

プレスによる任意形状作成に 関する数値解析検討

大阪府立大学
生島研究室 B4
迫 雅悦

船体外板の成形

部材
切断



プレス加工



線状加熱



溶接



ブロック
組み立て

プレス機によって鋼板を型に合わせ
R曲げを行い曲面を成形

ガスバーナーで加熱した際に生じる
塑性変形を利用し曲面を成形

プレス加工の特徴

- ・ 機械で行うため作業の**個人差**が少ない
- ・ **加工速度**が線状加熱より**優れている**
- ・ 線状加熱に比べ**自動化**しやすい
- ・ **複雑な曲面形状**の作成が**困難**

線状加熱の特徴

- ・ **複雑な曲面形状**の作成が**可能**
- ・ 工程において**作業者の経験と勘**に**依存**
- ・ 技術の習得に**10~20年**かかる
- ・ 品質や寸法精度、納期の管理が**困難**

➡ **プレス加工**で船体外板の形状作成

➡➡➡ 精度・加工速度・自動化面で**優位**

プレス加工方案の作成システムを提案、検証

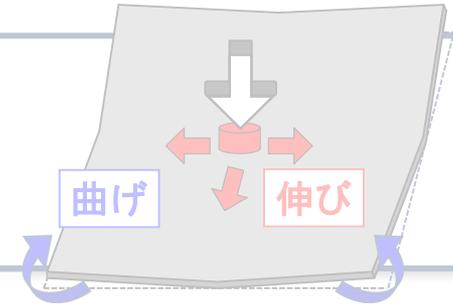
プレス加工方案の作成システムを提案、検証

1. プレス方案提案システムの開発

プレス方案を**高速・自動**で提案する

2. 加圧力と変形量に関するデータベースの作成

プレス方案の提案時に必要となる
加圧力と**変形量**のデータベース化



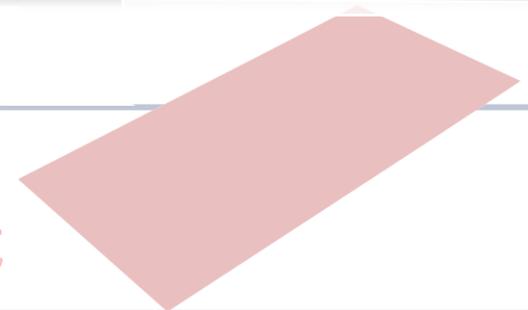
3. 固有ひずみ解析*の妥当性検証

* プレス方案提案システムで使用

弾塑性接触解析の**面外変形**と比較

4. 提案システムによる方案作成

プレス方案を**作成**、並びに**形状作成**



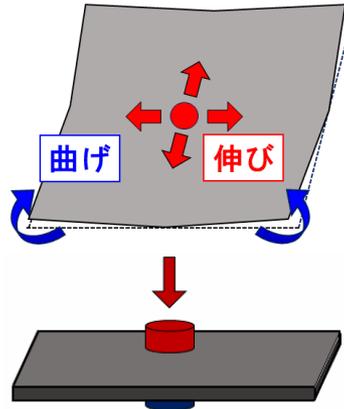
1. プレス方案提案システムの概略

固有ひずみ解析

「曲げ」と「伸び」をモデルに与える

固有ひずみ解析

1解析当たり **数秒**



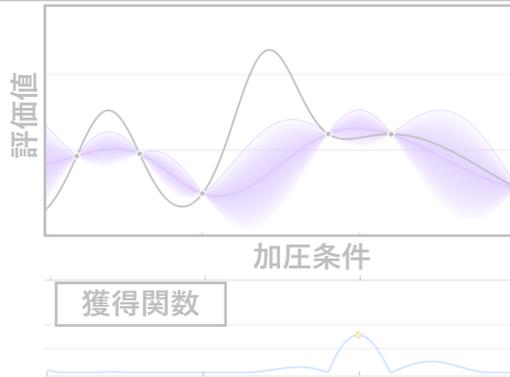
弾塑性接触解析

1解析当たり **約3時間**

ベイズ最適化

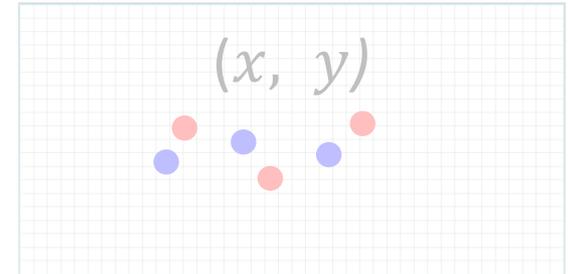
効率的 評価回数が少なくて済む

$$\text{maximize}(X_{\text{trial}}) - \text{Loss}(X_{\text{FEM}}(X_{\text{trial}}), X_{\text{target}})$$



設計変数

加圧点座標
 (x, y)

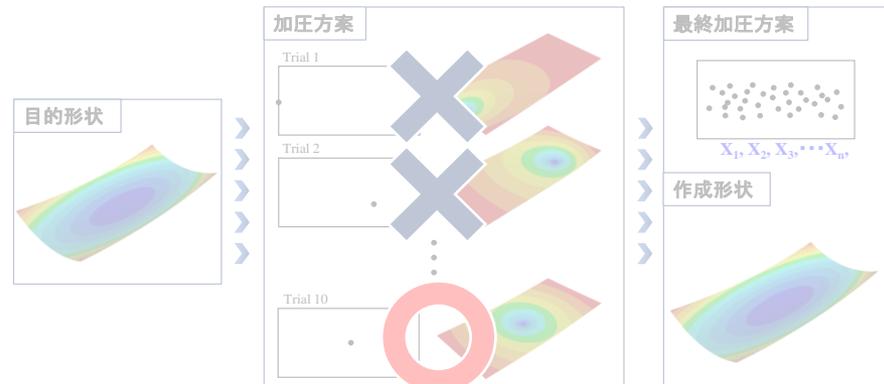


加圧量
 F

- 大きな変形、椀型に近づける
- 小さな変形、形状の調整

加圧点決定方法

最適化回数が10回目の加圧候補点を最良のプレス点として採用



曲率評価

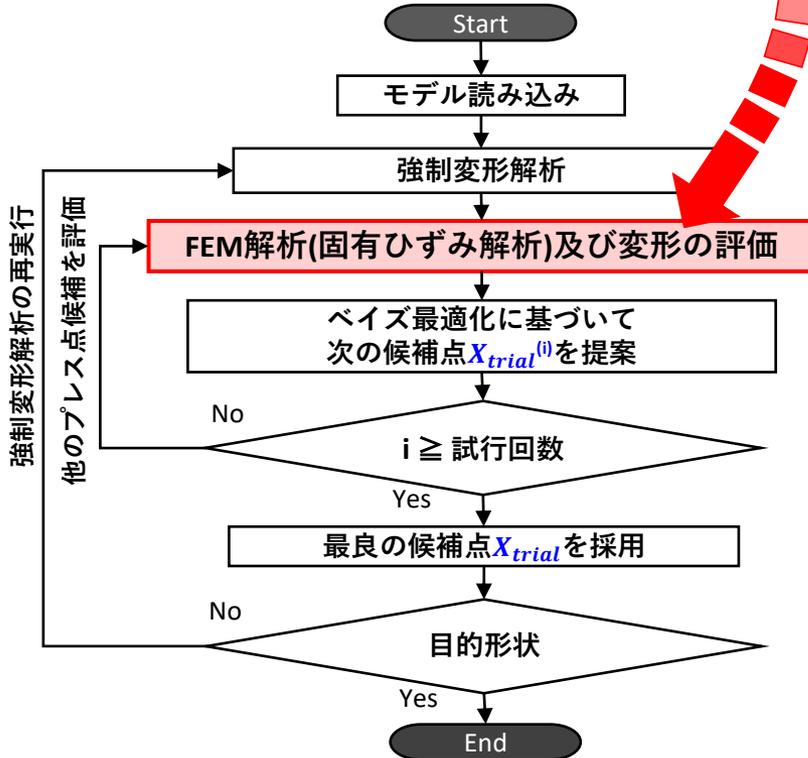
曲面を二次曲面と仮定して評価

$$Z = W_{i,1}x^2 + W_{i,2}xy + W_{i,3}y^2 + W_{i,4}x + W_{i,5}y + W_{i,6}(x, y \in Q_i)$$

$$Q_i: |P_i - P_j| < R$$

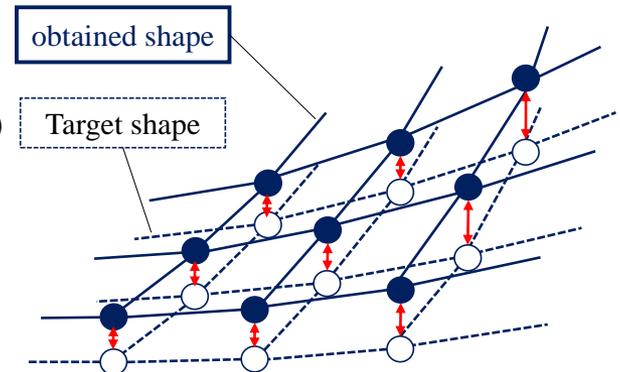
$$LOSS(X_{FEM}, X_{target}) = \sum_i \sum_k (w_{i,k} - w'_{i,k})^2 \quad (k = 1 \sim 3)$$

システムのフロー



変位評価

目的形状との
誤差の和



$$LOSS(X_{FEM}, X_{target}) = \sum_i (Z_i - Z'_i)^2$$

1mm score

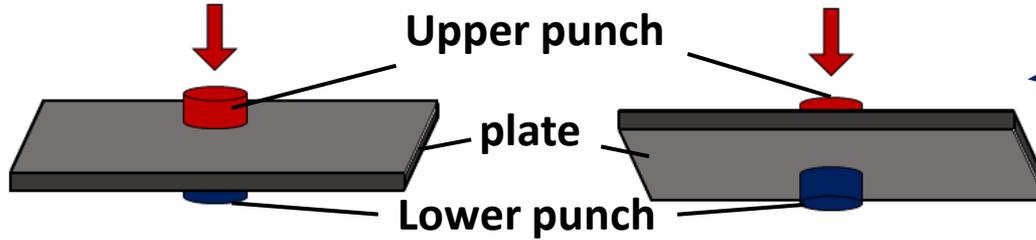
1mm以下の誤差の割合

$$Score = 100 \frac{\sum_i^N (|Z_i - Z'_i| < 1.0)}{N}$$

2.弾塑性接触解析による加圧力と変形量 に関するデータベースの作成

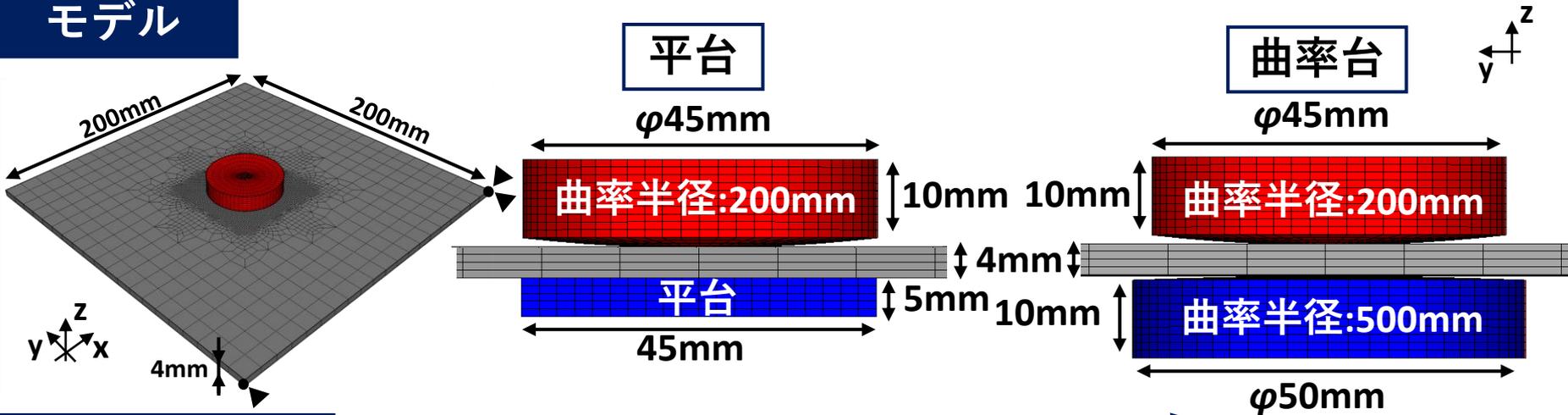
固有ひずみ解析で用いる「伸び」「曲げ」量を獲得する

概略図



パンチを押し込む
(0.05mm-0.20mm)

モデル



材料定数(SM490A)

SM490A(20°C)			
specific heat	density[kg/m ³]	thermal conductivity(mW/m · K)	yield stress[Pa]
0.455	7.82E-03	4.49	330
Young's modulus[MPa]	Poisson's ratio	thermal expansion coefficient[10 ⁻⁶ /K]	linear expansion coefficient[10 ⁻⁵ /K]
0.209	0.29	5	1

曲げ量の違いを
生むため

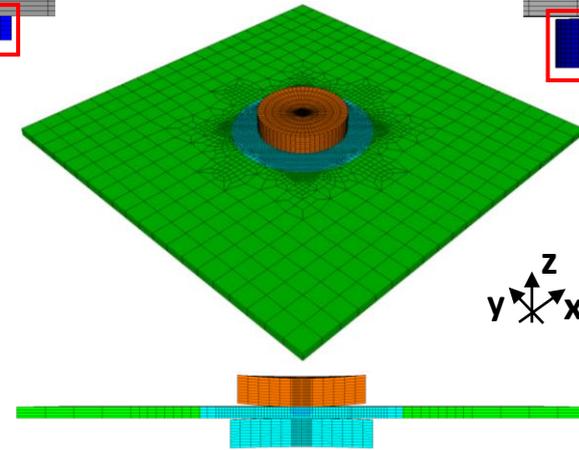
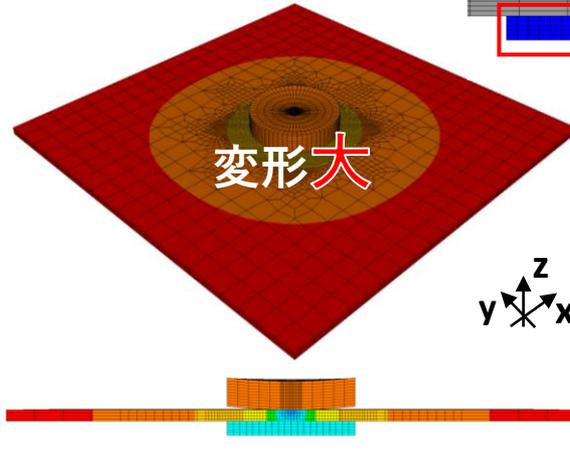
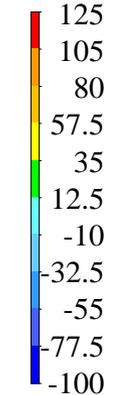
計6通りのデータベースの作成を行った

面外方向変位

平台

曲率台

[10^{-3}mm]

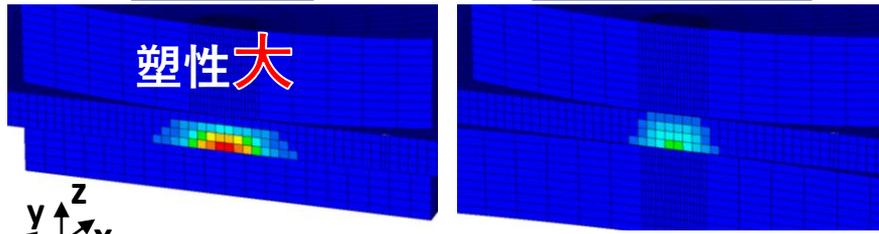
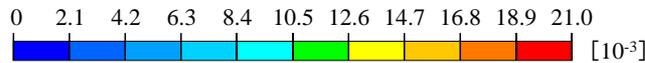


相当塑性ひずみ

平台

曲率台

塑性大

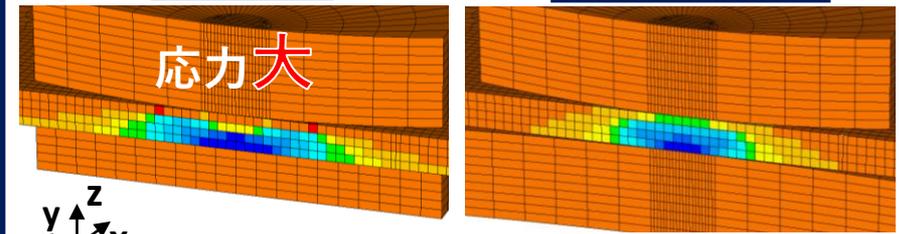
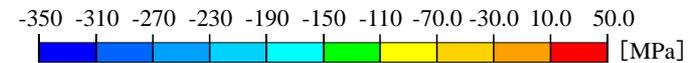


残留応力(Y方向)

平台

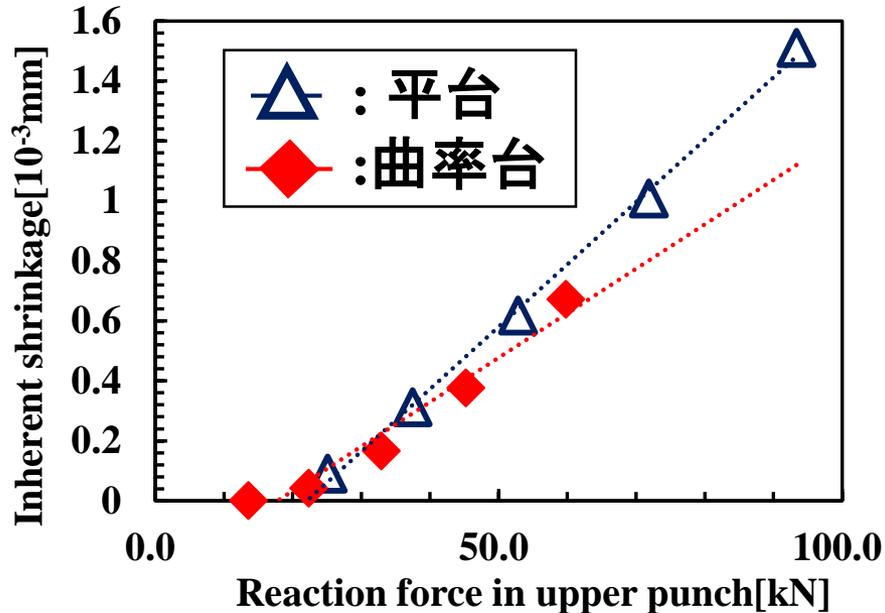
曲率台

応力大

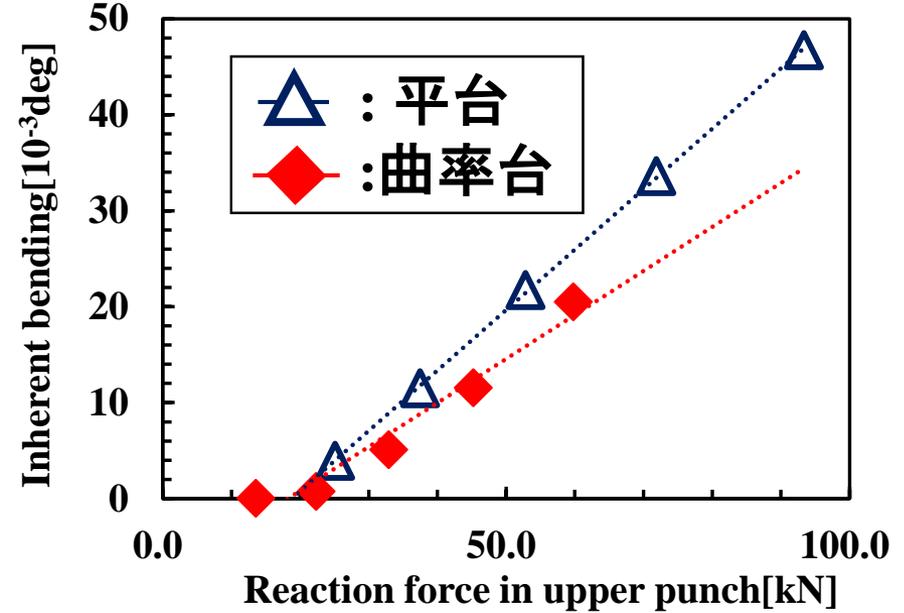


平台の方が変形は大きく出ることが確認された

伸び-加圧力 (固有収縮量)



曲げ-加圧力 (固有角変形)



- 加圧力と変形量は線形である
- 平台の方が曲率台よりも1.5倍近く加圧力が出ており、「伸び」「曲げ」が大きく生じている

●	95.3tonf	大きな変形、椀型に近づける
●	7.33tonf	小さな変形、形状の調整

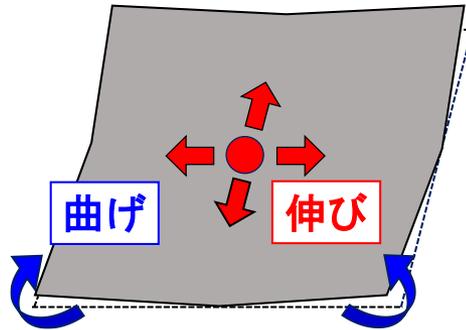
2種類の荷重量で椀型形状の成形を行う

3.固有ひずみ解析の妥当性検証

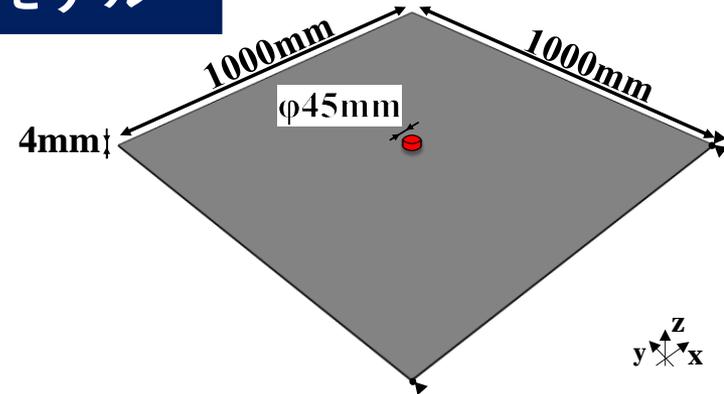
固有ひずみ解析の正確性を確認する

固有ひずみ解析

簡易的な手法
であるため
精度の検討

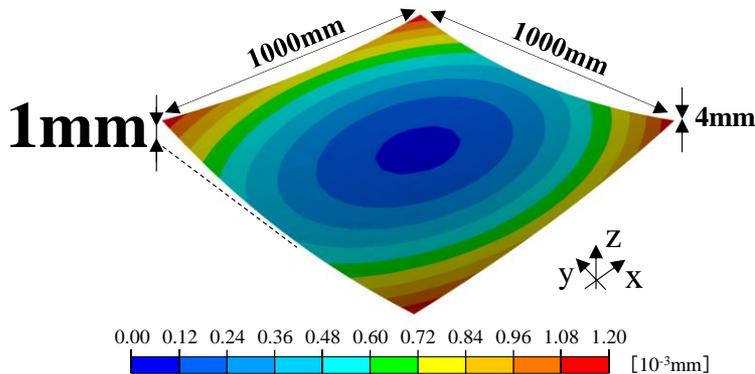


モデル

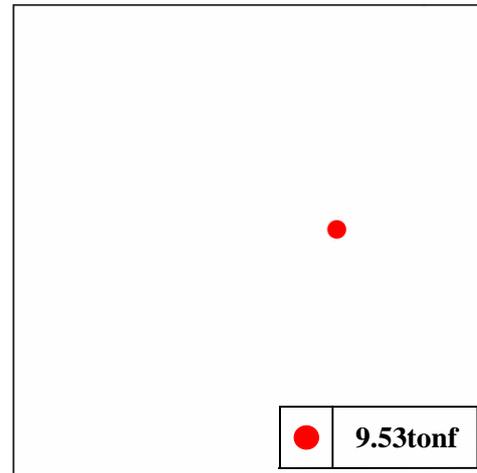


プレス方案

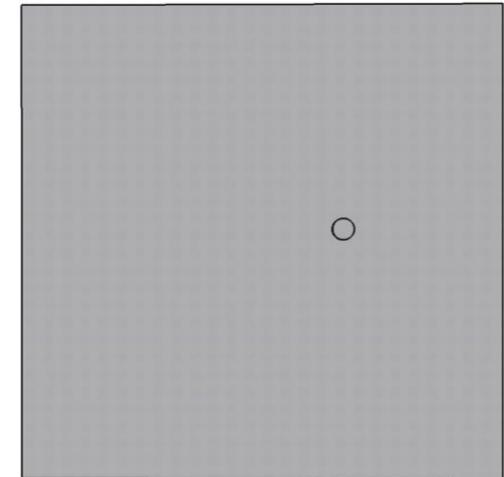
目的形状



プレス方案



弾塑性接触解析



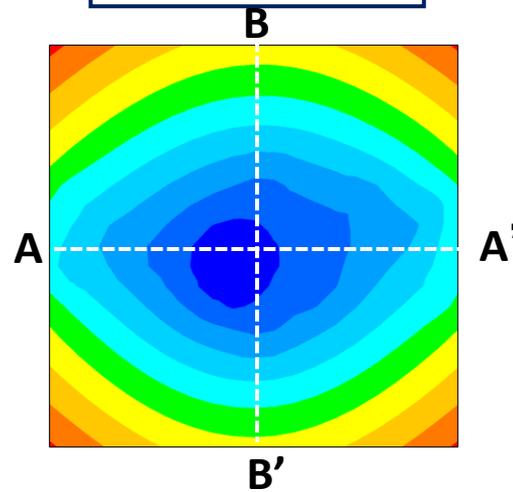
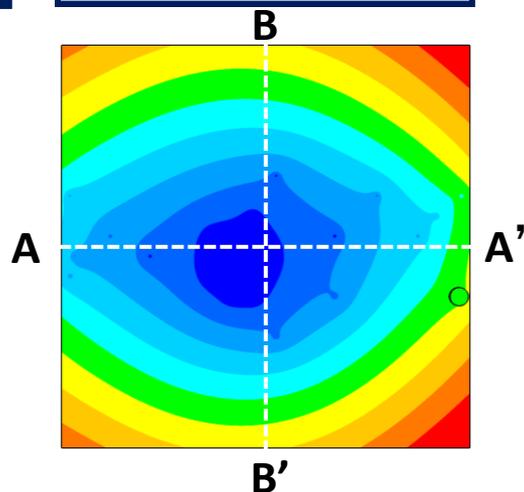
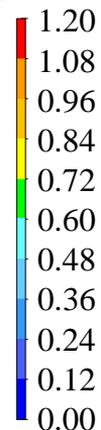
プレス方案を用いて固有ひずみ解析と弾塑性接触解析の比較を行う

面外方向変位

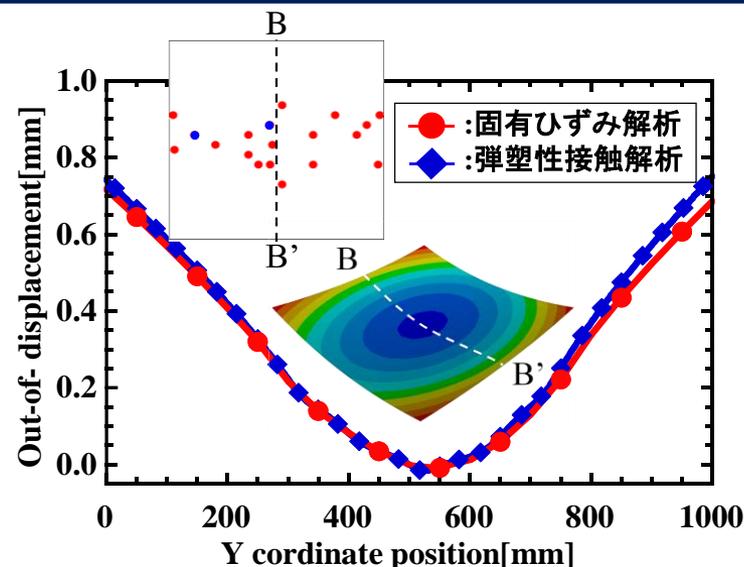
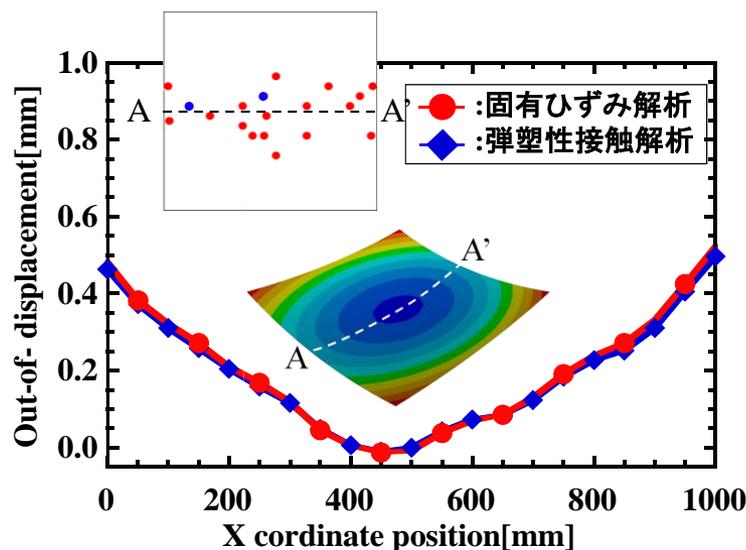
弾塑性接触解析

固有ひずみ法

[10^{-3} mm]



断面形状の比較

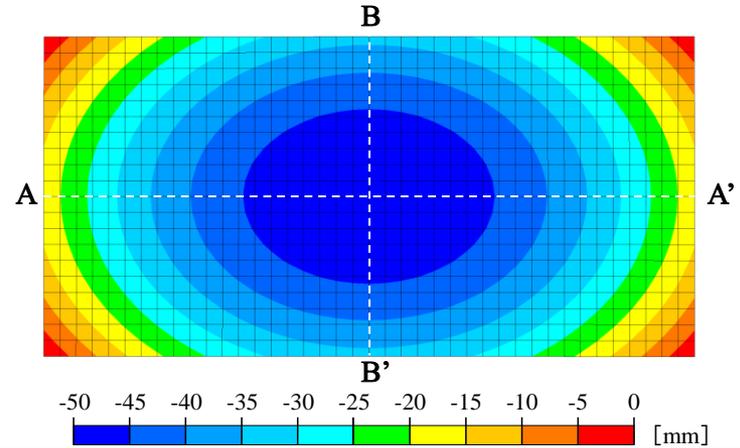
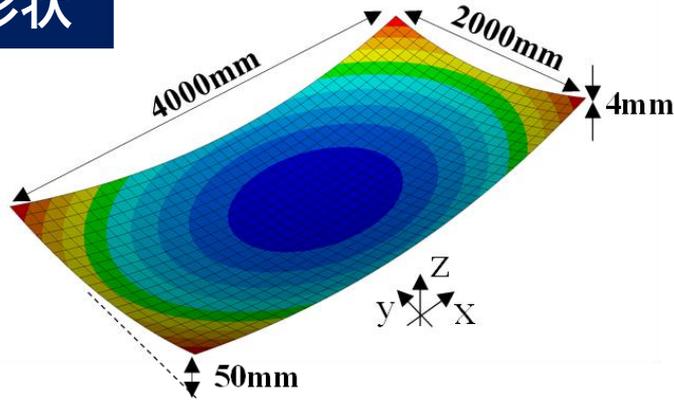


固有ひずみ解析でも同等の形状を作成することが出来た

4.提案システムによる方案作成

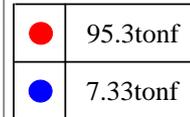
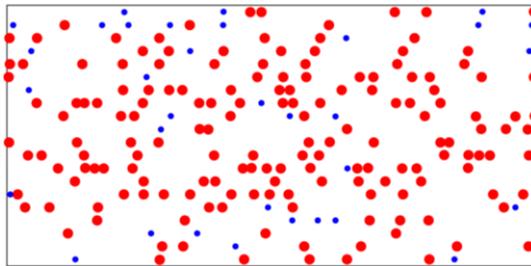
目的形状を達成するプレス方案を提案システムで作成

目的形状

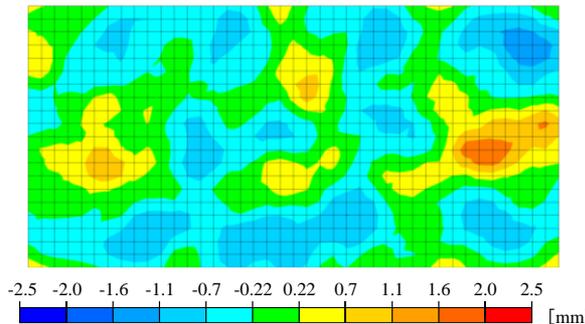


作成方案

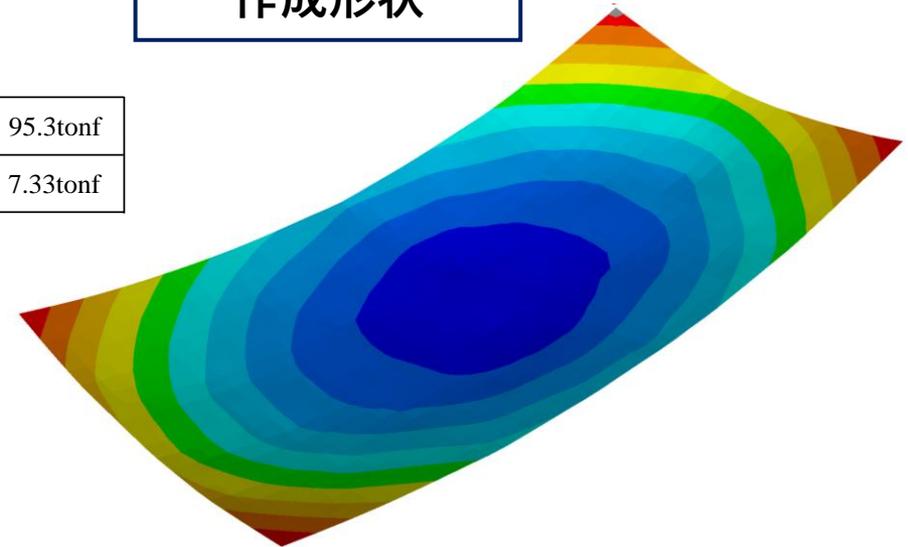
プレス方案



誤差分布

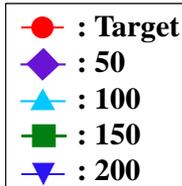
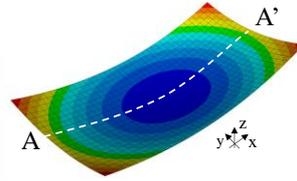
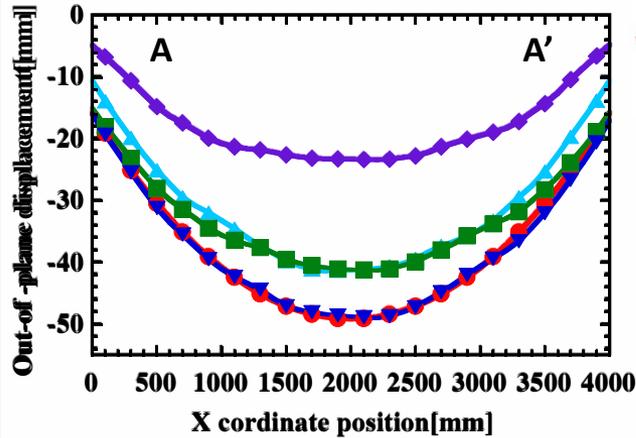


作成形状

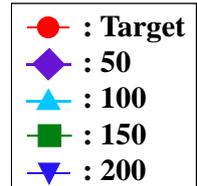
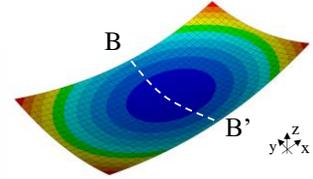
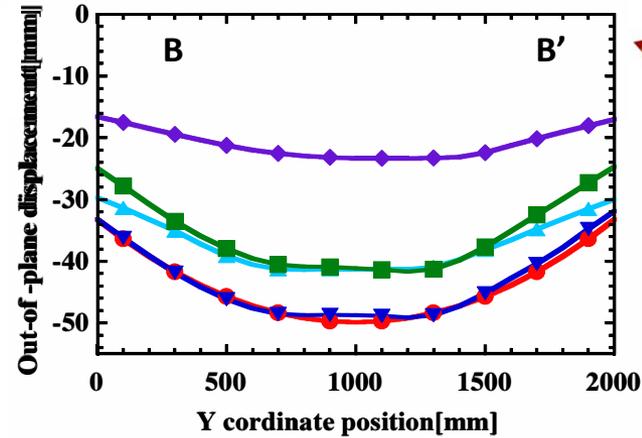


形状概ね一致

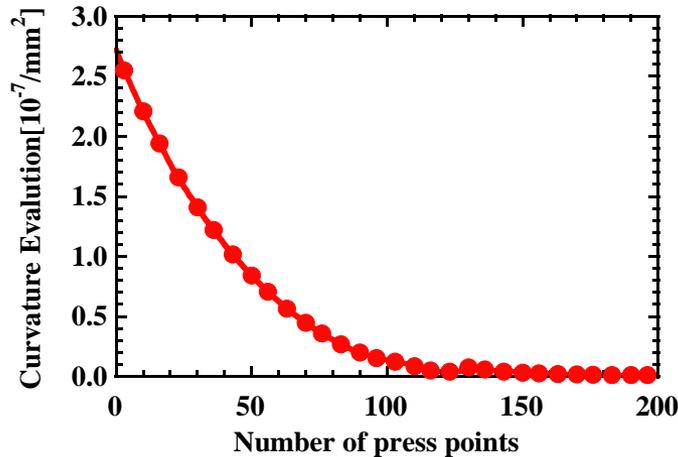
A-A'断面



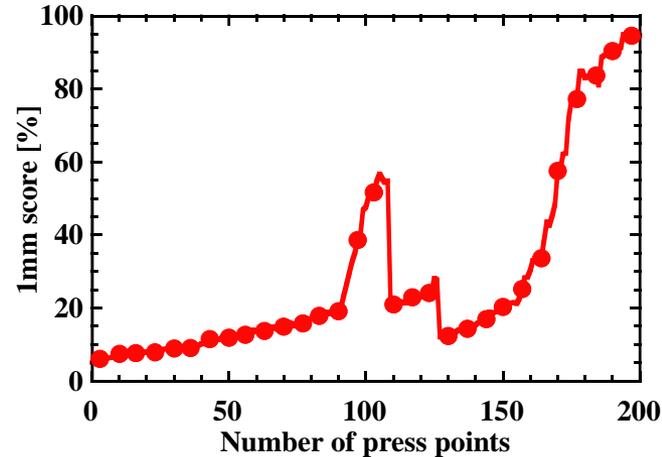
B-B'断面



曲率評価



誤差1mm以内の割合



点プレスで任意形状を**作成**することが出来た

プレス加工で船体外板の形状作成に向け、椀型形状の作成を行うプレス方案提案システムを開発し、その精度を検証した

- ▶ 弾塑性接触解析でデータベース(固有ひずみ場)を作成し、それを用いた2種類の加圧量によるプレス方案提案システムを開発した。
- ▶ 20点のプレス方案を弾塑性接触解析で実行した結果、固有ひずみ解析による形状と概ね一致した。
- ▶ 200個のプレス点を用いて作成した形状は、目的形状と概ね一致し、プレスで椀型形状を作成することが可能であると確認された。