
3次元フェアリング技術を用いた 線図フェアリングの効率化検討

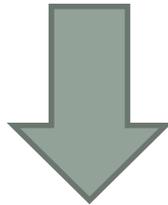
ジャパンマリンユナイテッド株式会社
株式会社アルモニコス
北日本造船株式会社
国立大学法人 神戸大学
NAPA Japan株式会社

内容

- 研究の背景と目的
- 3次元面フェアリング技術
- フェアリング作業適用事例
 - ジャパンマリンユナイテッド(JMU)検討事例
 - 北日本造船(KSB)検討事例
 - 3次元フェアリングの技術的評価および今後について
- 生産システムへの受け渡し検証
- 本研究の成果/今後の課題

研究の背景と目的

- 線図フェアリングは造船業にとって不可欠であるが、長時間の作業と熟練した技術が必要

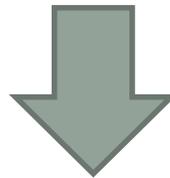


- 3次元面生成技術を利用し、線図フェアリング作業の効率化及び簡易化が可能か初期検討を行う
 - 3次元面生成技術に線図フェアリング上必要な機能追加
 - 開発したソフトウェアでフェアリング作業を実施
 - 従来のフェアリング手法と比較し、メリット及び課題を抽出

3次元フェアリング技術

3次元フェアリング技術の開発

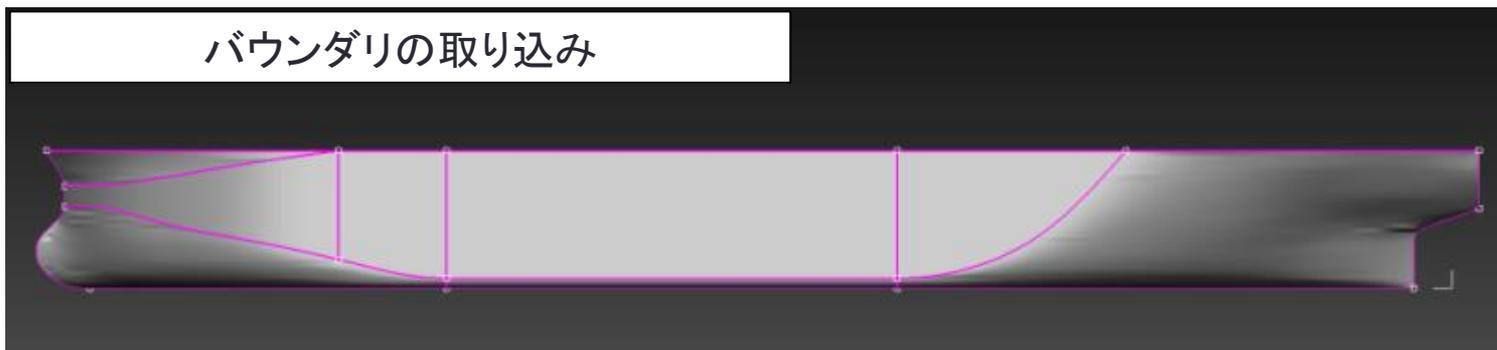
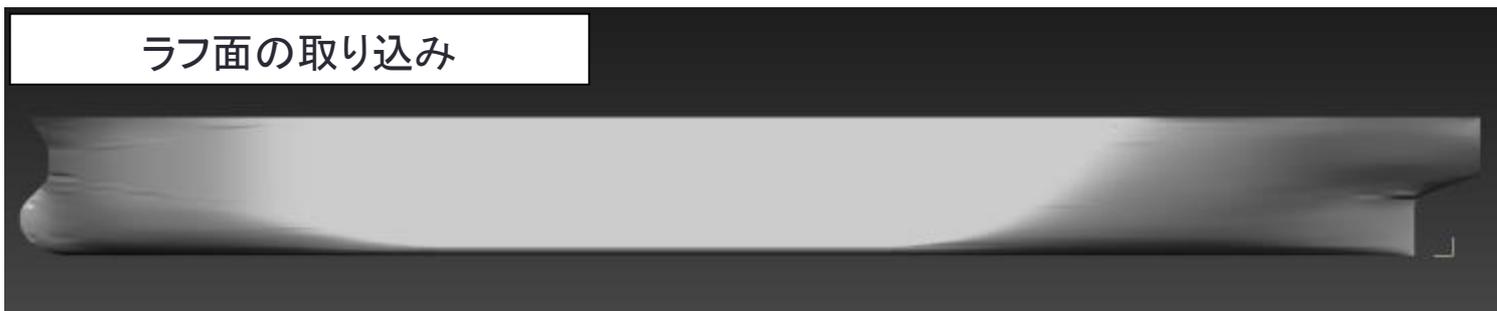
- アルモニコス有する3次元面生成技術に線図フェアリング上必要な機能追加
 - データのINPUT/OUTPUT機能
 - 2次元曲面, 1/4R面の作成
 - フェアリング機能
 - フェアリング精度の評価機能



3次元フェアリングソフトNK Surf(仮称)を開発

開発した主な機能(1)

- ラフ面の取り込み、バウンダリの取り込み
操作)
 - ラフ面、及びバウンダリのIGESデータ、フェアリングシステムに取り込む。



開発した主な機能(2)

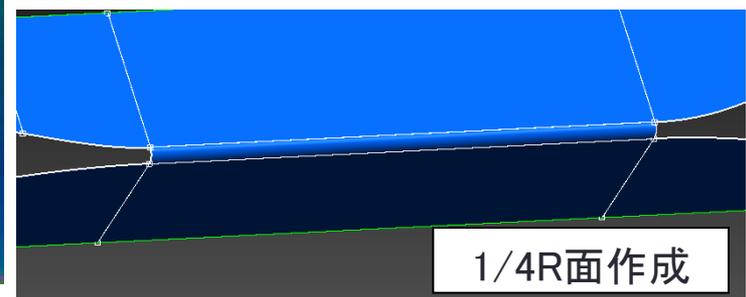
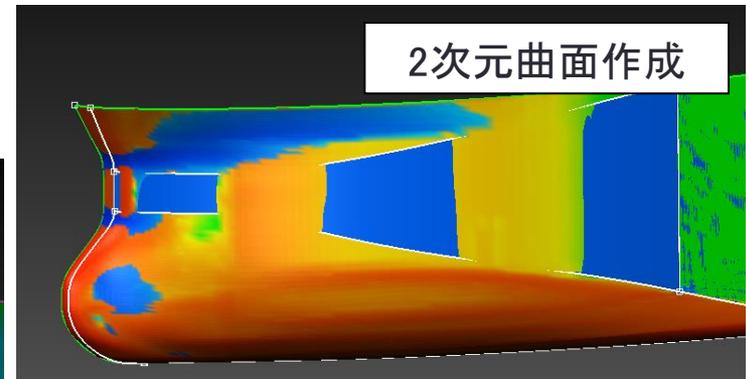
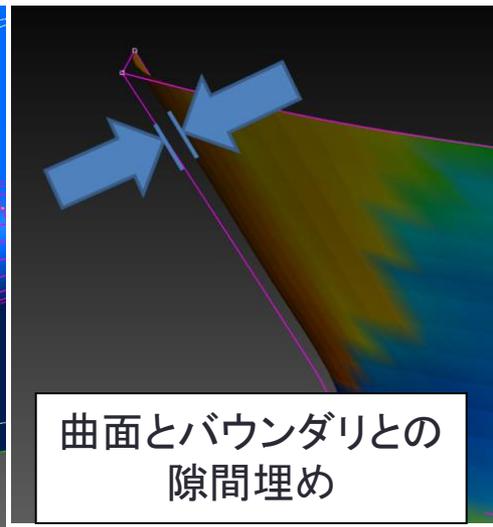
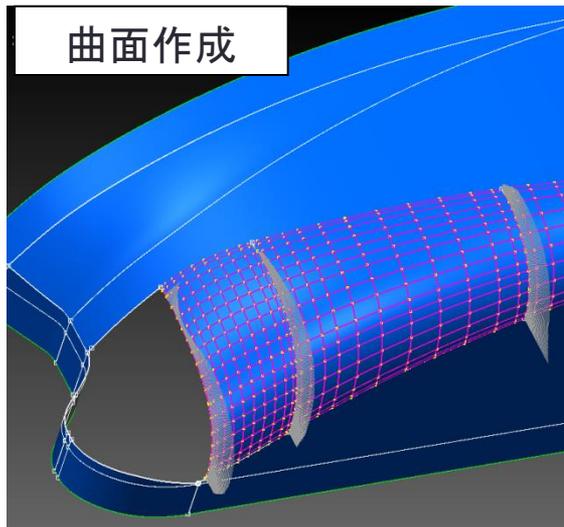
- 曲面作成
2次元曲面, バウンダリFit, 1/4R面

操作)

- 曲面作成を行う。
- 隣接面との連続性は曲面定義次に都度行う。

2次元曲面作成機能(1次×3次曲面)

1/4R面作成機能

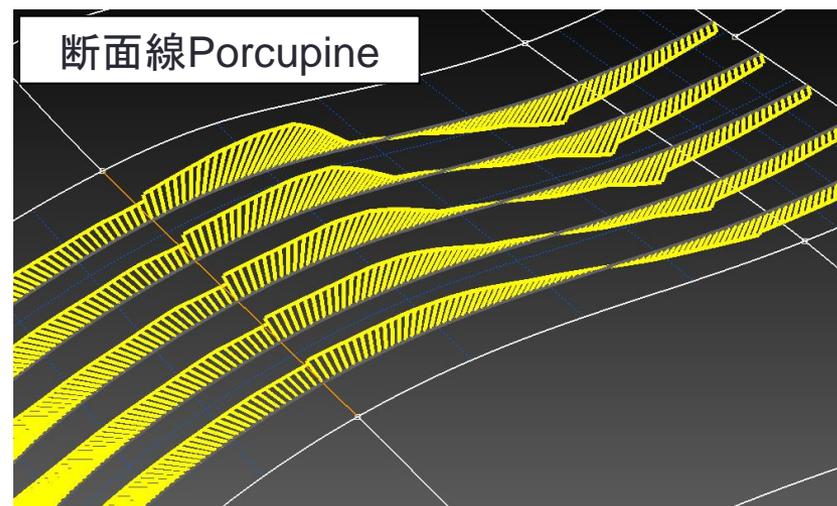
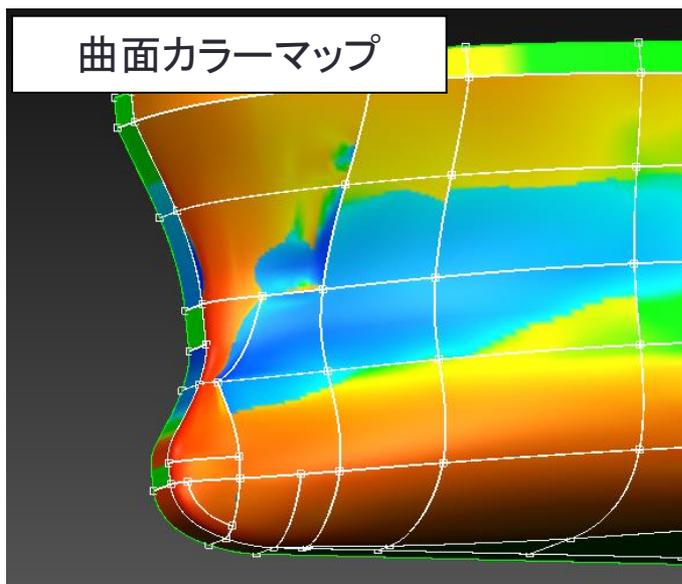


開発した主な機能(3)

- 曲面品質チェック
曲率カラーマップ, 断面線Porcupine

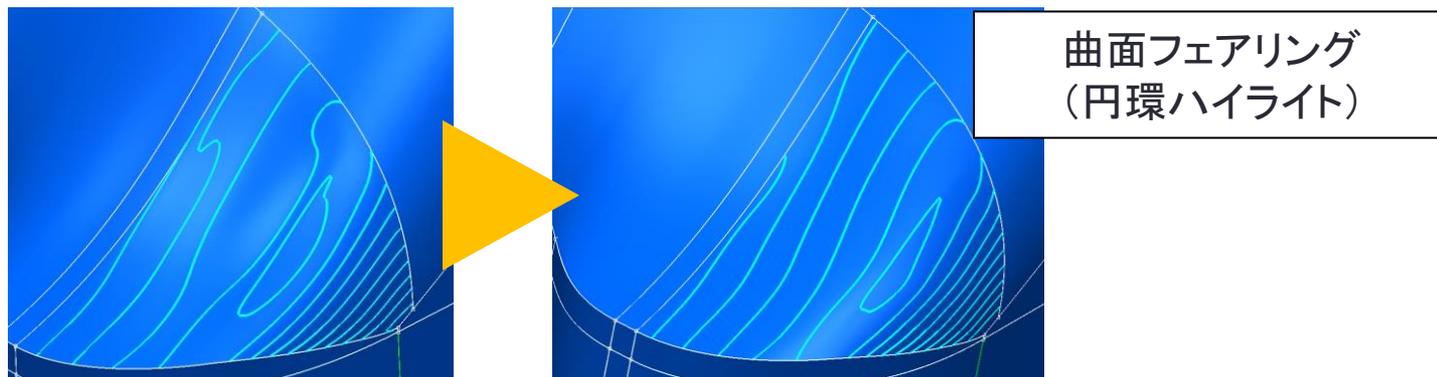
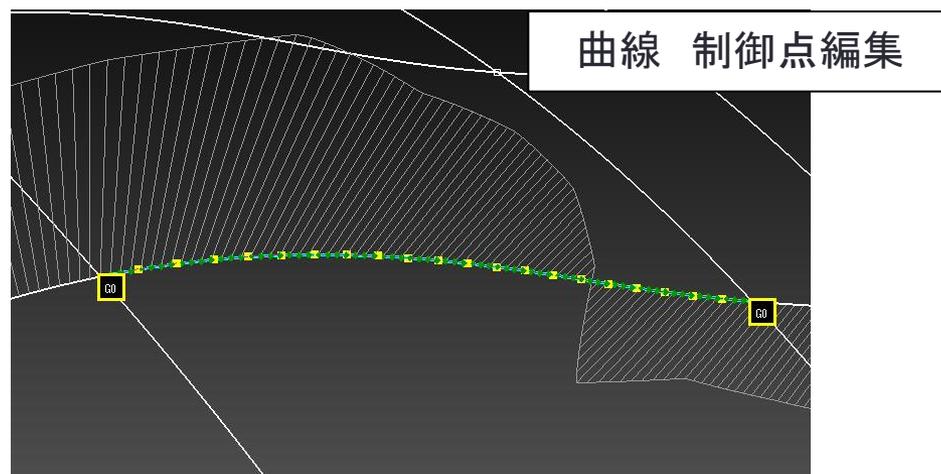
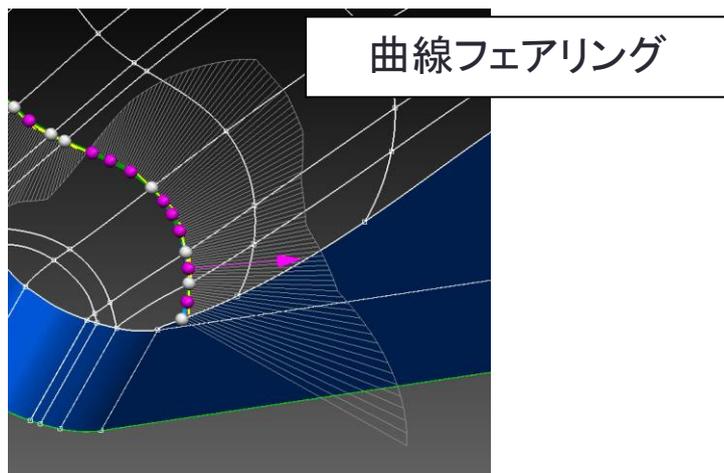
操作)

各チェックを実行する。



開発した主な機能(4)

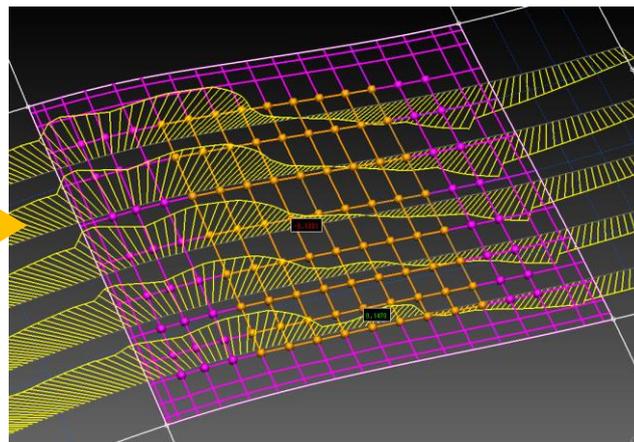
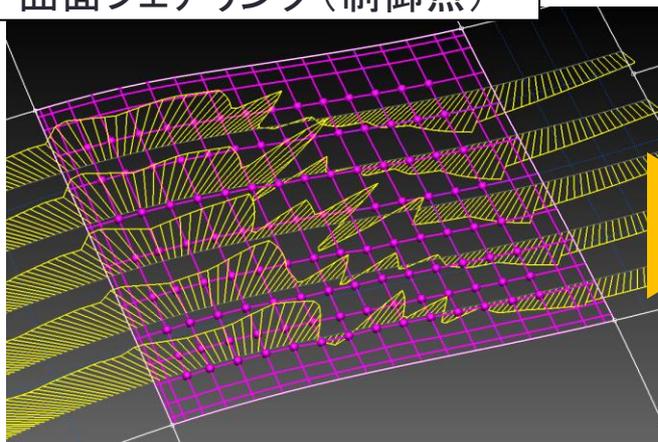
- 各種フェアリング機能1



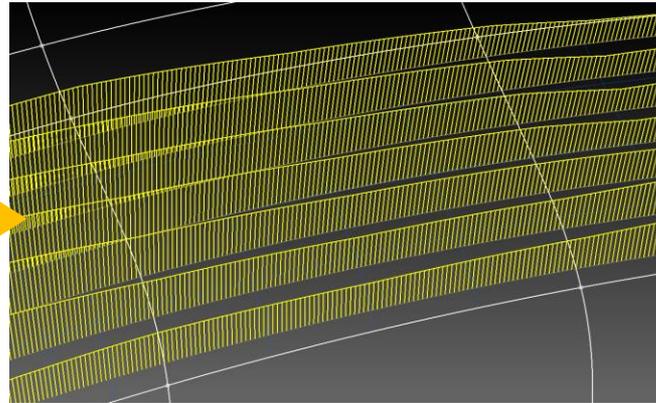
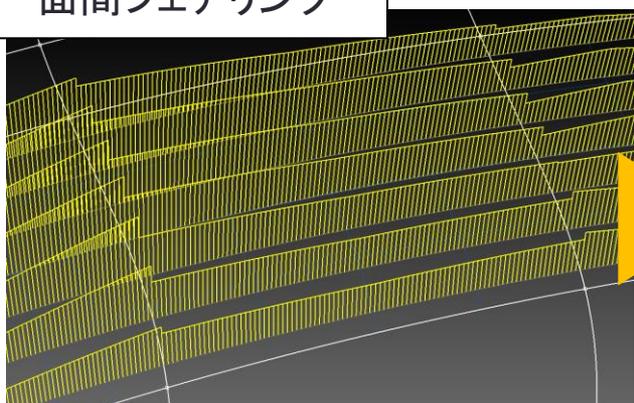
開発した主な機能(5)

- 各種フェアリング機能2

曲面フェアリング(制御点)



面間フェアリング

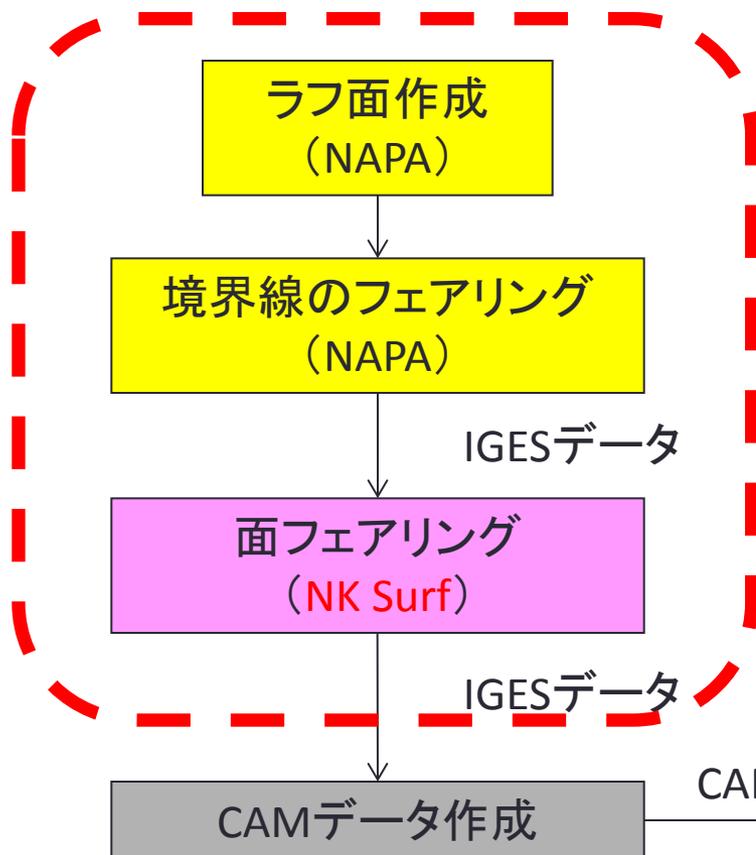


3次元フェアリング適用事例

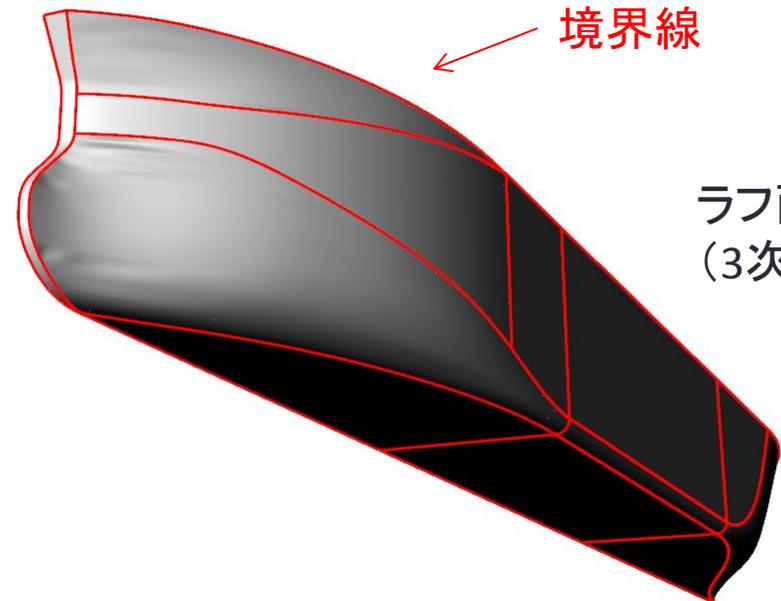
JMU事例 (VLCC, コンテナ船)

JMUでの3次元フェアリング適用の流れ

JMUでは水槽試験用模型を製作するための線図フェアリングを想定

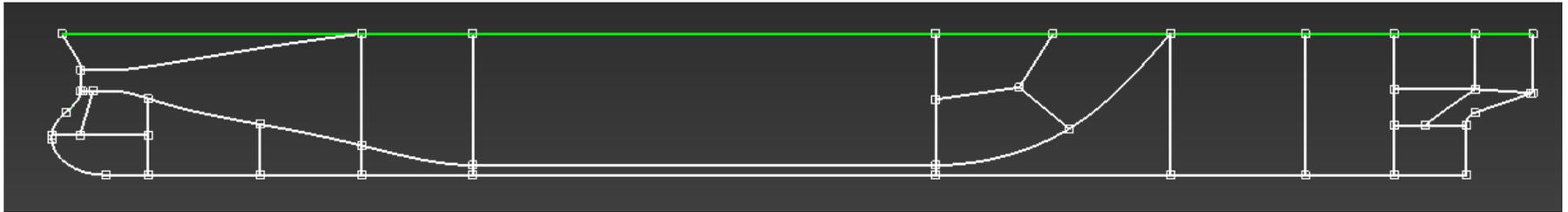


ラフ面では所々に大きな皺が発生している



ラフ面図
(3次元データ)

VLCC船型への適用



境界線としては

- 各面構成の面間境界線
- 3次元曲面を分割する線を適宜追加
⇒曲率が大きい部分は面分割を実施しフェアリング精度を上げる

NK Surf作成面の変化 (VLCC)

ラフ面



NK Surf開発序盤

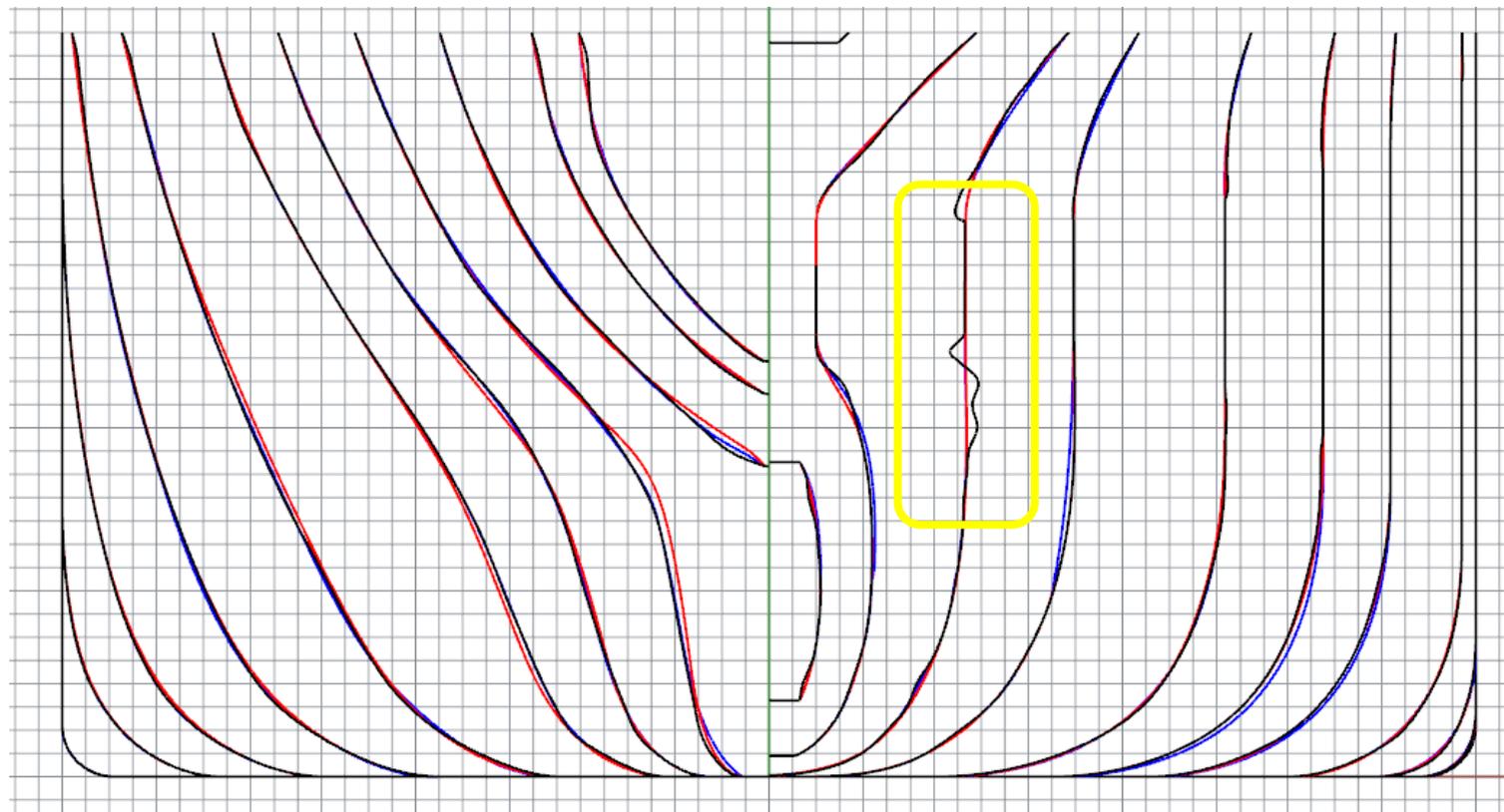


NK Surf最終版

G2連続
曲面フィット
曲面フェアリング



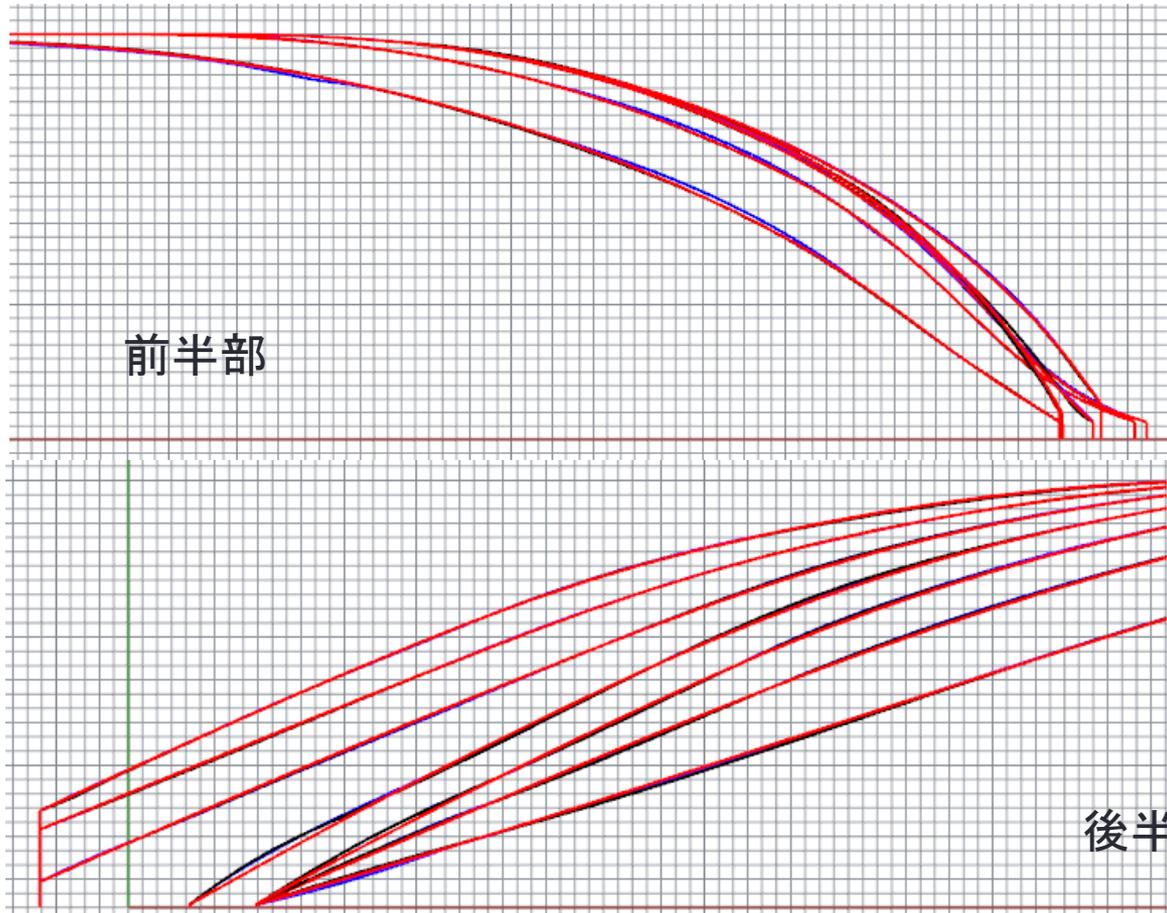
Frame (FR) 比較



Black : B.F. Fairing
Blue : NK Surf Fairing
Red : NAPA Fairing (従来法)

- NK Surfフェアリングで、ラフ面の大きな皺は改善
- フェアリング前後での形状変形量は、NAPAとNK Surfではほぼ同等

Water Line (W.L.) 比較



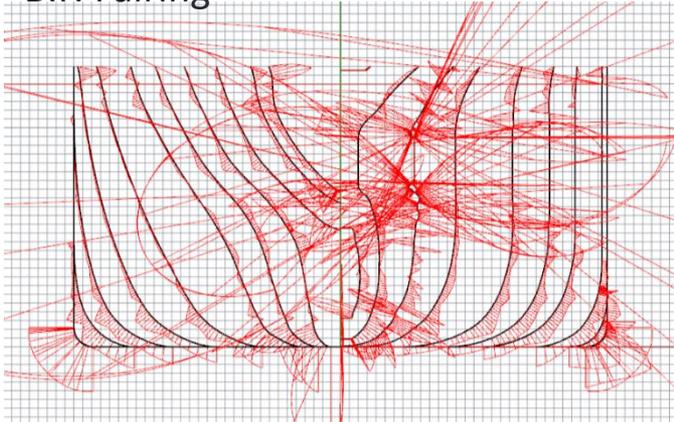
1,5,10,15,20,25,30m from Base Line

Black : B.F. Fairing
Blue : NK Surf Fairing
Red : NAPA Fairing (従来法)

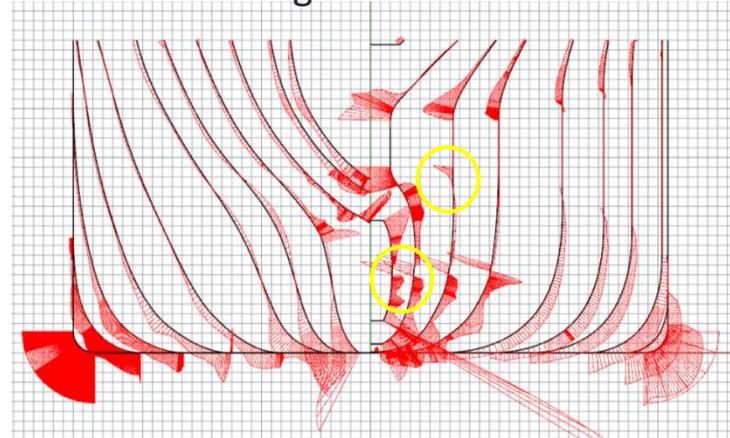
- フェアリング前後での形状変形量は、NAPAとNK Surfではほぼ同等

Porcupine (Section Line)

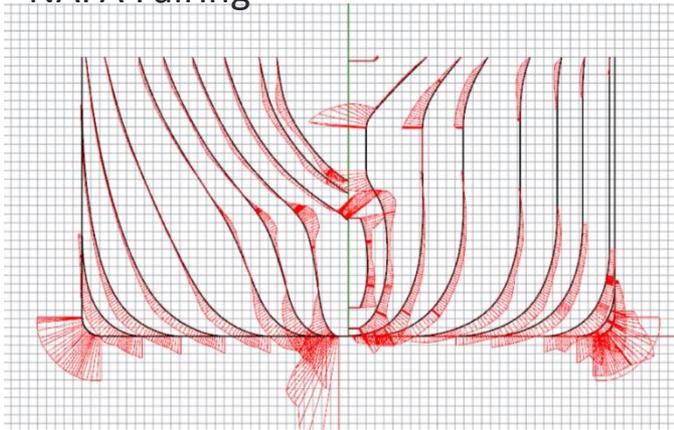
B.F. Fairing



NK Surf Fairing



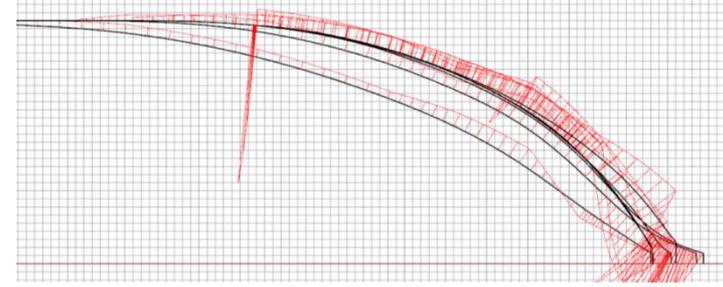
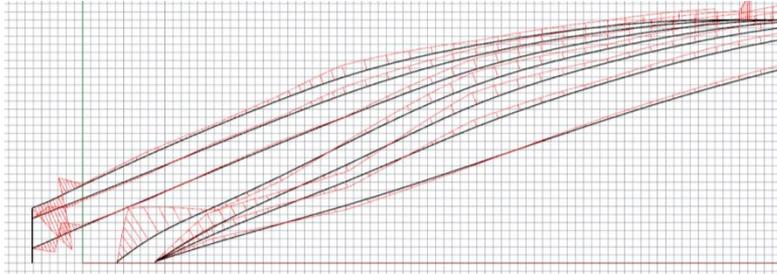
NAPA Fairing



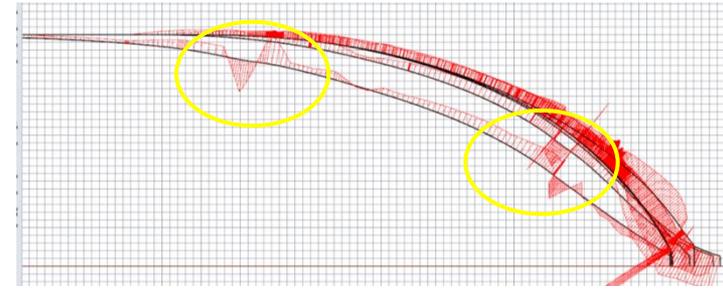
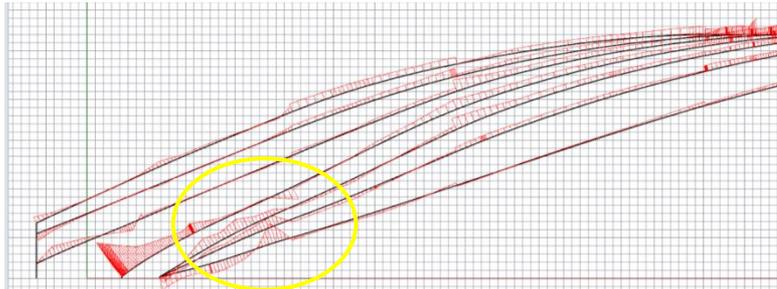
- NAPA Fairingに劣るが、曲率変化はラフ面から改善
- 模型試験(性能面)では大きな問題とならないレベルにフェアリングされている

Porcupine (Water Line)

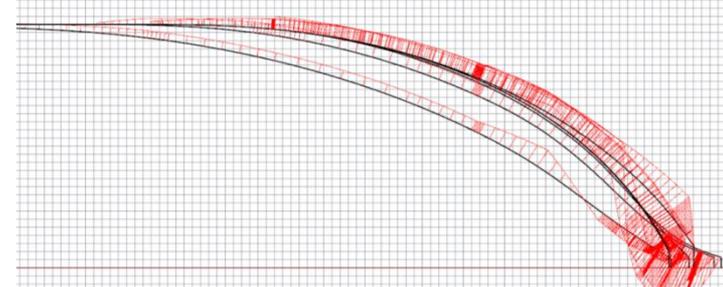
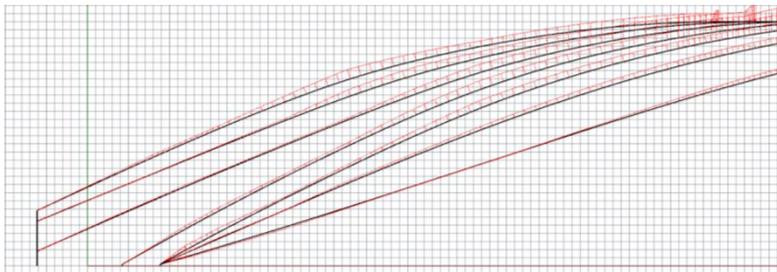
B.F. Fairing



NK Surf Fairing

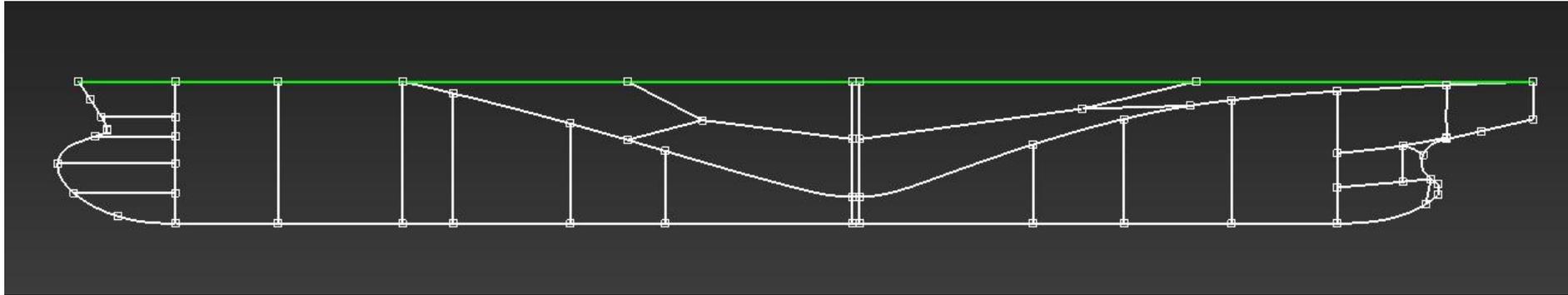


NAPA Fairing



- NK Surfでは一部で急激な曲率変化が発生
⇒曲率変化が大きい場所は面と面の結合位置

コンテナ船型への適用

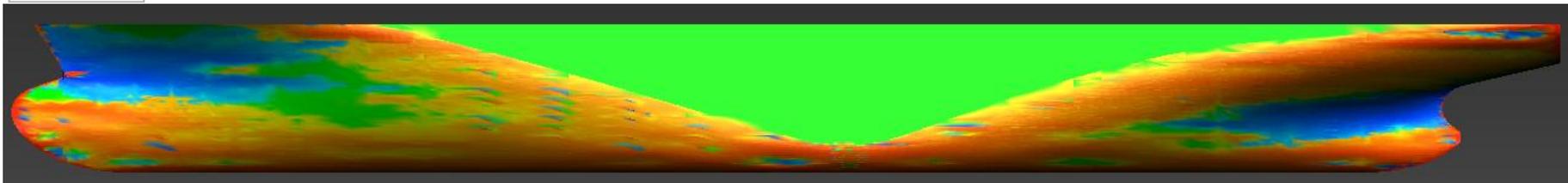


境界線としては

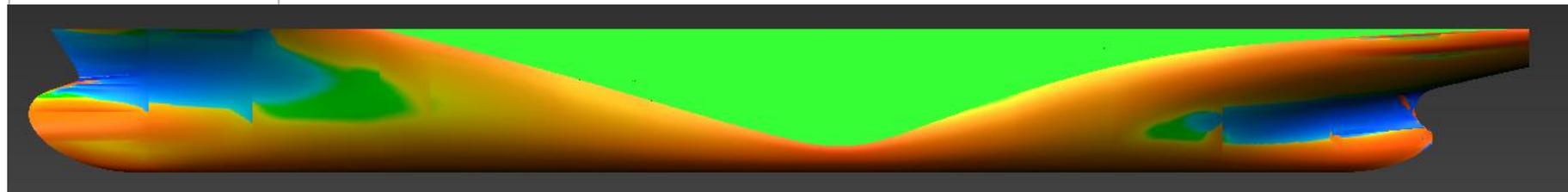
- 各面構成の面間境界線
- 3次元曲面を分割する線を適宜追加
⇒曲率が大きい部分は面分割を実施しフェアリング精度を上げる

NK Surf作成面の変化 (VLCC)

ラフ面



NK Surf開発序盤

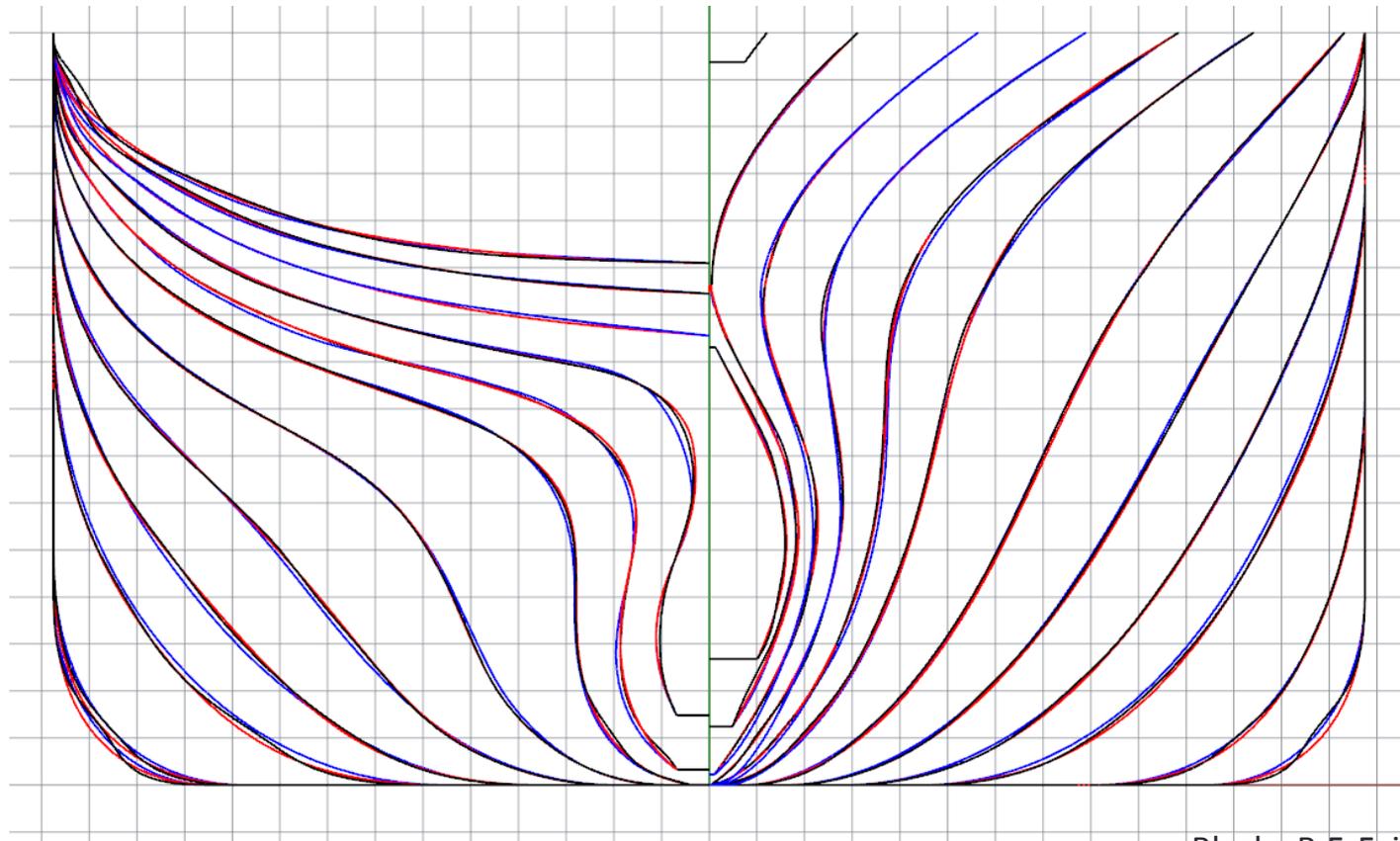


NK Surf最終版



G2連続
曲面フィット
曲面フェアリング

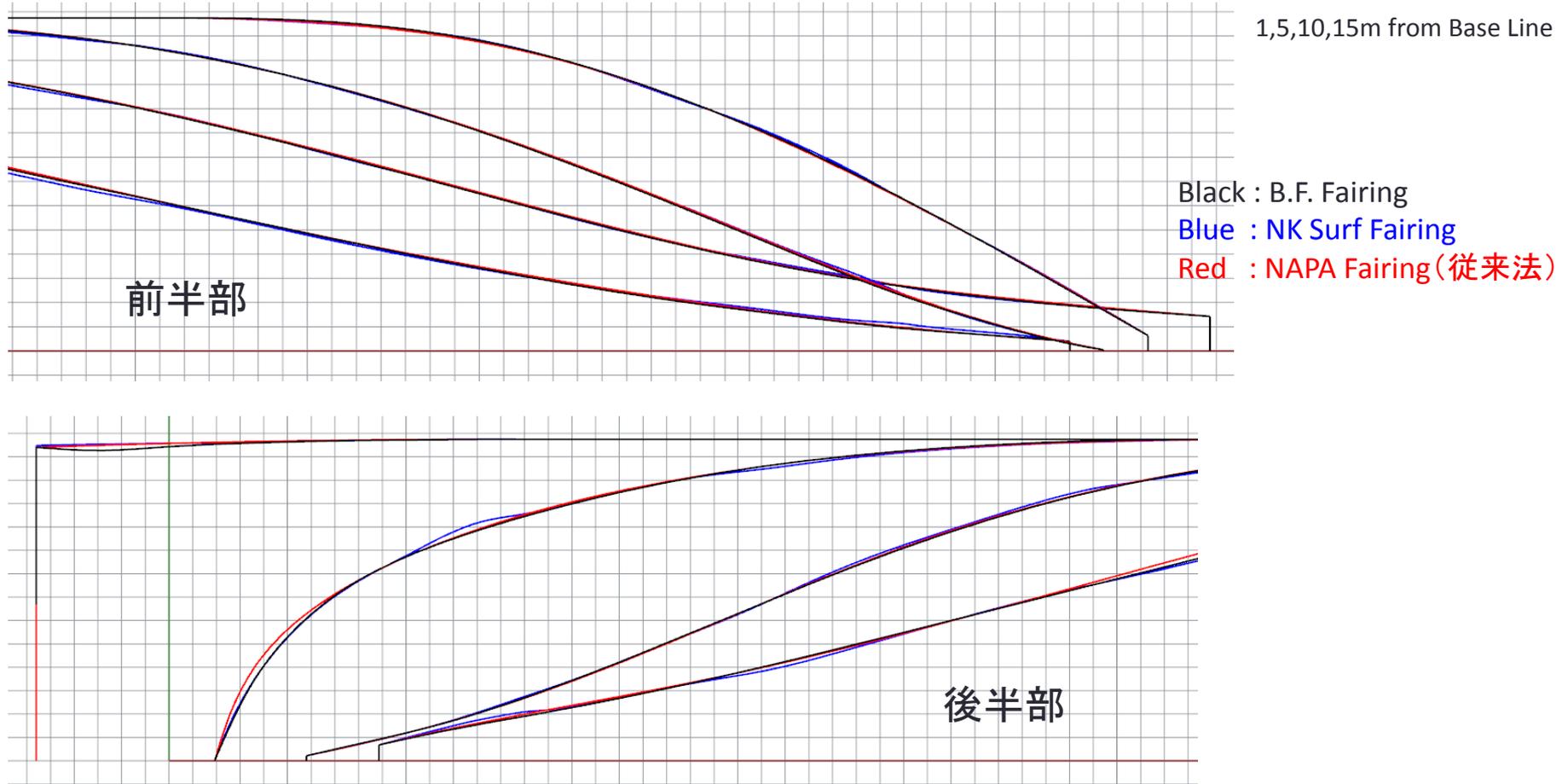
Frame (FR) 比較



Black : B.F. Fairing
Blue : NK Surf Fairing
Red : NAPA Fairing (従来法)

- NK Surfフェアリングで、大きな皺は改善
- フェアリング前後での形状変形量は、NAPAとNK Surfではほぼ同等

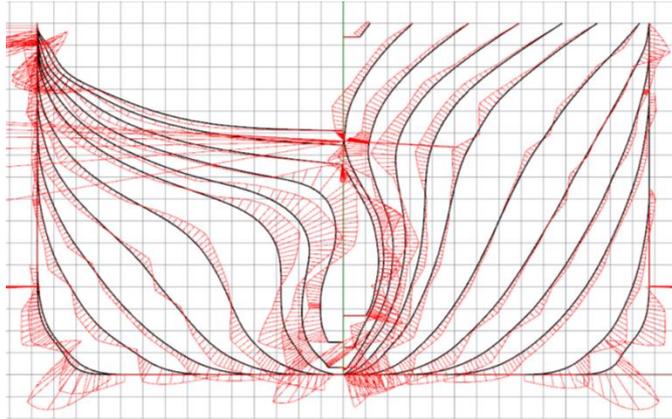
Water Line (W.L.) 比較



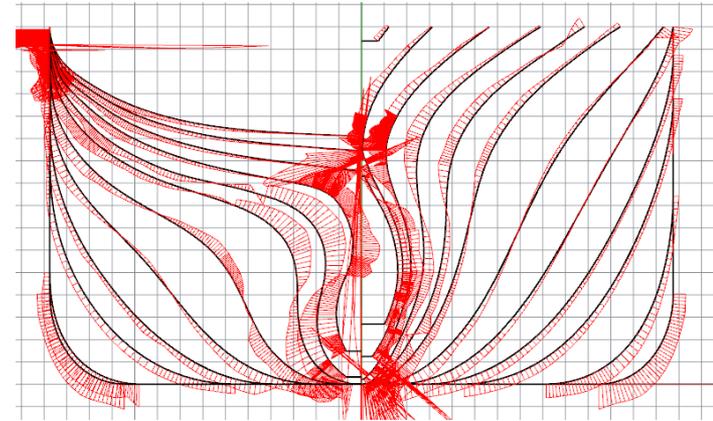
- NK Surfフェアリングで、大きな皺は改善
- フェアリング前後での形状変形量は、NAPAとNK Surfではほぼ同等

Porcupine比較 (Section Line)

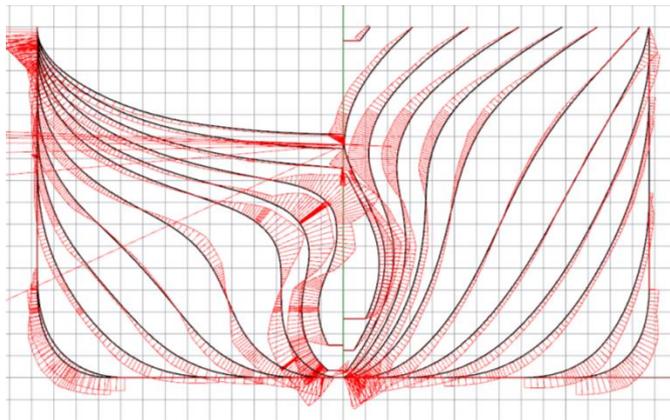
B.F. Fairing



NK Surf Fairing



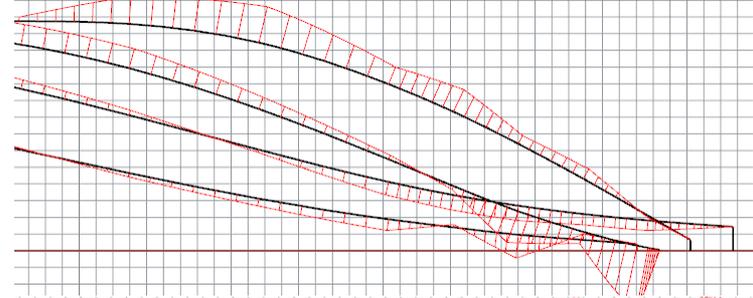
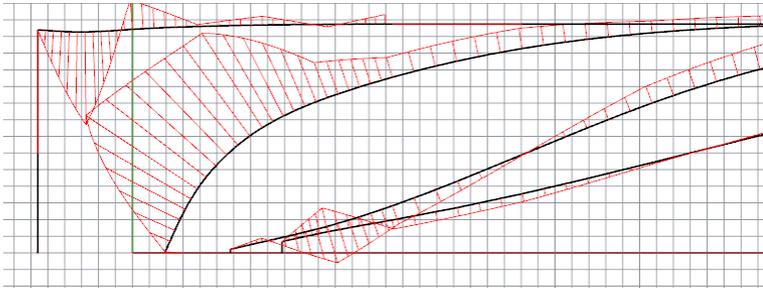
NAPA Fairing



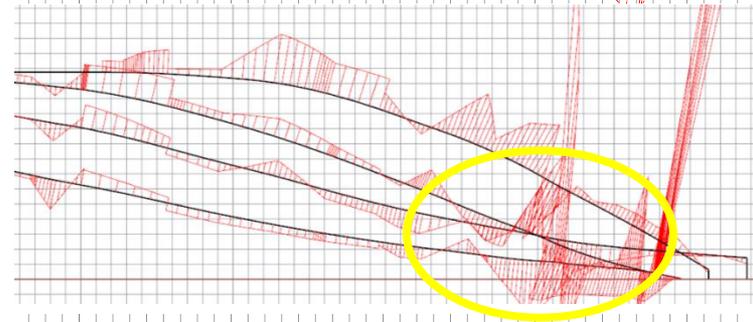
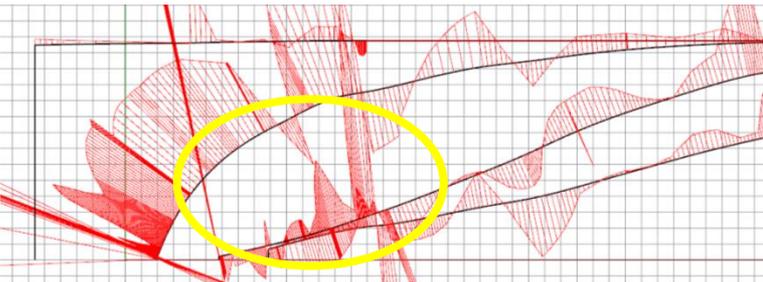
- NAPA Fairingに劣るが、ラフ面から曲率変化が改善
- 模型試験(性能面)では大きな問題とならないレベルにフェアリングされている

Porcupine比較 (Water Line)

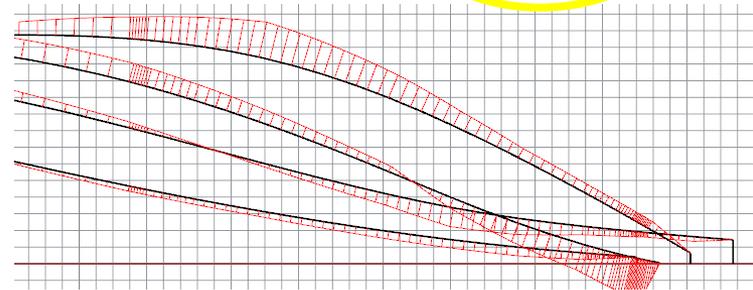
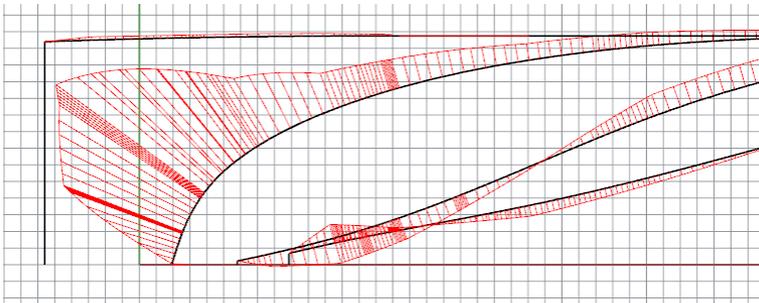
B.F. Fairing



NK Surf Fairing



NAPA Fairing



- NAPA Surf Fairingは急激な曲率変化が発生している
⇒曲率変化が大きい場所は面と面の結合位置

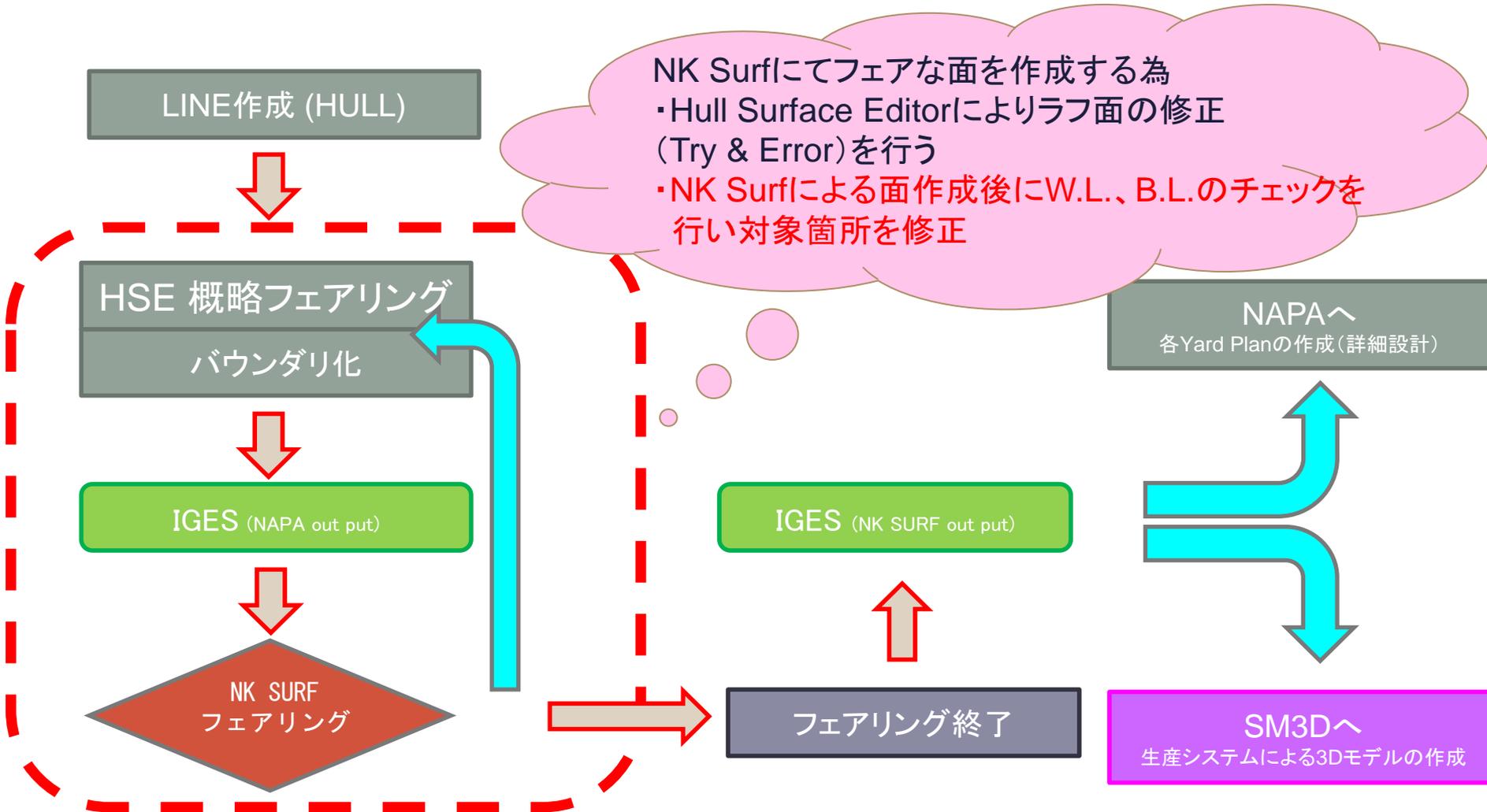
3次元フェアリング適用結果 (JMU)

- NK Surfのフェアリングによりラフ面からはフェアネスが大きく向上
- NK Surfは操作も容易で、短期間の訓練でフェアリング作業が可能
- NK Surfの利用によりフェアリング作業が1～2日程度に削減（従来手法のNAPAでは1～2週間程度）
ただし、従来手法のNAPAによるフェアリングからは精度が劣るため、フェアリング精度の向上が必要

3次元フェアリング適用事例

KSB事例(ケミカルタンカー)

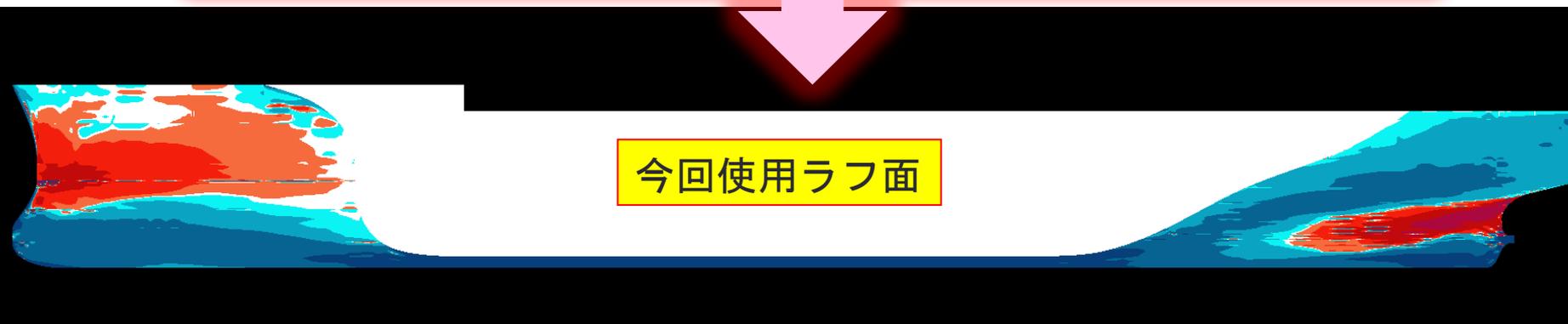
KSBでの3次元フェアリング適用の流れ



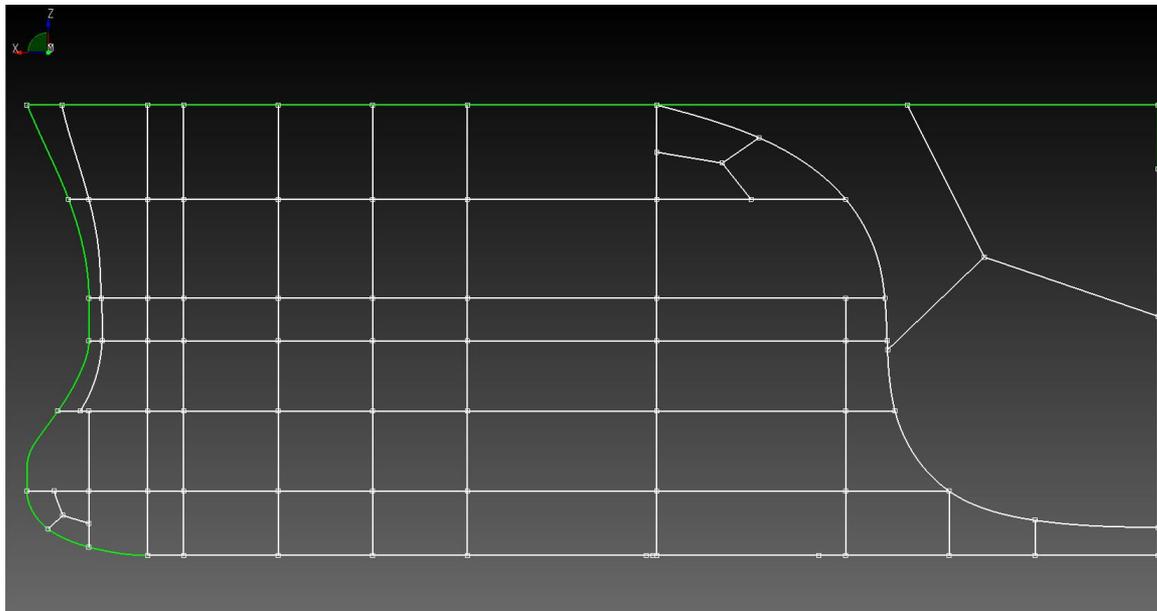
Hull Surface Editorによるフェアリング



Hull Surface Editorにてフェアリング
どこまでラフ面を整えれば良いか、見極めが必要
(やりすぎはNAPAの工数⇒増)



オモテバウンダリ調整

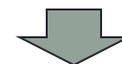


- ORD.の上部は歪みがあるため修正

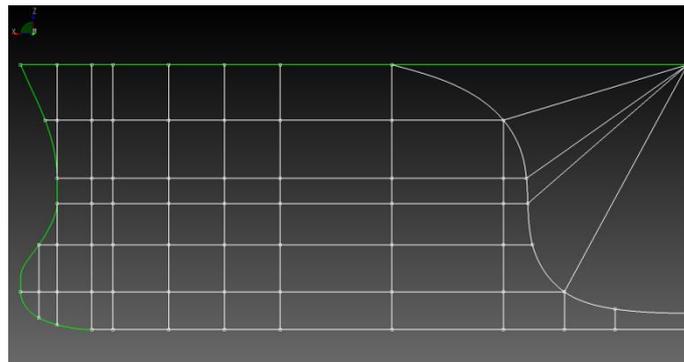
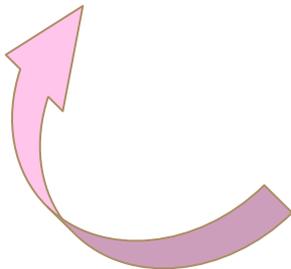


曲線フェアリングにて修正

- 補助としてラフ面の曲率を参考にフリー曲線追加
- 面を張りながらフリー曲線を調整

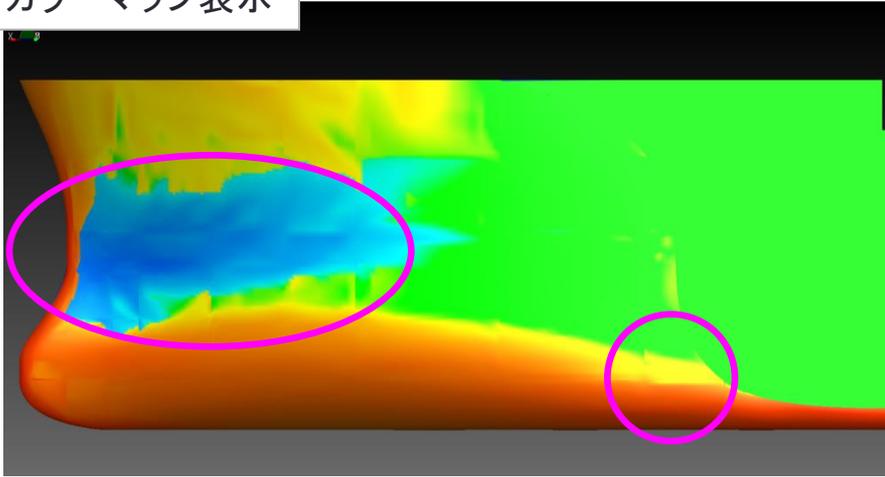


必要な部分のスミージング後、
曲線フェアリングにて、連続性を
持たせ調整



オモテ曲面作成

カラーマップ表示

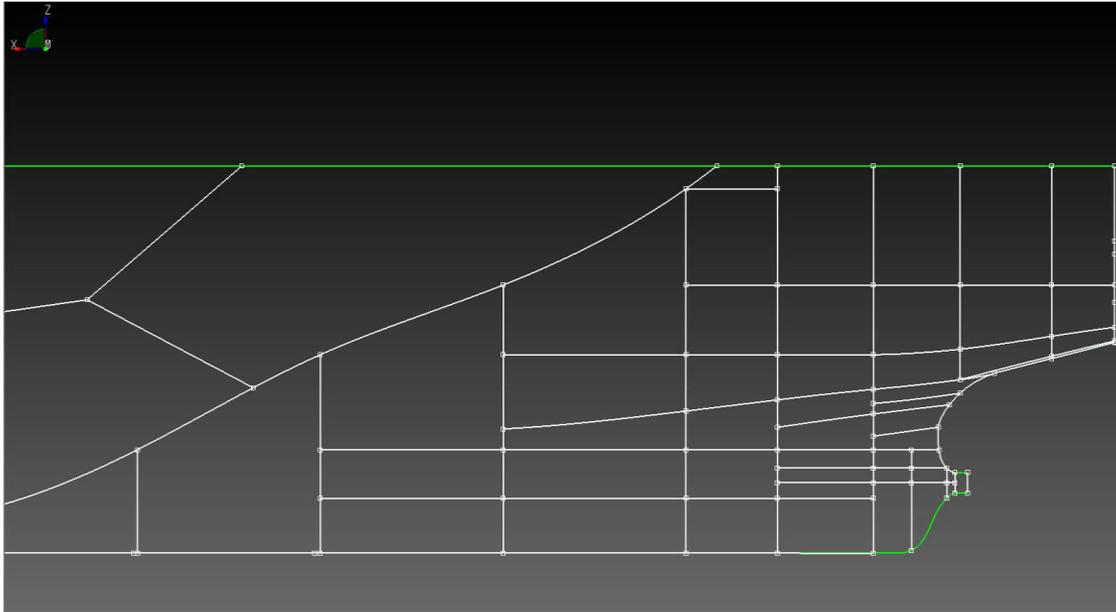


ユーザーモード



- ▷ カラーマップ表示で一部に面間の色ムラがある
 - ▷ ユーザーモードでは目立つほどではない
- ⇒ ほぼフェアな面が作成されている

トモバウンダリ調整



オモテ側と同じく

- ORD.の上部は歪みがあるため修正

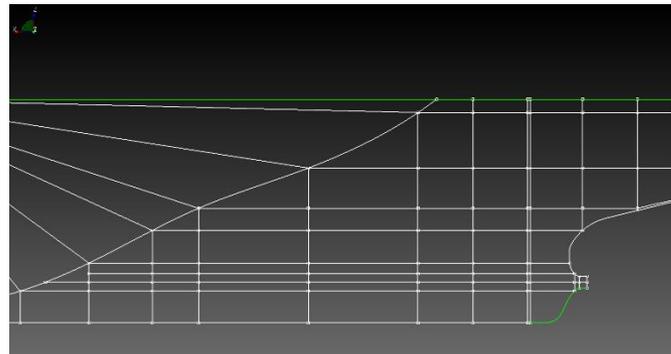
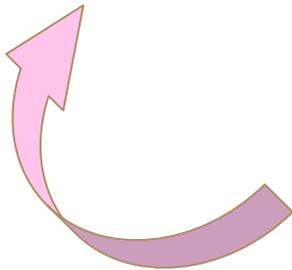


曲線フェアリングにて修正

- 補助としてラフ面の曲率を参考にフリー曲線追加
- 面を張りながらフリー曲線を調整

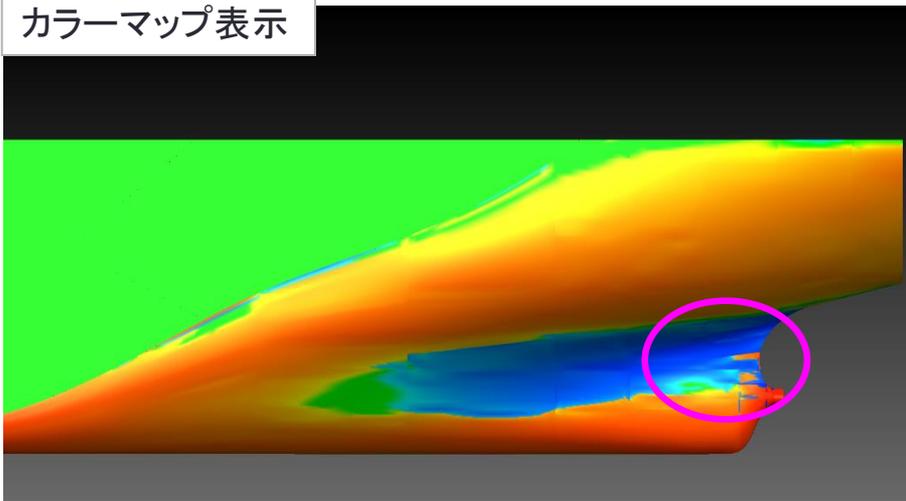


必要な部分のスムージング後、
曲線フェアリングにて、連続性
を持たせ調整

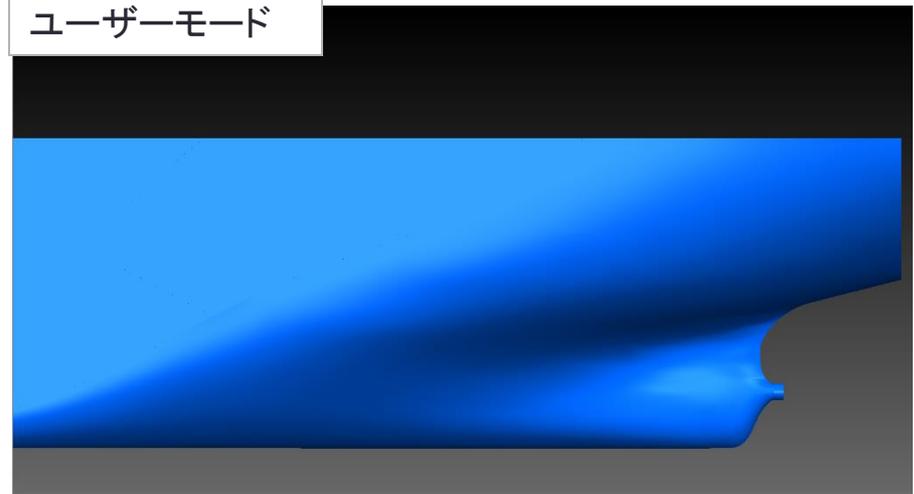


トモ曲面作成

カラーマップ表示



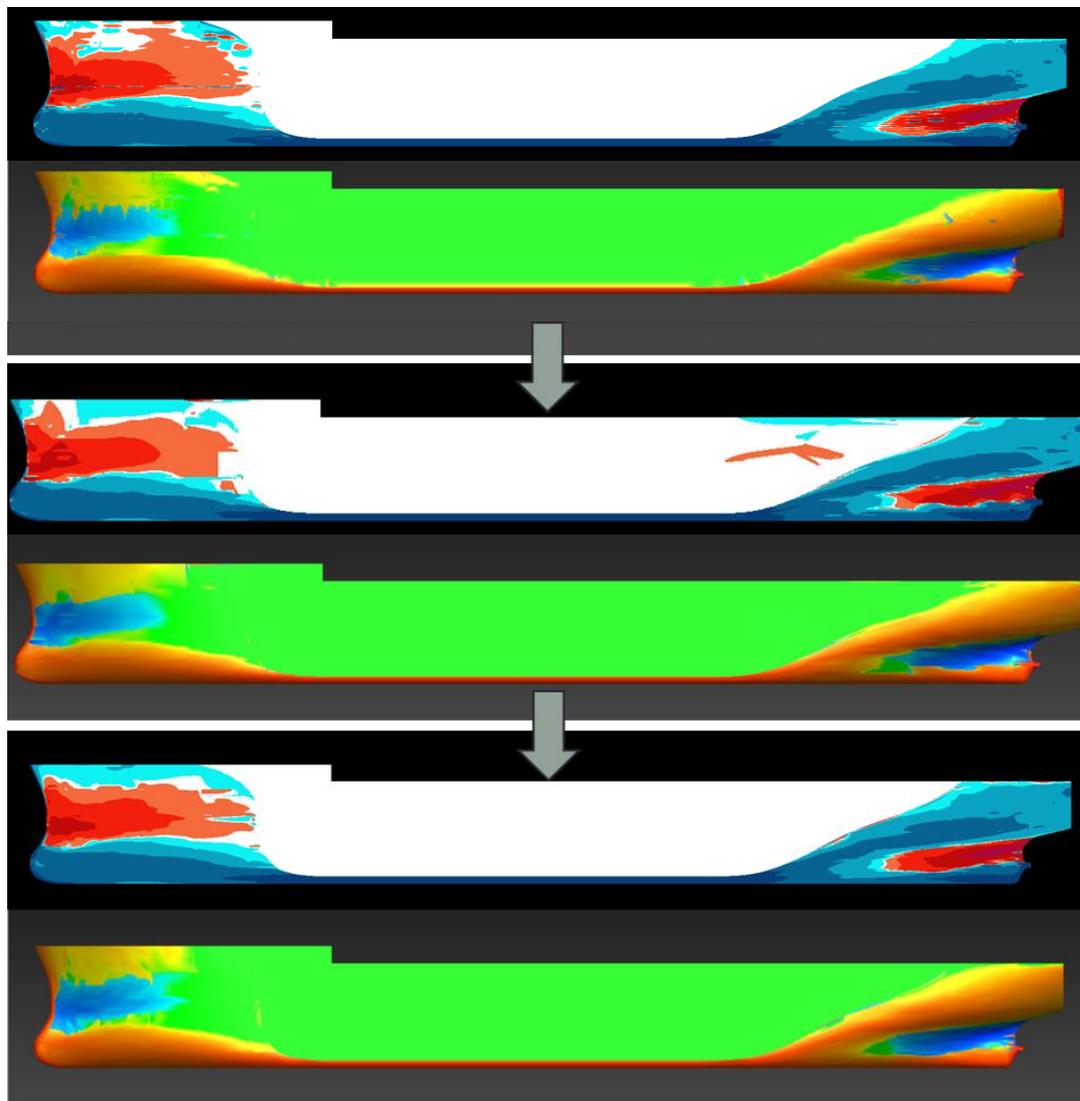
ユーザーモード



船首部同様に

- ▷ 曲率モードで一部に面間の色ムラがある
 - ▷ ユーザーモードでは目立つほどではない
- ⇒ ほぼフェアな面が作成されている

フェアリング結果



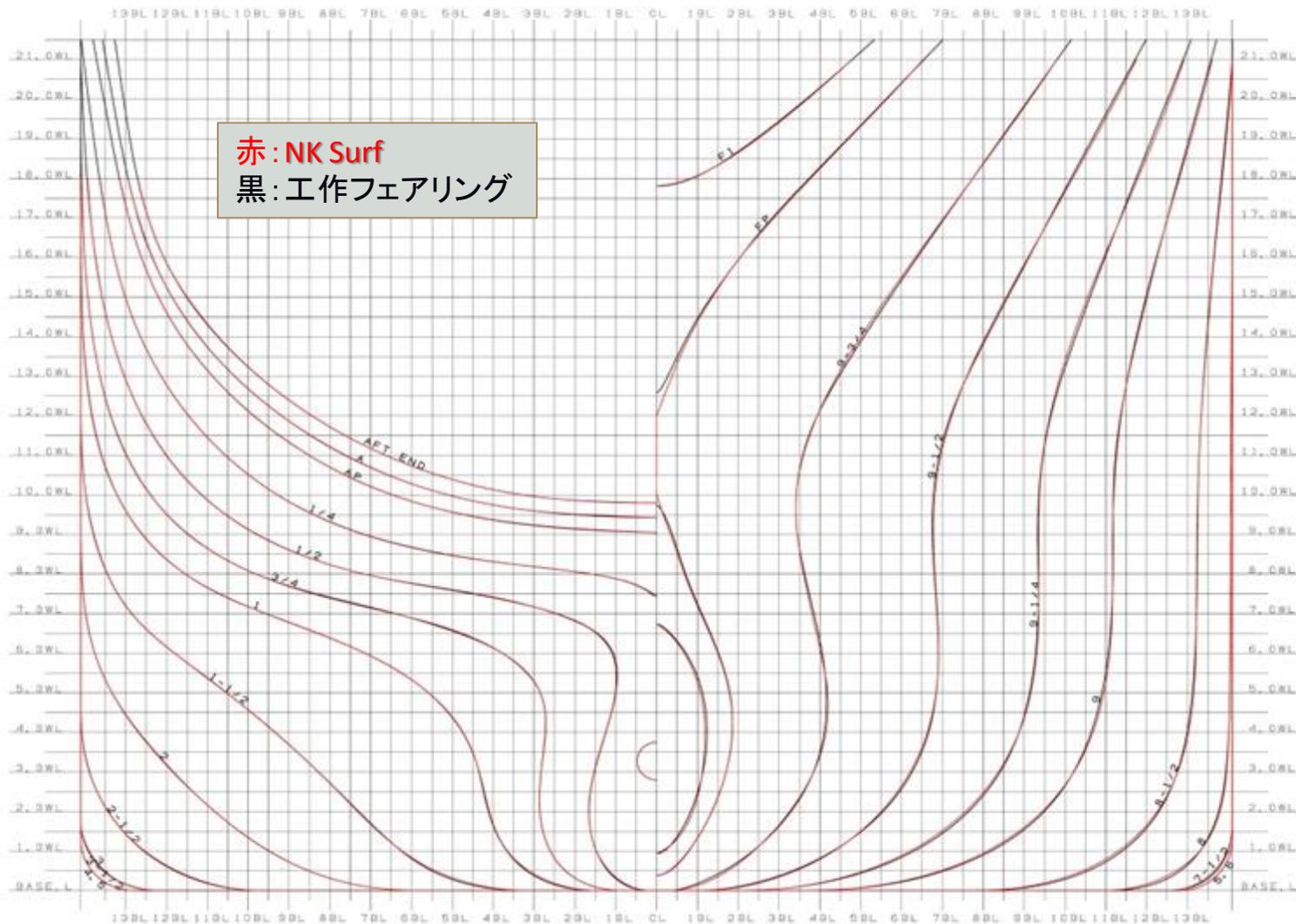
ラフ面

12/14日まで（第4回会合）

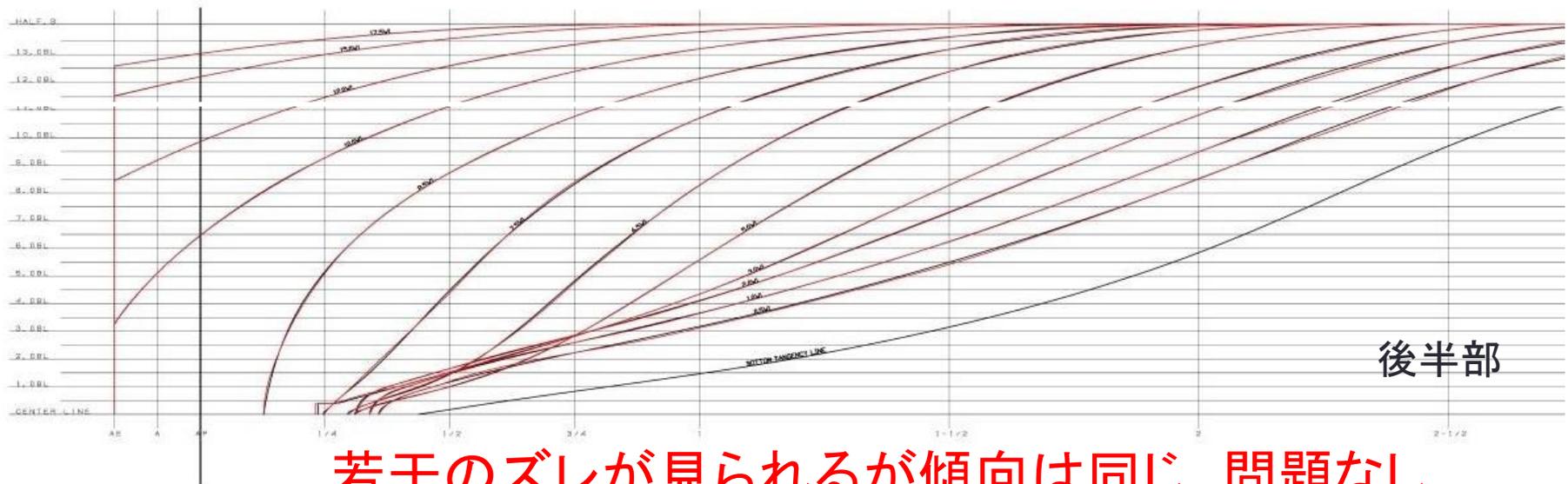
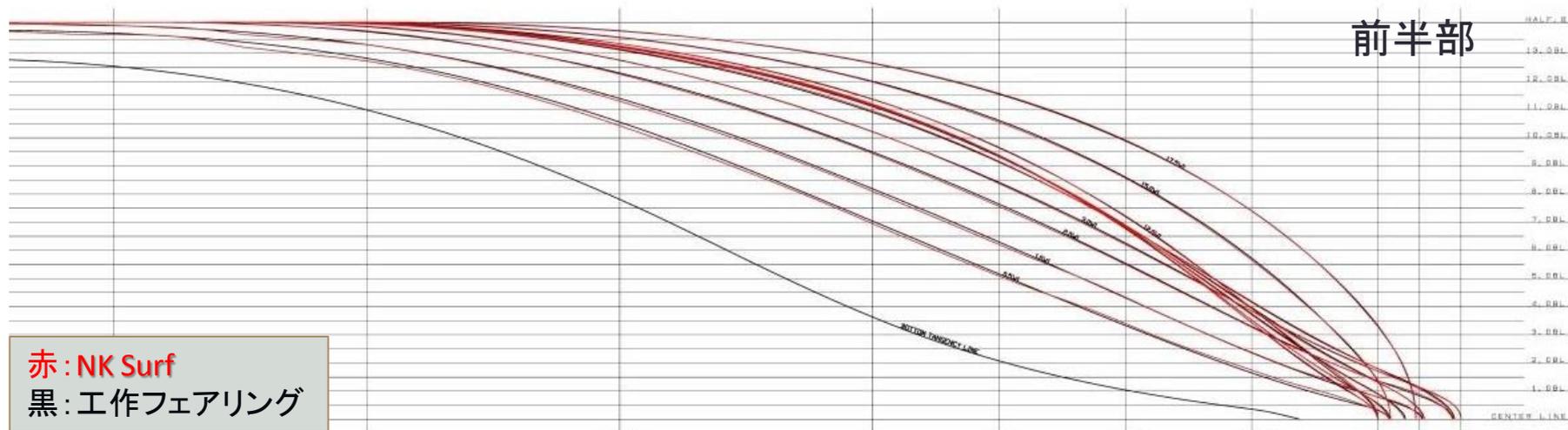
3/3日（開発版0221）

フェアリング機能の開発により
フェアな面が作成可能に。

FR比較



W.L.比較



若干のズレが見られるが傾向は同じ、問題なし

NK Surf 実践結果

工作用フェアリングとNSの結果を比較

曲率は同一とはなっていないが、ほぼ傾向、色合いは整った

NS終了(開発版0221)



工作用フェアリング

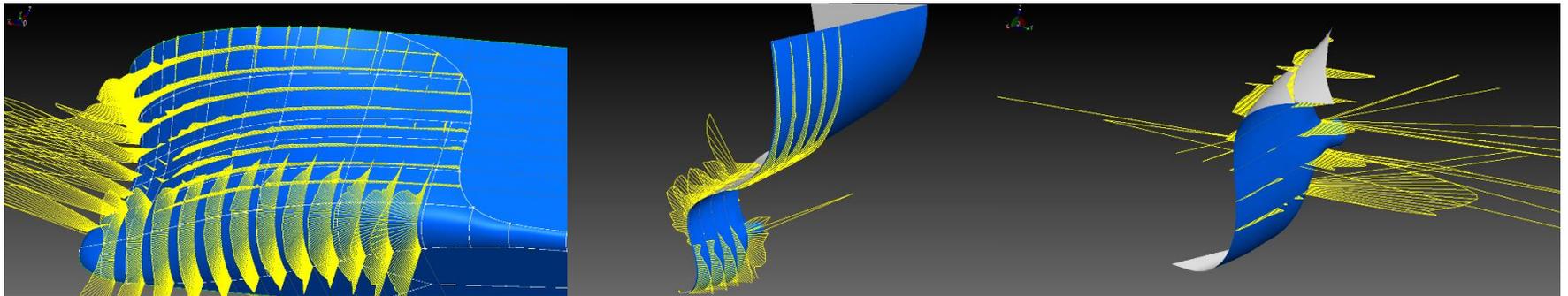


3次元フェアリング適用結果 (KSB)

今回の3次元フェアリング共同研究の実践結果として

現状機能では**工作フェアリングへの適用は困難**

- 船首尾の端部において、NAPA側での作業がより必要
(ボス廻り、スタンプフレーム、バルバス上部、板逃げ)
- Porcupine表示の分布、連続性に課題
- 生産システムへのIGES受け渡しに関して、面間GAPのエラー解消には至らず(後述)



3次元フェアリング適用結果 (KSB)

現状、弊社での設計線図は

- ・ベテランの技術により
手作業(バツェン)、CADを用いて
作成している
- ・設計線図とはいえ
フェアリング技術(勘)が必要
- ・弊社の場合には外注設計

問題点

- ・高齢化に伴い、
技術の伝承が必要
- ・人材確保、人材育成
- ・外注業者の減少
- ・社内取込みへ向けての教育

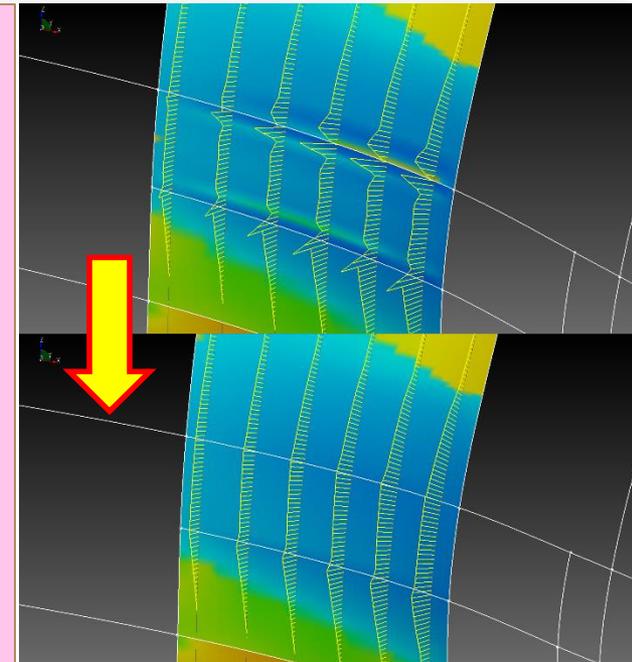
・技術の伝承、人材育成に使用

技術者の高齢化に伴い、技術の伝承、人材育成は必須

従来の線フェアリングは技術(勘)が必要

NK Surfの面フェアリングは、初心者でも視覚的に修正可能

実際に今回の共同研究期間の約6か月で技術の伝承、人材育成の成果がみられた



3次元フェアリングの技術的評価および 今後について

技術的評価

- 船型フェアリングに特化した3次元フェアリングシステムの開発を初めて行ったものであり新規性の高い試みである。
- NK Surfによるフェアリング精度を実用的な観点から検証するために、従来法である手作業によるフェアリング結果と詳細な比較検討を行い、有効性を評価した。
- NK Surfによるフェアリング精度は建造線図のフェアリングに求められるレベルには達しないが、概略線図で求められるレベルには概ね達しており、現状でも工数削減に寄与できると考えられる。
- NK Surfの特徴の一つは面間接続条件に多様性を持たせることで、不具合を生じやすい面間近傍のフェアリング精度を上げていることである。これにより船体の各部位の曲面特性に応じたフェアリングが可能となっている。
- 従来は不動である面間境界曲線の移動が可能になっており、フェアリング後に不具合が集中する部位近傍の境界曲線を調整して全体のフェアネスを向上させる機能を有している。

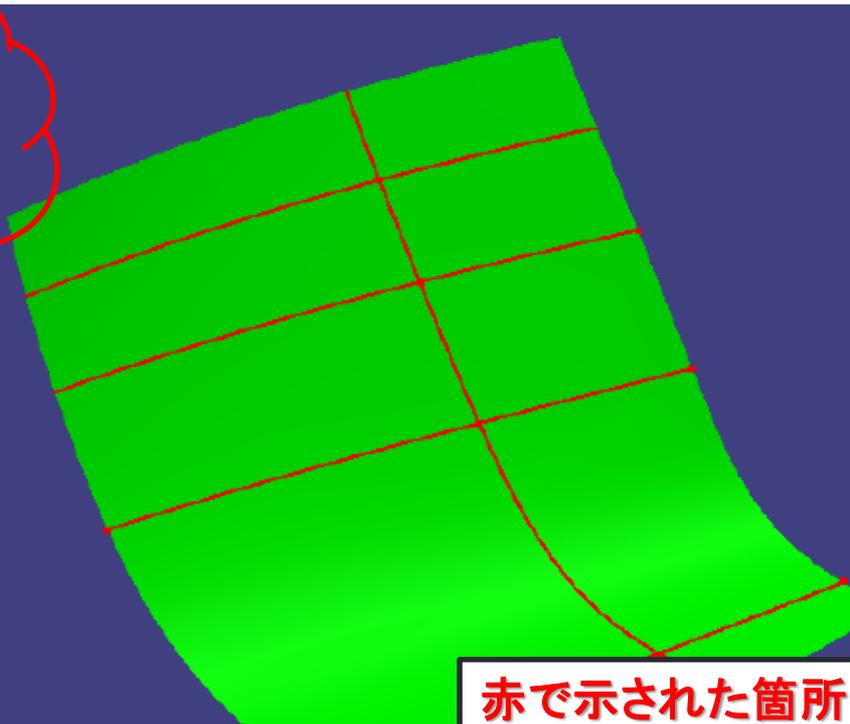
今後について

- 今後、建造線図に求められるレベルを目指してフェアリング精度をあげていくためには、NK Surfの適用例を増やしてフェアリングが困難な船種や部位を明らかにし、フェアリング自動化のために適した面分割のあり方について検討を行うことが望ましい。
- 船体形状の特徴はFRやB.L.に比べてW.L.の曲率が極端に小さいにも関わらず、特に船首尾でW.L.の高いフェアネスが求められることにある。したがって自動面フェアリングシステムにおいても船体長手方向の面間フェアリングに特に重点をおいた手法の開発が望まれる。
- フェアリング精度の評価基準について断面線Porcupineの滑らかさ(従来法)だけではなく、面フェアリングシステムに適した評価法を検討することが望まれる。

生産システムへの受け渡し検証

生産システムへの取り込み検証

- NK Surfで作成した面を生産システムへ取り込み可能か検証
- 生産システムSmartMarine3D (SM3D) への取り込みに関し
下記5項目にエラーがなければシステムにて使用可能

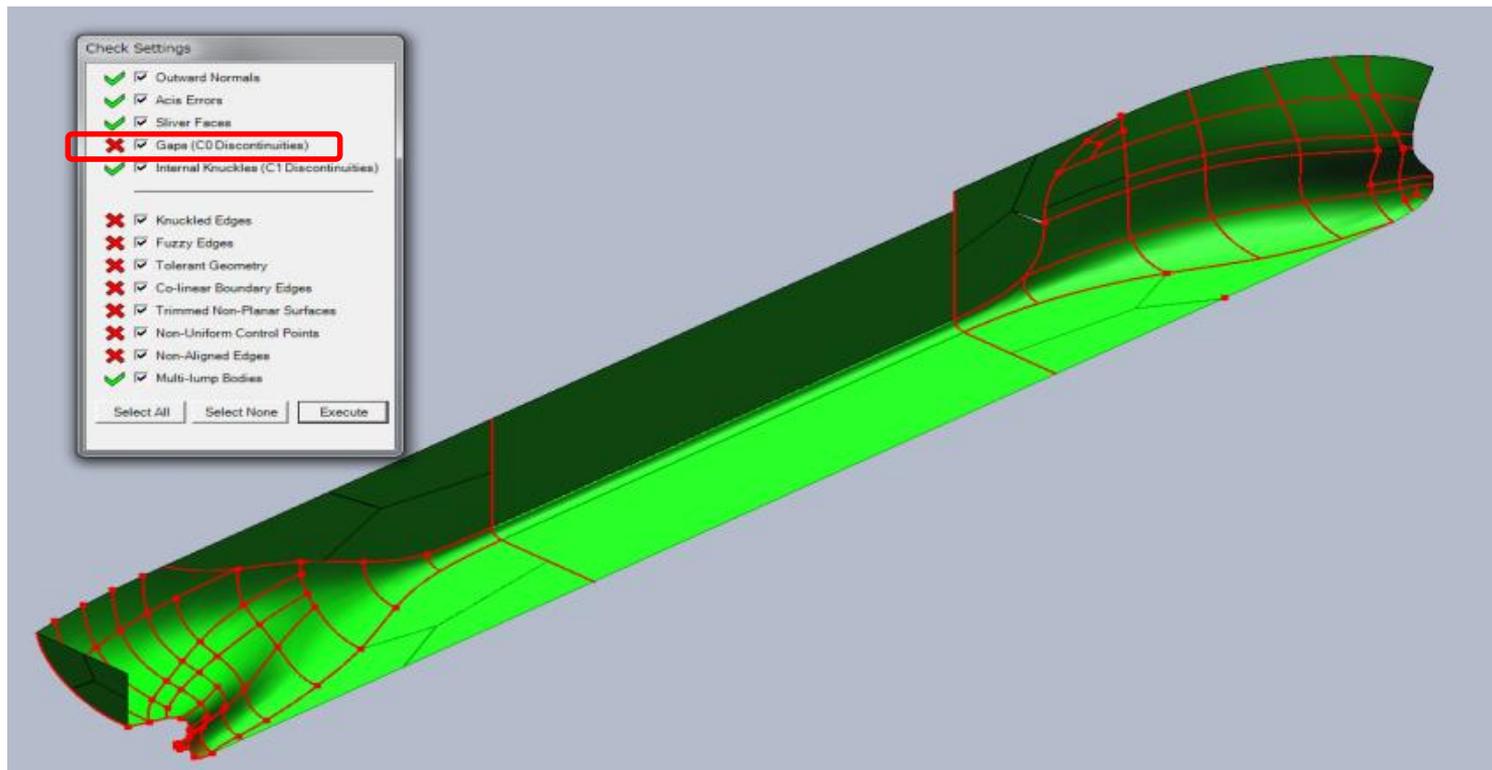


赤で示された箇所がエラー
上図の場合面間にGapあり

生産システム (SM3D) への取り込み結果

• 面間GAPのみエラー

- NURBS変換精度?
 - 制御点の不一致?
- 面間GAPエラーでもSM3Dでの操作上支障がないか要調査
支障があれば面間GAPの原因調査と改善が必要



まとめ

本研究の成果

3次元フェアリング技術(NK Surf)を使用することで

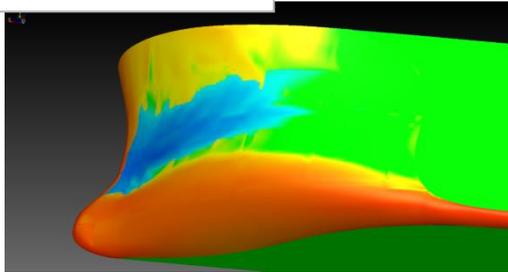
- フェアリング期間の短縮(1/3~1/4程度)
 - ⇒ JMUの場合:1~2週間が2日程度(模型製作用フェアリング)
 - ⇒ KSBの場合:1.5ヶ月が2週間程度(工作フェアリング相当)
- 設計作業の早期展開
 - ⇒ 設計期間短縮(約一カ月)、工数減
- 工作フェアリングに近い面で各設計(検討)作業が可能
 - ⇒ 後戻り作業減
- 設計線図作成業務
 - ⇒ 技術伝承、人材育成

今後の課題

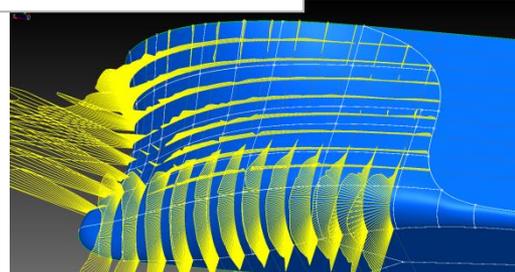
- フェアリング精度向上

⇒ カラーマップが整っていても面間で曲率のズレが生じる

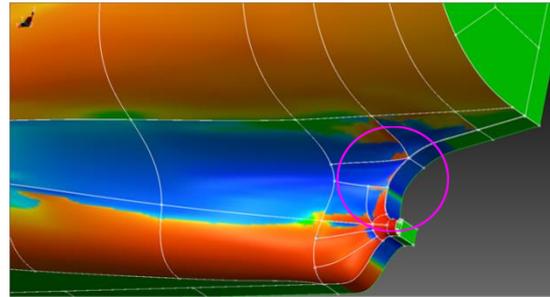
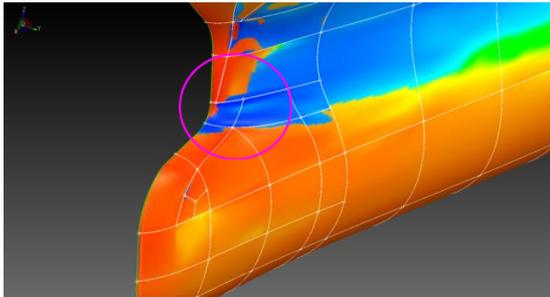
カラーマップ表示



断面線Porcupine表示



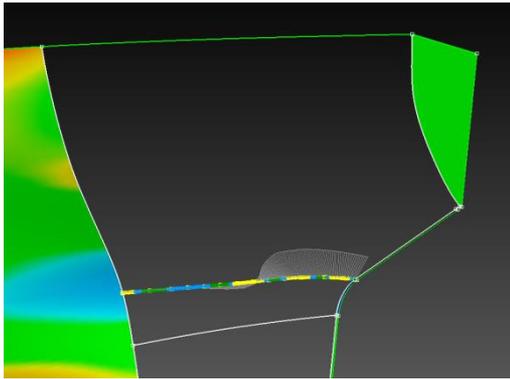
⇒ 3線交点面、Rがきつい部分での面生成



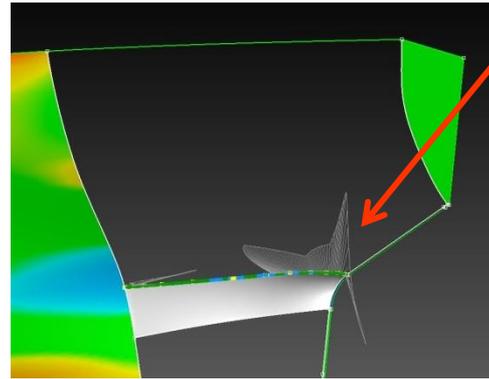
⇒ 面作成後のWater Line, Buttock Lineの修正

今後の課題

- 曲線固定
⇒ 面生成時に曲線が動く



面作成時に曲率が乱れる場合有



- 面間GAP
⇒ 生産システムへのデータ受渡しには面間GAPの解消が必要
⇒ 水密を条件とする他ツール(計算格子生成ツール等)へのデータ受渡し不可

本研究開発は日本海事協会殿の
「業界要望による共同研究」のスキームにより
研究支援を受けて実施しております

ClassNK
R & D P R O J E C T