

原料ヤード移動機3次元自動制御技術の開発

Development of 3-D Control Technique in Raw Material Yard

姫野文一*	安波利明	伊藤洋平
Bunichi HIMENO	Toshiaki YASUNAMI	Youhei ITOU
徳永三男	清野 等	木村信一
Mitsuo TOKUNAGA	Hitoshi SEINO	Shinichi KIMURA

抄 録

大分製鉄所製鉄工場原料ヤードではヤード拡張や移動機の遠隔操作化等の対策を行ってきたが、依然としてヤード空き待ちによる滞船が発生し、ヤード有効活用と移動機完全自動化に対して不十分であった。そこで、移動機の走行、旋回、俯仰の位置精度向上対策を実施し、原料積山形状の高精度データを取り込んだ3次元マップ管理システムを開発した。原料ヤード置き場能力の最大限有効活用に加え、超音波センサーによる効率的な自動運転制御を導入すると共に移動機の自動化適用範囲の拡張も合わせて実施した。

Abstract

This paper describes a development of 3-D control technique of raw material yard of Oita Works, Nippon Steel & Sumitomo Metal Corporation. We pushed forward automation and remote control operating of machines in raw material yard from before, but it was still insufficient due to a lack of machine position accuracy. Therefore, we tried to improve position accuracy of machines and got a high level precision position data. 3-D mapping system was developed of using these data. It has enabled to use machines effectively and to extend the automatic area in the yard by ultrasonic sensors were applied to a collision monitor between machines and stock yard.

1. 緒 言

近年、自動化の範囲拡張が盛んに行われている。鉄鋼業界も例外ではなく製鉄所において従来、人に依存していた作業、操作の自動化に取り組んでいる。

本報告は新日鉄住金(株)大分製鉄所にて、3次元ヤード管理技術の導入、移動機位置検出及び停止精度向上対策により実現した原料ヤード移動機3次元自動制御技術について述べる。

2. 原料ヤード設備概要

2.1 原料ヤード特徴

大分製鉄所の原料ヤードは、長さ約700m、幅約50mの置き場が鉱石、石炭合わせて15面、移動機18台(スタッカー8台、リクレーマ8台、スタックリクレーマ2台)を有する。原料ヤードの概要を図1に示す。原料を積み上げた山(積山)は、ヤード1面あたり最大20山存在し、1山の平均的

形状は長さ約150m、幅約50m、高さ約17mである。鉱石、石炭は粉体であり連続的に形状が変化し、積付け、払出し方法によって形状が異なるため、離散的管理ができない。また鉱石、石炭は銘柄毎に成分や粒度が違うため、混在した銘柄の払出しは下工程である焼結、コークスの品質低下に直結する。このため、原料ヤードでは銘柄毎に厳密管理を行っている。

2.2 スタッカー機能

荷揚げされた原料をブーム先端から排出し、円錐上に積み付けるスタッカー(ST)は、全長約80m、高さ約20m、ブーム長さ約33mの移動機であり、最大積付け能力6500t/h程度で、走行速度は高速40m/min、低速10m/minとなっている。

2.3 リクレーマ機能

STによって積み付けられた原料を次工程に払い出すリ

* 大分製鉄所 設備部 制御技術室 大分県大分市大字西ノ洲1番地 〒870-0992

クレーマ (RC) は、全長約 75m、高さ約 25m、ブーム長さ約 50m であり、ブーム先端の直径約 5.5m のホイールで原料を払い出す機能を持つ。最大払出し能力は鉱石 1300t/h、石炭 900t/h、走行速度は ST と同様に高速 40m/min、低速 10m/min となっている。スタックリクレーマ (SR) は、ST と RC の両機能を有する移動機である。

3. 従来の問題点

従来の原料ヤードの積山管理方法を図2に示す。従来は、

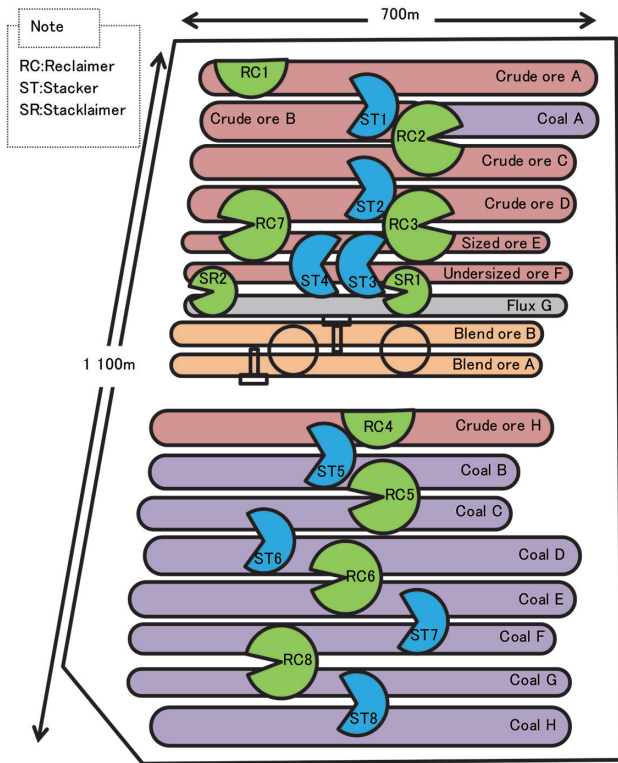


図1 原料ヤード概要
Overview of raw material yard

ヤードの長さ方向の占有範囲及び在庫量のみを管理し、払出し中の山と払出し前の山の区別ができていなかった。このため、原料ヤードにはデッドスペースが多数存在し、ヤード有効利用が不十分な状態であった。また、従来から ST、RC 作業の自動化を行ってきたが、正確な山形状や払出し開始位置情報がないため、RC 自動払出し開始時には遠隔手動操作でのホイール位置のセットが必須であった。更に、センサー、構造上の問題から位置検出や停止精度は自動制御をするには十分ではなかった。

原料ヤードの課題を以下に示す。

(1) 移動機位置精度向上

正確な積山形状データ取込みと、積山や隣接する移動機との安全離隔距離短縮の実現

(2) 原料ヤード 3次元管理

積山形状の正確な 3次元管理と、異なる銘柄の上被せによるヤード有効活用の実現

(3) 移動機の自動化範囲拡張

効率運転、自動ホイールセット等の自動化範囲拡張の実現

4. 3次元自動制御技術の開発

原料積山の 3次元マップ管理を行うためには、異なる銘柄同士の上被せ、積山間隔の縮小、ST 及び RC の安全離隔距離の短縮を可能とする高精度の積山形状データが必須である。このため、ST 及び RC の走行、旋回、俯仰位置精度向上対策を実施し、3次元マップ管理システムを実現した。更に、実際の積山形状確認用超音波センサーを導入し、効率的な自動運転制御を実装する事で自動運転範囲の拡張も行った。

4.1 移動機位置精度向上対策

高精度な原料積山形状データ取込みのため、ST 及び RC の走行、旋回、俯仰位置精度向上対策を実施した。

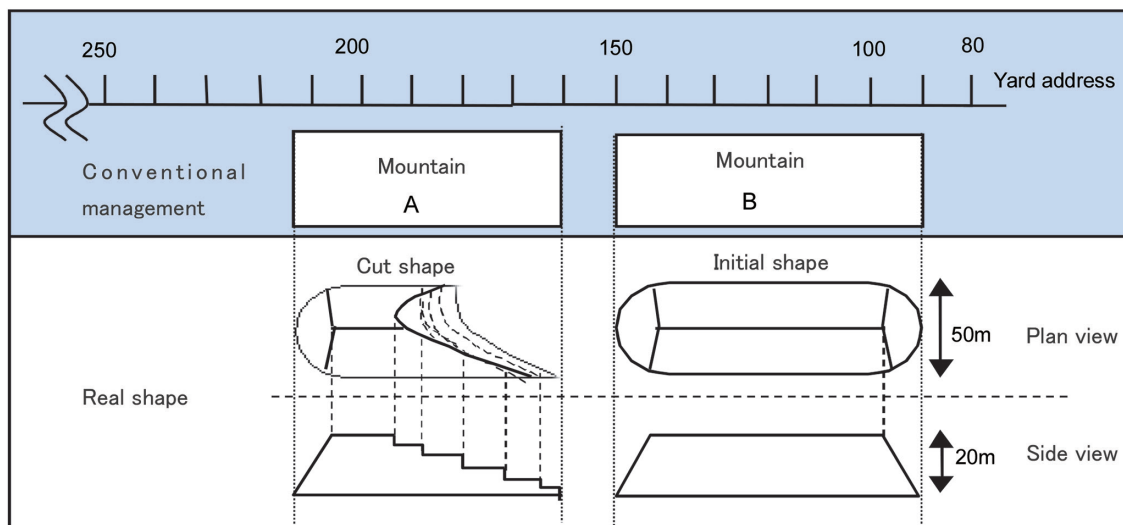


図2 従来のヤード管理
Conventional management of raw material yard

走行位置精度向上対策として、位置検出装置であるタッチローラを大型化する事で、振動等による検出器の滑りを軽減し検出器測定誤差を低減した。また、20m 間隔に ID タグ、100m 間隔にリミットスイッチ (LS) を設置し、位置修正を高頻度で行うシステムの導入、更に走行モータのインバータ化を実施した。

旋回、俯仰位置精度向上対策として、位置検出部までのギア数低減を行いバックラッシュによる検出誤差を低減した。また、旋回、俯仰都度、位置補正を行うため位置補正用 LS を追加すると共に、中央シーケンサで行っていた旋回速度制御を移動機上シーケンサによるフィードバック制御に変更し応答性向上を図った。

この結果、ST、RC の停止誤差を対策前の最大 2.3m から 0.3m に短縮する事ができた。

4.2 3次元マップ管理システムの開発¹⁻³⁾

3次元化の対象である原料積山は、粉体であり円錐 (ST 積付け形状) と円弧 (RC 払出し形状) を組み合わせた連続的な形状で、払出し作業都度変化する。原料積山の崩落や機体のしなり等の大型移動機に起因する誤差を考慮すると、10cm 単位でのヤード管理が必要であるが実用的なりリアルタイム処理ができず、従来のヤード管理はヤード長方向のみの2次元的管理であった (図2)。

そこで、原料積山形状は幅及び高さ方向には複雑であるが、長さ方向は単調である事に着目し、幅 (Y) 方向、高さ (Z) 方向は 10cm 単位に管理をするが、長さ (X) 方向は原料銘柄毎に 2 点のみを管理する From-To 管理システムを開発した。From-To システムの概要を図3に示す。これは、小さな立方体を積み上げるのではなく、横方向に細長い直方体を積み上げて山を形成する手法である。この結果、精度を落とさずにデータ量を約 1/200 に下げリアルタイム処理を可能とした。

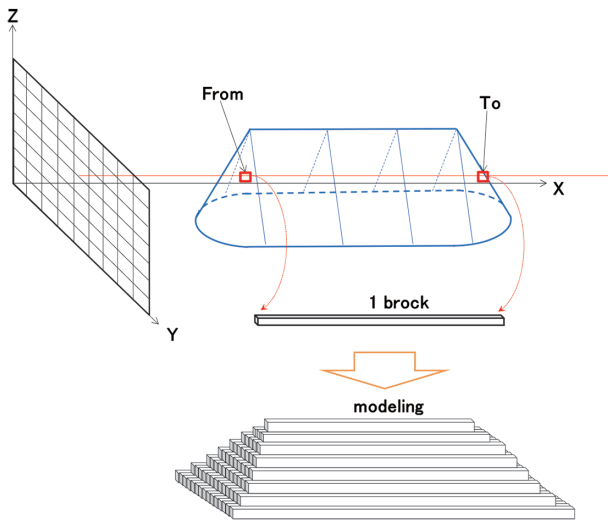


図3 From-To システム概要
Image of From-To system

積山形状のモデル化を図4、5に示す。STのブーム先端位置高さZと原料銘柄毎に実測して求めた安息角 θ から初期の積山形状を計算する。RC払出しによる形状修正は、ホイール先端軌跡から都度実施する。また、崩落などにより3次元データと実形状にずれが生じた場合は、積山を実測し座標修正を行う。

これらの手法により、原料ヤードの実際の積山形状と同等の3次元マップ管理が可能となった。

4.3 効率自動運転の開発

移動機位置精度向上対策、3次元マップ管理システムに加え、実際の積山形状に沿った安全で効率的な自動制御のため、超音波センサーを用いた位置確認システムを導入した (図6、7)。

4.3.1 ブームと積山との接触防止

隣接する積山とブームの接触防止のため、ブーム中間位置に超音波センサーを設置した。これにより、崩落等で3次元マップと異なる形状となった積山との隣接作業でも接触、自動運転中断等の時間ロスを発生させずに安定した自動制御を実現した。

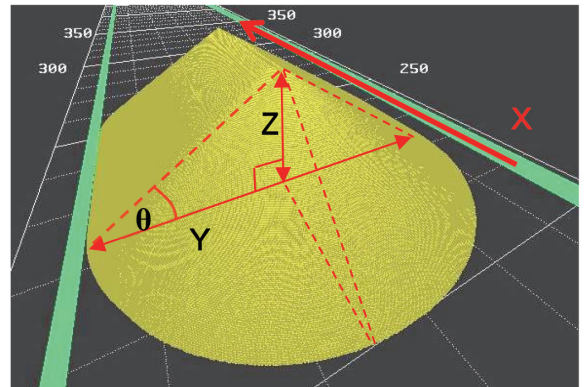


図4 積山形状モデル化
Modeling of initial shape

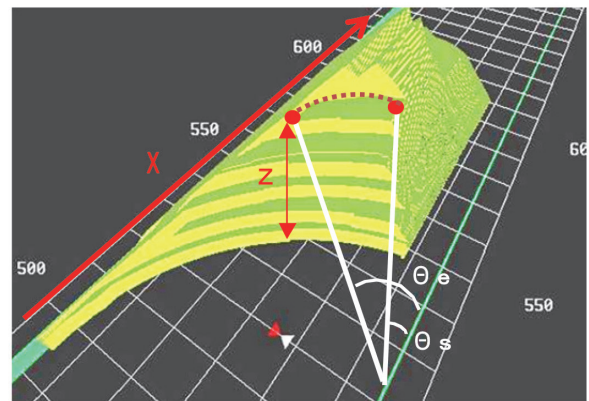


図5 払出し形状モデル化
Modeling of cut shape

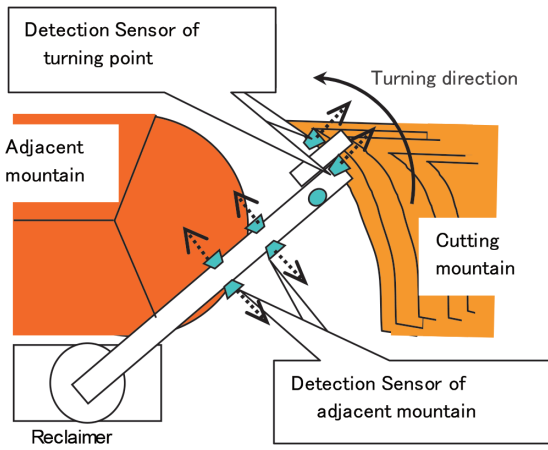


図6 超音波センサー (平面図)
Layout of ultrasonic sensor (plan view)

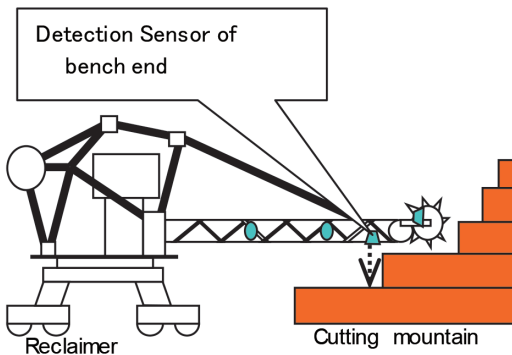


図7 超音波センサー (側面図)
Layout of ultrasonic sensor (side view)

4.3.2 旋回折り返し点検出

払出し時の旋回折り返し点の早期検出のため、ホイール先端部に超音波センサーを設置した。これにより、自動運転時のホイール空振りによる原料荷切れ時間の短縮が図れ、払出し t/h の低下回避に役立っている。

4.3.3 積山段端検出

積山の払出し段端位置を検出するため、ブーム先端下向きに超音波センサーを設置した。これにより、現状払出し段の下段に払出し位置を変更する動作時の時間短縮を図れ、自動払出し時の t/h 低下を回避している。

4.4 3次元マップ管理の評価

移動機位置精度向上対策、3次元マップ管理システムの開発、効率自動運転の開発結果を図8、9に示す。異なる銘柄の上被せ、隣接積山の離隔距離を従来の12mから9mに短縮する事ができ、原料ヤードのデッドスペース削減を実現した。また、払出し中の段差や、異なる銘柄の上被せ状況等、実積山形状と同等の精度の高い3次元積山形状管理が可能となった。

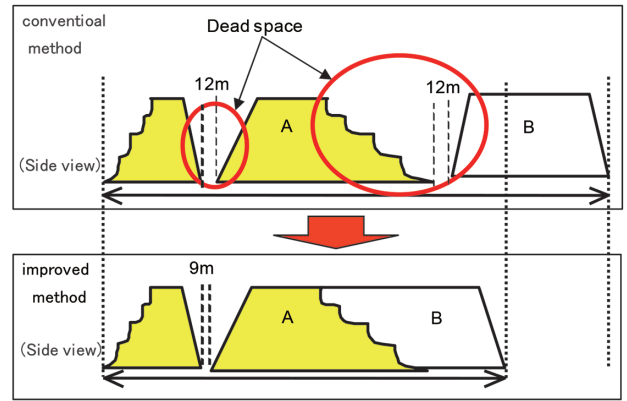


図8 原料ヤードの有効利用
Effective utilization of raw material yard

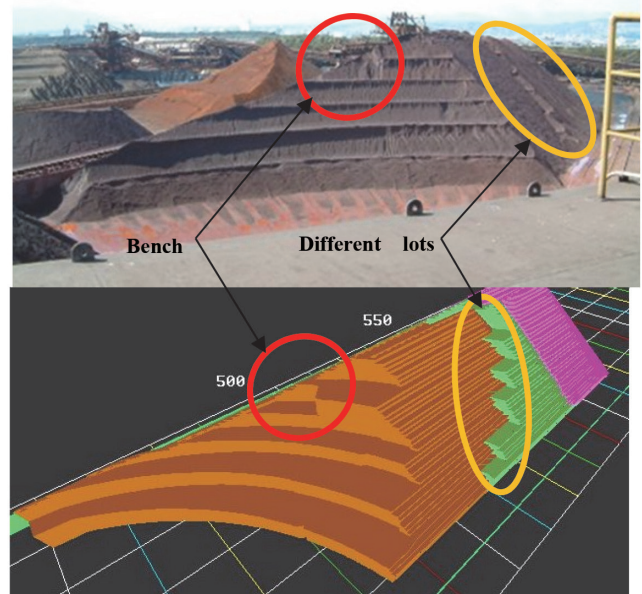


図9 3次元マップ表示例
Example of 3-D mapping system

5. システム構成

システム構成を図10に示す。情報系LAN、制御系LANがあり、情報系LAN上に3次元マップ管理システムを配置し、オペレータ監視、操作用端末、原料プロセスコンピュータと接続している。

制御系LANと情報系LANを結ぶ位置にデータサーバを配置し、データの共有化を図っている。データサーバは、データ保存の他に銘柄山毎の移動機作業位置等の実績データと、オペレータによる監視、指令、遠隔操作の情報を管理すると共に、自動作業開始位置の計算を行う。

制御LAN上に実作業制御、隣接移動機干渉回避等のため、ST、RCを統括する移動機制御シーケンサを設置し各移動機の自動制御を行っている。移動機毎に定修タイミングが異なるので、シーケンサ停止時の操業への影響を最小にするため、鉬石系、副原料系、石炭系の3グループに分

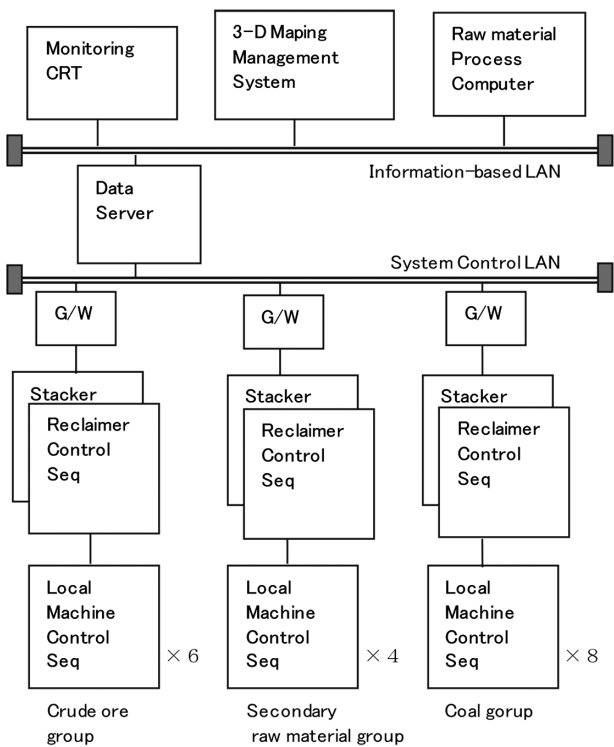


図 10 システム構成図
System configuration

けて実装している。この移動機制御シーケンサは、各移動機上のシーケンサと連携して自動制御を行っている。

6. 結 言

紹介した、原料ヤード移動機3次元自動制御技術の開発により、滞船料削減の効果も発揮している。また、異なる銘柄同士の上被せ山払出し制御を行う事で、焼結、コークスの銘柄混載を回避し、品質のばらつき低減と各工程の歩留まり向上にも貢献している。

参考文献

- 1) 日本特許出願公告 平 11-268834. 1998 年 3 月 24 日
- 2) 日本特許出願公告 平 11-278678. 1998 年 3 月 24 日
- 3) 日本特許出願公告 平 11-278679. 1998 年 3 月 24 日



姫野文一 Bunichi HIMENO
大分製鉄所 設備部 制御技術室
大分県大分市大字西ノ洲1番地 〒870-0992



徳永三男 Mitsuo TOKUNAGA
新和産業(株)
企画営業部長



安波利明 Toshiaki YASUNAMI
大分製鉄所 総務部 協力会社連携室長



清野 等 Hitoshi SEINO
室蘭製鉄所 設備部 整備室 中央整備課



伊藤洋平 Youhei ITOU
大分製鉄所 製鋇部 製鋇技術室
主幹



木村信一 Shinichi KIMURA
日鉄住金テックスエンジ(株)
電計事業本部 エンジニアリング事業部
電計エンジ5部 室蘭電気制御グループ