

建設生産における IT・RT への活用促進に資する技術成果の形態に関する研究

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 2 1

担当チーム：技術推進本部先端技術チーム

研究担当者：藤野健一、茂木正晴、大槻崇

【要旨】

建設生産における IT/RT の導入・活用が他産業に比して遅れている現状において、様々な研究機関から出されている研究成果が IT/RT の導入促進に資するためには、その成果の形態にも留意することが必要である。そこで、IT/RT の導入・活用の進展に関する文献・事例調査を行い、普及阻害要因を分析する枠組み及び普及成功事例について検討を行い、そこから技術成果の形態のあり方について考察を行った。

その結果、一部の成功事例を除き情報技術への投資効果の発現は簡単ではないことが確認され、その原因としては、テクノロジー導入ライフサイクル問題、IT 投資の本質的意義の不理解、機能向上とコストのスパイラル問題があること、またそれらの解決策としては、1) 幅広い問題意識の醸成（幅広い成果公開（論文投稿・HP 掲載・雑誌記事への対応）、2) 具体的な IT/RT の導入意義の見つけ出しへのサポート（共同研究の実施など）、3) 標準化によるサードパーティーの参入による低価格化（標準化への成果の活用）、4) キーテクノロジーが特許などにより独占保有されることを無力化するための対策（クロスライセンス用特許の取得、先行的な論文発表）などが、成果形態として有効であろうとの考察に至った。

キーワード：情報化投資、テクノロジー導入ライフサイクル、研究成果形態、建設生産

1. はじめに

建設生産における IT/RT の導入・活用の状況は、芳しい状態とは言えない。国土交通省が事務局を行う「情報化施工推進会議」にて 2008 年 7 月にまとめられた「情報化施工推進戦略」においても、さまざまな技術が開発されている中で、それらの普及が進まない実態に対し、産・官・研究機関が協力してそれに取り組んでいかなければならない旨の提言がなされており、発注機関の課題、施工企業の課題、双方含めての人材育成の課題が整理され、戦略の中でその解決に向けた行動計画が作られている。

一方で、研究機関においても、有用な技術の研究・開発という視点や、それら技術研究の成果を論文公表や特許取得などといったものだけでなく、それらの導入・普及の促進に資する技術成果の形態について考慮することも効果的な取り組みである。

そこで本研究では、他産業における情報化投資が実態としてどのように進んでいるか、IT の導入・普及が進んだ事例における本質的な要因について文献調査及び事例の収集を通じて分析を行い、IT の導入・普及促進に向けた課題分析の枠組みと研究所が行う技術研究の成果がより活用されていくための技術成果の発表・活用形態（論文発表、雑誌投稿、

共同研究実施、標準化、特許などの知的財産の保有）のあり方について考察を行った。

2. 情報化技術投資の投資効果実態と普及阻害要因

2.1 情報化技術への投資の実態

情報化技術の導入とは、より効率的・効果的な事業の運営を行う上での「投資」行為である。

この観点から、情報化技術の導入によって、企業がどのような効果を得ているかを分析した代表的な文献として、ゼロックス社の情報システム担当役員・副社長を経験した後、1990 年代初頭に米国国防総省に設置された情報システム担当最高責任者としてシステムのリエンジニアリングに活躍したポール・A・ストラスマン著の「コンピュータの経営価値」がある。

この文献の中で著者は、1970 年代から多くの企業に導入された情報化技術（当時はメインフレームコンピュータとして導入され、1980 年代にはパーソナルコンピュータの広い導入に至った）への投資が、どのように企業の収益性を高めているのかについての幅広い調査結果について触れている。

著者は、情報化への投資について売上高に対する比率が高ければ高いほどその会社の事業の収益性を

高めることに役立ったはずであろうとの仮説に基づき、企業の情報化投資額の売上に占める割合を横軸、総資産経常利益率（ROA）を縦軸にその相関関係についてグラフを描いてみたところ、そこには明確な相関関係が得られなかったと述べている。（図1）

メインフレームコンピュータやパーソナルコンピュータの導入を競って行うことが、先進的な企業の間では当然のように行われていた当時において、この調査結果は極めてセンセーショナルであったことは言うまでもなく、情報化投資に対する疑念を持つ保守派にとっては彼らの懐疑が真実であると勢いづける結果となった。

以降、同様の調査が形態を変えつつ行われて来ているが、このような傾向は今でも概ね変わっていない。

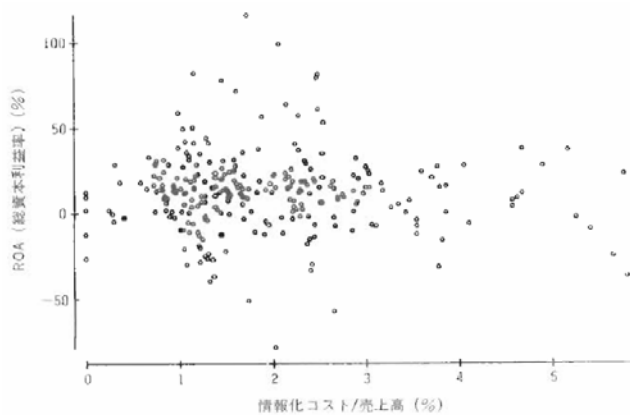


図-1 情報化投資と収益性の相関性
（引用：文献2）

このような調査結果が広まるにつれ、情報化投資に懐疑的な視点を持つ集団によって、「情報化投資は収益性の改善には繋がらない」といった主張がなされたり、ベスト・プラクティスが登場していないか広く知られていない業界においては、「この分野には情報化投資は向かない」などといった主張が展開され、その結果、情報化投資において効果的な展開が起こっていないのが現状である。

2. 2 情報化技術の普及阻害要因

2. 2. 1 テクノロジー導入ライフサイクル問題

情報化投資が、ほんの一部の先行企業において積極的になされる一方で、多くの企業においてはその展開が保守的であることについては多くの報告があるが、その原因についての考察を行った文献は多くない。そのメカニズムについて切り込んだものと

して有名な著作が、日本では2002年に刊行された、ジェフリー・ムーア著の「キャズム」及び「ライフサイクル・イノベーション」である。

この文献は、直接的に情報化投資を扱っているわけではなく、ハイ・テクノロジーが用いられている技術製品の事業の成長のボトルネックを研究しているが、その趣旨はIT/RTの導入についても同様に考えることが出来る。

著者は、テクノロジー導入ライフサイクルという概念を用いてこの現象を説明している。まず、新技術の組み込まれた製品やそれが伴ったサービスは、市場に投入された後、図2のように、それぞれ特徴的な購買行動を行う購買層（以下、セグメントという）によって順に導入が行われていくと述べている。そして、それぞれのセグメントの間には小さな「ひび（以下、クラックという）」があり、それを越えようとするときに一時的な普及停滞が発生するほか、場合によってはそれを越えることができずに普及が進まなくなることがあると述べている。

その理由としては、それぞれのセグメントにおいて製品・サービスを購買する理由が異なっており、あるセグメント内で評価された実績・評判が口コミで伝わる際、伝えられる先の隣のセグメントに属する人が重視する特性とはその口コミ内容が異なるために、新たなセグメントにおける購買行動には繋がらないことにあると述べている。具体的に言えば、新しい製品なら価格度外視で使ってみたくなるといふイノベーターのセグメントの口コミは、その技術製品がどのようなメリットがあるのかを重視するセグメントには響かず、また、具体的な投資効果を重視するセグメントにはさらに響かないといった現象が発生するということである。

この理論では、この普及停滞が発生する各購買セグメント間のクラックの中でも、とりわけ越えることが難しいクラックが、アーリーアダプター（ビジョン先行派）とアーリーマジョリティー（現実主義者）の間にあるとも述べており、そのクラックをほかのクラックとは分けて、特別に「キャズム」と呼び、このキャズムを超えることができるか否かが最大の山場であるとしている。

この理論を適用すると、新技術による製品・サービスの購買決定を行う層に、ここでいう「イノベーター」に属する人間が存在するような一部の希な企業においては、他社に先駆けてそれらへの投資が行われるが、その成果が具体的な数値として投資効果

を明確に表現することができないと、次の購買セグメントである「アーリーマジョリティー」のセグメントに属するような人間にはメッセージが響かず、その新技術の製品・サービスの普及に停滞が起ってしまうことが説明できる。

情報化技術への投資はまさにこのテクノロジー導入ライフサイクル問題、すなわち「キャズム」を乗り越えることができていないことが原因であると推測できる。

また投資効果が明確に表現されないことの原因として、情報化などの投資が明確な収益を生んだ時にはそれ自身が企業間の競争力のコアであることから、他社への流出を防ぐために、その効果を明確に表現されることが避けられるというような実態も予想される。

いずれの理由で、その投資効果が明確に表現されないにしろ、結果としてキャズムへのはまり込みを助長させることが予想され、優れた新技術による製品・サービスがテクノロジー導入ライフサイクル上で普及停滞を生むことがわかる。

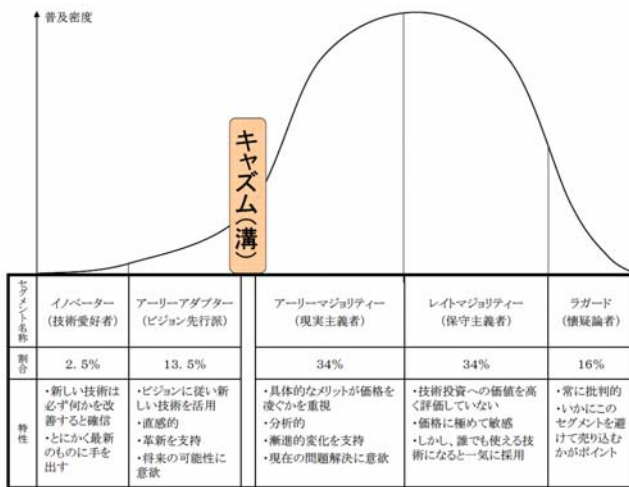


図-2 テクノロジー導入ライフサイクル

2. 2. 2 IT投資の本質的意義による問題

前節では、新技術による製品・サービスとしての情報化投資が具体的な投資効果を実際は生んでいるだろう事を前提として議論をしていたが、実際、そこには具体的なメリットは生まれているのだろうか、という疑問が残る。

その問いへの答えは、2.1で触れたP. ストラスマン著の「コンピュータ経営価値」などの文献において述べられている。それは、情報化技術への投資は、その技術導入によってもたらされる新たな機能が本

質的に今までの仕事の進め方、事業プロセス及び社内での評価基準などの業務を進めるに当たっての社内のルールや文化自体に変更を迫るものであることが多く、その部分の修正を伴った上で、システム等の導入が図られているときにはじめて、大きな成果につながっているという実態分析がなされている。

この点をわかりやすく解説した文献に、エリヤフ・ゴールドラット著の「チェンジ・ザ・ルール」があり、この著者の提唱する制約条件の理論(TOC)は、国土交通省も参画してとり組んでいる「三方良しの公共事業」の動きにおいて、部分最適でなく全体最適を生むためのルールを導入して、工事全体の効率化を図ることに成功している。

議論を「チェンジ・ザ・ルール」に戻すと、この文献において述べられているのは、以前の技術では行うことが難しかった情報の取得やその共有スピードの遅さの中で効率的に事業を進めるために導入されたルールは、各業務プロセスにおける部分最適を実現するためのものであり、新たな技術の導入で、仕事を進める上で有用な情報がより正確かつ迅速に共有できるようになった場合には、そのメリットを生かして事業の全体効率を最大化するための全体最適のルールを再設定する必要があると述べている。

多くの企業において、従来の仕事の進め方やそれを規定しているルールとその目的を再考したりそれらを見直したりせず、単に情報ストックの箱として利用するだけのシステムとして情報化技術の導入をする場合、今までの方法に比べてコストの大きな箱となり、まったくその投資効果を生まないどころか、今までのやり方に慣れ親しんだ職員からは新しいシステムは見放され、単にコストアップを生むだけの無用の長物になってしまうことがわかる。

本質的なシステムの見直しに取り組まないことで大きな成果が生まれず、単に技術愛好者の趣味という程度に新たな技術が多くの職員から評価されてしまうことは、テクノロジー導入ライフサイクルの理論と合わせて考えると、投資効果を数値として具体的に重視するセグメントにはまったく持って導入を否定するような内容だけが伝わることになり、その導入が進まなくなる悪循環が発生してしまうことが考察できる。IT投資の本質的な意義を踏まえた業務改革を伴わないとき、そこには大きな問題があることがわかる。

2. 2. 3 機能向上と導入コストのスパイラル問題

今までの二点は、導入者側の特性に依存する問題であったが、さらに問題を複雑にする要因は技術の供給者・生産者側にも存在する。

それは、開発した技術製品の具体的なメリットを出そうとさらに機能向上の開発を進めていくことによって、確かに機能は若干良くなるが、その研究・開発コストが製品の導入価格に反映されてしまい、導入側の投資効果が変わらなかったり、場合によっては低下してしまうという課題が存在することである。

この課題は、オーバースペックの課題として説明されることが多いが、これまでの議論同様に、情報化技術の導入を阻害し悪循環を生んでしまう要因であることがわかる。

2. 3 普及阻害要因のまとめ

これらの課題をまとめると、技術の普及が阻害される要因は以下の3つの視点に分類される。

- 1) 技術愛好者のみに好かれる技術ではなく普及の鍵となる投資効果を具体的な数値で表せる利用形態を明確に打ち出せるかどうかという点（ライフサイクル問題に対応したキャズムを乗り越えるための視点）。
- 2) 新たな技術によって可能になる業務の効率化が本質的に業務の何を変えるのかという点（IT投資の本質的な意義に対する視点）。
- 3) これらの点が進まないことで行われる開発企業の企業努力がかえって単なるコスト高を生んでしまうような開発に向けられていないかという点（コストスパイラルをチェックする視点）。

ここで整理された視点を用いることで、個別具体のIT技術への投資について、どの視点が具体的な普及阻害要因になっているのかを紐解くことが出来る。

3. ITへの投資・活用及び技術普及の事例調査

2における普及阻害要因の課題についての分析を踏まえて、これらの課題を乗り越えて情報化技術の普及・導入が進んだ事例の調査を行い、それらを踏まえて、それぞれの課題の克服に向けて技術研究成果の形態がどうあるべきかについて考察を行った。

3. 1 JR東日本SUICAシステムの開発・導入事例

平成21年度に国土技術政策総合研究所において

行われた情報化研修会において、JR東日本旅客鉄道株式会社におけるSUICAシステムの開発・導入事例が解説された。

そこでは、長期にわたる開発期間の間で断念されること無く、投資が継続的に行われ、紆余曲折がありながらもそのシステムの開発に成功し、自動改札のシステムおよびSUICAの開発・導入が行われたとの事例が紹介された。

ここで注目したのは、多くの関係者が人事異動も含めた状況がある中で研究・開発の意思決定に関わり、それが途中で断念されずに続けられてきたことの本質についてである。事例紹介の中でこの点についてポイントと思われたのは、駅及び改札などの数は維持しながらも人口動態的な変化によって定常的な事業収入の柱である通勤・通学が減少する中で、どのようにオペレーションコストの削減を行っていくべきかという問題意識に対して、自動改札及びSUICAシステムがもたらすソリューションについてのビジョンが、その危機意識・問題意識と強く結びつき語られ続けられたことにあると思われ、明白な危機意識と明確なビジョンが組織内に広く共有されていることは、単に技術愛好者が好き嫌いで開発・導入するのではなく、新しい技術に対して様々な態度特性（ビジョン先行派、現実主義者、保守主義者など）をとる関係者にその意義を響かせるという点で重要な要因であることがわかった。

このためには、技術研究の発端となった問題意識を常に強く広めていくことが必要であり、そのためには、成果を認知して貰える機会を活用し続けていくことがまず重要であると考察できる。

研究機関のこの点についての取り組みとしては、関係学会への論文投稿・雑誌記事への対応を継続して行っていくほか、気になる読者が自由にいつでも情報を確認できるようHPにおける掲載などが技術成果の形態として有効であると思われる。

3. 2 大阪府におけるCALS/EC導入事例

3.1の例においては、SUICAシステムという有用なビジョンが明確に打ち出されてのスタートであったが、必ずしもそのような有用な解が自ら導き出されるとは限らない。特に、今までの仕事のやり方で十分に成果を上げてきている組織であればあるほど、今までのやり方のメリットやデメリットへの対応に習熟しており、新たな解の考案やその導入に対する不安要素の払拭は難しく、組織において一致して共

有できるようなビジョンや具体的な新たな業務プロセスの考案は容易ではない。

近年、建設分野に CALS/EC を導入していく必要性が広く述べられている一方で、公共工事の発注機関においてはその導入にかかる具体的な動きが十分ではないとの疑問を投げかける識者も多く、そう言った点からは、まさにこの分野が上記の事例であると思われる。

この点に関する事例として、(財)日本建設情報総合センターによって平成20年度に行われた「社会基盤情報標準化セミナー2008」において、大阪府における先進的な取り組みの成功事例が紹介されていた。

この事例において特筆すべきは、3.1の事例同様に危機感の醸成と明確なビジョン設定・共有を行うと共に、その活動の実施において、外部から業務プロセスを分析する専門のコンサルタントを導入し、仕事の流れ・事業実施のプロセスの書き出しからそれら一つ一つの意義までの洗い出しを行い、内部の人間では気づき得なかった点を客観的に指摘して貰い、今までのやり方の課題と新たな手法・技術がもたらすメリットは何かを根本的に再考してきた事であった。

新たに導入する技術に対して、それがもたらす仕事への変化の本質的意義を掘り起こし、ルールの変革に導く取り組みをすることは、その効果を活かすため、またその効果が無駄にしないために効果的な事であったことがわかる。

このことから、研究によって得られた技術・手法が導入されて効果を発現するためには、それらの導入に伴って変更を伴うルール・評価法・考え方について考えて貰う時間的猶予ないしは期間をともに歩んで行くべく、それら成果が導入・利用される相手先との間で、予め共同での研究実施を行ったり、意見交換をしっかりと繰り返していきながらの技術開発を行っていきと言った技術研究形態が有用であると思われる。

3.3 パーソナルコンピュータの普及事例

2.の課題の考察において、コストの高止まりも大きな課題であることを示したが、この点についての課題解決事例として秀逸なのが、新宅純二郎ほか著「コンセンサス標準戦略」の中で紹介されている、1990年代におけるパーソナルコンピュータの普及事例である。

1980年代に普及の頭角を現していたパーソナル

コンピュータであったが、ユーザーからの要求に応える製品開発において、CPUの高速化への技術研究・開発投資は莫大な金額になっており、そのせいもあって高価格のパーソナルコンピュータの開発メーカーは、その潜在的な需要を掘り起こすことに苦勞していた。その停滞のさなかで、CPU大手メーカーのINTEL社によって行われたパーソナルコンピュータのCPU以外の部品に関するインタフェースの標準化活動は、NIEs (Newly Industrializing Economics: 新興工業経済地域) 各国の企業を中心にCPU以外のパーソナルコンピュータ部品への開発・生産の門戸を開くこととなり、多数の部品メーカーの新規参入とそれによる部品の低価格化が進展した。これによってパーソナルコンピュータのトータルとしての価格を大幅に低減させることが成功し、爆発的にパーソナルコンピュータの世界普及を実現させたことが、当該文献で紹介されている。

この事例から、高付加価値化とそれによる高価格化のスパイラルを解決する一つとして、選択的に標準化活動を導入することにより価格の低減を実現し普及を図ることが有効であるということがわかる。

どの部分が自分たちにとっての競争優位の源泉ないしは普及を促進したい部分(研究・開発の成果)であるかを見極め、その上で、研究成果の一部を標準化案策定に利用するといった研究実施も有効であると思われる。

3.4 他者による取得特許への対応策

また、課題では明確に触れなかったが、自組織の技術成果が他者による技術成果と補完性を持つ場合に、その他者の技術成果が高い特許使用料を求めるとき、それが技術成果の普及阻害要因となることも否定できない。

そう言った場合には、技術を使用して貰うことで社会にとって付加価値を生む企業と共に、それらの技術の組み合わせがさらに高い付加価値を生むような追加的な補完技術を開発し早期に特許化しクロスライセンスの構成を狙うことも有効である。

また、公益の観点から知的所有権の設定がふさわしくない技術については、他社が特許を取得して知的所有権を確保し、高い特許使用料を設定される前に、土木研究所において研究を実施、その成果を逐次公開してしまい、特許取得を防衛すると言った対応手法も考えられる。

土木研究所においては、知的財産権に関する組織

としての取り決めである「知的財産ポリシー」を平成21年4月に制定し、利用価値の高い知的財産の「創造・保護・活用」についての基本方針が示されており、ここで述べた内容を概ね含んだものとなっているが、具体的な活動基準の検討を行っていく必要が生じた際には、ここで述べた知財活動の方法も検討する価値があるものとする。

4. まとめ

建設生産における IT/RT の導入・活用が他産業に比して遅れている現状において、様々な研究機関から出されている研究成果が IT/RT の導入促進に資するためにはその成果の形態にも留意することが必要であると考え、IT/RT の導入・活用の進展に関する文献・事例調査を行い、技術成果の形態をどのようにすべきかについて考察を行った。

IT/RT の導入は一部の成功事例を除き、他産業においてもその導入効果が得られづらく、情報技術への投資効果の発現は簡単ではないことが確認された。

その原因としては、①IT 自体が既存の業務の再構築を伴ってはじめて効果が発揮されるものであり、それには業務の再構築を迫られる担当者個々がその必要性を深く感じなければならないこと、②IT/RT の特徴であるハイ・テクノロジーにつきものの「テクノロジー導入ライフサイクル問題」が発生すること、③普及が進まない中で行われるさらなる機能拡充によって生じるコストが、システムの導入に当たって提示される価格を高止まりさせることもシステム普及を阻害する一因であった。

それらの事例の解決策として、1) 幅広い問題意識の醸成（幅広い成果公開（論文投稿・HP 掲載・雑誌記事への対応）、2) 具体的な IT/RT の導入意義の見つけ出しへのサポート（共同研究の実施など）、3) 標準化によるサードパーティーの参入による低価格化（標準化への成果の活用）、4) キーテクノロジーが特許などにより独占保有されることを無力化するための対策（クロスライセンス用特許の取得、先行的な論文発表）などが、成果形態として有効であろうとの考察に至った。

今後、行っていく研究や過去の成果がどのような課題の解決に向けた研究であるかについて、ここで得られた普及阻害要因の枠組みで分析を行い、その課題解決がいったいどのステップで導入阻害要因を生むかについて考察し、成果の活用形態、研究の実施形態について、自研究チームの研究活動に活かし

ていくことがより研究成果を普及させ、効果発現をすることに資するものであると考える。

参考文献

- 1) 情報化施工推進会議：「情報化施工推進戦略」、2008年7月
- 2) ポール・A・ストラスマン：「コンピュータの経営価値」、1994年9月
- 3) ジェフリー・ムーア：「キヤズム」、2002年1月
- 4) ジェフリー・ムーア：「ライフサイクル・イノベーション」、2006年5月
- 5) 岸良裕司：「三方良しの公共事業改革」、2007年11月
- 6) エリヤフ・ゴールドラット：「チェンジ・ザ・ルール」、2002年10月
- 7) 辻本俊洋：「大阪府の GIS を利用した統合データシステム」、社会基盤情報標準化セミナー2008、2008年10月
- 8) 新宅純二郎、江藤学：「コンセンサス標準戦略」、2008年7月