

利用者名：工学部 機械工学科 教授 余 錦華

Scopus

Title:	Dynamic time series feature extraction for blast furnace lining temperature prediction
論文名 (和訳)	高炉ライニング温度予測のための動的時系列特徴量抽出
Authors:	陳奇福 (中国地質大学 大学院生), 曹衛華 (中国地質大学 教授), 吳敏 (中国地質大学 教授), 余 錦華 (東京工科大学 教授)
Journal:	Information Sciences
掲載年月	2026 年 6 月

研究概要： 高炉のライニング温度は、その健全性を示す重要な指標である。ライニング温度を予測することは、不適切な操業の特定や、高炉の熱状態制御の改善に役立つ。しかし、高炉の製鉄プロセスにおける反応時間の変動や空間的な分布特性により、プロセスパラメータがライニング温度に及ぼす影響には動的な時間遅れが生じる。この問題を対処するため、本論文では、多数の時系列データを用いた動的特徴抽出と、時系列の動的特徴を捉える革新的なアテンション機構を組み込んだライニング温度予測モデルを提案する。さらに、局所的な時間的なパターンを捉える予測モデルの能力を高めるために、畳み込みニューラルネットワーク (CNN) を採用する。本研究の独創性は、プロセス変数間の時間遅れの変動に対応するために、ゲート付き回帰型ユニット (GRU) とアテンション機構を統合した点にある。この統合により、既存の手法と比較して予測精度が向上する。実際の操業データに基づき、提案モデルの実現可能性と有効性を実証する。

研究背景： 高炉のライニング温度を監視・予測することにより、高炉の異常状態を早期に検知し、事故を未然に防ぐために重要である。しかし、炉内の複雑な環境や化学反応により、それらが炉内壁温度に及ぼす影響およびその時間遅れを評価することは困難であった。

研究成果： 本論文では、動的な時系列特徴抽出 (図 1) に基づく新しい予測手法 (図 2) を提案する。本モデルは、GRU (Gated Recurrent Unit) とアテンション機構を統合することにより、複雑な運転条件下における時間的依存関係を効果的に捉え、高い精度でのライニング温度予測を実現する。従来の手法に比べ、このモデルはプロセスパラメータ間で変動する時間的遅延に適応的に対応でき、実環境におけるモデルの汎性とロバスト性を向上した。

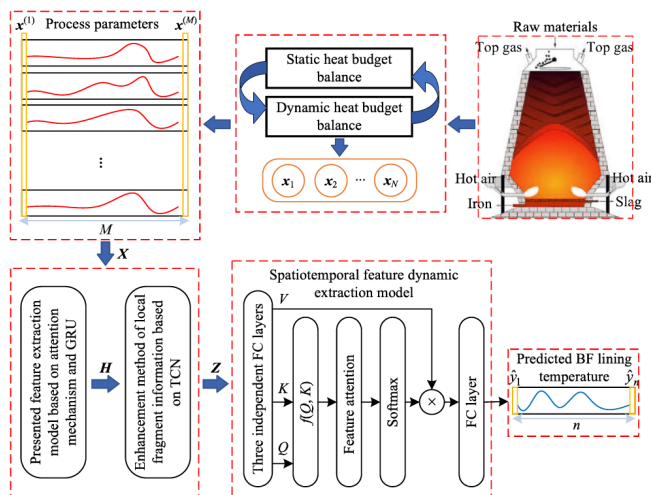


図 1 動的特徴抽出フレームワーク

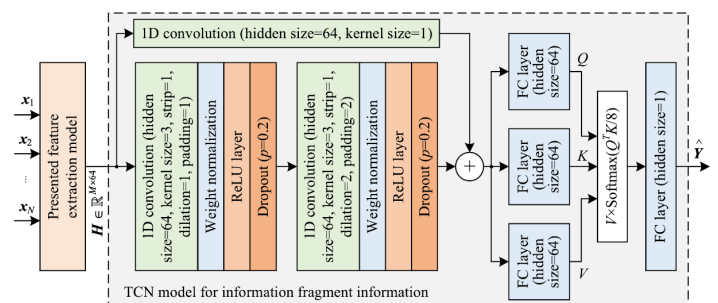


図 2 局所的な破片情報認識を最適化した後の高炉ライニング温度予測モデル

社会への影響：実データを用いた実験により提案モデルは、許容誤差範囲内での的中率は 89.82%に達し、複雑な操業条件下におけるライニング温度予測の精度が大幅に向上した。本モデルを用いることにより、高炉プロセスにおけるコストダウンと環境保全に大きく寄与する。

専門用語：

高炉のライニング温度予測：炉壁や耐火物の温度を将来時刻まで推定し、損傷や侵食の兆候を早めに捉えることである。炉内の熱流動と炉壁の伝熱、冷却条件、操業条件の変化を組み合わせる必要がある。

アテンション機構：モデルは、入力信号の中、どこをどれだけ重視するか、また、冗長なものや情報量の少ないものを抑制するかを、その場で決める仕組みである。