

KSK-GH20-1

平成20年度 製造業の基盤的技術の拡充強化に関する  
研究等補助事業

# 標準技術活用による生産支援に関する研究

平成21年3月

財団法人 機械振興協会 技術研究所



この事業は、競輪の補助金を受けて実施したものです。

<http://ringring-keirin.jp/>



# 標準技術活用による生産支援に関する研究

## — 目 次 —

1. 緒 言	1
参考文献	2
2. 生産システムの動向調査	4
2.1 海外動向調査	4
2.2 国際会議 APMS2008	4
2.3 シャルマー工科大学調査	6
2.4 METEK2008 調査	9
参考文献	11
3. ポータル・コラボレーション型生産支援システムの研究	13
3.1 まえがき	13
3.2 ポータル・コラボレーション型生産支援システム	14
3.2.1 背景・目的	14
3.2.2 ポータル・コラボレーション型生産支援システムのコンセプト	14
3.2.3 予測効果の事前検証	18
3.2.4 遠隔監視・保守支援用コラボレーション機能の開発	20
3.2.5 現場端末用ハンズフリー型コンピュータの開発	27
3.2.6 デモンストレーション	29
3.2.7 まとめ	30
3.3 シミュレータ連携型工作機械内衝突防止システム	31
3.3.1 背景・目的	31
3.3.2 シミュレータ連携型工作機械内衝突防止システムのコンセプト	31
3.3.3 シミュレータ連携型工作機械内衝突防止システムのプロトタイプシステムの開発	33
3.3.4 まとめ	36
3.4 研究成果の普及活動	36
3.4.1 機械技術活用ビジネス小研究会の概要	36
3.4.2 第24回日本国際工作機械見本市への出展	37
3.4.3 標準技術の工作機械適用実習セミナー	39
3.4.4 まとめ	40
3.5 あとがき	40
参考文献	42
4. シミュレーションによる生産システム構築効率化と品質向上の研究	44
4.1 まえがき	44
4.2 三次元シミュレーションによる画像検査支援システムの検討	46
4.2.1 シミュレーションによる画像生成の有効性検証	46
4.2.2 テンプレートマッチング法による実験	48

4.2.3 形状マッチング法による実験 .....	49
4.2.4 実験から得られた見解 .....	52
4.3 成果の普及活動 .....	53
4.4 あとがき .....	55
参考文献 .....	55
5. 結 言 .....	57
謝 辞 .....	58

## <研究>

# 標準技術活用による生産支援に関する研究

木村利明\*<sup>1</sup>, 日比野浩典\*<sup>1</sup>, 神田雄一\*<sup>2</sup>, 福田好朗\*<sup>3</sup>

A research project of manufacturing support systems using industrial standard technologies

Toshiaki KIMURA, Hironori HIBINO,  
Yuichi KANDA & Yoshiro FUKUDA

## 1. 緒言

生産システムの運用・保守の段階では、2007年問題により、技能伝承が課題となる一方で、低いスキルの作業員でも、より容易に利用可能な生産システムが求められている。さらに、特に工作機械などの工場設備の海外輸出比率は高く、グローバルな拠点間での遠隔運用や保守支援が行える仕組みが求められている。

さらに、生産システム構築段階では、製品ライフサイクルの短命化により、一層の生産システム構築効率化を追求する一方で、製造工程の高次元の品質保証が求められている。

そこで、標準技術活用による生産支援に関する研究では、平成20年度から平成21年度の2ヵ年計画で、大きく2つの視点から研究を実施する。それらは、生産システムの運用、および保守向けに、遠隔監視、ドキュメント管理などの機能を、TV会議機能により遠隔拠点間で共有し、低いスキルの作業員の遠隔作業や保守支援を行う「ポータル・コラボレーション型生産支援システムの研究」と、生産システム構築段階向けに、「シミュレーションによる生産システム構築効率化と品質向上の研究」を実施する。

まず、「ポータル・コラボレーション型生産支援システムの研究」の概要を示す。

本研究では、特にグローバルな拠点間での遠隔

運用や遠隔保守支援が行える仕組みの研究開発を行う。

遠隔運用支援や遠隔保守支援に関する従来手法としては、例えば工作機械などの機器メーカーが、インターネットにより、ユーザ工場の機器の制御装置画面を閲覧しながら保守を行う遠隔保守の仕組みを活用しはじめている。

しかし、これらの仕組みは、機器メーカー毎に開発しているため、異メーカーの機器が混在する工場への適用が困難である。また、これらは制御装置画面を閲覧する方式が主であるため、機器の姿勢、ワークなどの周辺の状況までは把握できず、故障診断に手間がかかる場合がある。さらに、ユーザやサービス会社が保有する保守説明書、およびユーザが蓄積した保守記録などの分散したドキュメントを管理し、必要に応じて検索して利用する仕組みが欠如している。

また、これらの仕組みは、機器メーカーの保守支援用であるため、機器メーカーと工場企業側との間のコラボレーションに利用が限定されており、例えば工場企業側の設計拠点と製造拠点との間や、工場企業側と顧客間などのような普段のコラボレーションに用いることができない。

そこで、前身研究において、標準技術により異メーカー、異機種、新旧機器の情報と、製造実行システムの情報との相互連携が可能な工場内情報連携環境と、本環境を活用し、マルチメディアで機器監視を行う3-D表示遠隔監視システムなどを提案した<sup>1)2)3)</sup>。また、標準技術を活用することで、異メーカーで新旧のNC装置に適用可能な工作機械

\*1 生産技術部システム課

\*2 客員研究員 (東洋大学)

\*3 客員研究員 (法政大学)

内衝突防止システムなどの生産システムを容易に利用可能とさせる仕組みを開発した<sup>4)5)</sup>。

本研究では、さらに、これらの成果を活用しつつ、遠隔監視システム、分散したドキュメントを管理・検索するドキュメント管理システム、およびそれらの情報をTV会議などにより拠点間共有し、遠隔作業支援や遠隔保守支援を行うシステムをポータル・コラボレーション型生産支援システムと呼ぶことにし、本システムの実現手法を提案する。特に、本システムは、工作機械などの機器メーカーが導入するシステムではなく、工場企業側が導入することを考慮することで、工場企業側の設計拠点と製造拠点との間などのような普段のコラボレーション用途にも利用できるようにする。

各年度の実実施計画としては、初年度の平成20年度は、ポータル・コラボレーション型生産支援システムのためのTV会議機能を応用したコラボレーション機能などの開発を行った。さらに、最終年度の平成21年度は、設備などの写真から運用・保守支援用ドキュメントを生成する機能などの応用機能の開発により、ポータル・コラボレーション型生産支援システムを完成させる。

つぎに、「シミュレーションによる生産システム構築効率化と品質向上の研究」の概要を示す。これまでの研究によって、工程実装段階を効率化する新しい設備シミュレーション技術を提案し、その普及活動を実施した。そこで、今年度の研究では、設備シミュレーションの利用範囲をさらに広げるシミュレーション技術開発を目指す。技術シーズや生産技術のニーズの変化を捉え、将来の新しい生産システムを考え、その生産システムにおける、より製造現場に近い工程実装段階でのシミュレーション技術開発を目指す。具体的には、新たにシミュレーションの外観検査支援への適用を目指す。近年、製造工程における品質問題が顕在化しており、特に出荷前の関所と呼ばれる外観検査はますます重要になっている。外観検査は、半導体業界をはじめ、電気電子機器業界、自動車業界等のさまざまな製造現場で実施されている。外観検査の実態調査では、件数的に約70%の外観検査は作業者の目視で行われ、いまだに人手に頼る部分が多い。具体的な検査として、寸法検査等

の計測関係については自動化が進んでいるが、形状検査、欠陥検出および異物検出については自動化が遅れていることが指摘されている。そこで、本研究は、外観検査システムの構築の短期化を実現するシミュレーションを利用する支援システムを提案する。提案する支援システムでは、三次元設備シミュレーションによるオフラインでの外観検査システムの事前評価を目指す。具体的には、外観検査プログラムをオフラインで構築し、かつ外観検査システムを実機や検査対象製品がすべて揃う前に仮想的に評価、構築することを目指す。これにより製造品質への寄与する設備シミュレーション技術を構築する。本年度は、外観検査プログラムに必要な本来産業用カメラから生成される画像を設備シミュレーションで生成するための、三次元画像の基礎的な実験を実施する。

本報では、標準技術活用による生産支援に関する研究の初年度である平成20年度の研究成果を報告する。第2章に本研究の関連技術動向調査結果を報告し、第3章に「ポータル・コラボレーション型生産支援システムの研究」の成果を、第4章に「シミュレーションによる生産システム構築効率化と品質向上の研究」の成果を報告する。

## 第1章の参考文献

- 1) (財)機械振興協会 技術研究所, 平成15年度製造業の基盤的技術の拡充強化に関する研究事業 グローバル生産における中小企業支援システムに関する研究, 平成16年3月。
- 2) (財)機械振興協会 技術研究所, 平成16年度製造業の基盤的技術の拡充強化に関する研究事業 グローバル生産における中小企業支援システムに関する研究, 平成17年3月。
- 3) (財)機械振興協会 技術研究所, 平成17年度製造業の基盤的技術の拡充強化に関する研究事業 グローバル生産における中小企業支援システムに関する研究, 平成18年3月。
- 4) (財)機械振興協会 技術研究所, 平成18年度先端的技術開発の推進に関する調査研究等補助事業 デジタルマニュファクチャリングに関する研究 平成19年3月
- 5) (財)機械振興協会 技術研究所, 平成19年度

先端的技術開発の推進に関する調査研究等補 関する研究 平成20年3月  
助事業 デジタルマニュファクチャリングに

---

## 2. 生産システムの動向調査

### 2.1 海外動向調査

産業界の取り巻く環境は、グローバルな企業競争の激化、技術開発スピードの極端な短期化、予測不可能な需要変動への対応など、過去には経験したことがない難しい状況に置かれている。このような状況において、海外のものづくり最新技術動向を調査し、今後の研究の方向性を明らかにし、今後の研究活動に活用することは、重要である。

そこで、本動向調査は、欧州の生産システムの動向調査および研究成果の普及を実施した。平成20年9月12日から9月24日の日程で実施し、フィンランド、スウェーデン、ドイツの3カ国を訪問した。具体的には、フィンランドで開催された国際会議APMS2008に参加し、研究成果の普及と技術動向の調査を実施した。次いで、スウェーデンの国立大学シャルマー工科大学、および、ドイツで開催された組立技術の見本市のMOTEK2008を訪問して、最新の生産システムの動向を調査した。次節以降に詳細を報告する。

### 2.2 国際会議 APMS2008

最新の生産システムの研究動向調査および研究成果の普及のため、平成20年9月13日から9月17日の期間でフィンランド・ヘルシンキ市内にあるヘルシンキ工科大学のDipoli conference centerで開催された、生産マネジメント関係の主要な国際会議であるAPMS2008 (Advances in Production Management Systems)に参加した(図2.1, 図2.2 参照)。国際会議APMS2008は、生産マネジメント関係の統括学会のIFIP(International Federation for Information Processing)TC5 Working Group 5.7の主催で従来は隔年の開催であったが、近年、毎年秋に開催されている。発表件数は約100件で欧州を中心とする研究者が参加している。アジア勢では、日本と韓国の研究者が参加した。日本からの参加者は、10名程度であった。IFIPは1960年4月、国連ユネスコの提案で組織

された情報処理国際連合で、日本の代表団体は情報処理学会が加盟している。APMSを主催するWorking Group 5.7が所属するTC5は、1970年に創設され、工学・工業におけるあらゆる計算機応用を対象範囲としており、工業製品やシステムの研究開発、設計、生産、運用・制御、などを扱い、さらにこれらに固有な基礎的情報処理技術を対象とする<sup>1)</sup>。農業・食品工業や発展途上国の工業化なども取り上げられたことがあったが、現在は活発に活動していない。現代では、工学・工業において計算機を利用しないことがないほどに計算機応用は一般化している



図 2.1 APMS2008 の会場



図 2.2 APMS2008 会場前の通り(9月中旬なのに日中10°C以下でコートが必須。東京は31.5°C)

ので、このTCも設立当初とは意義が変化していると思われるが、WGの再編成などのリストラクチャリングを行い、TCとしての活力を維持している。現在の主要な課題は、製造業の情報化に関連する話題であり、CAD/CAM/CAE、生産管理、仮想生産や仮想企業体、EC (Electronic Commerce)、さらにコンピュータグラフィックス、通信、データベース、などの情報インフラストラクチャ、などについての活動が活発である。

APMS2008の今回のサブタイトルは、「Innovations in Networks」であり、製造用のコンピュータネットワークやサプライチェーンなどの生産システムとしてのネットワークなどを対象としている。APMS2008の発表では、レベルにはばらつきがあるものの一定レベル以上の研究内容であり、参考となる研究が多い。APMS2008の全体的な発表の傾向としては、グローバルなサプライチェーンの研究発表が多く、従来さかんであった工場内の生産マネジメント関係の研究が少なくなっている。グローバルなサプライチェーンの研究の場合、工場をブラックボックスとして扱うことを前提としており、具体性に掛ける発表も散見した。また、地球温暖化の議論に端を発する資源の有限性の解決策として注目されているサステナブル生産システムの研究発表も増えてきている。これは近年欧州内の研究予算の配分方法が変化しており、特に、欧州連合第7次研究枠組み計画のFP7 (The Seventh Framework Programme)において、重点研究に新生産技術、エネルギー、環境（気候変動を含む）などが挙げられており、研究の対象の傾向が変わりつつあることが関係しているのではないかと推察する。APMS2008でのキーワードを以下に列挙する。

キーワード：

Collaboration for quality, Computational methods and tools to support networked innovation, Coordination and contracting in network, Cultural boundaries and innovat, Innovations in networked

business models, Innovations in networked services, Innovations in new product development processes, Innovative applications of ICT in networks, Innovative methods of inter-organisational learning, Performance improvement in supply chains, Performance management in networks, Product lifecycle management, Sharing of information and knowledge in networks.

本研究の成果として、発表タイトル：「Simulation Environment to Minimize Lead-time of Manufacturing Cell Implementation Process Using Real Equipment Interaction」<sup>2)</sup>を講演した。質疑応答では、実際の生産システムに対する導入計画やその効果に関する質問などがあつたが、どれも好意的な質問であつた。

APMS2008では、司会者とは別に、ディスカッサントと呼ばれる、論文や発表内容を5分程度でまとめ、質疑応答をより活発にするための役割を担うサブ司会者により、質疑応答が進められる。発表者は、必ず他の発表者の時にディスカッサントになるルールになっている。初めての経験だったため、最初は戸惑つたが、議論を深める上では、良い制度であると思つた(図2.3参照)。

基調講演は、国際的に有名な講師による合計3回の講演が実施された。これらの講演はどれも興味深かつた(図2.4参照)。



図2.3 ディスカッサントによる質疑応答



1. 講師: Prof. Sirkka L. Jarvenpaa, University of Texas at Austin, 米国, 講演タイトル: Management Challenges in Inter-company Innovation.
2. 講師: Dr. Mikko Kosonen, Executive Vice President, The Finnish Innovation Fund Sitra, フィンランド, 講演タイトル: Strategic Agility in Business Networks.
3. 講師: Prof. Eero Eloranta, Helsinki University of Technology TKK, フィンランド, 講演タイトル: Value Innovations in Demand-supply Networks.

### 2.3 シャルマー工科大学調査

欧州における生産システムの最新研究動向を調査するために、欧州のトップクラスの大学であるシャルマー工科大学を訪問した。シャルマー工科大学は、イエーテボリ市内の小高い丘の上であり、敷地面積は大きく、工学系の専門大学としては大規模である(図2.5参照)。シャルマー工科大学は、スウェーデンの国立大学で、1829年に開校された歴史がある大学である。在校生は10,500名で、多くの学生は大学院へ進学する。2007年より大学院の全講義が英語で実施されている。現在、大学院生の10%は、スウェーデン国外の出身となっている。授業料はスウェーデン国内の学生のみならず、海外から

の学生も無料である。学部は3年間のコースになっている。卒業時は23歳(18歳~23歳の間に約2年間の徴兵があるからと思われる)。大学院は2年間、博士課程は更に5年間必要で、博士課程の学生の卒業年齢は最短でも30歳である。シャルマー工科大学の学部を以下に記す。

Applied Mechanics  
 Applied Physics  
 Architecture  
 Chemical and Biological Engineering  
 Civil and Environmental Engineering  
 Computer Science and Engineering  
 Energy and Environment  
 Fundamental Physics  
 Materials and Manufacturing Technology  
 Mathematical Sciences  
 Microtechnology and Nanoscience  
 Product and Production Development  
 Radio and Space Science  
 Shipping and Marine Technology  
 Signals and Systems  
 Technology Management and Economics  
 Woodshop

今回訪問した学部は、Applied Mechanics(機械工学科)とProduct and Production Development(生産工学科)。

機械工学科は、いわゆる機械系分野の研究を幅広く実施している。イエーテボリ市は造船が歴史的に有名である。そのためだと思われるが、シャルマー工科大学構内には、長さ約500m程度の大規模な造船のテスト用のプールがあり、現実的な大きさの模型で、さまざまな波形の船への影響の調査やスクリューなどの推進効果も実験を調査可能である(図2.6参照)。また、ジェットエンジンなどが寄贈されており、実際の製品に基づく現実的な教育がなされている(図2.7参照)。

最も印象に残ったのは、生産工学科の教育内容。最新のABB社のロボットやFlexLink社の寄贈によるパレタイザーにより現実的な生産シス



図2.4 APMS2008の基調講演の様子

テムの制御の実験を行っている(図2.8参照)。また、生産システムシミュレータのEnterprise Dynamics<sup>3)</sup>やAUTOMOD<sup>4)</sup>を利用して、生産システムの評価の実験を実施している。コースは2人の講師が7週間集中して実施している。また、



図2.5 シャルマー工科大学(丘の上)



図2.6 大規模な造船テスト用プール外観

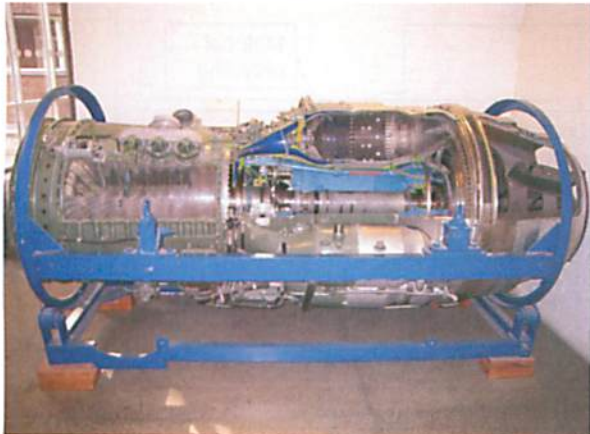


図2.7 寄贈されたジェットエンジン

VOLVO社と共同で、最新のドライビングシミュレータを開発した。このシミュレータを利用して、居眠りなどにより道路からスピアウトするような場合に自動的にシステムが車体を本来の位置に戻すような緊急処理を行う回避アルゴリズムの開発を研究している(図2.9参照)。このシミュレータをマスターコースの実験でも利用している。その他、モーションコントロールの実験や、レゴを活用するロボットを利用して無限大の形状のラインを無駄なく歩行するアルゴリズムを開発する講義などもある。いずれもとてもユニークな講義である。日本の教育にも取り入れると良いものがいくつもあるように思われる。

研究活動では、生産工学科のヨハンソン博士とスクーグ氏の研究内容を調査した。両氏の研究領域は、生産システムのシミュレーションの



図2.8 現実的な生産システムの実験場



図2.9 共同開発のドライビングシミュレータ

研究領域である。

ヨハンソン博士が最近注目している研究として、サステナブル生産の研究がある。従来の生産システムの生産効率の研究のみならず、環境への評価を実施するLCAシミュレーションを開発した(図2.10, 図2.11参照)<sup>5)6)</sup>。ケーススタディとしては、ヨーグルトを生産する工場をターゲットにしている。製品種類の変更により、機械やストッカーなどを洗浄する必要があり水のロス、原材料のロスがある。また、洗浄した水を元に戻すためのエネルギーが必要であり、バッチサイズにより、トレードオフである生産性とエネルギー使用を最適することが可能になりそうであるという結果が報告されている。環境評価としては、NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>, エネルギー、

水のロス、原材料のロス、油のロスなどがある。現在、自動車などの産業用のLCAシミュレーションの開発を目指している。

スクーグ氏の研究内容としては、実生産情報をシミュレーションへ活用する研究を実施している。具体的には、生産システムのモニタリング情報を利用して、機械のMTTR, MTBFなどの統計情報を速やかに生成し、生産システムシミュレーションへその統計情報を利用するシステムを開発している<sup>7)</sup>。VOLVO社のトラックのエンジン組立ラインで実施に適用して、効果を確認した模様。改善プロセスでの生産システムシミュレーションの利用として、有効であると思われる。

また、ヨハンソン博士とスクーグ氏共に、米国

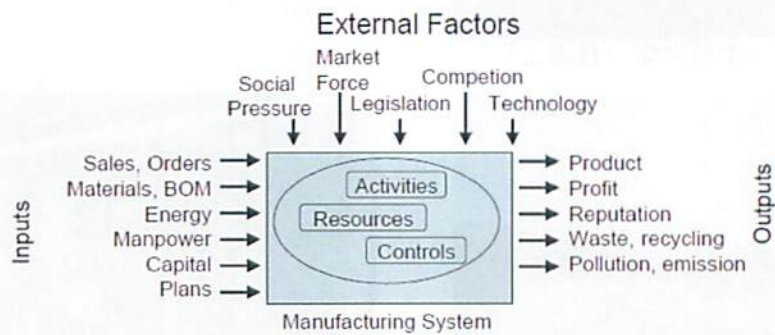


図 2.10 サステナブル生産システムの評価方法(1)

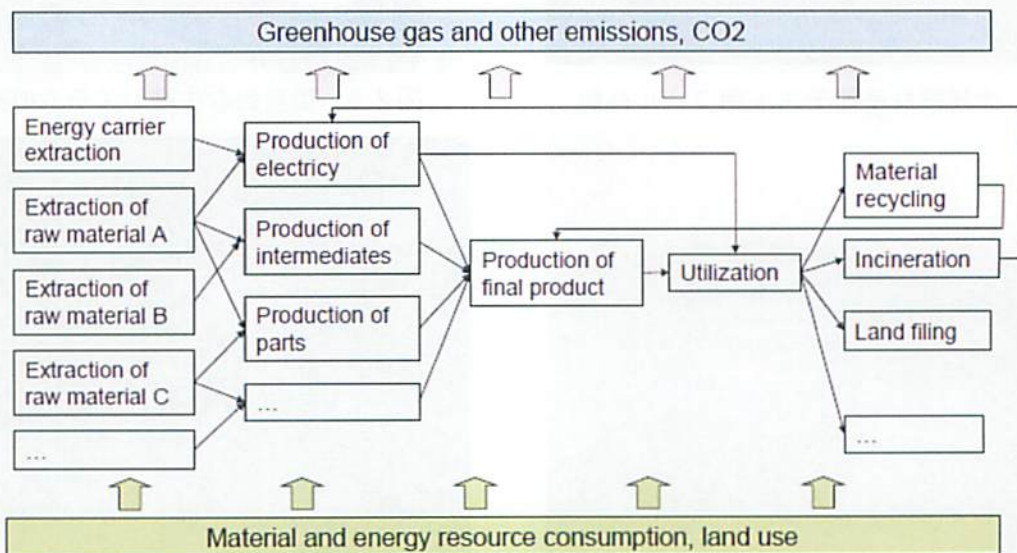


図 2.11 サステナブル生産システムの評価方法(2)

国立研究所のNIST(National Institute of Standards and Technology)との共同研究を積極的に実施している。NISTが2002年から開発に取り組んでいる生産システムシミュレーションの標準モデルのCore Manufacturing Simulation Data (CMSD)の研究グループがいよいよ研究レベルとして一段落し、米国内のシミュレーション技術の標準団体であるSISO(Simulation Interoperability Standards Organizations)標準の獲得に向けて、実際に動き出した。従来、異なる商用の生産システムシミュレータでは、シミュレーションモデルのモデル化手法が異なり、異なるシミュレータ間では情報交換ができない課題があった。この課題に対してNISTが中心となり米国内外の企業、大学、研究機関を束ねるコンソーシアムを結成し、生産システムシミュレーションの標準モデルCMSDを開発していた。ヨハンソン博士とスクーグ氏は、CMSDのボルボ社の塗装ラインへの適用を実施した<sup>8)</sup>。CMSDでモデル化されたデータモデルから商用の生産システムシミュレータのEnterprise Dynamicsのモデルに変換して、ボルボ社の塗装ラインのシミュレーションモデルが作成された旨の説明があった。具体的には、コンベアーモデルとエレベータモデルを利用して、それなりに複雑なモデルが生成可能であった。また、商用の生産システムシミュレータのProModel<sup>9)</sup>とEnterprise Dynamics間をCMSDを利用して、シミュレーションモデルが共有化できるデモが紹介された。テスト段階ではあるが、複雑で大規模な塗装ラインモデルをCMSD情報への自動生成が容易に可能であるとのコメントがあった。

シャルマー工科大学として、2007年から研究全体の方向性をサステナブル生産あるいはサステナブル社会の実現に向ける方向へ戦略的に研究軸を変更した。2.3節でも記したように、欧州では、FP7の重点研究傾向が研究者の研究内容に大きく影響を与えており、注意が必要である。今回訪問した両氏は現在3つの研究プロジェクトを実施しているが、後継のプロジェクト化を模索している。今後、IMSなどの国際研究において、機械振興協会技術研究所と共同の

研究を提案していきたい旨の提案があり、テーマによっては機械振興協会技術研究所として参加する意思があることを伝えた。

## 2.4 MOTEK2008 調査

欧州の生産システムの動向を調査するために、ドイツ・シュツットガルトで開催された組立に関する展示会MOTEKに参加した(図2.12参照)。欧州ではMOTEK以外で、組立に関する展示会はなく、会場は盛況であった。MOTEKでは、SI企業、ロボットなどの設備企業、計測システム企業、ITベンダーなどがブースを構える。MOTEKでは合計8つのホールを利用し、大規模な展示会であった。展示会場はシュツットガルト空港に隣接し、ドイツ鉄道のSバーンの駅にも隣接する。シュツットガルト中央駅からSバーンで30分程度であり、便利なロケーションにある。調査は1日で実施したが、詳細な調査には2日程度の調査が必要と思われる。

MOTEKに参加して、欧州におけるSI企業と製造産業の関係をおおよそ把握したため、整理した。具体的には、欧州ではSI(システムインテグレータ)企業が、設備や設備システムに関する多くのノウハウを保有し、自動車会社などの製造産業の知識は限定的である。自動車会社などの製造産業は、SI企業が設計した設備を導入している。欧州自動車会社などの製造産業の生産システムは、企業間の生産方法などの差が小さく、製品そのものの差が、製造産業の優位差



図 2.12 MOTEK の会場

になる。SI企業は、自社製品をモジュール化して、製品化し、そのモジュールを組み合わせてシステムして導入する。モジュールは、ハードウェアモジュールとソフトウェアモジュールの双方である。モジュール化のメリットは、システム構築の効率化と顧客要求への柔軟な対応である。また、ハードウェアモジュールは、製品IDを持ち、故障時などもメンテナンスには、ID番号で受発注が可能である（例えば図2.13参照）。24時間以内で納品が可能のように、部品をストックして管理している。ソフトウェアの保守に関しては、製造産業の生産システムのネットワークを一時的に開放して、遠隔から保守する場合も多いようである。これはリスクもあるようにも考えられるが、欧州内でも移動の距離が長い場合エンジニアによる現地対応よりも、遠隔保守では数時間で故障から復帰可能であり、

意外と現実的には実施しているようである。製造産業が製造を続けるためには、SI企業のメンテナンスなどの支援が不可欠であり、製造産業は、SI企業の財務内容を把握しているようである。突然の倒産は、製造産業にとっては大きなダメージとなる。SI企業は欧州では多く存在しており、競争が激しい。欧州の自動車産業の最大手のフォルクスワーゲンでさえ、シェアは20%以下であり、1社依存のSI企業は少ない。SI企業は多くの生産システムに携わり、設備や設備システムに関する多くのノウハウを保有する。しかし、そのノウハウは、製造企業1社のみを提供するわけではなく、その他多くの製造企業に提供されることになる。つまり、一度獲得したノウハウは機密保持されることなく、他の製造産業へ移植されていく。また、製造産業のエンジニアも、引き抜きや転職で会社を移りわた



図 2.13 Schnaitthmann 社のモジュール設備

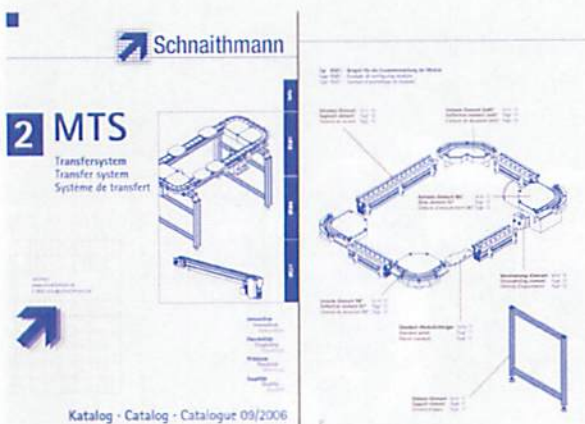


図 2.14 BoschRexroth 社のコンベア



図 2.15 BoschRexroth 社の作業台

る場合が多い。よって、ここでも製造ノウハウは機密保持できない。これらにより、欧州自動車会社などの製造産業の生産システムは、企業間の生産方法などの差が小さくなっていると推察する。

個別企業の動向を次に記す。

まず、ボッシュ社のコンベアやコンテナのモジュールがデファクト標準化しつつあることが分かった。今回の展示では、新しいフリーフォールコンベアが提案された(図2.14参照)。トヨタ生産システム(リーン生産システム)を研究して、ポカよけ用の機能が随所に付加された。また、新しい作業台が開発された。作業台の高さを作業者に合わせて、電動で位置合わせ可能である(図2.15参照)。5人分の位置をメモリーでき、短時間に作業位置を合わせることが可能である。安全性を考慮して、部品スツーカーと作業台間で、位置合わせ中に手を挟まれた場合、センサーで停止する仕組みとなっている。最低構成の価格は1000ユーロである。

次に、平田機工は、タクトタイムを更に短縮するための自動車部品産業向けの設備を公開した。この設備の特徴は、スカラーロボットの移動中に事前にビジョンで次のステーションの位置を計測して、正確な移動量を移動中に計算することで、タクトタイムを少しでも短縮することである。0.2msecの間に計算するため自社で開発したロボットコントローラを利用している。コントローラは、PLCの下階層に構成され、自律的なシステム構成になっている。

次に、KEBA社は、自社の標準ロボットティーチングペンダントを開発した。このロボットティーチングペンダントと各社のロボットとのインターフェースをカスタマイズして、ロボット各社用のロボットティーチングペンダントをOEMで提供している(図2.16, 図2.17参照)。現在、ADEPT社、三菱電機社、ABB社、ジーマンズ社などにOEM提供している。KEBA社の標準ロボットティーチングペンダは、落下保証、防水保証、エルゴノミクス工学による人間指向インターフェースを提供している。デファクト標準化により、おそらく価格もロボット各社による



図 2.16 KEBA 社のブース



図 2.17 KEBA 社のティーチングペンダント

開発よりも安くなると思われる。遠隔からのロボットティーチングペンダの操作やエミュレーション機能も提供している。製造産業にとっては、ロボットティーチングペンダントの標準化は、かねてからの希望だった。KEBA社のロボットティーチングペンダントはデファクト標準化する可能性が高いと推察でき、今後の動向に注目する必要がある。

次回のMOTEXは、2009年9月にドイツ・シュツットガルトで開催が予定されている。

## 第2章の参考文献

- 1) <http://www.ipsj.or.jp/10jigyo/iinkai/IFIP/tc5.html>, (2009).
- 2) Hibino H., et al., Simulation Environment to Minimize Lead-time of Manufacturing Cell Implementation Process Using Real Equipment Interaction, Proceedings of APMS2008, (2008) p257-270.
- 3) <http://www.enterprisedynamics.com/>, (2009).

- 4) <http://www.brookssoftware.jp/products/automod/index.html>, (2009).
- 5) Johansson B., Stahre J., and Tillman A., Discrete Event Simulation with Life Cycle Assessment Data at a Juice Manufacturing System, Proceedings of FOODSIM 2008, (2008), CD-ROM.
- 6) Heilala J., Vatanen S., Montonen J., Tonteri H., Johansson B., Stahre J., and Lind S., Simulation-Based Sustainable Manufacturing System Design, Proceedings of WSC2008, (2008), p1922-1931.
- 7) Skoogh A., and Johansson B., A Methodology for Input Data Management in Discrete Event Simulation Projects, Proceedings of WSC2008, (2008), p1727-1735.
- 8) Johansson M., Leong S., Johansson B., Skoogh A., Riddick F., Klingstam P., Lee T., and Shao G., A Test Implementation of the Core Manufacturing Simulation Data Specification, Proceedings of WSC2007, (2007), CD-ROM.
- 9) <http://www.promodel.com/>(2009).

### 3. ポータル・コラボレーション型 生産支援システムの研究

#### 3.1 まえがき

利益確保のための現場改善や、売り上げ増大を図る製販一体化のためには、安価で、かつ容易に、製造現場の情報連携を図ることができる標準化やオープン化された IT 技術の導入を進めることが重要である。また、2007 年問題などにより、高いスキルを持つ作業者が減少し、技術や技能の伝承が問題となり、その一方で、誰でも工作機械などの工場設備を安全かつ容易に使いこなせるようにするための技術が必要とされている。さらに、特に工作機械などの工場設備の海外輸出比率は高く、そのため、グローバルな拠点間での遠隔運用や保守支援が行える仕組みが求められている。

これらの課題を整理すると、「①標準化やオープン化された IT 技術の導入促進」、「②誰でも工作機械などの工場設備を安全かつ容易に使いこなせるようにするための技術の開発」、および、「③グローバルな拠点間での遠隔運用や保守支援が行える仕組みの開発」の 3 項目となり、①と②に関しては、前身研究<sup>1)2)3)4)5)</sup>により解決を図ってきた。

まず、「①標準化やオープン化された IT 技術の導入促進」に対しては、前身研究<sup>1)2)3)</sup>において、工場内で標準技術と接続する技術開発が立ち遅れていた工作機械に関し、異メーカー、新旧の工作機械を、標準技術の一つである ORiN (Open Resource interface for the Network<sup>6)</sup>) に接続運用する方式を開発し、この成果と関連する標準化団体の相互成果により、標準技術による異メーカー、異機種、新旧機器の情報と、製造実行システムの情報との相互連携が可能な工場内情報連携環境を構築<sup>7)8)9)</sup>した。さらに、本環境を活用し、マルチメディアで機器監視を行う 3-D 表示遠隔監視システム<sup>10)</sup>などの応用システムを提案した。

つぎに、「②誰でも工作機械などの工場設備を安全かつ容易に使いこなせるようにするための技術の開発」に対しては、前身研究<sup>4)5)</sup>において、異メーカー、新・旧工作機械向けに、工作機械内の工具と材料、およびジグなどとの衝突事故を防止する仕組みである「工作機械内衝突防止システム

<sup>11)12)13)</sup>」の手法を提案し、試作システムを開発した。本システムは、ワークや治具などの三次元モデルをあらかじめ作成して、シミュレーションにより衝突を予知するような従来方式では、解決困難であった現場の段取り間違いによる衝突事故に対し、段取り後のワークや治具を三次元レーザスキャナで計測し、その情報と、標準技術により取得した NC 装置の情報とを照合することで、衝突を予知する方式とした。この開発により、誰でも工作機械などの工場設備を安全かつ容易に使いこなせるようにするための一技術が提案できた。

本研究ではさらに、「③グローバルな拠点間での遠隔運用や保守支援が行える仕組みの開発」の課題に取り組む。

従来の遠隔運用支援や遠隔保守支援に関する手法としては、例えば工作機械などの機器メーカーが、インターネットにより、ユーザ企業の工場内の機器の制御装置画面を閲覧しながら保守を行う遠隔保守の仕組みを活用しはじめている。

しかし、この従来方式は、機器メーカー毎に開発しているため、異メーカーの機器が混在する工場への適用が困難である。また、これらは制御装置画面を閲覧する方式が主であるため、機器の姿勢、ワークなどの周辺の状況までは把握できず、故障診断に手間がかかる場合がある。さらに、ユーザやサービス会社が保有する保守説明書、およびユーザが蓄積した保守記録などの分散したドキュメントを管理し、必要に応じて検索して利用する仕組みもあわせて必要である。

さらに、この従来方式は、機器メーカーの保守支援用であるため、機器メーカーと工場との間のコラボレーションに利用が限定されており、例えば工場を持つ企業側の設計拠点と製造拠点との間や、工場と顧客間などのような普段のコラボレーションに用いることができない。

そこで、本研究では、これまでの研究成果を活用した遠隔監視システム、分散したドキュメントを管理・検索するドキュメント管理システム、およびそれらの情報を TV 会議などにより拠点間共有して、遠隔作業支援や遠隔保守支援を行うシステムをポータル・コラボレーション型生産支援システムと呼ぶことにし、本システムの実現手法<sup>14)</sup>



を提案する。特に、本システムは、工作機械などの機器メーカーが導入するシステムではなく、工場を持つ企業自身が導入することを考慮することで、工場を持つ企業の設計拠点と製造拠点間などのような普段のコラボレーション用途にも利用できるようにする。

一方、TV 会議により共有する情報の源である工場側の監視技術、および安全技術のより高い完成度と利便性が求められる。そこで、特に安全技術に着目し、その一つとして前身研究で開発した「工作機械内衝突防止システム」を機能拡張し、自動運転直前に加工シミュレータで NC プログラム全体に対して衝突予知を行う「シミュレータ連携型工作機械内衝突防止システム」などの周辺アプリケーションも開発する。

本研究は、2 カ年計画であり、初年度の平成 20 年度は、ポータル・コラボレーション型生産支援システムのための TV 会議機能を応用したコラボレーション機能などの開発を行った。また、周辺アプリケーションの一つであるシミュレータ連携型工作機械内衝突防止システムの開発も行ったので報告する。さらに、これらの研究成果の普及活動として、JIMTOF2008 などの展示会出展やセミナーなどを開催したのであわせて報告する。

## 3.2 ポータル・コラボレーション型生産支援システム

**3.2.1 背景・目的** 遠隔運用支援や遠隔保守支援に関する従来手法は、前節で述べた通り、機器メーカー毎に開発しているため、異メーカーの機器が混在する工場への適用が困難であったり、機器の周辺状況の把握やドキュメントの取り扱いなどの機能が不十分であったりする。また、機器メーカーと工場間のみならず、工場を持つ企業側の設計拠点と製造拠点間や、工場と顧客間などのような普段のコラボレーションに利用できないなどの課題がある。

そこで、工場を持つ企業や、工場の情報システム化を手がける SIer などからもヒアリングを行った結果、具体的に解決すべき課題として次があった。

### (監視機能の拡充)

- ① 異メーカー、異種、新旧機器への対応
- ② 制御装置の情報のみならず、機器の姿勢、ワークの状態などの機器の周辺情報の取扱い  
(分散する既存ドキュメントや知識の管理)
- ③ ユーザ、サービス会社などで分散して保有するドキュメントの管理
- ④ 機器の状態や、目の前の機器の部位を指し示すことで必要なドキュメントを検索する機能  
(グローバル環境でのコラボレーション機能)
- ⑤ 工場と機器メーカーのみならず、工場と顧客間などのような普段のコラボレーション
- ⑥ 中小企業への導入を考慮し、安価に導入可能であり、かつセキュアに運用可能な仕組み

そこで、図 3.1 に示すような工場側の異メーカー、異機種、新旧機器の情報と、製造実行システムの情報との相互連携が可能な工場内情報連携環境、その環境を用いた遠隔監視・管理システム、インターネット上に分散した機器メーカー、機器のサービス会社、ユーザが保有する個々の機器に関する取扱説明書や保守説明書などを管理活用するドキュメント管理システム、およびこれらの機能を拠点間で相互にコラボレーションをしながら活用する TV 会議システムなどから成るポータル・コラボレーション型生産支援システムを提案し、これらの課題解決を図ることを本研究の目的とした。

**3.2.2 ポータル・コラボレーション型生産支援システムのコンセプト** ポータル・コラボレーション型生産支援システムは、遠隔監視・管理システム、ドキュメント管理システム、および TV 会議システムから構成され、それぞれ次のような特徴を持つ。

まず、遠隔監視・管理システムでは、前身研究の成果である工場内情報連携環境(図 3.2)を活用することで、「①異メーカー、異種、新旧機器への対応」を解決した監視などの応用システムを用いる。また、「②制御装置の情報のみならず、機器の姿勢、ワークの状態などの周辺状況の取扱い」に対しては、同じく前身研究の成果である 3-D 表示遠隔監視システム<sup>10)</sup>(図 3.3)を活用し、文字や数値による制御装置の情報の監視に加え、3-D モデルやカメラ画像による機器の姿勢、ワークの

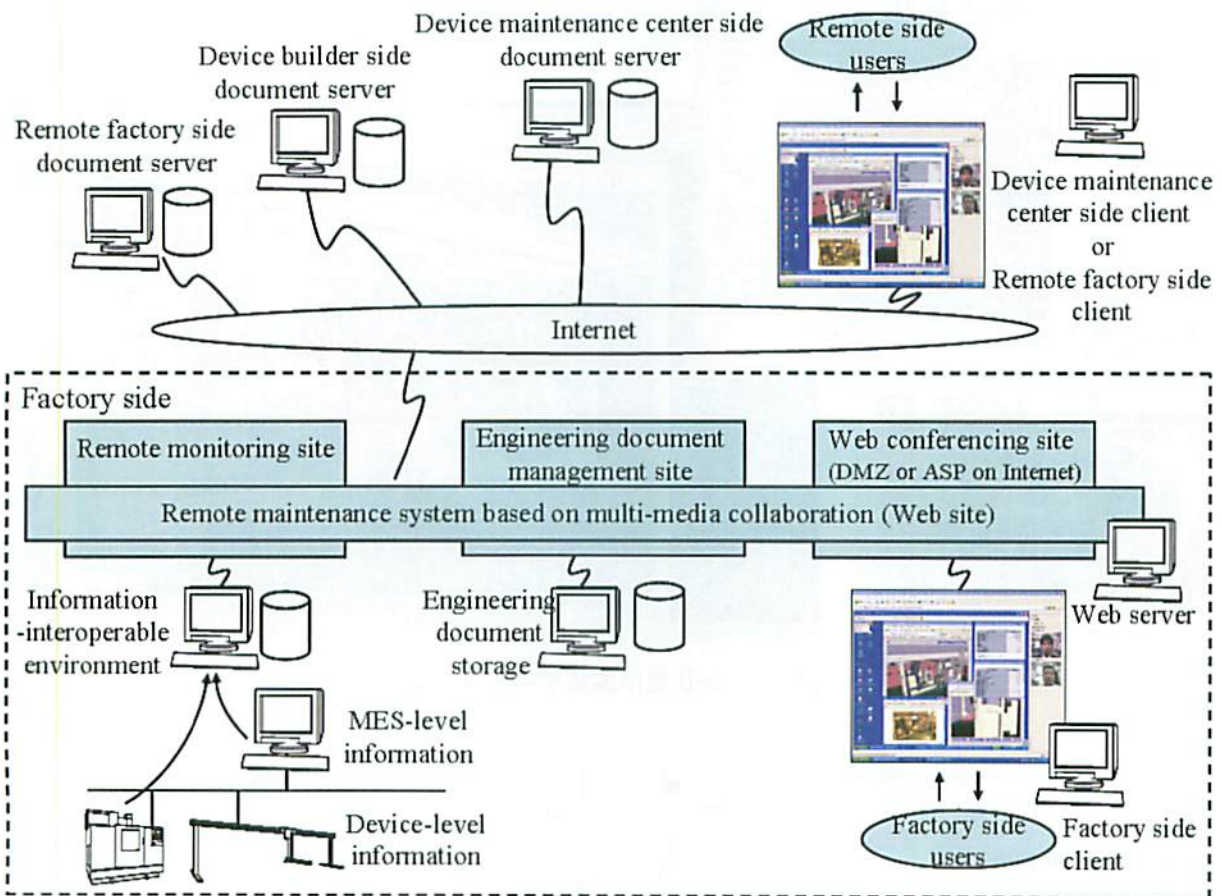


図 3.1 ポータル・コラボレーション型生産支援システムのコネプト

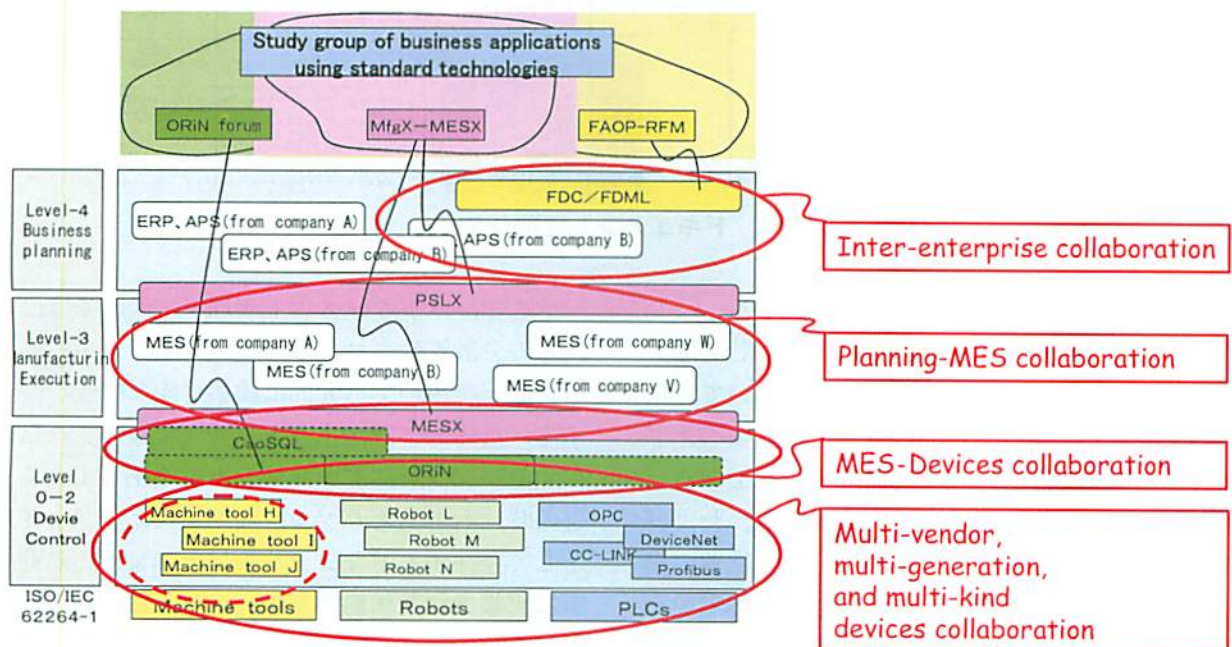


図 3.2 工場内情報連携環境



図 3.3 3-D 表示遠隔監視システム

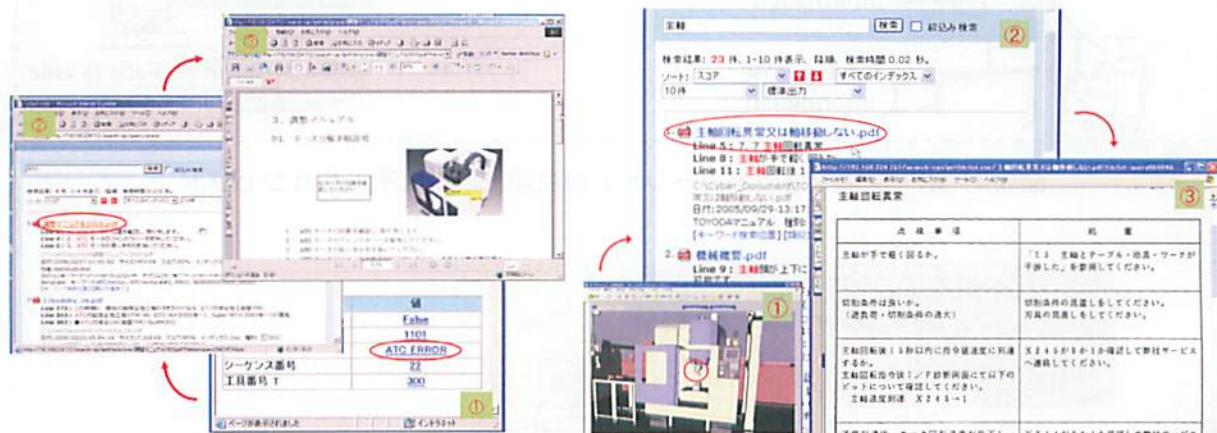


図 3.4 ドキュメント管理システム

状態などの周辺情報の取扱いを可能にする。

つぎに、ドキュメント管理システムとしては、工場を持つ企業内のイントラネットにおいて、企業内で分散して保有されている本来共有すべきドキュメントを管理し、利用可能にすべきである。特に、機器の取扱い説明書、保守説明書、および作業担当者などが作成したメモなどは、機器の操作担当者が管理していて、その担当者が休暇中や出張中であつたり、あるいは退職してしまつたりした場合、見つけ出すのに手間がかかることがよく見受けられる。

そこで、本ドキュメント管理システムでは、これらの分散管理されたドキュメントを、ネットワークなどを用いて一元的に検索可能な機能を提供する。具体的には、ネットワークで接続された散在するパソコンにドキュメントを格納しておく。この時、もともとパソコンなどで扱えるファイルとして存在するドキュメントはそのままの状態、紙に記載された状態のドキュメントについてはスキャナで読み取り、PDF (Portable Document Format) などの形式に変換し、なおかつ OCR (Optical Character Reader) 処理などによりド

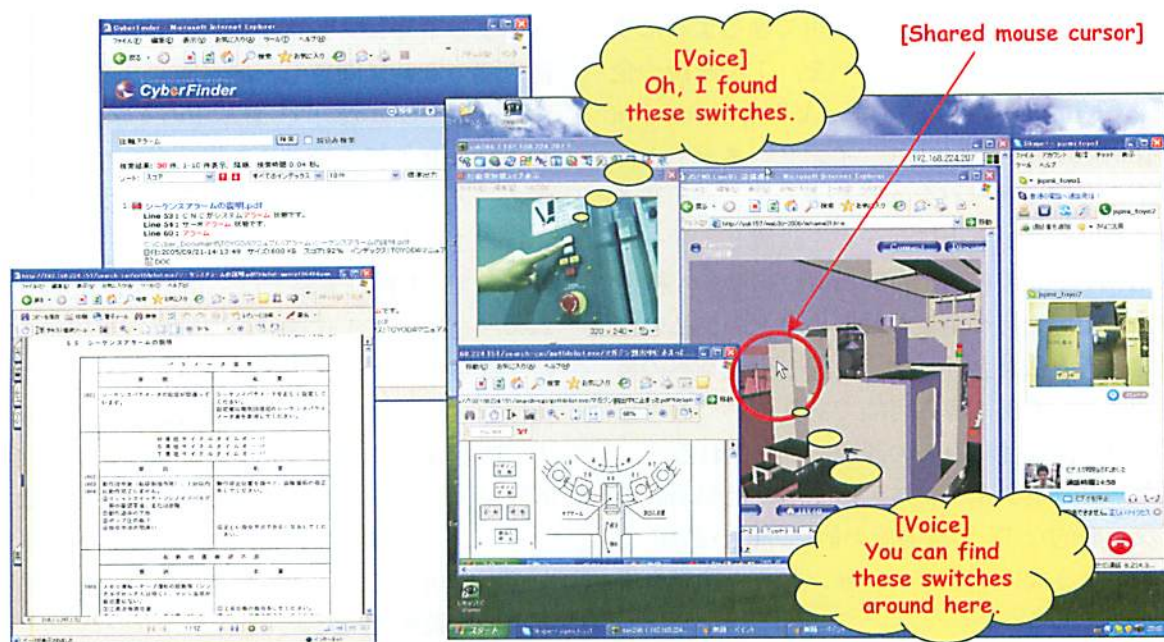


図 3.5 TV 会議システムによる運用例（開発前プロトタイプシステム）

キュメント内の文字を認識させた状態で保管する。さらに、ドキュメント検索のためのサーバパソコンをネットワーク上に置き、市販のドキュメント検索エンジンなどを活用して、分散管理されたドキュメントが所在するパソコンやホルダに、検索のためのリンクを付けておく。さらに、工場のイントラネット内のみならず、機器の保守会社、機器メーカーのサイトなどのインターネット上に分散されたドキュメントサーバともアクセス権限があれば検索対象とする機能などを設ける。これらにより、「③ユーザ、サービス会社などで分散して保有するドキュメントの管理」の課題に対応する。

一方、「④機器の状態や、目の前の機器の部位を指し示すことで必要なドキュメントを検索する機能」の課題に対応するため、ドキュメント検索の際の検索キーは、3-D 表示遠隔監視システムと連携して、監視情報として表示される機器のエラー番号や、3-D モデルとして表示される機器の部位などをマウスクリックすることで関連するドキュメントを検索する機能<sup>14)</sup>などを有する(図 3.4)。

TV 会議システムは、遠隔監視・管理システムによる監視情報、およびドキュメント管理システムによるドキュメント情報などの同一表示画面を、拠点間で同時に閲覧し、拠点間で共通操作可能なマウスカーソルなどで、表示中の文字情報、画像、

および 3-D モデルの部位を指し示しながら会話をすることで遠隔作業支援や遠隔保守支援を行うためのコラボレーション環境を提供する。図 3.5 は、本ポータル・コラボレーション型生産支援システムのコンセプト検討、および予測効果の事前検証のために、TV 会議システムとして、簡易的なフリーソフトである Skype<sup>15)</sup>を用いて構築したプロトタイプシステムによる運用イメージを示したものである。ただし、Skype は、TV 会議システムとして、双方の顔を写す程度の画像送受信と、会話を行うための音声送受信機能を有するが、監視情報などの表示画面を、遠隔拠点間で同時に閲覧するためのアプリケーション共有機能がないため、Ultr@VNC<sup>16)</sup>も併用している。

本プロトタイプシステムは暫定的な仕組みとしたが、実際のポータル・コラボレーション型生産支援システムにおける TV 会議システムは、2 者間のみならず、複数の作業員間でのコラボレーションも可能とするため、サーバ/クライアント形式のシステム構成とする。さらに、「⑤工場と機器メーカーのみならず、工場と顧客間などのような普段のコラボレーション」の課題に対応するため、本 TV 会議システムは、工作機械などの機器メーカーが導入するシステムではなく、工場を持つ企業側が、設計拠点と製造拠点との間などのような普段

のコラボレーション用途にも利用できるような必要がある。そこで、サーバを、工場を持つ企業側に設置するか、または、ASP(Application Service Provider)型として、インターネット上に設置する。特にサーバをASP型として、ASP業者等がインターネット上にサーバを設置し、サーバ側にVPN(Virtual Private Network)のサーバ機能を設け、工場を持つ企業が月極めなどの支払いで利用できる方法がとれば、「⑥中小企業への導入を考慮し、安価に導入可能であり、かつセキュアに運用可能な仕組み」の課題解決も図れる。

また、プロトタイプシステムで用いたSkypeのような一般的なTV会議機能の他に、Ultr@VNCで実現したようなアプリケーション共有の機能も併せて必要である。

**3.2.3 予測効果の事前検証** 提案するコンセプトに基づくポータル・コラボレーション型生産支援システムについて、全体システムの作り込みに着手する前にシステムの効果を事前予測するため、検証実験を行った。本ポータル・コラボレーション型生産支援システムは、TV会議によるコラボレーションにおいて、遠隔監視・管理システムによる監視情報、およびドキュメント管理システム

によるドキュメント情報などの同一表示画面を、拠点間で同時に閲覧し、拠点間で共通操作可能なマウスカーソルなどで、表示中の文字情報、画像、および3-Dモデルの部位を指し示しながら会話をすることで遠隔作業支援や遠隔保守支援を効率良く行うことを特長としている。

そこで、本検証実験では、市販のTV会議システムのみを用いて工作機械の遠隔保守支援する方式と、提案するポータル・コラボレーション型生産支援システムのように、TV会議システムのみならず、TV会議によるコラボレーションにおいて、遠隔監視・管理システムによる監視情報、およびドキュメント管理システムによるドキュメント情報なども併用して工作機械の遠隔保守支援をする方式との比較を行った。

検証方法としては、例えば保守支援の場合、両システムを用いて、工作機械メーカーの保守担当者が、遠隔の工場内ユーザに対して、保守作業の手順を、通信回線を介して説明し、保守支援の際の作業性を比較するのが望ましい。しかし、実際の工場に実験環境を持ち込むのはユーザに多くの負担を強いる。そこで、本実験では、教示が必要な保守作業の手順が、ユーザにとって未経験であることが多いことに着目し、被験者を工作機械の

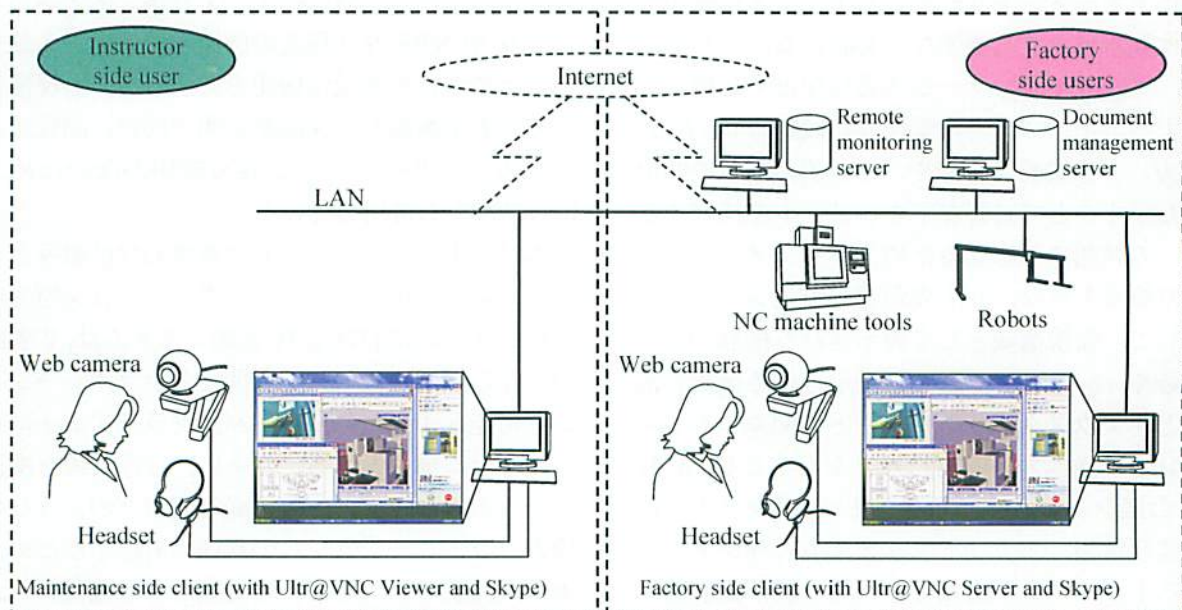


図 3.6 事前検証におけるシステム構成



図 3.7 ATC マガジンの手動操作の様子

操作の予備知識がない人として、実験シナリオを工作機械の通常の操作支援とした。

評価方法は、被験者が実験シナリオの作業を行う時間を測定して比較することとした。また、実験中の作業は録画・録音されるので、作業時間と

会話数との関係も分析可能である。

実験システムの構成としては、図 3.6 に示すように、保守担当者サイドには作業教示者、工場内ユーザサイドには作業遂行者を一人ずつ配置して、相互をネットワークで接続する。この構成に対し、工作機械メーカーなどで実用化済みの TV 会議システムのみを使用する。一方、本システムによる保守支援方式では、これに加え、遠隔監視システムおよびドキュメント管理システムも併用する。

前述の検証実験の方法による検証実験を実施した。本動作検証では、工作機械の工具がセットされた ATC(Automatic Tool Changer)マガジンが正常に動くことを確認するための手動操作を被験者にしてもらった(図 3.7)。被験者は、20 代前半が 2 名、後半が 1 名、30 代前半が 2 名、後半が 2 名、40 代前半が 3 名、後半が 1 名、50 代後半が 1 名であり、性別は男性 9 名、女性 3 名の計 12 名を選定した。また、実験システムでは、遠隔監視システム、ドキュメント管理システムの情報を拠点間で相互にコラボレーションをしながら活用する基本的な仕組みに UltraVNC を活用した。さらに、機器の状態を Web カメラにより映像化して、その映像を見ながら音声による通話が可能な Skype を活用した。

本動作検証で得られたデータを分析したところ、表 3.1 に示す通り、提案するシステムによる

表 3.1 検証実験結果

Testee			Conventional system	Testee			Proposed system
Name	Sex & Age	Time (sec)	Time (sec)	Name	Sex & Age	Time (sec)	Time (sec)
A	Male, first half of 40	114		U	Male, first half of 20	81	
B	Male, first half of 20	144		V	Male, second half of 40	91	
C	Male, first half of 40	151		W	Male, first half of 30	109	
D	Male, second half of 30	160		X	Male, second half of 30	111	
E	Female, first half of 40	178		Y	Male, second half of 50	157	
F	Female, second half of 20	202		Z	Female, first half of 30	169	
Average time		158.17		Average time		119.67	
Time ratio		1.00		Time ratio		0.76	

Operation time with conventional system

Operation time with the proposed system

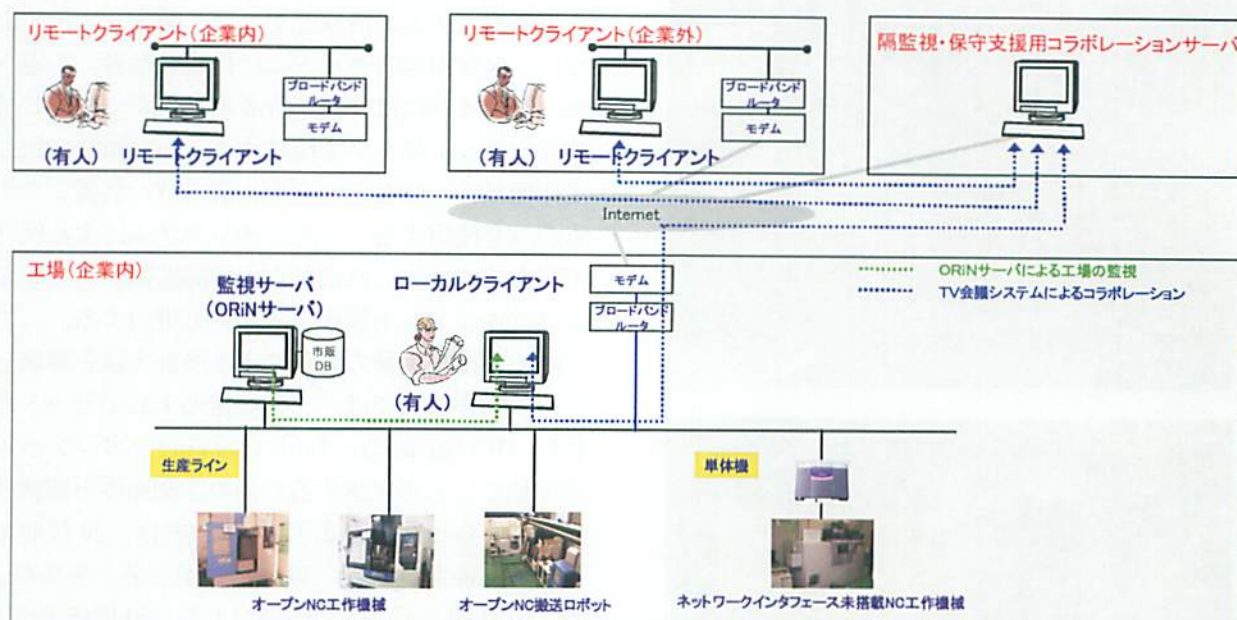


図 3.8 イン트라ネット／エクストラネットにおける分散有人拠点間のコラボレーション

方式の方が、作業時間を約 24%削減できた。さらに、双方が少ない会話数での確な指示を出し、その指示を遂行していることも確認した。

また、各被験者にヒアリングしたところ、全ての被験者から、提案するシステムによる保守支援の方式の方が、故障箇所や作業手順の確認がスムーズに行え、作業指示を的確に遂行できるなどの回答を得た。これにより、提案するコンセプトに基づくポータル・コラボレーション型生産支援システムの有用性が期待できることを確認した。

### 3.2.4 遠隔監視・保守支援用コラボレーション機能の開発

3.2.1 項で示したコンセプトに基づく、ポータル・コラボレーション型生産支援システムを実現する上で、構成要素である遠隔監視・管理システム、ドキュメント管理システム、および TV 会議システムの 3 つのうち、特に、TV 会議システムについて、遠隔監視・保守支援用コラボレーション機能と呼ぶことにして、本機能の試作開発を行った。ここでは、本遠隔監視・保守支援用コラボレーション機能に関する機能要件、機能要件を実現するためのシステム構成、および本機能の試作開発結果を述べる。

#### (1) 機能要件

本遠隔監視・保守支援用コラボレーション機能の要件を検討する上で、次の 3 つの想定ユースケースを網羅するように配慮した。

- ① イン트라ネット／エクストラネットにおける分散有人拠点間のコラボレーション
- ② イン트라ネット／エクストラネットにおけるリモート有人端末と、ウェアラブルコンピュータを装着した有人現場作業者とのコラボレーション
- ③ リモート有人拠点から、工場内の無人拠点の監視・操作

①の「イン트라ネット／エクストラネットにおける分散有人拠点間のコラボレーション」は、例えば、図 3.8 に示すように、工場と設計部門との場所が離れている場合で、図面や仕掛製品などの現物を相互に見ながら急な設計変更や製造方法に関する打合せを行うような場合を想定している。この場合、図面は必ずしも CAD データのようにデジタルデータとして共有するのではなく、紙の図面に、手書きで注釈が記入されたものや、仕掛製品も 3-D モデルではなく、製品現物などを高画質な画像として扱い、拠点間で同じビューで閲覧し

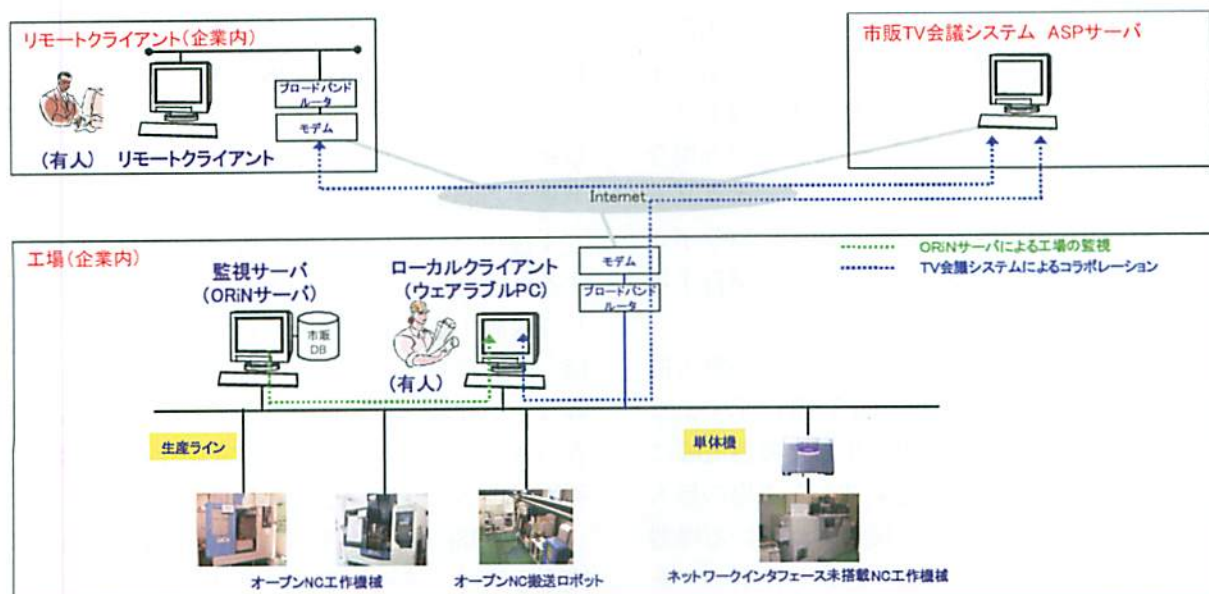


図 3.9 リモート有人端末と、ウェアラブルコンピュータ装着の現場作業者とのコラボレーション

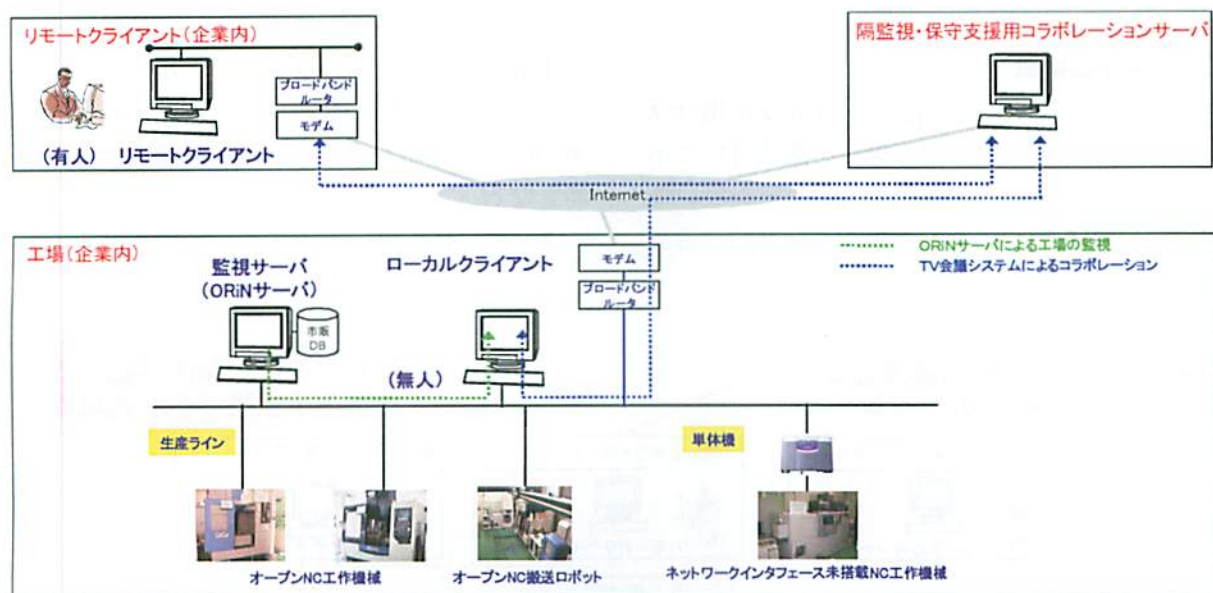


図 3.10 リモート有人拠点から、工場内の無人拠点の監視・操作

たり、相互に指し示したりすることができる機能が必要である。また、場合によっては工場を持つ企業の顧客と直接会話する場面も考えられるため、エクストラネットでの利用を考慮して、時限的にコラボレーションに参加可能となるアカウントを発行する機能も必要である。

②の「イントラネット/エクストラネットにおけるリモート有人端末と、ウェアラブルコンピュータを装着した有人現場作業者とのコラボレーション」は、例えば、図 3.9 に示すように、工場に

居る現場作業者に対し、遠隔拠点から、現場の機器の画像と、対応する 3-D 表示遠隔監視システムの 3-D モデルや機器の状態情報、およびドキュメント管理システムからの取扱説明書や保守説明書などのドキュメントを双方で、同じ画面を、同じビューで閲覧したり、相互に指し示したりすることができる機能が必要である。この際、現場側の作業者は、作業性を考慮し、ウェアラブルコンピュータを装着してコラボレーションをしている可能性もあるため、工場現場側の操作を極力少なく



ても済むような仕組みとするべきである。また、場合によっては、工場を持つ企業内のイントラネットでの利用の他、工場の現場作業者と機器メーカーのサービス部門とコラボレーションを行う場合も考えられるため、①の場合と同様に、エクストラネットでの利用を考慮して、時限的にコラボレーションに参加可能となるアカウントを発行する機能も必要である。

③の「リモート有人拠点から、工場内の無人拠点の監視・操作」は、例えば、図 3.10 に示すように、夜間無人運転中の工場で発生した機器故障に対応し、例えば自宅などの遠隔地から工場の無人端末に接続し、工場内 LAN に接続されている機器の状態監視を行うような場面を想定したものであり、無人端末に対して、パスワードなどの入力により、セキュアに遠隔監視を行うことができるようにする機能が必要である。

## (2) システム構成

機能要件に基づく、遠隔監視・保守支援用コラボレーション機能のシステム構成を図 3.11 に示す。本遠隔監視・保守支援用コラボレーション機能では、工場を持つ企業の工場や設計部門、営業

部門などのイントラネットの環境下にある複数の拠点のみならず、顧客や機器メーカーなどのようなエクストラネット環境下の拠点も含め、同時に複数拠点が参加したコラボレーションを行うことを考慮する必要がある。そのため、本遠隔監視・保守支援用コラボレーション機能のサービスを提供するサーバは、インターネット上に ASP サーバとして設置する。ASP サーバとすることで、工場を持つ企業自身がこのサーバを設置しても、ASP 業者などが設置しても良い。後者の場合は、ASP 業者が賃貸することで、工場が安価な月極め契約で利用できるようにすることも可能である。

また、ASP サーバ側には、必要に応じて VPN の機能を設け、接続する各拠点は、VPN のソフトウェアクライアントを用いて ASP サーバと接続することで、セキュアな接続環境を提供する。この各拠点で VPN のソフトウェアクライアントを用いることにより、各拠点のインターネット接続環境に VPN ルータなどの特別な装置を設けなくてもよく、結果的に安価なインターネット接続環境でも利用可能となる。

さらに、ASP サーバ上の遠隔監視・保守支援用

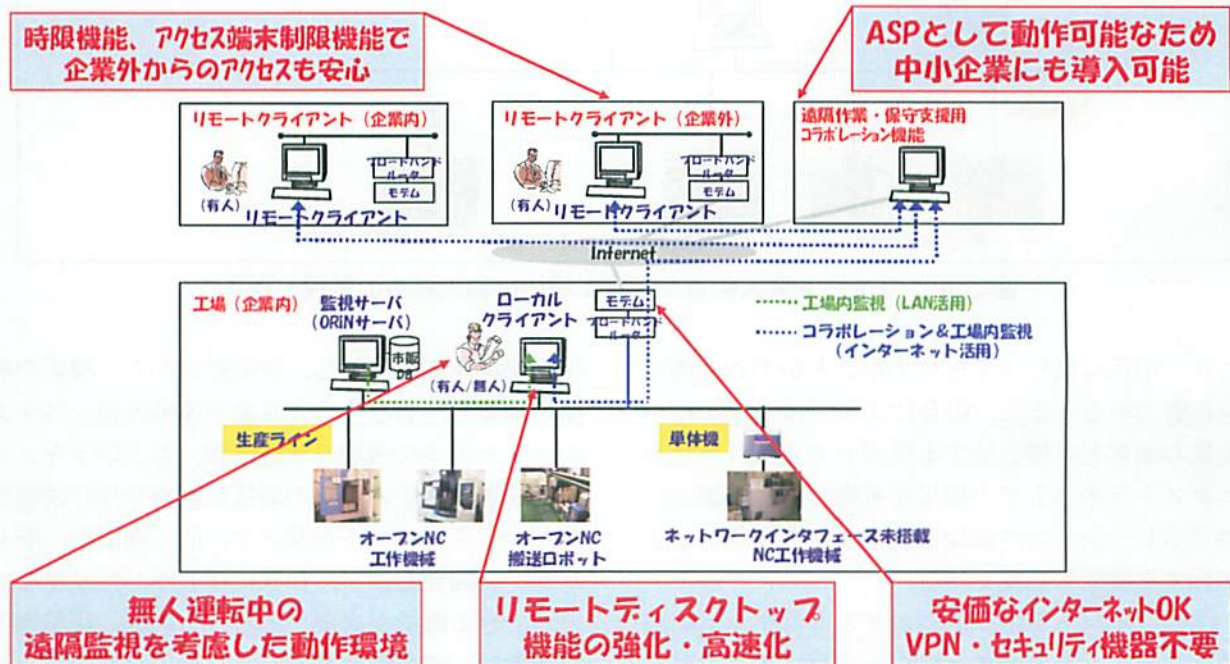


図 3.11 遠隔監視・保守支援用コラボレーション機能のシステム構成

コラボレーション機能に、機能要件で示したエクストラネットでの利用を考慮して、時限的にコラボレーションに参加可能となるアカウントを発行する機能を設ける。また、紙の図面や、製品現物などを高画質な画像として扱い、拠点間で同じビューで閲覧したり、相互に指し示したりすることができる機能として、高機能なアプリケーション共有機能を盛り込む。さらに、遠隔地から工場の無人端末に接続し、工場内LANに接続されている機器の状態監視を行うような場面を想定し、無人端末に対して、パスワードなどの入力により、セキュアに遠隔監視を行うことができるようにする機能も合わせて準備する。

### (3) 試作開発結果

システム構成で示した遠隔監視・保守支援用コラボレーション機能の試作開発を行った。試作したシステムは、ASPサーバで動作するサーバソフトウェアと、有人、または無人のパソコンで操作するクライアントソフトウェアから成る。

利用者から見ると、図 3.12 に示すように、すべてクライアントソフトウェアを用いて操作を行うが、クライアントソフトウェアには、管理アプリケーション、ターミナルセッティングアプリケーション、プレゼンスアプリケーション、および

ミーティングアプリケーションの4つのアプリケーションがある。

まず、管理アプリケーションについて述べる。本遠隔監視・保守支援用コラボレーション機能では、利用者間や、利用者と無人監視を許諾するパソコン間のアクセス制限を行うためのルールを構成するため、メンバ、グループ、端末、および会議室という概念がある。管理アプリケーションは、これらの入力、変更、削除などの機能があり、通常は本システム全体を管理する管理者が用いる。

図 3.13～図 3.17 は、管理アプリケーションの表示例を示している。メンバとは、クライアントにおける本遠隔監視・保守支援用コラボレーション機能の利用者に対応した個人特定用の名前である。利用者は、運用上、複数の名前を持って良いし、また、1つの名前を複数の利用者が利用して構わない。端末とは、メンバが、遠隔監視などの目的で、遠隔から閲覧するパソコンなどに付加する名前であり、閲覧のみならず、遠隔操作もされて良いかどうかも指定可能である。グループは、メンバ、および端末に付加する属性であり、会議や端末の遠隔監視などを行う場合、メンバ、および端末は同じグループに属している必要がある。会議室は、複数のメンバが会議を行う場合の空間の概

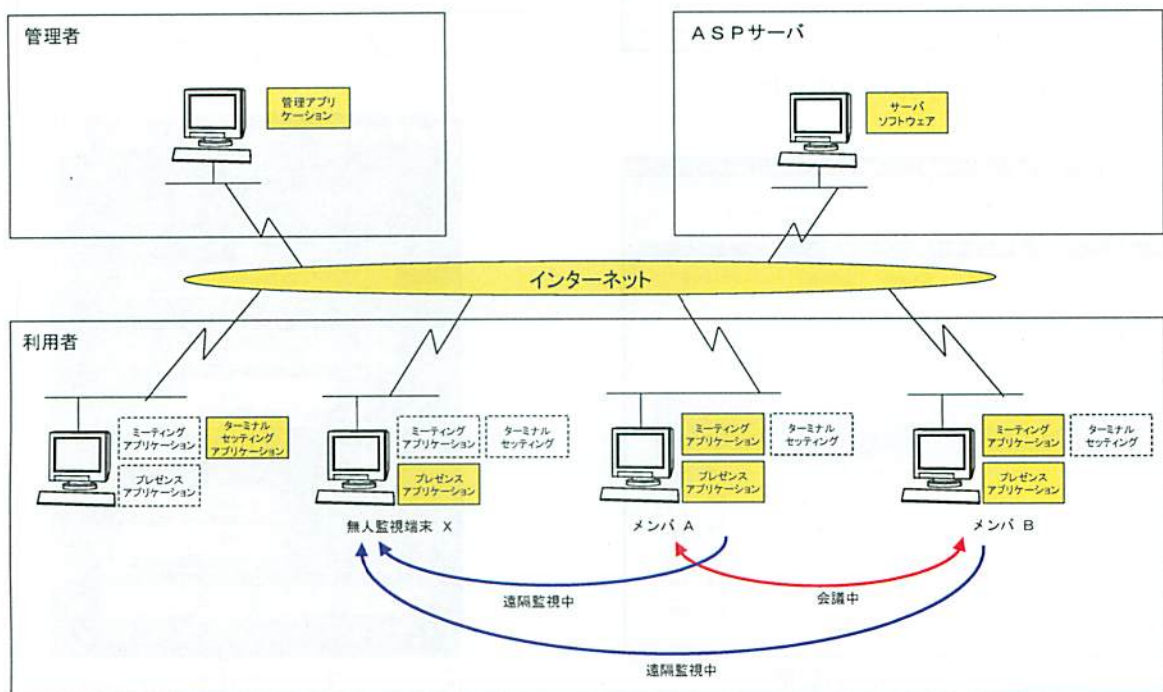


図 3.12 アプリケーションの構成

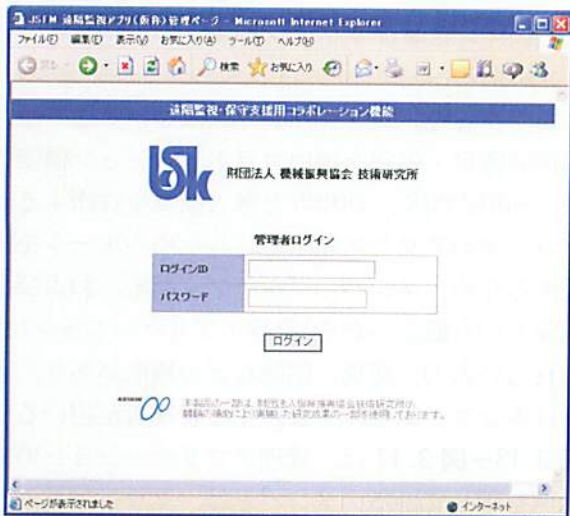


図 3.13 管理アプリケーションのログイン

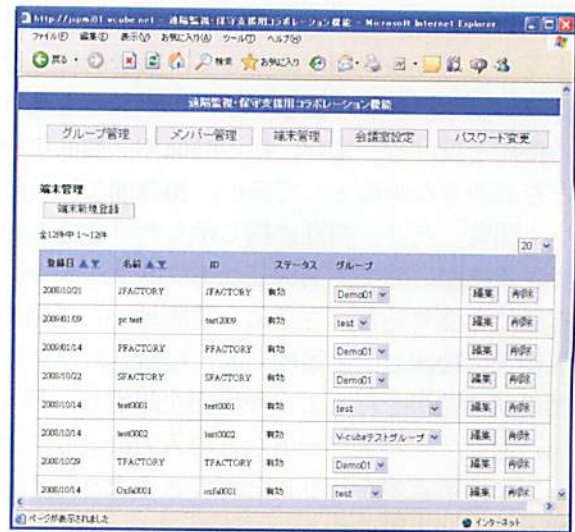


図 3.16 端末の管理



図 3.14 グループの管理

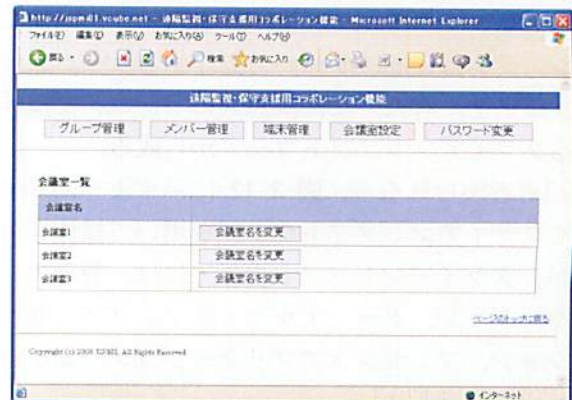


図 3.17 会議室の管理



図 3.15 メンバの管理

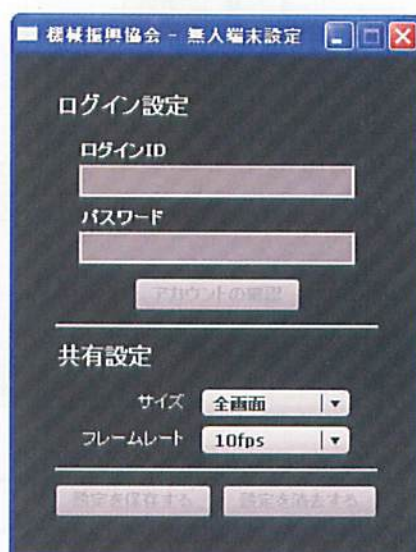


図 3.18 ターミナルセッティング



図 3.19 プレゼンスアプリケーションのログイン画面

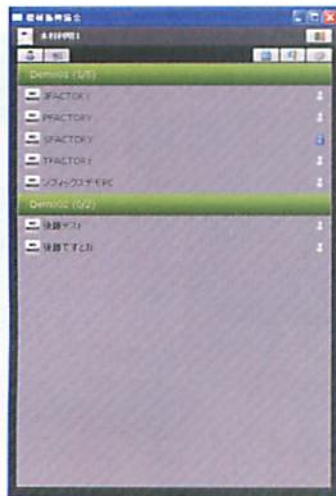


図 3.20 遠隔監視可能な同一グループに属する端末の表示例



図 3.21 会議が可能なログイン中の同一グループに属するメンバーの表示例

念であり、メンバー同士は、同一の会議室に入室しないと会話ができない。

つぎに、ターミナルセッティングアプリケーションについて述べる。ターミナルセッティングアプリケーションは、パソコンで操作し、そのパソコンに対して、管理アプリケーションが端末として管理することを許諾させ、端末登録の際に、遠隔操作を許可しておけば、遠隔操作も可能になる。

さらに、プレゼンスアプリケーションについて述べる。プレゼンスアプリケーションは、パソコンなどで起動して用いるアプリケーションであり、起動すると図 3.19 のような起動画面が表示される。メンバーとしてログインすれば、そのメンバーが属したグループの端末の選択や会議室への入室が可能となる。図 3.20 は、ログイン後の遠隔監視可能な同一グループに属する端末の表示例を示しており、図 3.21 は、同じくログイン後の会議が可能なログイン中の同一グループに属するメンバーの一覧を示している。また、パソコンが前述のターミナルセッティングアプリケーションにより端末として割付けられていて、プレゼンスアプリケーションを起動し、ログインしない状態であると、そのパソコンの画面は、同一グループのメンバーから選択により遠隔からの監視や操作が可能になる。

また、ミーティングアプリケーションについて述べる。ミーティングアプリケーションは、図 3.22 のように、会議が可能なログイン中の同一グループに属するメンバーの一覧から、会議に招待したいメンバーをクリックする場合と、図 3.23 のように会議中の会議室をクリックして会議室に入室を求める方法との 2 通りがある。これらの操作により開始された会議中の画面例を図 2.24 に示す。

また、ミーティングアプリケーション起動中は、あるメンバーが使用しているパソコンの画面全体、あるいは一部を、会議に参加しているその他のメンバー全員のパソコンの画面中に別ウィンドウを開いて表示し、さらにマウスやキーボード入力などの操作権を特定のメンバーに与えるような画面共有の機能を提供する。図 3.25 は、画面共有の表示例を示している。また、同じくミーティングアプリケーション起動中は、あるメンバーが使用しているパソコンの画面全体、あるいは一部を、画面共有



図 3.22 他のメンバを会議に招待している例

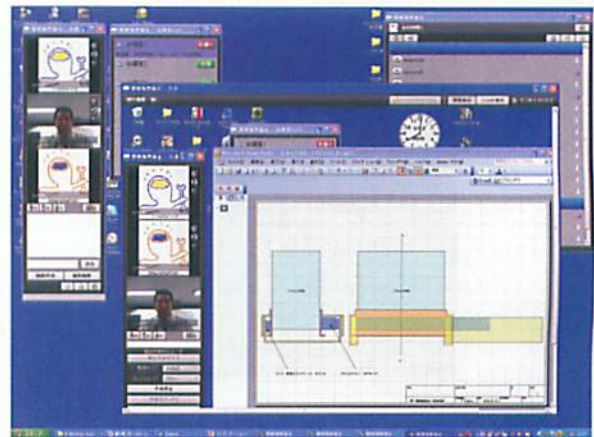


図 3.25 画面共有の例



図 3.23 自分が会議室に入室する例



図 3.26 紙の図面を写して共有しているメンバのパソコン



図 3.24 会議中画面例

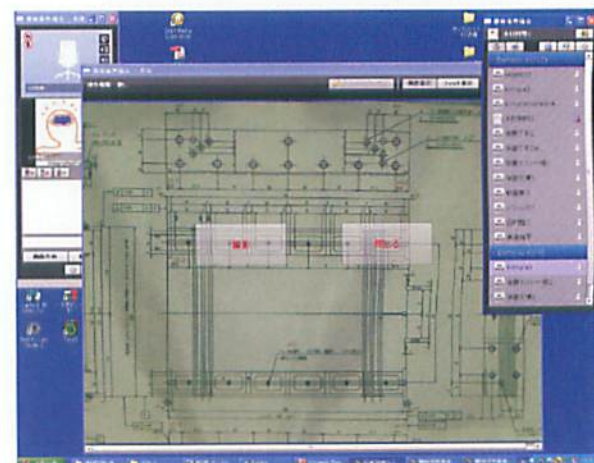


図 3.27 別のメンバが共有された紙の図面を表示している例

する代わりに、無人の端末の画面を、会議に参加しているメンバ全員のパソコンの画面中に別ウィンドウを開いて表示して、無人拠点の遠隔監視をしながらの会議も可能である。この共有画面に、遠隔監視・管理システムにおける3-D表示遠隔監視システムの文字や数値による制御装置の情報、3Dモデルやカメラ画像による機器の姿勢、ワークの状態などの周辺情報、およびドキュメント管理システムのドキュメント情報などを表示しながら会話を行うことで、遠隔作業支援・遠隔保守支援が可能となる。特に、このミーティングアプリケーションが扱う画像については、手元にある紙の図面などの他、微細な部品から比較的広範囲な機械の様子など、さまざまな視野でさまざまな拡大率で画像を取り扱えるように、200万画素(1600×1200)程度のオートフォーカスカメラまで対応することができる。ただし、高画質にした場合、インターネットの通信帯域を必要とするため、その場合は、静止画を撮影して、本システムのサーバにアップロードして、会議に参加しているメンバが互いに閲覧するような機能も有する。この利用場面の一例として、高画質カメラを使用して、手書き注釈が記載された紙の図面を画面共有しているメンバのパソコンの様子を図3.26に、他のメンバがインターネット経由で別のパソコンでこの

共有画面を閲覧している様子を図3.27に示す。

### 3.2.5 現場端末用ハンズフリー型コンピュータの開発

本ポータル・コラボレーション型生産支援システムを活用し、遠隔作業支援や遠隔保守支援を行う際に、工場の作業者が使用する現場端末であるハンズフリー型コンピュータを開発した。

本ハンズフリー型コンピュータの開発にあたり、開発の動機となった課題は次のようである。現在の遠隔保守で用いられる従来型現場端末は、ウェアラブルコンピュータであることが主である。具体的には、ウェアラブルコンピュータ本体に、ヘッドマウントディスプレイ、トラックボール、イヤホン、マイクロフォン、およびCCDカメラなどを接続し、ウエストポーチなどに挿入して装着し作業を行う。これにより、装着時の重量負担や、ウェアラブルコンピュータと通常工場内の有線LANとの接続に無線LANを用いることが多いことから、無線LANの通信速度がシステム全体の処理速度のボトルネックになるなどの課題がある。

そこで、提案するハンズフリー型コンピュータは、パソコン本体を工場内の有線LANに接続することで、通信を伴う処理速度を向上させ、さらに、ヘッドマウントディスプレイなどの装着部のみで現場端末を構成することで重量負荷の課題解決を

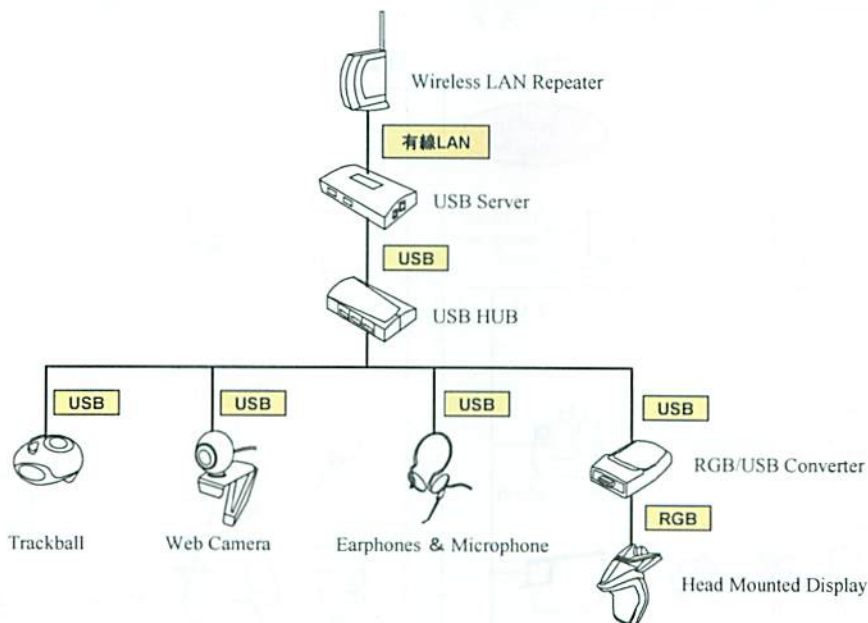


図3.28 ハンズフリーコンピュータの構成



ダウンロードを想定し、工場内 LAN に接続されている他のノードからファイル転送を伴うアプリケーション動作の速度測定を行った。また、この測定実験結果を比較評価するため、ファイル転送を伴わないアプリケーション動作の速度測定も行った。さらに、大手電機メーカーの市販されている現場支援端末とハンズフリー型コンピュータの重量測定を行った。

動作検証における機器構成は、工場内の機器やドキュメントサーバなどを LAN で接続する。この構成に対し、従来型現場端末では、図 3.29 左に示すように、LAN 上に無線 LAN を設置し、現場作業者は従来型現場端末を使用する。一方、本ハンズフリー型コンピュータでは、図 3.29 右に示すように、LAN 上に無線 LAN リピータを設置し、現場作業者は本ハンズフリー型コンピュータを使用する。

本動作検証の結果、ファイル転送を伴うケースでは、本ハンズフリー型コンピュータは、従来型現場端末に比べ、約 39% の応答速度の時間短縮を確認した。しかし、ファイル転送を伴わないケースでは、逆に約 25% の時間を多く要していることを確認した。また、重量測定で得られたデータを分析したところ、本体部においては、本ハンズフリー型コンピュータは従来型現場端末に比べ、約 11% の重量軽減を確認した。しかし、バッテリー部においては、約 209% の重量を多く要していることを確認した。これにより、本ハンズフリー型コンピュータは、ポータル・コラボレーション型生産支援システムのように、ファイル転送を伴うアプリケーションには有効であるが、逆にファイル転送を伴わないアプリケーションには不向きであることが分かった。また、重量については、本体部の重量軽減は可能であったが、バッテリー部については、更なる改良が必要である。

**3.2.6 デモンストレーション** ポータル・コラボレーション型生産支援システムの構成要素として開発した遠隔監視・保守支援用コラボレーション機能、およびハンズフリー型コンピュータは、今後更に完成度を高め、実用化を目指す予定であり、その前段として、ユーザでの試験導入を行いたいと考える。そのための事前広報の場として、

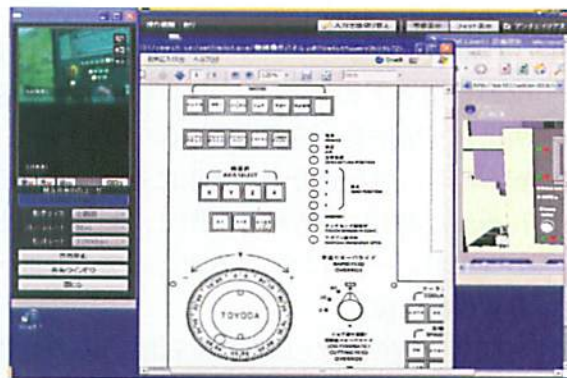


図 3.30 遠隔作業・保守支援のデモンストレーション動画の場面例

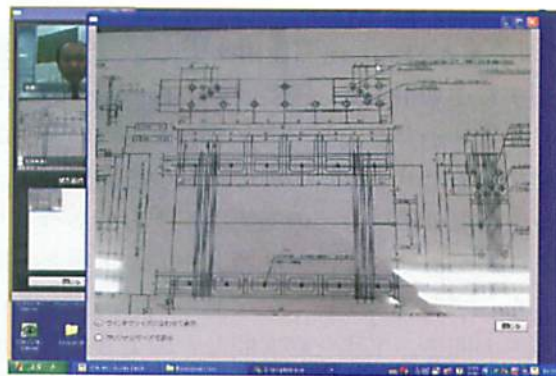


図 3.31 分散・協調作業支援のデモンストレーション動画の場面例



図 3.32 遠隔監視・操作のデモンストレーション動画の場面例

平成 20 年度は、平成 20 年 10 月 30 日(木)～11 月 4 日(火)に、東京ビッグサイトにて、第 24 回日本国際工作機械見本市 (JIMTOF2008) が開催されるため、そこでの出展に向けてデモンストレーション用の動画キャプチャを作成した。

具体的には、次の 3 つの想定場面のデモンスト



レーション動画を作成した。

- (1) 工作機械メーカーのサービス部門と、ユーザ工場の作業者とのコラボレーションによる遠隔保守支援作業（遠隔作業・保守支援）
- (2) 顧客からの急な設計変更要求に対し、それぞれ離れた場所にある設計部門と、製造部門とのコラボレーションによる対応作業（分散・協調作業支援）
- (3) 夜間無人運転中の工場の遠隔地からの監視（遠隔監視・操作）

(1)～(3)のデモンストレーション動画のそれぞれ一場面例を、図 3.30～図 3.32 に示す。

**3.2.7 まとめ** 遠隔運用支援や遠隔保守支援に関する従来手法は、機器メーカー毎に開発されており、異メーカーの機器が混在する工場への適用が困難であったり、機器の周辺状況の把握やドキュメントの取り扱いなどの機能が不十分であったりする課題がある。また、機器メーカーと工場との間のみならず、工場を持つ企業側の設計拠点と製造拠点との間や、工場と顧客間などのような普段のコラボレーションに利用できないなどの課題もある。

そこで、本報では、本課題解決を目指す、ポータル・コラボレーション型生産支援システムのコンセプトを提案した。具体的に本システムは、工場側の異メーカー、異機種、新旧機器の情報と、製造実行システムの情報との相互連携が可能な工場内情報連携環境、その環境を用いた遠隔監視・管理システム、インターネット上に分散した機器メーカー、機器のサービス会社、ユーザが保有する個々の機器に関する取扱説明書や保守説明書などを管理活用するドキュメント管理システム、およびこれらの機能を拠点間で相互にコラボレーションをしながら活用するTV会議システムなどから成る。

また、本システムの効果について、全体システムの作り込みに着手する前に実施した予測効果の検証実験結果を報告した。本検証実験では、市販のTV会議システムのみを用いた遠隔運用保守支援方式と、本提案方式のように、TV会議システムのみならず、TV会議によるコラボレーションにおいて、遠隔監視・管理システムによる監視情報、

およびドキュメント管理システムによるドキュメント情報なども併用して工作機械の遠隔保守支援する方式との比較を行った。実験は、工作機械操作経験の無い被験者に対し、遠隔運用支援を行いながら工作機械の工具がセットされたATCマガジンが正常に動くことを確認するための手動操作をしてもらう場合の作業時間を比較した。実験の結果、提案する遠隔運用保守支援方式が、従来方式に比べて、約24%の時間短縮効果が期待できることが分かった。

本期待効果を踏まえ、本システムの構成要素の一つであるTV会議システムについて、遠隔監視・保守支援用コラボレーション機能と呼ぶことにし、本機能の試作開発を行った。この機能開発により、次の3つの用途に対応可能なコラボレーションの仕組みが構築できた。

- ① イン트라ネット/エクストラネットにおける分散有人拠点間のコラボレーション
- ② イン트라ネット/エクストラネットにおけるリモート有人端末と、ウェアラブルコンピュータを装着した有人現場作業者とのコラボレーション
- ③ リモート有人拠点から、工場内の無人拠点の監視・操作

「①イン트라ネット/エクストラネットにおける分散有人拠点間のコラボレーション」では、高画質カメラの対応や時限的なアカウント発行の機能により、例えば、工場と設計部門との場所が離れている場合で、紙の図面や仕掛製品などの現物を相互に見ながら急な設計変更や製造方法に関する打ち合わせなどに対応可能である。

「②イン트라ネット/エクストラネットにおけるリモート有人端末と、ウェアラブルコンピュータを装着した有人現場作業者とのコラボレーション」では、ウェアラブルコンピュータの利用を考慮して、現場の操作を極力少なくても利用可能な仕組みの開発などにより、例えば、遠隔拠点から、ウェアラブルコンピュータに対して、画像、3-Dモデル、機器の状態情報、およびドキュメントなどを表示させ、双方で、同じ画面を、同じビューで閲覧したり、指し示したりすることで遠隔作業・保守支援が可能である。

「③リモート有人拠点から、工場内の無人拠点の監視・操作」では、無人端末に対して、パスワードなどの入力により、セキュアに遠隔監視可能な機能を設けることで、安価なインターネット環境でも工場の監視が可能である。

さらに、工場の作業者が、本システムを利用する際の現場端末であるハンズフリー型コンピュータの開発について報告した。本ハンズフリー型コンピュータは、パソコン本体を工場内の有線 LAN に接続したままで、無線 LAN リピータ、USB Server、USB HUB、RGB/USB コンバータ、ヘッドマウントディスプレイ、トラックボール、Web カメラ、イヤホン、およびマイクロフォンなどの周辺機器のみを現場端末として可搬する構造とした。この構造により、従来のウェアラブルコンピュータに比べ、通信の伝送速度を向上させ、さらに、本体部の重量削減が可能となった。ただし、試作システムでは、周辺機器の電源電圧が不統一であるため、現状では複数種類のバッテリーを持参する必要がある。今後はバッテリーを含む総合重量の軽量化が課題である。

また、開発した遠隔監視・保守支援用コラボレーション機能やハンズフリー型コンピュータの普及のため、実運用を想定したデモンストレーション用の動画キャプチャを作成した。本動画キャプチャは、展示会やセミナーなどで利用可能であり、本研究成果の普及に貢献する。

### 3.3 シミュレータ連携型工作機械内衝突防止システム

**3.3.1 背景・目的** 国内製造業では、2007 年問題などにより、技能伝承が課題となっており、一方で、誰でも工場設備を容易に使いこなせるようにするための技術が必要とされている。

この近況に対し、工作機械に関しては、主軸や構造部の熱変位誤差補正、およびワークと工具との衝突防止などのインテリジェント化による解決が試みられている。特に、衝突防止に関しては、万一衝突した場合、高価な主軸を故障させ、修理に多くの時間を費やすことから注目されている。

しかし、従来の衝突防止システムは、ワークなどをあらかじめモデル化し、シミュレーションに

より衝突予知する方式が主である。そのため、想定したモデルと異なる段取りが行われた場合、衝突防止が困難なことがある。また、この方式は、最新工作機械には適応可能でも、旧型工作機械には適用できない。

そこで、前身研究において、工作機械の稼働中にワークや治具の形状を逐次計測し、その実測情報、NC の状態情報、および NC プログラムを照合して、工作機械内の衝突予知を行うシステムである工作機械内衝突防止システムを開発した。その後、本工作機械内衝突防止システムは、複数の企業から実用化要望を頂き、実用化のための共同研究会を発足して、実用化を進めている。

しかし、本工作機械内衝突防止システムにおける現行手法は、加工中の衝突予知であり、加工開始前の検証に対する要求もある。

このような背景から、標準技術を活用することで、異メーカー、新旧工作機械の情報の取り扱いが可能なポータル・コラボレーション型生産支援システムの構成要素の一つである遠隔監視・管理システムの周辺アプリケーションの一つとして、加工開始前の検証が可能なシミュレータ連携型工作機械内衝突防止システムを考案した<sup>18)</sup>。本シミュレータ連携型工作機械内衝突防止システムは、加工開始前に、ワークやジグなどの形状を実測し、その計測情報と遠隔監視・管理システムによる NC の情報をシミュレータに転送し、シミュレーションにより衝突予知を行うものである<sup>18)</sup>。

本報では、本シミュレータ連携型工作機械内衝突防止システムのコンセプト、本シミュレータ連携型工作機械内衝突防止システムのプロトタイプシステムの開発、および動作実験について述べる。

#### 3.3.2 シミュレータ連携型工作機械内衝突防止システムのコンセプト

本シミュレータ連携型工作機械内衝突防止システムは、市販の加工シミュレータの衝突検出機能と連携して、工作機械による加工開始前に衝突予知を行う仕組みである。ただし、通常の加工シミュレータの運用では、ワークや治具の形状、工具補正值などは、加工シミュレータ側でモデルを定義したり、初期設定値として入力したりしてからシミュレーションを行う

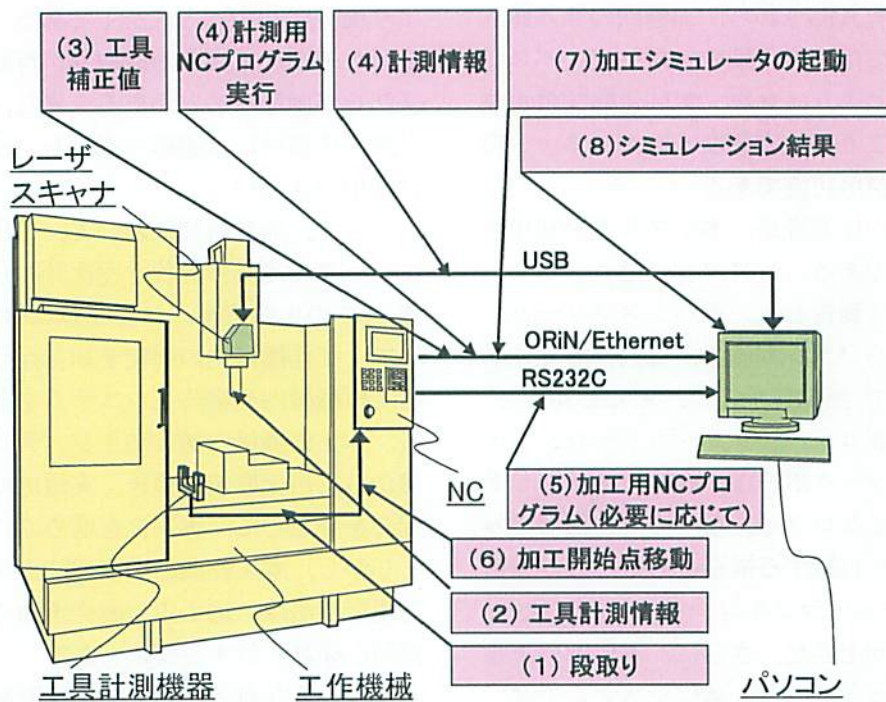


図 3.33 シミュレータ連携型工作機械内衝突防止システムのコンセプト

ことから、現場の段取りとこれらのモデルや初期設定が異なると衝突予知が困難である。そこで、本シミュレータ連携型工作機械内衝突防止システムでは、工作機械側で段取り後のワークや治具の形状をレーザスキャナにより測定し、その計測情報と、NCの工具補正值、加工プログラム開始位置の機械座標やプログラム座標などの情報とを、加工シミュレータに自動送信し、工作機械で実際に加工する場合と同等な条件でシミュレーションが行えることを特長としている。

本シミュレータ連携型工作機械内衝突防止システムは、図 3.33 のように、工具補正值を計測して NC 装置に登録する工具計測器、ワークやジグの形状を計測するレーザスキャナ、NC と情報交換するための ORiN、衝突防止用のアプリケーションシステム、および加工シミュレータが搭載されたパソコンから構成される。

また、本システムは、NC 装置との接続に標準技術の一つである ORiN を活用しているため、様々なメーカーのオープン NC や従来型 NC に適用可能である。接続対象とする NC がオープン NC の場合と、従来型 NC の場合とで、若干運用手順が異なるが、本システムの全体の運用の流れは次の通りである。

- ① 本システムを初めて設置した場合、衝突防止用のアプリケーションシステムを用いて、必要な初期設定値の入力、およびレーザスキャナの座標系と工作機械の座標系とを合わせるためのキャリブレーションを行う
- ② 工作機械に、工具、ワーク、および治具などを段取りする
- ③ 工具計測器により、工具長や工具径を計測し、工具補正值を NC に登録しておく（工具の段取りを変えた場合のみ）
- ④ 衝突防止用のアプリケーションシステムは、NC から工具補正值を取得する（従来型 NC の場合）
- ⑤ ワーク、および治具をレーザスキャナで計測するための NC プログラムである計測用 NC プログラムを実行する
- ⑥ 必要に応じて、NC 内の加工用の NC プログラムを、加工用シミュレータが搭載されたパソコン内にコピーしておく
- ⑦ 加工用の NC プログラムの開始点に工作機械の各軸を移動する
- ⑧ シミュレータ実行用の NC プログラムを起動する

- ⑨ ⑧のシミュレーションの結果，衝突を検知しなかった場合，加工用のNCプログラムを実行する

### 3.3.3 シミュレータ連携型工作機械内衝突防止システムのプロトタイプシステムの開発

#### (1) システム構成

提案するコンセプトに基づく，シミュレータ連携型工作機械内衝突防止システムのプロトタイプシステムを開発した。

本システムの構成は，図 3.34 に示す通りであり，NC 装置三菱電機(株)製 MELDAS MAGIC64 を搭載した(株)ジェイテクト製マシニングセンタ PV4-IIA を対象に構築した。

また，ワーク計測用スキャナは，パルステック工業(株)製 TDS-1500 を基に本システム用に改造したレーザスキャナとした。

さらに，工具計測器は，(株)ブルーム LMT 社製 Laser Control System を用いた。

パソコンには，衝突防止用のアプリケーションシステム，および3-D加工シミュレータが搭載する。なお，本衝突防止用のアプリケーションシステムは，ポータル・コラボレーション型生産支援システムの構成要素の一つである遠隔監視・管理

システムで活用している標準技術の一つであるORiNを用いることで，様々なNCに接続できることを特長とする。また，3-D加工シミュレータは，市販のシミュレータを活用することとし，本プロトタイプシステムでは，(有)ブロードマイン製のTRYCUT2000を活用した。

#### (2) 衝突防止用アプリケーションシステム

本シミュレータ連携型工作機械内衝突防止システムのソフトウェアとして，衝突防止用アプリケーションシステムを開発した。

本衝突防止用アプリケーションシステムは，図 3.35 に示す通り，初期設定，キャリブレーション，およびメインの3つ機能に分かれる。初期設定は，対象の工作機械やレーザスキャナによるワークや治具の計測に必要な諸パラメータを予め設定する機能であり，キャリブレーションは，工作機械の座標系と，工作機械に取り付けたレーザスキャナの座標系との整合を行うための機能である。また，メインは，レーザスキャナでワークや治具を計測したり，加工シミュレータを実行したりするための機能である。ただし，初期設定以外のレーザスキャナによるワークや治具の計測や，加工シミュレータの起動などは，本アプリケーションシステムの画面からの指示ではなく，NCプログラム中に

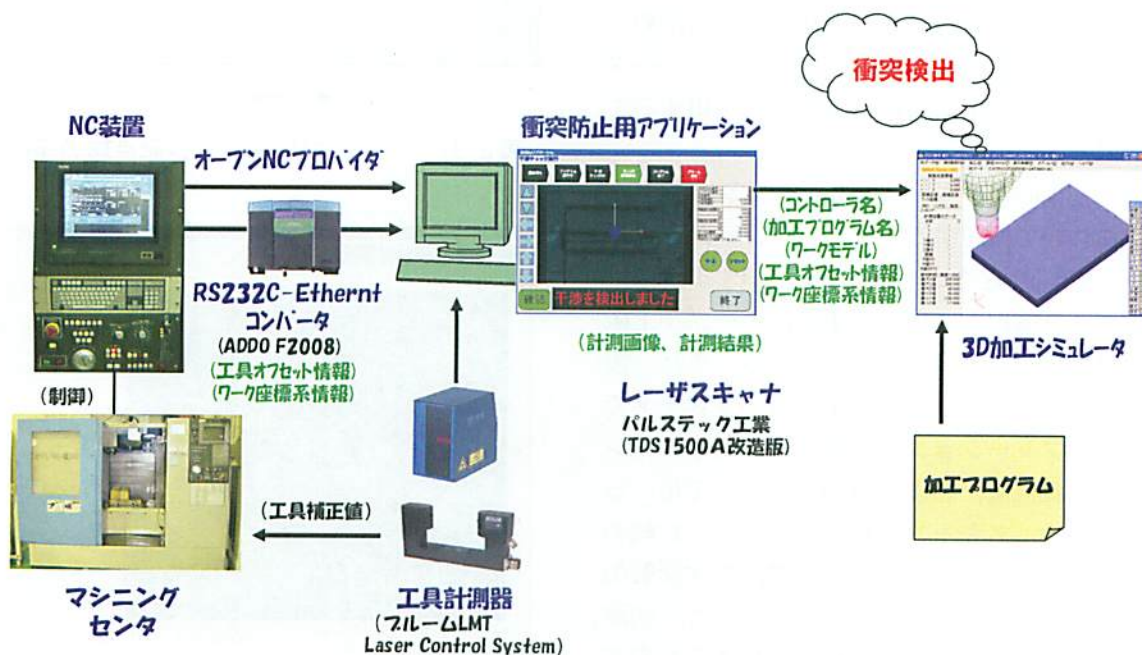


図 3.34 プロトタイプシステムの構成

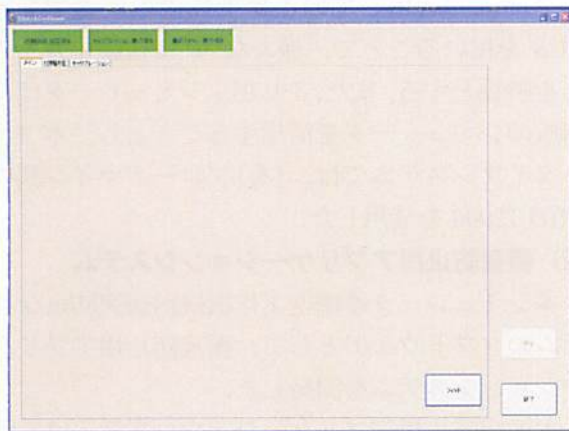


図 3.35 メイン画面

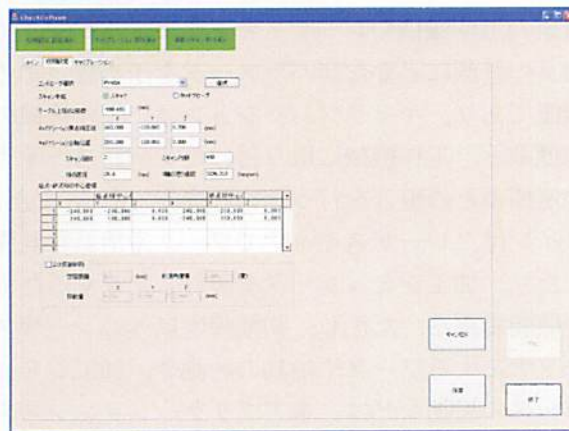


図 3.36 初期設定画面

記述したマクロプログラムにより行われるため、通常は工作機械側の操作だけで、本シミュレータ連携型工作機械内衝突防止システムを利用することが可能である。

以降、初期設定、キャリブレーション、およびメインについて概説する。

まず、初期設定では、図 3.36 に示すように、コントローラ選択、スキャン手段、テーブル上限の Z 座標などのパラメータを設定する。また、後述するキャリブレーションで用いるパラメータであるキャリブレーション原点補正值、キャリブレーション主軸位置、および事前スキャンで用いるスキャン回数、スキャン行数、球の直径、X 軸の送り速度、始点・終点球の中心座標、2 次反射削除などを設定する。コントローラ選択は、別途 ORiN で定義した NC 装置の名称を選択するものである。ORiN 側では、利用者が定義した任意のコン

トローラ名に対して、例えば対象がオープン NC の場合は、NC 装置メーカー毎に用意した NC 装置の ORiN への接続インタフェースソフトウェアであるプロバイダを選択し、さらに本衝突防止用アプリケーションシステムがアクセスする NC 装置内のコモン変数アドレスとのマッピングなどを設定する。また、従来型 NC の場合は、NC 装置のマクロの外部出力を、RS232C 経由で本衝突防止用アプリケーションシステムが取得するが、その時にマクロ機能で外部出力する変数名に対応した変数名を、ORiN 側で定義しておく。これにより、本衝突防止用アプリケーションシステムは、コントローラ名を選択するだけで、様々なメーカーの様々な調整状態の NC 装置と情報交換が可能になる。また、スキャン手段は、スキャナかタッチプローブの選

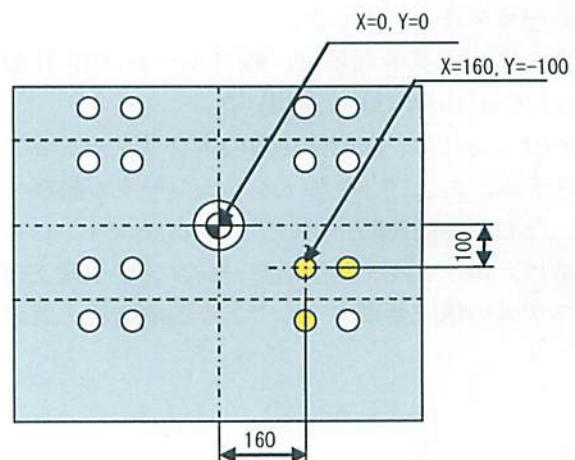


図 3.37 キャリブレーション原点球の座標値



図 3.38 キャリブレーション実行画面

```

O3000;
N1 #105=2; (スキヤンを実行する回数を設定)
N2 #130=0; (スキヤンを実行した回数の初期値設定)
N3 #103=0; (2Dスキヤン終了の初期値設定)
N4 #104=0; (スキヤナ動作待ちの初期値設定)
N5 #108=0; (スキヤンエラーの初期値設定)
N6 #100=1; (プログラム開始を設定)
N7 #101=2; (スキヤンタイプに2Dスキヤンを設定)
N8 #130=#130+1; (スキヤン回数カウンタを+1)
N9 #133=#104; (スキヤナ起動のデータをバックアップ)
N10 #102=#130; (2Dスキヤン開始を設定)
N11 WHILE [#104 EQ #133] DO 1; (スキヤナが動くまで繰り返す)
N12 IF [#108 EQ 1] GOTO 27; (スキヤナの動作エラーをチェック)
N13 END 1;
N14 #134=#103; (2Dスキヤン終了のデータをバックアップ)
N15 M98 P8888; (テーブルを動かすサブプログラムを呼び出す)
      (※サブプログラム内で#102 or #130の値を見て、移動先を変更する)
N16 WHILE [#103 EQ #134] DO 2; (2Dスキヤンが終了するまで繰り返す)
N17 IF [#108 EQ 1] GOTO 27; (スキヤナの動作エラーをチェック)
N18 IF [#108 EQ 2] GOTO 29; (球認識失敗のエラーをチェック)
N19 END 2;
N20 IF [#105 GT #130] GOTO 8; (指定回数分実行していないので、繰り返す)
N21 #134=#103; (2Dスキヤン終了のデータをバックアップ)
N22 #102=0; (2Dスキヤン終了を設定)
N23 WHILE [#103 EQ #134] DO 3; (スキヤンデータの合成が終了したかチェック)
N24 END 3;
N25 #100=0; (プログラム終了を設定)
N26 GOTO 30;
N27 M98 P1111; (スキヤナ動作エラーを表示するサブプログラムを呼び出す)
N28 GOTO 30;
N29 M98 P2222; (球認識失敗エラーを表示するサブプログラムを呼び出す)
N30 M02; (NCプログラム終了)
%
```

図 3.39 事前スキヤン用 NC プログラム例

```

O6000;
N1 #106=0; (干渉チェック開始/終了の初期値設定)
N2 #107=1234; (干渉チェックを行うプログラム番号を設定)
N3 #106=1; (干渉チェック開始を設定)
N4 M02;
%
```

図 3.41 加工シミュレータ起動用 NC プログラム



図 3.40 事前スキヤン実行例

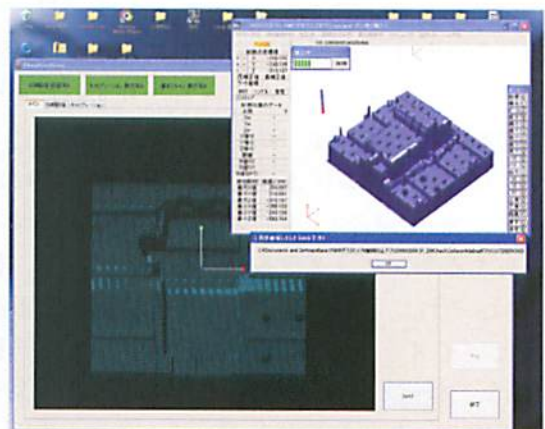


図 3.42 加工シミュレータとの連携画面

扱であり、ワークや治具の計測にレーザスキャナを用いるか、あるいはタッチプローブで簡易的に計測するかを設定する。さらに、テーブル上限のZ座標は、工作機械が原点復帰した状態で、主軸ゲージラインを原点とした場合の工作機械テーブル上面のZ軸座標値を入力する。

つぎに、キャリブレーションについて述べる。キャリブレーションは、工作機械の座標系と、工作機械に取り付けたレーザスキャナの座標系とのつぎに、キャリブレーションについて述べる。キャリブレーションは、工作機械の座標系と、工作機械に取り付けたレーザスキャナの座標系との整合を行うための機能であり、あらかじめ初期設定でキャリブレーション原点補正值、キャリブレーション主軸位置などのパラメータを設定しておく必要がある。キャリブレーション原点補正值とは、工作機械を原点復帰させた状態で、主軸中心を工作機械のテーブル上面に投影した位置をX、Y、Z軸の原点とした際、キャリブレーションで用いる原点球の中心座標値X、Y、Zを入力する(図3.37)。キャリブレーション時の機械座標は、キャリブレーション処理を行なう際に、工作機械の原点復帰後、ワーク計測器が3個のキャリブレーション用球を計測できる位置に、工作機械のテーブルをハンドル操作で、移動させた際の機械座標値である。キャリブレーションは、これらのパラメータを設定後、本衝突防止用アプリケーションシステムからの指示により実行され、キャリブレーションが成功すると、図3.38のような表示となる。

さらに、メインでは、レーザスキャナでワークや治具を計測する処理である事前スキャンを行ったり、加工シミュレータを実行したりするための機能である。これらは、NCプログラム中に記述したマクロプログラムにより行われる。図3.39は、オープンNCの場合で、事前スキャン実行用のマクロを有するNCプログラムの例を示しており、図3.40は、それにより計測された工作機械上に設置されたバイスとワークの様子を示す。また、図3.41は、オープンNCの場合で、加工シミュレータ実行用のマクロを有するNCプログラムの例を示しており、図3.42は、それにより起動された加工シミュレータの実行の様子を示す。

**3.3.4 まとめ** 工作機械側で段取り後のワークや治具の形状をレーザスキャナにより測定し、その計測情報と、NCの工具補正值、加工プログラム開始位置の機械座標やプログラム座標などの情報を、加工シミュレータに自動送信し、工作機械で実際に加工する場合と同等な条件でシミュレーションが行えるシミュレータ連携型工作機械内衝突防止の手法を提案し、その概要を、シミュレータ連携型工作機械内衝突防止システムのコンセプトとして報告した。

また、本シミュレータ連携型工作機械内衝突防止システムのプロトタイプシステムを開発し、その実現性について確認した。

ただし、現状では検証実験が不十分であるため、今後は、さまざまなワークやNCプログラムにおける動作検証実験を行い、本手法の評価を行う予定である。さらに、前身研究で開発した工作機械内衝突防止システムの実用化研究を実施中の工作機械内衝突防止システムの実用化に関する研究会(参加企業：アドー・ジャパン(株)、(株)ソフィックス、パルステック工業(株)、(株)フジ、(株)ブルームLMT、(財)機械振興協会技術研究所)に、本シミュレータ連携型工作機械内衝突防止システムを提案し、工作機械内衝突防止システムと同様に実用化に向けた検討を行いたい。

### 3.4 研究成果の普及活動

本標準技術活用による生産支援に関する研究の関連技術の普及活動として、基盤的生産技術研究会 標準技術活用ビジネス小研究会が、標準化団体の一つであるORiN協議会と共同で出展した第24回日本国際工作機械見本市(JIMTOF2008)に、本研究の成果である遠隔監視・保守支援用コラボレーション機能、および平成18~19年度に実施したデジタルマニュファクチャリングに関する研究の研究成果である工作機械内衝突防止システムを出展した。また、関連研究成果や成果を活用した製品を教材としたセミナーも実施した。ここでは、標準技術活用ビジネス小研究会の概要、JIMTOF2008への出展、および標準技術の工作機械適用実習セミナーの実施結果について報告する。

### 3.4.1 標準技術活用ビジネス小研究会の概要

まず、標準技術活用ビジネス小研究会の概要について述べる。

本研究会は、当所を事務局として、平成 15 年 10 月に発足した基盤的生産技術研究会の下部組織であり、発足当初は「中小企業向けデジタルエンジニアリングソリューションズ研究会－標準化技術を持ち他生産運用支援ソリューションズに関する研究－」として活動し、平成 18 年 4 月から「標準技術活用ビジネス小研究会」と名称を改め、勢力的に活動している研究会である。

本研究会の目的は、本標準技術活用による生産支援に関する研究の研究成果をはじめ、前身研究であるグローバル生産における中小企業支援システムに関する研究やデジタルマニュファクチャリングに関する研究の研究成果、成果を用いた製品、各標準化団体との共同研究成果、および参加メンバーの関連技術や製品などを相互活用することで、参加メンバーにおける標準技術活用ビジネスを促進することである。

具体的には、各標準化団体とも連携して、各研究成果や技術の相互活用方法の検討、研究成果の一般の展示会への出展、および当所（東久留米市）の模擬工場やセミナー環境などにおいて、販社やユーザ向けの実体験型セミナーを実施している。

本研究会への参加は、一般入会による参加の他、ORiN 協議会、製造業 XML 推進協議会 MESX ジョイントワーキンググループ、FA オープン推進協議会 XML 情報連携実証モデル専門委員会、および FA オープン推進協議会 ネットワークを活用したものづくり支援サービス専門委員会と本標準技術活用ビジネス小研究会とが共同研究の覚書を締結していることから、相互のメンバーが互いの研究会に参加可能である。

この標準技術活用ビジネス小研究会の活動スケジュールは、毎年秋季に開催される一般の展示会をマイルストーンとして、展示会までに製品化を目指した各研究成果や各製品の相互活用方法の検討や開発を行い、これらの成果を展示会に出展し、さらにそのフォローアップとして、セミナーを実施するといった一連のサイクルを定期的に回している。

本研究会は、これまでに前身研究であるグローバル生産における中小企業支援システムに関する研究の成果の一部を実用化し、企業メンバーに採択され、製品化した実績がある。

本年度はこれらの実績を継続すべく、本研究の成果である遠隔監視・保守支援用コラボレーション機能や、デジタルマニュファクチャリングに関する研究の研究成果である工作機械内衝突防止システムを JIMTOF2008 に出展したり、研究成果を用いた製品を教材としたセミナーを実施したりして、研究成果の普及に努めたので報告する。

### 3.4.2 第 24 回日本国際工作機械見本市への出展

研究の成果を、JIMTOF2008 に出展した。JIMTOF2008 は、平成 20 年 10 月 30 日（木）～11 月 4 日（火）に、東京ビッグサイトの全館に、西特設会場を加えた前回以上の開催規模で開催され、主催者の報告によれば、5 日間の会期で延べ 16 万 9 千人の来場があった。

標準技術活用ビジネス小研究会は、ORiN 協議会と共同で、本 JIMTOF2008 につぎに示す研究成果、および製品の出展を行った。

- ① ORiN2 SDK
- ② ネットワークインタフェース非搭載 NC 装置と ORiN の接続
- ③ MES 連携デモ
- ④ EXPIO (MES パッケージ)
- ⑤ ORiN ベースアプリケーション（稼働監視、分析システム）
- ⑥ ロボットティーチング簡易システム
- ⑦ カーオーディオ向け自動検査
- ⑧ 製造業向けコラボレーションシステム
- ⑨ 工作機械内衝突防止システム

また、出展に参加した企業、および団体は、アドー・ジャパン(株)、(株)ケー・ティー・システム、(株)ソフィックス、(株)高崎共同計算センター、(株)デンソーウェーブ、パルステック工業(株)、(株)フジ、(株)ブルーム LMT、日本ユニシス・エクセリュションズ、ORiN 協議会、(財)機械振興協会技術研究所である。

図 3.43～図 3.44 は、本出展のブース前景を示したものであり、特にこれらの出展項目のうち、





図 3.43 JIMTOF2008 の出展ブース全景 (1)



図 3.44 JIMTOF2008 の出展ブース全景 (2)



図 3.45 MES 連携デモ他の様子

本研究に直接関連した出展は、①～⑤、および⑧、⑨である。①～⑤、および⑧、⑨の概要は、つぎの通りである。

「①ORiN2 SDK」は、ORiN 協議会で仕様策定され、㈱デンソーウェーブで製品化されたネットワークミドルウェアの標準技術の一つである ORiN2

の機器接続やアプリケーション開発者用キットのソフトウェアである。この ORiN2SDK には、前身研究であるグローバル生産における中小企業支援システムに関する研究成果である工作機械と ORiN とを接続するための ORiN 側のソフトウェアが盛り込まれている。

「②ネットワークインタフェース非搭載 NC 装置と ORiN の接続」は、前身研究であるグローバル生産における中小企業支援システムに関する研究の研究成果である工作機械と ORiN とを接続するための技術を活用し、アドー・ジャパン(株)や㈱ソフィックスで製品化された、新旧工作機械を ORiN に接続するため機器やソフトウェアを出展した。

「③MES 連携デモ」、 「④EXPIO (MES パッケージ)」、 「⑤ORiN ベースアプリケーション (稼働監視、分析システム)」は、標準技術活用ビジネス小研究会の平成 18 年度の成果として、参加メンバーである㈱ケー・ティー・システムが主体となって開発した、ロボット、PLC、および工作機械などの機器レベルの情報連携のための標準技術である ORiN と、機器レベルと製造実行レベルとの情報交換標準仕様である MESX とのゲートウェイである MESX-ORiN ゲートウェイを活用したデモンストレーションである。このデモンストレーションでは、ORiN や MESX などの標準技術の相互活用により、機器レベルとしては、ORiN 準拠の様々なメーカーの工作機械、PLC、ロボットを相互接続し、MES レベルとしてはMESX 準拠のMESのシステムなどが容易に接続可能なことを示した。これらの中で、特に前身研究のデジタルマニュファクチャリングに関する研究で開発し、㈱ソフィックスが製品化したファナック(株)製オープン NC 用の API である FOCAS1 を、ORiN に接続するためのソフトウェアである FOCAS1 プロバイダや、「②ネットワークインタフェース非搭載 NC 装置と ORiN の接続」で紹介した研究成果応用製品についても出展した (図 3.45)。

「⑧製造業向けコラボレーションシステム」では、本研究で開発中のポータル・コラボレーション型生産支援システム、およびその構成要素である遠隔監視・保守支援用コラボレーション機能を出展した。ただし、出展方法としては、ポータル・



図 3.46 製造業向けコラボレーションシステムの様子



図 3.47 工作機械内衝突防止システムの様子

コラボレーション型生産支援システムは、概要のパネル展示とし、遠隔監視・保守支援用コラボレーション機能は、パネル、および「3.2.6 デモンストレーション」で報告したデモンストレーション



図 3.48 標準技術の工作機械適用実習セミナーの様子

用の動画キャプチャの展示会ブースでの放映、および当所の模擬工場（東久留米市）と東京ビッグサイトの展示ブース間での本システムによる遠隔作業支援などの実演デモを行った（図 3.46）。

「⑨工作機械内衝突防止システム」では、平成 18～19 年度に実施したデジタルマニュファクチャリングに関する研究の研究成果である工作機械内衝突防止システムを出展した。具体的な出展方法としては、パネル、および実際に本工作機械内衝突防止システムを動作させた際のビデオを展示会ブースで放映した（図 3.47）。

また、これらの JIMTOF2008 への出展は、来場者はもとよりプレスに関心も非常に高く、10 月 30 日に発刊された日刊工業新聞社の新聞に関連記事が掲載された<sup>19)</sup>。また、同日の日経ものづくりの Web 記事に、「⑨工作機械内衝突防止システム」の取材記事<sup>20)</sup>が掲載され、さらに、11 月 6 日の日経ものづくりの Web 記事に、「⑧製造業向けコラボレーションシステム」の取材記事<sup>21)</sup>が掲載された。

### 3.4.3 標準技術の工作機械適用実習セミナー

JIMTOF2008 への出展は、研究成果をより広く広報するという点で効果があったが、内容をより深く知りたいという方向けに、平成 21 年 1 月 27 日（火）に、当所の研修実習室、および生産システム実験室にて、「標準技術の工作機械適用実習セミナー」を実施した。本セミナーは、本標準技術活用による生産支援に関する研究、前身研究であるグローバル生産における中小企業支援システムに関する研

表 3.2 標準技術の工作機械適用実習セミナーのプログラム

10:00～10:05	開会・諸案内
10:05～10:30	標準技術 ORiN の概要と工作機械適用 (財)機械振興協会 技術研究所 生産技術部 システム課 技術主幹 木村利明
10:30～12:30	ORiN によるアプリケーションプログラムの作成方法と CaoSQL 実習 (株)デンソーウェーブ 制御システム事業部 課長 犬飼利宏
12:30～13:30	昼休み
13:30～14:00	NC 工作機械接続機器の紹介と情報収集端末 F2008 の機能説明と操作実習 アドー・ジャパン(株) 代表取締役 下谷幸久
14:00～14:30	監視用 EXCEL プログラミング説明 (株)ソフィックス 取締役 田口方昭
14:30～15:40	監視用 Web プログラミング実習 (財)機械振興協会 技術研究所 生産技術部 システム課 技術主幹 木村利明
15:40～16:00	休憩
16:00～16:45	模擬工場の見学
17:15～17:30	質疑応答・閉会

究やデジタルマニュファクチャリングに関する研究の研究成果の一部の実用化研究を行っている基盤的生産技術研究会 標準技術活用ビジネス小研究会の活動として実施した。

本セミナーでは、受講者向けにパソコンを準備し、実習を含む表 3.2 に示すプログラムで開催した。本セミナーを開催した結果 18 名の参加があり、受講者から、教材として用いた研究成果応用製品の入手方法や価格問い合わせをいただくなど、盛況なセミナーとなった。なお、図 3.48 にセミナー会場の様子を示す。

**3.4.4 まとめ** 本研究に関連する研究成果の普及活動として、研究成果を JIMTOF2008 に出展した結果、および、標準技術の工作機械適用実習セミナーとして、実習を含むセミナーを実施した結果について報告した。

また、これらの広報活動以外にも、平成 20 年 11 月 26 日 (水) に、機械振興会館内(財)機械振興協会経済研究所の会議室 (港区芝公園) にて、基盤的生産技術研究会・標準技術活用ビジネス小研究会と ORiN 協議会との共催で、標準ネットワークミドルウェア ORiN の関連製品紹介セミナーを実施し、研究成果を活用した製品などを一般に紹介

するためのセミナーを実施した。さらに、平成 19 年度と同様に、平成 21 年 3 月 4 日 (水) ～3 月 5 日 (木) に、(財)機械振興協会技術研究所にて、関東経済産業局の所管のもと、日本機械学会が実施中の中核人材育成事業の一環として、東洋大学が主催して実施したセミナーにも同教材や講師を派遣協力するなど、より深く研究成果を広報する活動を行った。

今後も本研究、およびグローバル生産における中小企業支援システムに関する研究やデジタルマニュファクチャリングに関する研究などの研究成果の実用化や普及を促進する活動の一環として、基盤的生産技術研究会 標準技術活用ビジネス研究会などを活用し、一般展示会出展やセミナー開催などの広報活動を実施する予定である。

### 3.5 あとがき

本研究では、平成 20 年度～21 年度の 2 カ年で、遠隔監視システム、分散したドキュメントを管理・検索するドキュメント管理システム、およびそれらの情報を TV 会議などにより拠点間共有し、遠隔作業支援や遠隔保守支援を行うポータル・コラボレーション型生産支援システムについて研究し、本システムの実現手法の提案、およびプロト

タイプシステムの開発などを行う。また、TV 会議により情報共有する工場側の監視技術、および安全技術に関わるシステムのより高い完成度と利便性が求められている背景から、特に工作機械の安全技術に着目し、シミュレータ連携型工作機械内衝突防止システムなどの周辺アプリケーションについても提案する。さらに、本研究に関連する研究成果の普及活動として、研究成果を一般の展示会に出展したり、各種セミナーを実施したりするなど、広報活動に努めることとする。

2 年の研究計画の初年度である平成 20 年度に実施したポータル・コラボレーション型生産支援システムの研究開発、周辺アプリケーションの研究開発、および研究成果の普及活動結果は次の通りである。

まず、ポータル・コラボレーション型生産支援システムの研究開発について述べる。平成 20 年度の本研究開発では、本システムのコンセプトを提案した。具体的に本システムは、工場側の異メーカ、異機種、新旧機器の情報と、製造実行システムの情報との相互連携が可能な工場内情報連携環境、その環境を用いた遠隔監視・管理システム、インターネット上に分散した機器メーカ、機器のサービス会社、ユーザが保有する個々の機器に関する取扱説明書や保守説明書などを管理活用するドキュメント管理システム、およびこれらの機能を拠点間で相互にコラボレーションをしながら活用する TV 会議システムなどから成る。

また、本システムの効果について、全体システムの作り込みに着手する前に実施した予測効果の検証実験を行った。本検証実験では、市販の TV 会議システムのみを用いた遠隔運用保守支援方式と、本提案方式のように、TV 会議システムのみならず、TV 会議によるコラボレーションにおいて、遠隔監視・管理システムによる監視情報、およびドキュメント管理システムによるドキュメント情報なども併用して工作機械の遠隔保守支援する方式との比較を行った。実験を行った結果、提案する遠隔運用保守支援方式が、従来方式に比べて、約 24%の作業時間短縮効果が期待できることが分かった。

本期待効果を踏まえ、本システムの構成要素の

一つである TV 会議システムについて、遠隔監視・保守支援用コラボレーション機能と呼ぶことにして、本機能の試作開発を行った。この機能開発により、次の 3 つの用途に対応可能なコラボレーションの仕組みが構築できた。

- ① イン트라ネット/エクストラネットにおける分散有人拠点間のコラボレーション
- ② イン트라ネット/エクストラネットにおけるリモート有人端末と、ウェアラブルコンピュータを装着した有人現場作業者とのコラボレーション
- ③ リモート有人拠点から、工場内の無人拠点の監視・操作

「①イン트라ネット/エクストラネットにおける分散有人拠点間のコラボレーション」では、高画質カメラの対応や時限的なアカウント発行の機能により、例えば、工場と設計部門との場所が離れている場合で、紙の図面や仕掛製品などの現物を相互に見ながら急な設計変更や製造方法に関する打ち合わせなどに対応可能である。

「②イン트라ネット/エクストラネットにおけるリモート有人端末と、ウェアラブルコンピュータを装着した有人現場作業者とのコラボレーション」では、ウェアラブルコンピュータの利用を考慮して、現場の操作を極力少なくとも利用可能な仕組みの開発などにより、例えば、遠隔拠点から、ウェアラブルコンピュータに対して、画像、3-D モデル、機器の状態情報、およびドキュメントなどを表示させ、双方で、同じ画面を、同じビューで閲覧したり、指し示したりすることで遠隔作業・保守支援が可能である。

「③リモート有人拠点から、工場内の無人拠点の監視・操作」では、無人端末に対して、パスワードなどの入力により、セキュアに遠隔監視可能な機能を設けることで、安価なインターネット環境でも工場の監視が可能である。

さらに、工場の作業者が、本コラボレーション型生産支援システムを利用する際の現場端末であるハンズフリー型コンピュータを開発した。本ハンズフリー型コンピュータは、パソコン本体を工場内の有線 LAN に接続したままで、無線 LAN リピ

ータ, USB Server, USB HUB, RGB/USB コンバータ, ヘッドマウントディスプレイ, トラックボール, Web カメラ, イヤホン, およびマイクロフォンなどの周辺機器のみを現場端末として可搬する構造とした。この構造により, 従来のウェアラブルコンピュータに比べ, 通信の遅速度を向上させ, さらに, 本体部の重量削減が可能となった。ただし, 試作システムでは, 現状電圧の異なる複数種類のバッテリーを持参する必要があり, 今後はバッテリーを含む総合重量の軽量化が課題である。

また, 開発した遠隔監視・保守支援用コラボレーション機能やハンズフリー型コンピュータの普及のため, 実運用を想定したデモンストレーション用の動画キャプチャを作成した。本動画キャプチャは, 展示会やセミナーなどで利用可能であり, 本研究成果の普及に貢献可能である。

なお, 遠隔監視・保守支援用コラボレーション機能は, 現在, 基盤的生産技術研究会 標準技術活用ビジネス小研究会で, ユーザモニタなどを計画中である。

つぎに, 周辺アプリケーションとして開発したシミュレータ連携型衝突防止システムの研究開発について述べる。平成 20 年度における本研究開発では, 工作機械側で段取り後のワークや治具の形状をレーザスキャナにより測定し, その計測情報と, NC の工具補正值, 加工プログラム開始位置の機械座標やプログラム座標などの情報を, 加工シミュレータに自動送信し, 工作機械で実際に加工する場合と同等な条件でシミュレーションが行えるシミュレータ連携型工作機械内衝突防止の手法を提案し, その概要を, シミュレータ連携型工作機械内衝突防止システムのコンセプトを提案した。

また, 本シミュレータ連携型工作機械内衝突防止システムのプロトタイプシステムを開発し, その実現性について確認した。

ただし, 現状では検証実験が不十分であるため, 今後は, さまざまなワークや NC プログラムにおける動作検証実験を行い, 本手法の評価を行う予定である。さらに, 前身研究で開発した工作機械内衝突防止システムの実用化研究を実施中の工作機械内衝突防止システムの実用化に関する研究会に, 本シミュレータ連携型工作機械内衝突防止システ

ムを提案し, 工作機械内衝突防止システムと同様に実用化に向けた検討を行いたい。

さらに, 研究成果の普及活動として, 研究成果を JIMTOF2008 に出展し, さらに, 標準技術の工作機械適用実習セミナー, 標準ネットワークミドルウェア ORiN の関連製品紹介セミナーなどを実施した。また, 日本機械学会が実施中の中核人材育成事業の一環として, 東洋大学が主催して実施したセミナーにも協力し, 研究成果の普及に努めた。

平成 21 年度は, さらに周辺アプリケーションなどの研究開発を進め, 本コラボレーション型生産支援システムの完成を目指す予定である。

### 第 3 章の参考文献

- 1) (財)機械振興協会 技術研究所, 平成 15 年度製造業の基盤的技術の拡充強化に関する研究事業 グローバル生産における中小企業支援システムに関する研究 平成 16 年 3 月
- 2) (財)機械振興協会 技術研究所, 平成 16 年度製造業の基盤的技術の拡充強化に関する研究事業 グローバル生産における中小企業支援システムに関する研究 平成 17 年 3 月
- 3) (財)機械振興協会 技術研究所, 平成 17 年度製造業の基盤的技術の拡充強化に関する研究事業 グローバル生産における中小企業支援システムに関する研究 平成 18 年 3 月
- 4) (財)機械振興協会 技術研究所, 平成 18 年度先端的技術開発の推進に関する調査研究等補助事業 デジタルマニュファクチャリングに関する研究 平成 19 年 3 月
- 5) (財)機械振興協会 技術研究所, 平成 19 年度先端的技術開発の推進に関する調査研究等補助事業 デジタルマニュファクチャリングに関する研究 平成 20 年 3 月
- 6) 大寺信行, 榊原聡, 木村利明, 情報システム構築のための標準技術の取り組み, システム制御情報学会誌, Vol. 51 No. 3, 2007, pp. 20-25
- 7) 木村利明, 工場内ネットワークによる情報活用の方法, 精密工学会誌, Vol. 73 No. 8 2007, pp. 888-892
- 8) Kimura T., Tezuka H., and Kanda Y.,

- Development of an Information-interoperable Environment Based on Open Technologies for Lean Production Systems, IFIP International Federation for Information Processing, Vol.257, 2008, Lean Business Systems and Beyond, pp.121-128
- 9) Costanzo F., Kanda Y., Kimura T., Kuhlen H, Lisanti B., Strai J., Thoben K., Wilhelm B., and William P., Enterprise Organization and Operation, Springer Handbook of Mechanical Engineering, 2009, pp. 1267-1354
  - 10) 木村利明, 犬飼利宏, 由井大介, 神田雄一, マルチベンダ生産ライン向け 3-D 表示遠隔監視システムの開発, 精密工学会誌, Vol. 71, No. 3, 2005, pp. 374-378
  - 11) 木村利明, 日本国特許, 特願 2007-341038, 2007
  - 12) 木村利明他, 標準技術を活用した工作機械内衝突防止システムの開発 (第 1 報) 工作機械内衝突防止システムのコンセプト, 2007 年度精密工学会秋季大会学術講演会論文集, pp. 399-400
  - 13) 木村利明, 岡部信孝, 神田雄一, 工作機械内衝突防止システムの開発 (第 1 報) 従来型 NC 装置向けプロトタイプシステム, 日本機械学会 [No. 08-13] 生産システム部門研究発表講演会 2008 講演論文集, 2008, pp. 83-84
  - 14) 木村利明, 日本国特許, 特願 2006-281507, 2006
  - 15) Skype, <http://www.skype.com>
  - 16) Ultr@VNC, <http://www.uvnc.com/>
  - 17) 木村利明, 日本国特許, 特願 2008-106585, 2008
  - 18) 木村利明, 日本国特許, 特願 2008-280226, 2008
  - 19) 工作機械のネットワーク化, 日刊工業新聞, 2008 年 10 月 30 日朝刊
  - 20) 【JIMTOF】機械振興協会が既存の NC 装置向け衝突防止システム, TechOn, 2008 年 10 月 30 日, <http://techon.nikkeibp.co.jp/article/NEWS/20081030/160528/>
  - 21) 【JIMTOF】機械振興協会など, 遠隔監視用のコラボレーションツールを開発, TechOn, 2008 年 11 月 6 日, <http://techon.nikkeibp.co.jp/article/NEWS/20081106/160872/>
-

## 4. シミュレーションによる生産システム構築効率化と品質向上の研究

### 4.1 まえがき

近年、ものづくりに関わる企業は、製品のライフサイクルの短期化、消費者ニーズの多様化に伴い、従来の多品種少量生産から、需要変動が大きい変種変量の生産への対応を迫られており、これに対応できる、より柔軟な生産システムを早く設計構築することが重要となっている。その解決策の一つとして、より早い段階で、設計の問題を発見し、解決するフロントローディングにより、設計の手戻りを極力減らすことが重要となる。最近では、コンピュータの演算速度の高速化や三次元CAD技術など情報技術の進展などが相まって、シミュレーションを利用するフロントローディングによる生産システムの設計・構築に対する期待が大きくなっており、その利用が進展し始めている。しかしながら、生産システムの設計（生産準備）・構築（工程実装）ではさまざまな評価を実施する必要があり、現状、シミュレーションの利用は限定的で、その適用範囲を広げる必要が生じている。特に、生産準備後の、より製造現場に近い工程実装段階でのシミュレーション技術開発への期待が高まっている。

実際の設備は、コンベア、シリンダ、ロボットなどの動作を行う機構を有する機器がPLCやロボットコントローラなどの制御機器によって制御されている。また、実設備は、上記コントローラ以外にも、かんばんなどを読むバーコードリーダーや操作盤などとも同期を取り情報交換しながら動作する。そして、それらのコントローラの動作はラダー言語やロボット言語などで作成されるプログラムで記述される。従来、プログラムの検証は、ロボット、コンベアなどの機器が製造現場に揃わないと評価が難しかった。プログラムの検証時に、システム設計上の問題があると再設計が必要となり、構築時間に遅延が生じることも多かった。

そこで、これまでの研究では、実際のFA機器やそのエミュレータなどをシミュレーションに

活用する設備シミュレーション環境を提案した（例えば1)2)3)。この環境では、ラダープログラムやロボットプログラムを使用して生産シミュレーションを実行し、シミュレーション精度を向上させるだけでなく、そのプログラムをそのまま後工程で使用することが可能となる。設備シミュレーション環境においては、日本ロボット工業会を母体として工場内の各種装置に対して、メーカ、機種の違いを超え、統一的なアクセス手段と表現方法を提供するFA用の標準化指向のネットワークミドルウェアであるORiN2 (Open Resource Interface for the Network version 2.0)<sup>4)</sup>を使用した。これまでの研究によって、工程実装段階を効率化する新しいシミュレーション技術を提案し（図4.1参照）、その普及活動を実施した。

そこで、今年度の研究では、シミュレーションの利用範囲をさらに広げるシミュレーション技術開発を目指す。技術シーズや生産技術のニーズの変化をとらえ、将来の新しい生産システムを考え、その生産システムにおける、より製造現場に近い工程実装段階でのシミュレーション技術開発を目指す。具体的には、新たにシミュレーションの外観検査支援への適用を目指す。近年、製造工程における品質問題が顕在化しており、特に出荷前の関所と呼ばれる外観検査はますます重要になっている。外観検査は、半導体業界をはじめ、電気電子機器業界、自動車業界等のさまざまな製造現場で実施されている。外観検査の実態調査では、件数的に約70%の外観検査は作業者の目視で行われ、いまだに人手に頼る部分が多い。具体的な検査として、寸法検査等の計測関係については自動化が進んでいるが、形状検査、欠陥検出、および異物検出については自動化が遅れていることが指摘されている<sup>5)</sup>。人手による検査は、検査システムへの投資を省けコスト的に優位であるが、利用の制約や限界があり、例えば以下のような代表的な課題がある。

- ・ 人による目視検査は見落としや、判断ミスが生じ、不良品の流出が起こる可能性が高まる。

- ・ 判定に個人差があるため、品質が安定せず、品質にバラつきが生じる可能性が高まる。

これらの課題に対応するために、近年のコンピュータの高速化や画像処理技術の進歩により、外観検査の自動化に期待が集まり始めている。外観検査の自動化の代表的なメリットを以下に記す。

- ・ 想定した範囲での検査見落としを 방지、検査品質向上が可能。
- ・ 一定基準の検査で品質の安定性が高まる。
- ・ 連続高速運転が可能。
- ・ 検査結果データや検査画像の保存が可能で、トレーサビリティに利用可能。

他方で、以下のような代表的なデメリットが指摘されている。

- ・ システムの構築（立ち上げ）に時間（期間）が必要。
- ・ 現場で機器を用いた調整が必要で、現状、トライアンドエラーで実施しており、調整時間が掛かる。
- ・ 新規に製品を投入時には検査プログラムの変更が必要。変種変量下では、プログラムの追加修正が頻繁に生じる。
- ・ 初期投資が必要。
- ・ 検査判定にノウハウが必要等。

そこで、本研究は、外観検査システムの構築の短期化を実現するシミュレーションを利用する支援システムを提案する。提案する支援システムでは、三次元設備シミュレーションによるオフラインでの外観検査システムの事前評価を目指す。具体的には、外観検査プログラムをオフラインで構築し、かつ外観検査システムを実機や検査対象製品がすべて揃う前に仮想的に評

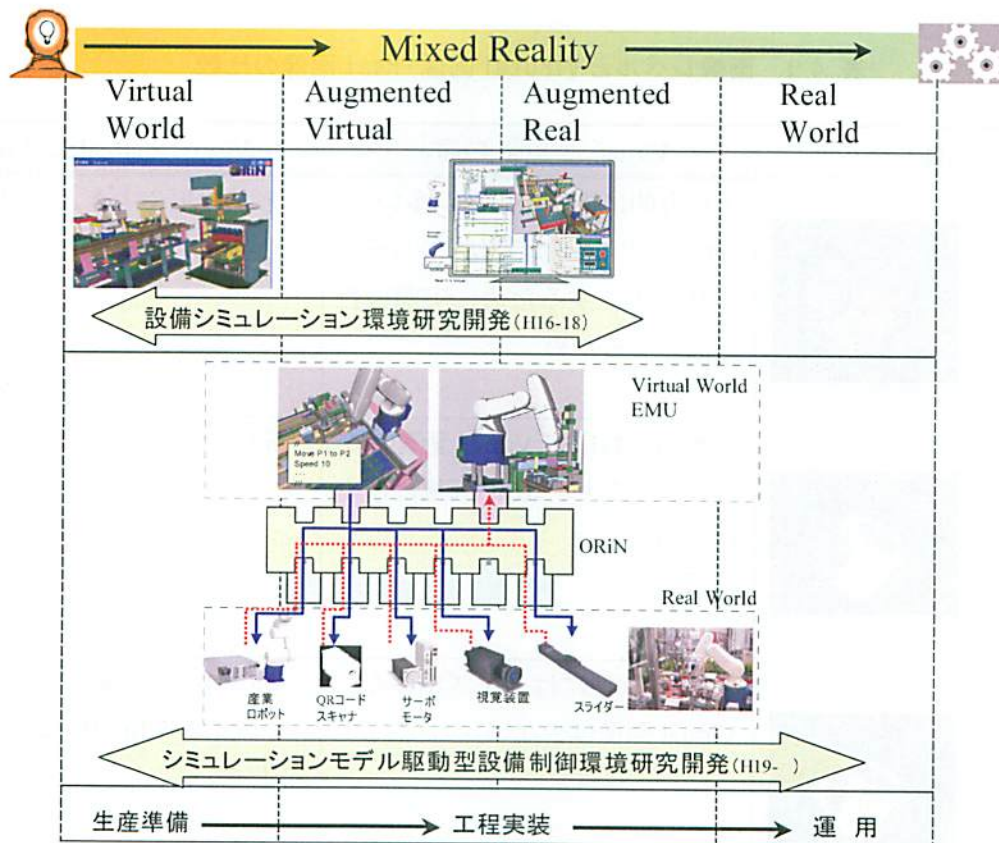


図 4.1 これまでの設備シミュレーションの研究概要



価，構築することを目指す．これにより製造品質への寄与する設備シミュレーション技術を構築する．本年度は，外観検査プログラムに必要な本来産業用カメラから生成される画像を設備シミュレーションで生成するための，三次元画像の基礎的な実験を実施する．具体的には，シミュレーション環境で作成された仮想的な画像と実際のカメラで撮像された画像との比較を行い，仮想的な画像が実際の外観検査システムで使用可能であるかを検証する．

#### 4.2 三次元シミュレーションによる画像検査支援システムの検討

##### 4.2.1 シミュレーションによる画像生成の有効性検証




画像処理で使用する画像には，カラー画像，グレースケール画像，および，二値化画像の三つの画像レベルがある．カラー画像の色成分をなくし，256階調のモノクロに変換したものがグレースケール画像である．グレースケール画像から指定された閾値を境に2

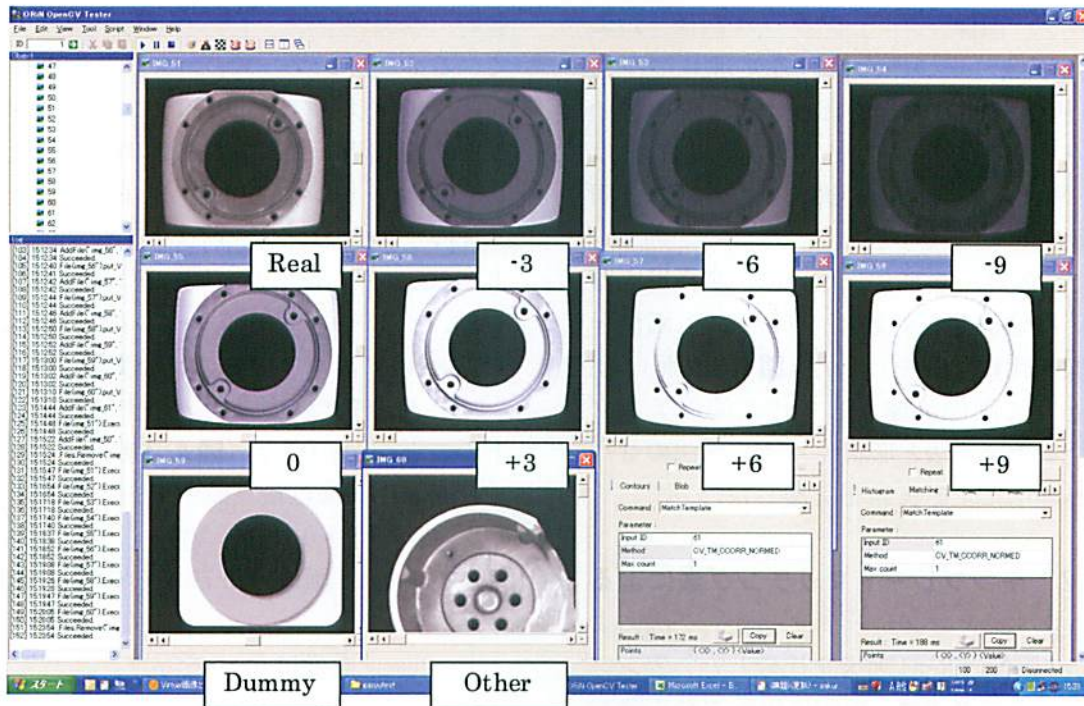
階調のモノクロに白あるいは黒に変換したものが二値化画像である．つまり，初めに生成されたカラー画像を基点として，グレースケール画像，二値化画像と順に生成される関係にある．

本研究では，外観検査で実際に利用される画像がグレースケール画像や二値化画像であることに注目して，近年のCGなどの三次元画像技術レベルで生成される仮想的な画像(Virtual画像)が，実際のカメラで撮像された画像(Real画像)と，検査に必要な画像レベルでは等価(あるいは近似的)とみなすことが可能なレベルであるという仮説を立てた．

この仮説の有効性を示すためには，まず，これらカラー画像，グレースケール画像，および二値化画像の三つの画像の処理レベルで，設備シミュレーション環境で作成される仮想的な画像(Virtual画像)が実際のカメラで撮像された画像(Real画像)と等価(あるいは近似的)であることを実証する必要がある．表4.1に示す画像レベルとVirtual画像-Real画像の比較は，

表 4.1 画像レベルとVirtual画像-Real画像の比較

画像レベル	Virtual と Real の違い	Virtual と Real の共通点
カラー 	<ul style="list-style-type: none"> <li>色合的に異なる場合が多い。</li> <li>3D データの色は設計時のパーツを見やすくするために実際の色とは異なるため</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>形状の形や大きさは同じ</li> </ul>
グレースケール 	<ul style="list-style-type: none"> <li>輪郭において Virtual 画像はシャープであり、Real 画像はぼやけている。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>元(カラー)画像の影響を受ける</li> </ul>
二値化 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Real 画像にはノイズが多く、Virtual 画像は少ない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>元(グレー)画像の影響を受ける</li> <li>二値化の閾値の値により、影響が大きい。</li> </ul>



Real	Real	0	本実験で使用したワークの実画像。 この画像の周囲の空白部分を除く範囲をコピーしてマッチング処理のテンプレート画像作成している。 論理的には実験で最良値を示す。
Virtual	-9	-9	0画像から照度を9ポイント暗くした仮想環境で撮像された画像。
	-6	-6	0画像から照度を6ポイント暗くした仮想環境で撮像された画像。
	-3	-3	0画像から照度を3ポイント暗くした仮想環境で撮像された画像。
	0	0	Real画像と照度が同じ仮想環境で撮像された画像。 論理的には実験で0画像はReal画像と同じ値を示す。
	+3	+3	0画像から照度を3ポイント明るくした仮想環境で撮像された画像。
	+6	+6	0画像から照度を6ポイント明るくした仮想環境で撮像された画像。
	+9	+9+	0画像から照度を9ポイント明るくした仮想環境で撮像された画像。
Dummy	Dummy	0	Real画像を真似て人によりトレースされたラフな描画の画像。 テンプレート画像の特徴を人により抽出して描画された画像であり、人の感性のバロメータとして参考値に使用する。
Other	Other	0	本実験で使用したワークとは別のワークの実画像。 論理的には実験で最悪値を示す。

図 4.2 比較実験の画像データ

これらカラー画像、グレースケール画像、および二値化画像の三つの画像の各処理レベルで Virtual 画像と Real 画像を比較する上での違いと共通点をまとめたものである。論理的には Virtual 画像と Real 画像の違いをなくせば、両者は一致するようになる。

そこで、仮説を検証するために、産業用機器のアルミ鋳造部品を対象に、Virtual 画像と Real 画像の比較実験を行った(図4.2参照)。比較実験として画像処理として代表的なテンプレートマッチング法と形状マッチング法の2つの画像処理法による実験を実施した。

#### 4.2.2 テンプレートマッチング法による実験

まず、テンプレートマッチング法により Virtual 画像と Real 画像を比較した。テンプレートマッチング法は、事前に用意されるテンプレート画像と呼ばれる探索対象となるオブジェクト等の画像に対して、探索領域となる画像を入力画像として、テンプレート画像を少しずつずらしながら、探索領域内の対象領域とのマッチングの比較を行う手法である。比較に用いられる相関関数には、計算量を考慮して、分散や平均を仮定した近似式が用いられることが

多い。本実験では、インテル社が開発・公開しているオープンソースのコンピュータビジョン向けライブラリのOpenCVのテンプレートマッチング法を利用した。OpenCVの代表的なテンプレートマッチング法のアルゴリズムとして、CCOEFFアルゴリズム、CCORRアルゴリズム、およびSQDIFFアルゴリズムの3つがあり、本実験では、グレースケールレベルの画像を使用し、3つのアルゴリズムの比較実験を実施した。

まず、COEFFアルゴリズムの実験を実施し、以下のことが分かった(図4.3参照)。

1. Real 画像は最良値 = 1.00, Other 画像は最悪値 = 0.39 を示す。
2. Virtual 画像は0.77から0.84の範囲を示す。
3. Dummy 画像は0.80を示す。

これらの結果から、Virtual 画像は Real 画像に近い値が得られる。ただし、テンプレートマッチング法の課題として、Dummy 画像のような人の目では明らかに異なる画像についても、Real 画像に近い値が得られている。これは、探索領域内の対象領域において、Dummy 画像と Real 画像は、穴などを除き、全体的に近い画像

Real	Virtual							Dummy	Other
	-9	-6	-3	0	3	6	9		
1	0.836612	0.836822	0.837059	0.833138	0.761139	0.76279	0.766564	0.801356	0.389729

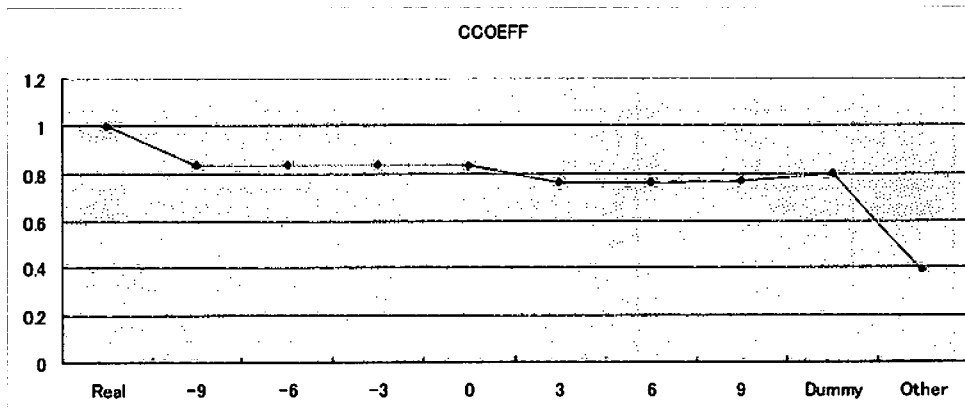


図4.3 CCOEFFアルゴリズムの実験結果

になっており、307200ドット（640×480ドット）について、256階調でマッチング処理を取ると、相関性が高い値を示したものと推測する。

次に、CCORRアルゴリズムの実験を実施し、以下のことが分かった（図4.4参照）。

1. Real 画像は最良値=1.00, Other 画像は最悪値=0.76を示す。
2. Virtual 画像は0.91から0.93の範囲を示す。
3. Dummy 画像は0.93を示す。

これらの結果から、Virtual 画像からはReal 画像に近い値が得られる。ただし、Dummy 画像については、CCOEFFアルゴリズムと同じ傾向を示した。

次に、SQDIFFアルゴリズムの実験を実施し、以下のことが分かった（図4.5参照）。

1. Real 画像は最良値=1.00, Other 画像は最悪値=0.39を示す。
2. Virtual 画像は0.75から0.83の範囲を示す。

3. Dummy 画像は0.80を示す。
4. CCOEFFアルゴリズムの結果と一致した。

これらの結果から、Virtual 画像からはReal 画像に近い値が得られる。ただし、Dummy 画像については、CCOEFFアルゴリズムと同じ傾向を示した。

よって、3つのアルゴリズムの結果から、Virtual 画像からはReal 画像に近い値が得られる。Real 画像の照明（輝度）と同じレベルの場合は、より近い値が得られており、Real 画像とVirtual 画像を一致させる上では照度（輝度）は重要なパラメータであることが分かった。

**4.2.3 形状マッチング法による実験** 次に、形状マッチング法によりVirtual 画像とReal 画像を比較した。形状マッチング法は、輝度情報を利用するテンプレートマッチング法などの正規化相関パターンマッチングではなく、エッジ検出技術により対象物の形状を比較することで相似性を測る手法である。本実験では、インテル社が開発・公開しているオープンソー

Real	Virtual							Dummy	Other
	-9	-6	-3	0	3	6	9		
1	0.930684	0.930815	0.93092	0.93292	0.909906	0.911764	0.913219	0.927177	0.757696

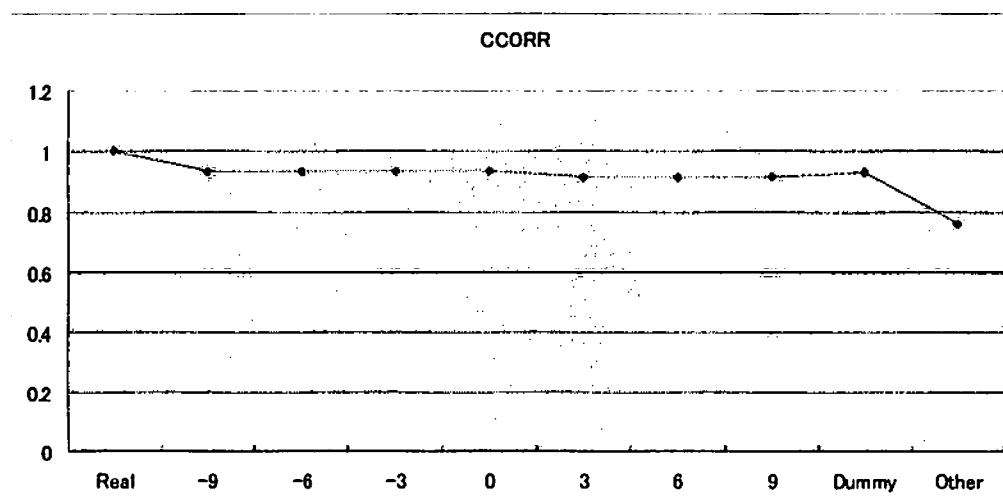


図4.4 CCORRアルゴリズムの実験結果

スのコンピュータビジョン向けライブラリの OpenCV の形状マッチング法の代表的な MatchShapes アルゴリズムを利用した。形状マッチング法では、二次元の画像モーメントを用いた、並進、回転、相似、鏡映変換についての不変量のHuモーメントを利用して、マッチングを実施する。本実験では、MatchTemplate で使用した画像を以下のように2値化レベルに処理した後、比較実験を実施した。MatchShapes アルゴリズムの実験を実施し、以下のことが分かった（図4.6, 図4.7 参照）。

1. Real 画像は最良値 = 0.00, Other 画像は最悪値ではなく、値 = 3.76E-04 を示す。
2. 9 画像が最悪値 = 7.55E-03 を示す。
3. Virtual 画像の値は 1.01E-4 から 7.55E-03 と結果にバラつきがある。
4. Other 画像は Real 画像に近い値を示す。マッチングとしては正しくない値である。

これらの結果から、Other 画像を除くと、MatchShapes アルゴリズムでは照度の高い6画

像、9 画像以外では Virtual 画像からは Real 画像とほぼ近い値が得られることが分かる。形状マッチング法においても Real と Virtual を一致させる上では照度は重要なパラメータであると言える。

他方で、Other 画像が Real 画像に近い値を示す理由を考察する。OpenCV の HP では、図4.8 に示す形状マッチング法独特の難しさの結果を公表している。この結果から以下のことが分かる。

1. 最良値 = 0.00, 最悪値は 0.00 から離れる値である。
2. 比較画像 2 (=0.01166) よりも比較画像 4 (=0.00124) がマッチングしている。背景等の外乱が結果に影響を及ぼす。
3. 比較画像 3 (=0.00235) よりも比較画像 4 (=0.00124) がマッチングしている。「CV」の形状を探索しているため、一見人間の目ではマッチングしていると思う比較画像 3 よりも文字としては小さく他の文字も含まれる比較画像 4 の方が、マッチング

Real	Virtual							Dummy	Other
	-9	-6	-3	0	3	6	9		
1	0.831549	0.832653	0.832984	0.820299	0.756195	0.754806	0.758821	0.795341	0.389508

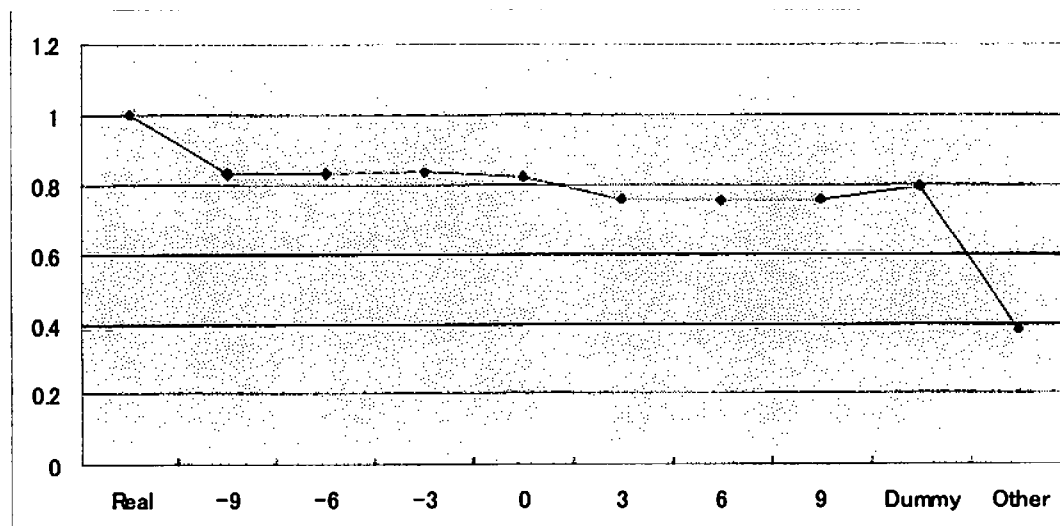


図4.5 SQDIFF アルゴリズムの実験結果

	Real	-9	-6	-3	0	+3	+6	-9	Dummy	Other
閾値	71	22	40	69	120	204	254	254	191	169

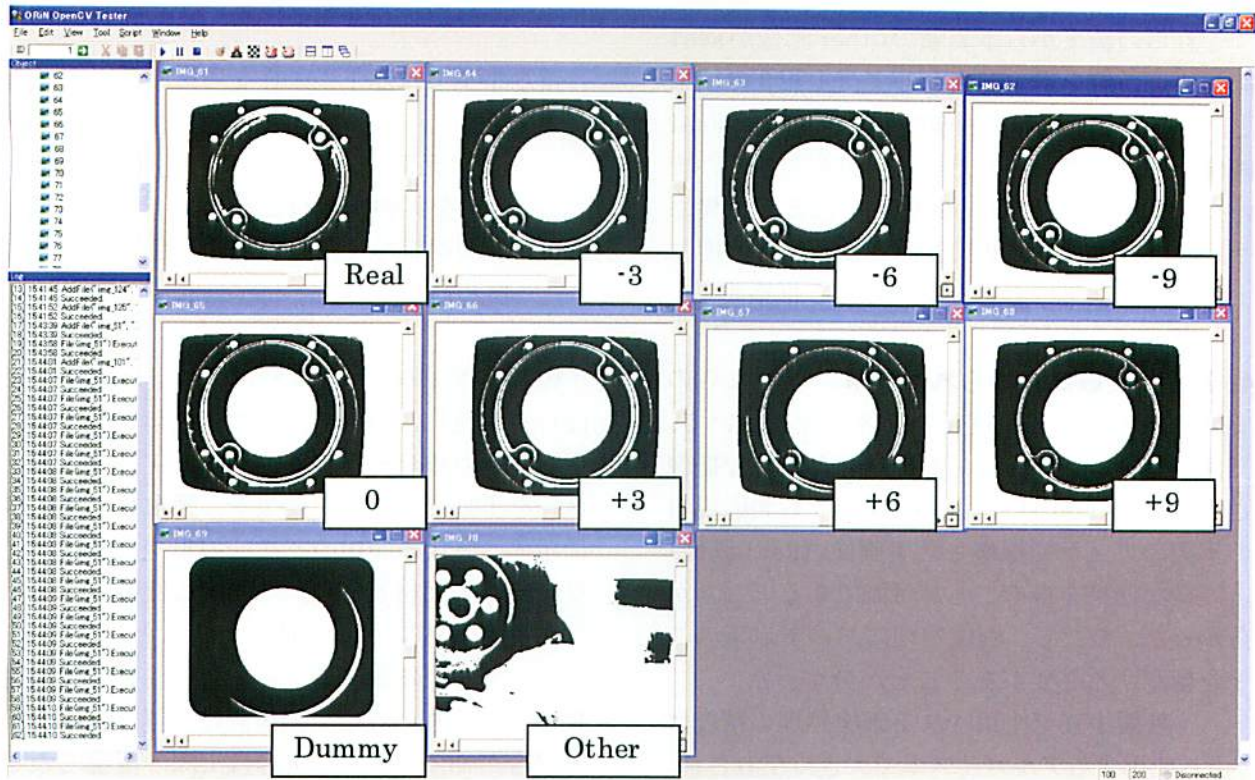


図 4.6 MatchShapesEx での 2 値化画像

Real	Virtual							Dummy	Other
	-9	-6	-3	0	3	6	9		
0	1.31E-03	4.28E-04	3.00E-04	1.79E-04	1.01E-04	7.09E-03	7.55E-03	6.66E-03	3.76E-04

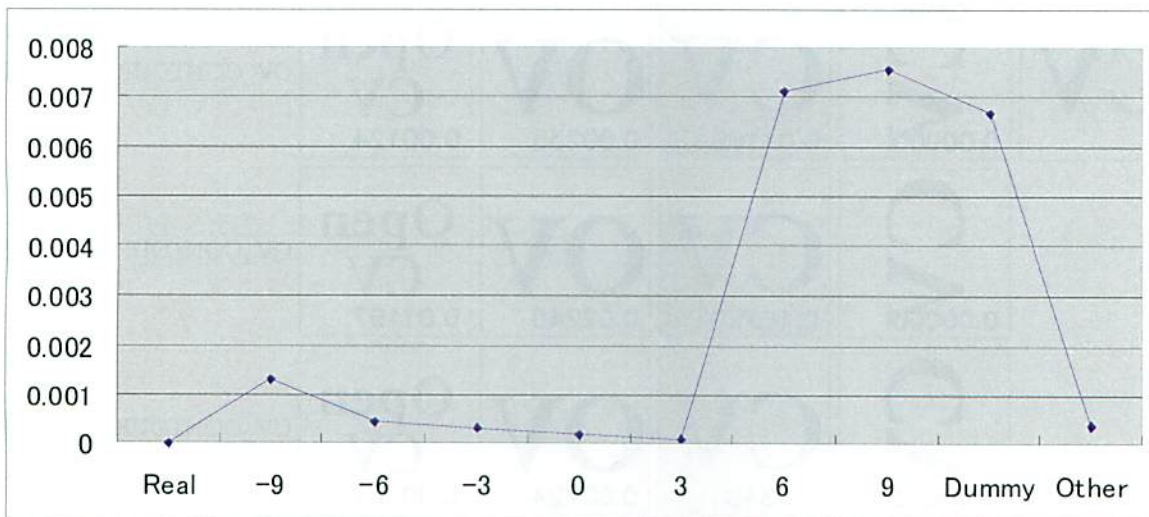


図 4.7 MatchShapes の実験結果

の結果が良いという結果になっていると考える。

これらの結果から本実験のOther画像がReal画像に近い値を示す理由として、上記3の結果と同じように、Other画像の右上の画像がReal画像と形状的に一致したことが推察できる。また、照度の高い6画像、9画像の一致度の差異については、上記2の結果と同じように、照度による外乱が結果に影響を及ぼしたと推察する。

**4.2.4 実験から得られた見解** これらの実験結果より、外観検査の画像処理において、三次元シミュレーションの仮想的な環境で撮像させた仮想画像（Virtual画像）でも製造現場の実際のカメラで撮像した実画像（Real画像）と同様な効果を得ることが可能であることが分かった。ただし、画像処理において以下のことを留意する必要があることが分かった。

- ・外観検査で使用される画像処理の精度は使用するアルゴリズムで大きく左右され、かつ、照明の照度によっても影響を受ける。
- ・その場合、照明の照度による影響や使用

する三次元データの色によって生成される画像が影響を受けなくすることが必要であると考えられる。

留意事項では以下の条件を考慮する必要があると考える。

1. 三次元データのマテリアル（表面材質、色）を実物と合わせる。
2. 外観検査で使用する照明の色と照度を実物と合わせる。

留意事項1の三次元データのマテリアル（表面材質、色）について、三次元編集ツールを使用して、対象ワーク表面のマテリアル（材質と色）を手動で変更した結果を、**図4.9～図4.11**に示す。現状の商用の三次元編集ツールのマテリアル（表面材質、色）に関する機能は進展しており、実用レベルに達していると思われる。また、実際の外観検査シミュレーションでは対象ワーク以外の設備も撮像画像で写る必要がある場合があるが、その場合は実際の現場での写真を背景に重ね合わせることで簡略化することが可能である。

留意事項2の照明の色と照度については、現

入力画像	比較画像1	比較画像2	比較画像3	比較画像4	
					CV_CONTOURS_MATCH_I1
					CV_CONTOURS_MATCH_I2
					CV_CONTOURS_MATCH_I3

図4.8 OpenCVのMatchShapesEXの実験結果

状の三次元のCGにおいて対応が可能であると思われる。現状の三次元のCGにおいて、光源の設定が可能で、複数の光源種類や光量なども細かく設定できる。また、レンダリングなどの描画機能により、陰面消去や陰影付けなどを行って画像を作成することも可能である。

今後、三次元データのマテリアル（表面材質、色）や照明の色と照度を対象とする追加の実験が必要であり、今後の課題である。

その他の注意事項としては、視覚検査のような画像処理では的確なアルゴリズムの選定が重要であり、使用者の熟練度を高める必要がある。そのためには、本システムで提案する三次元シミュレーションによる外観検査システムのオフライン化で事前検証を行うことが重要であると考えられる。

#### 4.3 成果の普及活動

研究成果の普及のため、学会での発表に留まらず、見学会、研究会などを通して、研究内容や開発したアプリケーションを公開した。以下に、それらの概要を記す。

1. 学会：国際会議APMS2008での論文発表<sup>7)</sup>と技術講演（フィンランド・ヘルシンキ）（2.2節参照）、国際会議第41回CIRPConference on Manufacturing Systemでの論文発表<sup>8)</sup>と技術講演（東京大学）、国際会議WSC2008での論文発表<sup>9)</sup>と技術講演（米国・フロリダ）。
2. 見学会・外部講演会：機械振興協会技術研究所/一般公開（平成20年11月）、IMSアイデアファクトリー総会/技術講演（平成20年7月）等。

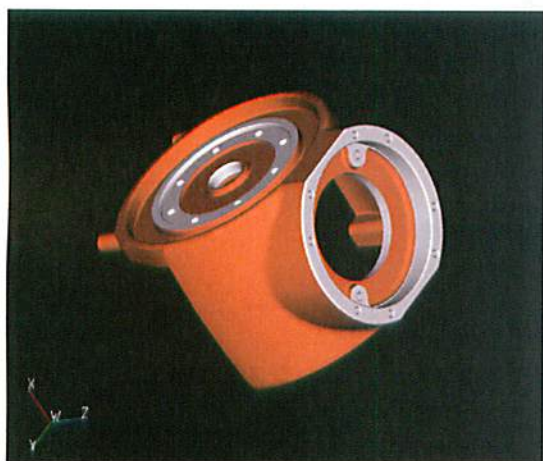


図 4.9 CAD から出力されたワークの 3D データ



図 4.10 色合わせしたワークの 3D データ



図 4.11 対象ワークの実画像



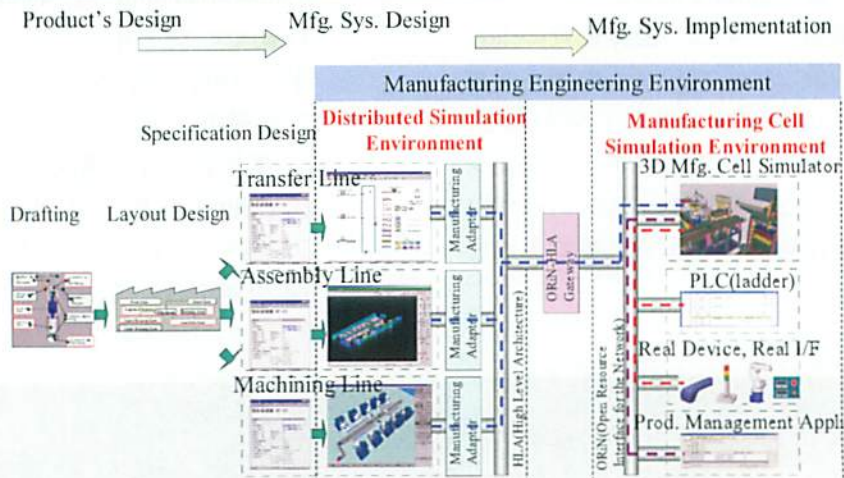
# 三次元設備シミュレーションの研究開発



## 1. 研究のねらい

ものづくりの競争力を高めるため生産システム構築リードタイム短縮はますます重要になっています。新製品を速やかに市場に投入し、フル生産を実施できる理想的な製品設計製造プロセスは「垂直立ち上げ」と言われています。しかしながら、垂直立ち上げを支援する方法論、必要なツールなどは、未整備で、現状では確立されていません。産業界では、垂直立ち上げを実現するための手法の開発が急務となっています。

弊所では、シミュレーション技術が垂直立ち上げ手法のコアであると位置づけ、標準化技術(HLA, ORiN)を利用し、設備シミュレーション技術や分散シミュレーション技術を開発し、提案しています。



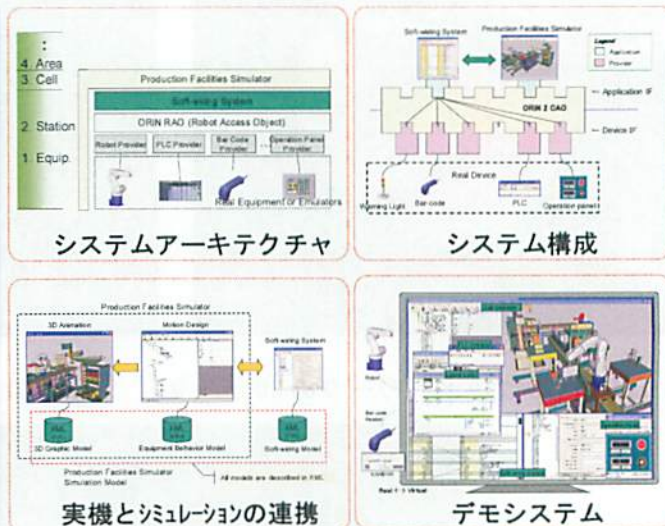
## 2. 研究の特徴:

### ◆ 工程実装の効率化

- 3次元設備シミュレーションにより、従来実機を利用して評価していた制御プログラム(ラダー等)の検証を仮想設備(シミュレーション)と連携して、あるいは、仮想設備や実設備を混在させて事前評価可能
- 3次元設備シミュレーションと生産システム管理ソフトウェアとの連携(ORiNを利用)により、生産システム実稼動前に、各種生産システム管理ソフトウェアの実装評価可能

### ◆ 生産準備と工程実装の効率化

- 3次元設備シミュレーションと生産システムシミュレーションの連携(ORiN-HLAゲートウェイ経由)により、粒度の異なるシミュレーションが実現でき、より精度の高い事前評価が可能で、生産準備段階と工程実装段階間のデジタル情報の共有が可能



## 3. 成果の普及活動:

外部連携活動として、基盤的生産技術研究会:生産システムの事前評価手法に関する小研究会を実施しています。(平成20年4月~平成22年3月)

ここでは、開発した技術の産業応用を、エンジニアリング側、ユーザ側など様々な視点から多面的に検討しています。ご興味がある方は、右記に詳細をお問い合わせください。

## 問い合わせ先:

生産技術部 システム課 (担当: 日比野浩典)  
 TEL: 042-475-1188 FAX: 042-475-0947  
 E-mail: hibino@tri.jspmi.or.jp  
 URL: <http://www.tri.jspmi.or.jp/>

図 4.12 JIMTOF ポスター展の出展内容

3. 研究会：機械振興協会技術研究所／基盤の生産技術研究会（1社），製造科学技術センターIMSセンター／IMS アイデアファクトリー（3社）。
4. 展示会：工作機械見本市JIMTOF/ポスター展示（平成20年10月）（**図4.12**参照）。
5. 新聞掲載／技術解説記事掲載：工作機械のネットワーク化（日刊工業新聞，2008年10月30日朝刊）<sup>10)</sup>，ユビキタス環境下における生産システムのシミュレーション（精密工学会誌）<sup>11)</sup>，生産システムの設計・実装を効率化する設備シミュレーション技術（技研所報 Vol.44, No.1 (135)）<sup>12)</sup>。
6. 特許出願：4件。

#### 4.4 あとがき

本研究は，現場で機器を用いた調整が必要な外観検査システムの構築を短期化するシミュレーションを利用する支援システムを提案することを目的とする。提案する支援システムでは，三次元設備シミュレーションによるオフラインでの外観検査システムの事前評価を目指す。これにより製造品質への寄与する設備シミュレーション技術を構築する。本年度は，設備シミュレーションで生成する三次元画像の基礎的な実験を実施した。具体的には，シミュレーション環境で作成された仮想的な画像と実際のカメラで撮像された画像との比較を行い，仮想的な画像が実際の外観検査システムで使用可能であるかを検証した。

検証の結果，外観検査の画像処理において，三次元シミュレーションの仮想的な環境で撮像させた仮想画像（Virtual画像）でも製造現場の実際のカメラで撮像した実画像（Real画像）と同様な効果を得ることが可能であることが分かった。ただし，画像処理における留意事項があり，今後，三次元データのマテリアル（表面材質，色）や照明の色と照度を対象とする追加の実験が必要であり，今後の課題である。その他の注意事項としては，視覚検査のような画像処理では的確なアルゴリズムの選定が重要で

あり，使用者の熟練度を高める必要がある。そのためには，本システムで提案する三次元シミュレーションによる外観検査システムのオフライン化で事前検証を行うことが重要であると考える。

また，今年度の研究成果について，平成20年度に4件の特許を出願した。

#### 第4章の参考文献

- 1) Hibino H., Inukai T., and Fukuda Y., Efficient manufacturing system implementation based on combination between real and virtual factory, *International Journal of Production Research*, 2006, **44**, 3897-3915.
- 2) T. Inukai, H. Hibino, Y. Fukuda, Simulation Environment Synchronizing Real Equipment for Manufacturing Cell, *Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing*, Vol. 1 No. 2, P238-224 (2007).
- 3) T. Inukai, H. Hibino, Y. Fukuda, Enhanced distributed simulation using ORiN and HLA, *Mechatronics for safety, security and dependability in a new era* (Elsevier), P261-264 (2007)
- 4) <http://www.kmt-iri.go.jp/kankou/kenkyuhokoku/2003/T42-47.pdf> 外観検査ニーズに関する調査研究
- 5) 水川真，産業用機器・ロボットのオープンネットワークインタフェース ORiN，計測と制御学会誌，**42**，No.7（2003）。
- 6) [http://opencv.jp/opencv-1.0.0/document/opencvref\\_cv\\_matching.html#cv\\_imgproc\\_matching](http://opencv.jp/opencv-1.0.0/document/opencvref_cv_matching.html#cv_imgproc_matching)
- 7) Hibino H., Inukai T., and Fukuda Y., Sakimoto K., Simulation Environment to Minimize Lead-time of Manufacturing Cell Implementation Process Using Real Equipment Interaction, *Proceedings of the International Conference on Advances in Production Management Systems*, p257-270

- (2008).
- 8) K. Tanaka K., Nakatsuka N., Hibino H., Fukuda Y., Module Structured Production System, Proceedings of the 41th CIRP Conference on Manufacturing System, p303-308. Published by Springer (2008).
  - 9) Hibino H., Inukai T., and Fukuda Y., Emulation in Manufacturing Engineering Processes, Proceedings of the Winter Simulation Conference 2008, p1785-1793 (2008).
  - 10) 日比野浩典, 工作機械のネットワーク化, 日刊工業新聞, 2008年10月30日朝刊.
  - 11) 藤井進, 日比野浩典, 岩村幸治, 妻屋彰, 指尾健太郎, ユビキタス環境下における生産システムのシミュレーション, 精密工学会誌, 2008 Vol.74 No.10 (2008).
  - 12) 日比野浩典, 生産システムの設計・実装を効率化する設備シミュレーション技術, 技研所報 Vol.44, No.1(135) (2008).

## 5. 結 言

本研究では、平成 20 年度から平成 21 年度の 2 カ年計画で、大きく 2 つの視点から研究を実施する。それらは、生産システムの運用、および保守向けに、遠隔監視、ドキュメント管理などの機能を、TV 会議機能により遠隔拠点間で共有し、低いスキルの作業者の遠隔作業や保守支援を行う「ポータル・コラボレーション型生産支援システムの研究」と、生産システム構築段階向けに、「シミュレーションによる生産システム構築効率化と品質向上の研究」を実施する。

本報告は、本研究の初年度である平成 20 年度の研究内容を報告した。

第 2 章では、今年度実施した欧州生産システムの動向調査結果を報告した。

第 3 章では、生産拠点のグローバル化により必要とされるグローバルな拠点間での遠隔運用や保守支援の仕組みである「ポータル・コラボレーション型生産支援システムの研究」の成果を報告した。具体的には、ポータル・コラボレーション型生産支援システムの開発、その周辺アプリケーションの開発などについて報告した。

まず、ポータル・コラボレーション型生産支援システムの開発では、本システムのコンセプトを示し、暫定的なプロトタイプによる本システムの検証実験を行った結果、従来方式に比べて、約 24% の作業時間短縮効果が期待できることが分かった。この結果を踏まえ、本システムの構成要素の一つとして、遠隔監視・保守支援用コラボレーション機能の試作開発を行った。この機能開発により、次の 3 つの用途に対応可能なコラボレーションの仕組みが構築できた。

- ① イン트라ネット/エクストラネットにおける分散有人拠点間のコラボレーション
- ② イン트라ネット/エクストラネットにおけるリモート有人端末と、ウェアラブルコンピュータを装着した有人現場作業者とのコラボレーション
- ③ リモート有人拠点から、工場内の無人拠点の監視・操作

① に対しては、高画質カメラ対応や時限的アカウント発行の機能により、例えば工場と設計部門との場所が離れている場合で、紙の図面や仕掛製品などの現物を相互に見ながら急な設計変更や製造方法の打ち合わせなどに活用可能である。

② に対しては、ウェアラブルコンピュータの利用を考慮して、現場の操作を極力少なくても利用可能な仕組みを開発し、例えば遠隔拠点から、ウェアラブルコンピュータに対して、画像、3-D モデル、機器の状態情報、およびドキュメントなどを表示させ、双方で、同じ画面を、同じビューで閲覧したり、指し示したりすることで遠隔作業・保守支援が可能である。

③ に対しては、無人端末に対して、パスワードなどの入力により、セキュアに遠隔監視可能な機能を設けることで、安価なインターネット環境でも工場の監視が可能である。

この開発した遠隔監視・保守支援用コラボレーション機能は、現在、基盤的生産技術研究会 標準技術活用ビジネス小研究会で、ユーザモニタなどを計画中である。

つぎに、周辺アプリケーションとして開発したシミュレータ連携型工作機械内衝突防止システムについて報告した。本システムは、工作機械側で段取り後のワークや治具の形状をレーザスキャナにより測定し、その計測情報と、NC の状態情報を加工シミュレータに自動送信し、工作機械で実際に加工する場合と同等な条件でシミュレーションが行えることを特徴とする。

本年度は、本システムのプロトタイプを開発し、その実現性について確認した。ただし、現状では検証実験が不十分であるため、今後は、さまざまな条件での動作検証実験を行い、本手法の評価を行う予定である。また、工作機械内衝突防止システムの実用化に関する研究会から、本システムの実用化要望をいただいております。対応を検討中である。

第 4 章では、「シミュレーションによる生産システム構築効率化と品質向上の研究」に関する研究成果について報告した。本年度は、設備シミュレーションで生成する三次元画像の基礎的な実験を実施した。具体的には、シミュレーション環境

で作成された仮想的な画像と実際のカメラで撮像された画像との比較を行い、仮想的な画像が実際の外観検査システムで使用可能であるかを検証した。検証の結果、外観検査の画像処理において、3D シミュレーションの仮想的な環境で撮像させた仮想画像 (Virtual 画像) でも製造現場の実際のカメラで撮像した実画像 (Real 画像) と同様な効果を得ることが可能であることが分かった。ただし、画像処理における留意事項があり、今後、三次元データのマテリアル (表面材質, 色) や照明の色と照度を対象とする追加の実験が必要であり、今後の課題である。

これら「ポータル・コラボレーション型生産支援システムの研究」と「シミュレーションによる生産システム構築効率化と品質向上の研究」の研究成果に関して、学会や講演会などでの普及活動のみならず、JIMTOF2008へ出展し、さらに日刊工業新聞社での研究成果の記事掲載を行うなど、広く一般に公開した。

また、平成 20 年 4 月から、リニューアルスタートした当所の基盤的生産技術研究会においてもこれらの研究成果は活用されており、各方面の標準化活動とも相互連携して、さらなる普及や実用

化活動を行った。特に、「ポータル・コラボレーション型生産支援システムの研究」に関わる応用研究を行っている基盤的生産技術研究会 標準技術活用ビジネス研究会において、研究成果を教材にした標準技術の工作機械適用実習セミナーや標準ネットワークミドルウェア ORiN の関連製品紹介セミナーを実施した。また、関東経済産業局の所管のもと、日本機械学会が実施中の中核人材育成事業の一環として、東洋大学が主催したセミナーにも同教材や講師を派遣協力するなど、より深く研究成果を広報する活動を行った。

さらに、国際的な産学官連携研究を実施している製造科学技術センター IMSセンター主催の国内企業との産学官連携研究に参加し、本研究の成果を基盤とした産業応用を自動車産業、工作機械産業、エンジニアリング産業とともに検討し、研究成果の広報や普及活動を実施した。

## 謝 辞

この研究は、ケイリンの補助金により行われたものであり、ご支援いただいた関係各位に深く感謝いたします。

研 究 報 告 書

KSK-GH20-1

標準技術活用による生産支援に関する研究

平成 21 年 3 月 31 日発行

発行所 財団法人 機械振興協会 技術研究所  
(〒 203-0042) 東京都東久留米市八幡町一丁目 1 番 12 号  
電話 042-475-1155 (代表)

印刷所 株式会社 アトミ  
(〒 187-0031) 東京都小平市小川東町五丁目 13 番 22 号  
電話 042-345-1155