

「情報の世紀」のモノづくり考（11）

バーチャルファクトリーの幻想と現実

和田龍児

ハードからソフトへ移行し始めた物づくり

インターネットやイントラネットが盛んに利用され、ネットワーク環境が格段に整備された製造業分野では、仮想工場の有用性が盛んに議論されるようになっている。

バーチャル生産システムやデジタル・ファクトリーの出現は、製造業におけるソフトウェア技術の大きな役割を認識させ、「モノづくり」の新たな方法論の確立さえも予感させるものがある。

ハードウェア技術にのみこだわり過ぎていては、21世紀に製造業は衰退の道をだどる可能性は大きい。これからは、ハードウェア中心の『もの作り』の付加価値が相対的に低下し、ソフトウェア優先のモノ作りの付加価値があがっていくという予測もある。そして、こうした予測に基づいて、ハードからソフトへ、付加価値の高いモノづくりへと転換して行くべきであるとする議論もなされているし、実際に製造業のソフト化は着々と進展している。

確かに、製造業のソフトウェア化は、21世紀の製造業を活性化させるための大きな選択枝の一つであると思う。

とはいえ、日本の製造業の最大の強みはハードウェアとしての「モノづくり」にあることは間違いない。また、今後も、その強みを維持しつつ貴重な「モノづくり」の知的財産を継承・発展させて行かねばならないという課題を背負っていることも間違いない。

そのためにも、ハードの「モノづくり」の現場は、よりソフトウェアに視点を置いた設計・生産・製造技術の開発を行うことがいっそう重要になってこよう。

バーチャル世界と現実世界の架け橋

電子商取引や電子マネーなどが注目を集め、経済活動の舞台がコンピュータ・ネットワークを駆使したものに急速に変わり始めている。そして、こうしたネットワーク経済はさらに進展し、情報・知識を財とする電子プラットフォーム上のバーチャル・エコノミーに重点が移され、実体経済とインターネットにリンクした経済社会に移行しようとする萌芽が見え始めている。

こうした意味でも、「モノづくり」のシステムや生産技術も、それに対応した変貌を遂げざるを得ないということになる。

現在、世界中がハードウェア製造中心の旧来の工業社会から、情報をキーワードとした新しいタイプの工業社会へと移り変わる過渡期にあり、FAや生産技術の世界でも、仮想現実（Virtual Reality）や仮想工場（Virtual Factory）、仮想企業（Virtual Enterprises）など、「仮想」や「バーチャル」の名を冠したキーワードが氾濫している。

しかしながら、このバーチャルが産業界で実質的な意義や重みを持ち始めるには、もう少し時間を要するようだ。なぜなら、バーチャル世界はあくまでも計算機上に構築された思考上の「虚」や「仮構」の世界にすぎない。この虚の世界の事象

を实体经济へ転写して、虚と実体を完全に対応させるには、いくばくかの实体经济の担保を差し出す必要があるからである。この担保の評価のさらかたいかんによっては、「虚」の世界は「実体」の何倍にも膨らむが、下手をするとバブル経済のような状況とならないとはかぎらない。挙げ句の果てには、不渡り手形になってしまうかもしれない。

完全無人化工場と仮想工場

今からおよそ 20 年前のことになるが、筆者も含めた技術者たちは、「完全無人化工場」という手形を発行した。今でいうところの「仮想工場」であるが、残念ながら、その手形の決済は現在に至っても行える状態にない。この手形の決済ができるのは、たぶん 21 世紀の中ごろになるだろう。

第一次エネルギー危機以前の 1970 年当時、筆者は数社の工作機械企業の技術者たちと協力して将来の無人化工場についての構想を議論行っていた。

工作機械技術者や生産技術に携わる技術者の夢は、今も昔もそれほど大きくは変わっていない。その夢とは、完全に無人化された工場で、部品を製造し、組み立て、性能テスト等を行うことであった。こうした無人化工場では、完全な多品種・個別生産を高度なパターン認識機能を持つ人工知能を備えたロボットなどが必要になる。こうした技術の確立が、夢の「完全無人化工場」の必須の条件であると認識された。

当時構想されたこうした技術は今日、ある限定された条件のもとで、実現されている。あるいは、技術的に実現可能な領域に達しているものもある。

コンピュータ技術も、非常に重要な要素技術であると受け止められたが、当時のコンピュータ技

術の水準はハードウェア、ソフトウェアとも、現在では想像もできないくらいお粗末なものであった。

こうした技術環境のもと、無人工場の夢を語り合い、それを実現しようとしたことは、振り返ってみると、まさしく「壮大な夢」といわざるを得ないものがある。私たちは、N. ウィナーのサイバネテックスや、V. ノイマンの自己増殖モデルなどに大きな興味を抱き、彼らの理論の影響を受けつつ、無人化システムを巨大なセル構造の人工オートマタと見立てて、その夢をふくらませていたというわけである。

1970 年代の技術者たちが描いた無人化工場のイメージ

第一次オイルショックのあった 1973 年（昭和 48 年）の夏、私が勤務していた豊田工機と東芝機械の共同提案として『無人化機械工場設計仕様書』がつくられた。この仕様書の一端を紹介しながら、当時の技術者たちが描いた「無人化工場」の夢について説明しよう。

当時の無人化工場の最も重要な基本的な認識とは次のようなものである。無人化工場は外界との情報のやり取りを行う、自律的、自己完結的な閉じたシステムであるという認識である。

こうしたシステムを実現するには、システムそのものが自己保全能力、自己再生能力、自己複製能力を備えており、究極的には自己増殖能力すら備えるべき存在をめざすべきだと考えていた。そして、このような観点から、無人化工場は広い意味での高度人工オートマタとして捉える理解が必要であることを強調していた。

当然、論理機械としてのオートマトンは、質量の移動やエネルギーの変換を伴わないものなので、今日的な言葉で翻訳すれば、まさしく「コン

「コンピュータ内部に構築された仮想工場」ということになる。

この無人化工場の特徴は、セラー構成のカプセルによって変容的 (Metabolic) な生産システムを構成している点にある。生産装置はセルという基本要素単位で格納され、複数のセルが組み合わせてカプセルが作られ、そのカプセルが複数組み合わせられて、生産ラインを構成するわけである。この無人化工場は、多種多様なモノづくりに対応する。そのため、セル、カプセルという単位で生産システムの要素が管理され、生産物に合わせて、それに適した生産システムを構築できるようになっているわけである。

この無人化工場で、どのようにモノづくりが行われるのか、その様子を簡単に説明しよう。

セルは、通常はセル倉庫に貯蔵されており、無人化工場の加工フロアは白紙の状態を維持しているという待機状態にある。ここに、ある製品の生産計画が組み込まれ、あるものを生産せよという指令が行われると、その加工や組み立てに適したカプセルが選定され、そのカプセルのレイアウトが自動的に設定される。そして、各セルはセル倉庫から加工フロアの所定の位置に移動して、集合的に組み合わせられカプセルをつくりあげる。

カプセルはさらに複数組み合わせられて GT 的配列のカプセル群、ある時は加工機能別配列のカプ

セル群など加工フロア上に構成・展開される。

このシステムの特徴はカプセルの基本要素のセルが必要最小限の形態に統一、標準化されてセルとカプセルの組み合わせは無限に変身して自己組織化機能を有する変容的生产システム (Metabolized Production System) を構成することにある。

モノづくりに、生産ラインの構築にも、人の手は一切入らない。人は指示し、監視する役割を担うだけである。生産システムの保守も完全自動化される。

当時構想されたこうした「未来工場」は、結局は日の目を見ることがなかった。これはその後「人間中心のシステム」の重要性が再認識されたという事情も関係している。

しかしながら、今日でも当時筆者らが行ったのと似たような議論は、仮想工場システムや生物型生産システムの中で行われている。そして、当時議論されていた姿の工作機械は、残念ながらほとんど実用化されていないということも、また事実である。(2001/3/13)