

技術論文

製鉄製造現場への先進IT利活用システムの開発

Development of Systems Applied Advanced IT Technology for Steel Factories

原 田 稔*
Minoru HARADA

加 藤 健 太
Kenta KATO

深 見 慎太郎
Shintaro FUKAMI

山 下 英 隆
Hidetaka YAMASHITA

抄 録

新日鐵住金(株)グループでは、製鉄所の製造現場のオペレータ作業への支援として、IT 技術にとっては、埃、温度、連続操業などの非常に厳しい環境である現場に、急速に発展してきた先進 IT 技術を導入すべく現場向けの適合開発を行い、導入を行っている。これらの適用について述べた。

Abstract

We introduce some applications using IT technology in steel factory. It is hard to use general IT technology because of the tough operation needs and the environment such as dust, temperature, 24/7 operation and so on. So we develop to be applied for the environment and the needs.

1. 緒 言

昨今、需要家からの高品質製品の安定供給ニーズが高まる中、新日鐵住金(株)としては設備の高稼働率による安定操業、クレームへの迅速な対応力といった、高収益体質を確立する必要がある。

本論文では、安定した操業を担保し、顧客のニーズに迅速に応えるために取り組んできた現場最前線のソリューションとして、IT を活用した操業支援システムについて述べる。

2. 製造現場の現状と課題

鉄鋼業において、高品質製品の安定供給や歩留を向上させるためには、高度な操業技術が要求される。

1970 年代からの自動化への取り組みにより、製造ラインの自動トラッキング、自動制御は普及しているが、製品の安定した製造や歩留の向上については、未だプラントオペレータのノウハウによるところが大きい。また顧客要求に合わせたサイズ合わせなどを行う精整作業における現品チェックや、採寸の確実な遂行は未だ自動化が難しいため、オペレータに依存した作業を行わざるを得ない。加えて、度重なる合理化によって、操業現場は少人数となり、経験の浅いプラントオペレータの比率が高くなってきている。その結果、①ノウハウを持つ管理職の業務範囲の拡大によ

る指示徹底の難しさ、②高度な運転ノウハウを要求される操業に対しての経験が浅いプラントオペレータによる操業ミス、③高品質材製造における多種多様なデータによる分析業務の複雑化、④精整工程でのトラッキングチェックや採寸などオペレータの多業務対応化による業務負荷増を引き起こしている。

このような状況を改善していくためには、熟練管理職が持つノウハウのガイダンス、自動設定への反映や、パルピットだけでなく現場で監視、操作を行うことを可能とすることが必要である。さらには、トラッキングや計測の自動化への支援、分析業務への支援が必要となってくる。これらの課題に対して、新日鐵住金グループでは、操業、解析のナビゲーションシステム、ポータブルデジタル計測器による入力支援、トラッキング支援技術となる独自 ID コード読み取りやポータブルマーキングなどの開発を行っており、これらの支援システムや機器について紹介する。

3. 操業ナビゲーション・操業解析支援

ここでは、操業ナビゲーションシステム、操業解析支援システムの紹介をするために、新日鐵住金での現状の製造現場における業務の流れとそれを行うシステム構造を図 1 に示す。

操業系ビジネスコンピューター(以下ビジコン)は生産管理情報に基づいて、操業管理・品質管理・行程管理業務を

* 設備・保全技術センター システム制御技術部 主幹 千葉県富津市新富 20-1 〒293-8511

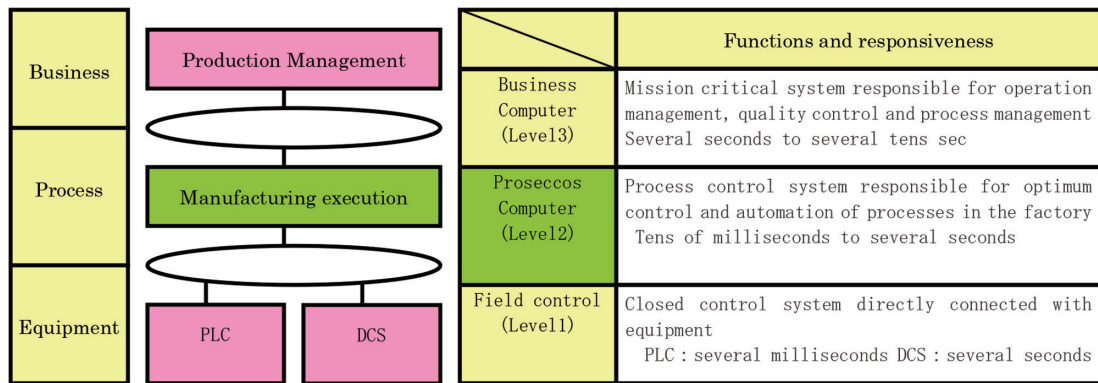


図1 鉄鋼の生産管理・製造実行システム構成
System structure on steel works

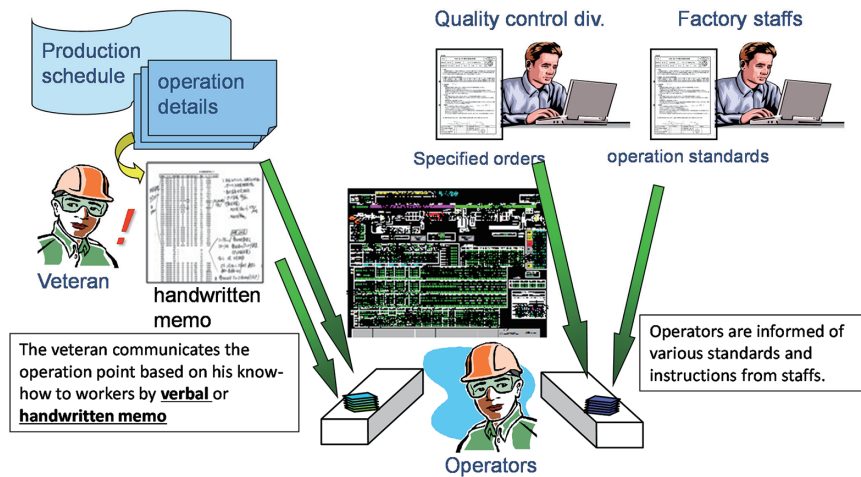


図2 オペレータへの作業指示
Work instruction to operators

行う。プロセスコンピューター（以下プロコン）では、製造仕様などの操業管理情報を元に工場内プロセスの最適制御・運転自動化のためにプラントオペレータに操業状態の表示や生産設備に指示の出力を行い、工場操業を行う。電気、計装は特定設備に組み込まれ、設備の各機器に密着した設備制御を行う。

自動運転では、ビジコンから、製品の製造スケジュールがプロコンに指示される。プロコンは製造スケジュールの明細（例えば板厚、板幅、鋼種等）に応じた設定値を決定して、電気、計装に制御指令を行い、製造を行っている。しかし、前述のように高品質製品の安定した製造や歩留向上に対しては、設備やプロセスを熟知したプラントオペレータのノウハウ、特に熟練管理者によるものが重要である。これらの指示は、操業前のミーティングにて技術スタッフ部門や品質管理部門から指示書や連絡票として紙で渡される。その他にも製造スケジュールに対するノウハウは、熟練管理者が、印刷された製造スケジュールに手書きで記入し、オペレータに渡している。

オペレータは、現場にある製造明細書（製品単位で製造する品種やサイズなどの条件が記載された書類）に前述の熟練管理者から手渡された各指示書やノウハウによる操業

上の注意事項について、該当の製造明細書に記入して、製造スケジュールに沿って製造を行う。図2に示すようにオペレータは指示書と製造明細書を現場に置き、製造スケジュールと製造明細書に記入されたノウハウを照らし合わせながら操業を行う。通常の操業ではオペレータはパルピットにいるため、この製造明細書を見ながら操業することで、ある程度のレベルの操業は可能である。

しかし、ひとたび問題が発生すると、現場に点検に行ったり、介入操作を頻繁に行ったりと忙しくなり、製造明細書の細かな注意書きに注意がいかなくなる。そのため、見落としや、内容確認できずに実施できないことがある。製造仕様が高度になればなるほど、製品製造に対するマージンが少なくなるため、補正介入などのノウハウ性の高いオペレーションが必要になるが、経験が浅いオペレータは、具体的な作業、操作の方法にブレイクダウンされていない場合に、操作ミスなどを引き起こしやすい。

このように多忙な中での操業を行ったオペレータは、番の終わりに番報（あるいは一日の終わりであれば日報）を記入する。番報や日報にはラインの製造の実績やトピックス、次の番のプラントオペレータへの申し送り、設備トラブルがあった時には整備部門への申し送りなどの情報が記述さ

れている。

番報や日報は工場の毎日のミーティングで報告され、工場の管理者、技術スタッフや設備の保守部門は製造現場で発生している事象、状況を知ることになる。工場のスタッフは状況を解析したり、改善案を考慮したりする時に、これらの情報が重要になる。番報や日報も現状は電子化されつつあるが、発生した事象とプラントの様々なデータ間の情報のつながりとしては十分ではない。このため技術スタッフや保守員はプラントの様々なデータと番報や日報の情報からトラブル原因を探ることになる。原因究明の作業については、ある程度定型的な解析ができるものと、試行錯誤していく非定型的な解析があるが、特に問題になるのが、非定型的な解析を行う場合である。必要なデータを選定した上で、データのつけ合わせを実施して解析を行い、原因を究明し、対策を考慮するという業務を行う。この試行錯誤については様々なデータを様々な組み合わせで見ていく必要がある。

前述のように、オペレータは様々なノウハウと、様々な部門からの要求を加味して操業を行うため、適時適切な対応を支援することが必要で、“いつ、どこにいても適切なタイミングで適切な情報が得られる、適切な指示を与えられる”という支援をすることが必要となる。また、改善を行うスタッフ部門においても、日々発生する事象について、様々なデータを解析して、改善案を提案し、操業した結果を検証するといった作業を効率的に行うことが必要で、“目的に応じて、適切な情報が得られる”ことが必要となる(図3)¹⁾。

これらの操業現場支援を行うために、①操業ナビゲーションシステム、②操業解析支援システムという2つのIT技術を利用した操業支援システムを構想している。

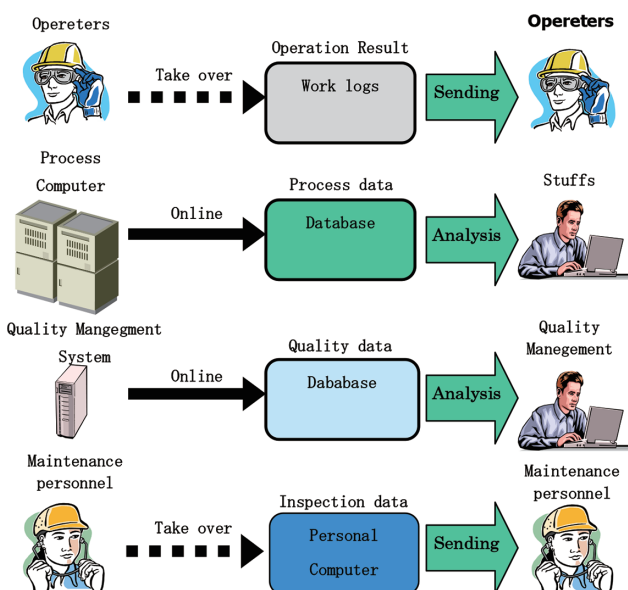


図3 プラント情報の流れ

Data flow of plant data for management departments or their staffs

3.1 操業ナビゲーションシステム

操業へのナビゲーションという意味では、従来の制御システムによる VAS (voice announcement system) やアラーム等が該当するが、ここではこれらのように固定されたパターンでのナビゲーションではなく、日々の操業での改善や変更に応じることが可能なシステムを目指している。

熟練管理者は製造スケジュールに対する作業のポイント(ノウハウ)を熟知しており、これらのノウハウを製造スケジュールの紙に記入し、オペレータに渡している。また前述のように、各部門から日々の操業での改善や変更に対する様々な指示が、指示書などに記載される。操業ナビゲーションシステム(以下操業ナビ)とは、これらのノウハウや指示情報と、制御システムとを連携し、適切なタイミングで適切な指示、設定を行うものである。

図4は、部門別の指示と製造スケジュールを合わせて番別の製造計画を立案し、各部門からの指示を必要なタイミングで指示する操業ナビの概略図である²⁾。部門別の指示については各部門のスタッフが文書を作成し、操業ナビのデータベースに登録し、操業系ビジコンから渡される製造スケジュールに照らし合わせ、番別製造計画を立案する。番別製造スケジュールには、例えば時刻などをキーとして、スタッフ指示を紐つけておき、該当時刻になったらテキストデータを音声合成して、VASでのガイダンスやオペレーション画面への表示によるガイダンスを行う。

また番別製造計画に、作業No.などのキーを持たせて、スタッフ指示を紐つけることにより、制御システムからのイベント(例えばトラッキング)と指示書の内容を連携し、必要なタイミングを決定して、ガイダンスを行うことも可能である。各部門のスタッフや製造部門の上司はプラントオペレータに指示したいことを指示書に記入することで、作業指示書の内容をデータベースに登録する。制御システムは操業のイベントをトリガにして、作業No.の一致判定を行い、一致した場合にプラントオペレータに通知あるいは設定を行う。これによりタイムリーな通知や設定が可能となり、経験の浅いオペレータに対する注意喚起を促し、ミスを防止することができる。

また、オペレータが点検やトラブル対応等でパルピット

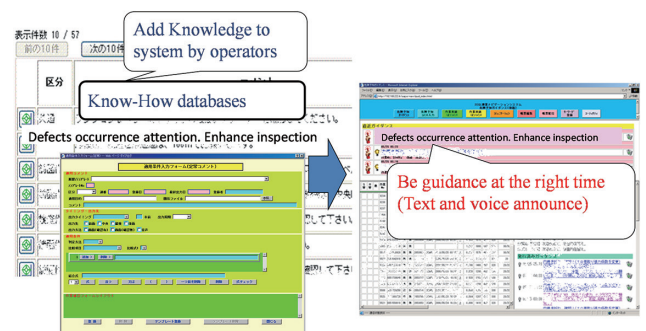


図4 操業ナビゲーションシステム
Navigation system for factory operation

を離れる場合でも携帯端末を持つことで、無線 LAN などを通じて携帯端末からタイムリーにガイダンスを受けることが可能となる。指示を受けたオペレータは、プロセスデータの閲覧等を行うことで、確認をその場で行うことができ、従来に比べて、パルピット外での情報量がより多くなる。その結果、オペレータは、適切な措置を行うことができるようになる。例えば、オペレータがパルピット外で作業中に溶接設定タイミングが近づいている旨のガイダンスを受けた時に、携帯端末で設定可能であれば携帯端末から設定を行い、携帯端末から設定可能でない場合でも通話装置を介して、現在パルピットに残っている別のプラントオペレータに依頼して設定を行うことで、設定忘れを防ぐことが可能となる。

3.2 操業解析支援システム

前述の操業ナビは操業における計画と実行に対して重点的に機能を実装してきたが、操業解析支援は操業の実績から問題点を洗い出し、解決するというフェーズに必要である。

操業解析は、主にプロセスデータのチャートの挙動や、操業日誌、品質情報や監視カメラの映像等を用いて複合的に実施されている。しかし実際には、これらのデータはいろいろなデータベースに散在していることが多く、スタッフはまず散在したデータベースから解析に必要なデータの取得を行わなければならない。また現実的には、散在したデータベースのデータはそれぞれのシステム毎でデータベースに収集されたデータであり、時刻などのずれがあるため、プロセスデータとの位置を合わせるためにスタッフが合理的な点を見つけるようにデータの位置合わせを行っていく必要がある。図 5 左に示すデータベースでは、複数システム間の時刻差合わせや、位置合わせのような作業を自動化し、解析者が意識せずに複数のデータベースからデータを利用可能にする仕組みである¹⁾。

さらに、図 5 右下に示しているのは、統合解析用の画面例である。この画面では、データを画面にドラッグ&ドロップ

することで、データを表示したり、チャートを表示したり、画像を表示したりすることが可能である。また、これらデータの配置は利用者が自由に決めることができ、解析の種別に応じたレイアウトを作成することができる。さらに、決められたキー情報、例えば時刻情報がキーであれば時刻情報で、製品の長さがキー情報であれば製品長さで、データを揃えて表示することができる。このように、操業解析に必要な様々なデータを自動的に必要な形式に変換し、簡単に表示する仕組みを活用することで、操業解析業務を効率化することが可能となる。

4. 計測入力支援、ID関連技術開発

精整工程では、製品 ID のチェックや寸法の計測、入力、チェック作業はオペレータによる手作業に依存していることが多い。読み違いや入力間違いなどによるトラブルが依然発生しているが、対策は作業標準の見直しや教育徹底が主体で、ヒューマンエラーへの対策が十分ではなかった。このため、IT 技術を活用し、製品 ID チェックや、計測データ入力の一部自動化の取り組みを行ってきている。ここではその取り組みについて紹介する。

4.1 計測入力支援

従来から厚み測定など、市販のデジタル計測器が存在するが、専用プリンタへの印字出力をするものが主流であった。そのため、この計測器で計測しても、上位システム（ビジコン）への入力を手作業で行うため、入力ミス等のリスクがある。そこで、システムの外部 I/F が取れる計測器に対して、Bluetooth による伝送装置を開発し、上位システムに直接データを入力できるようにした。

また、長さ測定については、従来 5 メートルの範囲で計測したものを表示する機器はあったが、この方式では作業性も悪く、データ入力に関しては前述のものと同じリスクを抱えていた。そこで、JIS 1 級メジャーの目盛を読み取り寸法測定する装置開発を実施することで、測定した結果を直接システム入力できるようにした（図 6）²⁾。

4.2 ID 関連技術開発

鉄鋼における ID 管理としては、コイル等の最終製品系では常温、かつ、ラベルの汚れや欠けのリスクが低いため、バーコードや QR コード等が活用されている場合もある。一方で、中間製品であるスラブやビレットなどでは、ID の英数字を直接マーキングするのが主体である。この ID のマーキングについては、保存期間中に錆やスケールの影響により文字欠けが発生することがある。

文字欠けが発生した場合や、製鉄所間を移動する分譲材の出し入れの場合などは、人による文字書き換えを行うが、この時にヒューマンエラーにより間違いリスクがある。また現状は ID のマーキングのオペレータによるチェックが主

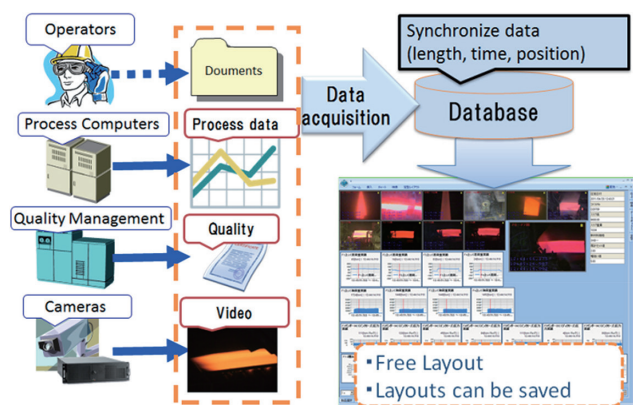


図 5 統合解析画面例
Sample image for integrated analysis

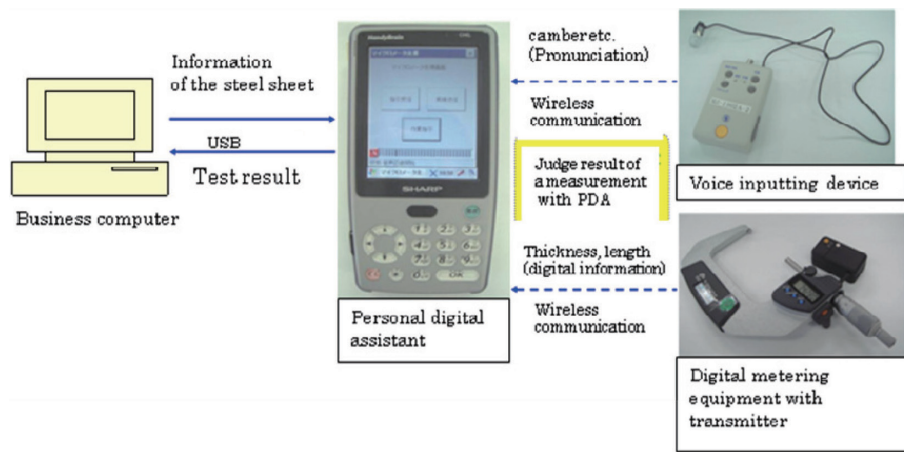


図6 寸法計測作業システム
System configuration of measuring sizes

体で見間違いなどのリスクもある。そこで、ここでは中間製品におけるID管理に対するIT化技術を取り上げる。具体的には、音声認識によるID照合、ハンディマーカ装置、TEXコードである。

4.2.1 音声認識を活用したID照合のIT化

前章で説明したように、鉄鋼の主たる生産ラインでは、鉄鋼製品がライン内にある場合には、基本的にトラッキングにより管理されている。しかし、プロコンによる自動トラッキングがされていない場合のあるヤードや精整工程に進んだ場合に、照合ミスが発生することがある。

従来は二者がそれぞれ違う方法でダブルチェックを行ってはいるものの、照合ミスは完全には防げない。そこで、目視照合に代わり、IDの音声読み上げによるシステムでの照合を行うことにした。音声読み上げで照合を行うには、山スラブNo.情報、現場での音声入力の手段、音声認識の手段が必要になる。そこで、携帯端末に音声認識ソフトウェアを導入し、ビジコンの山スラブNo.情報のデータと音声認識の結果を照合するシステムによりチェックを行うことにした。

4.2.2 ハンド作業でのIDマーキングのIT化

従来はマーキングが薄くなったり、ヤードに長時間滞留したりすることにより印字品質が悪化した場合、ハンド作業でのIDマーキング作業を行っていた。スラブヤードでは、ヤード内の鉄鋼製品のトラッキング自体はビジコンで管理されている。作業者はシステムにある山スラブNo.情報を帳票に出力し、現場のヤードで山の位置やスラブと山スラブNo.情報を照合しながら、必要な場合には、スラブNo.をハンド作業でのIDマーキングを行うが、書き間違いの可能性もある。

また、ハンド作業でのマーキングの字については、書き方や大きさにある程度の規定はあるが、ばらつきがでるため、後工程での誤認につながるリスクを生じてしまう。ま



図7 ハンディマーカによるマーキング事例
Marking sample drawn by portable marker device

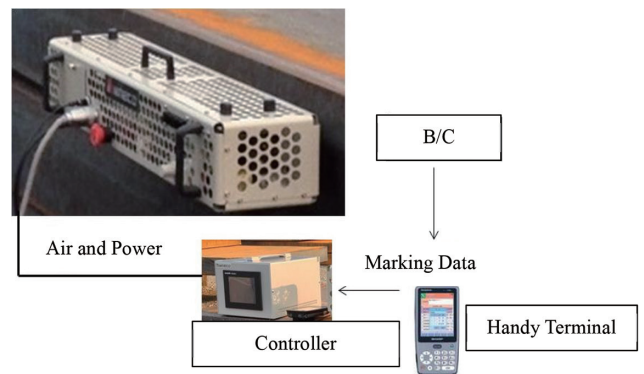


図8 ハンディマーカ構成例
Sample of marking system configuration

た、将来的に読み取りを自動化する際には、このばらつきが読み取り率の低下の要因となってしまいます。そこで、ハンド作業でのマーキングを代替するマーキング装置を開発した(図7, 8)⁴⁾。想定はスラブヤード内での作業で、印字用ヘッド部は人が持ち運びでき、段積みされたスラブ毎に印字できる機械仕様とした。基本的には、ヤードの山スラブNo.情報と紐づけできるように、システム情報と連携して動作するための構成にしている。

4.2.3 TEXコード活用によるID照合のIT化

新日鐵住金は2012年の経営統合後、シナジー効果を得るため、生産構造の変革に取り組んでおり、今後、鋼片などの社内分譲による物流の増加が見込まれることから更なる対応が不可欠となる。

前述の音声認識やマーキングは識別コード(ID)の照合をサポートする技術やID自体の品質を向上させるための

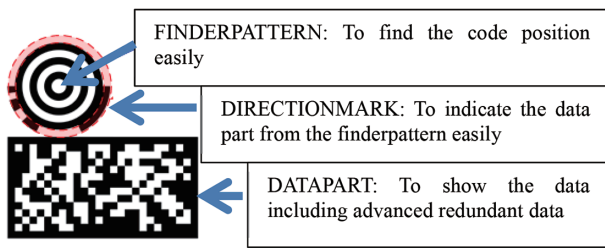


図9 TEXコードの構造
Structure of TEX Code

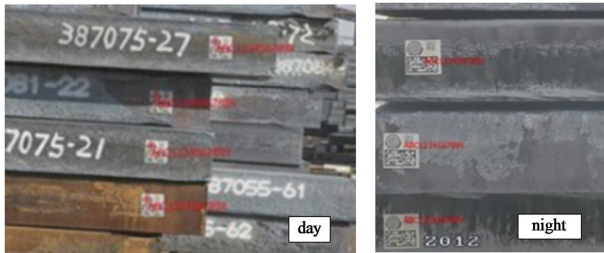


図10 TEXコードの屋外昼夜読み取り例
Sample of recognition in day and night

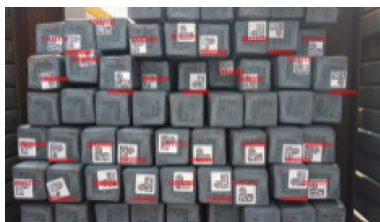


図11 TEXコードの一括読み取り例
Sample of simultaneous multi recognition



図12 TEXコードの錆在時の読み取り例
Sample of recognition with rust



図13 TEXコードの降雨想定読み取り例
Sample of recognition in rain

技術であり、あくまで一品毎に人の介入を要するものであった。尚、現品を識別する技術としてはバーコードやQRコードが良く知られ、新日鐵住金においても多くの導入事例があるが、これらもまた一品読み取りが基本で配列（物の並び）まではチェックできなかった。加えてこれらの識別コードは、良く配送業界で使われているものの、極端な汚れもなく、安定した照明下での自動読み取りやハンディ端末での読み取りがメインで耐環境性を要求されていなかった。

一方で、マーキングしにくい現品や屋内外問わず、コントラスト不均一、雨、汚れ、錆等の自動識別を阻む要因が多く人に依存する作業が残っていたことから、日鉄住金テックスエンジニアリング(株)で開発したコード（TEXコード）に着目し現品識別強化に取り掛かった。本コードは物の所在を、より早く見つけ出すファインダーパターンとその順列の自動判定を特徴とするだけでなく、自動修復機能を始めとする読み取りに関する様々な工夫（図9）をすることで、24時間365日製鉄所の昼夜の明暗差、天候によるコントラスト不均一、屋外に仮置きされた現品の錆や汚れ等にも対応可能である。

これまでに明暗差の激しい屋外の巡回自動読み取り、大量本数の複数読み取り、暴露による錆や模擬降雨での読み取り試験を実施した（図10～13）。赤字が読み取れたことを示しており、それぞれの状況において良好な結果を得ている。

尚、この特性を利用し、分譲材のような置場仮置き、船積み、荷揚げ等での現品識別、配列管理、ロット編成等の応用を推進中である。

既に一部案件が稼働中であるが、今後の更なる適用を想定し、今後は自動マーキング、自動貼付の課題をクリアしていきたい。

5. 結 言

安定した操業を担保し、顧客のニーズに迅速に応えるための工場へのソリューションとして、ITを活用した操業支援システムの構想について述べた。今後はIoT技術の進展に乗って、操業支援システムの更なるレベルアップを図っていく。

参照文献

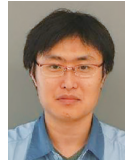
- 1) 原田稔 ほか：IT 操業支援システムの構想。電気学会金属産業研究会，MID-04-31，2004
- 2) 加藤健太：クラウド型パーソナル操業支援システムの開発。日本鉄鋼協会第147回制御技術部会，制技147-1-4，2012
- 3) 中尾憲午 ほか：ICTを活用した品質管理高度化技術の開発。新日鐵住金技報。(400)，125(2014)
- 4) 原田稔：ID 管理のIT 化。日本鉄鋼協会第149回制御技術部会，制技149-1-4，2013



原田 稔 Minoru HARADA
設備・保全技術センター
システム制御技術部 主幹
千葉県富津市新富20-1 〒293-8511



加藤健太 Kenta KATO
設備・保全技術センター
システム制御技術部 主査



深見慎太郎 Shintaro FUKAMI
釜石製鉄所 製造部 設備室



山下英隆 Hidetaka YAMASHITA
日鉄住金テックスエンジニア(株)
開発企画部 チーフマネジャー