

# 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 ～生産現場における情報収集とネットワーク構築方法の提案～

石川友彦\* 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<sup>1)2)</sup>。

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推し進め、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。

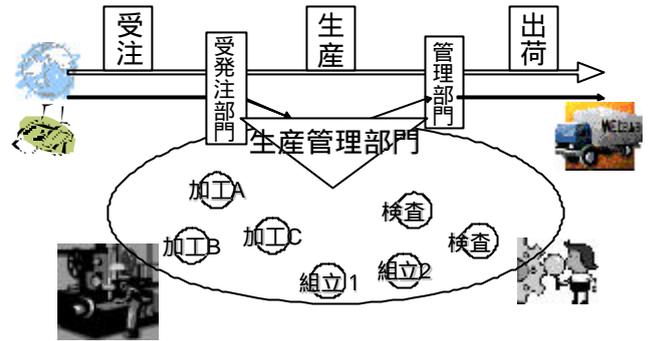


図1: 一元化された生産現場の情報化

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、平成 13 年度はそれらの実験システムの構築と、各要素における基礎実験を行った。

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 13 年度に基礎的な技術として研究を行った 2 つのシステムについて述べる。

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、および移動台車を用いた工程間移動システムについて述べる。

次に、収集した情報のネットワーク上での活用方法として、パーソナルコンピュータと Linux を用いた安価な

並列処理および小規模ネットワークシステムの構築例について述べる。

#### 4.1. 可動カメラと移動ロボットによる情報収集

前章までに述べたように、生産現場の情報の一元化を目的として生産現場内のさまざまな情報をネットワークに反映させることを考える場合、対象となる情報の収集方法が問題となる。収集対象となる情報としては工場内機械の故障や稼働状況、および製品の在庫状況などといったものが挙げられるが、これらを正確に把握し、ネットワークに反映させることは困難であると言える。

例えば、現在市販されている工作機械の中にはネットワーク接続機能を有し、遠隔操作や故障・稼働状況の遠隔地への通知が可能なものも存在するが、それらの導入には多大なコストを要し、維持するためのコストも必要となる。また、製品の在庫状況の管理においては、伝票などの管理情報のコンピュータへの入力の際に人的ミスが発生することも多く、正確な在庫情報の把握は困難であると言わざるを得ない。

上記の問題を解決する上で、工作機械など生産現場における設備への直接的な改造を加えないことや作業者の負担を極力軽減することを考えると、生産現場における情報を、映像・音・その他センサなどを用いて収集し、ネットワーク上に反映させる必要がある。

そこで、本節では情報収集の一手法として映像を用いた情報収集方法を提案し、カメラ映像からの情報の取得例と、カメラを搭載した移動台車を用いた工程間移動システムについて述べる。

##### 4.1.1 カメラ映像からの情報取得例

製品情報の管理方法としては、バーコードを用いた管理が有効であることは広く知られており、製品に添付するラベルに製品名や型番とともにバーコード情報が併記されることも多い。そこで、生産現場の情報の一つとしてラベルに記載された情報に注目し、カメラにより撮影された映像からの情報の取得例としてバーコードに付帯する数値情報の読み取りを試みた。

バーコード情報の取得のみを考えた場合、ハンディタイプのバーコードリーダーや据付型の専用カメラを用いる方がより正確な情報の取得が可能なのは明らかであるが、前者においてはリーダーによるチェック工程を作業者に強いことが負担となること、後者については撮影対象がバーコードに特化されているため汎用性が無いことなどの問題がある。

また、収集対象として想定される情報は多種多様であるため、今回の実験では使用機材として汎用のカメラ(キヤノン株式会社製 VC-C4)を用いることとした。

撮影された映像はパーソナルコンピュータ(OS: Windows2000)に入力され、画像処理ソフトウェア(Coreco Imaging社製 Sharlock32)により二値化処理およびパターンマッチングを用いた文字認識を行なう。これによりラベルに記載された情報の内、バーコードに付帯する数値情報の取得を行った(図2)。

##### 4.1.2 移動台車を用いた工程間移動システム

取得した映像からの情報収集を行う際、遮蔽物によるオクルージョン(隠れ)の発生などの理由から生産現場内の固定位置に設置したカメラのみでは広範囲かつ精細な映像の取得は困難である。この問題は設置するカメラの台数を増やすことで解決可能であるが、対象となる生



図 2: 映像からの情報の取得例

産現場の規模に応じてその台数が増大することは容易に予想可能であり、有効な手段であるとは言いがたい。また、作業工程や設備の変更に伴ってカメラの設置位置を変更する必要があり、固定カメラのみでは不十分であると言える。そこで、生産現場内の詳細な情報を動的に収集することを目的として、移動台車上にカメラを設置し、これを用いた工程間移動システムの試作を行った。その概要について以下に述べる。

##### 4.1.3 システム概要

試作したシステムの概要を図3に示す。本システムは工程間の移動を行う移動台車、移動台車の動作制御用信号の送受信を行う制御用サーバ、移動台車に搭載されたカメラからの映像を受信・画像処理により取得された情報の送信を行う映像用サーバから構成される。今回試作したシステムでは、移動台車としてActivMedia Robotics社製 Pioneer2を用いた。本機は、コンピュータからの有線または無線による動作制御が可能であり、搭載された超音波センサおよび接触式センサによる障害物の検出機能を有する。制御用サーバ、映像用サーバには市販のパーソナルコンピュータ(OS: Windows2000)を用い、ネットワークへと接続した。制御用サーバでは開発されたプログラムを用いてクライアントからの制御命令をネットワーク経由で受信し、移動台車への転送を行う。映像用サーバでは、移動台車に搭載されたカメラからの映像の受信を行う。受信した映像は静止画像ファイルとして一定時間毎にハードディスク上に保存され、クライアントからネットワーク経由で参照可能なものとした。

##### 4.1.4 実験

工場内の決められた経路上を自動巡回するケースを想定し、シミュレーションおよび実機にて移動台車による4地点間の移動を行なった(図4)。

また、経路上に障害物がある場合を想定し、移動台車に搭載された超音波センサおよび接触式センサによる障害物検知を行なった。このような作業においても、移動台車を稼働させる場所の床面の状態などにより動作に誤差が生じ、巡回動作が妨げられる。実際の生産現場での稼働時にはこの動作誤差を解決することが重要であり、ロボット自身が取得した周囲の情報を基にその動作を補正する必要があると考えられる。

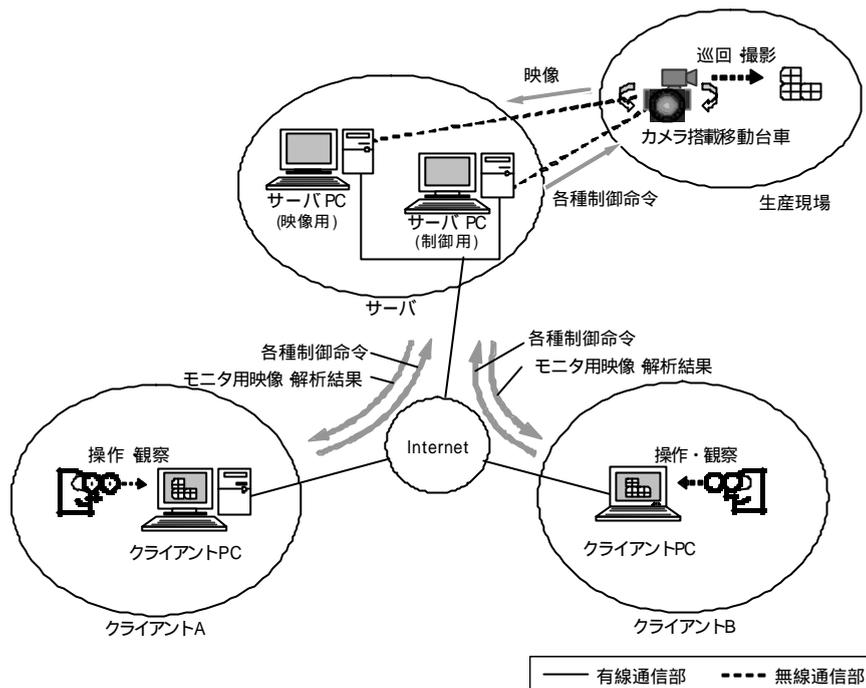


図 3: 移動台車を用いた工程間移動・情報収集システム

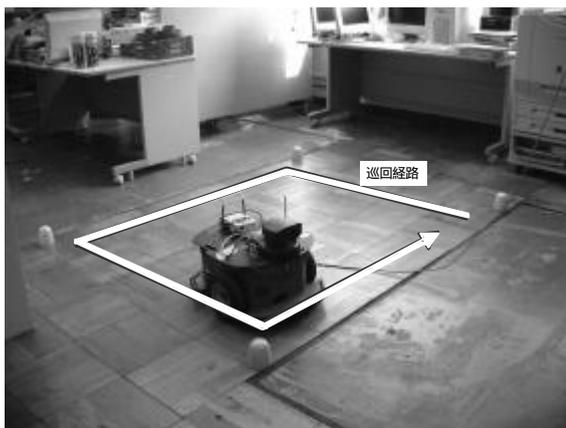


図 4: 移動台車による 4 地点間の巡回実験

#### 4.2. パーソナルコンピュータによる安価なネットワーク構築技術

生産現場における情報の一元化を目的として、可動カメラと移動ロボットなどによる情報収集を行った結果、特に中小企業においては、これまで得られなかった情報がネットワーク上に反映されることになる。従来の生産工程管理および在庫管理のためのシステムは、これらの情報を全く想定していない。すなわち、得られた情報を活用できる新たな生産工程の生成および在庫管理のためのシステムが必要となる。

そこで本研究では、生産指示の変更や特急品の割り込み、あるいは工場内機械の故障情報などに柔軟に対応できる生産工程の生成のためのアルゴリズムを開発することを目的とした、パーソナルコンピュータによる並列処理システムを構築した。このシステムは、専用の小規模ネットワークとなっており、中小企業へのネットワーク導入に必要な技術を、当センターに集積することを

あわせて目的としている。

##### 4.2.1 パーソナルコンピュータによる並列処理システムの目的

加工や組み立てなどの生産現場においては、様々な部品の生産順序の流れに対して、これに対応できる作業員や機器が複数存在する。このような場合には、生産のための時間やコストを最小化する問題を、組み合わせ問題としてモデル化できる。

組み合わせ問題は、巡回セールスマン問題や最小費用流問題に代表されるように、厳密な最適解を得るために多量の計算が必要となる場合が多く、近似アルゴリズムを用いてある程度高速に良質な解を求め、これを利用することが求められる。この近似アルゴリズムの開発段階においては、近似アルゴリズムが生成した生産工程が最適であるか、あるいは最適解にどれだけ近く良質な解であるかを検証することが必要となる。この検証を行うためには、結局いくつかの例において実際に最適解を求め、近似アルゴリズムによる解と比較する必要がある。

この最適解を求めるための多量の計算を高速に、安価に行う方法として、パーソナルコンピュータによる並列処理が注目されている。近年、安価に導入が可能となったパーソナルコンピュータとネットワークの技術を用いて複数の計算機を接続し、高速な計算機として運用する方法である。

実際に運用する際の生産工程の生成アルゴリズムとしては、最適解と比較され、良質な解が得られると保証された近似アルゴリズムを用いる。そのため、実際に中小企業に導入される場合には並列処理システムは必須ではなく、安価なパーソナルコンピュータ 1 台程度でも十分動作することが期待できる。

##### 4.2.2 パーソナルコンピュータによる並列処理システムの概要

本システムの並列処理部分は、4 台のパーソナルコン

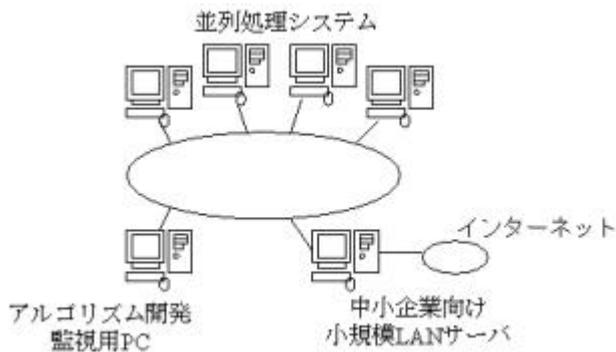


図 5: 並列処理システム及び  
中小企業向け小規模LAN実験システム概要図

コンピュータとネットワーク機器よりなる。これに加えて近似アルゴリズムの開発および並列処理部分の監視を行うパーソナルコンピュータからなる(図5)。

並列処理部分の OS として、数値計算とネットワーク処理に処理を集中させ、安定した動作を安価に実現するために GNU/Linux システムを選択した。また並列計算のためのライブラリとして標準的な MPI ( Message Passing Interface ) を導入した。ネットワーク基盤として、現在非常に安価に利用可能な 100base-T のイーサネットと TCP/IP を用いた専用ネットワークを構築した。

平成 13 年度は生産工程を生成するためのアルゴリズムの調査研究に主眼をおいていたため、本研究での並列処理実験の他に、SETI@home などの全世界的な並列・分散処理プロジェクトへの寄与を行うと同時に、そのような処理による負荷を用いてシステムの動作安定性を調査した。

#### 4.2.3 中小企業向けLAN実験システムの目的

近年、電子メールや World Wide Web などのインターネット技術が生産現場と生産管理部門、あるいは生産現場と顧客とのコミュニケーションに幅広く利用されている。しかし、県内中小企業への導入と運用においては、トラブル発生時の対処やネットワークセキュリティの確保など多くの課題を残したままである。ネットワーク関連企業への外注では、柔軟な運用が難しいことやコストが予想よりも高くなる点が問題となり、すべてを自社でまかなうには、社内の技術者や技術情報の集積が不足していることが問題となっている。このため導入に消極的な企業が大多数である。

本研究においては、並列処理システム用の専用ネットワークを企業内の小規模ネットワーク、当センター内のネットワークをインターネットとみなし、その境界点にインターネットサーバを構築する実験を行った。性能が高く安価なインターネットサーバを構築するための関連技術を集積し、導入を検討している中小企業と技術情報の相互提供を行うために、ソース公開ソフトウェアなどを積極的に用いた。

#### 4.2.4 中小企業向けLAN実験システムの概要

本システムで構築したインターネットサーバでは、サーバ用途とされていない一般的なパーソナルコンピュータを用いて、電子メールサーバ・WWW サーバ・ファイアウォール等を構築している。

導入と運用のコストを安価に抑え、安定したインターネットサーバとするために、OS として Debian

GNU/Linux システムを用いた。

Debian GNU/Linux システムの特徴としては、同時に配布されているプログラムの自動更新機能と、プログラムなどの使用許諾(ライセンス)の厳密な管理が挙げられる。ネットワーク上で動作する計算機においては、日々セキュリティの脆弱性が発見されるため、自動的にシステムを最新の状態に保つ仕組みは非常に重要である。また、プログラムの配布や利用に関する権利に敏感であるため、企業独自のサービスの開発などを行った際にも再配布による制限が明確であるなどの利点がある。

電子メールサーバ、WWW サーバなどのプログラムは、すべてソース公開ソフトウェアを用いている。これらに関する技術情報はインターネット上に多数存在しており、導入を検討している中小企業との技術情報の相互交換にも有利である。

平成 13 年度は、一般的なインターネットサーバとして運用するための設定を行い、当センター所内からの利用が可能となっている。

#### 5. まとめ

本研究では、中小企業が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。

このために以下のシステムの開発と基礎実験を行った。これらを実現するシステムは、単に製造業関連の企業にとどまらず、流通業などの様々な業種においても展開が可能であることを考慮して開発が進められている。

- (1) 作業者を主体とした、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、可動カメラを搭載した自動巡回可能なロボットによる工場内の情報の取得、バーコード等による製品情報の正確な入力、ネットワーク上での情報の管理および巡回工程生成の基礎実験を行った。
- (2) 取得された情報を用いて、生産工程を最適化するアルゴリズムを開発するために、パーソナルコンピュータによる並列処理システムを構築し、簡易ネットワークシステムとして稼働させる基礎実験を行った。

#### 6. 今後の展開

平成 14 年度は、開発中のアルゴリズ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。

また県内中小企業において、実際の生産現場での情報取得方法の問題点を詳細に調査し、研究に反映させることを予定している。

#### 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