

溶接力学問題に対するニューラルネットワークの応用について

大阪府立大学 前川 真奈海, 生島 一樹, 柴原 正和

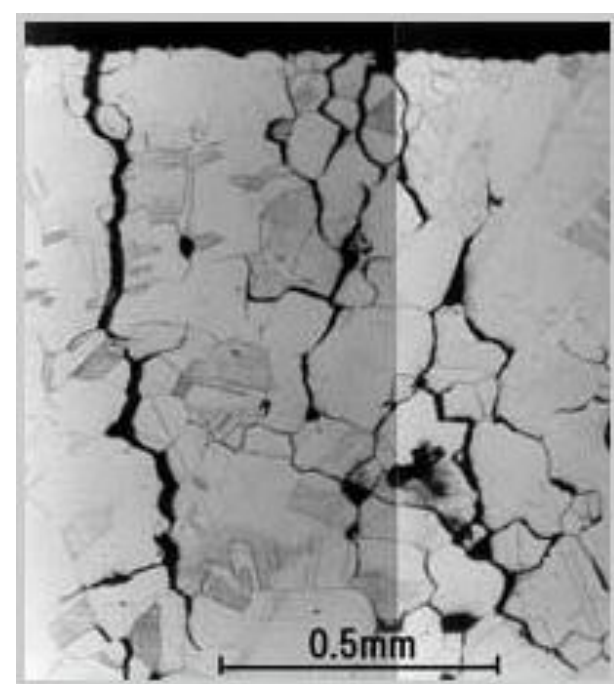
背景・研究目的

多層溶接

異種金属溶接

大きな残留応力が発生

疲労破壊・応力腐食割れ等の
欠陥が生じる可能性



欠陥の生じる可能性が低い残留応力分布
になる溶接条件についての検討が必要

引用
http://www.asahi-kasei.co.jp/aec/e-materials/vol_1.html

本研究の目的

問題点

実験・計測によって最適な残留応力分布を
求めるには、膨大な時間とコストがかかる

提案手法

理想化陽解法FEMに、AIを導入

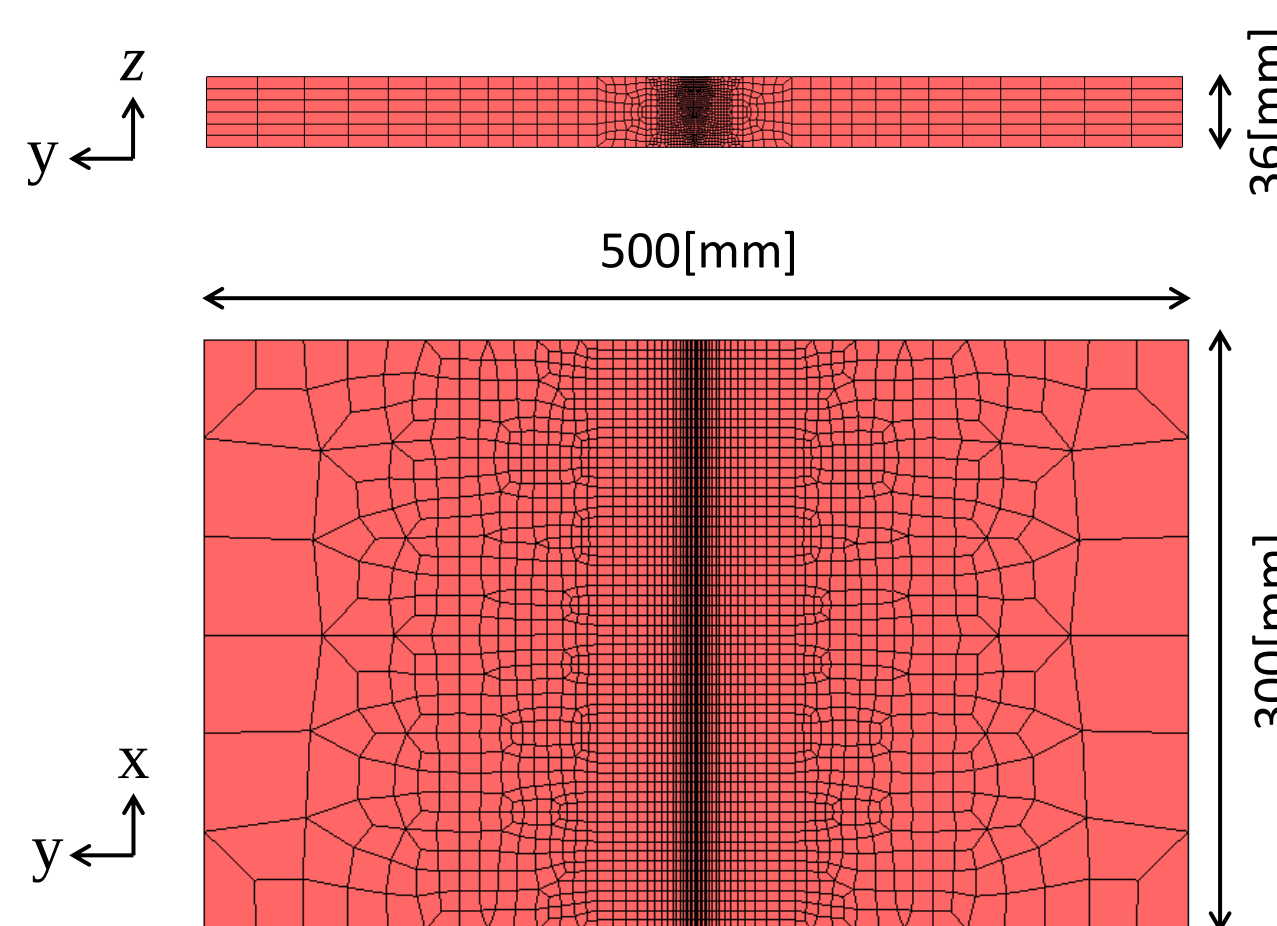
高速に計算可能な理想化陽解法FEMの解析結果を利用し、ニューラルネットワークによって入力と出力との関係を多変数関数で表すことで、入熱条件から残留応力分布を短時間で計算することが可能

本報告では、ニューラルネットワークの汎化能力を利用した残留
応力分布の再現性についての検討を行う

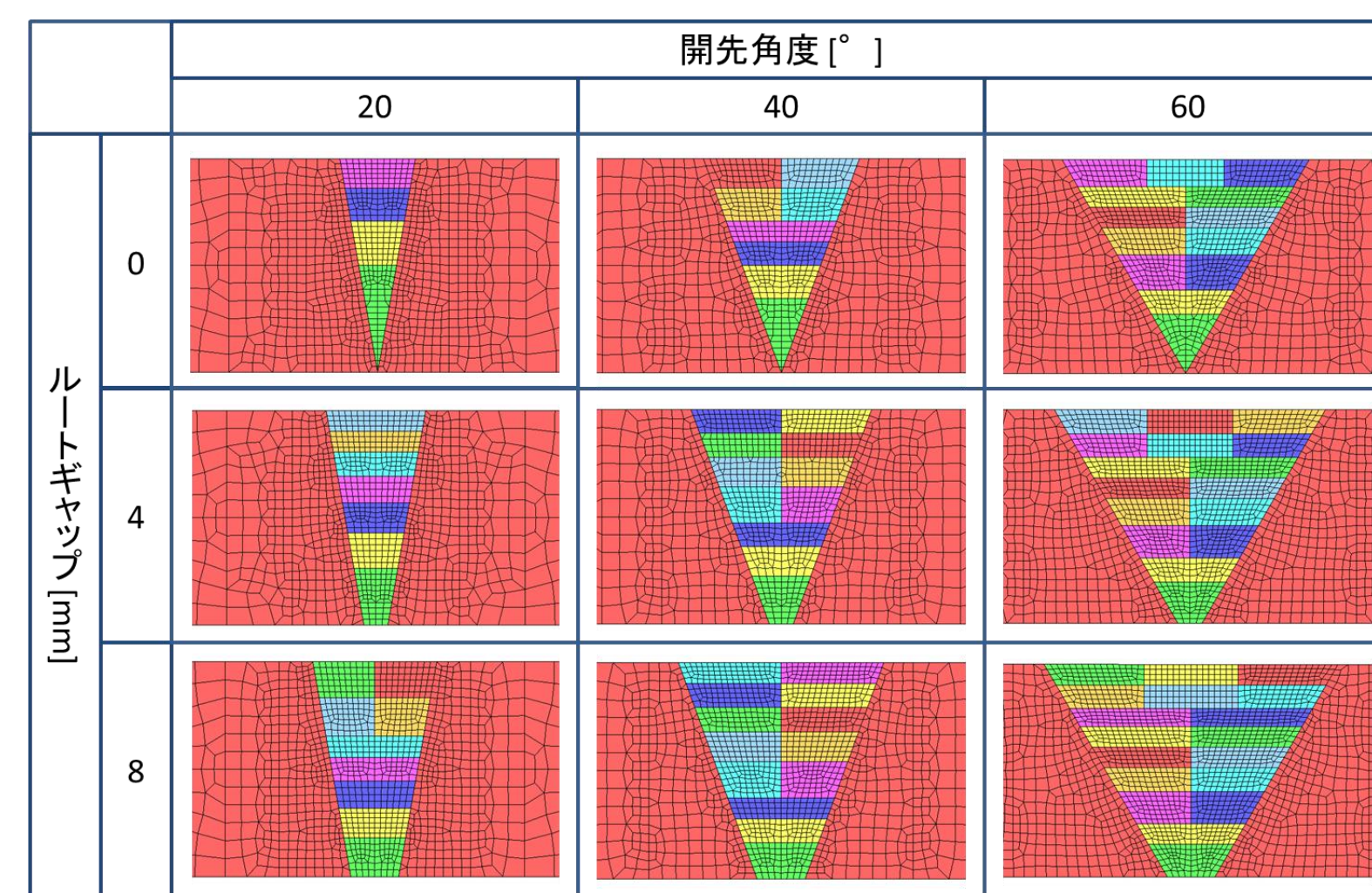
解析モデルおよび解析条件

溶接部の開先角度とルートギャップを最適化のパラメータとして解析を行う

モデル寸法



溶接のパターン

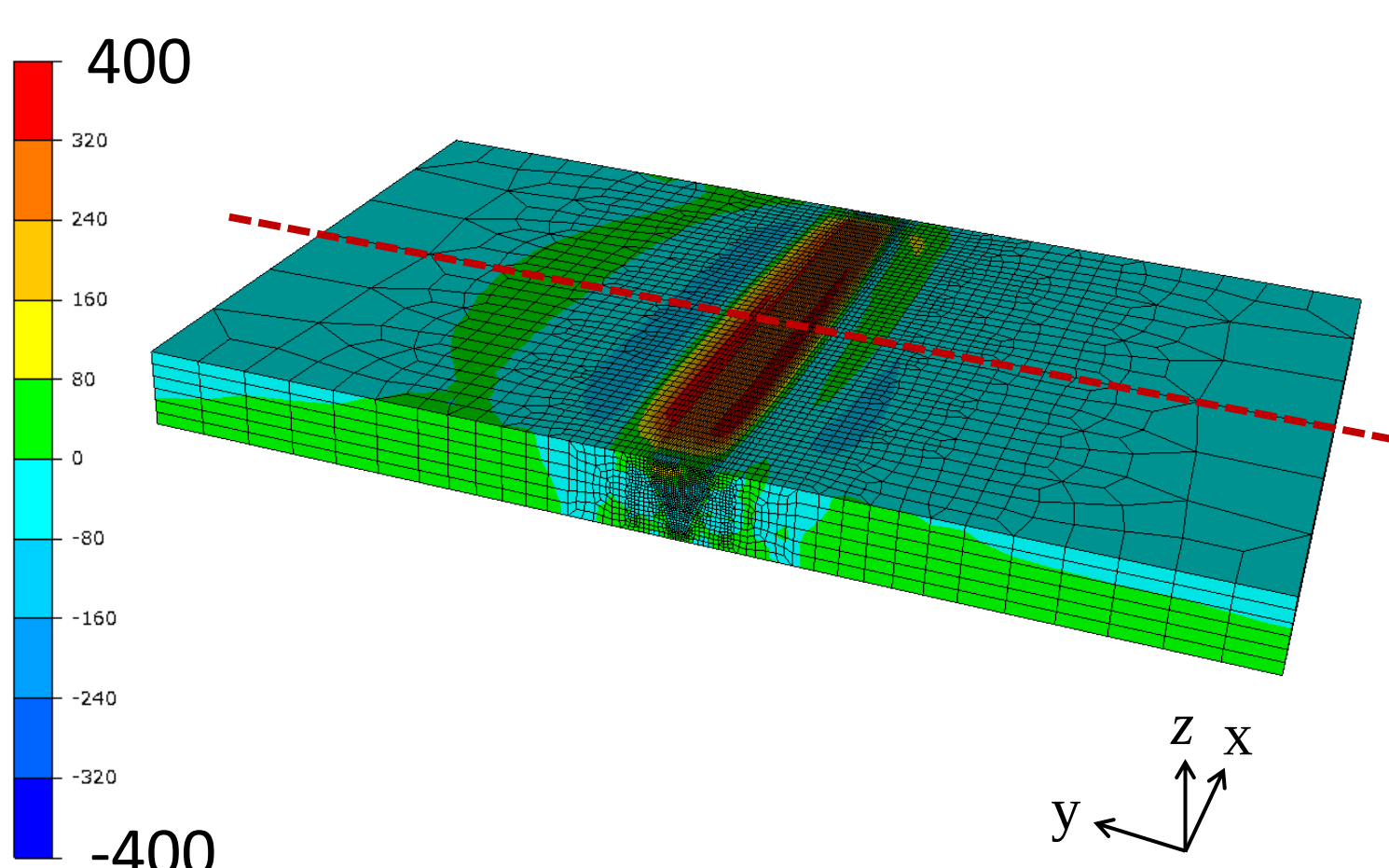


解析条件

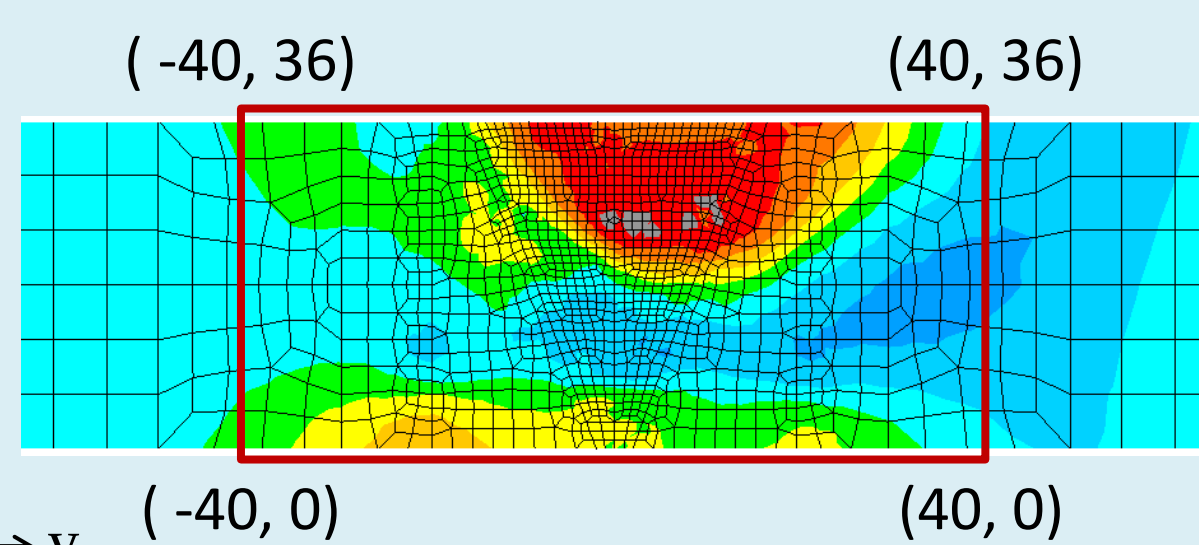
母材: SUS304 溶接材料: Y308L	1パスあたりの入熱量 W [J] 13333.33	溶接速度 v [mm/s] 6.67	溶接効率 0.8	要素数: 74,929~141,217 節点数: 70,896~135,252 GPU: GTX-980
---------------------------	---------------------------------	--------------------------	-------------	--

解析結果

熱弾塑性解析結果 (ルートギャップ: 6mm 開先角度: 30°)



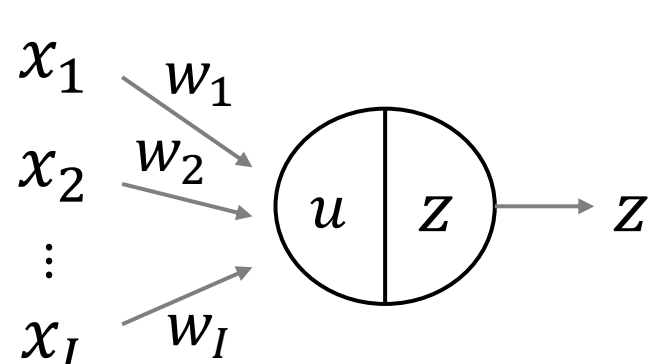
x=150の切断面での溶接線方向
(x方向)の残留応力分布



右上図 □ の範囲から計測点を75点選び、計測点での残留応力を
教師データとしてニューラルネットワークに与える

解析手法

ニューラルネットワーク



総入力

$$u = \sum_{i=1}^I w_i x_i + b$$

w_i : 重み b : バイアス

出力

$$z = f(u)$$

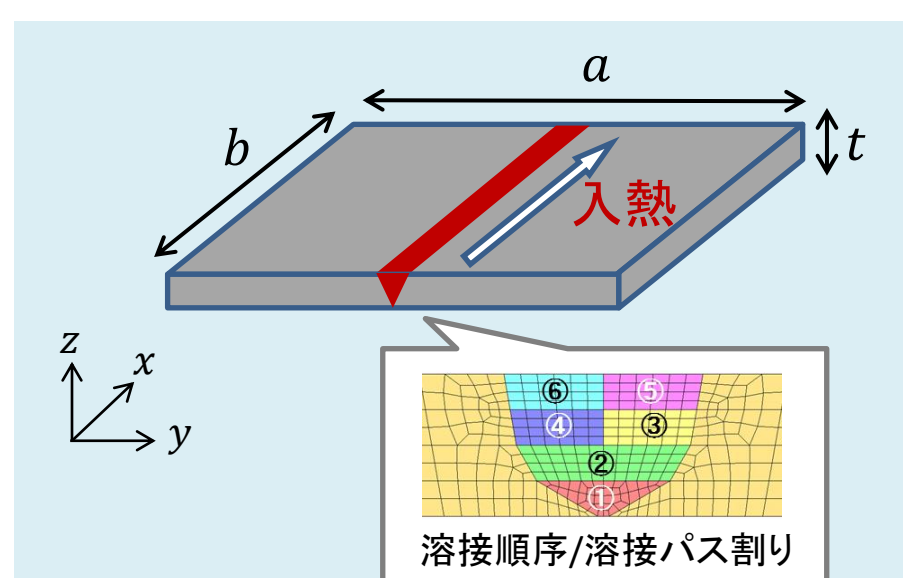
$f(x)$: 活性化関数

解析手順

Phase1: FEM熱弾塑性解析で教師データ(入力と出力のペア)を作成

入力 解析モデル・入熱条件
= 最適化の対象となるパラメータ

- 形状パラメータ(板厚、板幅、板の長さ 等)
- 入熱パラメータ(入熱量、加熱位置 等)
- 溶接順序および溶接パス割り

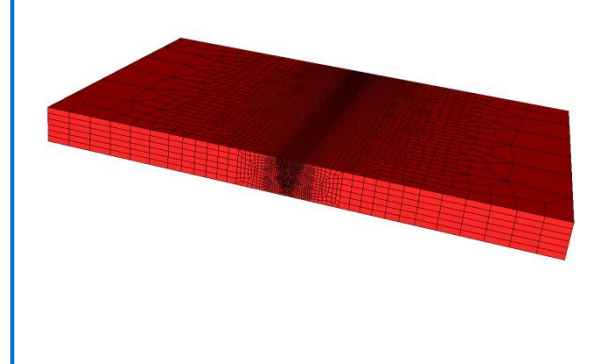


出力 熱弾塑性解析の解析結果 = 評価項目

Phase2: ニューラルネットワークに教師データを与え、学習させる

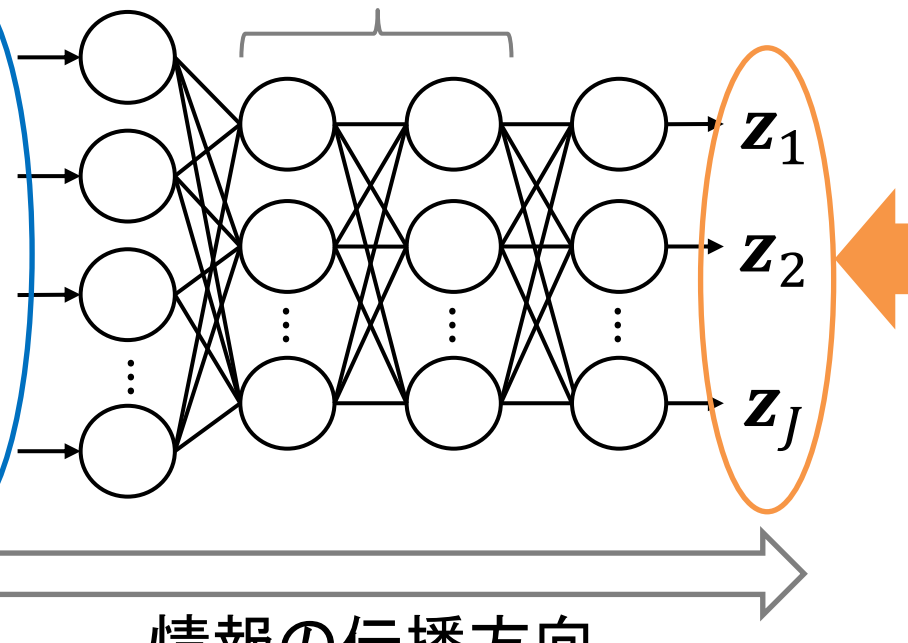
入力

- 解析モデル
- 入熱条件
(位置/速度/順序)



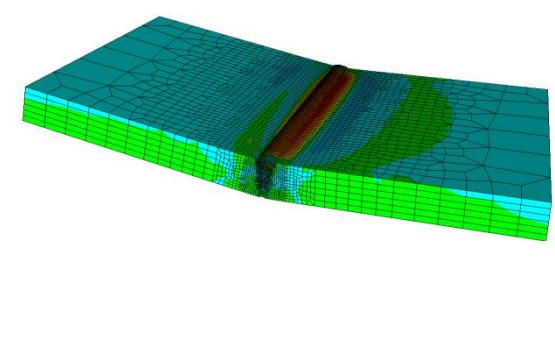
ニューラルネットワーク

入力層 隠れ層 出力層



出力

熱弾塑性解析の
解析結果
・変位
・残留応力 etc.

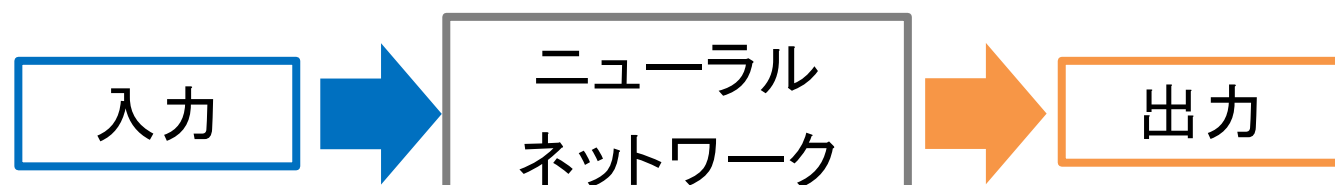


出力層での誤差が小さくなるように反復計算によっておもみを更新することで
入力と出力の関係が表現できるようになる

入力と出力の関係(非線形の変数関数)を表現

Phase3: 学習済みニューラルネットワークによって表される関数を利用

ニューラルネットワークの汎化能力によるデータの
内挿・外挿を利用し、教師データにない条件での
残留応力分布を予測



単純な行列計算のみを行うため、高速な計算可能

結論

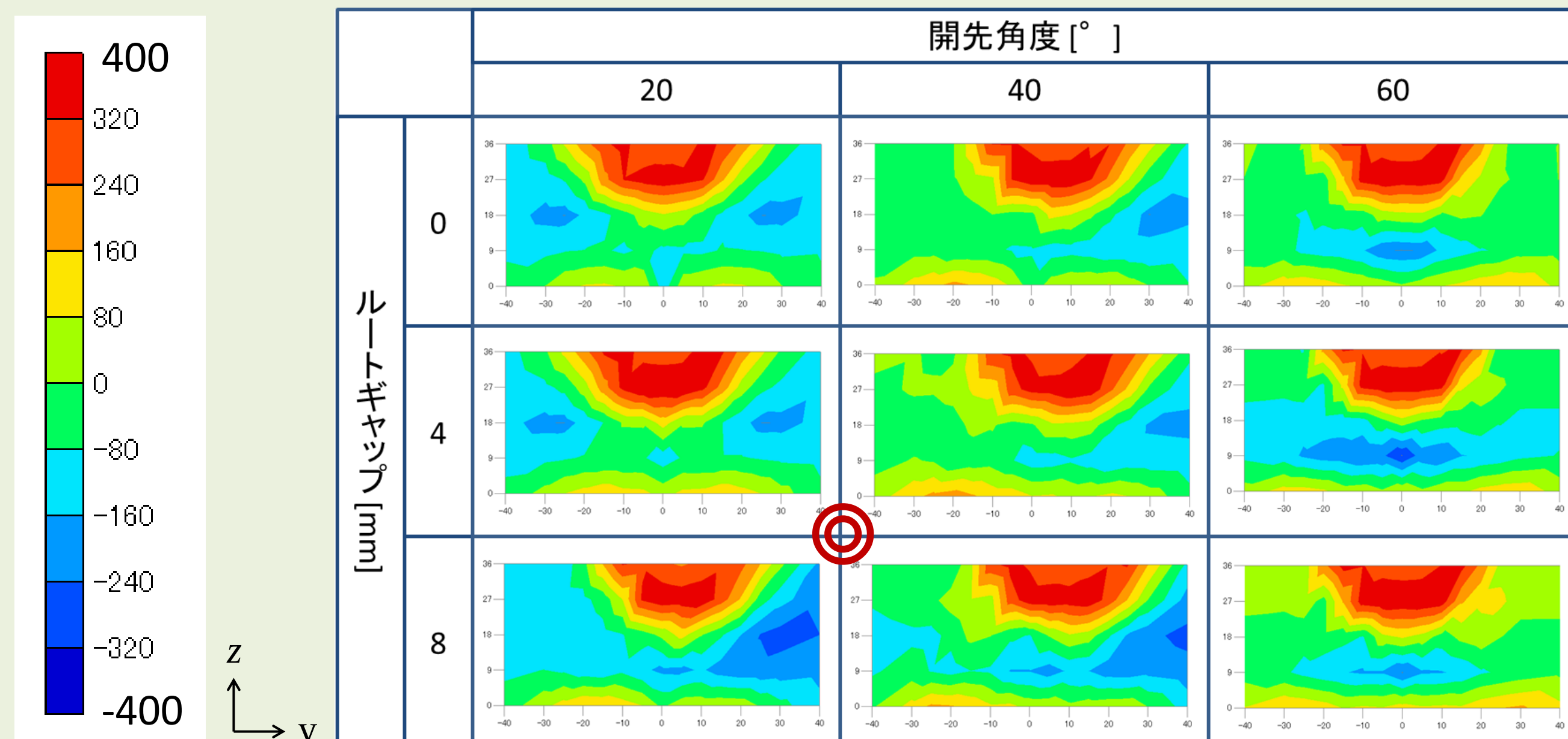
ニューラルネットワークを用いることで、形状パラメータ(開先角度と
ルートギャップ)と残留応力分布との非線形関係を学習させて、教師
データがない条件での残留応力分布を短時間で予測することができ
ることを確認した

今後の展望

- 組み合わせるパラメータを増やしたものを教師データとして学習させることでより
複雑な溶接問題にニューラルネットワークを適用する
- ニューラルネットワークに出力の評価システムを組み込むことで、理想的な残留
応力分布を得るための最適なパラメータを提案する解析システムを構築する

教師データ

上面の残留応力 大

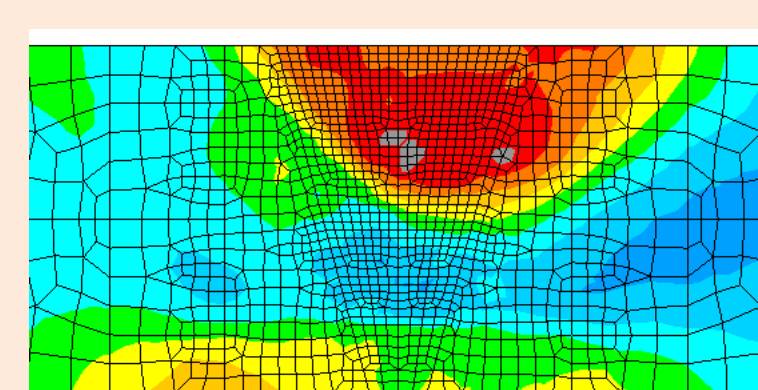
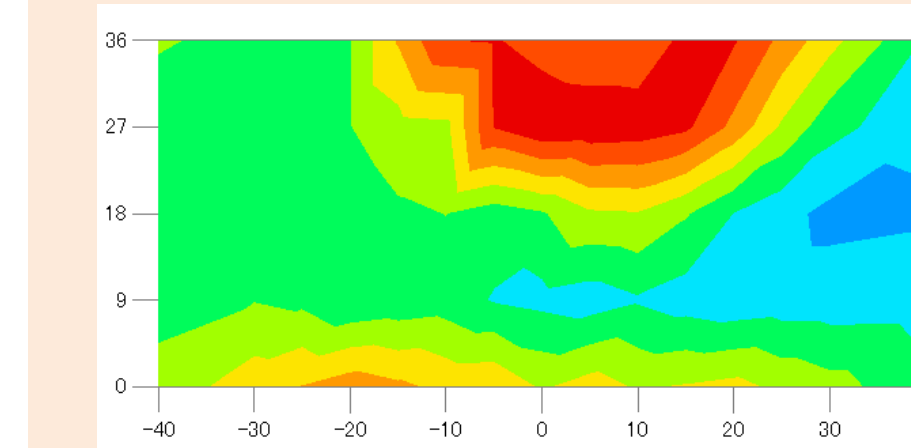
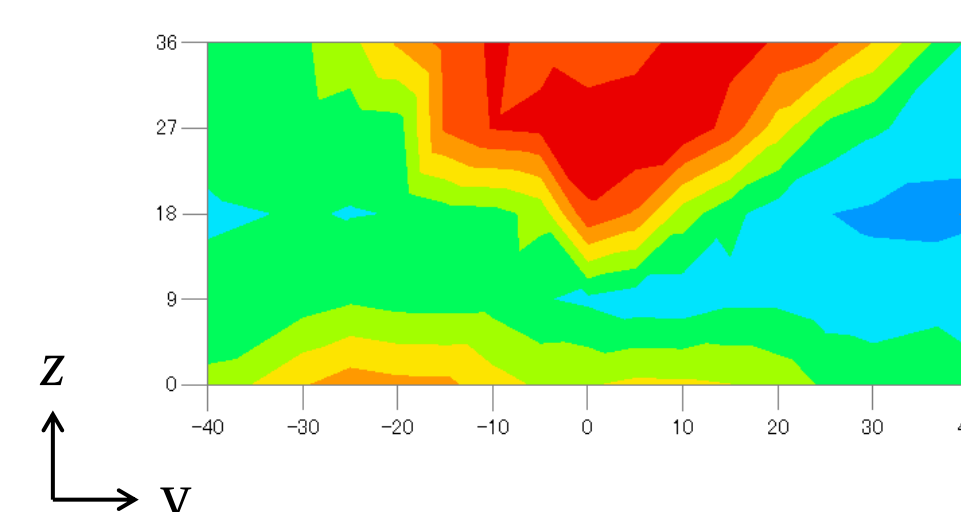


下面の残留応力 大

学習させたニューラルネットワークを用いて、上図の
⊙(ルートギャップ: 6mm, 開先角度: 30°)の条件における
残留応力分布を予測する

ニューラルネットワークによる残留応力分布の再現

熱弾塑性解析結果との比較



教師データの傾向を再現できていると言える

計算時間

熱弾塑性解析: 約6時間
ニューラルネットワークによる予測: 1分以下

ニューラルネットワークによって、教師データのない条件での
残留応力分布を短時間で予測することが可能