

ネットワーク上で供給される財の市場制度設計

手塚 広一郎

石井 昌宏

この論文では、ネットワークを利用してのみ供給可能な財やサービスの市場制度の設計を議論するためのモデルを提示した。そして、このモデルから得られた帰結をもとに、都市ガス産業のネットワークの形成という観点から、アンバンドリング（垂直分離）政策の有効性を検討した。具体的には、① ネットワークの保有と小売を統合した独占企業のケースと② ネットワークを保有する事業者と小売事業者とをアンバンドルしたケースについて、①の独占企業の資金調達のコストが②のアンバンドルされた各企業のそれと比較して小さいならば、ネットワークの規模は独占企業の方が大きいという結果を得た。他にも、アンバンドルした市場でネットワーク利用料金（託送料金）を固定した場合、制約のない独占企業に比べて、ネットワークの拡張の程度が小さくなること、言い換えれば、アンバンドルのもとでの託送料金の規制によって、ネットワークの規模を拡大する投資が損なわれる可能性も示された。あわせて、託送料金に価格規制が課されているケースやインフラ事業者に対して各小売事業者が資金を差し入れる“二部料金”のケースなどについても検討した。

1. はじめに

わが国におけるガスシステム改革では、都市ガスのネットワークにかかわるアンバンドリング（垂直分離）が論点となった。その結果として、2015年6月にガス事業法が改正され、2017年4月のガス小売全面自由化と2022年の導管部門の法的分離という2つの政策の実施が定められた。このうち都市ガス産業の特徴の1つは、電力、電気通信、高速道路などの他のネットワーク産業のようにネットワークが既に構築された状態ではなく、今後もネットワークの形成（建設）が続くという点にある。実際、2015年に発行された、総合エネルギー調査会基本政策分科会「ガスシステム改革小委員会・報告書」では、電力システムの改革と比較して都市ガス事業独自の課題として、ガス導管網の整備をとりあげている。同報告書では、わが国におけるパイプラインのネットワーク（導管網）が、① 都市部を中心に、規模の経済性を活かし、一定規模の効率的な導管網を敷設することにより発達してきたものの、人口密度や産業集積度が比較的低い地域では都市ガス事業は営まれていないこと、② その導管網は現在でも国土全体の5.7%、山林・原野を除いても17.5%にとどまっていること、③ 特

に高圧のパイプライン網の整備は、欧州や米国に比べて限定的であることなどを指摘している。こうしたことを踏まえて、同報告書は「ガス事業においては、導管網の整備が促進され、かつ既存導管の適切な維持・更新に向けた投資が着実に回収される制度とする必要がある」としている。

水野・土門（2009）も指摘するように、電力や電気通信はネットワークの維持・更新が主たる論点になる一方で、都市ガスは維持更新だけでなく今後もネットワークの建設が求められる。そのため、もし当該分野でアンバンドルが実施された場合、主に託送料の徴収により投資コストを回収するという構造の中で、ネットワークの構築という作業も並行して進めることになるであろう。そうであるならば、こうしたネットワークの構築はアンバンドリングされた状況においても進展していくであろうか。本論文では、この問題を議論する1つのプラットフォームとして、モデルを用いた分析を試みる。具体的には、ネットワークを利用するのみ供給可能な財やサービスの市場制度の設計を議論するために、モデルを構築する。その上で、モデルから得られた帰結を都市ガス産業のシステム改革の文脈に適用し、都市ガスのネットワーク形成に対するアンバンドリングの政策としての有効性を検討することが、本研究の主たる目的である。以下では、第2章で先行研究について簡単に触れたのち、第3章でモデルを、第4章でモデルの上でのネットワークの拡張と価格形成についてそれぞれ示す。最後の第5章において、本モデルの都市ガスネットワークへの適用可能性について触れることとする。

2. 先行研究

電力や電気通信などのネットワーク産業において、アンバンドルが実施された後に投資が促され得るか、という問題は1つの重要なテーマである。それにもかかわらず、ガス産業に関していえば、アンバンドルと投資インセンティブを関連づけたモデルによる分析はあまり多くない。これは、欧米のパイプライン・ネットワークが既に整備されている状態であり、その状態を与件として、分析しているためと考えられる。そのうち、ガスパイプラインへの小売事業者のオープンアクセスと新規参入の可能性やその料金設定（アクセスチャージ）のあり方などの問題をモデルの上で検討したものとして、Cremer and Laffont（2002）やCramer, Gasmi and Laffont（2003）などいくつかの論文がある。

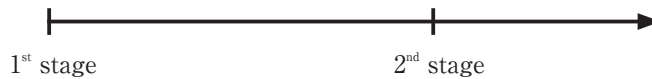
わが国の都市ガス産業を念頭に置きながら、アンバンドルとネットワークへの投資の関係を扱ったものとしては、Hori and Mizuno（2005）やHori and Mizuno（2009）がある。このうちHori and Mizuno（2009）では、競争を2つに分類している。1つは、市場参加者の一部が自分自身で施設を建設せず、利用料を支払い他の事業者が建設したネットワークへ参加して競争する状態（service-based competition）であり、もう1つは、すべての市場参加

者が自分自身でネットワークを建設し、それを用いて運営し競争する状態 (facility-based competition) である。これらの2つの競争の間でパイプライン投資へのインセンティブにどのような違いがあるかについて、リアルオプションアプローチを用いた分析がなされている。その結果として、独占のレントが大きいならば、参加者 (の一部) が施設を建設しない形での競争の方が事業者に投資に対するインセンティブを持ちやすい一方で、独占レントと不確実性がともに小さいならば、市場参加者自身が施設を建設する形での競争の方が投資を行いやすいことが示されている。

本論文では、独占市場とアンバンドルを進めた市場のそれぞれに対して、投資のインセンティブがどのように異なるかについて、ゲームの理論の枠組みを用いて分析する。次章より、その内容を示す。

3. モデル

ネットワークを利用してのみ供給可能な財やサービスの市場制度の設計を議論することが本研究の目的である。そこで本章では、その議論を行うためのモデルについての仮定と記号設定を述べる。説明上便利であることから、ネットワークを利用してのみ供給可能な財またはサービスを財 A と呼ぶ。ここでは、企業的意思決定を1st stage と2nd stage という2段階で考えることとする。

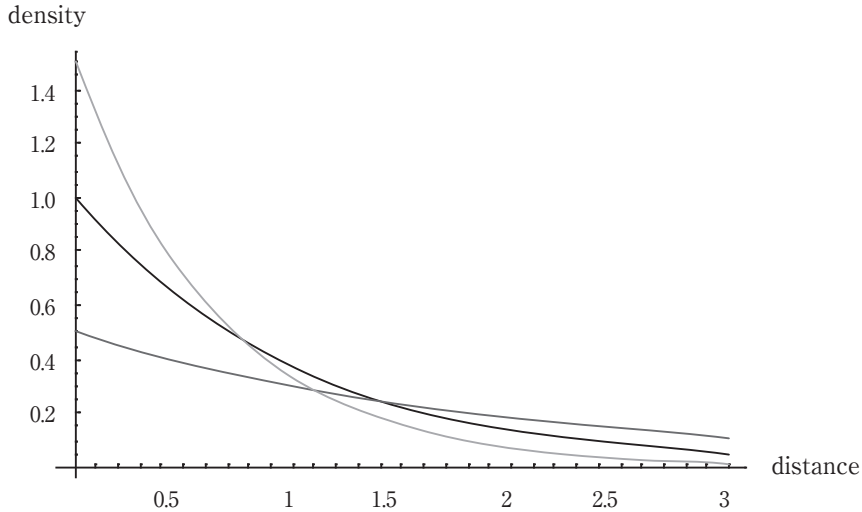


1st stage ではネットワークの拡張規模が決定され、2nd stage では財 A の価格が決定される。(0, ∞) 上に財 A の消費者たちが分布していると仮定する。その分布の様子を次の関数 f を用いて表す。

$$f(t) = N\lambda e^{-\lambda t} \quad \text{for } t > 0 \quad (1)$$

ただし、 N と λ は正の定数とする。(0, ∞) 全体にネットワークが拡張され、かつ、財 A の価格が0のときの財 A の消費量を N により表す。 $f(t)$ は点 t における消費量の密度を表している。財 A の価格が0であるならば点 t における財 A の消費量が $f(t)$ であることをこの仮定は意味している。財 A の消費量は点0からの距離についての減少関数であり、パラメータ λ はその減少の程度を表している。図3-1には、消費量の密度 f の例を示したものである。

図 3-1 消費量の密度と距離の数値例



切片が真ん中にある線は、パラメーターが $N=1$ かつ $\lambda=1$ のグラフを表す。
 切片が最も高い線は、パラメーターが、 $N=1$ かつ $\lambda=3/2$ のグラフを表す。
 切片が最も低い線は、パラメーターが $N=1$ かつ $\lambda=1/2$ のグラフを表す。

a を正の定数とし、関数 g を次のとおり定める。

$$g(t, x) = a - \frac{ae^{\lambda t}}{N\lambda} x \quad \text{for } t > 0, 0 \leq x \leq N\lambda e^{-\lambda t} \quad (2)$$

ここで、 x が需要量を表す変数であり、 $g(t, x)$ は点 t における（逆）需要関数を表す。最大支払額である a は点 t に依存せず、 $(0, \infty)$ において一定と仮定している。図 3-2 は、これら需要曲線と距離の数値例を示したものである。

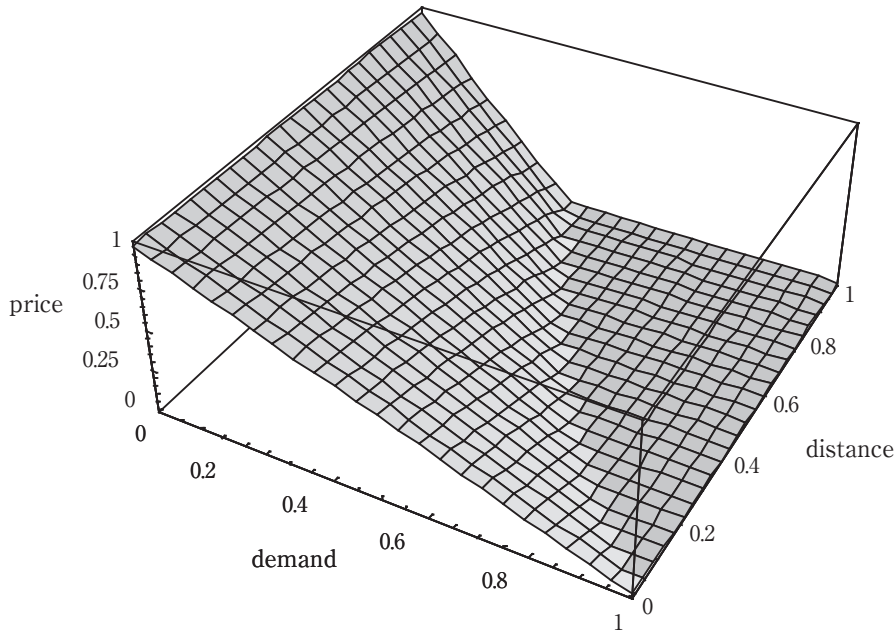
非負の定数 u_0 はネットワークの長さの初期値（1st stage 開始段階のネットワークの長さ）を表す。1st stage においてネットワークが拡張されなくても、2nd stage では $(0, u_0]$ に含まれる消費者たちは、財 A の供給を受けることが可能であると仮定する。

各 $j=1,2$ について、2 回連続微分可能な関数 $K_j: [0, \infty) \rightarrow [0, \infty)$ は、

$$K_j(0) = 0, \quad \frac{dK_j}{du}(u) > 0, \quad \frac{d^2K_j}{du^2}(u) \geq 0$$

を満たすと仮定する。以下では、 $K'_j(u) = \frac{dK_j}{du}(u)$ と表す。 K_j を用いて、ネットワーク拡張費用を表す。 $\forall u \geq 0$ に対して、 $K_j(u)$ はネットワークを u_0 から u_0+u へ拡張することにより生ずる費用を表す。この費用には、設備費や人件費等のネットワーク拡張作業に伴い、直接的に発生する費用のみでなく、その資金調達コストも含まれると解釈する。

図 3-2 需要曲線と距離の数値例



2nd stageにおいて、財の供給に要する限界費用を正の定数 c を用いて表す。ここでは、供給量やネットワークの長さ等に依存せず限界費用は一定と仮定しておく。

次節では、次のケースにおける財 A の価格とネットワークの拡張規模について考える。

- (i) ある企業（以下では、この企業を企業 B_1 と表記する）がネットワークを拡張し、かつ、その企業のみが財 A を供給する。
- (ii) ある企業 B_{21} はネットワークの拡張のみを行う。この企業とは異なる 2 社（以下ではこれらを企業 B_{22} と B_{23} と表記する）は企業 B_{21} にネットワーク使用料を支払い、財 A を供給する。

以上のような設定を要約したもの（アウトルック）が表 3-1 である。この表では、垂直的に統合（Integration）しているか、分離（separation）しているか、という区別をしている。統合している状態では、独占企業が 1st stage でネットワークの規模を、2nd stage では価格をそれぞれ決定する。また、分離している状態では、基本的なモデル（basic model）、アクセスチャージ規制（access charge regulation）、および二部料金（Two-part Tariff）の 3 つにわけている。1st stage において、アクセスチャージ規制は、価格が固定されているために、ネットワーク規模のみを決定する。2nd stage では、いずれもベルトラン競争のもとで財 A

表 3-1 アウトロック

Vertical Structure		1 st stage	2 nd stage
Integration	Monopoly	network size	price
Separation	Basic Model	{ network size access charge	Bertrand competition
	Access Charge Regulation	network size	Bertrand competition
	Two-part Tariff	{ network size fixed fee access charge	Bertrand competition

の価格が決定される。

4. 価格とネットワーク拡張規模

4-1 独占企業（垂直統合で単一運営の企業）

ここでは、企業 B_1 がネットワークを拡張し、かつ、企業 B_1 のみはそのネットワークを利用して財 A を供給すると仮定する。この場合におけるネットワーク規模を拡張するための費用を K_1 を用いて表すこととする。そして、企業 B_1 の利潤を最大にする財 A の価格とネットワーク拡張規模を求める。

$u \geq 0$ とする。このとき、企業 B_1 が財 A の価格を $y \in [c, a]$ と設定すれば、点 $t \in (0, u_0 + u]$ における消費量は、

$$y = g(t, x) = a - \frac{ae^{\lambda t}}{N\lambda} x$$

より、

$$x = \frac{(a-y)N\lambda e^{-\lambda t}}{a}$$

を得る。これより、ネットワーク $(0, u_0 + u]$ における総消費量は、

$$\int_0^{u_0+u} \frac{(a-y)N\lambda e^{-\lambda t}}{a} dt = \frac{(a-y)N}{a} \left(1 - e^{-\lambda(u_0+u)}\right) \quad (3)$$

となる。これより、次に定める関数 $h_1(u, y)$ により企業 B_1 の利潤が表されることとする。

$$h_1(u, y) = (y - c) \frac{(a - y)N}{a} \left(1 - e^{-\lambda(u_0 + u)}\right) - K(u) \quad (4)$$

それでは、 $h_1(u, y)$ を最大にする (u, y) を求める。まず、 $h_1(u, y)$ の u および y についての偏導関数を計算すると、

$$\frac{\partial h_1}{\partial u}(u, y) = \frac{N\lambda e^{-\lambda(u_0 + u)}}{a} \left\{ -\left(y - \frac{a + c}{2}\right)^2 + \frac{(a - c)^2}{4} \right\} - K'(u) \quad (5)$$

$$\frac{\partial h_1}{\partial y}(u, y) = \frac{N}{a} \left(1 - e^{-\lambda(u_0 + u)}\right) (-2y + a + c) \quad (6)$$

$\frac{\partial h_1}{\partial y}(u, y) = 0$ より、

$$y = \frac{a + c}{2}$$

を得る。これを(5)式へ代入し、

$$\frac{\partial h_1}{\partial u}\left(u, \frac{a + c}{2}\right) = \frac{(a - c)^2 N \lambda e^{-\lambda(u_0 + u)}}{4a} - K'(u)$$

ここで、

$$\frac{(a - c)^2 N \lambda e^{-\lambda u_0}}{4a} \geq K'(0)$$

ならば、 K_1 についての仮定から

$$\frac{\partial h_1}{\partial u} = \left(u, \frac{a + c}{2}\right) = 0 \quad (7)$$

を満たす $u \geq 0$ がただ1つ存在する。その点を u_1^* と記す。このとき、 $h_1(u, y)$ は

$$(u, y) = \left(u_1^*, \frac{a + c}{2}\right)$$

においてのみ最大となる。ここで、

$$\frac{(a - c)^2 N \lambda e^{-\lambda u_0}}{4a} = K'(0) \iff u_1^* = 0$$

である。

一方、

$$\frac{(a-c)^2 N \lambda e^{-\lambda u_0}}{4a} < K'_1(0)$$

であれば、(7)式を満たす $u \geq 0$ は存在せず、

$$(u, y) = \left(0, \frac{a+c}{2} \right)$$

において、 $h_1(u, y)$ は最大となる。

ここまでの結果を定理としてまとめておく。

定理 1

ネットワークを保有し、かつ、そのネットワークを利用して財を独占的に供給する企業 B_1 の利潤 $h_1(u, y)$ を最大にするネットワークの拡張規模と財 A の価格の組 (u, y) は

$$(u, y) = \begin{cases} \left(0, \frac{a+c}{2} \right) & \text{for } \frac{(a-c)^2 N \lambda e^{-\lambda u_0}}{4a} < K'_1(0) \\ \left(u_1^*, \frac{a+c}{2} \right) & \text{for } \frac{(a-c)^2 N \lambda e^{-\lambda u_0}}{4a} \geq K'_1(0) \end{cases} \quad (8)$$

である。

4-2 ネットワークの分離

(1) ネットワーク所有企業の分離モデル

ここでは、ネットワークを所有する企業と財 A を供給する企業が異なる場合について考えていく。企業 B_{21} は財 A を供給するためのネットワークを所有している。このネットワークを利用して、企業 B_{22} と企業 B_{23} は財 A を供給する。ただし、企業 B_{22} と企業 B_{23} のいずれについても、企業 B_{21} へネットワーク使用料金を支払わなければならないこととしておく。 $v \in [0, a-c]$ をネットワーク使用単価とし、企業 B_{21} は企業 B_{2k} へ

$v \times$ 企業 B_{2k} による財 A の供給量

を課すこととしておく ($k=2, 3$)。

企業 B_{22} と企業 B_{23} は財 A の供給に関して、価格で競争すると仮定する。各 $k=2, 3$ について、 $y_k \in [c+v, a]$ により企業 B_{2k} が提示する財 A の価格を表す。そして、ネットワークの拡張規模を $u \geq 0$ とするとき、 y_2 と y_3 に依存して下記企業の供給量は次で与えられるとする。

$$\begin{aligned} \text{企業 B}_{22} \text{ の供給量} & \begin{cases} \frac{(a-y_2)N}{a} \left(1-e^{-\lambda(u_0+u)}\right) & \text{for } y_2 < y_3 \\ \frac{(a-y_2)N}{a} \left(1-e^{-\lambda(u_0+u)}\right) & \text{for } y_2 = y_3 \\ 0 & \text{for } y_2 > y_3 \end{cases} \\ \text{企業 B}_{23} \text{ の供給量} & \begin{cases} 0 & \text{for } y_2 < y_3 \\ \frac{(a-y_3)N}{2a} \left(1-e^{-\lambda(u_0+u)}\right) & \text{for } y_2 = y_3 \\ \frac{(a-y_3)N}{a} \left(1-e^{-\lambda(u_0+u)}\right) & \text{for } y_2 > y_3 \end{cases} \end{aligned}$$

すなわち、一方の企業が提示する価格が他方の提示する価格よりも小さいならば、その小さい価格を提示した企業のみが財 A を供給する。両方の企業から提示された価格が等しい場合には、その価格における需要量を 2 社で等分する。

ここで、ネットワークを利用して財 A を供給するための限界費用は、 $c+v$ であるから、企業 B_{22} の利潤を表す関数 $h_{22}(y_2, y_3)$ は次の通りである。

$$h_{22}(y_2, y_3) = \begin{cases} (y_2 - c - v) \frac{(a - y_2)N}{a} \left(1 - e^{-\lambda(u_0 + u)}\right) & \text{for } y_2 < y_3 \\ (y_2 - c - v) \frac{(a - y_2)N}{2a} \left(1 - e^{-\lambda(u_0 + u)}\right) & \text{for } y_2 = y_3 \\ 0 & \text{for } y_2 > y_3 \end{cases} \quad (9)$$

企業 B_{23} の利潤を表す関数 $h_{23}(y_2, y_3)$ も同様である。

2nd stage において、ネットワーク $(0, u_0+u]$ とネットワーク使用単価 v を所与として、企業 B_{22} と企業 B_{23} が価格を戦略として競争する。そこで、このゲームの Nash 均衡導出にベルトランモデルの結果をそのまま適用することが可能である。したがって、このゲームの Nash 均衡は

$$(y_2, y_3) = (c+v, c+v) \quad (10)$$

である。このとき、ネットワーク $(0, u_0+u]$ の財 A の供給量は、

$$\frac{(a-c-v)N}{a} \left(1 - e^{-\lambda(u_0+u)}\right) \quad (11)$$

となる。

1st stage において、(10)式および(11)式を考慮して企業 B_{21} は自社の利潤を最大にするようにネットワーク拡張規模 u とネットワーク使用単価 v を選択することとする。まず、企

業 B_{21} の利潤を表す関数 $h_{21}(u, v)$ は次式で与えられることとする。

$$h_{21}(u, v) = v \frac{(a-c-v)N}{a} \left(1 - e^{-\lambda(u_0+u)}\right) - K_2(u) \quad (12)$$

それでは $h_{21}(u, v)$ を最大にする (u, v) を求める。まず、 $h_{21}(u, v)$ の u および v についての偏導関数を計算すると、

$$\frac{\partial h_{21}}{\partial v}(u, v) = \frac{N\lambda e^{-\lambda(u_0+u)}}{a} \left\{ -\left(v - \frac{a-c}{2}\right)^2 + \frac{(a-c)^2}{4} \right\} - K'_2(u) \quad (13)$$

$$\frac{\partial h_{21}}{\partial u}(u, v) = \frac{N}{a} \left(1 - e^{-\lambda(u_0+u)}\right) (-2v + a - c) \quad (14)$$

$\frac{\partial h_{21}}{\partial v}(u, v) = 0$ より、

$$v = \frac{a-c}{2}$$

を得る。これを (13) 式に代入し、

$$\frac{\partial h_{21}}{\partial u}\left(u, \frac{a-c}{2}\right) = \frac{(a-c)^2 N \lambda e^{-\lambda(u_0+u)}}{4a} - K'_2(u)$$

したがって、4-1 の議論をそのまま適用できる。すなわち

$$\frac{(a-c)^2 N \lambda e^{-\lambda u_0}}{4a} \geq K'_2(0)$$

と

$$\frac{\partial h_{21}}{\partial u}\left(u, \frac{a-c}{2}\right) = 0 \quad \text{を満たす } u \geq 0 \text{ がただ1つ存在する}$$

が必要十分である。この u の値を u_2^* と記す。

以上を定理としてまとめておく。

定理 2

ネットワークを保有する企業 B_{21} の利潤 $h_{21}(u, v)$ を最大にするネットワークの拡張規模とネットワーク使用単価の組 (u, v) は、

$$(u, v) = \begin{cases} \left(0, \frac{a-c}{2}\right) & \text{for } \frac{(a-c)^2 N \lambda e^{-\lambda u_0}}{4a} < K'_2(0) \\ \left(u_2^*, \frac{a-c}{2}\right) & \text{for } \frac{(a-c)^2 N \lambda e^{-\lambda u_0}}{4a} \geq K'_2(0) \end{cases} \quad (15)$$

である。

定理1と定理2から、ネットワークの所有と財の供給が独占されている場合であっても、ネットワークの所有が財を供給する企業から分離されている場合であっても、財Aの価格は、

$$\frac{a+c}{2}$$

である。また、 $K_1=K_2$ であればネットワークの拡張規模も等しくなる。ただし、次のような状況ではネットワークの拡張規模は小さくなる可能性が考えられる。4-1で用いた企業 B_1 のネットワーク事業部門と財Aの供給事業部門をそれぞれ企業 B_{21} と企業 B_{22} へ分社したとする。その後、 B_{23} が財Aの供給に参入したとする。この状況では、企業 B_{21} の資金調達コストが企業 B_1 の資金調達コストよりも小さくなると考えることは難しい。そして、それが $K_1 < K_2$ をもたらせば、ここまでの議論から次のことが明らかである。第1に、企業 B_1 がネットワークを拡張しない場合には、企業 B_{21} もネットワークを拡張しない。第2に、企業 B_{21} がネットワークを拡張する場合($u_2^* > 0$)であっても、その拡張規模は企業 B_1 の拡張規模よりも小さい。すなわち、 $u_2^* < u_1^*$ である。

(2) 固定されたネットワーク使用単価のモデル

$v_0 \in [0, a-c]$ とし、ネットワーク使用単価が v_0 で固定されている場合について考える。明らかに、2nd stageのゲームのNash均衡は、

$$(y_2, y_3) = (c+v_0, c+v_0) \quad (16)$$

である。そして、企業 B_{21} の利潤を表す関数 $h_{21}(u, v_0)$ の u についての偏導関数は、

$$\frac{\partial h_{21}}{\partial u}(u, v) = \frac{N \lambda e^{-\lambda(u_0+u)}}{a} \left\{ -\left(v_0 - \frac{a-c}{2}\right)^2 + \frac{(a-c)^2}{4} \right\} - K'_2(u) \quad (17)$$

そこで、次の結果を得る。

系3

ネットワーク使用単価が v_0 に固定されるならば、ネットワークを保有する企業 B_{21} の利潤

$h_{21}(u, v_0)$ を最大にするネットワークの拡張規模 u は,

$$u = \begin{cases} 0 & \text{for } \frac{N\lambda e^{-\lambda u_0}}{a} \left\{ -\left(v_0 - \frac{a-c}{2}\right)^2 + \frac{(a-c)^2}{4} \right\} < K'_2(0) \\ \bar{u}_2 & \text{for } \frac{N\lambda e^{-\lambda u_0}}{a} \left\{ -\left(v_0 - \frac{a-c}{2}\right)^2 + \frac{(a-c)^2}{4} \right\} \geq K'_2(0) \end{cases} \quad (18)$$

である。

ただし, $\frac{\partial h_{21}}{\partial u}(0, v_0) \geq 0$ の場合に, $\frac{\partial h_{21}}{\partial u}(u, v_0) = 0$ をみたす u を \bar{u}_2 と記す。

なお, ここまでの議論において次のことが明らかである。 $v_0 \neq \frac{a-c}{2}$ であれば, ネットワーク使用単価も変数として企業 B_{21} が利潤最大化する場合と比較して, ネットワークが拡散される場合 ($\bar{u}_2 > 0$) であっても, その拡張規模は小さい。すなわち, $\bar{u}_2 < u_2^*$ である。

(3) ネットワーク使用料を二部料金制とするモデル

ここでは, 財 A を供給する両企業がネットワーク保有企業へ資金を差し入れる場合について, モデルをもとに考察する。関数 $L: [0, \infty) \rightarrow [0, \infty)$ は,

$$L(0) = 0, \quad \frac{dL}{du}(u) > 0$$

をみたすと仮定する。以下では, $L(u) = \frac{dL}{du}(u)$ と表す。また, 正の定数 r を用いて各企業の資本コストを表す。

関数 L の意味を説明する。企業 B_{22} と企業 B_{23} のそれぞれはネットワークを利用するにあたり, 企業 B_{21} へ $\frac{L(u)}{2}$ を差し入れる。ただし, ネットワーク拡張後に企業 B_{21} はこの金額を両企業へ返済する。すなわち, 企業 B_{21} は資金 $L(u)$ の運用利益 $rL(u)$ を得て, 企業 B_{22} と企業 B_{23} はこの資金の調達コスト $\frac{rL(u)}{2}$ を負担する。 $L(u)$ はネットワークの拡張規模に依存して, 企業 B_{22} と企業 B_{23} が供給する財 A の量には依存しない。このことから, ネットワークの使用料金は二部料金制と考えられる。

この仮定の下で, 企業 B_{22} と企業 B_{23} , それぞれの利潤を表す関数は,

$$h_{22}(y_2, y_3) - \frac{rL(u)}{2}$$

$$h_{23}(y_2, y_3) - \frac{rL(u)}{2}$$

と変更される。一方, 企業 B_{21} の利潤関数は,

$$h_{21}(u, v) + rL(u) \quad (19)$$

と変更される。

財 A を供給する企業の利潤関数を上記のように変更しても, 2nd stage のゲームの Nash

均衡は(10)式のままである。したがって、次の結果が得られる。

系4

L の2階導関数は0以下とする。このとき、ネットワークを保有する企業 B_{21} の利潤 $h_{21}(u, v)$ を最大にするネットワークの拡張規模とネットワーク使用単価の組 (u, v) は、

$$(u, v) = \begin{cases} \left(0, \frac{a-c}{2}\right) & \text{for } \frac{(a-c)^2 N \lambda e^{-\lambda u_0}}{4a} < K'_2(0) - rL'(0) \\ \left(u_3^*, \frac{a-c}{2}\right) & \text{for } \frac{(a-c)^2 N \lambda e^{-\lambda u_0}}{4a} \geq K'_2(0) - r'(0) \end{cases} \quad (20)$$

である。

ただし、 $\frac{\partial h_{21}}{\partial u}\left(0, \frac{a-c}{2}\right) + rL'(0) \geq 0$ の場合に、 $\frac{\partial h_{21}}{\partial u}\left(u, \frac{a-c}{2}\right) + rL'(u) = 0$ をみたす u を u_3^* と記す。

さらに次の結果も得られる。

系5

(i) $K'_1 < K'_2$ ならば、

$$L(u) = \frac{K_2(u) - K_1(u)}{r}$$

とすることにより、ネットワーク拡張規模は独占企業の結果(8)式と等しくなる。

(ii) ネットワーク使用単価が v_0 で固定されているならば、

$$L(u) = \frac{N e^{-\lambda u_0}}{ar} \left(v_0 - \frac{a-c}{2}\right)^2 (1 - e^{-\lambda u})$$

とすることにより、ネットワーク拡張規模はネットワーク分離の基本モデルの結果(15)式と等しくなる。

5. むすびにかえて——適用可能性と今後の課題

以上のようにモデルで検討した内容を、都市ガスをはじめとしたネットワーク産業への適用可能性について、若干ではあるが関連付けて検討する。既存のネットワークから新たにネットワークの規模を拡充しようとする産業において、ネットワークを運営する部門(インフラ)と財Aの供給を行う部門(小売り)について、単一の事業者に独占的な地位を与えて、ネットワークの建設・運営を行っているケースが4-1の独占企業に該当する。この場合に、この企業が選択するネットワークの規模と最終需要家に提示する価格水準が、定理1におい

て示されている。それに対して4-2ではそれをインフラ部門と小売り部門にそれぞれ分けて、別の企業が担うという想定がなされている。いま、便宜上前者をインフラ企業と呼び、後者を小売企業と呼ぶことにする。このとき、ネットワークを所有するインフラ企業は、小売企業からネットワークの利用料である託送料金を収入源とすることになる。定理2では、おおまかにいって、このように分けた場合の、均衡においてインフラ会社が選択する、ネットワーク拡張の規模と託送料金水準を示している。本文中でも触れたように、これらの最終的な小売価格は、独占企業のそれとは変わらないものの、資金調達のコストに差がある場合には、相対的に独占企業のケースに比べて、ネットワークの拡張規模が小さくなる可能性が示唆された。

ただし、都市ガスをはじめとした託送料金は、価格規制が課されているため、4-1のような独占価格を設定することは現実的ではない。この点を踏まえて、われわれは4-2(2)においてネットワークの使用単価を固定するという形でこの価格規制を表現した。この帰結については、系3で示されるように、ある条件のもとで、託送料金の設定に制約がない状態に比べて、制約がある場合にはネットワークの拡張される場合でも、その規模が相対的に小さくなることを示している。

こうした検討に加えて、4-2(3)ではネットワーク保有企業に対して、資金を差し入れるケースを扱った。そこでは、ネットワークを利用する各事業者が、託送料金の他にもネットワーク構築ための固定部分を支援するような形になっている。電気通信分野におけるユニバーサル料は、個々の利用者が、利用の頻度に上乘せされるこうした状況とも関連付けられるかもしれない。しかしながら、ユニバーサルサービス料金が、不採算のサービスを対象としているのに対して、このモデルではネットワーク新規拡充による利益を享受できる可能性があるため、必ずしもそうではない面もある。この点については、別途詳細な解釈が求められるよう。

最後に上記に加えての今後の課題について言及する。

第1に、モデルの上での先行研究との関連性の整理があげられる。本モデルは、現状を踏まえたうえで、その表現を試みたものであり、先行研究との対比がなされていない。この点については、今後の緊急の課題としてあげられる。第2に、これらの帰結と現実との解釈に関するものである。本モデルでの想定に関して、例えば投資を促すために託送料金のあり方などが問題になる。上で述べたように、4-2(3)のようなネットワークの拡張に関して、その固定料金部分を最終需要家が支援するような方法の解釈なども必要となるかもしれない。第3に、第2の点に関連して、実証分析による検討もあげられる。これらも改めて検討する必要がある。

冒頭で述べたように、ネットワークの拡張の必要性がある産業においては、どのように投

資を促すかが問題になる。小論のモデルとその解釈は、こうした課題を政策面で検討する上での1つの有用な判断材料になると思われる。

付記 本論文は、平成27年度・一般社団法人都市エネルギー協会・ガス事業研究会報告書(手塚・石井(2015))の内容に加筆修正したものである。また、本論文は、JSPS 科研費15K03463(手塚)25380323(石井)の助成を受けたものである。なお、本論の作成に際しては、2016年3月6日に行われた「中央大学経済研究所・ネットワークと社会資本研究会・研究合宿」において研究員からコメントを賜った。記して感謝する。いうまでもなく、あり得べき誤りはすべて筆者らに帰する。

参考文献

- 手塚広一郎・石井昌宏(2015)「ネットワーク上で供給される財の市場制度設計」ガス事業研究会報告書。
- 水野敬三・土門晃二(2009)「託送供給とパイプライン整備」竹中康治編『都市ガス産業の総合分析』第3章。
- Cremer, H and Laffont, J-J. (2002), "Competition in gas markets", *European Economic Review*, Vol. 46, pp. 928-935.
- Cremer, H., Gasmi, F. and Laffont J-J. (2003), "Access to pipelines in competitive gas Markets", *Journal of Regulatory Economics*, Vol. 24, pp. 5-33.
- Hori, K. and Mizuno, K. (2009), "Competition schemes and investment in network infrastructure under uncertainty", *Journal of Regulatory Economics*, Vol. 35, pp. 179-200.
- Hori, K. and Mizuno, K. (2006), "Access pricing and investment with stochastically growing demand", *International Journal of Industrial Organization*, Vol. 24, pp. 795-808.