

リアルオプション理論を応用した情報化施工技術の投資評価に関する研究-建設発生土再利用情報システムを例として-

名古屋工業大学工学部

○秀島栄三^{*1}国土交通省国土技術政策総合研究所 奥谷 正^{*2}

By Eizo HIDEISHIMA and Tadashi OKUTANI

電子情報通信技術の発達を背景として建設施工分野においても情報化が進展している。新技術に対する投資を意思決定する際には期待される効果を評価する必要があるが、情報化技術の投資効果は長期的で不確実性が高い場合が多い。そして一般に収集あるいは交換された情報を統合するためのプラットフォームづくりにイニシャルコストを必要とし、順次、諸情報が統合されることによって生産性向上あるいはコスト節約といった価値が生み出される。本研究では、建設施工分野で用いられる情報化技術のこのような性質を捉え、金融工学分野で開発されたリアルオプション理論を応用することにより、投資後に生じる多様な結果の可能性を考慮に入れた、情報化技術の投資評価の枠組みを提案する。本稿では特に建設リサイクル過程における情報交換システムの導入効果を評価する場合の方法例を提示する。

【キーワード】生産性評価、技術戦略、情報システム

1. はじめに

CAD、GIS の利用、CALS/EC 等にみられるように、電子情報通信技術の発達に伴い、建設施工分野においても「情報化」が進展している。それらの技術革新には目を見張るものがあるが、建設事業・企業の生産性への寄与にも目を向けるべきであることは言うまでもない。長期的（かつ事後的）には統計的な手法により、新たに投入された技術が生産性に与えたインパクトを評価することが可能と考えられる。他方、企業にとっては特定の情報化技術にこれから投資するか否かという意思決定とそのための評価を短期かつ事前に行う必要があり、それらの合理的体系化が望まれる。もちろんどのような技術であっても同様の評価・決定を迫られるが、情報化技術については簡単に言えばその効果が直接的に発現しない、直接的に計測し

にくい傾向がある。このため情報化技術への投資の意思決定は難しい。普及状況あるいは成功事例をみながら、というように技術の導入に際して及び腰になる可能性もある。特に CALS/EC など複数の関係者で共有して初めて効果が発生するような技術は効果が確認されて普及するまでにどうしても時間を要する¹⁾。

そこで本研究では、後述のようにリアルオプション理論を応用し、投資後に生じる結果の多様な可能性を複数のオプションとして捉えた上で投資対効果を評価する枠組みを提示することを目的とする。

2. 情報化技術の特質

電子情報通信技術の発展とともに情報がもたらす経済価値に関する研究の進展もまた近年めざましい。複製可能性、外部性、不可分性、品質の不確実性、不可逆性といった情報自体の経済的特徴²⁾については情報の経済学において考察が深められている。他方、企業経営・会計の側面から、企業が保有するプ

*1 社会開発工学科 052-735-5586

*2 情報基盤研究室 0298-64-2211

ログラムやデータベースなどの知的財産の計測・評価³⁾の体系化が急がれている。特に情報化技術についてはその効率性に加えて機器やソフトウェアの信頼性、安全性も合わせた評価を行う「情報システム監査」⁴⁾という分野が確立されている。

情報自体の価値と企業の情報化の議論はいうまでもなく不可分であるが、特に建設産業を情報化技術のユーザとして捉えた場合、技術を通じて情報がもたらす生産性の向上に焦点をあてるべきであろう。すなわち生み出される個々の情報ではなく、情報を統合、生産するための機器・ソフトウェアとその操作に係る技術によってもたらされる生産性の評価を取り上げる。

情報システムは、情報収集・交換のための基盤となるソフトウェアとその構築にかかる人件費などの初期投資が大きいにもかかわらず、しばしば導入したものの担当者や周辺の業務体系が変わることにより使われなくなることがある。導入の採否の判断が、将来の不明な可能性や人材育成につながるとする楽観的観測と直観に委ねられてきた面がある。しかし企業内で情報化投資の比重が高まる一方、ディスクロージャについて社会が厳しい目をむける状況では従来のような判断は容認されなくなってきた。情報システム導入のメリット、プロセスをどのように把握し、どのように評価すればよいか、という点に着目する必要性が高まっている。

例えば CAD を用いることのメリットを考える。従来の紙による設計図が電子化されること自体がメリットではなく 1) 画像等の大量情報の保管や修正が容易であることが労働時間、諸物品の節約に繋がる。そして 2) 多人数を介する局面（説明、交渉など）において図面の複製や譲渡にかかる手間や物品の節約が可能である。さらに（本研究では考慮しないが） 3) 時間や費用が節約されることにより業務環境が効率化され、新たな知識の創造にむけてそれらの資本が転用できる可能性もある。

情報の価値を計測するには、その情報による期待利得の増分を調べればよい。ITS で期待される道路交通に係る情報提供システムなどは利用者（ドライバー）の時間短縮を計測することによりその導入効果を評価できる⁵⁾。施工における情報化技術については、それを多数の利用者が使用し、評価する場

面は少なく、例えば費用節約額や業務成果（に占める情報化技術の貢献度）からの評価が妥当と考えられる。

他方、(情報化)技術の価値は、その使われ方にも左右される。例えば、連絡したい関係者の一部に e-mail、残りはファクスで同送すると、全員にファクスで同送するより余計に手間がかかる。たとえ e-mail がファクスより先進的であっても作業の生産性は使用法に依存する。多時点、多主体を介する場合にそのような面がより強く現れるといえる。

また同時に情報化技術は多時点、多主体を介する場面でこそ効果を発揮しやすい。設計から維持管理にわたる建設ライフサイクルで施工情報が保持されるなど異なるフェーズで情報が再利用されること、GIS でいえばレイヤーが重なっていることによって多面にわたる効果が複合的に生産される可能性がある。

3. リアルオプション理論の応用

(1) 基本的な考え方

上述のような複合生産の可能性は確実ではない。一つの情報化技術が投入されると多時点にわたって効果発現が期待される。このような効果発現プロセスを考慮に入れるためにリアルオプションの考え方をを用いる。リアルオプション理論⁶⁾は本来、金融の分野で開発、利用され、不確実性の高いベンチャービジネスなどに対する投資評価に用いられている。情報化施工に対して次のようなオプションを考える。なお投資額と投資の結果として見込まれる効果（売り上げなど）を比較考量する点は、近年の公共事業評価で用いられる費用便益分析（DCF 法）と同様である。

例えばある情報化技術に対して、以下のようなオプションが想定されうる。

1) 投資しない：各施工段階で相応の情報作成経費がかかる。

2) 投資する：情報作成経費の節約という便益がある

(拡大)オプション：各施工段階で利用し、作成コストが節約できる可能性がある

投資する場合には複数のシナリオを考え、各シ

ナリオがもたらす期待便益を足し合わせて投資額対効果が評価される。

リアルオプションの本来の使い方では、類似企業の株価などを用い、その変動（ボラティリティ）を考慮に入れるが、本研究では該当しない。また投資の不可逆性が前提で適用されるが、本研究の対象では（より適切な）情報化技術に再投資を行うことは可能である。ただし、再び知る必要はない性質の情報（例えば現地の地形情報等）を提供するための情報化技術に限定すると、投資効果は不可逆であるといえる。

(2) 計算例(建設発生土再利用のための情報交換システムを対象として)

本稿では、リアルオプションを応用した投資評価の対象例として建設発生土再利用のための情報交換システムを取り上げる。建設マネジメントの最終過程であるリサイクル段階で用いられるものである。

建設発生土再利用の問題は基本的に複数の発生地、受入地、中継地（受入地であり発生地となる）間の輸送問題として捉えることができ、社会的目的としては輸送費用の最小化を図るべきである⁷⁾。しかしながら実際は資源配分問題を一元的に決定する主体は存在せず、社会全体で効率性を向上するには需給マッチングの機会を増大させることが不可欠となる。現在、各自治体（または関連公共団体）ではそのための情報交換システムを提供している。各地点の発生量、需要量を表形式に纏めたデータをもとに Web を使って情報交換が実施される。

本システムに投資しない場合は既往のマッチングしか行われないのに対して、投資されればマッチングが促進され、総輸送費が節約されるという期待便益が評価される。さらに節約のメリットを見いだすメンバーが周辺で追加されれば社会全体の節約額がさらに増大するという可能性を拡大オプションとして考慮する。この場合の期待利得が技術投資のコストに見合うか否かを評価する。

以下では計算手順の説明を通じてリアルオプションの応用例を紹介する。

1) 事業資産の現在価値 S_0 (情報交換システムを導入していない現在加入しているメンバーにおいて再利

用の促進により節減されている総処理コスト)

2) 起業費用 C (情報システム制作の初期費用)

3) リスクフリーレート r

4) 上昇シナリオにおける投資効果 S_+ (対象地域を拡大した場合に最大可能数の参加者が加わり、節減効果が増す場合の総輸送費節約額；現状と輸送問題の解との差として求められる)

5) 下落シナリオにおける投資効果 S_- (対象地域を拡大しても既に効率的となっており、参加者が増えても殆ど節減効果が生じない場合の総輸送費節約額) 実際には上昇シナリオと下落シナリオの間に無数のシナリオが存在し、それらが確率分布していると捉えるべきであるが、ここでは簡単な説明を続ける。

6) 上昇シナリオが実現するようなリスク中立確率 p : $pS_+ + (1-p)S_- = (1+r)S_0$

拡大オプションの計算：

7) メンバーが 1 件加わることによるデータ更新の投資： I_e

8) その結果、期待される総費用節減額： V_e

9) 上昇シナリオ

$$V_{+n} = \max(V_+, V_+ + V_n - I_n) \\ = \max(S_+ - (1+r)C, S_+ - (1+r)C + n(V_e - I_e))$$

10) 下落シナリオ

$$V_{-n} = \max(V_-, V_- + V_n - I_n) \\ = \max\{\max(S_- - (1+r)C, 0), \max(S_- - C(1+r), 0) + n(V_e - I_e)\}$$

11) オプション価値

(1 件加入に対して) $E_1 = \{pV_+ + (1-p)V_-\} / (1+r) - I_e$
件数に対して単純に加法的に効果が増大するものと仮定すると、

(n 件加入に対して) $E_n = \{pV_+ + (1-p)V_-\} / (1+r) - I_n$

詳細は討論会で発表することとするが、例えばある状況では、 $S_0=400$ 万円、 $r=0.02$ 、 $S_+=800$ 万円、 $S_-=50$ 万円、 $I_e=1$ 万円、 $V_e=20$ 万円、 $C=500$ 万円であると仮定する。このときリスク中立確率 p は $p=0.48$ となり、オプション価値 E_n は $E_n = \{0.48 \times (290 + 19n) + (1 - 0.48) \times 19n\} / 1.02 - n = 136.5 + 17.6n$ となる。オプション価値が正であるので、この情報交換システムには投資した方がよいと判断される。既往の DCF 法と比較すれば一件増加の場合については「拡大オプションの価値 $= 154.1 - (400 - 500) = 254.1$ 万円」だけ多く

評価している。

以上のように、情報を入手したことの価値ではなく、それによって参加拡大が期待されて節約効果が生じるというように情報化の効果は直接的ではない。さらに情報を入手して利用者が必ず参加するとは限らない、という不確実性がある。さらに情報交換は環境負荷低減にも繋がっているといえるが、これを評価に含めるか否かはオプションの考慮の有無にかかわらず存在する問題であり、ここでは取り上げない。

4. おわりに

本稿では基本的な考え方に紙幅を割いた。なお建設発生土再利用の事例では（現場固有の事情に左右されない）一般的な枠組みを示すことができたが、他の情報化システムでも同様であるとは限らない。今後の課題である。

【参考文献】

- 1) 秀島栄三, 小池則満, 山本幸司: 建設 CALS の普及過程に関するゲーム論的研究, 建設マネジメント研究論文集 Vol.6, pp.19-26, 1998.
- 2) 永谷敬三: 入門 情報の経済学, 東洋経済新報社, 2001.
- 3) 渡邊俊輔: 知的財産 戦略・評価・会計, 東洋経済新報社, 2002.
- 4) 吉田洋: 情報システム監査, 税務経理協会, 2002.
- 5) 小林潔司, 太田勝久, 都 明植: 不完全情報下における状況依存的混雑料金に関する理論的研究, 土木学会論文集 No.611, pp.57-65, 1999.
- 6) 刈屋武昭, 山本大輔: 入門リアルオプション, 東洋経済新報社, 2001.
- 7) 秀島栄三, 村井康介, 山本幸司, 林口暢高: 建設残土再利用計画の動的マネジメントに関する基礎的研究土木学会中部支部研究発表会講演概要集, pp.413-414, 2002.

Application of Real Option Method for Appraisal of Information Technology for Construction Works –in Case of Information Exchange System for Waste Soil Reuse

By Eizo HIDESHIMA and Tadashi OKUTANI

Many advanced information technologies prevail in the field of construction works with computers and other electronic equipments. Decision maker at investment in the newer technology should estimate the expected effects in the productivity, though much of information technologies generate the effect slowly with highly uncertainty. They moreover need the relatively high initial cost of the platform for integration of collected and/or exchanged information, and later the integration yields the values of productivity improvement and cost-saving. This study applies the real option method, developed in financial engineering, for the appraisal of investment in information technology used for construction works, that is, evaluate the various scenarios after investment. This paper particularly treats a case of information exchange system for improving the reuse of waste soil in the recycle process of construction management and shows a way of the application.