

## 匠の技「ぎょう鉄」の問題を 解決する研究



(独)海上技術安全研究所  
松尾 宏平、松岡 一祥

## 匠の技 ぎょう鉄の問題を解決する 新しい外板展開法を紹介します。

↓

### 新外板展開法「曲率線展開法」

## 発表の構成

- ぎょう鉄について
- 外板展開について
- 曲率線展開法の展開原理について
- 曲率線展開システムについて
- システムの導入実績について
- さいごに

## ぎょう鉄

- ・平板から、船体の曲り外板を形成する作業
- ・匠の技の代表格



- ・船首、船側、船尾
- ・バルバス、スタンフレーム
- ・その他特殊形状
- ・アフラタンカーで約120枚程度  
(片舷)

## ぎょう鉄の工程

・プレス、ローラーベンダー、それにガス加熱

材料と曲げ型が与えられて・・・



NC切断された平板



曲げ型 (木型)

## ぎょう鉄の工程

プレス、ローラーベンダーで粗曲げ



- ・板の大まかな形をつける
- ・直線のプレス線・ローラ線で曲げる
- ・なるべく目的形状に近いところまで仕上げられれば有利

## ぎょう鉄の工程

### ガス加熱で調整



- ・鋼板に熱を加えて、曲げ・縮みをつける
- ・粗曲げ後の調整、難しく、時間がかかる

## ぎょう鉄の工程

### 曲げ型で形状確認



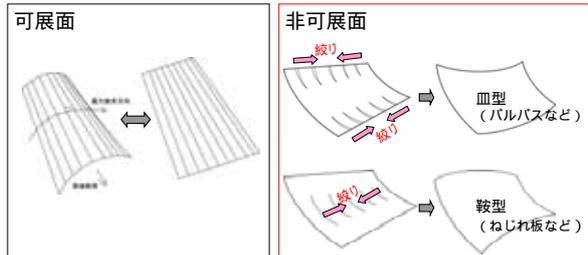
組立工程

## ぎょう鉄の特徴 ~ 職人技能の現状 ~

- ・ 3次元イメージができない。
- ・ どこを、どうすればいいかわからない。
- ・ 思い通りに加工できない。
- ・ 曲げ加工手順は現場任せ。
- ・ 過去のデータ・経験で方針を立てる。
- ・ 職人によって、加工手順が異なる。
- ・ 正確な加工線を求めることは難しい。

## ぎょう鉄の特徴 ~ 曲面形状の観点から ~

- ・ ぎょう鉄が難しいのは非可展面だから
- ・ 面内で縮み(絞り)が必要な曲面



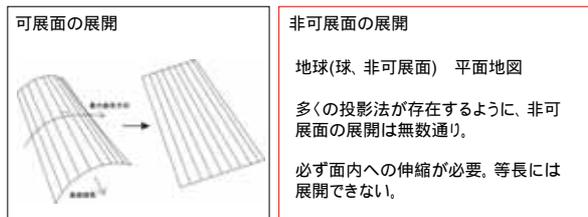
## 非可展面の形成

- ・ 造船のぎょう鉄では、絞りをガス加熱でつける
- ・ 曲げと絞りが複雑に入っている



## 外板展開

- ・ 対象となる平面形状を求めること(設計)
- ・ 非可展面の展開がポイント  
面内に伸ばしを入れて展開する  
展開図は無数に存在



## 造船の外板展開

- ・ 古典的な外板展開法
- ・ FR情報があれば、製図の世界で展開できる
- ・ 展開原理に仮定・近似を含む

展開があやふや

現場に詳細な作業指示を出せない

展開形状が最適とは限らない



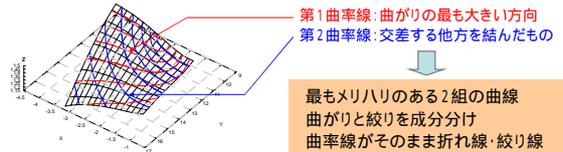
- ・ 幾何学的に厳密な展開を行い、問題を解消。  
曲率線展開法を開発

## 曲率線展開法

- ・ 曲率線を用いる展開方法
- ・ 展開過程が幾何学的に厳密
- ・ 詳細な作業指示線を出力可能

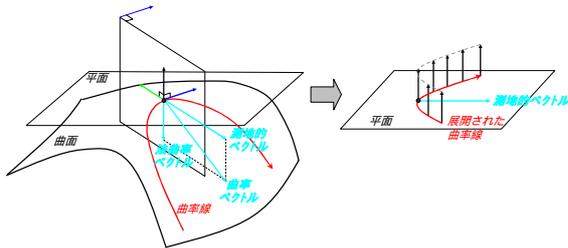
曲率線：

法曲率の最大・最小方向をそれぞれ結んだ表面上の2組の曲線  
互いに直交



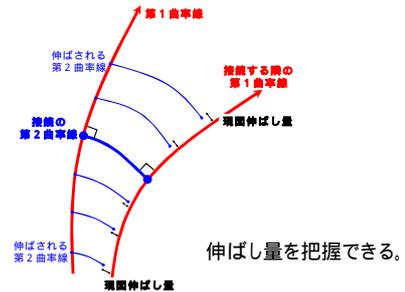
## 曲率線展開法

- ・ 曲率線を厳密に平面展開



## 曲率線展開法

- ・ 展開した曲率線同士を位置関係を保ったまま接続。板全体の展開形状を得る。



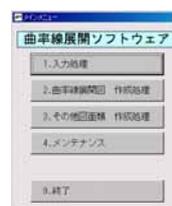
## 曲率線展開法 ~まとめ~

- ・ 展開基線を幾何学的に厳密に平面展開。
- ・ 展開後の位置関係を厳密に決定。
- ・ 最適な展開形状が得れる。
- ・ 作業指示線、絞り量が分かる。

計算機(PC)の普及、線図情報の3D化で、  
これからは新展開法の時代へ。

## 曲率線展開システム

- ・ 曲率線展開法を実装した現図展開ソフト
- ・ ぎょう鉄作業の効率化を実現  
板にプレス線 & ガス加熱線が入る



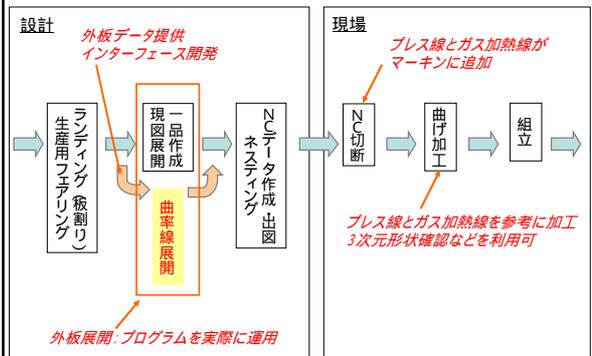
- ✓ Windows PC スタンドアロン
- ✓ 既存の造船設計システムと依存なし
- ✓ 外板の数値データがあれば、単体で利用可能
- ✓ 汎用CADソフトで利用可能な出図
- ✓ 造船のほとんどの外板に適用可能

## 曲率線展開システム

- ・「曲率線展開法」を行う**外板展開プログラム**
- ・外板の形状データを入力し、**外板展開図**を出力する
- ・展開図には、**作業指示線**が入っている



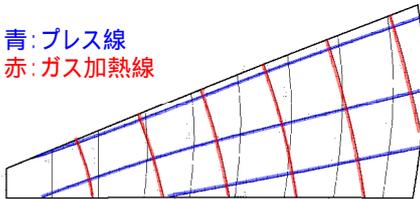
## 曲率線展開システム ~位置付け~



## 曲率線展開システム ~出力例~

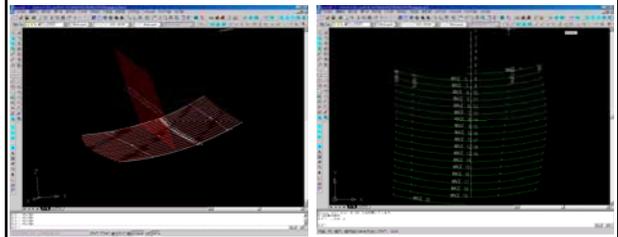
- ・展開図
- ・ **プレス線**、**プレス量**、**ガス加熱線** を出力

青: プレス線  
赤: ガス加熱線



## 曲率線展開システム ~出力例~

- ・ 板の3D形状、曲げ型図なども出力



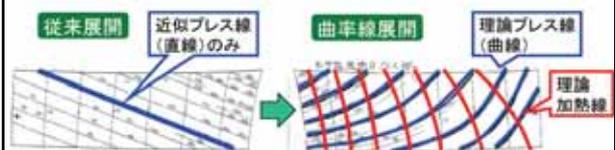
## システムの導入・実績

- ・ 大手造船所の生産ラインで実動。
- ・ 良好な成果をあげている。
  - 約1年間の導入実績
  - 作業効率の向上 (約30%工数削減)
  - 加工精度 (仕上精度) の向上
  - 作業の定量化
  - 職人に好感



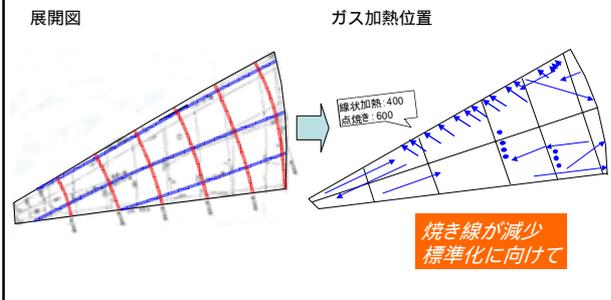
## システムの導入・実績 ~造船所での導入事例~

現場への詳細な作業指示の出図



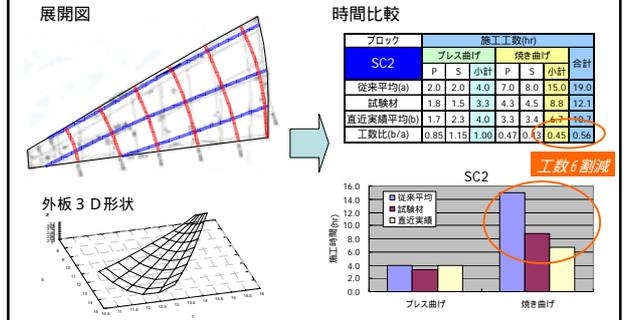
## システムの導入・実績 ~造船所での導入事例~

### 作業の効率化(ガス加熱の減少)



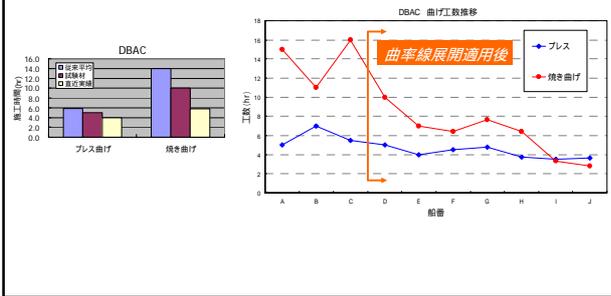
## システムの導入・実績 ~造船所での導入事例~

### 作業の効率化(時間短縮)



## システムの導入・実績 ~造船所での導入事例~

### 作業の効率化(時間短縮)



## さいごに

- ・ ぎょう鉄は、メリハリのある加工手順で。
- ・ 「曲げ」と「絞り」の成分分けが重要。
- ・ 本手法は、高度な熟練工の加工イメージの再現・定量化。

### ぎょう鉄施工のイメージ

