

# 製造装置の高次元レシピ最適化におけるアニーリングマシン適用のための イジングマッピング手法の開発

## Development of an Ising Mapping Method to Apply Annealing Machine for Optimizing High-dimensional Recipe in Manufacturing Tool

日立製作所 研究開発グループ<sup>1</sup>, 株式会社リクルート データ推進室<sup>2</sup> °大森 健史<sup>1</sup>, 中田 百科<sup>2</sup>  
Hitachi, Ltd. Research & Development Group<sup>1</sup>, Recruit Co., Ltd. Data Management & Planning Office<sup>2</sup>,  
°Takeshi Ohmori<sup>1</sup>, Hyakka Nakada<sup>2</sup>  
E-mail: takeshi.ohmori.kb@hitachi.com

高精度かつ複雑な製造結果を実現するために、製造装置のレシピ(入力条件)のパラメータ数は増加している。目標の製造結果を得るために、この高次元レシピを最適化する手法として、機械学習の回帰を用いたレシピ最適化技術を開発している[1]。図 1(a)はその最適化フローの概要であり、(I)実験にてレシピと製造結果の特徴量からなるデータセットを取得、(II)データセットの学習により回帰モデルを構築、(III)回帰モデルを用いた最適解探索、の各ステップで構成される。

高次元レシピの最適化における有効な方法としては、アニーリングマシン[3,4]による回帰の大局解探索が挙げられる。しかし、アニーリングマシンはイジングモデル専用ソルバのため 2 次関数以下の回帰に適用が制限されており、多くの製造装置のレシピ予測のための回帰において必要となる 3 次以上の非線形性を扱えず回帰精度が乏しくなるという課題がある。図 1(a)の最適化フローにアニーリングマシンを適用するためには、図 1(b)に示すような 2 次化(quadratize)ステップが不可欠だが、一般関数に対する統一的手法は存在しない。

そこで、本研究では 3 次以上の非線形性を有する実際の製造装置に対するレシピ予測技術の確立を目的として、任意の非線形性を記述できるカーネル回帰をイジングモデルに自動変換する内積バイナリ化法を開発した。その原理検証のため 3 次関数のブラックボックス最適化問題に適用し、従来手法に比べ回帰のテスト誤差は 88%、大局解の発見確率は 45%改善することに成功した。

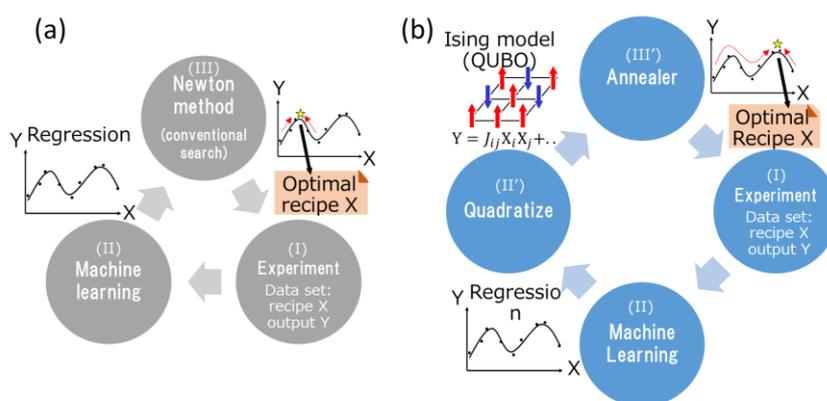


Figure 1 Conventional (a) and proposed method (b) of recipe optimization flow.

[1] T. Ohmori, et al., in Proc. Int. Symp. Dry Process, pp. 9–10 (2017), H. Nakada et al., in Proc. Int. Symp. Dry Process, pp. 53-54 (2019)

[2] M. Yamaoka, C. Yoshimura, M. Hayashi, T. Okuyama, H. Aoki, H. Mizuno, ISSCC, pp.432-435 (2015)

[3] M. Johnson, et al., Nature, 473, 7346, pp. 194-198 (2011)