

非対称性のあるネットワーク型産業における政策決定と投資行動の動学的研究

Dynamic Study on Policy Decision and Investment Behavior in Network Type Industry with Asymmetry Property*

関口翔太**・上田孝行***・石倉智樹****

By Shota SEKIGUCHI **・Takayuki UEDA ***・Tomoki ISHIKURA ****

1. はじめに

電気通信産業、エネルギー産業、交通産業などの総称であるネットワーク型産業は、現在経済の基盤を形成する重要な産業であり、独占的あるいは寡占的にサービスを提供するものであるため、従来から重要な公共政策の対象とされている。

これらネットワーク型産業はサービス供給のためのネットワークインフラが自然独占の性質を持っているため、かつては、参入規制の下で独占企業に効率的経営を促進させ、需要者を保護するための料金規制を講じることが課題とされていた¹⁾。

しかし、ネットワーク型産業にも規制緩和が取り入れられるようになり、既存独占が垂直分離されるか、あるいは参入の自由化が行われるという構造変化が生じると、効率的な事業運営と社会的厚生改善のための競争政策が新たな課題として浮上してきた。

この課題の解決に対して、重要な役割を担うものが、ネットワークインフラに対する接続料金、すなわちアクセスチャージの設定である。アクセスチャージの設定に際しては、ネットワークが効率的に利用されること、最適な投資が行われること、自由な参入を確保すること、規制の費用を最小に留めることなど、社会全体の利益を考えなければならない。これらアクセスチャージの概念と設定ルールについては依田²⁾がまとめている。そして、江副¹⁾は様々な産業構造下におけるアクセスチャージの料金設定と、その料金構造が企業行動や社会に与える影響の理論研究を行っている。その他にもアクセスチャージに関する研究はあるものの、多くは静学的なものであり、動学的な研究が少ない。

本研究では、電気通信産業に焦点を当て、アクセス

*キーワード：計画基礎論、アクセスチャージ

**非会員、学士（工学）、東京大学大学院工学系研究科

（東京都文京区本郷7-3-1、

TEL 03-5841-6118、FAX 03-5841-8507）

***正員、工博、東京大学大学院工学系研究科

（東京都文京区本郷7-3-1、TEL/FAX 03-5841-6116）

****正員、博（情報科学）、東京大学大学院工学系研究科

（東京都文京区本郷7-3-1、TEL 03-5841-0566）

チャージと企業行動の関係性を動学的に分析している徳重³⁾のモデルを元に、対象をネットワーク型産業全体に拡張する。そして、自社で保有するネットワークインフラを通してサービスを提供する企業と、ネットワークインフラは保有せずサービスのみを提供する企業という非対称な企業の動的行動をモデル化する。モデル化においては、政策決定としてのアクセスチャージを受け、企業が投資の有無を決定し、その結果、産業構造が変化するという動学的プロセスを組み込むことで、アクセスチャージと企業の投資行動の関係性及び、社会的厚生に関する考察を行う。

2. 本研究の枠組みと定式化

(1) 状況設定

ネットワークインフラを保有し、かつ最終サービスを提供する企業とサービス供給のみ行う企業からなる市場を考える。サービスは全てネットワークインフラを通して供給される。そのためネットワークインフラ非保有企業は保有企業にアクセスチャージを支払うことで借り受け、サービスを提供する。また、各企業は投資という動的行動をとる。その投資内容は以下を考える

① ネットワーク設備投資

ネットワーク保有企業はネットワークへの設備投資によって、物理的にネットワークを広げることで、新規顧客を開拓し、需要を増やすことが出来る。またネットワークの拡大により、平均費用逡減という規模の経済性を享受することができる。

② 広告投資

サービスの代替性が大きい産業においては、自社のブランド力の影響が強いため、広告投資を通して、自社のグッドウィルストックを高め、需要を増やすという投資が行われる。

③ R&D投資

研究開発を行うことで、費用の低下と、新製品や新サービスの開発により自社サービスの魅力を向上させ、消費者の支払い意思額を上昇させるという効果をもたらす。一方、各技術のスピルオーバーも発生することが考えられる。

(2) モデル化

a) ネットワークインフラ保有企業

前節の投資行動を組み込んだネットワークインフラ保有企業の一般モデルが式(1)である。自社のストックに応じた価格 p_i 、単位あたりの費用 c_i のサービスの供給量 q_i と、アクセスチャージ A と他企業のサービス供給量 q_j に応じた収入を得る。一方、単位当たりネットワーク運営費用が B_i であり、広告・施設・R&D 投資費用を D_i, I_i, X_i とする。そして、これらのストック G_i, K_i, T_i は時間と共に減耗し、終端期における残存価値は h である。また、ネットワークインフラを有する企業は、グローバルサービス実施の義務を負う代わりに政府から補助金 s を受ける。以上の収支の現在価値を最大化するものが目的関数である。

$$\begin{aligned} & \max_{q_i(t), D_i(t), I_i(t), X_i(t)} V_i \\ & = \int_0^T \left\{ (p_i(\mathbf{q}, \mathbf{T}, \mathbf{G}, t) - c_i(q_i, t)) q_i(t) \right. \\ & \quad + A(t) \sum_{j \neq i} q_j(t) - B_i(K_i, t) \sum q_h(t) \\ & \quad \left. + s(t) - D_i(t) - X_i(t) - I_i(t) - F_i \right\} e^{-\gamma t} dt \\ & \quad + h(K_i(T), G_i(T), T_i(T)) e^{-\gamma T} \quad (1) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{s.t. } & \frac{\partial G_i(t)}{\partial t} = D_i(t) - \delta_G G_i(t) \\ & \frac{\partial T_i(t)}{\partial t} = X_i(t) - \delta_T T_i(t) \\ & \frac{\partial K_i(t)}{\partial t} = I_i(t) - \delta_K K_i(t) \end{aligned}$$

b) ネットワークインフラ非保有企業

ネットワークインフラの非保有企業は保有している企業に A を支払うことで借り受け、サービスを供給する。

$$\begin{aligned} & \max_{q_j(t), D_j(t), X_j(t)} V_j \\ & = \int_0^T \left\{ (p_j(\mathbf{q}, \mathbf{T}, \mathbf{G}, t) - c_j(q_j, t) - A(t)) q_j(t) \right. \\ & \quad \left. - D_j(t) - X_j(t) - F_j \right\} e^{-\gamma t} dt \\ & \quad + h(G_j(T), T_j(T)) e^{-\gamma T} \quad (2) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{s.t. } & \frac{\partial G_j(t)}{\partial t} = D_j(t) - \delta_G G_j(t) \\ & \frac{\partial T_j(t)}{\partial t} = X_j(t) - \delta_T T_j(t) \end{aligned}$$

3. 離散形2企業2期間モデルによる分析

(1) モデルの設定

a) 状況設定

前章にあげた一般モデルを元にネットワーク保有企業と非保有企業の2企業のみ仮定し、投資内容は広告投資のみに着目した2期間モデルを分析する。そして、アクセスチャージは政府が決定できる政策変数であるとする。現実には企業や政府にとって様々な情報の不確実性・非対称性が存在するが、本稿ではすべての情報が完全に共有されているとして分析を進める。

b) ネットワークインフラ保有企業 (企業1)

逆需要関数 p_1^t はサービス供給量 q_1^t, q_2^t に対して線型であり、サービスの代替性 θ と、自社と他社グッドウィルストック G_1^t, G_2^t の相対差に β かけたものによって決まると仮定する。そして、広告投資額 D_1^0 には上限があるものとする。また、本稿では簡略化のため、グッドウィルストック G には残存価値がないと考える。このとき、企業1の目的関数は式(3)となる。

$$\begin{aligned} & \max_{q_1^t, D_1^t} \sum_{t=0}^1 \left\{ (p_1^t - c_1) q_1^t + A^t q_2^t - B^t (q_1^t + q_2^t) \right. \\ & \quad \left. - F_1 - D_1^t \right\} / (1+r)^t \quad (3) \\ \text{s.t. } & p_1^t(q_1^t, q_2^t) = a_1 - b(q_1^t + \theta q_2^t) + \beta(G_1^t - G_2^t) \\ & G_1^{t+1} - G_1^t = D_1^t - \delta_G G_1^t, G_1^0 = \underline{G}_1 \\ & 0 \leq D_1^t \leq \overline{D}_1 \end{aligned}$$

時間軸との関係を示したモデルの構造が図-1である。本稿ではグッドウィルストックの残存価値は考慮していないため、第1期に広告投資が起らない。

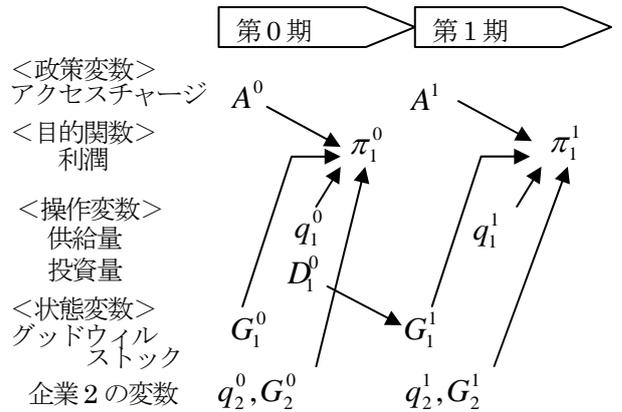


図-1 モデルの構造

c) ネットワークインフラ非保有企業 (企業2)

非保有企業のモデルはアクセスチャージを払ってサービスを提供するという構造以外は企業1と同じであり、目的関数は式(4)となる。

$$\max_{q_2^i, D_2^i} \sum_{i=0}^1 \left\{ (p_2^i - c_2 - A^i) q_2^i - F_2 - D_2^i \right\} / (1+r)^i \quad (4)$$

$$s.t. \quad p_2^i(q_1^i, q_2^i) = a_1 - b(\theta q_1^i + q_2^i) + \beta(G_2^i - G_1^i)$$

$$G_2^{i+1} - G_2^i = D_2^i - \delta_G G_2^i, G_2^0 = \underline{G}_2$$

$$0 \leq D_2^i \leq \overline{D}_2$$

(2) 投資の成立条件

前節のモデルを最大値原理により解くと企業1, 2のサービス供給量は式(5)となる。なお、 $\overline{G}^i = G_1^i - G_2^i$ とする。

$$q_1^{i*} = \frac{2(a_1 - c_1 + \beta \overline{G}^i - B^i) - \theta(a_2 - c_2 - \beta \overline{G}^i - A^i)}{(4 - \theta^2)b}$$

$$q_2^{i*} = \frac{-\theta(a_1 - c_1 + \beta \overline{G}^i - B^i) + 2(a_2 - c_2 - \beta \overline{G}^i - A^i)}{(4 - \theta^2)b} \quad (5)$$

また第0期の広告投資条件としては企業1は式(6)、企業2は式(7)が得られる。

$$\overline{G}^1 > -\frac{\theta}{(\theta+2)\beta} A^1 + \frac{(2-\theta)b}{\beta^2} (1+r)$$

$$+ \frac{-2(a_1 - c_1) + 2B^1 + \theta(a_2 - c_2)}{(\theta+2)\beta} \quad (6)$$

$$\overline{G}^1 < -\frac{2}{(\theta+2)\beta} A^1 - \frac{(2-\theta)b}{\beta^2} (1+r)$$

$$+ \frac{-\theta(a_1 - c_1) + \theta B^1 + 2(a_2 - c_2)}{(\theta+2)\beta} \quad (7)$$

つまり、第0期の投資の有無は第1期のアクセスチャージ A^1 と自社と相手企業グッドウィルストックの差 \overline{G}^1 によって決定される。式(6)、(7)の関係として複数考えられるが、現状生じている両企業が広告投資を行うパラメータを与えると広告投資の条件は図-2のようになる。図-2よりアクセスチャージが大きいほど、又は相対的なグッドウィルストックが大きいほど、企業1の投資がおきやすいことがわかる。企業2については逆が当てはまる。つまり、相対的に有利な立場にある企業が投資を行う傾向があるとわかる。

以降、第0期の投資の有無が第1期の利潤、社会的厚生に与える変化に着目しつつ、政府の決定手順に沿って分析していくが、パラメータによって、多様な結果が得られるため、本論文では企業1と2の供給するサービスが代替的であり ($\theta=1$)、参入している企業2が既存の企業1よりも効率的企業である場合 ($a_1 - c_1 < a_2 - c_2$) を想定して進める。

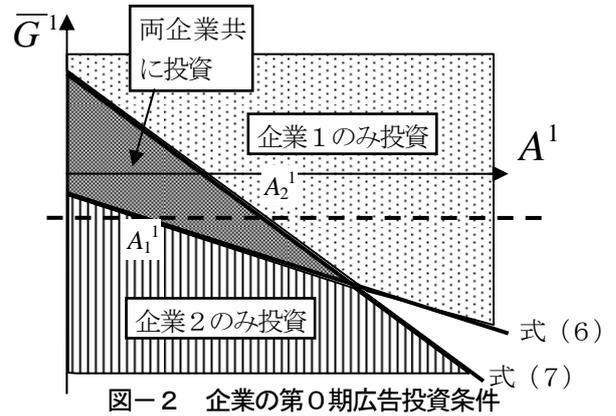


図-2 企業の第0期広告投資条件

(3) アクセスチャージの影響

a) 次期の \overline{G}^1 の把握

政府は両企業が広告投資を行ったときの \overline{G}^1 の情報により A^1 に応じた各企業の投資の有無を把握できる。ここでは、政府は図-2の点線部分に着目したとする。なお、破線と式(6)、(7)との交点を A_1^1 、 A_2^1 とする。

b) 企業1, 2の利潤曲線

計算結果により企業2がサービス供給するときの企業1の利潤関数 π_1^1 は式(8)となる。

$$\pi_1^1 = \left(\frac{-5}{9b} \right) (A^1)^2 + \left\{ \frac{(a_1 - c_1) + 4(a_2 - c_2) + 5B^1 - 3\beta \overline{G}^1}{9b} \right\} A^1$$

$$+ \frac{1}{b} (\beta \overline{G}^1)^2 + \frac{-3B^1 + 4(a_1 - c_1) - 2(a_2 - c_2)}{3b} \beta \overline{G}^1$$

$$+ \frac{1}{9b} \left[7(B^1)^2 + \{-7(a_1 - c_1) + 2(a_2 - c_2)\} B^1 \right.$$

$$\left. + \{2(a_1 - c_1) - (a_2 - c_2)\}^2 \right] - F_1 \quad (8)$$

利潤関数 π_1^1 は A^1 に関して下に凹の二次曲線であり、各企業の広告投資および、企業2の撤退などにより不連続になる。また、広告投資によって関数 π_1^1 は平行移動するが、移動の向きはパラメータの値によって決定される。ここでは、現実に即していると思われる図-3のような状況を想定する。

$A^1 < A_3^1$ では安価で企業2にネットワークインフラを貸すことになり、企業1としては企業2に対して不利な状況となるため利潤が負になる。この場合、企業1の操業活動はなくなるため、ネットワークインフラが機能しなくなり、社会として大きな損失を被ることになる。この状況打開には補助金による援助も考えられるが、本研究では政策的に操作可能であるアクセスチャージによる対応を想定し、以降 $A_3^1 < A^1$ とする。 $A_3^1 < A^1 < A_1^1$ では企業2のみが広告投資を行う。 $A_1^1 < A^1 < A_2^1$ では企業1, 2が広告投資を行う。 $A_2^1 < A^1$ では企業1のみが投資を行う。 $A_4^1 < A^1$ ではネットワークインフラの借り受けが高価すぎるため企業2は撤退することになる。その結果、企業1は A^1 に関係なく一定量のサービスを供給するこ

となり π_1^1 も一定となる。

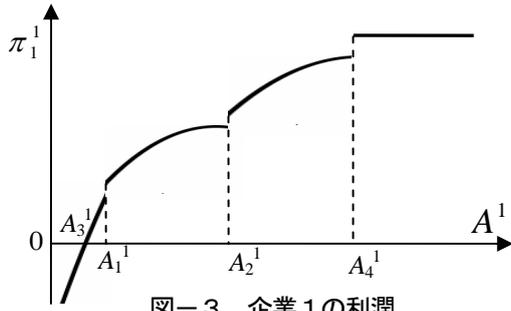


図-3 企業1の利潤

同様に企業2の利潤関数 π_2^1 は式(9)となる。

$$\pi_2^1 = \left(\frac{4}{9b}\right)(A^1)^2 + \left(\frac{4(a_1 - c_1) + 12\beta\bar{G}^1 - 4B^1 - 8(a_2 - c_2)}{9b}\right)A^1 + \frac{(-(a_1 - c_1) - 3\beta\bar{G}^1 + B^1 + 2(a_2 - c_2))^2}{9b} - F_2 \quad (9)$$

A^1 に関して下に凸かつ、 $A^1 > 0$ の領域で極小値をもつ二次曲線となる。ただし、サービス供給量の非負条件より $A^1 > A_5^1$ では企業2は存続できない。よって利潤が正である $A^1 < A_4^1$ においてのみ企業2はサービス供給を行う。

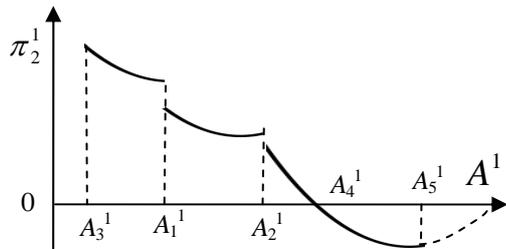


図-4 企業2の利潤

- c) 社会的厚生曲線の算定、アクセスチャージの決定
社会的厚生は各企業の利潤と各企業のサービスによる消費者余剰の和から求められる。

$$SW = \sum_{t=0}^1 SW^t / (1+r)^t = \sum_{t=0}^1 (\pi_1^t + \pi_2^t + CS_1^t + CS_2^t) / (1+r)^t \quad (10)$$

企業1、2共にサービス供給を行うとき SW^1 は A の二次関数であり、下に凸で、 $A^1 > 0$ の領域で極小点をもつ。ただし、各企業の利潤関数が不連続であるように社会的厚生曲線も不連続となる。その結果はパラメータの状態によって様々なケースが考えられ、以下2例を示す。

図-5のような場合、 SW^1 を最大にするためには $A^1 = A_3^1$ とすることが望ましい。この時、企業2がサービスの主要供給者となり、企業1は利潤0となる経営を行い、ネットワーク運営に重点を置くことになる。ただし、わずかでも $A^1 < A_3^1$ となると、サービスが供給されなくなるため、大きく社会的厚生は下がる。また、政府が $A^1 = B^1$ という設定をし、かつ $A_1^1 < B^1 < A_2^1$ であるとき、社会的厚生は小さい値になってしまうため、企業1、

もしくは企業2を優遇した方が社会としては望ましいという結果を示すことになる。

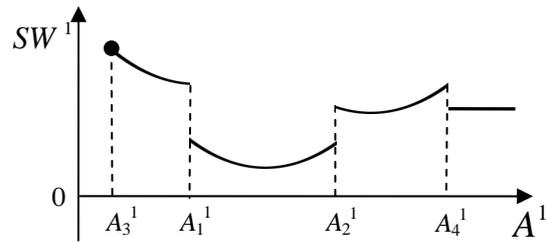


図-5 社会厚生 ケース1

他のケースとして図-6のような場合もある。この場合には A^1 が A_1^1 よりわずかに大きいとき SW^1 が最大となる。この時は、両企業がサービスを供給し、かつ両企業が広告投資を行っている。しかし、広告投資は相手企業に対して相対的な魅力をあげるものであると仮定しているため、両企業が広告投資を行うよりも両企業が投資を行わないほうが、投資費用が削減され SW^0 が大きくなる。つまり広告規制の必要性が生じると考えられる。

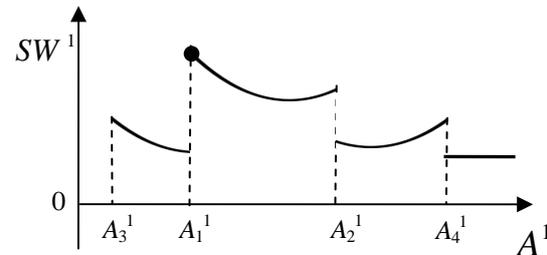


図-6 社会厚生 ケース2

4. おわりに

本稿は非対称性のあるネットワーク型産業における広告投資行動のモデル分析を行った。そして、パラメータの値が特徴的な場合の1例においても、アクセスチャージと企業の投資行動、それによる社会的厚生の変化という関係は多様であることが確認された。つまり、政策変数であるアクセスチャージの決定においては、企業の投資行動による産業構造の変化も考慮する必要があることが示唆される。今後は、具体的状況と照らし合わせた考察を行うと共に、R&D投資モデル、ネットワーク設備投資モデルと比較した分析を行う必要がある。

参考文献

- 1) 江副憲昭：ネットワーク産業の経済分析—公益事業の料金規制理論—，勁草書房，2003.
- 2) 依田高典：ネットワーク・エコノミクス，日本評論社，2001.
- 3) 徳重剛：インフラ所有に非対称性のあるネットワーク型産業の政策決定に関する研究，東京大学大学院工学系研究科 社会基盤学専攻修士論文，2009.