

ネットワークを用いた生産現場の情報処理技術に関する研究 (第2報)

大高理秀^{*} 中島秀樹^{**} 糸賀裕弥^{*} 川原慎太郎^{*}

1. はじめに

製造業を中心とした企業においては、生産拠点の海外展開や国内の経済不況などにより納期の短縮およびコストの削減への要求が年々厳しくなっている。さらに、近年の情報技術(IT / Information Technology)の発達、特にインターネット技術の加速度的な普及に代表される情報化社会への対応も迫られている。ネットワーク技術を活用し、生産現場を含めた情報化(IT化)に適応することが、世界規模での受発注に対応できる、国際競争力を持つ企業に発展するための大きな課題の一つとなっている¹⁾²⁾。

大企業はこの課題に対して、ネットワークを活用したERP(エンタープライズ・リソース・マネージメント)やSCM(サプライ・チェーン・マネージメント)などの提案と導入を押し進め、生産工程の最適化や在庫の適正化を実現しつつある。

一方、中小企業では、これらの導入に困難をとまなう。その理由としては、生産される製品が多品種かつ少量であることや、取引先からの特急品と呼ばれる割り込みが日常化していること、加えて特定品種の大量生産への迅速な移行が必要であることなどがある。このため、生産ラインの情報化を進めるところか、生産ラインの固定化も難しく、生産工程の最適化や在庫の適正化に必要な情報を収集することの障害となっている。生産現場における情報収集に関する問題を解決出来ない限り、さきの課題への取り組みにも限界がある。

2. 情報化における問題点

大部分の中小企業における生産現場の情報化は、経理部門あるいは品質管理部門などへのパーソナルコンピュータや市販ソフトウェアの導入などが一般的である。しかし他の部門との連携、特に生産現場を含めた企業全体での情報の一元化は進んでいない。このため情報化が進んでいる部門においてもその力が十分に発揮されているとは言い難い。

生産工程の最適化や在庫の適正化をERPやSCM等の技術によって行うには、実際の生産現場で得られる情報が不可欠である。大企業においては、大量生産時代からの高度に情報化がなされた生産ラインにより情報を収集することができる。これに対して、中小企業においては、機器類や計測器類のそれぞれ個別の自動化は進んでいるものの、機器間あるいは工程間情報を得る手段に乏しい。さらに、高度な技術を持った作業員による、マニュアル化されていない操作などの情報を正確に収集する手段は皆無である。このように、中小企業特有の情報を正確に収集しネットワーク上に反映させる技術が未発達であることが、情報の一元化を阻む大きな原因である。

そこで本研究では、中小企業の実生産現場において従来取得が困難、あるいは不可能であった情報を正確に取得することに着目した。これらの情報をネットワーク上に反映させて一元管理することで、生産現場における情報化を進めることを研究の基本方針とした。

図1に示すように、設計や生産管理部門を含めた生産現場の情報を正確に取得しネットワーク上で利用できるようにすることで、生産現場以外の総務・営業部門など

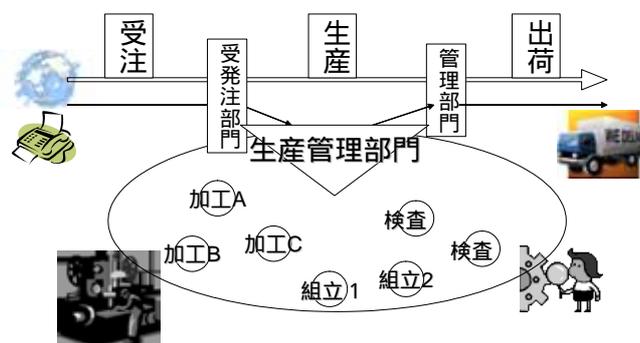


図1 一元化された生産現場の情報化

の部門とも情報を連携して扱うことが可能となり、企業全体としての力を引き出すことも期待できる。

3. 研究の方向性

本研究は、当センターにおいて展開を進めている「ネットワーク技術、情報収集・情報処理技術」と、中小企業が独自に蓄積している「生産技術、生産工程管理技術」を結びつけ、生産現場における情報化(IT化)を行うことを基本方針とした。具体的には、生産現場の正確な情報を取得しネットワークに反映させることによって、中小企業における総合的な情報の一元化を目指す。

そのために、

- (1) 生産現場における、情報の収集と管理のための要素技術の実装
- (2) 状況の変化に柔軟に対応可能な、工程生成のためのアルゴリズムの開発

を目標に、実験システムの構築と、各要素における実験を行った。

将来的には、これらの要素技術を結びつけることで、高度に情報化されていない機器が多く存在する中小企業においても、より良い生産工程を容易に生成することが可能となる。また、リアルタイムに変化する生産工程をネットワークを用いて管理することが可能となり、インターネットを介した受発注や、特急品などの割り込みに対しても柔軟に対応が可能となる。

4. 研究成果

本章では、平成14年度に基礎的な技術として研究を行った3つの内容について述べる。

まず、生産現場における情報の収集方法として、カメラ映像からの情報収集例について述べる。次に、柔軟に対応可能な工程生成技術として、アルゴリズム開発について述べる。最後に、作業者に工程の変更等の情報を伝達する方法として、試作した表示用インターフェースについて述べる。

4.1 カメラによる情報収集

4.1.1 カメラ映像からの色領域の抽出

工作機械の稼動状態を知らせる仕組みとして、状態表示灯が広く知られている(図2)。これは工作機械の故障などを各ランプの点灯・点滅などで知らせるものである。

状態表示灯に直接結線し、その状態の変化を即座に把握することは容易であるが、機械への結線の手間や、配線の引き回しなどによる煩雑さといった問題がある。そこで画像処理を用いて特定の色の検出を行うことで状態表示灯の状態を取得することを試みた。

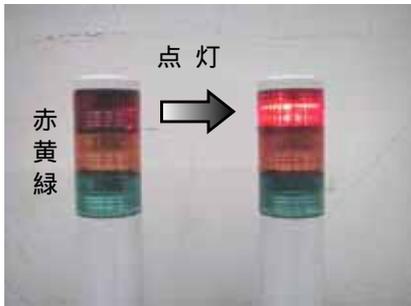


図2 状態表示灯

今回試作したプログラムではカメラからの入力画像に対して画像処理手順を施すことにより、状態表示灯の色の検出を行った(図3)。また、異常発生時の遠隔地からの目視による確認作業を想定し、撮影した画像をWWW経由で確認できるようにした(図4)。

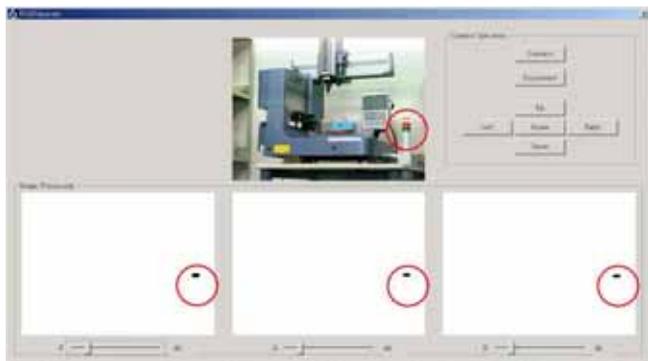


図3 カメラ映像と画像処理例

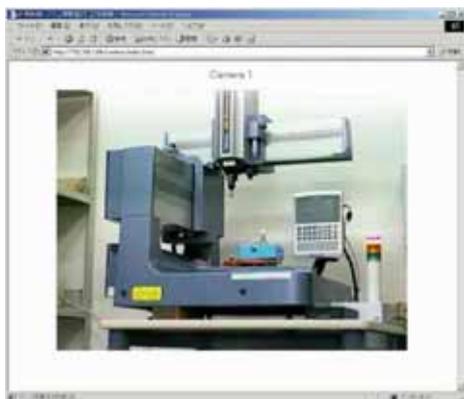


図4 WWW 経由でのカメラ映像の確認

4.1.2 背景差分による領域抽出

工作機械の稼働状態を知る他の手段として、作業者の動きを観察することを考える。例えば、工作機械に異常が発生した場合、作業者が機械の周辺に集まる可能性が高く、この時の作業者の動きを観察することによりこれを検知することが可能であれば状態表示灯からの情報と併せて、より詳細な状況判断が期待できる。そこで、画像処理を用いて特定の領域(今回は人物領域)

を入力画像中から抽出することを試みた(図5, 6)。これに動作解析を加えることで工作機械の稼働状況などを知る手がかりになると考えられる。また、侵入者の検知・追跡にも応用できると考えられる。



図5 背景差分による人物領域の抽出 (原画像)



図6 背景差分による人物領域の抽出 (処理後)

4.2 柔軟に対応可能な工程生成技術

4.2.1 作業者に注目した工程生成

今回県内企業〇社の協力を得て、作業者に着目して工程の改良を行なうことを検討の主題とした。

加工機械による実際の切削に要する作業時間は、その加工内容によってほぼ決定されている。しかし、複数の機械の監視とメンテナンスを行ないつつジグへの未加工品の取り付けを連続で行なっている状態では、ある機器での切削加工の作業が終了したとしても、他の機器での作業を行なっている場合にはそちらの処置は行なえない。つまり加工機械の効率よりも、これらの間に立って段取りなどを行なう作業者の作業効率に着目して工程生成を行なう方が自然である。さらに機械の故障などによって、修理などの作業要員として熟練工がかりだされることもあり、作業時間の予測は非常につきにくかった。

このような作業者の情報を得る手段として、汎用センサとしてのカメラを想定しており、このセンサを用いることでより詳細で多くの情報が得られる。これらから得られた情報を加味し、最適化の技術を反映することで工程生成用のアルゴリズムの検討を行なった。

4.2.2 実験システムの概要

実験システムは、今後普及が進むと思われるLinux OS および現在広く普及しているMicrosoft Windows において同様のプログラムが全く同じように稼働可能であるという条件を重視し、Sun Microsystems のJava 言語を利用して作成した。

実験システムは1台の工作機械に対して、仕事を段取りと実際の加工に分割し、実際の加工時間については加工機械と加工内容から得られる時間が理想的にあてはま

るとした。逆に、段取りについては他の機械の管理など作業者が作業を遅らせてしまうことを想定し、作業が滞っているという情報をトリガにして必要時間が延びるようになっている。

図7が工程が入力されたと想定した場面である。実際には、生産管理あるいは受発注部門から、どのような製品をどれだけ作成するか情報が送られてくる。これらはパーソナルコンピュータ(PC)向けのデータベースソフトで管理されていることが多いが、Java言語のライブラリにJDBC(Java DataBase Connectivity)機能を内蔵しており、データベースとのやりとりも標準的に行なえる。

図8は、実際の加工作業はもちろんのこと、作業者による段取りが重ならないように仕事を並べ直した例である。段取りのみを行ない、加工機械が動いていない時間も存在するが、これらは

段取りが終わらないうちに次の加工を行なう計画を立てても、図9に示すように実際には実行不能である。

複数台の機械を想定した場合に互いに埋め合うことができる。などの条件が考えられるため問題とはならないと判断できる。

熟練工などは、計画立案された作業順序よりもさらに良い作業順序を経験上学習している場合もある。このような場合には意図的に作業順序を変えている場合もあることから、このような作業の遅れを他とは異なった扱いにすることとした。作業を示すグラフの周辺が赤く表示されるようになっている。

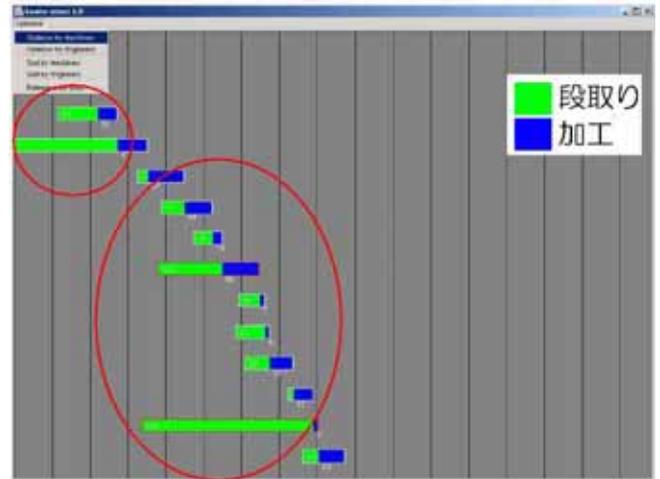


図9 複数の段取りが重なる例

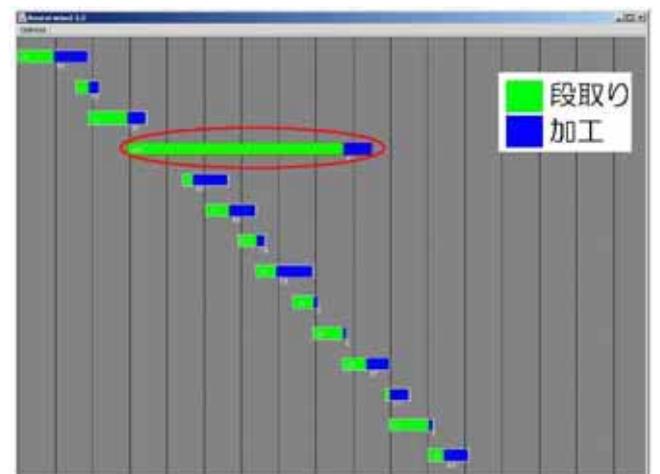


図10 遅延の発生

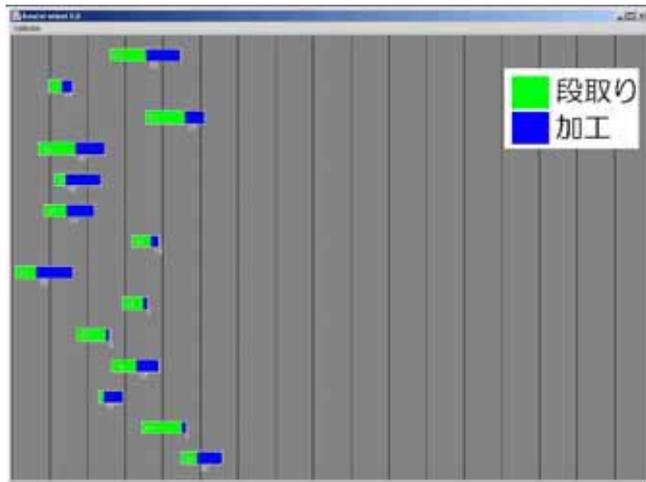


図7 工程の入力例

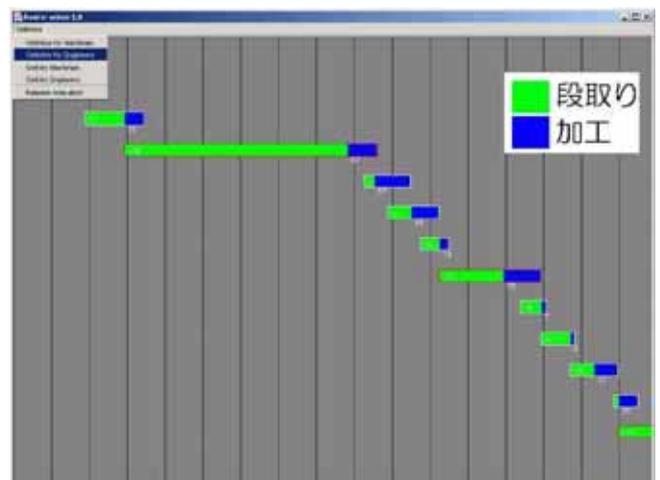


図11 工程の再生成の例

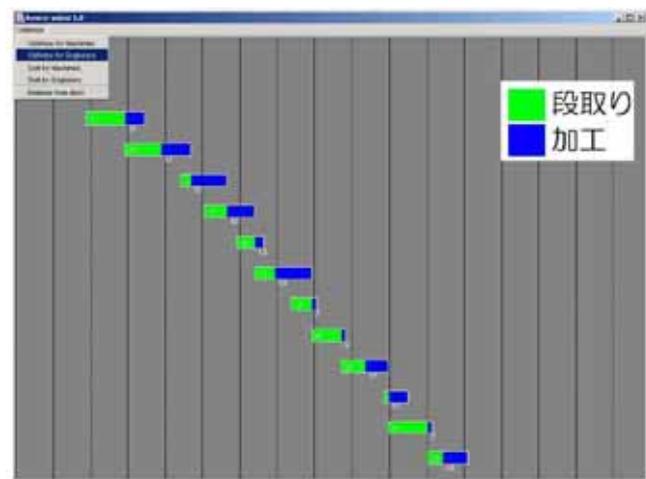


図8 工程生成の例

何らかの原因によって作業者の段取りが遅れた場合には、センサや作業者からの報告によってリアルタイムに工程生成部に反映され、図10のように段取り時間が延びることになる。

このような遅延情報に対して、リアルタイムに工程を再生成した結果が図11である。ある作業機械における作業

の順序はあらかじめ決定されているものとしているが、作業の順序自体も入れ替え可能であると仮定する必要もあると考えられる。

4.2.3 実験システムの利用方法

本実験システムは、Java によって記述されている。Java によって記述されたプログラムを動作させるためには、Java の実行環境が必要となる。

<http://java.sun.com/>

より、JRE (Java Runtime Environment) をダウンロードしLinux OS あるいはMicrosoft Windows にインストールすることによって、実行が可能となる。また、ソフトウェア開発ツールであるJava2 Standard Edition のJ2SDK もライセンス条項があるものの無料で利用できる。

Java によって記述されたプログラムは、多くの場合1つのファイルにまとめて配布されている。JRE が正しくインストールされていれば通常のプログラムと同様にマウスでクリックすることにより起動し利用することが可能である。Linux などでは、コマンドラインからの起動を行なうことも考えられる。このような場合には、

```
java -jar koutei.jar
```

とすることで利用することが可能である。

4.3 表示用インターフェース

現在、中小企業の多くは紙ベースの作業指示書が多く、特急品などの工程変更がある場合、管理者が生産現場を回り指示するという現状がある。また、作業報告は、日に数回まとめて行う為、工程の状態を把握するのにタイムラグが発生している。そこで、作業員へ工程の変更等の情報を伝達することと、作業員が管理部門へ作業報告を迅速に行うことを目的として、試作した表示用インターフェースについて述べる。システム構成を以下に示す。

OS : Linux

サーブレットエンジン : Tomcat

Webサーバ : Apache

DBMS : postgresql

開発言語 : J2SE

この表示用インターフェースは、ネットワーク上の端末のWebブラウザから作業指示の表示・作業報告の inputs が可能にしたものである。管理部門では、図12に示すように全工程の状態を1画面で確認可能である。また、工程の変更もネットワーク経由で素早く伝達可能である。



図12 全工程状態表示

作業員は、図13に示すように現工程の作業指示、次工程の作業指示を閲覧できる。段取り・加工・完了・工作機械の故障などの入力ができるため、作業報告を素早く管理部門に伝達することが可能である。

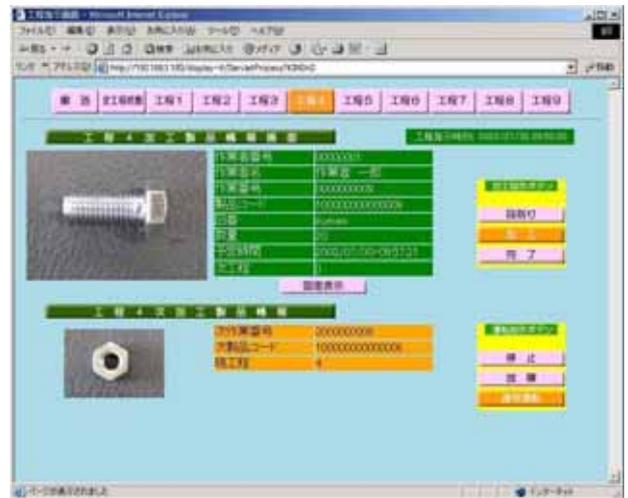


図13 工程指示

5. まとめ

本研究では、中小企業の生産現場における様々な情報をネットワーク上に正確に反映させること、その情報を用いて生産工程を最適化するアルゴリズムを開発することを目的とした。

作業員を主体とした、特殊な機械や複雑な操作を必要としない情報収集方法の提案として、カメラ映像からの各種工場内情報の動的な取得方法に関する基礎実験を行った。

各種センサなどで得られる情報から特に作業員に関する情報を得られることを想定し、実際の中小企業において生産の要となっている作業員、熟練工を考慮した工程生成技術について検討を行ない、実験のためのシステムを試作した。

作業員への作業指示を目的として、表示用インターフェースを試作した。

6. 今後の展開

試作したシステムの有効性を実証するために、当センターの実験室内に生産現場を想定した仮想的な工場を構築し、工場内の情報の取得および工程の最適化における基礎実験を行うことにしている。

参考文献

- (1) 秋葉雅夫, 佐久間章行, 高橋弘之, 吉田祐夫 : 生産管理(改訂版), 日本規格協会経営工学シリーズ, 1987年
- (2) 西岡靖之 : Advanced Planning and Scheduling 先進的スケジューリングで生産の全体最適を目指せ!, 日本プラントメンテナンス協会, 2001年