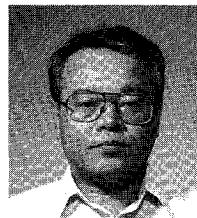


**研究展望**  
**REVIEW**

## 研究展望

**ネットワーク競争の経済理論と交通政策への応用**

ECONOMIC THEORY OF NETWORK COMPETITION AND  
APPLICATIONS TO TRANSPORTATION POLICIES

**宮城俊彦**

Toshihiko MIYAGI

正会員 工博 岐阜大学教授 工学部  
(〒501-11 岐阜市柳戸1-1)

**Key Words :** network economy, deregulation, contestability theory, scale economy, network industries

**1. 序 論****(1) 公共事業とネットワーク産業**

ネットワークという用語は比較的目新しい言葉と思われる読者も多かろう。しかし、その使用は古く、旧約聖書の“出エジプト”的なかで王がモーゼに言った言葉の翻訳に“Network”という用語が使われており、ヘブライ語で“reshet (net)”は現在でもテレコミュニケーションやその他のネットワークを表す言葉として使われているようである<sup>1)</sup>。現在では、化学、生物学、数学、工学などの理数科系は無論のこと、社会科学全般に渡って使用されるようになってきており、「ネットワーク」の持つ意味が多元化、多様化してきている。本稿では林<sup>2)</sup>に倣って、「ネットワーク」とは、「ヒト、モノ、エネルギーまたは情報を運ぶために形成され、階層構造を持ち、場所の制約を持つ物理的媒体」と定義する。これによって、道路、港湾、空港、電力、水道・ガス、電信・電話等の社会的間接資本（インフラストラクチャ）を対象とする事を意図している。

さて、通常の財やサービスの場合、消費は匿名で行われ（匿名型消費）、生産者は不特定多数の消費者を前提として生産と販売を計画する。この場合、価格をシグナルとして市場が成立している。一方、社会的間接資本が与えるサービスは、電気通信、電力、水道、ガス等の供給のようにネットワーク型サービスであり、消費者は特定の番地をもっており、供給者は登録された有名な消費者へ継続的に供給を行う<sup>2),3)</sup>。道路や鉄道等のような交通インフラは通信や水道等と異なり匿名サービスを行っているとはいえない。しかし、少なくともネットワーク型のサービスを供給しており、不特定多数の個人へのサービスであるとともに、そのサービスが特定の地番を介

して行われるという意味でネットワーク型サービスとして扱ってよいであろう。

ネットワーク型消費は次のような特徴をもつ。

① ネットワーク型の消費は、ある商品やサービスの利用価値が同じものが他にどれだけ多く使われているかにも依存する。また、外部性は需要を喚起する正の外部性と混雑のような負の外部性がある。

② ①のような外部性が存在するため、価格が市場における十分なシグナルとはならない。財を選択する消費者数も適切な指標となる。しかし、十分なシェアをもつ商品があり、ネットワーク外部性を持つとしても、市場により低価な商品が存在するならば消費者はその商品を購入しようとするであろう。言い換えれば、消費量は価格に反応したり、量そのものに反応したりするため、価格に関する一価関数とはならず、企業は価格をシグナルとして需要動向を掴むことができなくなる。

経済学においてネットワークが注目されるようになったのは比較的新しく、Rohlfs<sup>4)</sup>やKatz and Shapiro<sup>5)</sup>の論文以降である。特に、後者の論文は Rohlfs がコミュニケーション産業における需要の外部性効果に着目したのに対し、より一般的にネットワーク型消費を伴う商品の需要外部性を考慮した利潤最大化モデルを構築し、ネットワーク競争の一般的な特徴を明らかにしている。また、Anderson et al<sup>6)</sup>は確率選択行動モデルに需要の外部性を導入した寡占モデルを提案している。これらについては 3. で紹介する。

一方、このようなネットワーク型サービスの供給は、ネットワークの構築に膨大な固定費用の投下を必要とするため、規模の経済が働き、自然独占の性格が強くなる<sup>7)</sup>。したがって、サービスの公共性を勘案し参入を規制して独占を認める一方、価格を規制して独占の弊害を

取り除く配慮が成されている<sup>8)</sup>。こうした伝統的産業規制の理論に対し、1980年代初頭に登場したコンテストアビリティ理論は、市場への参入・退出が自由であり、費用がなく市場がコンテストアビリティな状態ならば、寡占や独占が生じても完全競争下で実現されるのと同様な経済厚生が達成されることを示した<sup>9)</sup>。この理論は、アメリカの航空産業の規制緩和政策に大きな影響を及ぼしたことによく知られた事実であり<sup>10)</sup>、ハブ・エンド・スポーツ型サービスのような新しい航空ネットワーク形態を生み出す背景を与えた。また、イギリスにおけるバス事業の規制緩和<sup>11)～13)</sup>を受け、Harker & Choi<sup>14)</sup>はバス市場における自由化に伴う効率性と公平性の問題を扱う均衡モデルを展開し、規制緩和の必要性を示している。こうした諸外国における規制緩和の流れを受け、わが国でも伝統的規制産業における規制緩和の理論の含意の検証や実施の検討が行われている<sup>15)～18)</sup>。

以上のようなネットワーク型産業の基盤施設はそのほとんどが公共投資の対象であり、土木計画の範疇にあるが、これを統一的なフレームワークの中で扱う研究はほとんど行われていない。また、経済学の分野でもネットワーク型消費のもつ需要の外部性は扱ってもネットワーク・サービス供給の費用特性はほとんど研究されていない。インフラ産業の費用特性は劣加法性で特徴づけられ、自然独占をいうためにはその特性だけで十分説明できるからである。しかし、ネットワークという構造的特性がもたらす固有の費用特性を研究することは十分意味であることであり、Berechmann<sup>19)</sup>が指摘するように、トランジットネットワークはその地理的配置そのものが規制の結果と見ることができ、また、新規参入者を阻止する要因となりうる。この点については4.で触れる。

## (2) その他のネットワーク研究との関連

ネットワーク産業は大きく3つの基本要素で構成される。すなわち、

- ① 運ぶべき客体（ヒト、モノ、エネルギー、情報；フローと総称する）
- ② ネットワーク施設（社会基盤；インフラと総称する）
- ③ サービス供給主体（コモン・キャリア的機能）

したがって、ネットワーク研究も上記3要素のどの部分を扱うかによって異なってくる。これまでのネットワーク研究は①と②の相互関連を扱う研究が主であり、従来の土木計画学の分野でも交通ネットワークを対象にフローとネットワークの関係を研究してきた。また、経済学の分野では③を主たる研究対象とし供給主体の経済活動を分析する枠組みを構成することに成功しているが、そのサービスがネットワークインフラを前提に成立していることへの配慮が欠けている。

土木計画学の分野でも①②に関する研究については多

くの視点からアプローチされてきた。したがって、最も研究が遅れているのはネットワークインフラを前提としたサービス供給主体の分析である。土木計画の分野は計画を立案、実施するための科学的、経済合理性をもった計画規範をもつ必要があり、ネットワーク研究を単なるネットワークフローの分析に終始させるのではなく、政策科学としてのネットワーク分析法に止揚させる使命をもつ、そのためには従来のネットワーク研究をサービス供給主体の行動分析といいかに融合させていくかが課題となるし、交通ネットワークに限らずネットワークそれ自体を対象にした経済原理の探求を行う必要がある。ネットワーク機能は個々のネットワークが費用を分担し、リスクを分散化する反面、経済活動を集中化する集積機能も合わせ持つ。このような機能は現象的には理解されても、理論的に説明する枠組みを我々はまだ持ち合っていないように思える。個々の経済主体はネットワーク機能を有効に利用し、経済的便益を享受するように行動するであろう。そこには、個々のネットワークを利用する経済主体の「競争と協調の原理」が働く。

本稿はこうした経済主体の競争・協調過程からみたネットワークの特性を分析するこれまでの理論枠組みを再編成し、新たなネットワーク研究の方向を展望することを意図している。

次節では土木計画が対象とする産業の多くがネットワークサービスを提供しており、規制産業であることを指摘する。3.はネットワークの需要外部性を扱っており、需要が価格に関して一価関数にならない場合が存在することを示す。4.はネットワークの費用構造を分析する枠組みを扱っており、ネットワーク構造と規制緩和問題は密接に関連していることを明らかにする。5.では米国の航空産業を例に需要の外部効果、費用効果そしてネットワーク競争がどのような形で生じたのかを中村論文<sup>24)</sup>を引用しつつ説明する。

## 2. ネットワーク産業とネットワークの経済

### (1) ネットワーク産業

鉄道・トラック輸送等の運輸業、電気通信・放送等の通信業そして電力・ガス・水道等の公益事業は金融業と共に規制産業と呼ばれ、ネットワーク型のサービス供給と費用の劣加法性にその特徴がある（表-1参照）。これらの規制産業の内、費用の埋没性のない金融業を除いた産業をネットワーク産業あるいは公益企業（あるいはインフラ産業）と呼ぶことにする。すなわち、ネットワーク産業とはそのサービス供給が何らかの物理的ネットワークを介して行われ、社会的間接資本形成に資する産業と定義できよう。この定義は林<sup>25)</sup>のネットワーク産業のそれにほぼ準ずるものであり、公益企業をネットワークという別の側面から見たその総称とも言えよう。

表-1 規制産業の産業特性（植草<sup>8)</sup>、[p. 51]より抜粋）

	ネットワーク型 供給システム	費用の 劣化法性	費用の 埋没性	自然独占 の 程度
公益事業				
電気（発電）	×	○	◎	○
（配電）	全部	◎	◎	◎
都市ガス（生産）	×	○	◎	○
（配送）	全部	◎	○	○
熱供給	全部	○	△	○
水道	全部	◎	◎	◎
通信・放送				
郵便	全部	△	△	○
電・信第1種	全部（地域内）	◎	◎	◎
電・信第2種	一部	△	△	○
放送（無線）	×	○	△	△
（有線）	全部	○	△	○
運輸				
鉄道	一部	○	○	○
国内航空	一部	○	△	○
国内海運	一部	△	△	△
トラック	△	△	△	△
バス	△	△	△	△
タクシー・ハイヤ	×	△	△	△
一				

注1) 全部：企業のすべてがネットワーク型 一部：企業の一部がネットワーク型

2) ○△△はそれぞれ大、中、小を表している。

ネットワーク産業は運ぶべき客体（ヒト、モノ、エネルギーそして情報；フローと総称する），ネットワーク施設（社会基盤；インフラと呼ぶ）そしてサービス供給主体（コモン・キャリア的機能）で構成される。旧来の公益事業論ではインフラとコモン・キャリア的機能が密接不可分であることを暗黙の前提としてきたきらいがある<sup>2)</sup>（ただし、鉄道部門においては、鉄道事業法の改正によってインフラ建設とコモンキャリア機能が分離され、異なる事業主体が担当できることになった。）。そして、主に、規模の経済をもってこれらの産業の独占を認めてきた。しかし、従来不可分とされてきたインフラとコモン・キャリア部分を切り放して考えると、インフラとはいっても移設不可能なものとそうでない物があり、すべてが埋没費用とはならない（例えば、バス車両や航空機材などは転売することができる）。また、規模の経済と範囲の経済が働くという理由だけでは自然独占が機能するとは看なせない。したがって、規制緩和を行い、自由な競争市場を形成することによってさらに社会厚生を高めようとするのが世界的な潮流になってきている。

## (2) ネットワークの経済

さて、ネットワーク産業を成立せしめる経済原理—これをネットワークの経済と呼ぶことにする—とはいかなりものであろうか。ネットワークの経済についてはまだ確定した定義は存在しないので、ここでは、取り合えず次のように定義しておこう。「インフラがネットワーク構造であることによって費用の劣加法性が発生し、それによって規模の経済、範囲の経済が享受できる場合」を

「ネットワークの経済」が働くと呼ぼう。ただ、林<sup>2)</sup>は「ネットワーク化の経済性」は規模の経済性、範囲の経済性とは異質の経済原理であることを主張している。また、宮沢<sup>20)</sup>も産業組織論の観点から「連結の経済性」という用語を用い、範囲の経済性とは区別しているが、これらは定義は定性的であり、厳密性に欠けるので、本稿ではやや消極的ではあるが、上記のような定義としている。

### 3. ネットワークの需要効果

### (1) ネットワーク効用

ネットワーク効用を定義するに際し、通信ネットワークをイメージすると理解しやすい。例えば、電話を購入するとき、料金もさることながら、加入するネットワークがどの程度の規模の利用者にサービスしているのかが重要な関心事になろう。電話サービスの利用者は固有の番号で識別できるが、路線が指定された交通サービスの場合は、不特定多数の個人にサービスしているのであり電話サービスとはサービス形態が異なる。しかし、個々のトリップは明確な起点と終点を持ち、交通ネットワーク全体としては、ある個人が特定の地番をもった地点へ移動することへのサービスであり、ネットワーク効用は電話サービスと同様、ある特定の個人（地点）へのアクセス可能性によって定義できよう。

今、社会に個人が参加可能なネットワークがn個だけあり、個人は自己の余剰が最大になるようにネットワーク  $i$  ( $i=1, \dots, n$ ) を選択する。あるネットワークサービスを受けることにより派生する余剰は、そのネットワークを利用する他の利用者数（ネットワーク規模と呼ぶ）に依存する。ただし、個人は事前にネットワークの需要規模を予想しており、事後的に実現されるネットワーク規模に一致することを期待している。このように事前のネットワーク規模と事後とのそれが一致するという意味でネットワーク相場の均衡は「期待均衡」である。

さて、 $X_i$  を利用者が期待するネットワーク  $i$  の利用者数であり、 $x_i$  は個々のネットワークの利用者数とおく。このとき、次の関係式が成立する。

$$X_i = \begin{cases} x_i : \text{ネットワークが独立している} \\ \quad \text{とき} \\ \sum x_i : \text{全てのネットワークが共用さ} \\ \quad \text{れているとき} \end{cases} \cdots (3.1)$$

ネットワーク  $i$ ,  $j$  が連結され、共用されるとき「 $i$  と  $j$  は互換性がある」あるいは「 $i$  と  $j$  は共用可能である」と呼び、「共用ネットワーク」あるいは「連結ネットワーク」と呼び、そうでないネットワークを「独立ネットワーク」と呼ぶことにする。

ネットワーク利用の効用はネットワークを利用しないときの一般財の効用  $V_0$  とネットワーク効用  $V$  の和で与えられる。

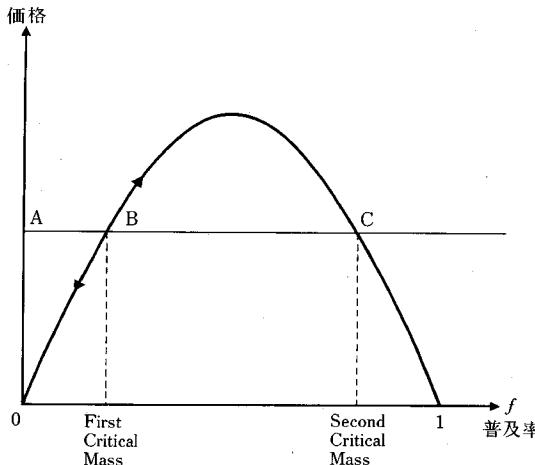


図-1 ネットワーク需要規模の均衡

えられ、ネットワーク効用はネットワーク規模に依存すると仮定する。

$$U = V_0 + V(X_i) \quad (3.2)$$

ネットワーク・サービスの価格を  $p_i$  とすると余剰  $S$  は

$$S_i = V_0 + V(X_i) - p_i \quad (3.3)$$

で与えられる。

## (2) ネットワーク規模の均衡

今、社会に1つのネットワークしか存在しないものと仮定し、そのネットワークの利用者の規模の均衡について考えてみる。このとき、前述したネットワーク  $i$  の効用を個人  $i$  のネットワーク効用と読み代える。また、ネットワーク費用  $p$  はすべての個人に対して一律と仮定する。ある個人  $k$  がネットワークを利用するとき、 $q_k = 1$ 、そうでないとき、 $q_k = 0$  とおく。このとき、次式が成立する。

$$q_k = \begin{cases} 1 : V_k(X) \geq p \\ 0 : V_k(X) < p \end{cases} \quad (3.4)$$

ここでは、個人に依存しない均一価格を仮定しているが、差別価格を想定することもできる。さて、個人が知覚するネットワーク効用をつぎのような利用者に関する加法的線形モデルとおく。

$$V_k(X) = \sum_{r \neq k} \omega_{kr} q_r \quad (3.5)$$

ここに、 $\omega_{kr}$  は個人  $r$  がネットワークに加入することによる個人  $k$  がそのネットワークに付与する価値である。個人のネットワーク価値の大きい順に並べ変えたものとすると、限界的な個人では次式が成立する。

$$\sum_{r \neq i} \omega_{ir} q_r = p \quad (3.6)$$

ネットワーク利用者数  $X$  は非常に大きな数であると仮定する。 $q_r$  は個人が予想する個人  $r$  の加入の有無であるから、非常に大きな母集団に対しては、これをネットワーク利用率  $f$  で置き換えることができよう。したがって、式 (3.6) は次のように書き換えられる。

$$\omega_i f = p, \quad \omega_i = \sum_{r \neq i} \omega_{ir} \quad (3.7)$$

ところで、 $\omega_i$  は  $[0, A]$  で全ての個人にわたり一様分布するものと仮定する。ネットワーク利用者数は限界的価値以上の価値を見いだす個人の総数であり、 $\omega_i$  は (3.7) で与えられるようにそれらの人の価値の和である。したがって、限界的個人では  $\omega_i = A(1-f)$  となり、式 (3.7) は次式のようになる。

$$A(1-f)f = p \quad (3.8)$$

式 (3.8) はネットワーク規模に関する均衡条件の1つの例であり、図-1のような特性を持つ。図では3つの均衡点A、B、Cが示されているが、ACが安定的な均衡点であるのに対し、Bは不安定な均衡点であり、Bを越えるとCに移行し、それを下回っている場合にはAへと移行する。C点は利用者の厚生の観点からも望ましい状況を与える (Rohlfs, 1974)。一方、B点は成長境界点 (critical mass) と呼ばれる状況を示しており、この点を越えると、ネットワークの外部経済によって利用率が急速に増加するが、これ以下の利用率の場合には政府の保護・育成無くしては生き残れないネットワーク産業を表現している。

## (3) ネットワーク相互の競争

この節では複数のネットワークが存在する場合のネットワーク需要効果を Katz and Shapiro<sup>5)</sup>を参考に概説する。ネットワーク利用の余剰が式 (3.3) で与えられる場合を考える。今、正の需要を持つネットワークに焦点を当てるとき均衡状態では次式が成立するはずである。

$$p_i - V(X_i) = p_j - V(X_j) = \phi \quad (3.9)$$

ここに、 $[p_i - V(X_i)]$  はネットワーク  $i$  のヘドニック価格である。ヘドニック価格  $\phi$  が与えられているとき、 $V_0 \geq \phi$  となる（余剰  $S$  が非負である）消費者は市場に参入するだろう。 $\phi$  は負の値もとりうるので  $V_0$  が  $[-\infty, A]$  の範囲で単位密度をもつ一様分布であると仮定すると、市場に参入する消費者の数は  $(A-\phi)$  となる。各々のネットワークが供給する利用者数の和を  $Z$  ( $= \sum X_i$ ) とおくと、次式に示す需給均衡式が成立する。

$$A + V(X_i) - p_i = Z \quad (3.10)$$

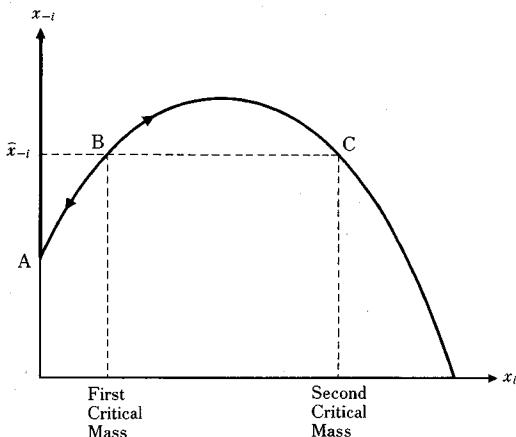


図-2 ネットワーク相互の競争

式(3.10)の左辺はネットワーク需要量、右辺はネットワーク供給量を表わしている。したがって、ネットワークサービスの価格は、ネットワーク規模に関する期待値  $X_i$  及び市場全体での産出量  $Z$  に依存することになる。

$$p_i = A + V(X_i) - Z$$

さて、ネットワークサービス  $i$  の供給のための総費用  $C_i$  は一定と仮定する。したがって、費用は企業の最適生産計画に影響を与えない。ネットワークが完全互換性をもつ場合にはあたかも 1 つのネットワークが存在するように機能するので、 $X_i = \sum x_i = Z$  for all  $i$  となり、企業の利潤関数は次式で与えられる。

$$\pi_i = X_i(A - Z + V(Z)) - (C_i + G_i) \dots \dots \dots (3.11)$$

ここに、 $G_i$  は互換性を持つための費用あるいは共用費用である。互いのネットワークに互換性が全く無い場合には、 $X_i = x_i$  であるから、利潤関数は

$$\pi_i = x_i(A - Z + V(X_i)) - C_i \dots \dots \dots (3.12)$$

個々のネットワークに互換性が無い場合には式(3.12)よりネットワーク  $i$  の利用者  $x_i$  とそれ以外のネットワークの利用者数  $x_{-i}$  の関係を得ることができ、図-2 のように表わすことができる<sup>5)</sup>。すなわち、複数ネットワークが競合するような市場においても、図-1 と同様、成長の臨界点が存在し、ネットワーク産出量は一意的には定められない。

また、Katz and Shapiro<sup>5)</sup>の補題 3, 4, 5 より次のことが言えよう。

i)  $V(X)$  は  $X$  に関する遞減関数とおく。利用されているネットワークの平均利用者数  $X/n$  (ここに、 $n$  は利用されているネットワークの数) 以上のネットワーク効用が得られるならば、すなわち、 $V(X/n) \geq X/n$  となる需要が存在するとき、これら  $n$  個のネットワークは存続し

う。

ii) ネットワークが完全互換性を持つ場合のネットワーク利用者総数はそうでない場合のネットワークに比べ大きい。

iii) 互いに互換性をもつ生産物を産出している 2 つの企業グループを考え、その生産量は第 1 成長臨界点以下であると仮定する。このとき、これらの企業グループの製品と互換性を持つ製品を産出する企業の生産量は増加し、そうでない企業の生産量は低下する。また、互換性を持つグループ全体の生産量は増加する。

i) は  $n=1$  の場合にも成立するので、独占的な、あるいは寡占的なネットワークが存在しうることを示している。ii) は製品の標準化あるいは共用化の重要性を示しているが、共用化のためのコストを考慮する必要があり、共用化の方向へ進むかどうかはネットワークのタイプ（経営主体、ネットワーク構成要素、等）に依存することになる。iii) は、たとえば、IBM と互換性を持つコンピュータを生産する企業、あるいは後の米国航空産業の例で示す航空券予約システムなどのように、大規模なネットワークを有するサービスあるいは製品と互換性を持たすことが、第 1 の成長臨界点を越えるためには必要であることを意味する。さもなくば、政府の補助・育成が必要となる。

#### (4) ランダム効用モデルを用いたネットワークの外部性の表現

離散型選択モデルにネットワーク外部性を導入するには 2 つのアプローチがある。1 つはランダム項が個人の間で独立に分布しているという仮定を緩めて、個人の選好が他人のランダム項の影響を受けると仮定することである。2 番目の方法はランダム効用の確定効用をネットワーク外部性を考慮した形で定義することである。ネットワーク外部性の本質は現実の選択の結果として生じるものであるから第 2 のアプローチをここでは取り上げる。

今、式(3.3)におせて、 $V_0$  を所得  $y$  に置き換え、線形ネットワーク効用関数を  $V(X_i) = \omega X_i$  とおく。このとき、ネットワークの外部性を考慮した、ネットワーク  $i$  を選択するランダム効用モデルは次のように定式化できる。

$$U_i = y - p_i + \omega X_i + \epsilon_i \dots \dots \dots (3.15)$$

ここに、 $\omega$  が正ならば、正の外部性が存在する場合を表し、負ならば、負の外部性の存在を意味する。 $\epsilon$  が二重指數分布にしたがって i.i.d. するならば、 $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$  が与えられているという条件の下で、ネットワーク  $i$  を選択する確率は次式で与えられる<sup>6)</sup>。

$$P_i = \frac{\exp[(\omega X_i - p_i)/\mu]}{\sum \exp[(\omega X_j - p_j)/\mu]} \dots \dots \dots (3.16)$$

ここに、 $\mu$ はオイラー定数に関するパラメータ  
このとき、ネットワーク需要  $X$  は次の連立方程式の解として与えられる。

この解を陽表的に求めることはできない。さらに解析を進めるため、 $i$ 以外のネットワークの価格を  $p_i = p$  と固定する。このとき、 $i$ 以外の需要は全て等しくなる。そして、式 (3.17) は次のように書き直せる。

$$X_i = Z \left[ 1 + (n-1) \exp \left\{ \frac{p_i - p}{\mu} + \frac{\omega (Z - nX_i)}{(n-1)\mu} \right\} \right]^{-1}$$

.....(3.18)

式(3.18)の方程式が唯一解を持つことは容易に示すことができる。ただし、 $\mu$ の値に依存して需要関数は様々な形をとり、次式が成立する場合に、価格に対し右下がりの需要曲線を得ることができる<sup>6)</sup>(図-3)。

$$\mu > \frac{Zn\omega}{4(n-1)} \dots \dots \dots \quad (3.19)$$

図-3は、図-1と同様ネットワーク需要が価格の一値関数にはならないことを示している。ランダム効用理論の性質から需要量がゼロになることは無いが、パラメータ設定の如何によっては、図-1とかなり良く似た曲線を得ることができる。 $\mu$ はネットワーク選択に関する分散パラメータであり、分散の大きさに比例する。したがって、より多くのネットワークが利用され、選択のバラツキが大きい場合には、言い替えれば、ネットワークが競争的な状況にあれば、価格が重要な選択要素となる。しかし、寡占的なネットワーク利用が行われ、バラツキが小さい場合には、ネットワーク利用数そのものも選択要素になり、価格を下げても利用者数が増加しないネットワークが存在することを図-3は示している。

#### 4. ネットワークの経済と交通政策

### (1) 自然独占と費用の劣加法性

自然独占は生産の費用構造と密接に関連している。まずは、単一生産をする企業の集まりを考えよう。今、生産量  $Q$  に対する費用関数を  $C(Q)$  とおき、すべての企業が同じ費用関数をもつと仮定する。さて、1社のみで生産する場合の費用を  $C(Q)$ 、 $k$  社が  $q_i$  の生産量を分担するときの費用を  $C(q_i)$  とする。このとき、 $Q = \sum q_i$  をみたすいかなる  $q_i$  についても

が成立するとき、費用関数  $C(\cdot)$  は  $Q$  で「強意の劣加法性をもつ」という。等号を含む場合を単に「劣加法性をもつ」という。式 (4.1) は次のようにも書き換えられる。すなわち、関数  $C$  が  $Q \leq Q^*$  に対して強意に劣加法的であるとは、次式が成立することである。

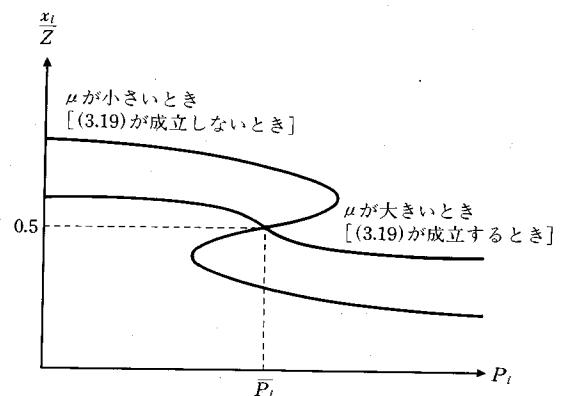


図-3 ネットワークの需要効果を考慮した需要曲線

式(4.2)は自然独占が成立する必要・十分条件である<sup>7)</sup>。ところで、規模の経済は

で表される。両辺を  $\lambda O$  で除すると、

$$\frac{C(\lambda Q)}{\lambda Q} < \frac{C(Q)}{Q}$$

となり、平均費用の遞減性に関する条件が得られる。規模の経済 (4.3) が成立するか、あるいは  $C(\cdot)$  が凸関数ならば  $C$  は劣加法的である。規模の経済や凹性は  $C$  が劣加法性をもつ必要条件ではあるが、十分条件ではないことに注意する。すなわち、限界費用曲線が増加関数であり、平均費用曲線が部分的に増加関数であっての劣加法性をもつ場合がある。

「規模の経済」という用語は経済学特有の用語のように思われるがちであるが、著者はこの概念はもう少し普遍的のもので、多くの現象を説明する有益な概念であると考えている。たとえば本川<sup>21)</sup>は鳥や動物さらには人間や自転車・航空機などの体重（重さ）と移動の消費エネルギーの関係を調べ、サイズが大きくなればなるほど消費エネルギーが少くなることを報告している。規模の経済の原理は生物界においても成立しているといえよう。

ところで、結合生産が成立するためには、少なくとも次に示す費用に関する範囲の経済が要請される。

しかし、規模の経済、範囲の経済だけでは劣加法性をいうのに不十分であり、さらに結合生産のもう一つの条件、費用に関する補完性条件が必要となる。

$x, y, z \geq 0$  に対し、

$$C(x+z) - C(z) \geq C(x+y+z) - C(x+y) \dots \dots \dots (4.4)$$

が成立するとき、 $C()$  は「費用に関し補完性をもつ」という。 $C$  が 2 回連続微分可能であれば、は次のようにも書ける<sup>7)</sup>。

$$\frac{\partial^2 C}{\partial y_i \partial y_j} \leq 0 \dots \dots \dots (4.6)$$

$\frac{\partial^2 C}{\partial y_i \partial y_j} > 0$  ならば、「費用に関し代替性をもつ」という。そして、 $C$  が費用に関する補完性をもつならば、 $C$  は劣加法的であることが言える。

## (2) 密度の経済、範囲の経済そしてネットワークの経済

わが国の運輸部門においては、従来から参入は免許制、価格は認可制が実施されてきた。ただ、トラック輸送においては 1989 年に「道路事業法」が改正され、参入は許可制、価格は届出制に規制緩和され、通運事業法は廃止されている。規制下のもとでの輸送ネットワークの構造は、かなりの程度その地域の監督機関の特定の規制政策や規制目的の結果であると看なせる。もちろん、トランシット需要を含む地域の空間的社会経済構造を受けてのことである。例えば、ある特定の OD を結ぶ経路は交通貧困者のグループへのアクセシビリティの提供であったり、高密度地域での交通混雑を緩和するといった規制目的の結果である。一旦規制緩和を実施すると、交通企業は自分達の経済的目的、例えば、コストの最小化を目標としてネットワークの再編成を計るであろう。さらに、自由参入、退出政策の下では、市場に参入を計ろうとする企業もできこよう。後でみると、既得権をもつ企業はこのときネットワークを再編成し、ネットワーク経済の利点を使い、参入を阻もうとする。以下では、ネットワークに関する経済のいくつかのタイプを検討し、コストの減少、参入阻止を計ろうとする既存企業への効果について検討する。

### 交通密度の経済

客を集約させ単位産出量当たりの運行費用を下げることによって生じる経済効果 (Mohring<sup>22)</sup>) であり、規模の経済を路線毎に定義する場合に相当する。

Bailey and Friedlaender<sup>23)</sup>による次の例を参考に説明しよう。4 地点を結び 6 路線 (12 の往復路線) を営業するトランジット企業を考える。一方、(b) はハブ・エンド・スポーク・タイプのネットワークを表している。企業にとって、1 旅客当たりのコストが小型車両よりも大型車両の方がより低いとするならば、すべての客を種々の出発地からまず集め、それからそれらの客を中心施設 ((b) の A 点のターミナル) に集中させ組み直して、最終目的地へ送り出す方が経済的である。このような路線編成をする事によってルート数は少なくて済み、かつ、路線毎の密度を高くすることができ、企業の

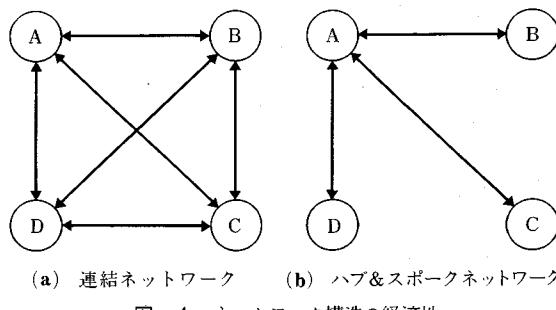


図-4 ネットワーク構造の経済性

平均運行コストは減少する。

企業の平均コストを減少させるために、旅客をクラスター化すべくルートやダイヤを構成することは、恐らく旅客の経済厚生にも影響を与える。一方では、ある特定のルートに高頻度運行のサービスが行えるので、その特定のすべての地点間で運行していたときよりも、OD ペアの旅客についてはサービスの大幅な改善がみられよう。しかし、そのようなサービスが得られない地域では、旅行時間の増加を余儀なくされ、全体の経済厚生を下げる方向に働く。こうした状況は、地域内、あるいは地域間トランジット・サービスにおける特急サービスと普通サービスなどにもみられる現象であろう。このようにネットワークの再構築によって利用者の経済厚生がどのように変化するのかを予測することは難しく、実際に規制緩和を行った個々の事例の報告もこの点は明確ではない。ただし、規制緩和が行われたならば、小型車両での営業を目的に市場に参入する企業も当然生じよう。こうした企業は恐らく幹線からはずれた周辺部のサービスを担当することになり（住宅団地と駅を結ぶミニバスサービス、航空幹線をはずれた地域間でのコミューターサービスなど、図-4 (b) の例では B-C, C-D, D-B の路線）、したがって、既存企業の参入阻止行動がなければ利用者の経済厚生は向上するはずである。

### 範囲（多角化）の経済

複数生産を行っている場合に、混合生産量の変化によって総生産量の単位当たりコストが減少する場合をいう。鉄道会社がデパート、不動産業等の兼業を行い開発利益を内部化する場合が範囲の経済の典型的であるが、ネットワークインフラの観点でいえば、異なる企業の路線や駅の共有化（相互乗り入れ）、バスター・ミナルなどのような共通投入要素の存在が範囲の経済を生み出す。

### ネットワーク構造の経済

同一ネットワークに属する異なるルートを使った類似のサービスの生産から生じる費用優位性によるサービス生産コストの節約。

このことは、ルート間で労働や車両の交換が可能であるときに、ネットワークの構成上（ハブ&スポークな

ど), あるいは各々のルートの運行条件のどちらかが原因となって生じる。図の例でいえば、A→Cのピーク需要がB→Cのピーク需要に時間的ズレがある場合に企業はその資本と労働を有効に活用することができる。すなわち、A→Cルート上のピーク需要に対応した後、B→Cの需要を処理すれば良い。こうした状況のもとでは、A→Cのサービス供給の限界費用は、ルートA→C上で生産される輸送量が増加することによって減少するであろう(費用の補完性)。したがって、費用は劣加法性をもち自然独占が成立する。特に、規模の大きなネットワークを有する鉄道や輸送業者は費用の補完性を活かす機会が多いであろうから、ネットワーク規模が大きいことは必然的に自然独占の形態となる。費用の補完性は、鉄道における相互乗り入れが実施された場合にも生じる。

これら3つのタイプの経済は、その経済資源及びルートネットワーク構造への影響という観点では密接に関係しており、参入阻止やコストを減少させる手段として有効である。これら3つのタイプの経済原理をあたかも1つのものとして扱い、これを「ネットワークの経済」という。

### (3) ネットワークの経済と参入阻止

ネットワークの経済が機能するときの既存企業の参入阻止行動を分析してみよう。今、規制緩和の結果ルートjに参入があったものとしよう。結合生産を行う独占企業の利潤関数は

$$\pi = \sum_{i \in R_s} p_i y_i(p_i, p_j) - C[y_1(p_1, p_j), y_2(p_2, p_j), \dots, y_t(p_t, p_j), \dots, y_n(p_n, p_j)] \quad (4.7)$$

ここに、 $R_s$ はODペアrsにおける路線集合を表す。 $y_i(p_i, p_j) = D_i(p_i, p_j)$ であり、 $D(\cdot)$ は価格に関し右下がりで、微分可能な需用関数である。式(4.7)の1次条件は

$$D_i + p_i + \sum \frac{\partial D_i}{\partial p_j} = \sum \frac{\partial C}{\partial y_j} \frac{\partial D_i}{\partial p_j} \quad (4.8)$$

で与えられる。すなわち、独占企業は限界収益が限界価格に等しくなるように価格を設定する。

さて、今、図-4(b)においてA→Cに参入がある場合を考える。このとき、市場A→Cの価格が下がり、より多くの需要がA→Cで発生する。ところで、既存企業の路線がコスト補完的であるならば、A→Cの利用量の増加に伴いAB間、AD間の限界費用は減少する。したがって、上式からも判るように独占企業は限界費用が減少すればマーク・アップ率を高くすることができ、A→C以外の路線で利潤を増やすことができる。既存企業はA→C路線でゼロ利潤でも構わないが、新既参入者はゼロ利潤に耐えきれず、やがてその市場から撤退するであろう。・

## 5. 米国の航空産業の例

1978年、Airline Deregulation Act(航空企業の規制撤廃法)が成立し、その結果、米国国内航空路線の認可性の廃止(1981年)、続いて航空運賃の認可性が廃止(1983)に至った。米国航空産業の例は、ネットワークの経済、規制緩和の効果を分析する良い事例であるので、その後の米国航空市場がどのように変化したかを中村<sup>24)</sup>に従って整理し、ネットワークの経済の視点から分析してみよう。

### (1) 参入撤退の動き

まず、旅客分野では1978年時点の企業数が109社であり、78~87年の内に70社が消え去った。他方、この間の新規参入企業は119社であったが、87年時点まで生き残ったのはその内の34社である。同様に、貨物事業企業をみると、既存、新規参入企業を含め、78~87年の9年間で6社からわずか1社のみが生き残っている。結局、旅客・貨物の両分野を合わせて、既存・新規参入の合計234社の中87年時点で生き残っているものは74社、残りの160社は他企業に合併されるか、撤退もしくは解散したことになる。このように規制緩和の結果、多くの新規企業が航空産業に参入したものの、結果的には競争原理により、規制緩和前よりも企業数は減少し、特にメジャーエアラインのシェアを増加させ、集中化が生じている。

### (2) 運賃・コスト・生産性の動向

規制緩和によって運賃は減少するはずであるが、現実の運賃の動向はどうであったろうか。中村によれば、1978年の9セント(1マイル当たり)から1986年の6.5セントと28%ほど低下している。また、運賃の基礎になる航空サービス生産の単価コストについても81年から86年にかけて有効座席当たり(73年の消費者物価換算)で4.2セントから3.2セント(25%), トン・キロ当たり(名目セント)で大手エアラインで10%, 中小エアラインで20%の低下が生じている。さらにコスト低下の基礎となる労働生産性についても従業員1人当たりの座席・100マイル指標でみると、その値は78年の1.15から86年の1.68に上昇している。

### (3) 独占・寡占化への動き

上記のような合理化による大幅な生産性上昇、コスト低下にもかかわらず、激しい競争による運賃低下圧力は米国エアラインの営業利益率を急速に低下させることになった。特に79年以降は営業利益率は大方マイナスの値に落ち込み、83年になってやっと1%台に回復するにいたった。

しかし、メジャーエアラインによるハブ・エンド・スポーツへの組み込みによって中小エアラインの吸収・合併が進み、市場の寡占化によってエアライン間の運賃競

争がある程度弱ってくると、実勢運賃は徐々に上がる傾向が現れてきている。とくに、1986年から87年は吸収合併が急速に進んだ年である。例えば、ある路線では86年2月に98ドルであったものが、競争エアラインの吸収後の翌年には338ドルにはね上がっている。他の路線についても420ドルから820ドルに急上昇している。

#### (4) ネットワーク経済からの視点

以上にみてきたような米国航空産業の動向は、コンテストアビリティ理論そしてネットワーク理論を考えるのに非常に良い例である。コンテストアビリティ理論によれば、技術や制度面での参入障壁がなければ一社もしくは数社による独占、寡占体制が現実に起つたとしても、新規参入の圧力のために実現可能な最低コスト・価格での財・サービスの供給が行われ効率的な市場が実現されるはずである。中村はこの点に関してメジャー・エアラインのもつ大規模な CRS（たとえば、アメリカン航空のセイバー、ユナイテッド航空のアポロなど）を用いた広範囲な販売戦略が、中小企業の十分な参入障壁となること、そして、大きなネットワーク展開とともに運航コストの節約効果は無視できず、これがコンテストアビリティ理論が成立する根拠を失う原因となったと分析している。

3.で述べた「ネットワーク需要の外部性」及び4.(3)の「ネットワークの経済と参入阻止」に示されたネットワーク競争の理論を用いれば上述の中村のコメントをさらに具体的な形で説明することができる。すなわち、中小企業の場合、価格競争面でメジャー・エアラインよりも有利な立場にあってもネットワーク規模が小さい場合には、価格以外の需要効果である規模の効果が十分発揮できず、第1の臨界成長点に達する前に撤退する羽目になるということである。すなわち、ネットワーク構造をもつサービスの場合には、価格を通じて競争現象を分析するだけでは不十分であり、規模の効果を同時に考慮すべきである。同様に4.(3)で述べたような既存企業の既存ネットワークを利用した参入阻止行動が米国の航空産業では実際に生じたと推測できる。すなわち、ハブ・エンド・スポーツのネットワークをもつメジャーの費用関数が劣加法性をもつならば、新規参入のある路線での運賃低下競争において既存メジャーは有利な立場にあり、大規模ネットワークを利用して新規企業を追い出すことができる。上記(2)(3)にみたような米国の航空産業の動向はこの結果を如実に現しているものといえよう。

## 6. 結語

本稿は公益産業をネットワーク産業とみなし、物理的なネットワークを経済理論の土台に乗せるための経済フレームを示したものである。規制緩和という時代の潮流

の中で、計画家は交通政策を立案する際にネットワークの経済構造を理解しておく必要があろう。

本研究で得られた知見を実際の交通政策に直接応用することは無理があるが、研究課題という形で無理を承知知で雑把に整理すると次のようになろう。

- ①わが国の陸上交通網の発展は第1の成長臨界点を過ぎ、恐らく第2の臨界点にさしかかっていると思われる。世界的な貿易競争、航空ネットワーク競争の中で、産業インフラとしての交通インフラの重要性は益々強まっていくものと予想される。効率的なインフラ建設のためには、規模の経済の追求だけでは駄目で範囲の経済、ネットワークの経済を効率的に利用していく必要がある。このためには異種交通機関を統合したネットワーク体系をどのように構築していくかが議論されねばならず、3.(1)で議論されたような比較的小さい個人グループ間のコミュニケーションの効用をどのように測定するかが重要な課題になろう。
- ②多くの産業が規模の経済から、範囲の経済そしてネットワークの経済を探究する構造へと推移してきている。ネットワークの経済を享受するには標準化、共用化（互換性）が重要な課題となる。海上物流におけるコンテナ化はその方向に沿った動きと言える。鉄道で言えば、軌道の標準化（統一化）、民鉄とJRあるいは民鉄同士の相互乗り入れなどが現実的な共用化の方策となろう。さらに敷衍すれば、現行の鉄道事業法を徹底させ、すべての鉄道インフラは共有化し、コモンキャリアの競争メカニズムを残す方策なども考えられる。
- ③ネットワークの外部性を考慮すると需要は価格のみならず、量それ自身の影響も受ける。このことは、新しい需要予測法や便益計測法が開発されねばならないことを示唆している。
- ④航空ネットワークとの関連でハブ／スポーツが流行語となり、ネットワークの中心になるとだけを指してハブ空港が議論されることがある。しかし、ネットワークの形態は需要の空間的分布とともに運輸産業の費用特性にも密接に関連することを認識する必要があり、交通産業のコストに関する研究をより一層進めることができるものと期待される。
- ⑤ネットワーク構造を有する産業においては、安易な規制撤廃は行うべきではない。大規模なネットワークを保有すること自体が大きな固定費用を生じせしめ、自然独占の企業を発生させる。したがって、小さな規模のネットワークを有する企業はそれが利用者にとって便利なネットワークであっても消滅する可能性がある。規制緩和とネットワーク経済に関する研究も今後の課題と言える。
- ⑥ネットワーク効果の分析は従来研究されてきたネットワーク需要予測法をベースに展開されるであろう。すな

わち、交通政策の意志決定を上位問題にし、ネットワーク交通需要を決定する問題が下位問題となる構造を有する。この種の問題は応用ネットワーク分析と呼ぶことができ、ネットワーク研究の成果を政策分析に応用していく研究は重要性を増すであろう。

本稿は文献に散在するネットワークの経済理論を集約化し、交通政策への応用を意図とした形で整理したつもりである。理論としてはまだ発展途上の段階にあり、定義もあいまいのままの概念もいくつかある。しかし、この種の研究は今後の交通政策を検討していく上で有用であり、発展性は大きいと考える。したがって課題も多い。

## 参考文献

- 1) Noam, E. M. : A theory for the instability of public telecommunications systems. *The Economics of Information Networks* (C. Antonelli ed.), Elsevier Science publishers B. V., pp. 107-127, 1992.
- 2) 林紘一郎：ネットワーキングの経済学，NTT出版，1989。
- 3) 南部鶴彦：ネットワーク革新と産業システム，日本経済新聞：「経済教室」欄，1987。
- 4) Rohlfs, J. : A theory of interdependent demand for a communications service. *Bell Journal of Economics and Management Science*, Vol. 5, pp. 16-37, 1974.
- 5) Katz, M. L. and C. Shapiro : Network externalities, competition, and compatibility. *American Economic Review*, Vol. 75, pp. 424-440, 1985.
- 6) Anderson, S. A., A. de Palma and J-F. Thisse : *Discrete Choice Theory of Product Differentiation*, Cambridge, MIT Press, 1992.
- 7) Sharkey, W. W. : *The Theory of Natural Monopoly*, Cambridge University Press, Cambridge, 1982.
- 8) 植草益：公的規制の経済学，筑摩書房，1991。
- 9) Baumol, W.J., J. C. Panzar and R. D. Willing : *Testable Markets and the Theory of Industry Structure* (2nd ed.), New York, Harcourt Brace and Javanovich Publishers, 1988.
- 10) Vickers, J. and G. Yarrow : *Privatization : An Economic Analysis*, Cambridge, The MIT Press, 1989.
- 11) Savage, I. : *The Deregulation of Bus Services*, Hampshire, U. K., Gower Publications, 1985.
- 12) Glaister, S. : Competition on an urban bus route, *Journal of Transport Economics and Policy* 19, pp. 65-81, 1985.
- 13) Bell, P. and P. Cloke Eds. : *Deregulation and Transportation*, London, David Fulton Publishers, 1990.
- 14) Harker, P. T. and S-C Choi : Equilibrium in competitive urban mass transportation markets. in *Transportation and Traffic Theory* (N. H. Gartner and N. H. M. Wilson Eds.), New York, Elsevier, 1987.
- 15) 経済企画庁総合計画局編：規制緩和の経済効果，大蔵省印刷局，1986。
- 16) 経済企画庁総合計画局編：規制緩和の経済理論，大蔵省印刷局，1989。
- 17) 奥野・篠原・金本編：交通政策の経済学，日本経済新聞社，1989。
- 18) 林敏彦：ネットワーク経済の構造，テレコミュニケーションの経済学（林敏彦／松浦克己編）5章，pp. 123-143, 1992.
- 19) Berechmann, J. : *Public Transit Economics and Deregulation Policy*, Elsevier Science Publishers B. V., 1993.
- 20) 宮沢健一：業際化と情報化，有斐閣，1988。
- 21) 本川達夫：ゾウの時間ネズミの時間，中公新書，p. 61, 1992.
- 22) Mohring, H. : *Transportation Economics*, Ballinger, New York, 1976.
- 23) Bailey, E. and Friedlaender, A. F. : Market structure and multiproduct industries, *Journal of Economic Literature*, 20(3), pp. 1024-1048, 1982.
- 24) 中村貢：航空分野の規制緩和—その現実ならびに評価—，日交研シリーズA-141，日本交通政策研究会，pp. 9-18, 1991.

(1994.8.12 受付)