

厚板スラブ設計問題におけるハイブリッドGAの適応度設定方法

01506424 住友金属工業(株) *平山克己 HIRAYAMA Katsumi
 01402684 住友金属工業(株) 中川義之 NAKAGAWA Yoshiyuki
 住友金属工業(株) 梶原秀之 KAJIHARA Hideyuki

1 はじめに

現在、鉄鋼業においては注文構成の多品種、小ロット化、高級化、短納期化等が急速に進んでおり、これらに対応した製造設計段階からの徹底したコスト削減が不可欠である。

このような状況の中で、制約条件を含む組合せ最適化問題に対する近似解法として遺伝アルゴリズム (GA) が注目されている。

今回、二次元Bin-Packing問題と、母材製造コストを最小化するスラブ寸法決定問題の複合問題である厚板スラブ設計問題[1]にGAを適用し効果を上げたので報告する。

2 厚板スラブ設計問題について

厚板スラブ設計問題は、図1に示すように、注文板寸法とスペックをもとにした注文制約、切断機や圧延機に関する圧延設備制約、加熱炉やスラブサイズから生じるスラブ制約の三制約の下で注文厚板を組合せて大板を設計する問題である。以下に厚板スラブ設計問題の定式化を示す。

$$\text{Minimize } \sum_j SV_j \tag{1}$$

subject to.

$$SV_j = \sum_{i \in g_j} v_i + C_{g_j} \tag{2}$$

$$SL_j(CS_k) = \gamma \frac{SV_j}{CS_k} \tag{3}$$

$$SV_{\min} \leq SV_j \leq SV_{\max} \tag{4}$$

$$W_{\min} \leq PW_h(w_{g_j}) \leq W_{\max} \tag{5}$$

$$L_{\min} \leq PL_h(l_{g_j}) \leq L_{\max} \tag{6}$$

$$SL_{\min}(CS_k) \leq SL_j(CS_k) \leq SL_{\max}(CS_k) \tag{7}$$

- | | | | |
|-----------------|---------------------|-------------|------------------|
| i | : 注文板番号, | j | : スラブ番号, |
| k | : 鋳込み断面番号, | CS_k | : 鋳込み断面積, |
| γ | : 係数, | SL_j | : スラブ長, |
| v_i | : 各注文板の重量, | SV_j | : スラブ重量, |
| w_i | : 各注文板の巾, | h | : 切断パターン, |
| l_i | : 各注文板の長さ, | g_j | : スラブj内の注文板番号集合, |
| C_{g_j} | : 圧延代重量, | | |
| V_{\min} | : 下限スラブ重量, | V_{\max} | : 上限スラブ重量, |
| SL_{\min} | : 下限スラブ長, | SL_{\max} | : 上限スラブ長, |
| W_{\min} | : 下限圧延巾, | W_{\max} | : 上限圧延巾, |
| L_{\min} | : 下限圧延長, | L_{\max} | : 上限圧延長, |
| $PW_h(w_{g_j})$ | : g_j を含む大板の幅変換式, | | |
| $PL_h(l_{g_j})$ | : g_j を含む大板の長さ変換式 | | |

厚板スラブ設計問題は(2)式から(7)式の制約内で目的関数(1)式を最小とする注文板番号集合 g_j の決定及び、鋳込み断面積 CS_k とスラブ長 SL_j のスラブ寸法を決定する問題である。

従来、弊社では厚板スラブ設計にはヒューリスティクスを用いていたが、高度な生産形態への対応が困難となってきた。そこで、今回、局所探索(遺伝子からスラブ設計への変換[図2-Step1,2])にヒューリスティクス、広域探索(解の生成、探索方向の決定[図2-Step3,4])にGAを用いたハイブリッド型の解法を採用した。

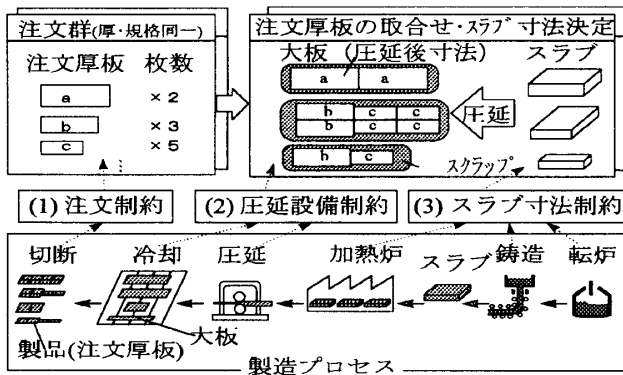


図1: スラブ設計の概要

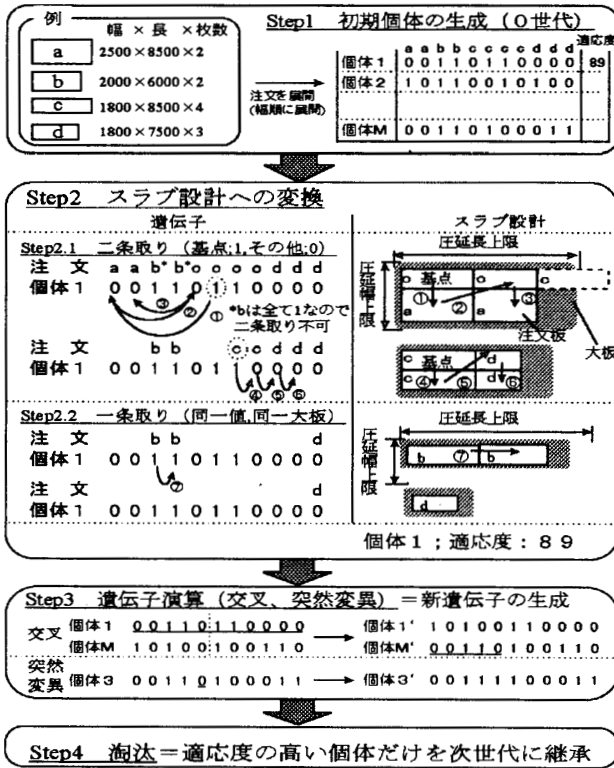


図 2: ハイブリッドGAの概要

3 適応度設定方法

スラブ設計問題の第一目的はトータルのスラブ重量 (製造コスト) 最小化であるが、実運用の上ではスラブ本数最小化 (作業性向上) という別の目的が追加される。本報告では、(8) 式の適応度 $F(m)$ のパラメータ (二条取り重み係数 α 、圧延長重み係数 β) 設定により、二種類の目的を満足させた事例について紹介する。ここで、二条取りとは、スクラップとなる圧延代部分を削減するために長手方向に2枚の注文板を取合せする方法である。また、(8) 式の c_j, d_j はそれぞれ、二条取りで設計されたスラブに含まれる注文板番号集合、設定圧延長を超えたスラブに含まれる注文板番号集合である。

$$F(m) = \frac{\sum_j (\alpha \sum_{i \in c_j} v_i + \beta \sum_{i \in d_j} v_i + \sum_{i \notin c_j, d_j} v_i)}{\sum_j SV_j} \quad (8)$$

以下に任意の同一厚・規格グループ (板枚数: 約 300) に対して適応度の重み係数を変化させた場合のスラブ重量、スラブ本数の推移を示す。図 3 からスラブ重量最小化を狙った場合、 $(\alpha, \beta) = (1.0, 2.0)$ が最も効果的であ

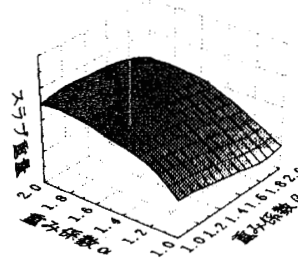


図 3: スラブ重量と適応度重み係数の関係

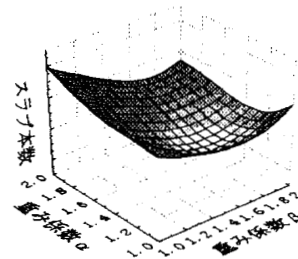


図 4: スラブ本数と適応度重み係数の関係

る。しかし、スラブ本数最小化を狙った場合、図 4 のように $(\alpha, \beta) = (1.3, 1.5)$ が最も効果的である。

この結果から製造コスト最小化と作業性向上の間にはトレードオフの関係がある。したがって、生産現場では両指標を満足する鞍点の中から生産環境に応じた最適なスラブ設計を選択しなければならない。工程担当者は図 3、4 のような品種毎のケーススタディー分析結果をもとに生産状況に応じた重み係数を選択することが可能となっている。これにより、ロジック変更を行うことなく自動的に生産状況に応じたスラブ設計結果を算出することが可能となっている。

4 おわりに

従来のヒューリスティクスは生産状況が変化するとロジック変更が必要であった。今回のシステムは、適応度重み係数の操作だけで容易に生産環境に応じたスラブ設計結果が算出可能となり、弊社鹿島製鉄所にて平成 7 年 1 1 月から順調に稼動中である。

参考文献

[1] H.Tokuyama, N.Ueno, M.Kawabata, H.Saito and Y.Kitano : The two-dimensional assortment problem in the production of heavy steel plates ; *Proc. of APORS'88*, pp. 289-304(1990)