

# Just-In-Time モデリングを用いた厚板の幅制御

## Width Control System Utilizing Just-In-Time Modeling in Plate Rolling

茂森 弘靖 SHIGEMORI Hiroyasu JFE スチール 西日本製鉄所(倉敷地区) 制御部制御技術室 主任部員(課長)  
平田 直人 HIRATA Naoto JFE スチール 西日本製鉄所(倉敷地区) 厚板・鋳鍛部厚板工場長  
南部 康司 NANBU Kouji JFE スチール 西日本製鉄所(倉敷地区) 制御部制御技術室

### 要旨

Just-In-Time モデルの一種である局所回帰モデルを幅予測に用いた厚板圧延セットアップシステムを開発した。局所回帰モデルを用いることにより、複雑・非線形で特性が経時変化する厚板圧延の幅変動現象を高い精度で予測することが可能になった。また、モデルを必要に応じて構築することにより、あらかじめ与えるモデルパラメータの数を格段に減らすことができ、さまざまな寸法・材質に対して予測モデルを維持することが容易になった。

### 1. はじめに

厚板は、造船用、建築・橋梁用、ボイラー・圧力容器用、産業機械用などの幅広い用途に用いられている鉄鋼製品である。厚板の製品品質の指標としては、強度・伸び・靱性などの材質や寸法、形状、外観などがある。この中で、製品寸法を精度良く制御することは、品質に対する厳格な顧客要求への対応のために重要である。

厚板の圧延プロセスは、製鋼プロセスで作られた半製品のスラブを、製品として所定の形に作り込むプロセスである。厚板圧延は、成型圧延、幅出し圧延、仕上げ圧延の3つの過程に分けて圧延機で製品が作り込まれる。まず、第1段階の成型圧延において、スラブの表面手入れの影響を除去し、所定のスラブ厚に整える。次に、第2段階の幅出し圧延において、スラブを平面内で90°転回し、圧延機でリバース圧延し、幅方向の寸法を製品幅に近づける。次に、第3段階の仕上げ圧延において、再び材料を90°転回し、

さらに圧延機でリバース圧延し、長さ方向に所定の厚みまで圧延される。

幅の作り込みのためのセットアップ計算は、次のように行われる。まず、第2段階の幅出し圧延における目標寸法を決定する。この目標寸法決定にあたって注意しなければならないのが、第3段階の仕上げ圧延における幅変動である。円筒形状の上下ロールの間を、ロールを回転しながら材料を通過させ材料の厚みを減少させる金属加工においては、ロール幅方向にはほとんど寸法が変化しないが、実際には若干変逃、齟齬いいる。そのため、一つ一つの製品の圧延過程で

を予測し、それに合わせて圧延機の操作を行う必要がある。

幅変動モデルとして、従来、圧延実績データを解析して作成した簡易的な回帰式を用いている<sup>1,2)</sup>。しかし、その変動量はスラブ寸法、製品寸法などにより異なり、その現象は複雑・非線形であるので、一種類のモデルパラメータで表現することは困難である。このような場合には、モデルの精度を確保するために、複数の区分に分割してモデルパラメータを持つことが一般的に行われている。従来、幅予測についても、モデルの精度を維持するため、スラブおよび素材の寸法、材質などにより区分されたテーブルを作成し、変動量を補正していた。

圧延プロセスでは、寸法の予測モデル構築のためだけではなく、操業状況の解析、さまざまな品質管理・改善のため、大量の製造実績データをデータベースに蓄積している。従来からこのデータベースを用いて、上記幅予測モデルの補正テーブルの値を決めていた。しかし、時間が経つにつれ、製造技術向上、設備特性変化、および製品品種の多様化などの環境変化により、従来のデータをもとにフィッティングしたモデルでは対象をうまく表現できず、予測精度の劣化が起こってくる。そこで、経時的な変化に対応するため、一定期間ごとに新たなデータをもとに、補正テーブルの値の調整やテーブル区分の見直しなどを行うことにより、予測モデルを調整する必要がある。このモデルメンテナンスは、人の手によって大量の履歴データからの統計的処理を行い補正するといった方法で行われていて、その作業の負荷が高く、精度の維持が困難という問題があった。

そこで、本稿ではこの問題を解決するため、Just-In-Time モデリング<sup>3)</sup>

ここでは、2次元圧延理論をもとにロール幅方向の材料の移動はないと仮定している。すると、体積一定則は次の式で表現できる。

$$t_{out}$$



度  $w$  を用いて、局所回帰モデルを作成する。その局所回帰モデルの構造は (6) 式と同じである。  
モデルパラメータベクトル

本稿は、(社)日本鉄鋼協会第135回制御技術部会(2006年6月)資料をもとに、加筆、修正している。

6) 相良節夫, 秋月影雄, 中溝高好, 片山徹. システム同定. 計測自動制御学会, 第4章, 1981, p. 75-114.

参考文献

- 1) 諸岡泰男, 谷藤真也. 板圧延の理論と実際. 日本鉄鋼協会, 第11章, 1984, p. 283-294.
- 2) 柳沢忠昭, 三芳純, 坪田一哉, 菊川裕幸, 池谷尚弘, 磯山茂, 旭一郎, 馬場和史. 厚板圧延における新平面形状制御方法(MAS圧延法). 川崎製鉄技報. vol. 11, no. 2, 1979, p.168-181.
- 3) Zheng, Q.; Kimura, H. Just-in-time modeling for function prediction and its applications. Asian Journal of Control. vol. 3, 2001, p. 35-44.
- 4) Cleveland, W. S.; Delvin, S. J. Locally weighted regression. An Approach to Regression Analysis by Local Fitting. Journal of the American Statistical Association. vol. 83, 1988, p. 403.
- 5) Zheng, Q.; Kimura, H. Locally weighted regression based on k bipartite neighbors. 42nd Japan Joint Automatic Control Conference. Tokyo, 1999, p. 143-144.



茂森 弘靖



平田 直人



南部 康司