、他のシステムで作成された外板曲面データでも、新展開法に基づく曲げ方案作成が可能となるインターフェースを構築する。

3.3 開発項目

本システム開発の対象は、以下に示す新外板展開プログラムの2つの機能、及び、入出力に関係する4つのファイルから構成される。

機能

- ・新展開法に基づく外板展開機能
- ・曲げ方案指示図表作成機能

ファイル

- ・線図ファイル
- ・外板部品形状ファイル
- ・外板部品図ファイル
- ・曲げ型加工用 NC ファイル

新外板展開プログラムとファイルの関係は、図-3に示すとおりであり、その内容を以下に規定する。

3.3.1 ファイル

1) 線図ファイル

線図ファイルは、昭和57年7月に日本造船学会システム技術委員会の線図標準化小委員会においてまとめられた「生産用線図の現状と今後の提言」の中で提案された標準データ形式による線図ファイルに対応できるものとした。また、線図情報はすべて円弧および直線で与えられるものとした。

2) 外板部品形状ファイル

GRADE/HULL システム内部の外板部品形状データ(板厚、開先、伸ばし等の属性を含む)を格納する。

3) 外板部品図ファイル

GRADE/HULL システム内部の外板部品図データ(外板調査寸法図、外板断面曲型寸法図、外板曲げ後けがき寸法図および縦曲げ型寸法図)を格納する(最大曲率線方向および最小曲率線方向の数値情報を含む)。

4) 曲げ型加工用 NC ファイル

GRADE/HULL システム内部の曲げ型作図データを格納する。

3.3.2 新展開法に基づく外板展開機能

1) ユーザーインターフェース機能

本システムに対する指示は、GUIを介して、操作者がキーボード、マウスまたはタブレットで行える機能を有する。

2) 線図ファイル読み込み機能

線図から得られる外板曲面のオフセット数値を線図ファイルから読み込む機能を有する。

3) 最大・最小曲率線方向算出機能

線図ファイルから読み込まれた外板曲面の最大曲率線方向及び最小曲率線方向を算出する機能を有し、各格子点上での最大曲率線方向及び最小曲率線方向を、部品図上にベクトル(矢印)にて表示できる。

4) 板取機能

外板曲面の最大曲率線方向及び最小曲率線方向を基にして、外板曲面を平板上に展開するときの板取を決定する機能を有する。

5) 外板曲面展開機能

新展開法に基づき外板曲面を平面に展開する機能を有する。外板曲面の展開は、接円錐展開によって行われる。すなわち、各格子点において最大曲率方向及び最小曲率方向を求め、最大曲率方向を結んだ線を第1接続線、最小曲率方向を結んだ線を第2接続線とする。隣接する3本の第1接続線で囲まれた帯状領域を作成し、この帯状領域の各外板格子点において第2接続線方向が円錐の等高線に接する円錐を仮決定する。帯状領域をこの円錐面の一部として展開する。展開された弧状の第2接続線毎に曲率中心角を求める。これら曲率中心角のうち最大のものを基準とし、それ以外のすべての第2接続線を、この基準となる最大曲率中心角に等しくなるように伸ばす。この伸ばし率を第1接続線方向に積分する。この積分した値が最小となる(絞り量が最小となる)

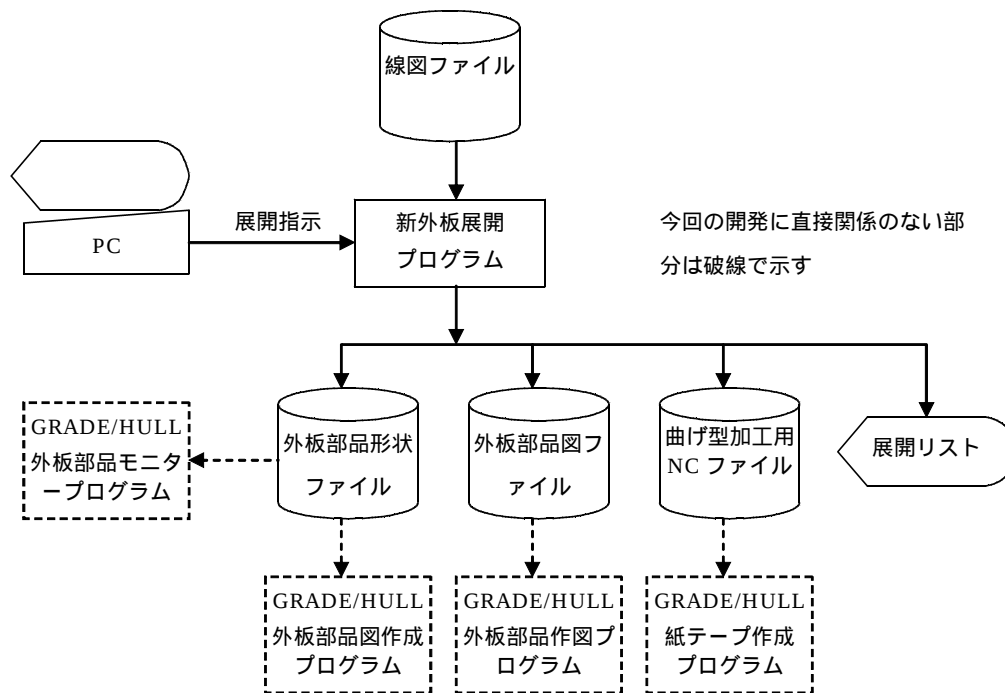


図-3 本システムの機能構成

円錐面が最適円錐面として決定される。以上のようにして決められた円錐面と外板曲面の接点を基準にして展開を行う。

展開された帯状領域同士の接続ギャップは最小二乗法により最適化する。すなわち、指定した帯板領域の最大及び最小曲率線と、隣接する帯状領域の最大及び最小曲率線とが接続線（便宜的なシーム線あるいはパット線）上で、スムーズに連続するように最適化する。

6) ファイル格納機能

展開結果を外板部品形状ファイル、外板部品図ファイル、及び、曲げ型加工用 NC ファイルに格納する機能を有する。

7) その他

線図データは通常、内モールドで表現されているので、板厚修正については、板厚半分外に出して垂線補正を行う。

3.3.3 曲げ方案指示図表作成機能

1) 加熱方法算出および出力機能

外板曲面を加工するための加熱位置及び加熱時間を算出し、数値データを表出力する機能を有する。また、数値データは CSV 形式のファイルとして保存する。

2) マーキン線位置計算および表示機能

加熱位置及び加熱時間の情報を撓鉄作業者に指示するための、加工部材上に描くマーキン線の位置を計算し、表示する機能を有する。他のマーキン線と重なる場合は、他のマーキン線を優先して表示する。また、表示した図形およびマーキン線は、汎用 CAD で読み込み可能な DXF ファイル形式で保存できる。

4. あとがき

本システム開発は、平成 14 年度より 2 年計画で進められているものである。初年度は、新展開法ロジックを GRADE/HULL に概ね組み込むことができた。次年度は、未開発機能の追加、チューニング、さらに実証試験による性能確認を進め、システムを完成させる予定である。

参考文献

- 1) 松岡一祥、田中義照、岩田知明、勝又健一、安藤孝弘：新しい外板展開法に基づく板曲げ実証実験、平成 15 年度海上技術安全研究所研究発表会講演集、(2003)。
- 2) 岩田知明、安藤孝弘、田中義照、松岡一祥：熱曲げデータベース、平成 15 年度海上技術安全研究所研究発表会講演集、(2003)。