知的コンピュータ統合生産(I-CIM)* Intelligent Computer Integrated Manufacturing (I-CIM)

Inyong HAM**

生産の自動化というのは、単純なデータ転送から知的システムまで様々な段階をへて進歩してきた。CIMの未来の姿は極めて知能集中型の生産システムに依存する。現在の生産システムはローカルの見地を越え、グローバル化によりさらに複雑になっている。本稿で著者は未来の生産システムの動向について論究する。その基本は、設計のプロセスとコミュニケーションの両方から要求される統合化にある。

1. 緒 言

本稿では、インテリジェント CIM (I-CIM) を構築するための理論的な面、方法論、そして運営面などについて論述する。一般に統合化問題は、システムの特性とコミュニケーションにかかわる要素を持っている。しかし、そのコミュニケーションにかかわる要素は既存の技術から切り離して考える必要がある。

今日の生産というものは、地理的に離れた異分野の専門家たちが互いに協力して行われている。これを“生産の共同化”(Manufacturing Collaboratory)と呼ぶ。未来における生産のやり方は、個別分野における統合化より、上述の生産の共同化に極めて依存度が高い。

さらにこのアプローチは、インテリジェント生産システム (Intelligent Manufacturing Systems IMS) でも必然的なものとして考えられる。これからはロー

カルな製造産業の形態をはるかに越えたグローバルな競争が一般化し、それにつれて共同協力体制としての製造産業が主流をなす (Yoshikawa¹⁴⁾)。その基本問題は、グローバルな方法の中にローカルインテリジェント思想を加味することである。それ故、本稿は生産の共同化という観点から I-CIM の概論について述べる。

2. インテリジェント CIM 未来の要請

現在、製造産業で用いる自動化方式は、図1に図示しているように自動化といういくつかの島 (Islands of Automation) がばらばらの形をしている。そして個別の島についての最適化を図る傾向があることから、このようなアプローチは全設備に関して準最適な生産システムをもたらす。現在の最先端生産システム

Islands of Automation

図1 自動化の島群

* 原稿受付 平成4年10月22日
** Manufacturing Research Center,
The Pennsylvania State University
(103 B Engineering Unit E,
University Park, PA 16802, U S
A)

	Characters of Manufacturing Industry	Types of Computer Automation
Past	Labor Intensive	No Automation
Past	Equipment Intensive	Isolated Automation
Present	Information Intensive	Interfaced Automation
Future	Knowledge Intensive	Integrated Automation

図2 生産の自動化の進化

における主な弱点をいくつか取りあげると次のようになる。

- (1) 不適当なシステム設計は全体としての非効率性をもたらす。特に運営面において著しい。
- (2) 不適当なシステムの統合化は結果として不完全な生産システムをつくる。
- (3) システムの設計において柔軟性を持たなければ、運営の段階でシステムの性能が低下したりシステムの柔軟性が欠ける。
- (4) ローカルな特性が強いシステム設計は不調和/不適当/準最適はシステムになりやすい。
- (5) ローカルなシステムの個別運営は、不調和/不適当/準最適なシステムの運営になる。

一般に、未熟な統合化や柔軟性を持たない個別的なシステムの運営は、不完全な生産システムになってしまう。ここで図2のような製造分野における自動化の歴史的な進化を眺めることは重要である。

図2は自動化に対する製造産業の自動化の進化と未来の姿を示している（Ham and Lu⁴⁾）。

知能集中型製造システムでは、必要とする知能とその知能の表現と使用などにより多くの注意が必要である。ところが、生産システムの中にインテリジェンスを組み込むための新しい提案にはあまり関心が寄せられていない。2人の人間が生産システムを定義すればそれぞれの考えは異なる。つまり2人の間には知識ベースにおいてどんな共通な解釈システムも持っていない。すなわち、換言すれば、それは知能の鳥群をなしていると言える。これらの鳥を統合するために知識においても統合化された自動化の必要性があり、またインテリジェントな生産統合化のために学問・運営面からの記述が必要である。

3. 製造システム：背景

製造システムは、様々な観点から定義されてきた（Merchant⁶⁾）。図3は生産システムの機能的な観点から構成したものであり、個別機能と製造分野の管理統制機能間の相互関係を表している。説明の便宜上、

図3 知能的生産システムの機能的側面

ここではCIMを次の3つの基本プロセスの結合されたものとして分類する。

- (1) 設計に関するプロセス
- (2) 実施・運営に関するプロセス
- (3) 統合化に関するプロセス

次にこれらのプロセスをさらに具体的に分類してみよう。

3.1 設計に関するプロセス

1) 製品設計

- 1.1) 概念設計
- 1.2) 製品特性
- 1.3) 設計仕様

2) 工程設計

- 2.1) 工程特性
- 2.2) 工程設計仕様

3) 品質設計

- 3.1) 品質の特性
- 3.2) 公差分析及び選定
- 3.3) 品質管理システム設計

4) システム設計

- 4.1) 最適化
- 4.2) 素材管理システム
- 4.3) 生産計画・管理システム
- 4.4) 検査システム
- 4.5) 配送と物流システム
- 4.6) 機能システム
- 4.7) 統合情報システム

3.2 生産に関するプロセス

1) オンライン・リアルタイムの検診と制御システム

2) オフライン検診と制御システム

3.3 統合化に関するプロセス

1) 検診と制御に関する統合化

2) 計画と管理に関する統合化

3) 設計と運営プロセスに関する統合化

これらの各プロセスに関する研究文献は数多くある (Kumara and Ham⁷⁾). ところが, 上の3つのプロセスの統合化についての研究はあまり議論されていない. 統合化プロセスの研究を進めるには, 多様な技術や設備などを含めてグローバルな生産共同体といった新しいパラダイムとして議論することが望ましい.

4. 21世紀に向けての生産の挑戦

一層競争力を高めるにも, 製造産業における生産プロセスを改善して行かなければならない. CIMの研究も1つのよい方法であるが, そこには多くの問題点が残されている. すなわち, 先端的なコンピュータ技術やコミュニケーション, つまりAI, ネットワーク, ニューラルネットワーク, 分散処理などの利用に欠けていることである. 生産に関する研究の主な問題は, システムの統合化よりむしろ自動化に関心が高まり, トータルシステムの統合化にはこれまであまり関心が寄せられなかった. 未来の生産は, 遠距離からの制御が可能で, 小ロット生産で, なお速い技術変化に対応できる特殊な支援システムに大きく依存する. よって未来の生産に挑戦できる特殊な支援システムは次のような特性を持っている.

- (1) 設計と生産にかかわる全要素の完全統合化 (Concurrent Engineering)
- (2) 多機能設備
- (3) 与えられた情報に対する迅速なアクセス
- (4) 高度で特殊な技術をもつ専門家たちが地理的に分散している.
- (5) オンライン検診と制御
- (6) 相互アクションのためリードタイムが短い
- (7) 強力で共有可能なコンピュータ能力
- (8) 専用のコンピュータ
- (9) 効率よく知的なデータ検索
- (10) 全製品のライフサイクルに対する支援

多くの製造企業は, 地理的に分散された形で生産設備を持っており, いわば, 「遠距離生産」 (remote manufacturing) の形をしている. 分散された設備間のコミュニケーションはファックス, 郵便, 場合に

図4 共同研究通信方法

よっては電報, ビデオなどによる遠距離間の会議などが用いられる (図4). しかし, 設計や生産について専門的な知識を交換したり, 遠距離監視・統制することは容易なことではない. 多国籍企業の場合においても, 各国が持つ生産部門を統合化することや情報・専門の知識などを交換することは難しい. I-CIMを構築するためには, 幅広い多様な技術を持つ研究者の共同研究が必然的なものになってくる. その高度で多様な技術というものは,

- (1) 生産設備の設計や操作能力, ソフトウェア, ハードウェアの面での知識を持ったエンジニア
- (2) AI, 並列・分散処理, ニューラルネットワーク, グラフィックス, 映像処理などの高度な技術
- (3) 生産分野で特殊な生産技術を持ったエンジニア
- (4) ネットワークの構成, 運営面での技術
- (5) オプティカルなコンピュータネットワーク, そして多くのメディアを用いたコミュニケーション技術

などを指す.

結果的に, I-CIM というものは, 多方面からの専門知識を取り入れた学際的な共同研究を必要とする.

5. I-CIMの展開のための重要課題

生産システムの効率的な運営に中核をなすものは, 言うまでもなく統合化である. 広義に統合化を定義すると, 「製造環境に多様な要素を, 組織が有する目的に合うように, 互いに関係づけること」と言える.

統合化の中核をなす要素は、コミュニケーションと生産システムの様々な要素間に調整を行うことにある。

過去 10 年間生産科学を進展させるために多くの努力があった。製造企業は生産技術者として要求される知識や訓練を教育機関で受けた高級技術者の不足に泣き言を言っている。大学は長い間製造技術者を育成してきたが、相変わらず、良質の製造技術者を求めることは難しい。幅広く受け入れられる研究のための教科課程の開発を進められるほど生産科学についての定義ははっきり出されていない。ここで提案した I-CIM システムの統合化モデルは、現代の生産分野で必要とする研究の学際的な分野を説明するのに手助けになる。詳細な研究は、生産科学において新しい洞察力を生み、さらに適切な生産科学に対する定義が可能になる。

最後に、自動化というものは、製品の品質や生産性そのものに対してよい解決案をもたしてくれない。製造産業において生産の構造や必要とされるものは変わりつつある。企業や生産の構造がどのように変化して行くかについて何の言及もできないが、我々がなすべきことは、生産のために、企業や生産構造の構成要素を統合化する方法を示すことである。隔離された分野間の生産システムの統合化は、コミュニケーション、協同を促進されることと、新しい方法に基づいて仕事をする技術者とマネージャを育成することによって、企業と生産の組織の変化を一層進めることである。このような変化は生産性、品質、そして仕事に臨む姿勢などの面から改善をもたらす。

6. 結 論

I-CIM は極めて知能集中型の生産システムである。その実現のためにはその性能や挙動等の問題を解決する研究や生産の共同化の研究が必要とされる。

次いで与える解決案は重要である。

- (1) 分散型データベースとそれらを統合化する方法
- (2) 設計、工程計画、設計のライフサイクルの支援などの分野における意思決定プロセスや技法
- (3) 隔離された分野間のインタフェースやコミュニケーションの要請
- (4) コンピュータや生産設備
- (5) 既存の技術 (郵便, ファックス, ビデオ, そ

他の装置など) の利用

もし、既存の技術に基づいて I-CIM システムの設計や性能を計るならば、時代に遅れたシステムになってしまう恐れがある。開発の要求性があるものは、特定の既存の技術に依存しない技術そのものである。それは、I-CIM システムの構造、挙動、機能的な面からの要求である。しかし、どの装置が使われるかについては特定化できない。我々はこの方法により、既存のものと異なる技術環境の下で、既存の技術に依存しない新しい要請を見いだすことが可能である。

参 考 文 献

- 1) P. Alexander et al.: Storing Design Knowledge in Cases, DARPA Working on Case-Based Reasoning, (1989) 188.
- 2) H. M. Bloom: Design for Manufacturing and the Life Cycle, in *Design Theory '88*, S. L. Newsome, W. R. Spillers and S. Finger Ed., Springer-Verlag, New York, (1989).
- 3) G. V. Bochmann: Concepts for Distributed Systems Design, Springer-Verlag, New York, (1983).
- 4) I. Ham and S. C-Y. Lu: CAPP - Present and Future, Keynote Paper at CIRP General Assembly in Tokyo, CIRP Ann., 37, 2, (1988) 591.
- 5) R. Johnansen: Groupware and Collaborative Systems, IEEE Global Communication Conf., 1989, Dallas, Texas, Nov. 27-30, 1989.
- 6) S. H. Kim: An Automata - Theoretic Framework for Intelligent Systems, Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, 5, 1, (1988) 43.
- 7) S. R. T. Kumara and I. Ham: Database Considerations in an Integrated Factory Environment, Int. J. Robotics and Computer Integrated Manufacturing, 4, 3/4, (1988) 571.
- 8) M. E. Merchant: The Historical Evolution of Computer Integrated Manufacturing, Trans. North Am. Manufacturing Research Inst. of SME, (1990) 3.
- 9) J. L. Nevins and D. E. Whitney ed.: Concurrent Design of Products and Processes: A Strategy for the Next Generation in Manufacturing, McGraw-Hill, Inc., New York, (July 1989).
- 10) H. A. Simon: The Science of Design - Sciences of the Artificial, MIT Press, Cambridge, (1969, 1981).
- 11) D. Sriram, G. Stephanopoulos, R. Logeher, D. Gossard, N. Groleau, D. Serrano and D. Navinchandra: Knowledge-Based System Applications in Engineering Design, Research at M. I. T., AI Mag., Fall, (1989).
- 12) N. P. Suh, A. C. Bell and D. C. Gossard: On an Axiomatic Approach to Manufacturing and Manufacturing Systems, ASME, J. Eng. Ind., 100, 2, (1978) 127.
- 13) P. S. Vail: Computer Integrated Manufacturing, PWS-KENT Publishing Company, Boston, (1988).
- 14) H. Yoshikawa: Discussions on IMS at the 41st CIRP General Assembly, Berlin, August 1990.