

ネットワーク外部性と料金政策

Network Externalities and Pricing Policies

金本 良嗣 （東京大学大学院経済学研究科附属日本経済国際共同研究センター教授・センター長）

要 旨

情報化社会における重要な課題はネットワーク外部性に対応するかである。本稿では、電気通信ネットワークを例にとって、ネットワーク外部性が存在するときどのような料金体系が望ましいかを検討する。これまでのネットワーク外部性の研究の多くは、加入者数の増加が既加入者に外部便益をもたらすことをアブリアリに仮定しており、この外部性がどのようにしてもたらされるかは必ずしも明かにしていなかった。本稿の特長は、個人間のコミュニケーション需要を明示的に定式化した上で、社会的に望ましい料金政策を分析することである。

キーワード：ネットワーク外部性，料金政策，次善

Network Externalities, Pricing Policy, Second Best

1 はじめに

情報化社会における重要な課題はネットワーク外部性にどう対応するかである．ネットワーク外部性は，ネットワークの加入者数の増加によって既加入者が通信できる相手が増加し，これが既加入者に外部便益を与えることによって発生する．本稿では，電気通信ネットワークを例にとって，ネットワーク外部性が存在するときにどのような料金体系が望ましいかを検討する．

これまでのネットワーク外部性の研究の多くは，加入者数の増加が既加入者に外部便益をもたらすことをアприオリに仮定しており，この外部性がどのようにしてもたらされるかは必ずしも明かにしていなかった．通信需要の原点はある個人が他の誰かと情報交換することから便益を受けることであるので，本稿では個人間のコミュニケーション需要を明示的に定式化することを試みる．個人間のコミュニケーション需要をすべて明示的に考慮することはモデルを複雑にするが，そのことによって通信におけるネットワーク外部性の構造を明確にできるというメリットが存在する．

実際のコミュニケーション需要の構造は極めて複雑であるが，ここでは以下のような簡単な構造を仮定する．潜在的にはすべての人が他のすべての人とコミュニケーションする需要を持っているが，人によって通信から得る便益が異なっている．ただし，ある一人が他の人とコミュニケーションすることの便益は相手によらず同じである．したがって，Aさんが通信から得る便益はBさんと通信してもCさんと通信しても同じであるが，AさんがBさんやCさんとの通信から得る便益は，BさんがAさんやCさんとの通信から得る便益とは一般に等しくない．また，同じ相手と通信する場合には，通信量が多くなると通信から得る便益は逡減していく．

各個人は通信ネットワークに加入するかどうかをまず決定し，加入した場合には通信量を決定しなければならない．通信ネットワークの料金体系としては，基本料金と従量料金の2つのタイプの料金を徴収する2部料金制を仮定する．

第一に，ネットワーク事業者が赤字を出してもよい場合にどのような料金体系が社会的にみて最適になるかを考える．このファースト・ベストの料金体系に関して得られる主要な結論は以下のようになる．

- (1) 最適な従量料金は通信の限界費用に等しい．
- (2) ネットワーク外部性を反映して，基本料金は接続費用の半分以上である．(すべての利用者の効用関数が同じ時にはちょうど半分になる．)
- (3) 通信ネットワーク事業者に赤字が発生し，赤字額は固定費に接続費用のうち基本料金でカバーされない部分を足したものに等しくなる．

次に，ネットワーク事業者が独立採算制を維持しなければならず，赤字を出せないという制約のもとでのセカンド・ベストの料金体系を分析し，セカンド・ベストの料金体系は

以下の条件を満たすことを示す．

(1) セカンド・ベストの従量料金は限界費用より高くなる．

(2) セカンド・ベストの基本料金がファースト・ベストの料金算定方式を用いたものに比較して高いかどうかは明かでない．

電気通信におけるネットワーク外部性の性格については、既に Artle and Averous (1973) や Squire (1973) などが分析している．以下ではそれらの文献を簡単に要約し、それらのなかでこの章の分析がどう位置づけられるかを説明する．

まず、Artle and Averous はネットワークの加入者が増加すると、すでに加入している人々が利益を受けることに着目した．例えば、自分が電話に加入すると自分自身にとって便利になるのと同時に、自分と連絡をとりたい知人達にとっても、自分とのコミュニケーションが容易になるという便益が発生する．したがって、ネットワークの加入者数の増加は既加入者の多くに便益を与えることになり、加入者数が公共財的性格を持つと Artle and Averous は主張した．

Squire は通信サービスの最適料金設定の問題を考えることによって、ネットワーク外部性の性質を整理した．彼は通信サービスには２種類の外部性が存在すると主張した．第一は、Artle and Averous によって取り上げられたのと同じ外部性であり、新しい加入者が他の既加入者に与える外部経済である．第二は、電話に関しては電話をかける側だけが料金を負担するのが通常であるが、電話を受ける側も便益を受けることである．したがって、電話をかける側から受ける側への外部経済が存在する．

第一の外部性の問題を解決するためには、新しく電話を引くコストより電話の加入料金を外部経済の分だけ安くしてやればよい．ここで問題になるのは、このような政策は電話会社の赤字を招くことである．したがって、通常は加入料金（あるいは、基本料金）をコストより安くした分を、通話料金をコストより高くすることによってカバーすることになる．第二の外部性については、少なくとも理論的には、電話の受け手にも料金を負担させれば解決することができる．

Littlechild (1975) は、これらの２種類の外部性のうち第一の外部性だけを取り上げ、社会的にみて最適な２部料金体系を分析し、利潤を最大にする料金体系との比較を行った．

Squire や Littlechild の論文では、ネットワーク外部性がどういうメカニズムで発生するかを検討することはしておらず、その存在を仮定した時にどのような料金設定が最適であるかを分析している．これに対して、Rohlf's は非常に単純なモデルを用いてネットワーク外部性の発生メカニズムをより詳細に分析している．ただし、彼のモデルでは個人の通話量が外生的に与えられており、料金設定の分析はきわめて簡単なものとどまっている．また、Rohlf's は自由市場でどのような均衡が成立するかを扱っており、Squire の論文での主要テーマである最適料金の問題は扱っていない．

Rohlf's のモデルでは、個人の効用関数は他のどの人がネットワークに加入しているかに

依存する．つまり，個人 i がネットワークに加入して得ることのできる効用水準は $U_i^1(q_1, \dots, q_{i-1}, q_{i+1}, \dots, q_n, r_{i1}, \dots, r_{im})$ である．ここで， q_j は個人 j がネットワークに加入しているかどうかを表す変数であり，個人 j が加入していれば $q_j = 1$ で，加入していなければ $q_j = 0$ である¹．このように個人の得る効用水準が他の人がネットワークに加入しているかどうかに依存する場合には，市場均衡が複数存在する．第一に，少数の人しか加入していない場合には，ネットワーク加入の便益は小さく新たな加入者は存在しない可能性がある．したがって，多くの人が同時に加入すれば大きな便益をすべての人が受ける場合でも，ネットワークは小さいままにとどまるかもしれない．ところが，もし当初から多くの人がネットワークに加入していれば，大きなネットワークが安定的な均衡になる．

Orens and Smith (1981) は Rohlfs のモデルを一個人の通話量の需要が料金に依存するように拡張して，3 部料金の分析を行った．ただし，彼らの分析は独占者の利潤最大化を前提に Critical Mass の問題に焦点を当てているので，ネットワーク外部性が料金体系に対して与える影響が明らかになっているとは言い難い．

以上は通信ネットワークを念頭においたモデルであるが，Katz and Shapiro (1985)(1986) はソフトウェア産業を主として念頭において，ネットワーク外部性が存在する場合の寡占的競争を分析した．その他の文献としては，電力産業の最適スポット価格のシミュレーション分析を行った Bohn, Caramanis, and Schweppe (1984) がある．

以上で簡単に展望したこれまでの研究で不十分なのは以下の 2 点である．第一に，ネットワーク外部性が存在する場合の最適料金体系の構造についての理解が十分であるとは言えない．Orens and Smith (1981) では最適 3 部料金が導かれているが，その構造は十分には分析されていない．また，ネットワーク性を持つ産業の多くは自然独占になっているが，ネットワーク外部性が存在するときどのような料金規制をするべきかについても分析されていない．第二に，ネットワーク外部性が発生する原因となる技術的特性についての分析が存在しない．例えば，Rohlfs のモデルにおいてもある個人がネットワークに加入することによって得る便益が他の誰がネットワークに加入しているかに依存しているということからスタートしており，この特性が通信サービスの技術と需要のどのような構造から発生しているのかが必ずしも明かでない．

本稿では通信サービスの需要構造をより明示的にモデル化し，その枠組みを用いて最適な 2 部料金体系の分析を行う．次の 2 節で通信ネットワークのモデルを設定し，3 節でそのモデルでの消費者の最適行動を導く．4 節では，独立採算制の制約なしで消費者余剰と生産者余剰の和を最大化するファースト・ベスト解を分析する．最後に 5 節で，独立採算の制約が存在する場合のセカンド・ベスト解を考察する．

¹ ここで， r_{ij} は個人 i による消費財 j の消費量である．

2 モデル

ネットワーク外部性の議論は、ネットワーク加入者数の増加が既存の加入者に対して便益を与えることを先験的に仮定してしまうことが多い。このようなアプローチではネットワークの意味について不明瞭な点が残らざるを得ないので、ここでは通信の需要サイドの構造を各加入者の意思決定にまで遡って明確にモデル化した上で通信料金政策の問題を分析する。当然のことながらこのようなモデルは複雑にならざるを得ないので、ここでは需要者について以下のような簡単な構造を仮定して、理論的な構造を分かりやすくしていきたい。

個人 i の効用関数は他の個人に送る通信量 x_{ij} と通信以外の消費 z に依存し、以下のような分離可能な形をしているとする。

$$(1) \quad U = z + \sum_{j=1}^n u(x_{ij}, i)$$

ここで、 n は通信ネットワークの加入者数であり、 x_{ij} は加入者 i から加入者 j への通信量である。 $u(x_{ij}, i)$ は個人 i が他の個人 j と x_{ij} の通信を行うことから得る効用である。 n は整数でなければならないが、以下では便宜的に連続変数として扱い、 n に関する微分が可能であるとする。また、通信を送る相手は自分を除いた $n-1$ とするのが、自然であるが、簡単化のために n とする。この仮定は、 n が十分大きくてその差を無視できるか、あるいは、自分自身にも通信するとすれば正当化できる。(1)式の定式化では、他の個人から送ってくる通信については便益は受けないとしている。したがって、通信自体については送り手と受け手の間の外部性は存在しない。

通信からの便益は個人によって異なりうる。便益の大きさの順に並べ替えて、 i が大きくなるほど便益が小さくなっていくとする。したがって、

$$(2) \quad u_i(x_{ij}, i) \leq 0$$

が成立する。ここで、下付の添え字は偏微分を意味する。また、すべての消費者について通信からの限界効用は逓減し

$$(3) \quad u_{xx}(x_{ij}, i) < 0$$

が成立するとする。さらに、通信便益が小さい消費者は限界効用も小さいと仮定する。つまり、

$$(4) \quad u_{xi}(x_{ij}, i) \leq 0$$

が成立する。

以上の定式化で最も重要な仮定は、各個人は他のすべての個人との通信から利益を受け、その利益は通信相手によらず同じであることである。この仮定から、各個人は他のすべての個人に同じ通信量を送ることになる。この仮定を緩めると複数のネットワークができる可能性があり、分析が非常に複雑になる。そのような分析については Rohlfs (1974) を参照されたい。

通信の価格付けについては 2 部料金制を仮定し、 f が基本料金で p が従量料金であるとする。消費財 z の価格を 1 に基準化すると、この料金制のもとでの需要者の所得制約は

$$(5) \quad y = z + f + p \sum_j x_{ij}$$

となる。ここで、 y は需要者の所得である。

通信事業者の費用関数は加入者数と通信量の双方に依存し、

$$(6) \quad C = c_0 + c_1 n + c_2 \sum_{ij} x_{ij}$$

の形をしているとする。ここで、 c_0 は一般管理費や技術開発費などの固定費、 c_1 は加入者をネットワークに接続するために必要な接続費用、 c_2 は通信の限界費用であると解釈できる。

3 消費者行動

消費者は通信ネットワークに加入するかどうかをまず決定し、加入した場合にはその後通信量の選択を行う。このような 2 段階の意思決定を解くには、まず 2 段階目の問題を解かなければならない。

消費者がネットワークに加入した場合の、通信量最適化問題は、

$$(7) \quad V(y, f, p, i) = \max_{\{z, x_{ij}\}} \left\{ z + \sum_j u(x_{ij}, i) : y = z + f + p \sum_j x_{ij} \right\}$$

となる。この問題を解くと、以下の補題 1 が得られる。

補題 1 . 消費者の通信量最適化によって以下の条件が成立する。

(a) 各加入者は他のすべての加入者に対して同量の通信を送る。

(b) 加入者一人に送る通信量 $x(p, i)$ は

$$(8) \quad u_x(x(p, i), i) = p$$

を満たす。

(c) 通信量は p と i の非増加関数である：

$$(9) \quad x_p(p, i) < 0$$

$$(10) \quad x_i(p, i) \leq 0 .$$

証明：

通信量最適化問題の一階の条件は、すべての i, j について

$$u_x(x_{ij}, i) = p$$

が成立することである。この式を x_{ij} について解くと通話需要関数

$$x_{ij} = x(p, i)$$

が得られる。

(8)式から

$$x_p(p, i) = \frac{1}{u_{xx}}$$

$$x_i(p, i) = -\frac{u_{xi}}{u_{xx}}$$

となる．これに(3)式と(4)式を当てはめると $x_p(p, i) < 0$ と $x_i(p, i) \leq 0$ が成立することがわかる．

次に，ネットワークにどれだけの消費者が加入するかについて考える．ネットワークに加入する場合の効用水準と加入しない場合の効用水準とを比較し，加入する場合の効用水準の方が高い場合にはネットワークに加入することになる．以下の補題では，その結果として決まる加入者数が満たさなければならない条件を導いている．

補題 2．ネットワーク加入者について以下の条件が成り立つ．

(a) ネットワーク加入者すべてについて

$$(11) \quad n[u(x(p, i), i) - px(p, i)] - f \geq 0$$

が成り立つ．

(b) ネットワーク加入者数は，

$$(12) \quad n[u(x(p, n), n) - px(p, n)] = f$$

を n について解いたもの $n(f, p)$ で与えられ，

$$(13) \quad n_f(f, p) = \frac{1}{nu_n + \frac{f}{n}} < 0$$

$$(14) \quad n_p(f, p) = \frac{nx}{nu_n + \frac{f}{n}} < 0$$

を満たす．

(c) 限界的な加入者にとっての通信便益を限界加入者便益と呼び，

$$(15) \quad b(n; p) = n[u(x(p, n), n) - px(p, n)]$$

で定義すると，ネットワーク加入者数に関して均衡が不安定にならないためには，限界加入者便益が

$$(16) \quad b_n(n; p) = \frac{f}{n} + nu_n \leq 0$$

を満たす必要がある．したがって，基本料金は

$$(17) \quad f \leq -n^2 u_n$$

を満たさなければならない．

証明：

補題 1 で得られた需要関数を効用関数に代入すると，ネットワークに加入した場合の効用水準

$$(18) \quad V^* = nu(x(p,i),i) - np x(p,i) + y - f$$

が求まる．ネットワークに加入しない場合の効用水準は y であるので，ネットワークに加入するのは

$$(19) \quad n[u(x(p,i),i) - px(p,i)] - f \geq 0$$

が成り立つときである．したがって，ネットワークの加入者数は(12)式を満たす．

(12)式を全微分すると

$$(20) \quad \{[u(x(p,n),n) - px(p,n)] + n[(u_x - p)x_n + u_n]\}dn + n[(u_x - p)x_p - x]dp = df$$

が得られる．これに(8)式と(12)式を代入すると，

$$(21) \quad \left[\frac{f}{n} + nu_n \right] dn - nxdp = df$$

となり，ネットワークの加入者数は

$$(22) \quad n_f(f, p) = \frac{1}{nu_n + \frac{f}{n}}$$

$$(23) \quad n_p(f, p) = \frac{-nx}{nu_n + \frac{f}{n}}$$

を満たしていなければならない．

ネットワーク加入者数に関して均衡が不安定にならないためには，限界加入者便益が加入者数の非増加関数でなければならないので，

$$(24) \quad b_n(n; p) = \frac{f}{n} + nu_n \leq 0$$

が成立する．この条件が成立していない場合には，加入者数が均衡点より増加すると，限界的な加入者の通信便益が増加し，さらに加入者数が増加することになるからである．この条件を上の(22)式と(23)式に代入すると，

$$(25) \quad n_f(f, p) < 0$$

$$(26) \quad n_p(f, p) < 0$$

が得られる．なお，(24)の条件から(17)の不等式が得られる．

この補題によれば，限界的な加入者にとっての通信便益 $b(n; p) = n[u(x, n) - px]$ が基本料金に等しくなるように加入者数が決まる．当然のことながら，基本料金が上がっても従量料金が上がっても加入者数は減少する．

一般には(16)の安定条件が成立している保証はないので，不安定な均衡が存在したり，安定的な均衡が複数個存在する可能性がある．また，安定条件が成立するための必要条件は $u_n(x, n) < 0$ である．したがって，通信から受ける便益がすべての個人について同じ場合には安定的な内点均衡は存在しない．こういった場合にはすべての人々がネットワークに加入するか，誰も加入しないかのいずれかになる．ただし，加入者数に関する規模の不経済性が存在し，加入者数が増加すると通信サービスの供給費用が増加するようなときに

は，加入者数が増加すると基本料金が上昇する．このような場合には内点均衡が存在する可能性がある．また，安定条件を満たすためには，基本料金は $-n^2 u_n$ より小さくなければならない．

4 ファースト・ベスト解

まず，社会的にみて最適な料金はどうかを考えてみよう．ここでの目的関数としては消費者余剰と生産者余剰の和をとり，生産者サイドに損失がでてでもそれは補助金で補填されと考える．

通信需要の総量は

$$(27) \quad D(n, p) = \sum_{i=1}^n nx(p, i)$$

で与えられるので，企業の利潤は

$$(28) \quad \Pi(n, p, f) = nf + pD(n, p) - [c_0 + c_1 n + c_2 D(n, p)]$$

と書くことができる．次に，加入者が通信から得る総効用を

$$(29) \quad U(n, p) = \sum_{i=1}^n nu(x(p, i), i)$$

と書くと，消費者余剰は

$$(30) \quad B(n, p, f) = U(n, p) - pD(n, p) - nf$$

となる．したがって，消費者余剰と生産者余剰の和は

$$(31) \quad W(n, p) = \Pi(n, p, f) + B(n, p, f) = U(n, p) - [c_0 + c_1 n + c_2 D(n, p)]$$

と書くことができる．利潤 $\Pi(n, p, f)$ と消費者余剰 $B(n, p, f)$ に入っている基本料金 f は相殺し合うので，社会厚生 $W(n, p)$ には変数として入っていない。

まず，簡単な計算から以下の補題が得られる．

補題 3．社会厚生関数 $W(n, p)$ と利潤関数 $\Pi(n, p, f)$ は以下の関係を満たす．

$$(32) \quad W_n(n, p) = U_n(n, p) - [c_1 + c_2 D_n(n, p)]$$

$$(33) \quad W_p(n, p) = (p - c_2) D_p(n, p)$$

$$(34) \quad \Pi_n(n, p, f) = (p - c_2) D_n(n, p) + f - c_1$$

$$(35) \quad \Pi_p(n, p, f) = D(n, p) + (p - c_2) D_p(n, p)$$

$$(36) \quad \Pi_f(n, p, f) = n$$

ここで， $U_n(n, p)$ ， $D_n(n, p)$ ， $D_p(n, p)$ は

$$(37) \quad U_n(n, p) = nu(x(p, n), n) + \sum_{i=1}^n u(x(p, i), i)$$

$$(38) \quad D_n(n, p) = nx(p, n) + \sum_{i=1}^n x(p, i)$$

$$(39) \quad D_p(n, p) = n \sum_{i=1}^n x_p(p, i)$$

を満たす．

証明：

(28)式と(31)式を偏微分すると，(32)，(34)，(35)，(36)式が即座に得られる．(33)式は補題1の(8)式を用いる必要がある．つまり，補題1の(8)式を代入すると U_p は

$$U_p(n, p) = \sum_{i=1}^N n u_{x_p} x_p = p \sum_{i=1}^N n x_p = p D_p$$

を満たすことから，

$$\begin{aligned} W_p(n, p) &= U_p - c_2 D_p \\ &= (p - c_2) D_p \end{aligned}$$

が得られる．

社会的に最適な料金体系は消費者余剰と生産者余剰の和

$$(40) \quad W(n(f, p), p) = U(n(f, p), p) - [c_0 + c_1 n(f, p) + c_2 D(n(f, p), p)]$$

を最大にするような f と p である．この最適化問題の一階の条件から以下の性質が導かれる．

定理1．消費者余剰と生産者余剰の和を最大にする料金体系は以下の条件を満たす．

(a) 従量料金は通信の限界費用に等しい：

$$(41) \quad p = c_2 .$$

(b) ネットワーク外部性を反映して，基本料金は接続費用の半分以下である：

$$(42) \quad f = \frac{1}{2} [c_1 - S(p, n(f, p))] \leq \frac{1}{2} c_1 .$$

ここで $S(p, n)$ は

$$(43) \quad S(p, n) = \sum_i \{ [u(x(p, i), i) - px(p, i)] - [u(x(p, n), n) - px(p, n)] \} \geq 0$$

を満たす．

(c) 最適な料金体系のもとでの通信事業者の利潤は

$$(44) \quad \Pi(n(f, p), p, f) = (f - c_1) n(f, p) - c_0 < 0$$

であり，必ず赤字が発生する．赤字額は固定費と接続費用のうち基本料金でカバーされない部分を足したものに等しい．

証明：

最適化問題の一階の条件は

$$(45) \quad W_n n_f = 0$$

$$(46) \quad W_n n_p + W_p = 0$$

である． n_f は負でゼロにはならないので，(45)式から $W_n = 0$ が成り立つ．これから，(46)

式は

$$(47) \quad W_p(n, p) = (p - c_2) D_p(n, p) = 0$$

となり，

$$(48) \quad p = c_2$$

が導かれる．つまり，従量料金は通信の限界費用に等しく設定するのが最適である．

次に， $W_n = 0$ は，

$$(49) \quad \begin{aligned} W_n(n, p) &= U_n(n, p) - [c_1 + c_2 D_n(n, p)] \\ &= nu + \sum_{i=1}^n u - \left[c_1 + c_2 \left(nx + \sum_{i=1}^n x \right) \right] \\ &= 0 \end{aligned}$$

と変形できる．これに，補題 1 の効用最大化の 1 階の条件 $p = c_2$ を補題 2 のネットワーク加入者数決定条件(12)に代入して得られる

$$(50) \quad nu(x(p, n), n) = f + nc_2 x(p, n)$$

を代入すると，

$$(51) \quad W_n(n, p) = f - c_1 + \sum_{i=1}^n [u(x(p, i), i) - c_2 x(p, i)] = 0$$

が得られる．この式に再び(50)式を代入すると

$$(52) \quad \begin{aligned} f &= c_1 - \sum_i [u(x(p, i), i) - c_2 x(p, i)] \\ &= c_1 - f - \sum_i \left[u(x(p, i), i) - c_2 x(p, i) - \frac{f}{n} \right] \\ &= c_1 - f - \sum_i \{ [u(x(p, i), i) - c_2 x(p, i)] - [u(x(p, n), n) - c_2 x(p, n)] \} \end{aligned}$$

となる．これから(42)式が得られる．(43)式の $S(p, n)$ が非負であることは，補題 2 の(11)式と(12)式から直ちに導かれる．

(41)式と(42)式を利潤関数(28)に代入すると，最適な料金体系のもとでの通信事業者の利潤が(44)式で与えられることが分かる．

この定理の主要な結論は，基本料金が接続費用の半分以上でなければならないことである．この結果はよく知られているネットワーク外部性によるものである．限界的利用者の加入は他の利用者がこの限界的利用者に通信することが可能になることを意味し，他の利用者に対して外部便益を与える．既存の利用者が限界的利用者との通信から得る便益が，限界的利用者がその既存利用者との通信から得る便益と等しければ，外部便益と限界的利用者自身の得る便益とが等しく，基本料金は接続費用のちょうど半分になる．ところが，限界利用者の得る便益は既存利用者が得る便益よりも小さいので，基本料金は接続費用の半分以上でなければならない．

すべての消費者が同じ効用関数を持っている場合には， $S(p, n) = 0$ となり，基本料金は接続費用のちょうど半分になる．この場合には加入者と非加入者の得る効用水準はまったく同じであり，だれが加入するかは一意に決まらない．ただし，3節で見たように，消費者が同質的で基本料金が一定の場合には内点均衡が存在しないので，このような均衡が存

在するためには接続費用が加入者数の増大とともに上昇するケースを想定しなければならない。

ここで得られたネットワーク外部性は、都市の集積の経済における企業間の通信需要の役割と関連している。Kanemoto (1990) では、通信需要が企業の生産活動におけるインプットの役割を果たしているという技術的前提のもとでどのような企業立地パターンが発生するかを分析している。ネットワーク外部性とよく似た立地外部性はこのモデルでも発生し、都市の集積の原動力になっている。

最適な料金体系のもとでは通信事業者に必ず赤字が発生する。これは二つの理由による。第一に、固定費 c_0 が存在するので限界費用に等しい料金を設定するとこの固定費分の赤字が発生する。第二に、ネットワーク外部性が存在するので、加入者の支払う基本料金は接続費用より低くなければならず、これらの差額分だけの損失が生まれる。

5 独立採算制下のセカンド・ベスト解

前節の結論の一つは、最適な料金体系のもとでは通信ネットワーク事業者に赤字が発生することであった。したがって、最適な料金体系を実現させるためには赤字を政府からの補助金で補填するようなシステムが必要である。しかし、補助金額の算定を正確に行うことは往々にして困難であり、しかも補助制度は事業者にとっての経営効率化のインセンティブを阻害する恐れが大きい。したがって、多くの場合に独立採算制がとられ、事業者に赤字が発生しないような料金体系が選択される。この節では、独立採算制の制約のもとで最適な料金体系はどうなるかというセカンド・ベストの問題を考える。

ネットワーク事業者の利潤が負にならないという制約のもとで消費者余剰と生産者余剰の和を最大にするという問題は

$$(53) \quad \begin{aligned} & \max_{\{f, p\}} W(n(f, p), p) \\ & \text{s.t. } \Pi(n(f, p), p, f) \geq 0 \end{aligned}$$

のように定式化できる。ここで、 $W(n, p)$ と $\Pi(n, p, f)$ は前節で定義されたものと同じである。独立採算制下のセカンド・ベスト解は以下のような性質をもつ。

定理 2 . ネットワーク事業者の利潤が負にならないという制約のもとで消費者余剰と生産者余剰の和を最大にすると、従量料金は

$$(54) \quad p - c_2 = -\frac{\lambda}{1+\lambda} \frac{D(n, p) - n^2 x(p, n)}{D_p(n, p)} \geq 0$$

を満たし、従量料金は限界費用より高い。基本料金は

$$(55) \quad f = \frac{1}{2} \left\{ c_1 - S - (p - c_2) D_n(n, p) + \frac{\lambda}{1+\lambda} \left[S - n^2 u_n(x(p, n), n) \right] \right\}$$

を満たす。ここで、括弧内の第 3 項は負で第 4 項は正であるので、基本料金がファースト・ベストの場合よりも高いかどうかはわからない。基本料金は

$$(56) \quad f = c_1 - \frac{1}{1+\lambda} \{f + S(n, p) + (1+\lambda)(p - c_2)D_n\} - \frac{\lambda}{1+\lambda} \frac{n}{n_f}$$

と書き換えることができるが、右辺の第2項は負で第3項は正であるので、基本料金が接続費用より低いかどうか分からない。

証明：

(53)の最大化問題で、制約式に対応するラグランジュ乗数を λ とすると、この問題の一階の条件は

$$(57) \quad \{W_n(n(f, p), p) + \lambda \Pi_n(n(f, p), p, f)\} n_f(f, p) + \lambda \Pi_f(n(f, p), p) = 0$$

$$(58) \quad W_p(n(f, p), p) + \lambda \Pi_p(n(f, p), p, f) + \{W_n(n(f, p), p) + \lambda \Pi_n(n(f, p), p, f)\} n_p(f, p) = 0$$

となる。不等式(28)に対するラグランジュ乗数は非負でなければならないので、

$$(59) \quad \lambda \geq 0$$

が成立する。

(57)式と(58)式は

$$(60) \quad W_n(n(f, p), p) + \lambda \Pi_n(n(f, p), p, f) = -\lambda \Pi_f(n(f, p), p) \frac{1}{n_f(f, p)}$$

$$(61) \quad W_p(n(f, p), p) + \lambda \Pi_p(n(f, p), p, f) = \lambda \Pi_f(n(f, p), p) \frac{n_p(f, p)}{n_f(f, p)}$$

と書き換えることができる。これらの式に(32)-(36)式を代入すると

$$(62) \quad U_n(n, p) - [c_1 + c_2 D_n] + \lambda \{(p - c_2)D_n + f - c_1\} = -\lambda n \left[n u_n + \frac{f}{n} \right]$$

$$(63) \quad (p - c_2)D_p + \lambda \{D + (p - c_2)D_p\} = \lambda n^2 x$$

まず、(63)式から

$$(64) \quad p - c_2 = -\frac{\lambda}{1+\lambda} \frac{D(n, p) - n^2 x(p, n)}{D_p(n, p)}$$

が導かれる。ここで、補題1の(9)式から $D_p < 0$ であり、(10)式から

$$(65) \quad D(n, p) - n^2 x(p, n) = n \sum_{i=1}^n [x(p, i) - x(p, n)] \geq 0$$

であるので、

$$(66) \quad p \geq c_2$$

が成立する。したがって、従量料金は限界費用より高くなる。

次に、(62)式は

$$U_n(n, p) = 2f + S(n, p) + pD_n(n, p)$$

という関係が成立することを用いて

$$\begin{aligned} & 2f + S(n, p) + pD_n(n, p) - [c_1 + c_2 D_n] + \lambda \{(p - c_2)D_n + f - c_1\} + \lambda n \left[n u_n + \frac{f}{n} \right] \\ & = (1+\lambda) \{2f - c_1 + (p - c_2)D_n\} + S(n, p) + \lambda n^2 u_n = 0 \end{aligned}$$

と書き直すことができる。これから、

$$f = \frac{1}{2} \left\{ c_1 - S - (p - c_2)D_n + \frac{\lambda}{1+\lambda} [S - n^2 u_n] \right\}$$

が得られる．また，(13)式を用いて

$$f = c_1 - \frac{1}{1+\lambda} \{ f + S(n, p) + (1+\lambda)(p - c_2)D_n \} - \frac{\lambda}{1+\lambda} \frac{n}{n_f}$$

と表すこともできる．

この定理から分かるのは，セカンド・ベストの従量料金はファースト・ベストの水準（限界費用）より高いことである．限界費用に等しい価格付けをすると赤字になるので，料金を上げなければならない．基本料金については，ファースト・ベストの水準より高いかどうかは不明である．これは，従量料金が限界費用より高いので，基本料金を下げて加入者数を増やすことによる収入増が見込まれるからである．この収入増が十分に大きければ基本料金を引き下げることが有利になる．ただし，ファースト・ベストの水準より低い例が見つかったわけではないので，本当にこういったケースがあるかどうかは不明である．

謝辞

本稿は，金本良嗣(1990)第3節の誤りを訂正し，大幅に加筆・修正したものである．誤りを指摘していただいた城所幸弘氏に感謝したい．

参考文献

- Artle, R. and Averous, C., (1973), "The Telephone System as a Public Good: Static and Dynamic Aspects," *The Bell Journal of Economics and Management Science* 4, 89-100.
- Bohn, R. E., Caramanis, M. C., and Schweppe, R. C., (1984), "Optimal Pricing in Electrical Networks over Space and Time," *Rand Journal of Economics* 15, 360-376.
- Kanemoto, Y., (1990), "Optimal Cities with Indivisibility in Production and Interactions between Firms," *Journal of Urban Economics* 27, 40-59.
- Katz, M. L. and Shapiro, C., (1985), "Network Externalities, Competition and Compatibility," *American Economic Review* 75, 424-440.
- Katz, M. L. and Shapiro, C., (1986), "Technology Adoption in the Presence of Network Externalities," *Journal of Political Economy* 94, 822-841.
- Littlechild, S. C., (1975), "Two-Part Tariffs and Consumption Externalities," *Bell Journal of Economics* 6, 661-670.
- Orens, S. S. and Smith, S. A., (1981), "Critical Mass and Tariff Structure in Electronic Communications Market," *Bell Journal of Economics* 12, 467-487.
- Rohlf, J., (1974), "A Theory of Interdependent Demand for a Communications Service," *The Bell Journal of Economics and Management Science* 5, 16-37.

Squire, L., (1973), "Some Aspects of Optimal Pricing for Telecommunications," *The Bell Journal of Economics and Management Science* 4, 515-525.

金本良嗣，(1990)，「ネットワークの経済学的側面」『ネットワーク産業の基本的政策課題』第2章，（財）政策科学研究所，13-44．