

鉄鋼業における板取り計画システムの構築

高田 智治, 謝 志敏, 和田 安弘

1. はじめに

鉄鋼業における板取り計画とは、「ある一定の幅と長さを持つ矩形の鉄板から、需要家の要求する幅と長さの矩形（オーダ）を取り出す計画」である。この計画を作成する場合、「コスト削減」の観点から、できる限り半端な切り捨て量が発生しないように複数オーダを組み合わせて計画を作成することが重要となる。この板取り計画業務は、従来、専門家のノウハウによって行われてきたが、組み合わせ最適化問題を内包する業務であるため、専門家でも非常に困難かつ長時間を費やす業務であり、コスト削減にも限界があった。そこで、我々はコスト削減と省工数を目的として、最適化技術を適用した板取り計画システムの開発に取り組み、このシステムをグループ会社において平成8年1月より実稼働させた。

2. 計画業務の概要

2.1 板取り計画業務と実際の板取り作業

板取り計画業務から実際の板取り作業までの流れを順番に以下に示す。

(1) オーダ、母材の紐付け (図1参照)

計画担当者は現時点のオーダを確認し、厚み/規格/納期/品質特性/etc.を考慮したうえで、オーダと母材を選択する。需要家はさまざまな幅と長さを持つ同一規格のオーダを注文するが多いため、基本的に1つの母材から同一需要家のオーダを採取する機会が多い。この作業は、工程/管理等の専門知識を必要とするうえに、需要家との関係によって決定される要素もあり、専門家にしかできない作業であった。

(2) 板取り計画作成 (図2参照)

たかだ ともはる, しゃしびん 川崎製鉄 情報システム部
わだ やすひろ 川崎製鉄 (現 長岡技術科学大学 工学部)
〒100 千代田区内幸町2-2-3 日比谷国際ビル

計画担当者は、自分で選択した複数オーダの板取り計画を作成し、スリット現場へ計画書（加工指示書）を出す。この板取り計画は、複数のオーダをうまく組み合わせ、1つの母材上から切り捨て量少なく（歩留り高く）取り出すことを考慮する必要がある。また、設備の稼働率を高くするために、刃替え回数（命令数）の少ない計画作成が要求される。

(3) スリット作業 (図3参照)

板取り計画の計画書を見て、スリット作業者は「母材」と「刃」をセットし、スリット作業を開始する。刃替えを行うまでの長さ分をスリットした時点で、スリット作業を中断し、母材を切断する。

(4) 刃替え作業 (図4参照)

スリットする設備は図3で示す幅方向に刃がついており刃と刃の間隔がオーダ幅となる。このためオーダ幅を変更する場合は一度母材を切断した後に刃と刃の間隔を変更する作業が必要となる。この作業はスリット作業による手作業であり時間がかかる作業である。

2.2 従来の板取り計画業務の問題点

従来の板取り計画業務の問題点を以下に示す。

(1) 最適性の問題

人間の計算能力には限界があるため、いくつもの板取り計画を考慮した上で最適な計画を選ぶような計画作成は不可能であった。また、組合せの数が多い場合は、歩留りの高い（切り捨て量の少ない）計画を作成することが難しかった。

(2) 計算時間の問題

板取り計算時間に多大な時間を費やしていたため、実際に現場でスリットする1.5~2日前に計画を作成していた。よって、母材不足や短納期オーダに対する即座の対応が難しかった。

(3) 属人性の問題

上記で述べたように、「オーダ、母材の紐付け」には幅広い知識が必要であり、「板取り計画作成」には組合せ最適化問題を解く能力を要求されるため、専門家で

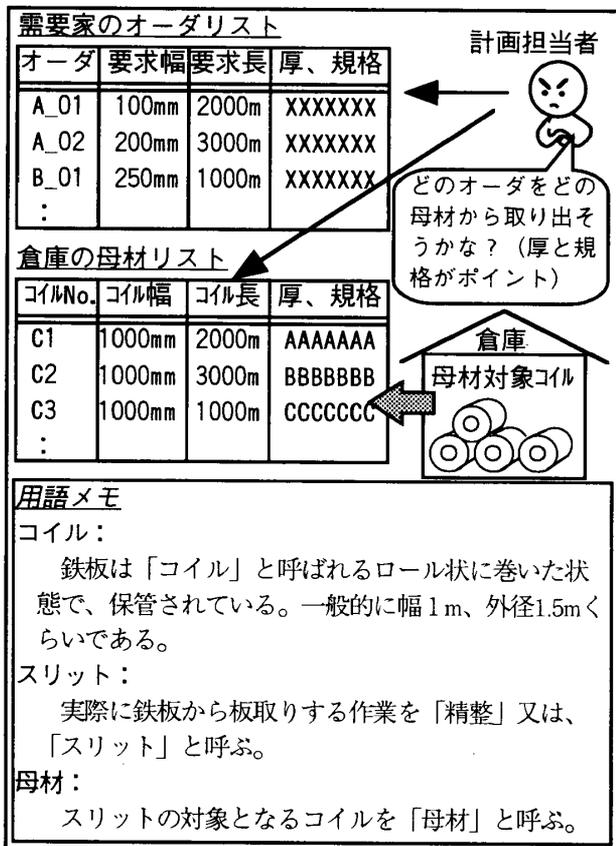


図1 オーダ、母材の紐付け業務

3. 板取り計画システムの開発

3.1 板取り計画システムの概要

歩留りの向上と業務時間短縮を目的として、「板取り計画作成」部分に対して数理技術を適用したシステムを構築した。システム化対象である板取り計画作成部分は、計画業務上最も困難な部分であるため、大きな効果が予想された。また、専門家の知識に比較的左右されずに数理的にモデル化しやすいことから、数理技術を適用することとした。

3.2 システム構成と運用形態

板取り計画システムは(図5参照)、板取り計画用にパソコンを利用し、LAN経由でオーダーと母材を管理するホストコンピュータと接続している。

計画業務は、次のような流れとなる。まず、計画担当者がホスト端末上でスリットしたいオーダーと母材を選択した後、パソコン側に両者のデータをダウンロードし、パソコン上で板取り計画作成処理を実施する。板取り計画結果をパソコンのGUI画面から確認・修正した後、ホストへ計画結果をアップロードしてデータを更新する。なお、1回の板取り計画は平均5命令(5刃替え分)作成し、1日で平均20命令作成している。

3.3 板取り計画問題

板取り計画作成は、以下のような組合せ最適化問題(図6参照)として表現される。

(1) 目的関数

a. 歩留りの最大化

複数のオーダーをうまく配置することによって、切り捨て量をできる限り少なくする。

b. オーダ完了数の最大化

できる限り需要家の要求量に過不足なく、複数のオーダーをすべて完了させるようにする。

c. 刃替え回数の最小化

刃替え作業は、スリット作業現場において設備を止めて作業しなければならず、設備の稼働率を低くする。このため、できる限り刃替え回数を少なくする。ただし、刃替え回数の多い方が、歩留りの高い板取り計画を作成しやすい。

(2) 制約条件

a. 母材幅制約

母材幅をはみ出してオーダーを割り付けられない。

b. 本数制約

設備上、幅方向に採取できるオーダーの本数に上限がある。

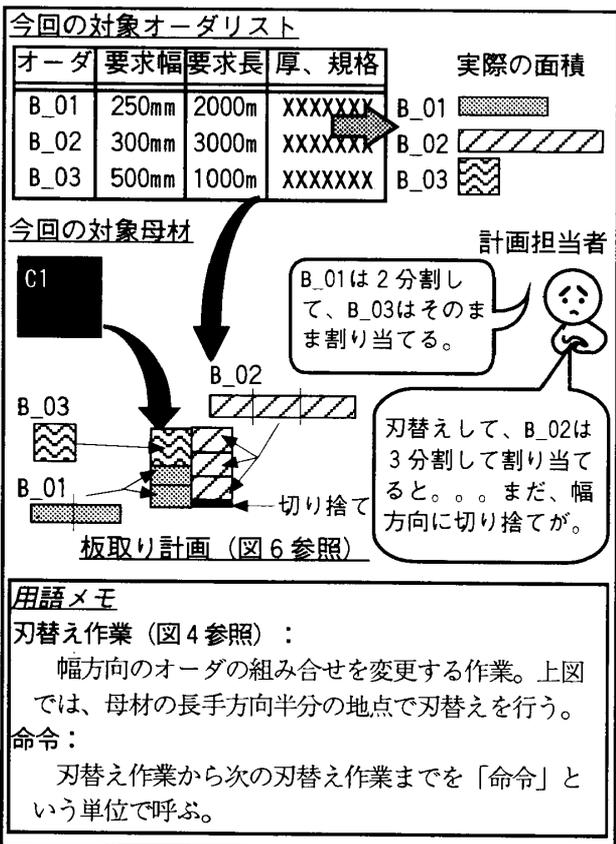


図2 板取り計画作成

なければ担当できなかった。よって、他の人間に業務を分散できず、担当者の負荷は非常に高かった。

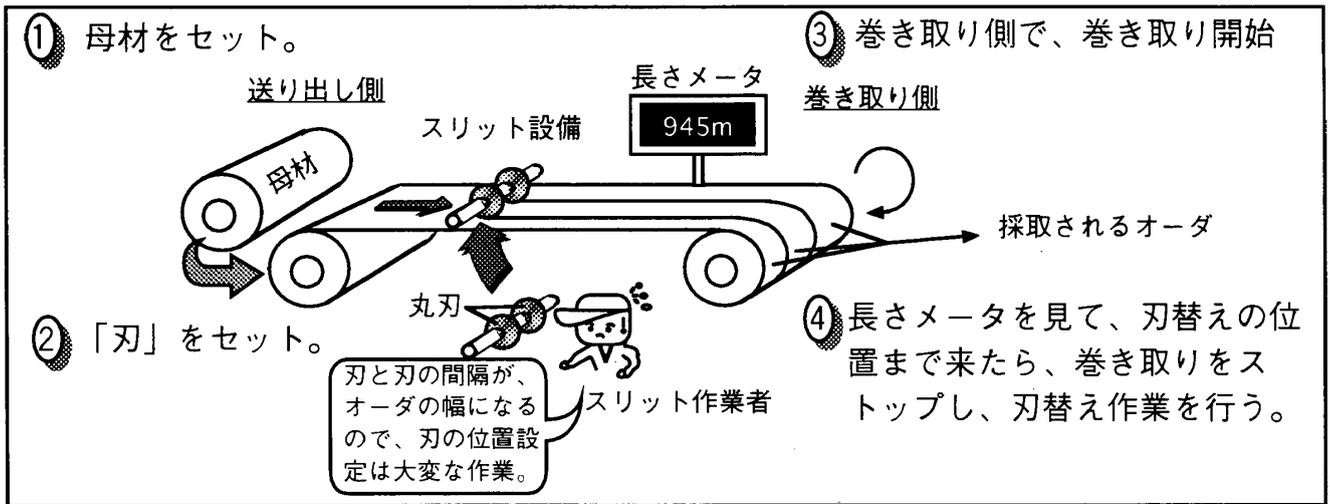


図3 スリットの設備と作業

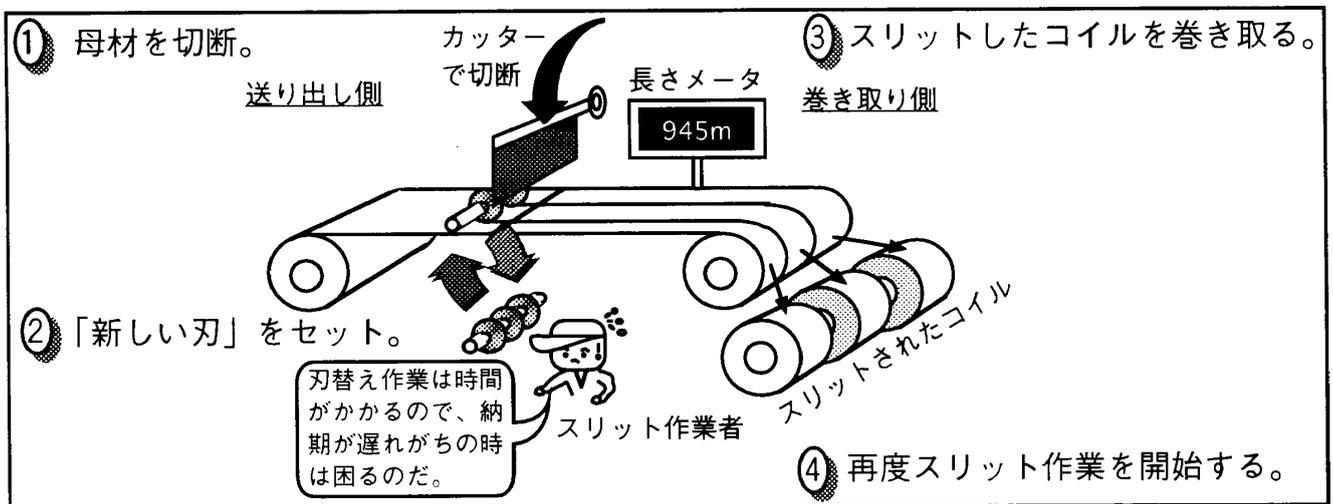


図4 刃替え作業

表1 性能比較評価

	板取り結果比較評価	
	システム	担当者
歩留り [%]	93.9	93.2
刃替え回数	30	31
総作業時間 [分]	90(計算処理)	—
	43(人間修正確認)	209

(パソコンは、WindowsNT(Pentlum133MHz)を使用。)

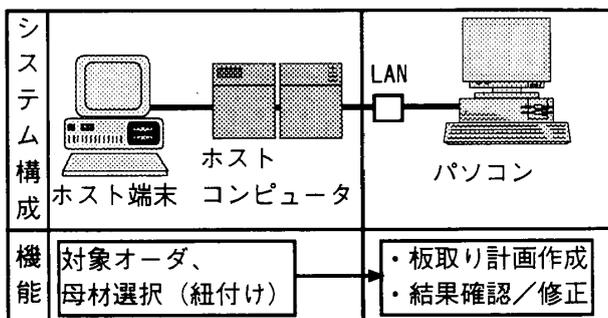


図5 システム構成

3.4 適用技術

組合せ最適化のアルゴリズムとして、ホップフィールド型ニューラルネットワーク [1] を適用した。ニューラルネットワークは、1回の試行が非常に短時間で、準最適解を求める局所探索法である。ただし、初期値によっては局所解に陥りやすい欠点もあるため、ランダム多スタート局所探索法を適用して、複数回試行した後に良い解を選択する方式とした (図7参照)。また、試行の途中で積極的に刃替えの回数を変化させながら解を求め、さまざまな刃替え回数の解を次善解として蓄積する設計とした。このため、板取り計画作成後に、計画担当者が作業性 (刃替え回数) と歩留りのトレードオフを考慮に入れて、次善解の中から板取り計画を選択可能となっている。

4. 板取り計画システムの評価

4.1 定量効果

平成8年1月の本番稼働後に約20事例を対象として、

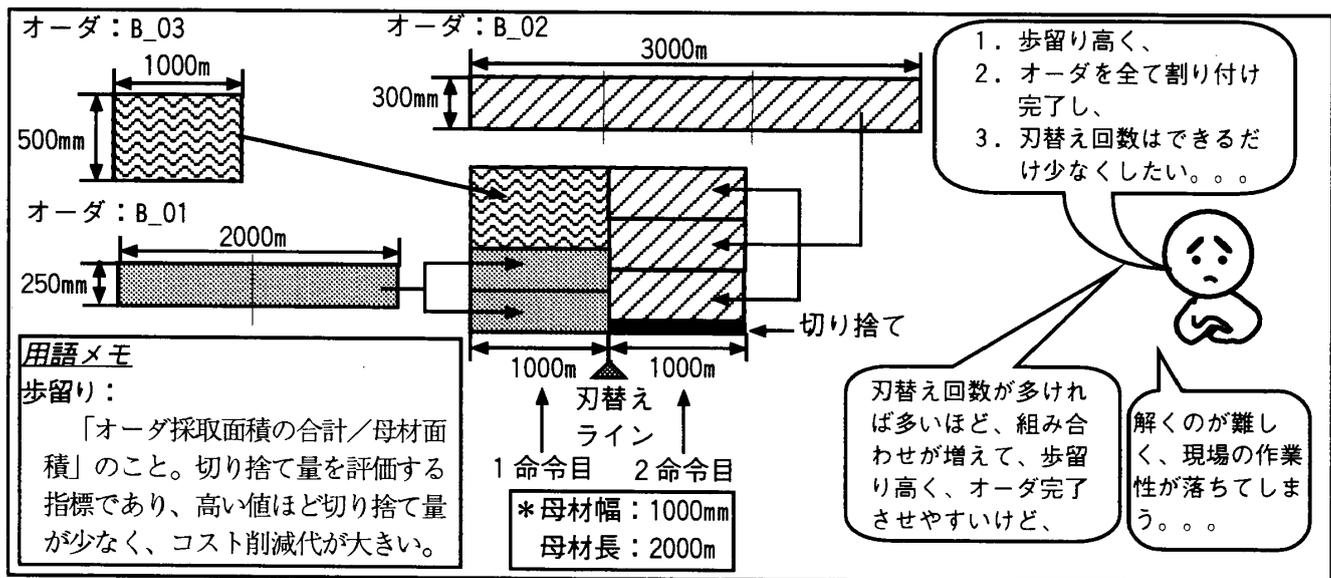


図6 板取り問題

担当者とシステムの比較評価を実施した。評価指標として、歩留り、刃替え回数、作業時間について定量的に評価した。結果を表1に示す。表1より、定量的には以下の3つの効果を達成することができた。

(1) 歩留り

0.7%の向上が見られた。

(2) 刃替え回数

担当者とシステムでほぼ同等でありシステムの計画結果が現場の作業性の面で十分実用的だったと言える。

(3) 作業時間

人間の作業は、確認・修正作業のみであり、従来の約20%まで作業時間が短縮された。

4.2 定性効果

結果として、システム化によって以下の定性効果が見られた。

- (1) 経験の浅い人間でも板取り計画作成が可能となった。
- (2) 板取り計画を GUI で視覚的に示し、スリット作業現場に提供することにより、現場の作業性が向上した。(従来は、文字と数字のみの帳票であり、スリット作業の全体観が分かりにくかった。)

5. おわりに

「板取り計画作成」業務を数理技術によって半自動化し、人間系と協調させて運用しやすいシステムを構築した。数理技術の適用は歩留り向上の効果があり、システム化による業務時間短縮の効果も十分なものであった。組合せ最適化のアルゴリズムとしては、ニューラルネットワークとランダム多スタート局所探索法を適用して、短時間で最適性の高い解を求めることが

可能となった。また、豊富な次善解を用意することによって、作業現場の状況変化に対し、柔軟な対応を可能とした。今後は、この板取り計画システムを鉄鋼分野に限らず、広く展開させていくことを検討している。

参考文献

[1] T.Takada, K.Sanou, S.Fukumura : A Neural Network System for Solving an Assortment Problem in the Steel Industry, Annals of Operations Research 57, Mathematics on Industrial Systems, J.C. Baltzer A.G.Science Publishers, pp.265-281, 1995.

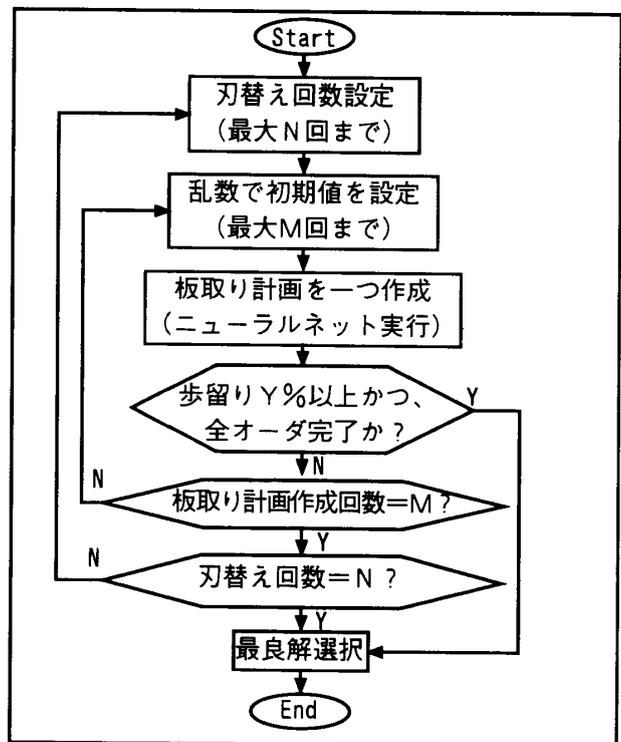


図7 計画作成処理フロー