第VI部門　　インフラ産業における技術開発の競争と協調のバランスに関する研究

京都大学大学院工学研究科　学生員　○目黒　悠希
京都大学大学院工学研究科　正会員　　大西　正光

１．研究目的

現代の日本国内におけるインフラ産業は，熟練技能者の高齢化や「建設業の 2024 年問題」[1)]に端を発する深刻な労働力不足に直面しており，生産性向上に向けた技術開発（R&D）が喫緊の課題となっている．一方で，近年の建設業界は「建設 RX コンソーシアム」[2)]に代表される企業間協調の取り組みも出てきている．しかし，産業全体としてどの領域を協調し，どこを競争領域とするべきかという客観的基準は未だ確立されていない．

本研究は，産業組織論のアプローチを用い，建設産業における R&D の競争と協調がいかにあるべきかを理論的に解明することを目的とした．特に，公共調達における総合評価落札方式という特殊な市場環境を考慮し，技術スピルオーバーの特性や企業の非対称性が，社会的余剰や企業の投資インセンティブに与える影響を明らかにすることを目指した．

２．研究手法

本研究では，企業による R&D 投資段階と，政府と企業からなる入札競争段階からなる 2 段階ゲームモデルを構築した．第 1 段階において企業は技術開発投資を選択し，第 2 段階において各社が技術提案と価格による入札を行う状況を式(1)~(5)で定式化した．分析にあたっては，以下の 2 つのケースを考えた．

第一に「n 社対称モデル」では，全企業の予算規模が等しいと仮定し，政府の入札市場での評価基準や技術スピルオーバーの大きさが産業全体の投資水準に与える純粋な影響を抽出した．

第二に「2 社非対称モデル」では，現実の建設業界に見られる企業規模の格差を考慮し，予算の異なる企業間での R&D の競争や協調がもたらす帰結を分析した．

建設企業iの期待利潤関数

$$E[\pi_i] = S_i(p_i - c_i) - I_i \tag{1}$$

落札確率

$$S_i = \frac{\exp(a_i - \lambda p_i)}{1 + \sum_{j=1}^{n} \exp(a_j - \lambda p_j)} \tag{2}$$

費用関数

$$c_i = c_0 - \gamma \sqrt{x_i + \beta \sum_{j \neq i} x_j} \tag{3}$$

予算制約式

$$I_i = x_i + C(a_i) \tag{4}$$

社会的余剰

$$W = CS + PS = a_i - \phi c_i - \phi n I_i \tag{5}$$

表 1　変数の意味

a_i	品質の提案力	x_i	コスト削減投資額
c_0	初期費用	γ	コスト削減係数
p_i	入札価格	β	スピルオーバー係数
$C(a)$	品質向上提案費用	λ	価格の重み(政策変数)
n	企業数	ϕ	真の価格の重み

このモデルにおいて，政府が設定するスコアルール（技術提案と価格の評価バランス）を政策変数λとして導入し，社会的最適投資額と比較することで，競争・協調それぞれのモードの妥当性を評価した．ここで競争とは各企業が自社の利潤最大化行動を行うこと，つまり式(1)の最大化問題を解いた時の投資額x_iを後ろ向き帰納法により決定することであり，協調は社会厚生の最大化ではなく，n社の総利潤が最大化

Yuki MEGURO and Masamitsu ONISHI
meguro.yuki.67m@st.kyoto-u.ac.jp

されるように各企業が投資決定行動をすることと定義し，これらの投資額と式(5)を最大化する投資額の大きさと比較する．なお，式(5)におけるϕは技術提案力と価格の重みづけが，社会的余剰を最大にするように設定されている時のλである．

また今回取り扱う技術の性質であるスピルオーバーとは，ある企業の研究開発によって生み出された新しい技術が、他の企業に漏れ伝わり、恩恵をもたらすことであり，正の外部性である．

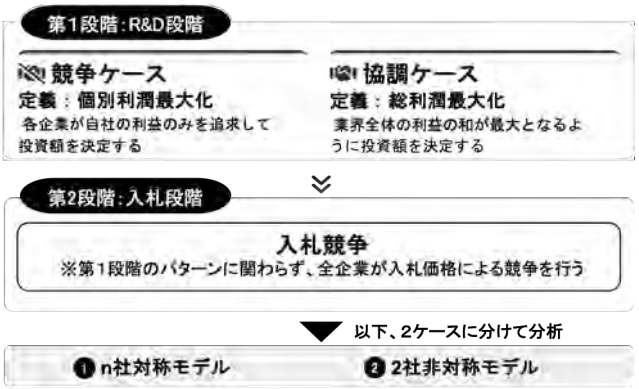


図 1　2段階ゲームモデルの概要

３．結果と考察

分析の結果，R&D における競争と協調の効率性の観点から見た優劣は，技術の性質と政府の評価制度に依存することが示した．

n 社対称モデルにおいては，政府が技術提案の金銭的価値を適切に入札評価に反映することができる場合($\lambda = \phi$)，R&D 競争は過少投資になるのに対し，協調は技術スピルオーバーを適切に内部化し，社会的最適投資を実現することを確認した．また，政府が品質を重視する評価基準を設定している場合は($\lambda < \phi$)，協調，競争時の両方が過少投資となるが，協調時の方が社会的最適時の投資額に近く，競争時よりも社会的に好ましいことがわかった．一方で，政府が価格を過度に重視する評価基準を設定している場合($\lambda > \phi$)，協調 R&D はかえって過剰投資を招き，社会的厚生を損なうリスクがあることを明らかにした．この環境下では，情報の波及が少ない技術領域において競争を選択することがセカンドベストとなり得る可能性も示した．

またパラメータn，βの変化による投資額への影響も明らかにした．企業数が増加するにつれて競争時は投資額が減少するのに対して，協調時は投資額が増加した．技術の情報波及度合いの変化についても同様のことが言えた．

2 社非対称モデルでは，企業規模格差が協調の成立可能性に与える構造的影響を明らかにした．競争下では小規模企業によるフリーライドが合理的となる一方，総利潤最大化を目指す従来の協調体制では，大規模企業は利益を得るものの小規模企業は過剰な投資負担により利潤が減少する．すなわち，単純な総利潤最大化の枠組みでは小規模企業の参加インセンティブを満たせず，協調が成立しないという現行理論の限界が示された．

４．結論

以上の結果から，発注者と受注者の総余剰の最大化のためには，単なる協調の推奨ではなく，技術のスピルオーバー特性や発注者の制度設計，企業間の非対称性を考慮した戦略的な境界線の設計が重要である．本研究は，建設業界の技術開発における協調領域を明確に定義しつつ，企業間の利害不一致を調整する制度設計が，産業全体の厚生を高めることを示唆している．

今後の展望を挙げる．今回は技術の性質としてスピルオーバーを取り扱ったが，技術の持つ性質は他にもある．そもそも技術には，基礎技術や応用技術などの階層がある．まずは建設業界における技術の定義を明らかにし，技術の持つ性質の分類を行うことが競争と協調の境界線を引く上で重要な課題になる．また，非対称モデルが示した通り，単純な総利潤最大化では個別の参加条件を確保できないため，今後は利益配分等を考慮した新たな協調の定義への拡張が必要である．

参考文献

1)　国土交通省. “令和 7 年版国土交通白書”. 2025. https://www.mlit.go.jp/hakusyo/mlit/r06/hakusho/r07/pdfindex.html,　(参照 2026-01-09).

2)　RX コンソーシアム. “分科会活動”. https://rxconso-com.dw365-ssl.jp/bunkakai/,　(参照 2026-01-15).