

ニューハードウェアとホロニクス・パス

石井 威望

1. 産業「空洞化」現象の発生

アメリカの黄金時代といわれた1960年代当時、「われわれはもう製造に関するすべての問題を解決してしまった」という学者さえいた。しかし、皮肉にも60年代に続く20年間に、製造業における産業革命以来のパラダイム・チェンジが起こり始めたのである。筆者は、その変化の本質を「ニュー・ハードウェア」というキーワードに要約したいと考えている。しかも、このニューハード（以下この短縮した用語を使う）の誕生に決定的役割を演じているのが、ほかならぬ日本である。本特集の主題である日本の製造業の知恵が具体的に形になって表われた1つが、ニューハードであり、それは21世紀の技術文明にとってきわめて重要な特徴になるであろう。

そもそも、1950年代にコンピュータが実用化し普及するまでは、ソフトウェアという概念は必ずしも明確ではなかった。従来人間が知的作業として行なってきた機能、たとえば計算などの情報処理機能や知識の記憶機能などは通常機械装置の中にはほとんど存在しなかった。つまり機械すなわちハードウェアだけであり、今日のコンピュータ・プログラムのような情報だけを別個に専門化して扱う部分は例外的にしか存在しなかった。ルネッサンス後「時間」が物体の「運動」から分離されていったように、ソフトウェアがハードウェアと完全に分離されたのは1950年代以降であり、今日ではその重要性が異口同音に強調されている。事実産業面でもソフトウェア生産の分業化が急速に進むとともに、コンピュータをはじめ高度な機械においてはソフトウェアの比重が予想以上に増大してきた。この変化を先導したのは、アメリカであり、その結果1970年代以降ハードウェアからソフトウェアへと産業の重心が移行する傾向が出てきた。1980年代前半におけるドル高は、この傾向に拍車をかけ、いわゆる「空洞化」現象が顕著になった。産業のコメと呼

ばれている半導体製造分野においても、日本に主導権をゆずり、もっぱらソフトウェアの知的所有権で優位を保つ状況に陥った。

最近、「Made in America」(MIT Press, 1989)をはじめ、アメリカ国内でも空洞化への反省の声が生まれ、製造業の重要性を再認識する論調が復活してきた。

2. 「ニュー・ハードウェア」

日本においては、1985年秋のプラザ合意以後の急激な円高にともない、アメリカの前例からして当然「空洞化」現象が懸念された。また、工学部の卒業生が多量に非製造業とくに金融関係へ就職し始めた。加えて、近隣諸国の製造業の台頭などがあり、俄然産業界の不安感がかき立てられた。このような背景をふまえて、1988年1月に、1つの対応戦略として拙著「ニューハード革命」(PHP研究所)で提言したのが、「ニュー・ハードウェア」の概念であった。

その書中(134頁)にも、筆者は“Don't give up the hardware”というキャッチフレーズを使って、「もの離れ」の防止を主張したのであるが、その場合のハードウェアとは従来の意味ではなく、新しいタイプのハードウェアだという点を明確にするために「ニュー・ハードウェア」という言葉を使ったのである。要するに、ソフトウェア生産の分業化を徹底するあまり、製造業が情報機能を分離・放出して縮小過程に陥る政策をとるのではなく、逆に情報機能を吸収しむしろ分業化に対して融業化(technology fusion)を推進することによって、新たな質的拡大・発展と、飛躍的な産業活性化を達成しようとのシナリオである。

別の表現を用いるならば、ソフトウェア機能を諸々の物理的拘束から分離し、専門的に徹底的な研究開発を進めた上で、次の発展段階としてその高度なソフトウェアの潜在能力を完全に発揮させ得るようなハードウェアを創造し、両者を再結合させることが、「ニュー・ハードウェア」の目的である。したがって、単にソフトウェアとハードウェアの融合が「ニュー・ハードウェア」であ

いしい たけもち 東京大学 工学部

〒113 文京区本郷7-3-1

ると表現した場合に陥りやすい危険は、在来のハードウェアへ単にコンピュータ類似のデバイスを附加・接続することで十分だと誤解することである。そのような水準では、30年以上も前に提唱された「機電一体化」と何ら変わらない。今日ニューハードという場合は、歴然たるハードウェアにおける変化が不可欠である。半導体集積回路（IC）の驚異的な超小型化（ワンチップ化）などは、その典型例である。もちろんICの情報機能たとえばメモリーの情報量などソフトウェア面での向上はいままでもない。通常、「重厚長大」から「軽薄短小」への変化と象徴的にいわれている現象も、ニューハードの形状などの物理的特徴を指摘していると考えられる。

3. 製造業と「ホロニック・パス」

1973年の第1次石油危機の到来によって、製造業の内部においてもエネルギー消費が多い品目から、より少ない品目へと重点が移行した。すなわち素材関連から加工・組立関連分野への成長分野のシフトである。その結果、機械産業が主力になり、ファクトリー・オートメーション（FAと略称）が本格的に進められることになった。しかも、そのFAの内容は情報技術を十分に活用したフレキシブル・マニュファクチャリング・システム（FMS）であり、多品種少量生産が省力化・無人化と同時に可能になった。1970年代の中頃には、日本の工作機械の技術はようやく国際水準に達し、1980年代には世界最強の競争力をもつようになり、貿易摩擦が発生し始めるのである。「マザー・マシン」とも呼ばれている工作機械における優位は、機械産業全般に大きな影響を与えるに至った。もちろん、工作機械の大手ユーザーである自動車や家庭電気器具のメーカーの最終製品品質の向上やコスト低減にめざましい効果が表われた。

数値制御（NC）工作機械やマシニング・センター（MC）の普及は、金属材料の切削加工の自動化による飛躍的労働生産性の向上と、夜間の無人稼働による工期の大幅短縮を実現すると同時に、複雑な曲面創成が可能になったために設計上にも影響を与えた。たとえば非球面の（したがって収差がない）プラスチック・レンズが安価に量産できるようになったのは、NC工作機械によって非球面の射出成型用金型が切削加工されるようになったからである。かねて日本のオプト・エレクトロニクスへの評価は内外ともにきわめて高いが、光電変換固体素子CCDの発展が重要な役割を果たしているばかりでなく、このようなレンズ系における変化も見落とせない。

切削加工以外に、溶接、塗装、運搬、倉庫や材料・工具の加工機械への供給と着脱の自動化も、FAの不可欠な要素であり、通常「ロボット」と呼ばれることが多い。1980年をロボット元年と呼ぶことがあるが、今日まで日本は世界一のロボット生産量と設置台数を誇っている。しかし、1970年代までは、「ロボット普及即失業発生」論が欧米で盛んであった。80年代には一転して、「ロボット台数即産業活性化指標」論まで出るようになったが、これはあまりにも短絡的発想である。

たとえば、自動車組立工場に多数配置されている溶接ロボットにしても、溶接箇所自体を減らして工程を短縮する改善が努力目標であって、必ずしも台数増加が歓迎されているわけではない。「Made in America」（前出）の中でも指摘されているように、日本の製造業における設計部門と生産現場の交流・協調の結果、設計図そのものが製造しやすく作られており、「全体」として製品の質を高めているのであって、生産現場の「個々」の改善意欲（たとえばQCサークルや提案制度）だけに依存しているわけではない。

つまり「全体(holos)」と「個(-on)」が融合した、ホロニック(holonics)システムである。流れ作業方式による組立ラインで、その象徴であったベルト・コンベアが廃棄されるというような劇的変化が起こったのは、第1次オイルショック後の1970年代中頃であった。個人の能力差を無視し、組立ラインに配置される作業員の最低能力水準に合致させるコンベアのタクトは、省資源・省力化のためにシステム全体のすべての潜在能力を発揮させることを目標とする場合、むしろブレーキ以外の何物でもない。

これに対して、新しく採用された方式では、各作業者が数工程から20工程ぐらいを分担し、各人が多能工化し、自主的にキメ細かい改善（ハードウェアの改良も含め）に工夫をこらしていった結果、2回のオイル・ショックを克服できたばかりでなく、従来の単能工中心の低効率な分業システムから離脱し、驚異的生产性向上が成就した。つまり、まず人材面で融業化がおり、各部分のゆらぎを十分に活用した、柔構造のホロニックな生産管理システムのコンセンサスができた。

前述のニューハードの生産も、この1970年代におけるホロニック・パス(holonics path)への構造変化をふまえて、1980年代になって具体的に実現したと解釈できる。エイモリー・ロビンスが、エネルギー問題に関して従来の方式をハード・エネルギー・パスと呼び、それと対極

新時代のコンピュータ総合誌

Computer Today

11月号/発売中/定価930円

次世代Unixと オブジェクト指向のC

次世代Unixのコンセプト 斎藤信男
 オブジェクト指向とC言語 山本喜一
 Cによるオブジェクト指向風
 プログラミング・スタイルの効用 大和喜一
 COBによるオブジェクト指向プログラミング
 小野寺 民也・上村 務
 リフレクション言語とは何か 田中二郎
 <エッセイ・コラム・連載>
 「考え方」と「思い方」 今井 功
 <新連載>
 プログラミングとロジシャン 野崎昭弘
 MS-DOS シェルプログラムの技法 木下 恂
 Cの高速コーディング 太田昌孝
 アセンブラ入門 玉井 浩

月刊誌

数理科学

11月号/発売中/定価980円

重力波

宇宙を見る新しい目

重力波天文学への招待 早川幸男
 重力波をつかまえる 坪野公夫
 重力波検出実験の歴史 小川雄二郎
 レーザー干渉計重力波検出器の設計 三尾典克
 低周波重力波の検出 藤本真克
 重力波検出と量子力学的観測問題 山本喜久
 重力波放出の問題 二間瀬敏史
 連星中性子星の合体と重力波 大原謙一・中村卓史
 Cosmic Stringsと重力波 横山順一
 ブラックホールと重力波 佐々木 節^他

■最新刊

好評発売中

CGによるパソコン入門

芹沢正三著/A5/定価2266円

▶価格表示は、税込み価格となっています。

サイエンス社

東京都千代田区神田須田町2-4 安部徳ビル

☎03(256)1091 振替 東京7-2387

に位置するソフト・エネルギー・パスを1970年代に人類の進むべき道として提唱したが、ホロニック・パスはそのいずれでもなく、上記の製造業における歴史的変革をふまえて、まさに1980年に日本から世界へ向かって提唱された指導理念であり、1985年以降の円高にさいしてはそれがニューハードとして結実し、みごとにその正しさが実証された。

4. 通信ネットワークと製造業

代表的素材産業である鉄鋼分野で、1970年代になされた連続鋳造システムは、省エネルギー化の成功の象徴であり、続く1980年代においてはICの生産工場そのものがニューハードの典型例になったのである。すなわち、ニューハードによるニューハードの生産が良循環を生み出したのである。これらのシステムは、前節の加工・組立で生産システムにおける分権的な傾向に対して、むしろ全体の協調ないしは統合化の傾向が前面に出ている。つまり、「個」が協働的(synergetic)に集まって、全体の調和を自律的に作り出すホロニック・システムの重要な側面を示している。このためには、全体の情報を個々の部分に伝える通信ネットワークの存在と、個々における情報処理能力(いわばインテリジェント)化が相当高いことが必要である。日本の製造業においては、前者がハードウェアのインフラストラクチャーとしてのLAN(Local Area Network)になり、後者が企業内研修とりわけ情報化教育による人材育成である。LANを拡大してグローバルな情報ネットワークにまで発展させて、近年CIM(Computer Integrated Manufacturing)が目標とされるようになった。

現在まで比較的順調に発展してきた日本の製造業も、1990年以降は人口の高齢化と出生率低下に起因する若年労働力の供給不足に直面する。これに対してロボットなど省力化技術によって対応することは当然であるが、高齢者や女性が製造業にどのような形で関わってくるのか、人材育成の問題ともからんで真剣に対策が検討されねばならない。

× × × ×