

# 形鋼圧延 FEM 解析システムの構築とユーザインタフェイスの開発

—形鋼圧延汎用解析システムの自動化・高精度化に関する研究・2—

Development of Graphical User Interface for FE Simulation System of Shape Rolling

柳 本 潤\*・久保田 寛\*\*

Jun YANAGIMOTO and Hiroshi KUBOTA

## 1. 緒 言

筆者らは前報<sup>1)</sup>において、形鋼圧延を対象とした適応型自動要素生成手法を提案した。本報では、前報にて提案した適応型自動要素生成手法を、一般の非対称形鋼圧延に拡張する。また、種々の形鋼圧延の適応型自動要素生成を利用した FEM 解析事例を紹介し、さらに、形鋼圧延汎用解析システムのユーザインタフェイス (GUI) を紹介する。

## 2. 非対称形鋼圧延に対する適応型自動要素生成手法と解析事例

### 2.1 要素密度

前報<sup>1)</sup>において、次式にて表される要素密度関数  $D$  により孔型形状および被加工材の断面形状の複雑さを考慮した、形鋼圧延に対する適応型自動要素生成手法を提案した。

$$D = \text{Max}(D_R, D_W, D_{\min}) \cdot C_L \quad \dots\dots\dots (1)$$

この関数を用いることにより、被加工材表面の各幅方向・厚さ方向位置に配置すべき表面要素の数が定まる。H 形鋼等の対称形鋼圧延では、被加工材とロールとの接触面に相対する面は通常対称面である。対称面については面全体の要素密度  $D$  は一様であるから、対称面には表面要素を任意の位置に配置することができ、従って、上ロールと被加工材との接触面において定まった表面節点の位置をもとに、比較的自由に被加工材内部の要素分割を決定することができる。

ところが上下非対称な形鋼圧延においては、適応型自

動要素生成手法にて利用する幅方向各位置における幾何学的特性 (孔型形状の複雑さや被加工材断面形状の複雑さ、すなわち要素密度関数  $D$  の幅方向分布) が、上ロールと被加工材の接触面と下ロールと被加工材の接触面とで大きく異なる。そのため、上下ロールとの接触面について式 (1) を用いて独立に表面節点を生成すると、表面節点の配置が被加工材上/下面で大きくずれ、結果として、矩形に近い形状を有する内部要素の生成が困難となり、さらに FEM 解析そのものが困難となる可能性がある。従って、要素密度関数  $D$  は上下ロールとの接触面の各幅方向位置において同一の値を持つ方が望ましい。

Fig. 1 に、上下非対称圧延についての要素密度関数を示す。この様な場合については、上下表面についてそれぞれ独立して求められる要素密度関数のうち大きい値をとり、この値を上下表面について共通に用いることにより、内部要素の形状の劣化を防止することができる。Fig. 2 に要素密度関数  $D$  について上述の取扱いを実施しない場合とする場合に対応した、自動要素生成例を示す。上下表面についての要素密度関数を共通化することにより、内部要素の形状の劣化が防止されている様子が分かる。

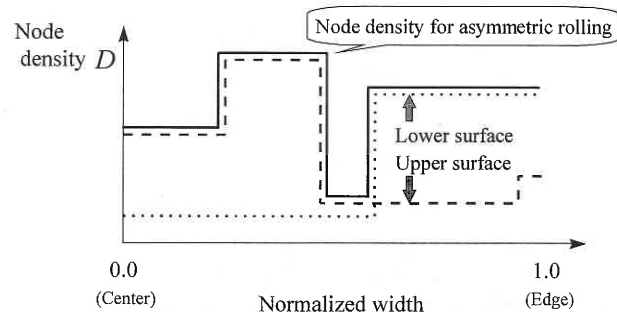


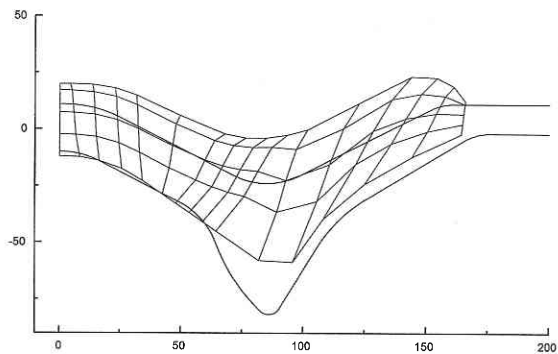
Fig. 1 Node density for asymmetric rolling.

\*東京大学生産技術研究所 第2部

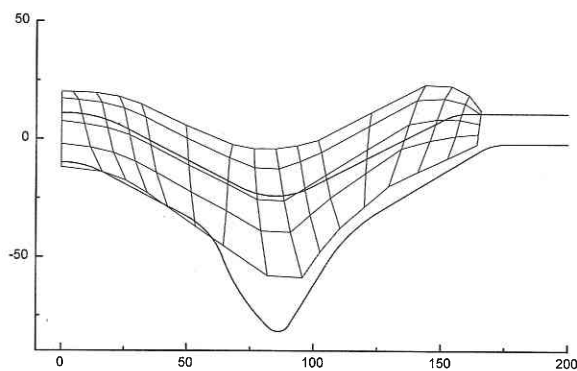
\*\* (株)東芝

## 2.2 内部節点の生成方法

内部節点は、それぞれの要素が出来るだけ矩形を保つようするため、Fig. 3 に示す手順により生成する。厚さ方向に見て第  $IX$  層の節点を配置する場合を考え、この層の節点が配置される線を、左右表面節点位置と無次元化した位置がほぼ等しくなる様に定める。続いて、上/下被加工材表面の第  $IX$  番目の節点に着目し、これらを  $P_T$ ,  $P_L$  点とする。  $P_T$ ,  $P_L$  点より  $IX$  層が配置される線への垂線を



(a) Independent node density for both rolls.



(b) Related node density for both rolls.

Fig. 2 Adaptive mesh generation for channel section rolling.

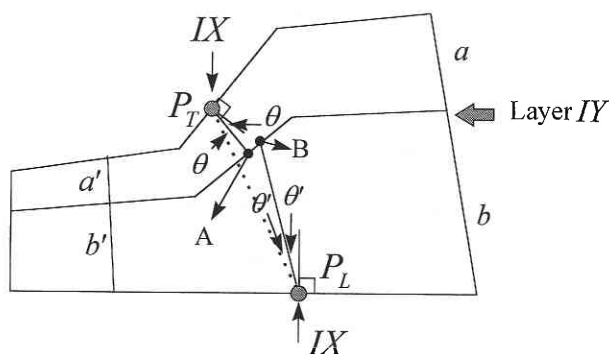


Fig. 3 Method to generate internal nodes.

それぞれ引き、これらの垂線と  $\overline{P_T P_L}$  との 2 等分線と  $IX$  層が配置される線との交点をそれぞれ  $A$ ,  $B$  とする。  $IX$  層の  $IX$  番目の節点は、  $A$ ,  $B$  の中点に配置する。

## 2.3 自動要素生成例と FEM 解析例

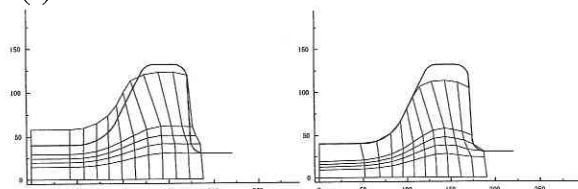
Fig. 4 に、H 形鋼ブレードダウン圧延第 4 パス～第 7 パスまでの自動要素生成例と FEM 解析例を示す。本スケジュールはユニバーサルパスまでを含め合計 17 パスあるが、全パスの解析を自動化することが可能である。Fig. 5 に、U 型鋼矢板圧延の第 5～第 8 パスまでの自動要素生成例と FEM 解析例を示す。

## 3. 形鋼圧延汎用解析システムのユーザインタフェース

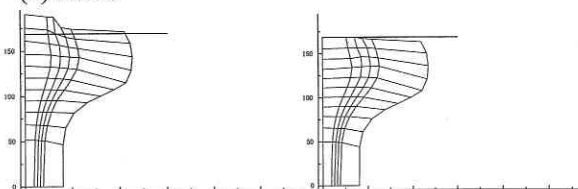
形鋼圧延汎用解析システムが、孔型設計・パススケジュール設計を目的とした数値実験として用いられる為には、以下に述べる 4 点を満たされたシステムであることが望ましい。

1) 孔型設計・パススケジュール設計の実務者を対象と

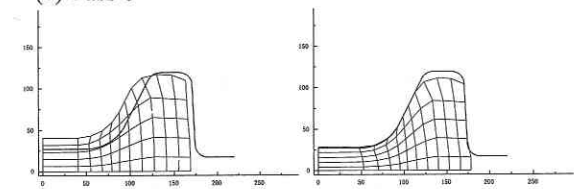
(a) Pass 4



(b) Pass 5



(c) Pass 6



(d) Pass 7

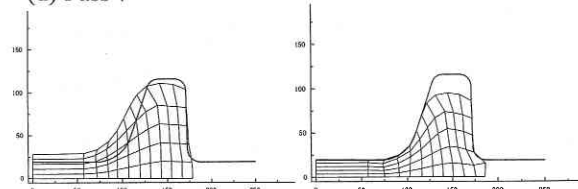


Fig. 4 Adaptive mesh generation and FE analysis for H-beam rolling (passes 4 to 7) .

## 研 究 速 報

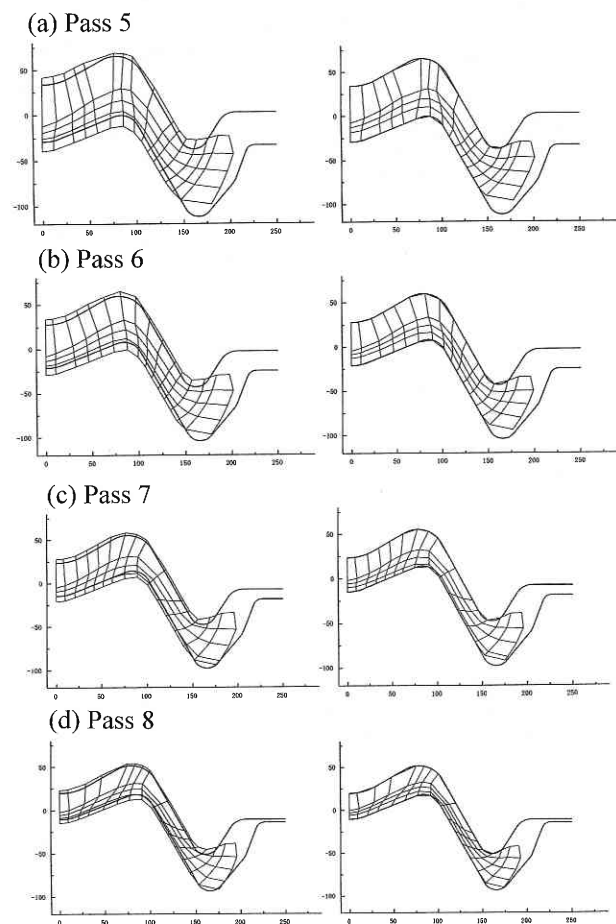


Fig. 5 Adaptive mesh generation and FEM analysis for sheet pile rolling (passes 5 to 8).

したシステムであること。即ち、モデル実験とできるだけ同じ手順で取り扱いが出来る解析システムであること。

- 2) 孔型設計・パススケジュール設計の実務者はFEMの専門家とは限らないので、デフォルトの予め値を与えることで、非線形FEM固有の入力項目は入力せずに圧延条件のみの入力に変形解析が行えるようなシステムであること。
- 3) 入力の間違いを少なくするために入力項目および入力結果を視覚的に表現できるシステムであること。
- 4) 冗長な操作をなくすために、ファイル名等はインタフェイスが自動的に決めるシステムであること。

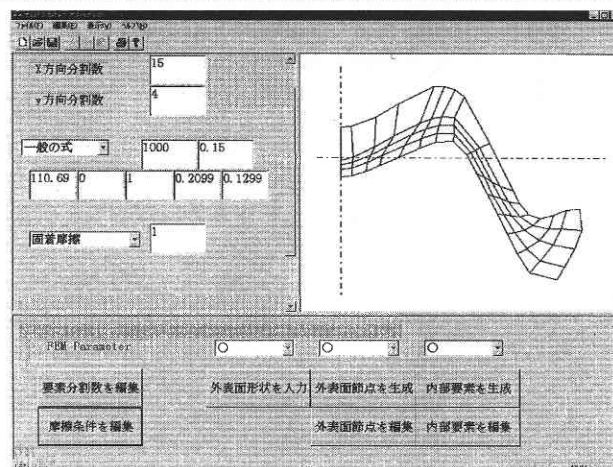


Fig. 6 GUI system of general purpose FE simulator for 3D rolling processes.

以上のことを実現することを目的として作成したユーザインタフェイス画面の一例を、Fig. 6に示す。孔型形状の入力などは、Visual C++にて作成されたウィンドウ上での操作環境にて実施が可能であり、さらに、CORMILL Systemによる3次元解析の実行、解析結果の2次元/3次元表示、幅広がり・圧延負荷などの結果の表示、さらに多パス圧延用データの作成、適応型自動要素生成などを、全てFig. 6と同一環境から、マウス・ボタン操作のみで実施することができる。なお、本GUIシステムは、現在は棒線材圧延を対象として開発/改良を進めており、近い将来に公開する予定である。

#### 4. 結 言

本報では、非対称形鋼圧延に対する適応型自動要素生成手法を提案し、若干の適応事例を示した。さらに、更に形鋼解析システムのユーザインタフェイス (GUI) を紹介した。

前報及び本報に示した手法は大部分の形鋼圧延プロセス及び棒鋼・線材圧延に適用することが出来るので、圧延の3次元FEM解析の普及に資すること大であると考えられる。

(1997年6月19日受理)

#### 参 考 文 献

- 1) 柳本ほか：生産研究，49-9（1997），456。