



ITと補完的スキルの形成（〈特集〉 情報技術(IT)と企業経営）

原田， 勉

(Citation)

国民経済雑誌, 184(1):71-87

(Issue Date)

2001-07

(Resource Type)

departmental bulletin paper

(Version)

Version of Record

(JaLCOI)

<https://doi.org/10.24546/00051001>

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/00051001>



I Tと補完的スキルの形成

原 田 勉

本稿の目的は、情報化投資の経済的効果を発揮するためには、どのような条件が求められるのかについて、既存の実証研究や企業レベルでの具体的事例を取り上げながら考察することにある。この問題に対する本稿の主要なメッセージは、I T自体の学習を可能にする補完的スキルを確保していくことが長期的なI Tの経済的効果を規定する決定的に重要な要因であるというものである。情報化投資の効果とは、単に情報システム自体の優劣で決まるのではなく、既存の情報システムからいかに多くを学習し、その成果を新たなI Tアルゴリズムへとつなげていくことができるかどうか大きく依存している。このような補完的スキルを確保し継続的に向上させていくことができるかどうか情報化投資の成功の鍵となるのである。

キーワード 情報化投資, 補完的スキル, I Tアルゴリズム, 継続的学習

1. は じ め に

近年、情報技術（I T）の発展にはめざましいものがあり、企業経営においても情報技術をいかに効率的かつ有効に活用するのきはきわめて重要な課題になっている。社内的なインターネットの構築・データベースの共有はより効率的な業務遂行を可能にしており、インターネットの普及は、電子商取引やさまざまな新しいビジネスモデルの展開を生み出している。こうしたI Tの効果的・効率的な活用は、大企業のみならずベンチャー企業にとってもその市場でのパフォーマンスを左右するきわめて重要な経営戦略上の課題になっているといっても過言ではない。

しかしながら、このような重要性をもつ情報化投資を効率的に行っていくためにはどのような課題があるのかについて、現在までのところ一致した見解があるとはいえない。本稿の目的は、情報化投資の経済的効果を発揮するためには、どのような条件が求められるのかについて、既存の実証研究や企業レベルでの具体的事例を取り上げながら考察することにある。この問題に対する本稿の主要なメッセージは、I T自体の学習を可能にする補完的スキルを確保していくことが長期的なI Tの経済的効果を規定する決定的に重要な要因であるというものである。つまり、情報化投資の効果とは、単に情報システム自体の優劣に依存しているのではなく、既存の情報システムからいかに多くを学習し、その成果を新たなI Tアルゴリ

ズムへとつなげていくことができるかどうかに大きく依存しているのである。

本稿の構成は次の通りである。第二節では、情報化投資の経済的效果について、過去の実証研究をレビューし、第三節では、情報化投資に伴って必要となる補完的スキルについて議論していくことにしよう。

2. 既存の実証分析のレビュー：情報化投資の経済的效果

生産性パラドックス

近年のIT（情報技術）の進展はわれわれの生活を大きく変革しており、多くの企業、産業はIT革命によってその恩恵を享受し、生産性を高めていると考えても自然なことのように思われるだろう。しかしながら、過去の研究では、こうした推測が実は成り立たず、情報化投資はむしろ経済成長にとってマイナスであるか、あるいはせいぜいのところごくわずかの成長しかもたらさないということが明らかにされてきた。このような結果は、ITの「生産性パラドックス」と呼ばれ、ロバート・ソローによってその状況はきわめて簡潔に要約されている（Solow (1987)）。

「コンピュータは日常のいたる所に氾濫している。ただし生産性の統計数値を除いて」

(we see the computers everywhere but in the productivity statistics)

このようなITに関する悲観的な実証結果は、主に1980年代の米国経済を対象にしたものである。これらの研究の嚆矢となったのは、Loveman (1988) による実証分析である。Loveman は、フォーチュン500社のうち約20社の製造企業から抽出した約60の事業体を対象とした実証を行った。そこでは、労働、非IT資本、IT資本からなるコブ・ダグラス型生産関数をもとにしたモデルの推計が行われており、IT資本係数の推定値はきわめて低く、場合によってはマイナスの値をとることが報告されている。Berndt, Morrison and Rosenblum (1992) では、1968年から1986年までの期間を対象として、コンピュータ、コミュニケーション関連設備、科学機器、コピー機からなるハイテク資本ストックと総資本ストックとの比率を各産業（産業標準分類の2桁レベルで製造業に属するもの）ごとに推計した。そして、全体的にこの比率の上昇は、労働生産性の成長とは負の相関関係があるということが発見されている。Morrison and Berndt (1991) も同様のデータを用いて、1986年時点では、ITを含むハイテク資本の限界生産性はその限界費用を下回っており、過剰投資が生じたことになると結論づけている。

このように、1980年代から1990年代初めにかけての米国においては、ITに代表されるハイテク資本投資は生産性の上昇にはあまり積極的には貢献しておらず、むしろ過剰投資によ

るマイナスの効果が見られるという実証結果が得られたのである。こうしたI Tの経済的效果に関するネガティブな結果は、われわれが日常で感じているI Tによる恩恵が経済全体ではあまり芳しいものではないということを意味している。そのことが生産性のパラドックスとして多くの論争を引き起こすことになったのである。

この論争の1つとして、生産性パラドックスをどのように解釈すべきなのかという問題がある。つまり、I Tの生産性向上に与える影響が大きくないという実証結果は、本当にI Tの経済的效果が低いということを意味するのか否かという点である。この問題に関し、たとえばDavid (1990) は、経済史的な視点からするとこのような生産性パラドックスという実証結果は決して不思議なことではなく、特定の技術革新の効果が経済全体に浸透するためにはある程度以上の期間が必要であるということを指摘している。David はその例として19世紀末から20世紀初頭にかけて生じた電力革命の事例を取り上げ、電力、電気が各工場や家庭に普及するまでには数十年の期間を要したことを例示している。つまり、歴史的には、電力や蒸気機関といった汎用性の高い技術はその出現から普及までには相当程度のタイムラグが見られる。したがって、コンピュータが出現して間もない現代においては、I Tはまだ普及の途上にあるためその経済的效果は限定的にしか測定されないということになるのである。さらに、David はこのタイムラグの問題以外にも、新技術によって生じた質的变化や新たな製品・サービスなどは、生産性測定に用いられる指標（GNP、産出量）に必ずしも反映されていないため、結果として新技術のもたらした経済的效果は過少評価されているということも述べている。これらのタイムラグ、測定されない経済的效果のためにI Tの生産性パラドックスという結果が生じているというのである。

同様の論点は、Brynjolfsson (1993) によっても指摘されている。Brynjolfsson は、I T生産性パラドックスに関する過去の実証研究をサーベイしたうえで、その結果に関して次の4つの説明を与えることが可能であるとしている。すなわち、①アウトプット、インプットについての指標の不備、②タイムラグ、③I Tによる利益の再分配と消滅、④I Tマネジメントの失敗、である。

これらのなかで、①、②についてはDavid によっても指摘されたものである。③は、I Tによって既存の企業間での利益の再分配は生じるがそれによって全体的な利益が上昇するわけではないという議論である。つまり、I Tは限られたパイに対する各企業のシェアを変えるかもしれないが、それによってパイそのものは広がらないということである。④は、企業レベルでのI Tへの投資は、新古典派経済学が想定する合理的な経営者によって行われているわけではなく、合理性の限界や制度的障害などによってI T投資は非効率的なものにすぎないという主張である。Brynjolfsson によると、これらのなかでも特に重要なのは①による既存の指標による経済的效果の測定ミスにあるという。I Tによる実際の効果を測定できて

いないことが生産性パラドックスを引き起こしている主な原因だというのである。

ニューエコノミー論の台頭

以上のITの生産性パラドックスに関する実証研究は、主に1980年代までの米国経済を対象にしたものであった。これらの時期における米国経済は、1970年代あたりから見られた生産性の停滞という問題にも直面していた。したがって、ITが生産性向上に結びつかないというよりも、ITによっても生産性低下という現象に歯止めがかからなかったと解釈することもできる。というのも、IT資本の経済全体に占める割合はごくわずかであるため、ITによって局所的に大幅な効果があらわれたとしても、多くの生産性測定の実証レベルである産業や経済全体に与える影響は微々たるものにならざるを得ないからである。ITの生産性パラドックスという問題については、このITの経済全体に占める割合ということも考慮に入れる必要があるだろう。

しかしながら、1990年代に入って、米国経済は再び上昇気流に転じ、長い期間に渡って好景気を謳歌している。その一方でIT関連設備の価格は急速に低下し続け、ITへの投資はさらに伸びていった。そして、このIT資本こそが経済成長、生産性上昇の原動力になっているという新たな議論が台頭するようになった。これがいわゆる「ニューエコノミー論」と呼ばれるものであり、そこではITパラドックスではなくIT革命がキーワードになっている。いまやIT資本の限界生産性はその限界費用を上回り、情報化投資こそが生産性上昇の主要因になっているというのである。

このニューエコノミー論を主張する識者の論点は必ずしも全てが一致しているわけではないが、米国経済の生産性が上昇し、インフレが顕在化しないことにより景気循環プロセスが弱まったという見方においては共通している。さらに、前者の生産性上昇という点に関しては、その原因として次の4点が指摘されている。すなわち、①経済のグローバル化、②ITの発展、③規制緩和、④労働市場における柔軟性の高まり、である。これらの要因によって経済の効率性が高められているというのである。¹

実際、このニューエコノミー論、特に②のITの発展と生産性向上との関係を支持する実証分析も1990年代には数多く見られるようになった。その代表的な研究としては、Brynjolfsson and Hitt (1996) をあげることができる。この実証分析では、1987年から1991年にかけての367社の米国企業による情報化投資データを使用し、企業レベルでの生産関数の推計が行われている。その結果によると、情報化投資は企業のアウトプットに統計的に有意な影響を与えており、コンピュータ資本の限界生産性は81%にもものぼることが明らかにされている。その限界生産性は、少なくとも他の資本の限界生産性と同じくらいかそれを上回っており、情

報システム関連業務に従事する従業員（I S 従業員）とそれ以外の従業員（非 I S 従業員）を比較した場合にも、I S 従業員の生産性は非 I S 従業員よりも高いことが発見されている。この結果をもって Brynjolfsson and Hitt は I T の生産性パラドックスは1991年までには解消したと結論づけている。

このような新たな結果が得られたのは次のような要因が影響していたとかれらは指摘している。①データのカバーしている期間がコンピュータへの投資が特に活発に行われた時期と重なっている、②かれらの使用しているデータが過去の関連研究の多くとは異なって、産業レベルに集計されたものではなく企業レベルのものである、③過去の企業レベルの実証研究と比較してデータがより大規模であり、そこに含まれている企業の大部分がフォーチュン500にランクインしている大企業である。

まず、②については、産業レベルに集計されたデータではコンピュータによる質的变化や製品多様化を測定することができないのに対し、企業レベルのデータであればそうした変化が比較的アウトプットの変化に反映されやすい。したがって、企業レベルのデータではこの測定問題をある程度緩和することができる。③に関しては、このデータセットに含まれている企業の総アウトプットは米国経済の相当程度を占めているため、ここで得られた結果は米国経済全体の傾向を代表しているものと考えられるのである。

ニューエコノミー論にとってなかでも重要なのは、①の論点であろう。つまり、情報化投資が企業レベルで戦略的に重要な役割を果たすようになり始めたのが、これらの時期と重なっているのである。特に、1990年前後にはリストラクチャリングやリエンジニアリングという言葉が流行し、多くの米国企業が I T を徹底的に活用した業務の抜本的な見直し、改革に取り組んだ時期であった。それらの結果、米国企業の実生産性が著しく向上したと考えられるのである。

I T 産業においても、1990年前後には大きな変革が見られた。それは IBM を中心とした大型汎用機時代の終焉である。コンピュータのダウンサイジング（小型化）が進み、ワークステーションやパソコンの性能が著しく向上するとともにその価格は一段と低下していった。さらに、クライアント・サーバー方式という分散処理システムが普及することによって、汎用機を中心とした集中処理システムと比較して情報システムの構築・運用コストも低下したのである。このような I T 自体の技術的变化によって企業内での I T の戦略的活用は一層促進された。おそらく、Brynjolfsson and Hitt による実証結果が I T の著しい経済的効果を示したのは、こうした時代背景も大きく影響していたものと考えられるのである。

これらの変化に加えて、1990年代中頃からはインターネットが急速に普及していった。このインターネットによって従来のビジネスモデルや取引形態は大幅な変更を余儀なくされつつある。Brynjolfsson and Hitt が使用しているデータは、このインターネット普及以前のも

のであるため、1990年代後半をカバーしたデータを用いたならば、さらにITの経済的効果は高いものになると予測される。いずれにしてもITの経済的効果は、われわれの日常生活のみならず生産性統計の数値においても、1990年代からは確認されるようになったのである。

ただし、ニューエコノミー論が主張するように、ITが経済成長の原動力になったのか否かについては、この実証結果からは必ずしも明らかではない。というのも、ここでは企業レベルでの生産性の上昇にITが貢献しているという結果が言及されているにすぎないからだ。1990年代を通じて米国経済全体の生産性が最終的に上昇したかどうかという問題に対する答えにはなっていないのである。

したがって、ニューエコノミー論の実証結果からは、ITの経済的効果をあまり過大評価してはならないことがわかる。ITの経済的効果は企業レベルで見ると大きなものであるが、それが経済全体に波及効果をもたらし、生産性の上昇に結びついていると結論づけるにはまだまだそれを支持するデータが不足しているのである。

日本の情報化投資効果

さて、以上のITの生産性パラドックスやニューエコノミー論は、米国の経済、産業、企業を対象にしたものであった。それに対して、日本における情報化投資の経済的効果はどのようなものなのだろうか。

この問題に関する実証分析はいまのところあまり多く存在していない。しかしそのようななかでも、データや使用されている方法論などの観点から最も信頼性のある分析としては、松平 Jordan (1998) による実証分析をあげることができる。この実証研究では、上述の Brynjolfsson and Hitt や Lichtenberg (1995) の分析手法を適用し、日米の比較可能な結果を提出している点で興味深いものである。この研究では1996年における228社の日本企業の生産関数が推計されている。その結果によると、IT資本のリターンは製造業においては他の設備よりも高くなっているが、非製造業ではIT資本の限界リターンはゼロであった。そして、IT従業者に関しては製造業、非製造業ともにその係数は有意ではないことが報告されている。したがって、日本における情報化投資の経済的効果は、IT資本の効果として製造業にのみ認められるということになるのである。この結果からすると、日本では依然としてITの経済的効果が限定されていることがわかる。Brynjolfsson and Hitt では米国の非製造業でもIT資本に対するリターンは正できわめて大きく、IT従業者も生産性向上にポジティブに貢献していることが示されているからである。

このような実証結果から、1996年時点では情報化投資の経済的効果がフルに顕在化する段階までには至っていないと解釈することもできるだろう²。よく知られているように、日本で情報化投資が活発化したのは1994年からであり、金融機関以外の企業が積極的にITを活用

し始めてまだ日が浅い。特に、非製造業では情報化投資効果があらわれるには、製造業以上に時間がかかることが多いだろう。製造業の場合には、生産現場に I T を導入することによって比較的短期間に一定の効果をあげることもしばしば起こり得るからである。したがって、この実証結果からわかるのは、全体的に情報化投資が日本では活発であるけれども、米国と比較するとその効果を十分に享受するにはさらなる改善、工夫が求められるという点である。

しかしながら、問題は、この改善、工夫とは具体的にはどのようなものかという点にある。日本で情報化投資の経済的効果が低い水準にあるとすれば、そこに何が欠けているのかについて明らかにしない限り有効な提言を行うことはできない。そこで以下では、よりミクロレベルの企業における I T 導入の具体的事例に言及しながら、情報化投資の経済的効果を規定する要因について検討していくことにしよう。

3. I T 導入による新たなスキルの形成

代替される技術・熟練の保持

企業で I T を導入するということは、企業内で行っている業務の一部を I T によって代替していくことである。そして、この I T 導入によって消え去る業務、作業は必ず存在する。その作業とは従来、人手によって行われていたものであるが、そのアルゴリズムがプログラム化され I T によって代わりに遂行されることになる。

一般に、I T の適用領域は次の 3 つのケースに分けることができる。すなわち、①作業アルゴリズムが明確であり、固定的である場合、②作業アルゴリズムは明確であるが、絶えず改善の余地のある場合、③作業アルゴリズムが不明確である場合、である。

これらのなかで、I T 導入が比較的容易でありその効果が即座にあらわれるのは①のケースである。この場合、I T によって作業を代替すればその後の修正・変更は必要ではなくなる。それに対して②のケースでは、代替すべき作業アルゴリズムは明確ではあるけれども、それを I T によって代替するだけでは十分ではなく、I T 導入後も既存の I T アルゴリズムの修正・変更、新たなアルゴリズムの発見が求められる。つまり、情報化投資後の絶え間ない学習が求められるのである。生産現場のコンテキストでいえば、プロセス・イノベーションを人間から I T へと場を移し変えて継続的に遂行していくということに他ならない。そして、この I T の場でのイノベーション、学習を推進する主体は、現在のところでは多くの場合、I T 自体ではなく I T によって代替された人間が該当するのである。

③のケースでは、この人間の果たす役割はさらに強化されることになるだろう。この場合には、そもそも代替すべきアルゴリズムさえ明確ではなく、それを解明していくことから始めなければならない。たとえば、造船の際に必要とされる「線状加熱」の例をあげてみよう。線状加熱とは、高熱を加えた鉄板が収縮する性質を利用して、船体曲面部に使用する厚板を

自在に曲げる作業のことである。この線状加熱はきわめて高度な熟練作業であり、造船業界ではこの作業を一通り覚えるのに6年、熟練の域に到達するためには最低でも十数年かかるといわれている。この熟練を要する線状加熱をロボットによって代替させる試みが見られるようになった。たとえば、NKKの津製作所では、熟練作業者が自らのノウハウを数値データに置き換え、ロボットに入力することによって線状加熱を自動化している。そこでは、この作業を担当していた熟練作業者が自らのノウハウをルール化し、それをプログラム化していくことによって情報化・自動化が達成されていくことになったのである。

もちろん、代替されるべき熟練作業以外の人間がこの解明を行う場合もあり得る。たとえば、石川島播磨重工業が呉第一工場に導入した線状加熱ロボットの場合、どこを加熱すればどれだけ鉄板が曲がるかを自動的に割り出し、そのデータにもとづいて電磁調理器具と同じ原理で加熱し、変形させることができる。そこでは立体形状を平面図に展開し、適切な加熱法を決定する独自開発のソフトが主要な役割を果たしているのである。これは従来の熟練工が行っていた作業をダイレクトにアルゴリズム化したというよりも、それを新たな手法によって代替したものと考えられる。この場合には、おそらく熟練工以外の専門家の関与する度合いが高かったのではないかと推測される。つまり、熟練工のもつノウハウを異なった原理によって解明していったものと考えられるのである。

いずれにしても③のケースでは、従来、暗黙的に遂行されていた作業を解明するところから人間が学習していく必要がある。この学習が不十分なものと、情報化投資の経済的効果は決して高いものにはならない。そして、この学習の後にITが導入されると、今度はその作業の性質、役割によって①か②のパターンにしたがうことになるのである。

したがって、②、③の場合には人間による学習が決定的に重要であり、多くの場合、IT導入によって代替された熟練者（あるいはかれらがもつ知識・ノウハウ）をいかにして確保していくのが問われることになる。IT導入によってたとえアルゴリズムが解明されたとしても、その後も継続的にアルゴリズムの修正、改善を実施していかなければならないからである。そこで重要な役割を果たすのが代替された熟練そのものである。この熟練を理解しているということがアルゴリズムの改善にとって鍵となる。というのも、多くの場合、熟練作業者のノウハウをさらに深く解明していくことによって、アルゴリズムの修正・変更・改善が実現されるからである。そして、この過程では、通常、熟練作業者とプログラマーとの濃密な情報交換が求められる。あるいは、場合によっては熟練作業者自身がプログラム作成を行うこともあるだろう。いずれの場合にしても、既存の熟練・ノウハウがベースになっているのである。

そこで問題になるのは、いかにしてこうした熟練を組織内に残していくのかという点である。原田（1991）では、この情報化によって現場での熟練作業者が代替されていき、既存の

熟練が失われていくことによって組織の学習能力が低下していく現象をアーティキュレーション・ジレンマと呼び、それにいかに対処していくのが重要な課題であるということが指摘されている。つまり、I T導入後の学習という観点からすると、情報化によって代替された熟練のなかでも保持されていかなければならない部分が存在するということである。このアーティキュレーション・ジレンマに対処していくためには、具体的には、①組織内に保持されるべき熟練とは何か、②熟練を保持すべき人材はだれなのか、③熟練を保持する方法・機会をどのようにして提供するのか、といった問題が解決されなければならない。

まず、I T導入によって代替される熟練のすべてが保持されなければならないということではなく、そのなかの一部が組織内に残されていけばよい。既存の熟練のなかでどの部分が今後の学習にとって鍵となるのかという観点から取捨選択し、その主要な部分を明確にしておく必要がある。次に、このようにして選択された熟練をだれが継承していくのかという点について組織メンバー間で合意されていなければならないだろう。ベテランの熟練作業者が退職した後のことを視野に入れてそれを継承していく人材の確保が求められる。そして、最後にその人材がターゲットになった熟練をどのような方法によって獲得していくのかを検討していく必要がある。これは必ずしも従来の熟練作業者が辿ってきた道を繰り返さなければならないことを意味するのではない。I T導入後にI T自体の改善を行っていくのに必要な熟練とは、たとえば手作業における熟練である必要はないかもしれない。そこで求められるのは、手作業の経験で事足りることもあり得る。特定の作業に実際に熟達しているということではなく、その作業を経験しそれに対する明確なイメージ、心象をもつことでアルゴリズム自体の改良を実施していくことができる場合もある。ここでは、作業経験は必要だが、それに習熟しているかどうかはあまり重要な問題ではない。したがって、こうした場合には、熟練の保持という課題は比較的容易に達成することができるのである。

熟練の獲得という手段として、熟練作業を経験させる機会を定期的に提供するという試みが有益であろう。この点に関して原田（1991）では、日本精工の福島工場の事例が取り上げられている。この福島工場ではVTRやO A関連機器用の極小、小径タイプのベアリングが主に生産されており、CIM工場として世界でも最先端のレベルにある。そこでは、通常の作業は機械によって遂行されているが、機械の故障時をうまく利用して作業者にも手作業をあえて経験させる機会が提供されているという。このような機会を提供することによって熟練の保持が行われているのである。

しかしこの手作業の機会の提供はあくまでも日常業務の範囲外で行われることであり、当然ながら熟練獲得手段としては限界がある。より直接的な熟練形成の場が提供されている例として注目に値するのはサッポロビールの九州工場の試みである。この工場の特徴は、全自動化ラインのビール製造工程の要所にあえて人間の判断を組み込んでいる点にある。たとえ

ば、タンクとタンクを結ぶ全自動バルブを手動式のホースに切り替えたり、窯のなかの麦汁の具合などを人間の目で確認させ OK ボタンを押さなければ次の工程に進まないように設計されている。このような人間の熟練や感性を要する作業を意図的につくり出すことによって熟練形成の場を設けているのである。

当然ながら人間を介在させることによって、全自動化ラインと比較して生産効率は低下することになる。実際、九州工場の 1 人当たり年間生産量は、同社の最新の全自動化工場である千葉工場よりも 300kl 落ちるとい³う。しかしながら、ビールの味にこだわっていくためには、味に対する人間の感性を維持しそれをビール作りに生かしていかなければならない。そのためには、全自動化ラインのみに依存するのではなく、そこに人間の感性を組み込んでいく必要がある。サッポロビールの九州工場は、この感性を組織的に保持していこうとする 1 つの試みとして捉えることができるのである。

情報化投資に関する既存の議論の多くは、情報化投資のタイミングや規模、技術選択についての問題点が言及されている。しかしながら、それ以上に大切なのは情報化投資後の学習、熟練の維持という問題にいかに対処していくのかということにある。というのも、多くの場合、IT 導入後も継続的に IT 自体の改良・改善が求められるからである。つまり、情報化投資の後にも学習は継続されるのであり、この学習の効率性こそが情報化投資の経済的効果を規定するきわめて重要な要因だと考えられるのである。そのためには、いかに既存の熟練を代替していくのかという問題のみならず、いかにして代替された熟練を組織的に保持していくのかという問題も同時に検討し対処していかなければならないのである。

新たな補完的スキルの必要性

このように、情報化投資によって代替される熟練のなかにも継承していくべき重要なスキルが存在する。その一方で、IT 導入によって従来にはない新たな能力・スキルが必要になってくる場合もある。たとえば、その典型的な例として 2 次元 CAD (コンピュータによる設計) から 3 次元 CAD への移行をあげることができる。3 次元 CAD は画面上で設計する製品を立体的に扱うため操作手順が複雑になる。そのため、2 次元 CAD に熟達していた設計者にとってもその習得までには数ヶ月を要する。2 次元と 3 次元とでは要求されるスキルは質的に異なってくるからである。したがって、3 次元 CAD を導入してもその操作方法をマスターしない限り、その効果を楽しむことはできないのである。

しかし、この 3 次元 CAD の導入に伴い新たに要求されるスキルとは、単に 3 次元 CAD のオペレーション能力だけに限定されるものではない。具体的には、2 次元 CAD から 3 次元 CAD への移行に伴って設計者は新たに 2 種類のスキルを学習する必要がある (Baba and Nobeoka (1998))。第一に、従来ならば部品設計のアイディアを 2 次元図面のルールに合わ

せて変換する能力が求められたが、3次元CADの場合そのような能力は必要ではなく、3次元ソリッドモデルを使った設計能力が要求されることになる。第二に、従来では他の機能部門の技術者だけがもっていればよかったスキルを3次元CADのもとでは学習していくことが必要になる。というのも、3次元CADによって設計者は生産要件を取り入れた詳細設計を実施することができるため、従来ならば生産技術者が担当していた領域にまで踏み込んでいくことが求められるからである。このように3次元CADの潜在的な能力をフルに発揮するためには、設計者自身が新たなスキルを獲得しなければならないのである。

この3次元CADの事例のように、IT導入に際して新たな能力・スキルが求められる場合が数多く見られる。それは、単にITのオペレーション能力に限定されるものではなく、IT導入によって既存の作業や業務のあり方が根本的に変わっていくことに伴う新たな作業能力ということもあり得る。このようなIT導入に関する補完的スキルをいかにして確保していくのかという問題もまた、熟練の継承・保持と同じくらい重要な課題になる。この補完的スキルがなければ、いかに優れたITを導入してもその潜在的な能力を発揮することはできないからである。

たとえば、化学業界ではコンピュータによるシミュレーションによって新化学物質を発見していくコンピュータ・ケミストリーが普及しつつある。この手法を使えば、膨大な時間とコストのかかる実験を実施する必要はなく、コンピュータ上のシミュレーションで代替することができる。それが可能なのは、何万種類もある化学物質、ポリマー、試薬などの分子構造、物性の情報がデータベース化されているからである。このデータベースにインプットされている任意の物質を組み合わせた結果は、コンピュータによって計算されることになる。したがって、コンピュータ・ケミストリーによって従来の実験作業は必要ではなくなるのである。

しかしながら、このことは新材料の発見において従来の化学技術者の能力が不要になるということを意味するのではない。どの物質の組み合わせを追求すべきかという問題は化学技術者の直感、ひらめきに負うところが大きく、さらに、新材料を評価する際にはその特性・能力のみならずコストや製法など化学メーカー固有の事情についての配慮が求められるからである。これらの直感、ひらめき、コスト、製法への配慮は従来の研究開発でも必要とされることである。これらは、コンピュータ・ケミストリーの導入によっても依然として重要な役割を果たすことになる。

その一方で、コンピュータ・ケミストリーは従来の化学技術者の作業をより効率的にするという役割に限定されるものでもない。ある医薬品製造のケースでは有機化学のベテラン研究者は3種類の製造法しか思いつかなかったが、コンピュータは8種類の製法を見つけ出した⁴という。このことから示唆されるのは、コンピュータ・ケミストリーを効率的に活用して

いくことによって、新たな相乗効果を発揮していくことが可能になるという点である。このITと従来の能力・スキルを組み合わせしていく能力、そしてそれによって発揮される相乗効果は、IT導入によって生成する新スキルとして解釈することもできるだろう。このような融合と相乗効果こそがITの経済的効果のなかでも最も重要なものといえることができるのである。

NKK 福山製鉄所では、製鋼、圧延、エネルギー管理、保全、原料ヤードの運用などあらゆる製造工程が情報システムによって統合、管理されているばかりでなく、人工知能も導入されている。この人工知能は熟練工のノウハウをルール化したデータベースにもとづいており、炉熱の推移やガス流の分布、異常発生などに関する対処方法についてオペレーターに指示を出す役割を担っている。その結果、オペレーターに求められるのは単に情報システムを操作することばかりでなく、人工知能の指示にもとづいた適切な意思決定も必要になる。それは初期の段階では人工知能の指示にそのまま従っていればよいのかもしれないが、さらに上の段階ではそのような経験を通じて自らが学習し、新たなノウハウを独自に獲得していくことが求められる。そうでなければ既存の熟練工のレベルを超えることができず、それ以上の進歩は望めないだろう。従来の熟練工は現場での作業を通じて熟練・ノウハウを獲得していったのに対し、この情報システムの下では現場作業ではなくシステムの操作を通じて学習していかなければならない。つまり、新たな環境下での新たな学習能力が求められるのである。

コンビニエンスストア業界では、いまやPOS（販売時点情報管理）システムの導入は何ら物珍しいことではなく、むしろPOSをもっていないところは皆無といっていいたいだろう。このように情報システムが普及している業界でその効果を最大限発揮していくために鍵となるのは、POSデータから新たな品揃え、売れ筋商品についてのヒントを嗅ぎ分けていく能力である。たとえば、セブン・イレブンの各店舗のレジでは、「子供・中高生」「若者・男性」「主婦」など細かい属性を表すキーが並び、店員が清算時にだれが、どこで、いつ、どんな商品を何と一緒に購入したのかといった情報が即座に収集されるシステムになっている。さらにそれに加えて、これら質の高いPOS情報を効果的に生かすノウハウも確立されている。たとえば、最も売れ筋の商品を品揃えするというのであればそれは単なる事後的な対応にすぎない。実際、この程度のことは、POSシステムを導入しているところはどこでも実施していることであり、その段階にとどまっている限り経済的効果（競争優位性）を享受することは難しいだろう。しかし、売れ筋情報のなかでも下位の商品の伸び率が高いことが明らかになれば、その商品が次のヒット商品になるという仮説を立てて、あえてその仕入れ量を売れ筋商品よりも増やしてみるという試みも考えられる。それに成功すれば新たなヒット商品を生み出したことになる。このように与えられた情報をいかにして解釈し、そこから新たな仮説を導く

のか、という点に関してセブン-イレブンは独自のノウハウを確立している。こうしたノウハウが質の高い情報と相まって競合他社以上の販売効率の達成を可能にしているのである。

このように情報化投資に伴って新たに求められる補完的能力・スキルは、具体的には次の3つの種類に分けることができる。すなわち、① I Tのオペレーション能力、②新たな補完的タスクの遂行能力、③ I Tアルゴリズムの進化に関する学習能力、である。

まず、①のオペレーション能力に関しては比較的容易に習得することができるだろう。I Tの操作方法についてはマニュアル化されていることが多く、時間さえかければそれを習得することは困難ではないからである。さらに、I T自体の操作性、使い易さは年々向上しており、その操作に要求されるスキルの程度もあまり高いものではなくなっている。それによってI Tの操作自体に習熟していくこともはるかに容易になってきているのである。

I Tの導入は、単にI Tの操作能力を要するばかりではなく、I Tによって作業のあり方が変わり、従来なかったタスクが発生することがある。②の新たな補完的タスク遂行能力とは、このようなタスクを遂行していく能力である。たとえば、3次元CADの場合、その普及に伴って3次元成形手法の1つである「光造形技術」が脚光を浴びるようになってきている。光造形技術とは、3次元CADのデータをもとに厚さ0.1ミリから0.2ミリ程度の樹脂の層にレーザー光を当てて固めながら重ね、最終的に実物と同じ形の樹脂製品をつくる手法である。これは、レーザー光を当てると固まる特殊な液体樹脂を利用したものであり、製品のデザインや機能を事前にチェックするための試作品製作に応用されている。従来の切削加工技術を利用する場合と比べて試作に必要な時間が大幅に短縮できるため、光造形技術を活用することによって新製品開発の効率化をはかることが可能になるのである。この光造形技術を活用していくためには、あくまでも3次元CADで図面を設計することが前提となる。したがって、3次元CADの導入によってはじめて応用できる新たな補完的タスクになるのである。

このようにI T導入によって新たな機能の付加や技術の応用が可能になることは少なくない。それらの作業に要する人的能力・スキルは、単なるI Tの操作能力よりも習得するのが困難なことの方が多い。上述のようにI Tの操作性は年々向上しており、そのための方法論も整備されているからである。もちろん、補完的タスクの遂行能力の場合もさらなる機械化・情報化で対処できる場合もあるだろう。たとえば、光造形技術の場合、造形機やソフトウェアの性能が向上しているため、現時点ではその応用はあまり困難なものではないかもしれない。しかし、そのような機械装置、ソフトウェアなどの市場が形成されていない場合には、補完的タスクの遂行能力を獲得していくのは必ずしも容易な作業だとは思われない。そこでは、I T自体のオペレーション能力獲得よりも時間とコストがかかることになる。

これら①、②の補完的スキルに対して、③のI Tアルゴリズムの進化に関する学習能力については、短期的には必要不可欠なものでは必ずしもない。①、②の補完的スキルが形成さ

れていれば、日常業務の遂行に何ら支障はないだろう。しかしながら、IT導入の経済的効果が最大限発揮されるためには、ITからもたらされる情報・データをもとに新たな意思決定を下し、その経験を積み重ねていくことからITアルゴリズム自体の改良・改善へとつなげていくことが求められる。そうでなければ、ITが競合他社に普及してしまうと、IT自体による差別化は難しくなってしまう。上述のセブン-イレブンの強みは、情報システムそのものにあるというよりも、POSデータからいかにして売れ筋商品に関する仮説を構築し、品揃えを行っていくのかについて独自のノウハウをもっている点にある。このようなノウハウの積み重ねのみならず、それが情報システム自体の改善へと反映されていく点にセブン-イレブンの真の強みを見いだすことができるのである。

このようなITアルゴリズムの進化に関する学習能力は、①実地経験からの学習、②データからの学習、という2つのタイプの学習を経て獲得されるものと考えられる。①の実地経験からの学習とは、具体的な事象に実際に触れることによって学習していくことを意味する。たとえば、IT導入前の生産現場ならばITによって代替された熟練作業、小売業のPOSデータならば実際の売り場での顧客の購買行動がそれに該当する。こうした具体的な事象を直接経験することで、生産ノウハウや販売・品揃えのノウハウを学んでいくことができるだろう。このタイプの学習は、IT導入以前からすでに存在しているものでもある。

一方、②のデータからの学習とは、情報システムからもたらされるデータを解釈し、それによって新たな意思決定を下していくことである。このような学習は、実地経験からの学習とは異なっている。なぜなら、後者は現場での経験や勘、直感に依拠した学習であるのに対し、前者では、ITからもたらされるデジタル・データが主な判断材料になっているからだ。つまり、意思決定の材料、インプットがアナログ的なものからデジタル的なものへとシフトしていくことになるのである。

Zuboff (1988) はこのようなシフトこそがIT環境下で最も重要な要因であると指摘している。Zuboffによると、ITの機能には2つの側面があるという。1つが機械に指示を与え人間に取って代わって作業を遂行するオートメート (automate) であり、もう1つのが機械の遂行する個々の作業から情報を収集しフィードバックするインフォメート (informate) という機能である。このインフォメートによって得られるデータをいかにして解釈し適切な意思決定へとつなげていくのかという点にIT環境の新しさがあるというのである。

このような議論に対して、原田 (1991) はさらにトランスレート (translate) と呼ぶことのできる新たな機能がITによって実現されていると指摘している。このトランスレートとは、インフォメートによってもたらされる抽象的なデータを自動的に解釈し、より具体的な作業指示へと翻訳していく機能のことである。インフォメートの機能のみであるならば、Zuboff の指摘するように抽象的なデジタル・データを解釈し学習していくことが求められ

る。しかし、このトランスレート機能が加わることにより、多くの場合そのような解釈は必要ではなくなり、ただ単にI Tからの指示にしたがっていればよいということになる。つまり、データからの学習は不要になるのである。

このようにトランスレート機能は、短期的にはデータからの学習を不要にし、I Tの経済的効果を高めることに貢献するだろう。しかしながら、問題はそれによって上記の2つのタイプの学習が阻害される可能性が強くなるという点にある。なぜならば、トランスレート機能に順応してしまうと、デジタル・データやそれを生み出す具体的事象に関する考察の必要性がなくなるからである。つまり、I Tによる指示の背後にある因果関係やノウハウの類推、学習という高度に知的な作業を省略してしまう傾向が強くなるのである。

これらの知的作業は、日常業務において要求されるものではなく、それがなくても業務に何ら支障はきたさなくなるだろう。これが問題になるのは、異常事態が発生した場合や、I Tからの指示ではうまく対処できないような場合である。しかし、情報システムが優れていれば、すなわちトランスレート機能が整備されていればいるほど、このような異常事態はあまり発生しなくなる。したがって、通常、このトランスレート機能の環境下に順応している限り、実地経験／データからの学習が阻害されることになるのである。

しかしながら、I Tのアルゴリズム自体が絶えず修正・改良されていかなければならないような状況下では、長期的にはこれらの学習が確保されなければ大きな問題となるだろう。そのためには、トランスレート機能に機械的に反応しているだけでは十分ではなく、そのような作業のなかで個々のI Tによる指示の背後にある現象に関する因果関係、ノウハウを類推しつつその対応結果から学習していくことが求められる。つまり、実地経験／データからの学習をトランスレート機能があるにかかわらず継続していく必要がある。その経験の積み重ねによってI Tアルゴリズム自体の修正・改良へとつながりかけていくことができるのである。

したがって、I T導入後に留意すべき事項として、いかにしてこのような学習機会を継続的に提供していくことができるのかという点を指摘することができるだろう。特に、トランスレート機能が充実している情報システムの場合にこの点は問題になる。そのためには、日常業務のなかでI T使用者自らに判断する機会を与えたり、I Tの遂行する作業の基礎となっているノウハウの体系に関する理論的な研修・トレーニングの場を提供したりすることも有益である。あるいは、上で指摘した既存の熟練について経験を積み習熟していくことも必要になるだろう。

しかし、ここで問題となる学習能力は、現場経験を通じた熟練というものではなく、それを部分的に継承しながらもI T環境下でデジタル・データをもとにした学習を行っていく点に特徴がある。それは、既存の熟練と新たなデジタル・データをベースにした知的能力とが

融合した新たなスキルに他ならない。したがって、上で指摘した単なる熟練の継承にとどまらず、継承されるべき熟練と知的スキルとを融合させていくことこそが求められる。IT導入によって必要とされるこの新たな知的スキル、学習能力を確保していくことこそが最も困難なことであり、かつ長期的には最も重要な課題になるのである。

注

- 1 ニューエコノミー論の批判的なレビューについては、経済企画庁調査局（1997）を参照せよ。
- 2 ただし、富士通総研の研究で使用されているデータは、1996年のクロスセクションデータであり、米国の関連研究で使用されているような複数年にわたったパネルデータにはなっていない点に注意する必要がある。今後の課題としては、さらにデータを拡充したうえで、同様の実証分析を行っていくことが重要であろう。
- 3 『日経産業新聞』，1997年6月6日付。
- 4 『日経産業新聞』，1997年7月3日付。

参 考 文 献

- Baba, Y. and K. Nobeoka (1998). Towards Knowledge-based Product Development: the 3-D CAD Model of Knowledge Creation. □ *Research Policy* 26: 643-659.
- Berndt, E., C. Morrison, et al. (1992). High-Tech Capital Formation and Labor Composition in U. S. Manufacturing Industries: an Exploratory Analysis. □ NBER Working Paper No. 4255, January.
- Brynjolfsson, E. (1993). The Productivity Paradox of Information Technology. *Communications of the ACM* 36 (December): 67-77.
- Brynjolfsson, E. and L. Hitt (1996). Paradox Lost? Firm-level Evidence on the Returns to Information Systems Spending. *Management Science* 42 (No. 4): 541-558.
- David, P. A. (1990). The Dynamo and the Computer: An Historical Perspective on the Modern Productivity Paradox. *American Economic Review* 80: 355-361.
- 原田 勉 (1991) 『アーティキュレーション・ジレンマ』一橋大学大学院商学研究科修士論文。
- 経済企画庁調査局 (1997) 「ニュー・エコノミー論についての一考察—生産性は上昇しているか—」『経済月報』平成9年9月：53-65。
- Lichtenberg, F. (1995). The Output Contribution of Computer Equipment and Personnel: A Firm-level Analysis. □ *Economics of Innovation and New Technology* 3: 201-217.
- Loveman, G. (1988). An Assessment of the Productivity Impact of Information Technologies. *Information Technology and the Corporation of the 1990s*. T. J. Allen and M. S. Scott Morton (eds) (1994). Cambridge, MA, MIT Press: 84-110.
- 松平 Jordan (1998) 「日本企業におけるIT投資の生産性」『FRI 研究レポート』，No. 37.
- Morrison, C. (1997). Assessing the Productivity of Information Technology Equipment in US Manufacturing Industries. *Review of Economics and Statistics*: 471-481.
- 篠崎彰彦 (1999) 『情報革命の構図』東洋経済新報社，p. 148.

- Solow, R. M. (1987). We'd Better Watch Out. *New York Times Book Review*, July 12, p. 36.
- Zuboff, S. (1988). *In the Age of the Smart Machine: the Future of Work and Power*. New York, Basic Books.

