修士論文 1996 年度 (平成 8 年度)

インターネットの課金体系についての考察

慶應義塾大学 大学院 政策 ·メディア研究科

慶應義塾大学環境情報学部
石橋啓一郎
ishbash@sfc.wide.ad.jp

指導教官
村井純
徳田英幸

目 次

図 目 次

概要

今日インターネットは驚異的に成長し、もはや社会的インフラストラクチャとなりつつある。特にこの数年アメリカのNII(National Information infrastructure)構想が有名になるに連れ、インターネットが次世代情報環境のモデルとしても世界的に注目されるようになって来た。インターネットの運用技術はある程度成熟して来ている。もはやインターネットはその技術を実験する場ではなく、多くの人が知的活動を営む場となっている。

公衆電話網などの他の社会的インフラストラクチャとはことなり、インターネットの課金問題についてはこれまで充分に論じられてこなかった。これには、商用サービスがまだ成熟していないという背景もある。

インターネットと従来一般に普及していた電気通信技術には、課金問題を考えていく上でのいくつかの重要な違いがある。その違いは、次の3つにまとめることが出来る。

1. パケット交換であること
2. 分散システムであること
3. 相互接続されたネットワーク間の透過性

これまで電気通信事業の料金問題に関しては多くの経済学的な研究がされて来たが、その一部はこれらの違いのためにインターネットに適用することが出来ない。

本論文ではこれまであまり詳しく論じられることの無かったインターネットの課金体系を見直し、その目的にかなった適当な課金体系はどのようなものであるかを示すことをその目標とする。

本論文では、まず電気通信に関する経済学的分析の基本的な部分をまとめる。この部分は基本的に電気通信を公共事業として扱っており、通信技術の経済学的な性質について考察を行なっている。次に、課金に関してのインターネットと従来の電気通信事業の技術的な違いについて議論する。これらの議論を通して、インターネットの費用がどのような構造に基づいて計上されるべきであるかについて、また、従量課金が有効である場合についての主張を行なう。最後に、いくつかの単純な課金モデルを提案、それらについて考察をし、それらのモデルに基づいて、いくつかの簡単な試算を示した。

ABSTRACT

The Internet has grown greatly and is currently becoming a social infrastructure. As the National Information Infrastructure of the United States becomes increasingly popular, the Internet has gathered much interest from the global community as a model of the future information environment. Its techonology has matured to an extent. The Internet is no longer a testbed of recent-but-not-realistic technology; it is already a stage of intellectural life for many.

Unlike other social infrastructures like the public switched telephone network, however, the pricing issue of the Internet has not been discussed enough, because it is still immature as a commercial service.

The Internet has some important differences from the traditional telecommunications techonology when pricing is concerned. These differences are due to the following characteristics of the Internet: 1) packet switching, 2) the distributed structure and 3) transparency among interconnected networks. There have been many economical studies on pricing telecommunications services, but some of them are not applicable to the Internet because of these differences and need to be reconstructed.

The goal of this paper is to review the charging scheme of the internet which has not discussed in detail, and to propose the direction that fulfills the purpose of the charging.

In this paper, the basic concept of the economical studies is reviewed first. Telecommunications is basically treated as a public service and the nature of the technology is considered. Next, the technological differences which effect the pricing of the Internet and traditional telecommunications services are discused. Through these discussion, how the cost of the Internet should be based on a certain structure, and when the measured service pricing is effective are proven. Finally, simple pricing models are studied and rough trial calculations based on those models are shown.

第 1 章

序論

インターネットはアメリカで生まれたパケット交換技術で、近年まではほとんど研究コミュニティのみで運用されてきた。インターネットはまず、新しく作り上げられつつあった技術の試験床として作られ、まもなく研究者の間での情報をやりとりに利用される基盤となった。その間、インターネットを運用するための費用は、アメリカ政府の補助によって賄われていた。日本では事情は異なり、インターネットの運用費として政府から補助が出ていたわけではないが、日本のインターネットの主要な部分は、インターネットそのものについて研究するための基盤として運用されてきたと言っていい。つまり、必ずしも一般に利用されるような、通信サービスを提供するための基盤ではなかったのである。

このような事情から、インターネットサービスには、例えば公衆電話網のように「サービスを提供する側」と「サービスを消費する側」によってできる自由な市場はなかった。しかし、ここ数年インターネット接続を一般に提供する商用サービスプロバイダが多く出現し、インターネットは一般にも消費できるサービスとなった。

インターネットは電気通信網の一つであるが、過去に電気通信網の料金体系に関する経済学的な分析はかなり行われて来ている。歴史的な経緯から特にアメリカでの研究、議論が盛んであったが、日本でも1985年の電信電話公社の民営化にともない、にわかに通信インフラストラクチャやその料金の経済学的分析、報告が多く行われるようになった。

ところが、従来の電気通信事業に関する分析は主として国内の公衆電話網に関するものであり、歴史的にわずかに電信網に関する分析があるだけであった。これは従来、十分に普及し、利用されている電気通信網には電話網しかなかったためである。インターネットは基礎になる技術や運用の方法も公衆電話網とは全く異なっており、従来の電気通信事業に関する分析が適用できない部分もある。

本論文ではインターネットの課金体系について考えていくが、現在一般的に採用されているインターネットへの接続サービスの課金体系を見ると、専用線による接続の場合、たいてい定額課金が採用されている。定額課金には多くの利点があるのだが、あまりに他の課金方法の利点が見逃されてしまっているようである。

課金体系の分析を行う際に問題とされるのは、従来の経済学的分析では

- 経済的厚生の最大化

- 健全な競争を促す規制
- 会計上の分計の方法

などに注目する。また経済学の分野では中心的な話題ではなかったが、

- 課金のための技術とそのコスト
- 課金の果たす機能

といった事柄にも注目していく必要がある。これらのうち最初の経済的厚生の最大化に関する分析はインターネットの料金を考えていく上でも十分に参考になるため、その内容は本論文でも利用していく。ほかのことがらについては、公衆電話網とインターネットでは大きく事情が異なる点も多く、検討しなおさなければならない点が多い。

特に、インターネットはその透過性に特徴がある。インターネットの各部分は管理ドメインと呼ばれる様々な組織の私的なネットワークでありながら、インターネット技術はユーザにとってそれを透過的な一つのネットワークとして見せる働きをする。このことは、知らず知らずのうちに自分の持つネットワーク資源が他のインターネットの利用者に利用されていることもあることを意味している。このような状況では、いかに適当な形でその費用を分配していくかが重要な問題となる。もしその費用が不当な形で誰かに負担されることになれば、多くの利用者は不満を持ち、インターネットの正常な発展が阻害されてしまうだろう。

現在のインターネットは、そのほとんどがなんらかの定額課金方式を取っている (利用者自身は全く支払わないという場合も含めて)。しかし、これは本当に「公正な」、あるいは「適当な」課金の体系なのだろうか。

定額課金には後に述べる通り多くの利点があるが、次のような重要な欠点がある。

- 経済効率を妨げる

  後に検討していくことであるが、定額課金は実際に受けたサービスにかかった費用をあまり正確に料金に反映させることができない。これは結果的に利用の減少を招く場合がある。

- 利用者に賢い利用を促さない

  価格は利用者に対する重要な信号であって、利用者はこれを元に自ら賢い行動を取り、経済利益を最大化しようとすると考えられる。価格などによるフィードバックによって、利用者の振舞を含めた全体のシステムが最適化されるのが市場原理である。ところが、定額課金はこの信号が働く余地を非常に小さくしてしまう。

これまで、従量課金はその利点をあまりに見過ごされてきた感がある。本論文ではインターネットでの課金の持つ意味を再確認し、上のような問題意識を持ちながら、適当な料金体系とはどのようなものであるのかを考えていく。

1.1 本論文の構成

本論文ではインターネットの料金、課金に対する問題に焦点をあてながら、インターネットに関する経済学的な論点を整理していく。第2章ではインターネット上での課金が持つ目的・意味を再確認する。第3章ではインターネット接続のサービスを定義し、その費用の構造を分析する。続く第4章では続く章で用いる経済学的な概念と分析道具について説明する。第5章ではインターネットの持つ性質が課金に与える影響を前提として議論し、特に従量課金とインターネット技術の整合性について検討する。第6章ではこれまでの前提を考慮しながら、特に経済学の道具を利用して定額課金とさまざまな重量課金の体系について分析を行ない、さらに新たに一つの新しい課金体系を提案する。第7章ではWIDEインターネットの情報に基づいてこれまでのような課金体系を特定のサービスプロバイダに適用するとどうなるか試算を行ない、考察した。最後に第8章でこれまでの議論をまとめ、今後の課題を示した。

第 2 章

課金の役割

インターネットではさまざまな理由から課金が行われることがある。本章ではまずいくつかの基本的な事項について定義をおこなってから、なぜ、何の目的で課金が行われるか、その前提について議論をしておく。

2.1 インターネットと管理ドメイン

「インターネット」という言葉は、使われている場面によって定義が異なっている場合がある。本論文中では、二つの意味でインターネットという言葉を用いる。ここでは、広義のインターネットを次のように定義する。

> インターネットは、物理ネットワークを相互接続するための方法であり、またその方法によって相互接続されたネットワークの集合のことである。インターネットは透過的なパケット交換サービスを提供する。ここで利用されるプロトコルを始めとする技術標準は解放型である。

電気通信技術には大きく分けて回線交換技術とパケット交換技術があるが、インターネット技術は、後者である。パケットとは情報の固まりであり、パケット交換技術では回線交換技術のように回線の一部を特定の利用者のために予約してしまうのではなく、パケットを単位として各利用者に情報を配送する。

技術が解放型であるとは、その技術標準が一般に公開されており、誰もがその標準を利用できることを指す。

ここでの定義はComerによる定義を参考に変更を加えた[11]。この定義の場合には、そこで用いられるプロトコルを限定しないことに注意すべきである。

次に、狭義のインターネットを次のように定義する。

> TCP/IPプロトコル体系とそれに関連する技術、取り決め。またこのプロトコル体系によって相互接続された物理ネットワークの集合。

本論文で行なう議論はその多くが広義のインターネット全般に当てはまるものであるが、原則として狭義のインターネットについての議論を行っている。

次に、インターネットで課金を行なう主体として、管理ドメインを定義する。ここでの管理ドメインの定義は、インターネット上の課金のためのトラフィック集計についていくつかの定義を行なっている RFC 1272 での定義とほぼ同様である。

> インターネットの部分集合を保持、運用している「ネットワーク管理者」または「ネットワーク管理団体」がいるとき、このインターネットの部分集合を「管理ドメイン」と呼ぶ。この管理ドメインは明確な (well-defined) 境界を持つ。

ただし、ここで述べられている明確な境界とは、技術上の境界を指す。経済的な境界は管理ドメインの持つ境界とは異なる。経済的な境界については 3.4でさらに詳しく論じている。

管理ドメインは次の二つに分類することができる。

- 末端管理ドメイン (stub administrative domain)
- 通過管理ドメイン (transit administrative domain)

通過管理ドメインは、ある管理ドメインからパケットを受け取って他のドメインに転送することがあるのに対し、末端管理ドメインはそれを行わない。図 2.1で簡単に示す。

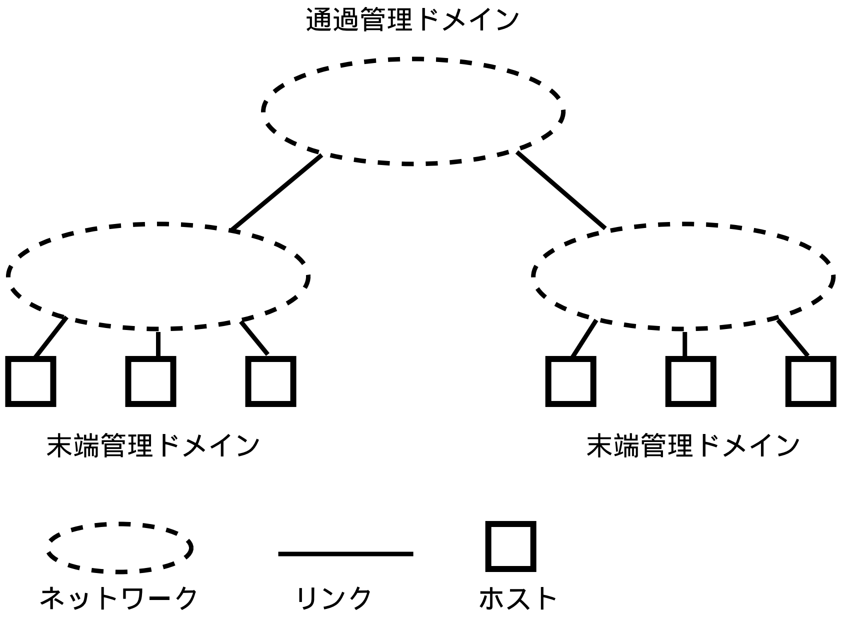

図 2.1: 管理ドメインの分類

注意しなければならないのは、管理ドメインの中には、物理的には他の複数の管理ドメインに接続しているが、一方から他方へパケットを転送することはしないものがあることである。このような管理ドメインは末端管理ドメインとして扱う。

管理ドメインは相互接続している他の管理ドメイン、あるいは管理ドメイン内の下部組織やホストに対してさまざまな理由から課金を行う場合がある。本論文では主として管理ドメイン間の課金について議論を行なっていく。

2.2 なんのために課金するか

管理ドメインは、なんらかの理由と目的があって課金を行なう。課金を行なう主な目的は、その管理ドメインの資源を他の相互接続している管理ドメインや内部の組織が利用した場合に、その費用を回収することである。

インターネット技術は、インターネット上に接続されているホストがインターネット全体を透過的に利用することを可能にする。その結果、自分の持つ以外の資源も利用することが出来るようになる。逆に、自分が持つ資源を他のものに利用される場合もある。自分の管理ドメインを他人に利用されることによって生じる費用は、他の管理ドメインなどに課金することによって賄うことが出来る。

このように、インターネットの課金は自分の持つ資源を他のものに提供する代わりに行なわれることが通常である。

本論文では特に管理ドメインを大きくサービスプロバイダと利用者の二つに分けて議論を進めていく。

サービスプロバイダとは、通過管理ドメインの内、他の管理ドメインに対してインターネット接続を提供することを主要な目的として持つものを指す。さらに、そのサービスの提供を受ける管理ドメインを利用者と呼ぶ。

ここでの利用者とは管理ドメインであって、インターネットを利用している個々人を指しているわけではないことを特に断っておく。本論文では個々人を指す場合にはユーザと表記して管理ドメインである利用者という言葉と区別する。

管理ドメインをサービスプロバイダと利用者に分けて考えるのは、もっぱら他の管理ドメインに対して自分の持つ資源を提供することを目的とする管理ドメインと、他の管理ドメインの資源を利用して通信を行なう管理ドメインに二分することによって、対等な立場だがさまざまな条件を持つ管理ドメイン同士の複雑な関係を、課金を行なう側と課金をされる側との問題に単純化するためである。サービスプロバイダの管理ドメインと利用者の管理ドメインは、プロトコルのレベルでは全く同じように扱われ、公衆電話網の場合の通信事業者と加入者のような技術的な格差はない。

注意しなければならないのは、管理ドメイン内の課金体系はその管理ドメインが目的にしたがって自由に決めるべきものであるし、管理ドメイン間の課金方法は基本的にその管理ドメイン間での契約で自由に決められる性質のものであるということである。本論文で扱うのはそれぞれの管理ドメインが課金体系を決定する際に根拠を持って適当なものを選択できるようなガイドラインを提供することであり、インターネット全体で統一的に採用

されるべき課金体系を提示しようとしているわけではないことを断っておく。

課金の目的には次のようなものが考えられる。

- 費用の回収
- 利潤を得ること
- 管理ドメインのポリシ実現
- 経済的厚生の最大化

2.2.1 費用の回収

インターネットへの接続は、公的機関や学校組織などの利用者にとっては無料で得られる場合もある。しかしこれはそれらの利用者が接続している部分のインターネットを運営するのに費用がかかっていないことを示しているわけではない。この費用は誰かが何かの目的のために、利用者の代わりに支払っているのである。

インターネットを維持するためには必ず何らかの費用がかかる。しかし、直前の例で見た通り、その費用は利用者への課金以外によって賄われる場合もある。

利用者への課金と費用総額の関係を整理すると、次の 3 つが考えられる。

1. 課金総額 $<$ 費用総額 の場合

   利用者以外から何らかの補助が行なわれている場合がこれにあたる。課金総額が 0 の場合もある。公的な学術機関や教育機関などに対し政策的にインターネット接続を与えようとする場合に多い。

2. 課金総額 $=$ 費用総額 の場合

   利用者間で互助的に出資しあってインターネット接続を得る場合がこれにあたる。複数の利用者が共同でサービスプロバイダを運営することで、規模の経済を得ようとする場合である。その性格から地域ネットワークなどにもこの形が多い。これは、長距離の回線は費用がかかるため、単に規模の経済を享受しようとする場合には、地域的に近いサイトが集まって一つのサービスプロバイダを形成した方が効果的であるためである。このような互助的な性格を持つサービスプロバイダの場合、課金総額は費用総額におおよそ一致する必要がある。

   公共料金の議論では、事業は利益を得るために行なわれるのではなく公共の福祉のために行なわれるので、サービスを提供する事業者は不当な利益を受けてはいけないため、収入と費用がおおよそ一致するような課金を行なわなければならないとされる。一種の公共事業であると見做される第一種通信事業者などの料金体系の議論では、よくこの仮定が置かれる。

3. 課金総額 > 費用総額 の場合

   商用サービスプロバイダで、サービスを提供することで利潤を得ることを目的とする場合である。

2. と 3. の場合は、費用総額以上に資金を調達することが課金の目的の一部となる。1. の場合は課金総額が費用総額に達する必要はない。

費用の回収を行なうためには、まず前もって回収すべき費用を知り、その費用が回収されるような方式で課金方式と課金額を決定する必要がある。

2.2.2 利潤を得る

商用サービスプロバイダは一般に私企業であるから、利潤を得ることを目的にサービスの提供を行なう。規制下では利潤が一定量に制限されていることもある。

競争がある環境では、他のサービスプロバイダと競合可能な価格をつける必要があるので、その課金体系と課金額の決定には制限が多い。本論文ではどのような課金体系が利潤を最大化するかについては扱わない。

2.2.3 管理ドメインのポリシ実現

課金体系を、管理ドメインのポリシを利用者に対する信号として利用することが出来る。利用者が経済的に賢く振舞うことが期待されることを利用して、管理ドメインが望む行動を誘導するような課金体系を選択することが可能である。

管理ドメインが望むようなポリシの一例として、「同じ内容の情報が複数ある場合は、近くの情報にアクセスする」というものが挙げられるであろう。インターネットは地理的な条件や金銭的な条件に関わらずユーザに透過的なアクセスを提供する。そのため、同じソフトウエアのパッケージがインターネット上の方々にある場合に、そのどれを選んでもユーザには同じような結果が得られる。しかし、ネットワークの負荷の観点から見れば、なるべくインターネットのトポロジ的に近い所へアクセスすることが望ましい。

この問題に対する答えの一つは、パケット毎の距離に対して課金を行なうことである。このことによって、利用者は自分が得られる価値が同じであればなるべく安く手に入る情報、すなわち近い所にある情報に対してアクセスを行なうであろう。このように、適当な課金体系を選択することによって、利用者の振舞に管理ドメインが望むような影響を与えることが出来る。

このような課金によって影響を与えることが可能なポリシとして、本論文では次のようなものを考慮に入れる。

- 不必要なパケットは出さない

  どれだけインターネットを利用しても課金されないような環境では、例えば自分が利用しないかもしれないような価値の低い情報をインターネット経由で利用者が取って来ることに対する抑制がない。これを抑制することを望む場合があるだろう。また、

他にも、マルチキャストを使えばもっと効率的な利用が出来る場合にマルチキャストを奨励する、可能ならば圧縮をすることを奨励する、画像ファイルなどで不適当な品質の情報を送ったり、WWW で不必要な画像を使ったりということを抑制することなどもこの項目に分類される。

- なるべく近くへアクセスする

  インターネットのトポロジ的に遠くと近くに同じ内容の情報があれば、近くにアクセスすることを奨励する。また、ミラーが増えるなど、合理的な行動が取れるような環境を作ることを奨励する。

  ミラーとは、人気のあるソフトウエアのパッケージや人気のある WWW のページなどで、もともと情報を提供しているサイト一点にアクセスが集中してネットワークの負荷を重くしてしまう場合に、これを避ける目的で、インターネット上の複数の地点に置かれたその情報の複製のことである。

- 輻輳時を避けて利用する

  インターネットのトラフィックには、とくに急がないファイル転送やメールの配送など、多少遅れても良いような種類のものも多い。このようなトラフィックに輻輳時を避けてネットワークが空いている時にネットワークを利用するように奨励する。

- 優先度、TOS、QOS などを正しく指定する

  現在は優先度、TOS(Type Of Service)、QOS(Quality of Service) などを経路制御に利用することはほとんどしていないが、これらが実際に利用されるならば、適当な課金体系と併せて使われる必要がある。たとえば、パケットの優先度を自由に指定して特別に課金が行なわれなければ、全ての人が全てのパケットの優先度を最高に設定するであろう。適当な指定を促すには、低い優先度を指定したときそれなりの見返りがあることが必要とされる。適当な課金はこれを解決することが出来る。

ただし、全ての管理ドメインがこのようなポリシを持っているとは限らない。管理ドメインによってはこの一部、あるいは全部を持たない場合もあり得る。

利用されるアプリケーションの実装への影響

このようなポリシは、利用者の振舞に影響を与える他に、今後開発されるアプリケーションの設計や実装に対する影響も与えることに注意すべきである。

一旦このような経済的な誘因が導入されれば、非効率的な実装は見直され、同等な機能をはたす複数のアプリケーションがあれば、より効率的なものが選択されるであろう。

その他にも、例えば WWW[1]などを使っての情報提供者などが、提供されている情報の大きさを明示し、利用者が情報を送る前に確認できるようにするなど、様々な面での改善が起こって来ることも考えられる。このように、人間のネットワークの利用の仕方にだけ

---

[1] World Wide Web の略で、インターネット上でハイパーテキストをやりとりするシステム。

影響を与えるのではなく、人間がネットワーク上で活動する際の環境そのものが、管理ドメインのポリシ実現の方向に向かって変化していくことが期待できる。

2.2.4 経済的厚生の最大化

過去の公衆電話網に対する価格決定に関する研究は、多くが経済的厚生の最大化についてのものであった。これは、公衆電話網が規模的にも性質的にも公共事業としての性格が強かったからである。

しかし、現在のインターネットは必ずしもこれに当てはまらない。その理由は次のようなものである。

第一に、インターネットはまだ公共的意義があるほど普及率が高くない。ただし、今の利用者数の高い伸びをみると、これは今後は事情が変わってくる可能性もある。

第二に、インターネットはさまざまな物理ネットワークを相互接続するための技術によって接続されたネットワークを指すのであって、インターネットを構築するために必ずしも大規模な物理ネットワークを構築する必要はない。実際、現在のインターネットの大部分はデジタル専用線などを借りて構築されている。このため、インターネットに対する埋没費用は公衆電話網などの典型的なインフラストラクチャに比べるとかなり小さく、自然独占性も小さい。

第三に、インターネットは数多くの私的ネットワークが相互に接続されて出来たネットワークであり、それぞれの私的ネットワークは個々の目的のために自由に運用できるべきである。公共的な料金設定が適当でないようなインターネットの部分もある。

これらの理由にも関わらず、あるインターネットの部分では公共的な料金設定を課金の目的の一つとしたい場合もあろう。例えば、政府によって運営されている管理ドメインや、大規模で公共的性格をもったサービスプロバイダなどの場合である。また、厚生を最大化するような料金設定をしてもとくに不利と思われる点がない場合は、いくつかのサービスプロバイダがこれを選択することを望ましいと考えるかもしれない。

また、経済的効率を最大化するような課金体系は、一般に cream skimming が起こりにくいことが知られている。詳細については 3.2で議論する。

2.3 課金と公正さ

課金体系を考えていく上では、全体として公正さが要求される。「公正さ」には厳格な定義はないが、一般にある一部のものだけが特別に利益や不利益を受けないようにしなければならない、ということであると考えられる。

このことは、インターネットの課金体系は、何らかの形で量に応じた課金方法が望ましいということを示している。例えば、図 2.2のような場合を考えてみよう。

この図では、サービスプロバイダがある接続点から、二つの利用者にサービスを提供している。提供するサービスは、利用者 1 に対して 1.5Mbps の回線容量を持つ接続、利用者 2 に対して 64Kbps の回線容量を持つ接続である。もしサービスプロバイダが利用者 1 と

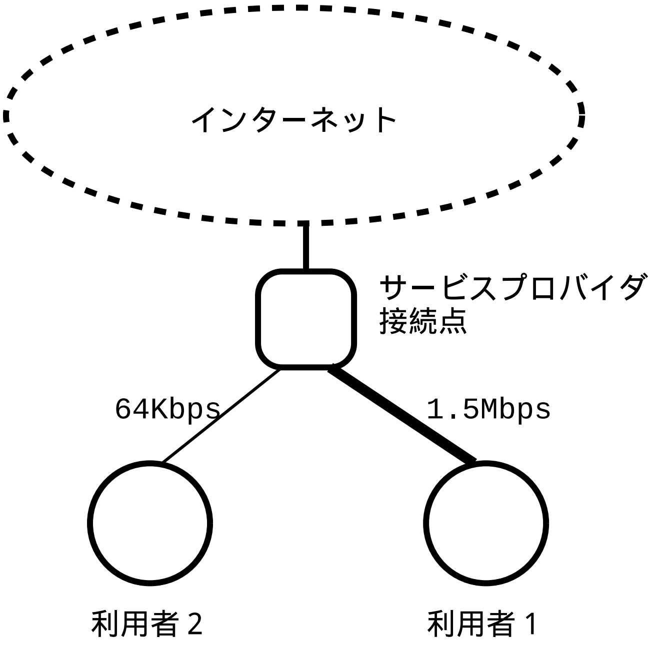

図 2.2: 不公正な負担の例

利用者 2 に対して全く同じ料金を課したならば、利用者 2 は不公平だと感じるであろう。なぜなら、利用者 2 は利用者 1 よりもはるかに劣った性能しか得られないにもかかわらず、利用者 1 と同じだけの料金を払わなければならないからである。

この例での課金が公正でないと感じられるのは、二つの利用者の共有資源を利用者 1 の方が多く利用しているように思われるにもかかわらず、応分の費用を負担していないように見えるからである。課金を共有資源にかかる費用を回収するために行なう場合には、課金が公正であるためには、何らかの形で共有資源の消費量をはかり、その消費量に応じて課金することが必要となる。

しかし、今検討したようなことがらだけから、利用者 1 は利用者 2 よりも多く料金を支払うべきであるかどうかを決定することは出来ない。例えば、利用者 1 は 1.5Mbps の性能の回線をほとんど使わず、実際にはほとんどトラフィックを発生しなかったとする。このような場合、利用者 2 は利用者 1 よりも多くの共有資源を消費するかも知れない。あるいは、利用者 1 はサービスプロバイダにとって、何らかの重要な役割を持っているかも知れない。このように、料金は実際にはサービスプロバイダの方針によって決められるべきことがらである。

このようなサービスプロバイダの個々の方針については全てを検討することは出来ないから、本論文では 2.2 で述べた 1) 費用の回収、2) 利潤獲得、3) ポリシ奨励、4) 経済的厚生の最大化の 4 つの課金の目的のうち利潤獲得を除いた 3 つを課金の公正さを考える上での目安として考えることにする。

ユニバーサルサービス

ユニバーサルサービス (universal service) とは、林 (紘)、田川によると、「電話事業に固有の概念で、すべての人が、どこに住んでいても、合理的な (安い) 料金で、電話の基本サービスが受けられること」であり、公平さをあらわす概念の一つであると言える [3]。もともと電気通信事業者の中での狭い社会での言葉であり、あまり一般には知られていなかった。しかし、米国でゴア–クリントン政権の NII 構想が注目を浴びるに連れ、その中心概念の一つである「ユニバーサルサービス」も、だんだん社会に認知されるようになってきた [19]。

ユニバーサルサービスは、経済学的な選択ではなく、政策的な選択である。サービスを享受するものたちの中にはさまざまな経済的需要があり、地理的、技術的理由から一定のサービスを提供するための経済的費用も広い範囲に渡っている。それらの状況を無視して「平等」な基本サービスを提供すれば、費用に基づいた価格設定は出来なくなり、結果として実現される経済的厚生は最大とはならない。

にも関わらず、大げさに言えば基本的人権として情報手段へのアクセス権を定義し、それを政策的になるべく「平等」に提供することは意義もあり、だんだん要求も強まってきている。しかも、もともと電話だけに適用されていたユニバーサルサービスの概念が、米国の NII 構想では、より高度な次世代の情報環境についても適用されており、その概念のカバーする範囲は次第に拡大されつつある。NII の方針によれば、インターネットを含めた情報環境についても、ユニバーサルサービスが適用されなければならない。

現段階ではインターネットは、普及度から言って単独でユニバーサルサービスを提供するような性質のメディアとは言えない。しかし、現在のインターネットの課金体系も実は地理的に遠い加入者に対しては経済的に不利な課金体系になっていたりといった問題を抱えていることは事実である。インターネットの課金体系を考えていく上では、ユニバーサルサービス的な視点を持ち、経済的な「平等」に関する考察も行なう必要がある。

第 3 章

インターネットのサービスとその費用の構造

インターネットの課金を論じるためには、何に値段がついており、それにはどのような費用がかかっているかを知る必要がある。

本章では、最初にサービスプロバイダの提供するサービスについて考え、次にそれらのサービスを提供するために必要な費用とその構造について論じ、そこから生じる問題点についても議論を行なう。

3.1 サービスプロバイダのサービス

サービスプロバイダを公衆電話網における通信事業者と同様のものであると捉え、課金をそのサービスに対する対価として捉える場合には、サービスプロバイダが提供するサービスを整理しておく必要がある。

サービスプロバイダは利用者に対してインターネットへの接続を提供することを目的としているが、一般にこのようなサービスプロバイダが提供するサービスの種類を整理しておきたい。

3.1.1 接続提供のための本質的なサービス (接続提供サービス)

サービスプロバイダが接続を提供するためには、最低限以下のものが必要となる。

- 接続点のアドレス
- 物理的な接続
- ルータ
- 他の管理ドメインへの接続

- パケットの転送

サービスプロバイダは通過管理ドメインなので、必ずルータと他の管理ドメインへの接続が必要とされる。また、接続のサービスが意味のあるものとなるためには、そのプロバイダはインターネットの他の部分へのアクセスを提供するために都合のいい接続を持っていなければならないであろう。

また、ダイアルアップ IP 接続サービスなどのように利用者のホストを直接サービスプロバイダのルータにつなぐのではなく、利用者が独自のルータを持つ場合には、これらのサービスに加えてさらにサービスプロバイダから経路制御情報を受け取る必要がある。

3.1.2 広域サービス提供のためのサービス (幹線サービス)

サービスプロバイダへの接続点までの回線は、必ず誰かが維持しなければならない。利用者の地理的位置から接続点までの距離が長い場合にはその回線を維持する費用は高くなる。

この費用を小さくするために、サービスプロバイダは自己のネットワークを大きくし、利用者の位置の近くに接続点を設けるという選択肢を採用することができる。

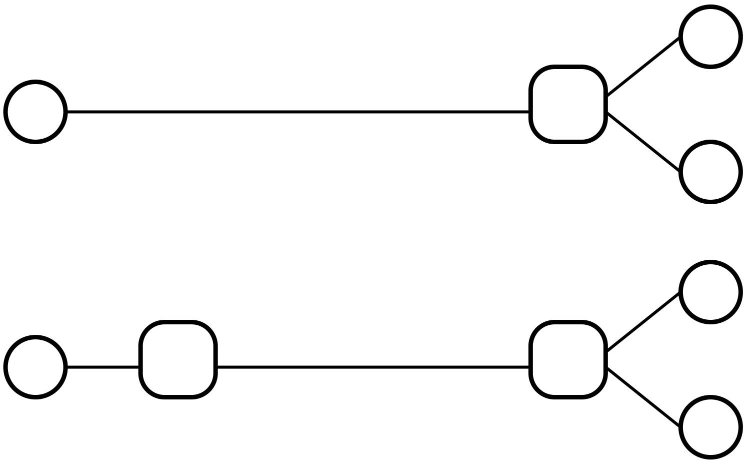

図 3.1: 長距離利用者が一人の場合

長距離の回線を維持しなければならないような利用者が 1 人しかいない場合には、図 3.1 に示されるとおり、接続点が増えた分だけ総費用は大きくなる。しかし、図 3.2 のように、そのような利用者が複数いる場合には、事情が異なる。通信回線の費用は一般に回線容量が大きくなればなるほど一定容量あたりの平均費用が逓減する性質を持つこれはつまり、b の回線容量を持つ回線の維持費用を $C(b)$ とすると、一般に

$$C(b1)/b1 < C(b2)/b2 \quad (\text{ただし } b1 > b2)$$

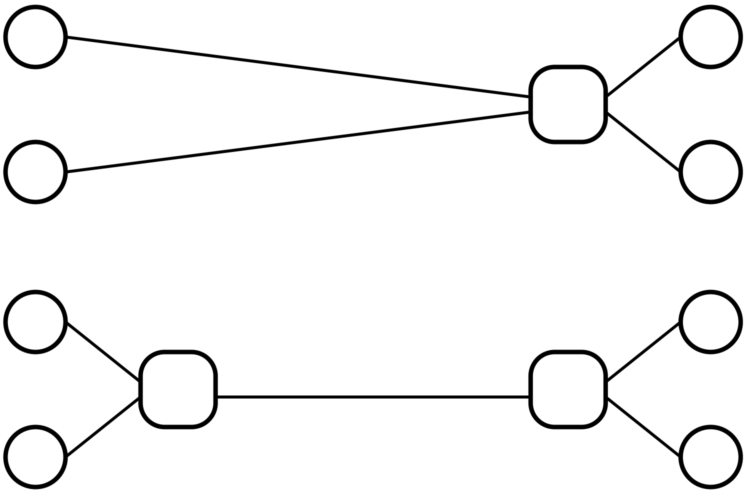

図 3.2: 長距離利用者が複数の場合

であることを指す。

この場合は仮に NOC A – NOC B[1]間の回線容量を NOC B に接続する利用者と NOC 間の回線容量の和に設定したとしても、回線費用の総和は低下する。またインターネットの場合はある NOC への接続数が仮に n 倍になっても、その NOC から外への回線容量は n 倍以下でよいため、回線費用総和はそれよりもさらに低くて済む。

このような理由から、ある程度広域でサービスを行なおうとするサービスプロバイダは、複数の接続点とそれらの接続点間を結ぶ適当な容量の回線を維持しようとする。

この場合にはサービスプロバイダは複数の接続点とその間の回線を利用者に対して提供する。

3.1.3 付加的サービス

この他に、サービスプロバイダはインターネット接続とは直接関係の無いサービスを提供する場合がある。これにはさまざまなものが考えられるが、その中でも特に利用者と接続しているサービスプロバイダが提供することに意義があるものと、そうではないものがある。

特に意義のあるものには、技術的なサポートや電子ニュースの記事の配送が挙げられる。特に電子ニュースの配送は、技術的には必ずしも NOC が行なう必要はないが、そのほうが回線の利用効率がよい。

それに対し、メーリングリストの管理や anonymous ftp サイト[2]の運営、WWW サーバ

---

[1] NOC とは Network Operation Center の略で、本論文中では利用者とサービスプロバイダの接続点の意味で用いている。

[2] これは一種の情報提供サービスで、インターネット上のユーザはだれでも anonymous FTP サーバが提供する情報を匿名で取ってきて利用することが出来る。

の代理運用などのサービスは、技術上は必ずしもサービスプロバイダが行なうことに大きな意義はない。ただし、顧客に対するマーケティング上の意義は有り得る。また、範囲の経済が働くため、サービスプロバイダはこれらのサービスを提供することに魅力を感じるかも知れない。

3.2 サービスプロバイダの相互接続と cream skimming

インターネットは多数のサービスプロバイダの相互接続によって構成されていると考えることが出来る。サービスプロバイダは、利用者に対してインターネット全体への接続を提供するために、ほかのサービスプロバイダと相互接続を行なう。

前にも述べた通り、インターネットは全体として一つのシステムであるから、あるプロバイダの資源はインターネットのどのホストからでも利用することが出来る。しかし、プロバイダがインターネット上の全てのサイト、あるいは全てのからの利用を記録しておいて、その利用に対して課金を行なうというのは全く非現実的である。

インターネットに接続されているエンティティは、常に動的に変化している。新しいホストがインターネットに加わり続けており、また使われなくなるホストもある。ホストが移動することもある。

ホストだけでなく、管理ドメインすら現在は 71,000 にのぼり[3]、日々その数は増えており、接続の仕方も変化している。

これら全体を把握して、一つ一つのホスト、あるいは管理ドメインに課金を行なうことは事実上不可能である。

従って、隣接関係にある直接相互接続している管理ドメインにのみ課金を行なうというのが現実的な選択になる。隣接管理ドメインの先に接続しているインターネットで発生したトラフィックは、全てその管理ドメインが発生させたものであると見做すと考えてもよい。

図を使って説明すると、次のようになる。図 3.3の上の図ように管理ドメイン A と B が相互接続しているとき、A–B 間リンクを通って、A 内のホスト D 宛のトラフィックがインターネットのさまざまな場所からやって来るとする。この場合、前述の理由から管理ドメイン A がトラフィックの始点を把握することは難しい。そのため、これを下の図のように、A–B 間リンクを通るトラフィックは、隣接する管理ドメイン B とのやりとりであると見做す。

管理ドメインが相互接続する際には、そのリンクはインターネット全体から利用できることを前提としていると考えられるので、この考え方は妥当である。ある条件のトラフィックにはこのリンクを利用させないなどというポリシがある場合は、そのトラフィックがこのリンクを通る前にルータでフィルタリングを行ない、排除することも出来る。

本論文では単純化のために管理ドメインをサービスプロバイダと利用者に分けている。サービスプロバイダによる課金には次の 2 つがある。

- プロバイダ–利用者間課金

---

[3] Internet Domain Survey, Network Wizards 社, 1995 年 1 月

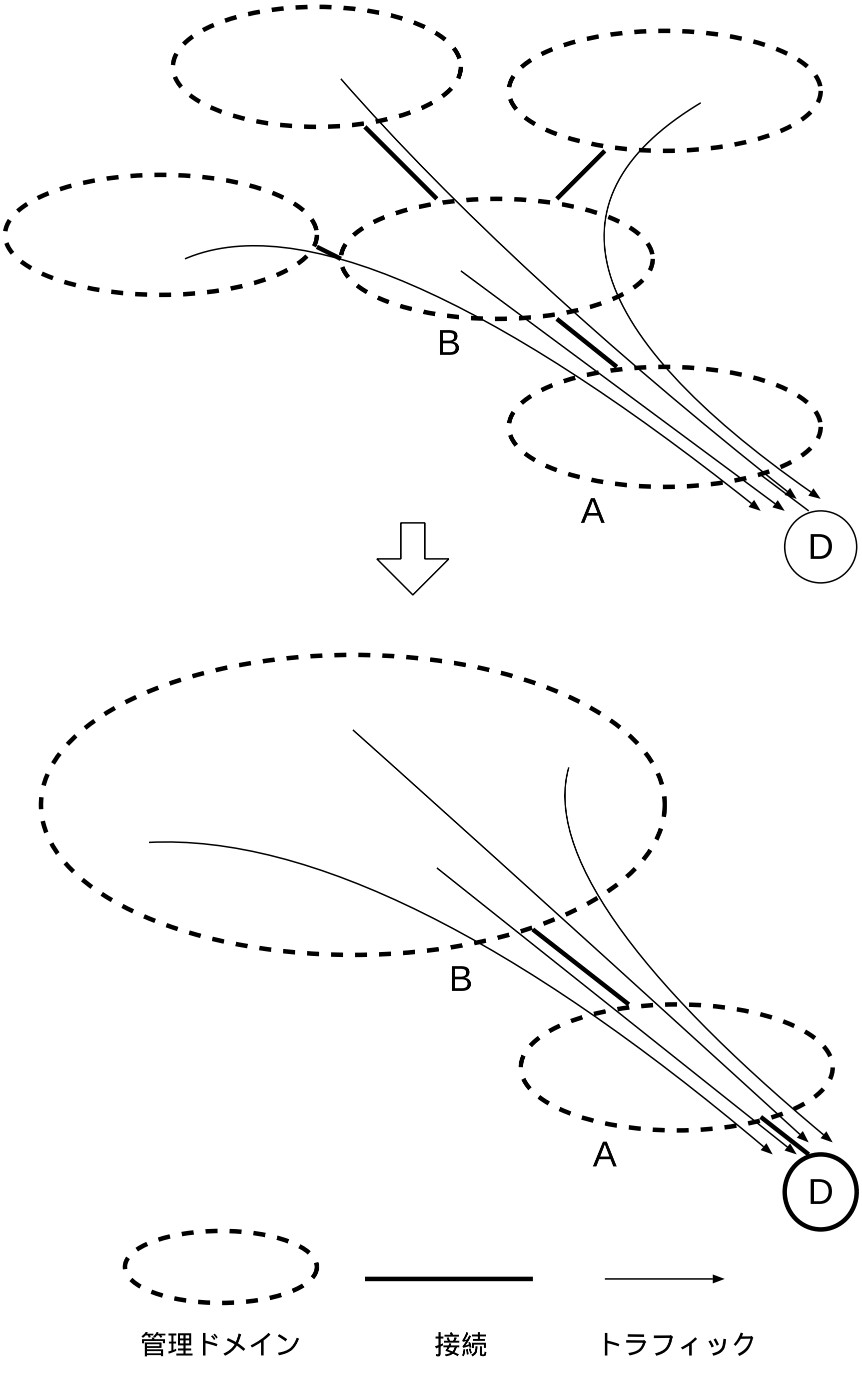

図 3.3: 隣接管理ドメインとその先のインターネット

- プロバイダ–プロバイダ間課金

公衆電話網の世界でアクセスチャージと呼ばれるものはプロバイダ–プロバイダ間課金にあたる。

プロバイダ–プロバイダ間課金とプロバイダ–利用者間課金を別のものとして扱う必要があるのは、次の cream skimming 問題を解決するためである。

3.2.1 幹線ただのり問題

従来の分析でも、特に電気通信事業者に対する規制を考える上で、cream skimming の問題に関してはしばしば扱われてきた。cream skimming とは制度や現状のゆがみを利用して、本来よりも低い費用で高い報酬を得ることである。これまでの分析では主として専用線を利用したバイパス・回線の再販の問題や、相互内部補助が行われている場合を中心に扱われてきた。ここで説明する問題は「幹線ただのり問題」と本論文では呼ぶが、この問題はいままでの公専公接続の問題と本質的に同じである。

これは、あるサービスプロバイダが自己の接続点間に持つ太い幹線や海外線などの費用が高く必要性の高い回線を、他のサービスプロバイダが安価に利用することが可能であることから起きる。例えば、図3.4のようなトポロジを考えてみる。

プロバイダ A に接続している a_3と、プロバイダ B に接続している b_1から海外にあるサーバにアクセスする場合を例に考えてみる。この場合、$NOCA_1 - NOCA_2$の回線容量と $NOCA_1 - NOCB$ 間の回線容量が同じで、かつ $NOCA_2$へ接続している利用者数が $NOCB$ へ接続している利用者数が同じである。従って、プロバイダ B は、b_1に a_3とほぼ同じ条件での海外のサーバへのアクセスを提供することができる。ところが、プロバイダ B には $NOCB$ とプロバイダ A への接続の費用だけしかかからないのに対し、プロバイダ A は $NOCA_1$、$NOCA_2$、その間の回線費用、海外線の維持費用がかかることになる。

このようなトポロジで、利用者全てに対してサービスプロバイダとの接続の太さに応じた定額課金を行なった場合、二つのプロバイダはほぼ同じサービスを提供できるにもかかわらず、高価な回線を維持しているプロバイダは回収しなければならない費用が大きいため、非常に不公平になる。これがインターネットに特に生じる cream skimming 問題である。

もちろん実際にはそれぞれの利用者の利用状況などさまざまな要因があるため、この図に示された条件だけでは本当に同等のサービスが提供できるとは限らない。

これは、インターネットはほぼ完全な透過性を持つためである。この例ではプロバイダ B はプロバイダ A と比べて、IP のプロトコルのレベルでは利用者からの視点では特に大きなサービスの違いを見付けることはできない。この問題はプロバイダ A とプロバイダ B の間でそれぞれの利用状況に応じて不公平のないように相互接続料金を設定できれば解決することができるが、インターネットの場合には非常に難しいのが現実である。

この問題については3.5でさらに論じる。

幹線ただのり問題が発生する最も単純なトポロジは、図3.5のようなものである。

仮に、各ドメインが自分が直接接続しているリンクの費用の半分を支払っているとしよう。この場合、各ドメインの支払う費用は、表3.1となる。ただし、ドメイン A–ドメイン

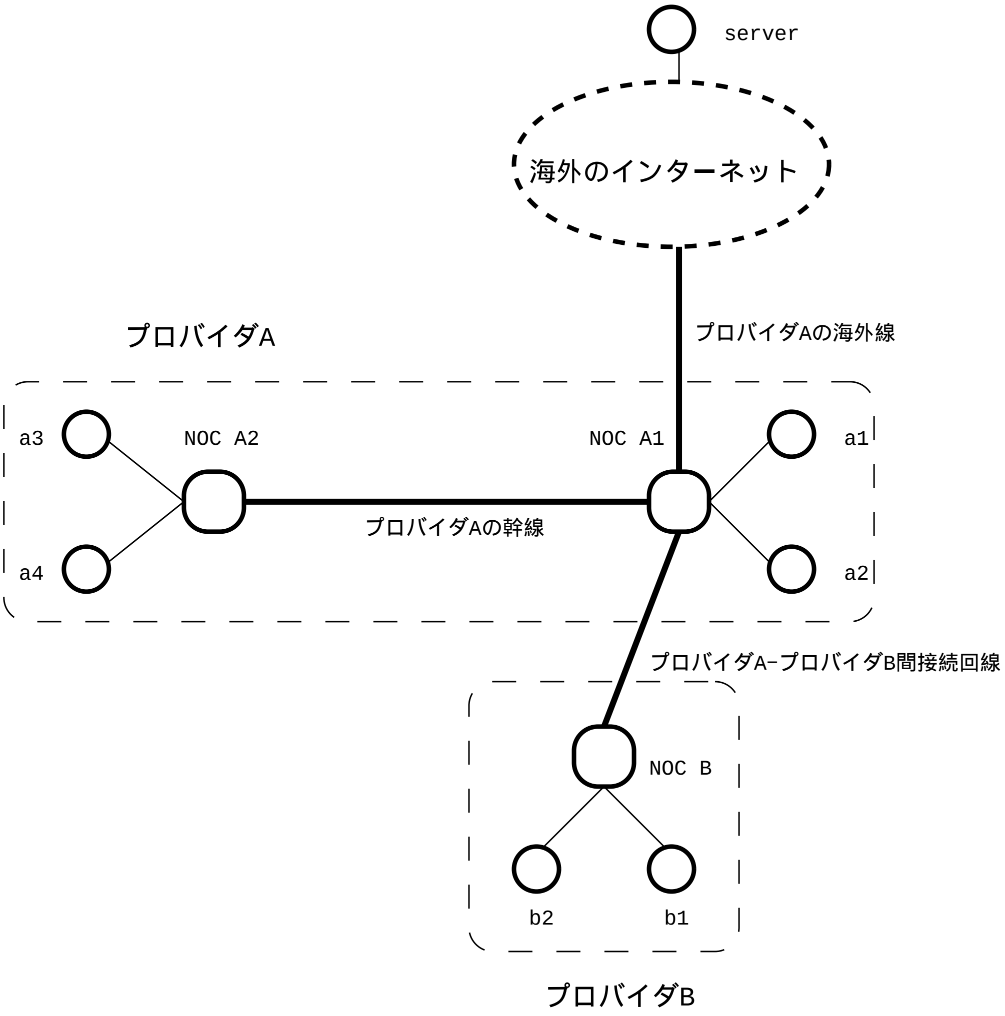

図 3.4: cream skimming が起きる例

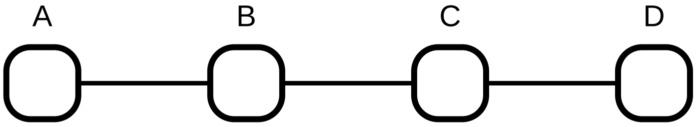

図 3.5: 問題の発生する最も単純なトポロジ

表 3.1: 各ドメインの支払う費用

管理ドメイン	費用
A	$C_{AB}/2$
B	$(C_{AB}+C_{BC})/2$
C	$(C_{BC}+C_{CD})/2$
D	$C_{CD}/2$

B 間のリンクの費用を C_{AB}のように表記する。

ところが、ドメイン A はドメイン B–C 間の費用を全く支払っていないにも関わらず、その回線を言わば無料で利用することができる。図 3.5の各ドメインがサービスプロバイダであるケースを考えると、問題がはっきりする。多くの幹線を維持しているサービスプロバイダが、より費用を払わなければならない。

インターネットではその上のネットワーク資源を、それが誰のものかを意識せずに使うことができる。これは利用者にとっては便利なことであるが、プロバイダにとっては誰に何の目的で利用されているのかが分からないということである。経済的な面から言えば、自分がある目的で用意した資源が、その対価を払われないまま他の利用者によって消費されかねないということでもある。

この cream skimming を許すと、サービスプロバイダが幹線を始めとするネットワーク資源を整備している程不利になってしまうという事態が起こる。その結果、インターネット全体の利用に応じた健全な発達が阻害されかねない。

これを避けるためには、プロバイダ–プロバイダ間、プロバイダ–利用者間の課金などを通じて、適当な経済資源配分を行なっていくしかない。ただし、6.2.2に述べる通り、コストに基づいたトラフィックに応じた従量課金を行なえば、プロバイダ–プロバイダ間とプロバイダ–利用者間の違いを意識せず、一つの課金体系で効率的な費用に応じた課金を行なうことが出来る。

通信インフラストラクチャのように公共性が高く、なおかつ市場が失敗する場合には、公的な補助や公的機関による運営などが採用されることもある。インターネットが市場が失敗する場合かどうかは不明である。公衆電話網の場合に較べると規制環境が比較的ゆるやかであり、ほぼ完全なオープンアクセスが可能であることから、市場が経済資源の適当な配分に失敗する可能性が高いと論じることも可能であろう。一つの論点は、このような技術的な性質から起こる不公平が、全体的な費用から見て市場原理の失敗を招くほど大きいものであるかということである。仮にこのような問題から起こる不公平がそれほど重要なものでなければ、例えば接続の提供以外のさまざまなサービスなどで自由競争を続けることは充分可能であるかも知れない。これらの点についてはさらなる研究が必要である。

3.3 費用の構造

cream skimming の問題は、プロバイダが提供しているサービスの費用と利用者が受ける便益とが、料金からかけ離れている場合に起こる。このとき、利用者が得られる便益とその実際の料金の差を利用してインターネットの機能を再販することで利益を得ることが出来るのである。

この問題は基本的に利用者が実際に受ける便益とその費用を、なるべく忠実に料金に反映させれば解決することが出来る。これはまた、経済的厚生を最大化する、あるいは市場の原理を利用して経済効率を向上させるためにも必要である。このためには、実際に利用者が受けているサービスとその市場、それにかかる費用の関係を整理し、その関係に従って費用を計上して課金を行なう必要がある。

3.1で述べたとおり、サービスプロバイダが提供するサービスには次の 3 つがある。

- 接続提供サービス
- 幹線サービス
- その他の付加的なサービス

これらのサービスはそれぞれ別々に費用を計上して、料金に反映される必要がある。一つのサービスプロバイダが複数のサービスを提供する場合がある。これは複数のサービスで同じ資源を利用することによって、範囲の経済を得るような場合である。このような場合、共通費は適当なやり方でこれら 3 つのサービスの費用に分配して計上されなければならない。

付加的なサービスの費用に関しては比較的明らかなので、以下は接続提供サービスと幹線サービスの費用の分計について説明していく。接続提供サービスは多くの利用者に対する接続を提供するのが主なサービスであり、幹線サービスは多数の始点–終点間のトラフィックを集約して規模の経済を活かして提供するサービスで、回線の費用が多くの割合を占める。

費用は、ある管理ドメインに占有される部分の費用と、複数の利用者あるいはインターネット上の全てのホストに共有される部分の費用に分けて計上されなければならない。ある管理ドメインに占有されるインターネットの一部分を他の管理ドメインが支払うことは、費用と便益の不一致をもたらすからである。

ここで、公衆電話網の場合の会計の方法を考えてみる。電話料金を算出する場合には、まず電話網を維持するための費用をトラフィックに応じて変化する費用である TS(Trafic Sensitive) コスト、利用に関わらず一定である費用である NTS(Non Trafic Sensitive) コストに分けて計上する。その後、基本的には TS コストに基づいて従量料金 (通話料金) を、NTS コストに基づいて基本料金 (加入料金) を算出し、加入者に対し課金を行なう。

実際には、社会的経済効率の観点からは、理想的な料金を設定するためには、加入の外部性を考慮しなければならない。加入の外部性については4.1.1を参照してもらいたい。さらに、通常電気通信事業者は規模の経済を活かしてさまざまなサービスを提供しているため、共通費の各サービスへの振り分けを行なわなければならない。公衆電話網の料金体系

の場合では、政策的、歴史的な理由から、現在の日本やアメリカでは長距離通話の料金は実際の費用よりも高めに、市内料金は低めに抑えられていることにも注意が必要である。

このとき、各コストの振り分けは、図 3.6のように、宅内設備から市内交換機のインタフェイスまでを NTS コスト、市内交換機から市街交換機の接続点までは TS コスト、それから上の階層は長距離通話のコストとして扱われる。

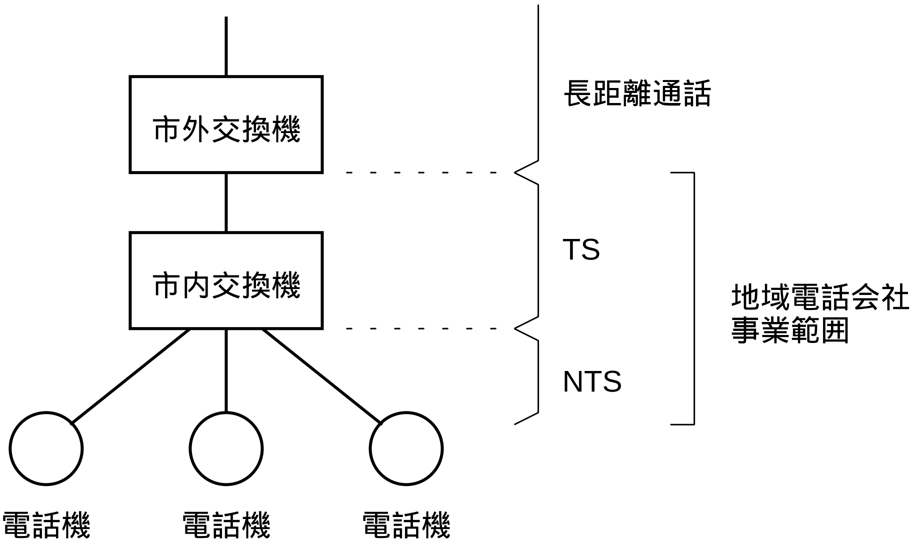

図 3.6: 公衆電話網の費用

これは NTS 部分は各契約ごとの占有の設備なので、利用度に応じて変化しないと考える。市内交換機から市街交換機の接続点までを TS とするのは、この部分の設備が高価で、かつ同じ資源を多数の加入者で共有するからである。そのため、各利用者で利用の度合に応じて費用を配分する。

これに従うと、インターネットへの接続サービスにかかる費用は図3.7のように考えることが出来る。

インターネットの費用も基本的に TS コストと NTS コストに分けなければならない。さらに必要であれば、TS コストは通常のサービスプロバイダ内の幹線にかかる費用である地域 TS コストと、非常に長距離の海外線や衛星の回線などの特に大きな費用のかかるサービスの費用である長距離 TS コストに分けることができる。

この TS コストが幹線サービスの費用にあたり、NTS コストが接続提供サービスの費用にあたる。この二つのサービスは本来それぞれ利用市場と加入市場という独立の市場を持っている。

TS コストをさらに細かく分けた場合がある方がいいのは、できるだけ料金と実際の費用を一致させるためである。例えばアメリカとの接続に非常に長距離の専用回線が必要となる日本のサービスプロバイダなどの場合、他の部分に比べ海外線の費用が占める割合が極端に大きくなる場合がある。このような場合は別に費用を計上した方がよい。

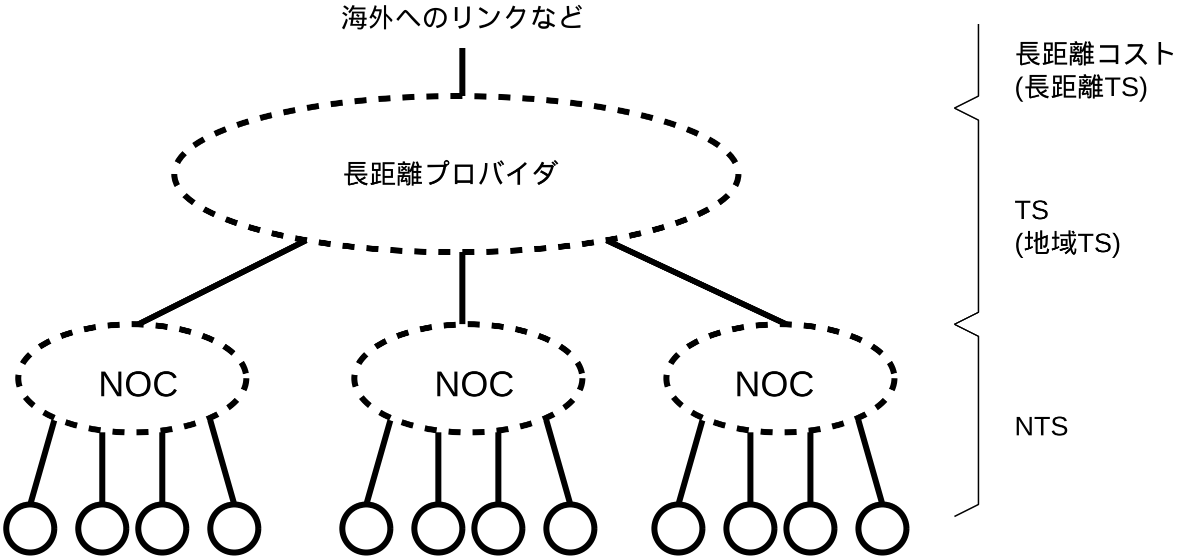

図 3.7: インターネットの費用

これに従えば、NOC–利用者間のリンクの費用は NTS コスト、NOC 間の幹線の費用は地域 TS コスト、海外のリンクなど、特に費用の大きい幹線などの部分を長距離 TS と見做すことができる。地域接続サービスと長距離サービスは同一のプロバイダが行なう場合と、地域接続サービスだけを別のサービスプロバイダが提供している場合があり得るが、どちらの場合でも接続点への接続サービスと長距離サービスとでは費用の構造が違うので、会計を分離し、別のコストとして計上した方がより費用を正しく反映した価格を付けることにつながる。

このような構造に従って会計を行なうことによって、定額課金、従量課金にかかわらず幹線ただのり問題が起きにくくなり、また課金体系の経済効率も高くなる。

ただし、経済的効率を求めず、ポリシの実施だけを目的に従量課金を行なう場合には、このように費用の構造に基づいた価格を設定する必要はなく、単に管理者が適当だと思う料金を設定すればよい。

3.4　サービスプロバイダ–利用者間リンク

費用を分担することを考えるとき、インターネットのどの部分が誰に属するかは非常に重要である。3.3で述べたように、利用者が自分の組織で持つネットワークからサービスプロバイダへの接続点までの回線はインターネットの費用の中では NTS コストに含まれる。

サービスプロバイダと利用者の経済上の境界がどこにあるか、つまりその回線の費用を負担しているのはどちらかはその場合によって異なるのが現実である。実際に現在商用サー

ビスプロバイダで実施されている課金方式では、公衆電話網の場合と大きく異なり、利用者側で経済的な負担をする場合がほとんどである。もちろん、インターネットの場合もNOCから利用者のネットワークまでの回線をサービスプロバイダが提供する場合も有り得る。

TCP/IP プロトコル体系の場合には、識別子はリンクの端点に対してつけられるため、ネットワークのノード間を接続するリンク自体がそれらのノードのどちら側に属するかは定めない。管理ドメインの定義として明確な境界を持つことが求められているが、TCP/IPのレベルでは境界は特定の2識別子間にあるとしか言えないため、管理ドメイン同士を結ぶ回線そのものがどちらの管理ドメインの所有物であるかについては技術上は意味を持たない。これは全く契約上の問題である。

現在主流である、接続点までの回線を利用者が負担する方法の場合の問題点は、利用者の位置がたまたま地理的に接続点から離れていたとすると、同じ内容のサービスを受けても料金が高くなってしまう場合があることである。これは、過去に日本の新規長距離通信事業者3社がいわゆる　足し算料金制」と呼ばれる、幹線の使用料金とNTTの足周り料金を足したものを料金としていた時期に、接続点までの距離によって同じサービスの料金が異なってしまっていたことと似た問題である。

これに対し、利用者に対しては距離に関わらず同じ料金を課金し、サービスプロバイダ内部でそれらの費用を調整するという方法もあろう。第7章での試算では、この方法を用いている。

3.5 公正なプロバイダ–プロバイダ間課金とは

プロバイダ間での課金を考える前に、サービスプロバイダとは何かを再考する必要がある。2.2で、すでに次のように定義を行なった。

> 本論文では、通過管理ドメインの内、他の管理ドメインに対してインターネット接続を提供することを主要な目的として持つものを特にサービスプロバイダと呼ぶ。

この定義をそのまま受け取れば、技術的にどのような状態にある管理ドメインがサービスプロバイダであるかを定義することはできない。IPのプロトコルのレベルで言えば、通過管理ドメインのうちどれがインターネット接続を目的としており、どれがそうでないかは見分けがつかないのである。

しかし、通過管理ドメインはすべてサービスプロバイダであると考えることができるかどうかは難しい問題である。例えば、次のような場合を考えてみよう。

> Xという企業が、商用サービスプロバイダAに接続していた。その後、その関連企業であるYがインターネット接続を行なうことに決めたので、YはXに接続した。(図3.8)

この場合、Xは末端管理ドメインから通過管理ドメインに変化したことになる。商用サービスプロバイダAは、このことをもってXを新たなサービスプロバイダとみなし、契約を

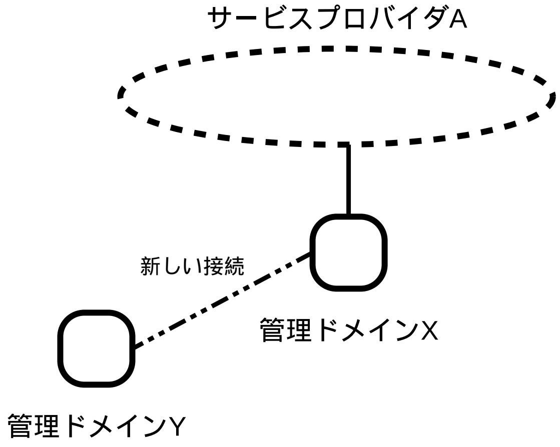

図 3.8: プロバイダ A と、管理ドメイン X,Y の関係

し直すべきだろうか。他には末端管理ドメインでありながら、X と Y を合わせたよりも多くのトラフィックを発生するような管理ドメインもあるはずである。通過管理ドメインであるかどうかをもって扱いを変えるべきかどうかは議論が別れるところである。

日本の公衆電話網の場合には、従来公専公接続 (公衆電話網から専用線を経由し、また公衆電話網に接続して利用すること) は認められて来なかったが、これは一般の利用者がこの問題での通過管理ドメインの役割を果たすことを一切認めないという方針のもとで行なわれて来た規制である。現在はこれを認めようという方向に動いている。

前述の通り、仮に定額課金でプロバイダに対しても利用者に対しても同じ接続料金を課した場合、cream skimming が起こってしまう。これが起こらないような厳密な課金体系を取るためには、定額課金下ではプロバイダに対しては課金額を変える必要がある。しかし、サービスプロバイダの定義は技術的なものではなく、曖昧なものに過ぎない。

技術的にはどの末端管理ドメインも、簡単に通過管理ドメインになることができる。通過ドメインになったからといって急に扱いを変えなければならないような慣行は、インターネットの技術の長所を台無しにしてしまうであろう。従って、ある管理ドメインが通過管理ドメインであるかどうかという基準で扱いを変えるのではなく、より柔軟な方法でその費用の分担を行なっていくことのできるガイドラインが作成できることが望ましい。6.3で、提案される越境バイト数に基づく従量課金は、隣接管理ドメインがサービスプロバイダか利用者かを気にする必要のないという点で望ましい課金体系であると言える。

第 4 章

経済学の分析方法

インターネットは電気通信網であるため、過去の公衆電話網に対する分析とも性質が共通する部分が多く、研究成果は参考にしていく必要がある。

本章では、電気通信事業に対する過去の分析のうち、インターネットの課金を考えていく上で参考にすべきことがらを簡単にまとめ、続く章のための前置きとする[1]。以後、これらの分析道具を使って、課金体系の評価を行なっていく。

4.1 経済的厚生の最大化

電気通信の料金を経済学的に議論する場合、厚生経済学の文脈で行われることが多い。ここでは厚生経済学の考え方をごく簡単にまとめておく。

厚生経済学とは「市場あるいは経済において人々の満足の総和を改善し、できればそれを最大化することに関する経済学の一分野」である。ただし、ここで述べられているように「満足の総和」については扱うが、それがどのように構成員に分配されるかということは考えない。すなわち、厚生経済学では「経済的効率」のみを扱い、「公平さ」については扱わない。

厚生経済学では、人間はみんな自分は何を得れば満足するかということを知っていて、自分の満足をできるだけ増やそうとすると仮定する。このとき、ある人達が自発的にある交換を行なうと、当事者がより豊かになるのでなければその交換は起こらなかったはずであるから、当事者双方の満足が増えはずである。自発的交換とは、2 者が自分の満足を増加させる目的で、すすんで各々の持つものを交換することである。自発的交換は必ず当事者をより満足させるので、厚生経済学の目標は自発的交換を最大化することであるといえる。

自発的交換が最大化されることをパレート最適といい、それが達成されない場合、その市場には歪みがあるという。

競争は市場に歪みがある場合にそれを正す働きをする。ただし、市場に歪みがなければ(自発的交換が既に最大化されていれば)、競争は必ずしも必要でない。

---

[1] 4.1は、Wenders による『電気通信の経済学』の第 1 章から第 7 章までを大雑把にまとめ直したものである [10]。

市場がパレート最適でなければ、自発的交換が増えるほど、あるいは非自発的な交換が減るほどその結果として厚生上の改善となる。これをパレート改善という。ただし、これが起こった場合でも、ある人の経済状態は悪化していることもありうる。

需要供給曲線と限界便益曲線

本論文で、需要供給曲線や限界便益曲線を用いて経済的厚生の歪みを図示する場合があるが、ここで社会的厚生を分析する上でのこのグラフの意味を説明しておく。

需要曲線はある財の買い手の価格に対する購入量を図示したものである。逆に供給曲線は売り手の市場の価格に対する供給量を図示したものである。典型的には次のようになる。

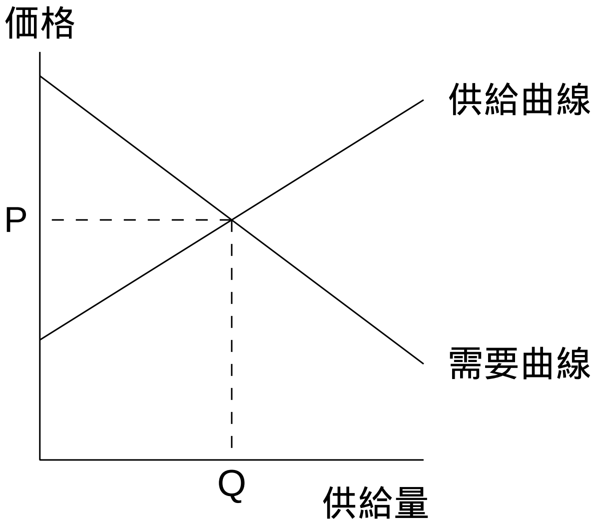

図 4.1: 需要供給曲線

限界便益曲線は本質的には需要供給曲線と同じである。

供給曲線と需要曲線は予測的な側面と厚生的な側面を持つ。これらの曲線が分かれば、それらの曲線の交わる点で価格 P と供給量 Q が定まることが予測できる (図 4.1)。(予測的側面)

また、この曲線を使うことによって、市場の経済効率を分析することができる。(厚生的側面)

需要供給曲線における需要曲線は、ある財に対する買い手の評価を表している。もしその評価以下の価格 (買値) でその財を購入すれば、買い手側では (評価) – (価格) 分だけの余剰が生じる。他方、供給曲線はある財に対する売り手の評価を表している。従って、買い手の場合と逆に価格 (売値) が評価よりも高ければ、(価格) – (評価) 分だけ余剰が生じる。

従って、図 4.1で言えば、価格 P で量 Q だけの財が交換されたとき、需要側に斜線で示された面積分、供給側に点々で示された面積分だけの余剰が生じることになる。

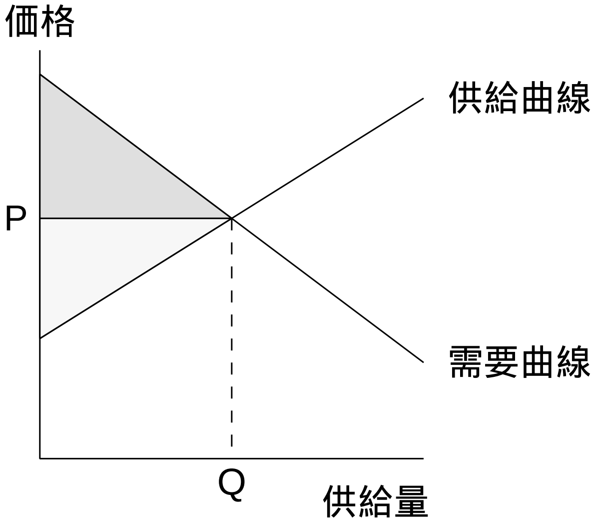

図 4.2: 社会的余剰

4.1.1 二つの外部性

電気通信産業では、二つの外部性が重要なものであるとされ、通信の効用を考える上でも必ず考慮に入れる必要がある。二つの外部性とは、加入の外部性と通話の外部性である。加入の外部性はネットワークの外部性とも呼ばれる[2]。

外部性とはある経済主体の経済活動が他の経済主体の状態に影響を及ぼす性質のことである。この外部性には正の外部性の場合もあれば、負の外部性もある。

加入の外部性

一般に通信ネットワークは、通信をしたい対象が同じネットワークに参加していなければ意味がない。従って、ある利用者にとってのそのネットワークの価値は、通信したい相手がどれだけネットワーク上にいるかによって決まる。

このため、ある利用者がネットワークに加入することによって、その利用者だけでなく同じネットワークに加入している他の利用者も利益を受ける。これは、その利用者に対する通信を希望している他の利用者にとっての、ネットワーク自体の価値が上がることを意味するからである。この他の利用者にとってのネットワーク加入から受ける便益の上昇が加入の外部性である。

この外部性のために、ある利用者がネットワークに加入することによって社会全体の厚生の量は、

---

[2] これは、この外部性がネットワーク型消費一般に現れるためである。ネットワーク型消費とは、林敏彦によると「ある製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依存して定まるような消費」である [4]。

(新規加入者が加入から受ける便益) $+ \sum$(他の加入者が新規加入者の加入から受ける便益)

となる。ところが、利用者が加入時に評価するのはこれらの社会的厚生の量全てではなく、自分が受ける便益と自分が支払わなければならない料金のみである。

このことは、加入者の見かけ上の需要曲線を、真の需要曲線よりも押し下げる効果を持つ。図 4.3がそれをグラフにしたものである。限界費用は一定で、加入者が増えるほど限界便益は下がっていく。真の需要と見かけの需要の差が、社会的限界便益の大きさである。

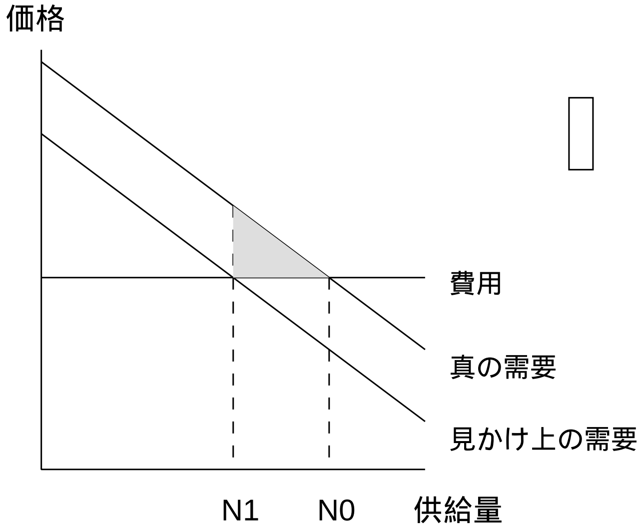

図 4.3: 加入の外部性の影響

社会的厚生を最大にするためには、本来ならば加入者の数が N_0 になるべきであるが、見かけの需要曲線、すなわち新規加入者の評価する便益の限界曲線が本来のものよりも押し下げられているため、加入者の数は N_1 にしかならず、社会的厚生は最大化されない。

このように、加入の外部性は加入者の加入に対する評価をありうべきものよりも押し下げ、社会的厚生の最大化を妨げる働きをする[3]。

また、加入の外部性は加入者の数が増えれば増えるほど社会的厚生の総和は大きくなるという、加入者の規模の経済性ももたらす。加入者の規模の経済性は、図 4.3における見かけ上の需要と真の需要の差であらわされる。

通話の外部性

電話をかけるときには電話をかけた側と電話をとった側の双方が利益を得ると考えられる。つまり、電話をかけることによって発生する社会的便益は、

---

[3] これにもかかわらず社会的厚生を最大化するためには、需要曲線と料金をあらわす線が交わる点が N_0 になるように、適当な額だけ加入費用を下げてやればよい。ただし、これには加入の外部性が実際にいくらであるかを計測しなければならないと言う厄介な問題が付きまとう。

$$(\text{電話をかけた側が受ける便益}) + (\text{電話を受けた側が受ける便益})$$

である。しかし、電話をかける側は、電話をかけるかどうかを判断する際に、自分がその電話から受ける便益のことしか評価しない。通話の外部性とは、電話料金を払う側ではないところで、その電話をかけることによって便益が発生することをいう。

加入の外部性同様、通話の外部性は料金を支払う側の需要関数を真の需要関数よりも引き下げる働きをする。

ただし、通話の外部性の場合は、頻繁に同じ加入者間で通話が行なわれる場合は、交互にかけて料金を双方が払うようにしたり、通話の途中で一旦接続を切ってかけ直すなどして、この外部性をある程度内部化できることが知られている。

第 5 章

インターネット技術と課金

インターネットは分散性や、最善努力方式など、さまざまな特徴を持っており、従来の公衆電話網などでの課金とインターネットでの課金は、その意味が異なってきてしまうことがらがある。

本章ではさまざまな課金体系の詳細な分析に移る前に、前提としてこれらの問題を検討していく。また、特に従量課金とインターネット技術の整合性についても触れる。

5.1　分散システムとしてのインターネット

インターネットは分散・協調型のシステムである。インターネットを構成しているのは膨大な数の計算機とそれを接続する回線で、それぞれ独立に動作している計算機がお互いにメッセージを交換しながら、全体として一つの自律的なシステムを形作っている。

このシステム全体がインターネットであり、インターネットを利用することはこれらの資源の集合を一つのシステムとして利用することである。

インターネットは透過性を持っているため、ネットワークレベルでどの要素が誰に属しているかを知ることは非常に困難である。このことは、ある利用者の資源の利用量を測定し、それにしたがって課金を行なおうとするとき、大きな問題を引き起こす。つまり、自分の管理ドメイン内のエンティティ以外は確実に実体が分からないということである。インターネットに接続されている膨大な数のエンティティのうち、実体が何であるか把握でき、課金が行なえるのは同一管理ドメイン内のエンティティか、隣接している管理ドメインだけである。

従って、インターネット上での課金は、隣接している管理ドメインか同一ドメイン内のエンティティに対する課金しか行なうことができない。

5.2　始点課金か終点課金か

定額課金の場合にはあまり問題にならないが、何らかの利用量に対して課金を行なおうとするとき、始点に課金するか終点に課金するかが問題になる。

通信ネットワークの利用には、始点と終点がある。課金の対象としては 1) 始点、2) 終点、3) 双方の 3 とおりがあると考えられる。

公衆電話網の場合、通常は呼を確立した側に課金が行なわれるが、コモンキャリアと契約したりコレクトコールサービスを利用したりすることで呼を受けた側に課金されるようにすることも出来る。

始点課金と終点課金にはそれぞれ利点と難点があるが、まず議論の前提となることがらについて説明したあと、いくつかの論点に沿ってそれぞれの特徴について論じる。その後、本質的な問題点について述べる。

5.3 インターネットアプリケーションの性質

インターネットのアプリケーションは、多くの場合クライアント–サーバモデルを採用している。クライアント–サーバモデルとは、ネットワーク上で分散処理をする上で使われる基礎的な方法で、クライアントとサーバが分散協調してユーザのために仕事を行なう方法である。クライアントはサーバに要求を送り、サーバは求められた仕事をして結果をクライアントに返すという仕組みで仕事を分散する。(図 5.1)

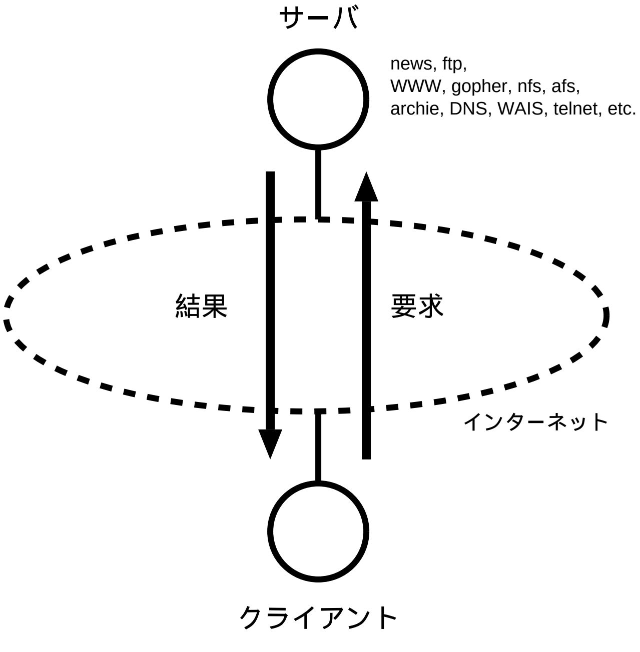

図 5.1: クライアント–サーバモデル

アプリケーションにも依存するが、主要なインターネットアプリケーションでは、サーバの発生するトラフィックの方がクライアントの発生するトラフィックの量よりも多い。これは、インターネットのアプリケーションに、分散して提供されている情報にアクセスす

るものが多いためである。ftp、電子ニュース、WWW などがその代表例である。

WIDE インターネットの 93 年度 3 月の国際線国内向けのトラフィックを例に取ると、代表的なクライアント–サーバモデルによる情報取得系のトラフィックの割合は、74.7%に及ぶ[1]。このことからも、サーバの方が発生トラフィック量の多いアプリケーションが多いことが分かる。

電話の場合には、通話の料金は電話をかけた方が払うのが一般的であり、このことによって通話の外部性が生まれることは 4.1.1 で述べた。また、そこでこの通話の外部性がある程度内部化できる場合があることも述べた。しかし、これは技術的に見て呼を設定した者と呼を受けた者が、いったん呼を設定してしまえば平等の立場になることから導かれることに注意すべきである。つまり、公衆電話網の集計方法では、呼を設定した時から終了した時までの時間によって課金を行なうため、どちらからどちらに向けて情報が流れたかを知ることはできない。しかしインターネットは利用量の集計を行なうとすればパケットレベルで行なうしかないため、どちらからどちらに情報が流れたかを知ることができる。

このことから、仮に管理ドメインが何らかの従量課金を実施した場合、インターネットではより詳細な情報に基づいて、通話の外部性を減らすことが可能であると言えるかも知れない。

一方次のような主張をすることもできる。電話の場合にはいったん呼を設定してしまえばどちらも立場が同じであることを利用して、どちらが利益を受けるかを人間が判断して、利益を受ける側が電話をかけるようにすることによって通話の外部性を内部化することができる。一方、インターネットのサーバとクライアントは単なる機能上の役割であって、どちらが利益を受けているかは分からないにもかかわらず、電話の場合に可能であったような内部化が不可能になってしまっている。例えば、ユーザが広告を提供している WWW サーバにアクセスする場合などがその例である。広告提供者側はお金を払ってでも広告を見せたいと思うかも知れないが、提供者側とユーザ側のどちらが払うかはその管理ドメインの方針によって決まり、選択することはできない。

5.3.1 始点課金と終点課金の特徴

始点課金を選択する最もわかりやすい理由は、トラフィックは始点の「意志」によって発生しているということである。トラフィックは始点がそれを選択してはじめて発生する。それに対して終点には選択権はなく、送られて来たら受け取らざるを得ない。それは、一旦受け取らなければそのパケットが必要なものであるか判断することが出来ないからである。始点のアドレスやポート番号であらかじめ受け取らないパケットをサービスプロバイダに登録し、サービスプロバイダ側でこれらのパケットを配送する前に捨ててしまうことも可能ではある。しかしこのためには、まず終点は必要でないパケットがどのようなものであるかを知らなければならない。さらにサービスプロバイダがこのサービスを提供するためには費用がかかるが、これは単にパケットを配送する場合よりも高くなってしまう可

---

[1] 1993 年度 WIDE プロジェクト報告書、ネットワークトラフィック統計情報の収集と解析より作成 [5]。バイト数による計算。情報取得系のクライアント–サーバモデルのアプリケーションとしてこの計算に含めたのは、FTP、DNS、HTTP、Gopher、NNTP、Z39.50(WAIS)、NTP、ARCHIE である。

能性もある。

しかし、5.3で述べたように、インターネット上で発生するトラフィックの多くはクライアント–サーバモデルに基づいている。これは、サーバを始点として発生したトラフィックは、実際には終点であるクライアントの「意志」によって発生していることを意味する。もちろん、サーバはクライアントの要求に答えないという選択を行なうことも理論上は可能だが、この分散処理モデルはインターネットの仕組みと深く結び付いているので、これに制限を加えることは賢い選択とは言えない。逆に、クライアント– サーバモデルの情報取得型のトラフィックが全体の大部分を占めているとすると、むしろ終点の方がトラフィックの発生について決定権を持っている場合が多いと考えることが出来るかも知れない。

次に、通話の外部性をなるべく減らすという観点から論じる。通話の外部性とは4.1.1で述べたように、始点と終点の両者のうち、料金を支払うのではない側にも外部経済が発生することである。インターネットの場合には仕組み上利用者が外部性を内部化することが出来ないので、これをなるべく少なくするような課金体系や料金を用いることが望ましい。このためには始点、終点のうちより多く便益を得る方に課金をすべきである。

残念ながら、アプリケーションの種類によって、トラフィックの始点と終点のどちらが便益をより多く得ているかを判断することは難しい。例えばSMTP[2]の場合にはどちらが多くの便益を得ているかは完全にその場合によって異なるし、HTTP[3]のような情報取得系のアプリケーションでさえ、その内容が広告などの場合にはサーバ側がより多くの便益を得る場合もある。この観点から意味のある結論を引き出すためには、さらに詳細な研究が必要であろう。

第三点は経済学的問題ではなくむしろ文化的問題であるが、もし始点課金を実施すると、主要な情報提供者に支払が集中してしまう問題である。例えばインターネットでよく利用されるサービスに前述の anonymous FTP サービスがある。この FTP サーバには善意で他のユーザに役に立つ情報を提供しているものが多くあり、こういったボランティアによる情報提供がインターネットの文化の一つにもなっている。WWW や Gopher のサーバでも同様のものが多く見られる。

仮に始点に課金を行なうとすると、ボランティアで運営している FTP サイトに一方的に課金されて、anonymous FTP サービスの利用者にはほとんど課金されないということが起こる。課金の額によってはあまり問題にならないことも考えられるが、不公平感が起きるかも知れない。

第四点は失われたパケットの問題である。インターネットではパケットが失われてしまうことがあるため、始点に課金した場合は、課金されてしまったパケットが終点に届かないことがある。

課金をパケットを相手に配送することではなく、サービスプロバイダの資源を消費したことに対して課すと捉えれば、パケットの配送が保証できないことはあまり問題にならない。しかし、ピークロード時にサービスプロバイダが充分な資源を提供できないことが原因でパケットを失うような場合には、この始点への課金が問題になるかも知れない。

---

[2] Simple Mail Transfer Protocol。インターネット上の電子メールの配送に使われるプロトコル。

[3] HyperText Transfer Protocol。WWW の情報のやりとりに使われるプロトコル。

実際に配送されたパケットに対してだけ課金されるため、終点に課金した場合はこの問題は生じない。

以上のような理由から、終点への課金がより望ましい選択であると考えられる。どちらを選択するかは管理ドメインの方針に依存する。

5.3.2 バケツリレーと終点課金

インターネットはいわば「バケツリレー」によってパケットを配送している。しかも、インターネットでは隣接した管理ドメインか自分の管理ドメイン内部のエンティティにしか課金を行なえないので、終点課金といっても実際に直接そのトラフィックを発生したホストに対して課金を行なうわけではない。

ここでは、全ての管理ドメイン間が終点への従量課金である場合について、簡単な例を挙げて誰がどこにお金を払うかを説明する。

図 5.2のように、管理ドメイン $AD1, AD2, AD3, AD4$ が相互接続している状態を考える。始点 S がパケットを発生し、各管理ドメインを通過して、終点 D に到達したとする。S、D はそれぞれ $AD1$、$AD4$ 内のエンティティである。

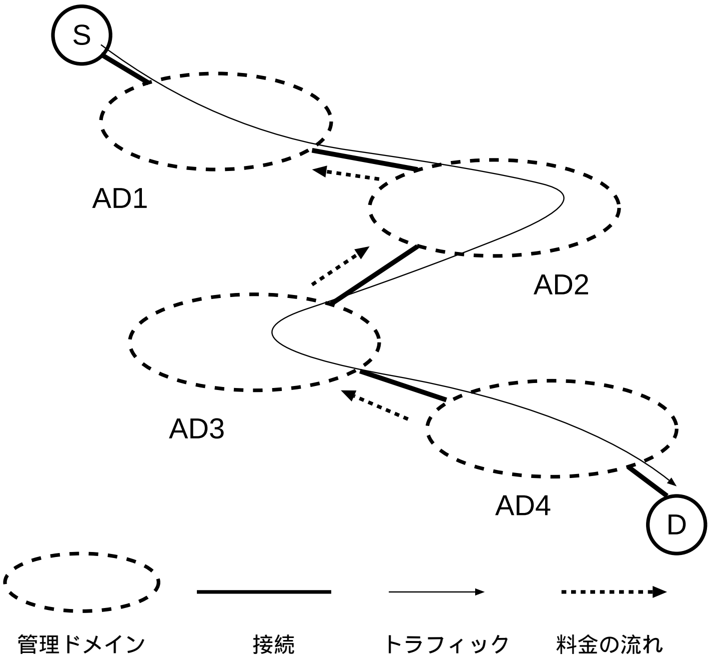

図 5.2: 終点課金時の料金のながれ

終点課金であるから、トラフィックを受け取った方がそれを渡してくれた管理ドメインに対して料金を支払う。$AD2$ は、$AD1$ からトラフィックを受け取った時点で、$AD1$ に料金を払う。また、同様に $AD2$ は $AD3$ に、$AD4$ は $AD3$ に料金を支払う。

では、途中でパケットが失われてしまった場合はどうなるだろうか。図 5.3がその例である。

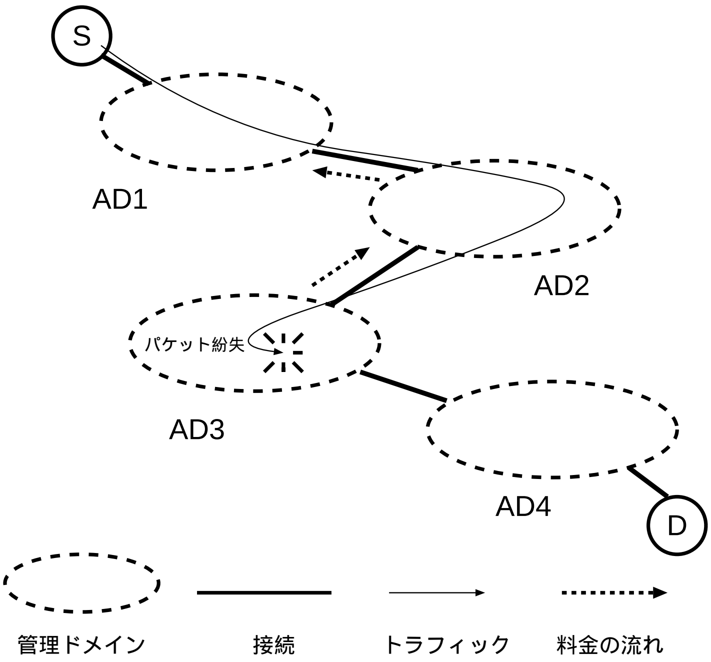

図 5.3: 終点課金と失われたパケット

5.2と同じトポロジだが、今度は $AD3$ が D 宛のパケットを途中で紛失してしまったとする。この場合は、$AD2$ は $AD1$ へ、$AD3$ は $AD2$ へ料金を支払うが、$AD4$ はトラフィックを受け取っていないので、課金されないことになる。つまり、資源を利用された管理ドメインはその費用を請求でき、パケットを紛失した管理ドメインはその費用を負担しなければいけないことになる。

5.4　ネットワーク層のトラフィックと人間の行動

現在従量課金を実施しているニュージーランドで、以下のような事件が起こった [13][4]。これはニュージーランドのネットワーク管理者による、従量課金を実施した際に経験したことがらを報告する文書からの抜粋である。

> ...Auckland のユーザのアメリカの友人が、200 K バイトのファイルを電子メールで送ってこようとした。アメリカ側のシステムは、150 K バイト送る毎に停止し、これを週末の 3 日間、30 分に一度繰り返した。我々が何が起こっている

---

[4] 和訳は本論文の著者が行なった。

> かを気づいた時には、すでに何十Mバイトも受け取っており、我々はその料金を支払わなければならなかった。...

これは、ネットワーク層のトラフィックは人間が直接生成するのではなく、人間が操作するシステムによって生成されることから起こった事件である。ユーザはシステムがこのようなトラフィックを生成するとは予想していなかったのだが、システムの実装の不都合からこのような事態が起こった。

日常世界では、このような事態は珍しくない。例えば、水道の蛇口が壊れてしまっていつもよりも水が多めに使われてしまっても、加入者はその水道代を支払い、蛇口を修理するであろう。この例に適用すれば、この電子メールの料金を支払い、メールのシステムをこのような事態が起こらないような実装のものに変えるべきであろう。

むしろ問題は、終点課金の場合に、このような被害のシグナルが被害を引き起こした側に伝わらないことである。不適当な実装を利用しているのは始点側であり、終点課金を採用する限り、この事態は修正されない可能性もある。しかし、終点は始点にこのような実装のシステムを使うべきではないことを通知するであろうから、全体としては改善の方向に向かうであろう。

つまり、少々逆説的ではあるが、次のようなことが言える。このようなシステムが生成するトラフィックを送るにも、費用がかかっていることは明白である。従って、このようなシステムの実装は、抑制されなければならない。しかし、定額課金の下では、このような抑制力が非常に弱い。従量課金を行なうことによってこのような非効率的な実装を抑制することが出来る。

このような事件によって、例えば被害者が破産してしまうような料金になってしまう場合は確かに社会的に問題である。

もっとも、この事件の報告者は続いて次のように述べている。

> ... 我々はこの問題に関していい解答を持っていない。結局、われわれはニュージーランド国外のシステムに対する制御を持たないからである。しかし、4年以上この課金体系を実施してきて、このような事件は心配しなければならないほどは起こっていない。

インターネット利用に対する従量課金はこのような自体が起こることを本質的に避けられないので、そのことから来る不利益と利点とを勘案しなければならない。

5.5 信頼性の欠如と課金

インターネットは最善努力方式である。従って、信頼性がない。あるサービスを要求してもそのサービスは達成されないこともあり、それが普通のことである。

公衆電話網やX.25は信頼性のある通信を提供し、その代わりに従量課金を行なっている。しかし、厳しい信頼性のないものに対する課金は現実世界では普通にあることである。

例としてタクシーを挙げてみよう。タクシーの場合には、行き先までのおおよその時間とその料金を予想して利用するが、その予想は達成されない場合もある。しかし、提供されたサービスに対する料金は支払うのが普通である。これは、前提として予想されたサービスが達成されないこともあり得ることを前提にサービスを利用しているからである。

インターネットにも同様の考え方が適用できる。インターネットの場合も、統計的に言ってどの程度の性能が得られるかはおおまかに予想することが出来る。その上で、そのサービスを利用するのであれば、従量課金を行なっても問題ない。むしろ問題なのは、サービスプロバイダがあらかじめどの程度の性能が期待できるかと言う基準を十分提供していないことである。性能の予測は利用者の責任においてしなければならない。

この意味では商用サービスプロバイダを選択する場合などのために、インターネットの性能を評価することが出来るような基準を作成すべきであろう。

第 6 章

従量課金の利点と欠点

本章ではインターネットの課金体系を大きく定額課金と従量課金にわけ、それぞれの特徴について検討する。さらに、いくつかの従量課金の種類について言及し、それらがどのような役割を持っているかについて述べる。

定額課金は一定期間のインターネット接続に対して課金を行ない、その間はどれだけ利用してもそれに対して課金は行なわないという課金方式であり、従量課金は利用した量にしたがって一定期間のインターネット接続に対する課金が異なるような課金体系である。

6.1 課金方式の評価基準

課金方式の評価基準としては、2.2で述べた目的のうち、

- 管理ドメインのポリシ実現
- 経済的厚生の最大化

をどれくらい効率的に達成できるかを考えることにする。つまり、その課金体系が 1) どのようなポリシを表現できるか 2) どの程度経済効率を達成できるかを問題とする。

6.1.1 定額課金と従量課金の経済学的評価

定額課金と従量課金の経済学的評価については、公衆電話網の課金体系に対する分析がここでも応用することができる。ここではその評価方法の枠組について簡単にまとめることにする。

測定に費用についてはひとまず除いて、従量課金によって得られる厚生と、結果抑制された通信の便益との比較について検討したい。

図 6.1は、従量課金と定額課金の社会的余剰の差を示す図である。$P0$ は料金 0 を示し、定額課金の場合の通話料金を示す。$P1$ は従量課金の通話料金で、通話の限界費用 (MC) をよく表しているとする[1]。$P0$、$P1$ が通話需要曲線と交わった所で通話量が決定できる。

---

[1] 価格を限界費用に一致させると、社会の経済効率は最適になることが知られている。これを限界費用価

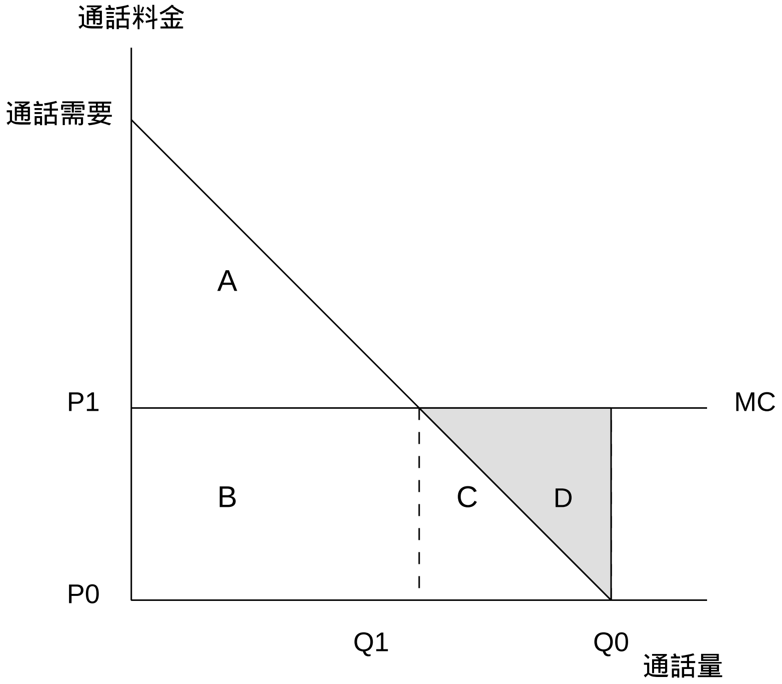

図 6.1: 通話市場の定額課金と従量課金

通話から得られる便益は需要曲線の下側の面積で表すことが出来る。定額課金の時、通話量は $Q0$ であるから、定額課金の時得られる通話の便益の総和は $A+B+C$ の面積で表される。一方、従量課金の場合は通話量は $Q1$ であるから、便益の総和は $A+B$ である。

通話にかかる費用は費用曲線の下側の面積で表されるから、定額課金の時は $Q0$ までで、$B+C+D$ の面積で表すことが出来る。従量課金では利用量が $Q1$ であるから、B である。

したがって、便益と費用の差をとると、定額課金では $A-D$、従量課金では A となり、従量課金の場合の方が社会的余剰は図 6.1で斜線で塗りつぶされた部分である D の面積分だけ大きくなる。

次に、この延長として図 6.2で、計測費用がかかる場合を考える。計測費用は通話量に比例すると仮定し、図では m で表す。

MC が実際の限界費用で、従量課金では課金費用の m 分だけ価格が上昇する。図 6.1で見たように、従量課金に移行することによって得られた余剰は斜線で塗りつぶされた部分である。また、本来の価格のときと比べて純損失は点で塗りつぶされた部分になる。

このように、従量課金では計測費用がなければ総便益は増加するが、計測費用がある場合には、その損失と便益を比較する必要がある。また、ここでは触れていないが、実際には従量課金を導入することによって、加入料金を下げることが出来ることから、加入市場

格形成と呼ぶ。公共料金などは限界費用価格形成による料金の決定が望ましいとされているが、収入の制約や外部性の測定の困難さ、複数サービス間の共通費の分配の問題などさまざまな困難があり、現実に実施することは難しい。このような問題を考慮しながら最適の料金を決定する問題を、最適価格形成問題という。

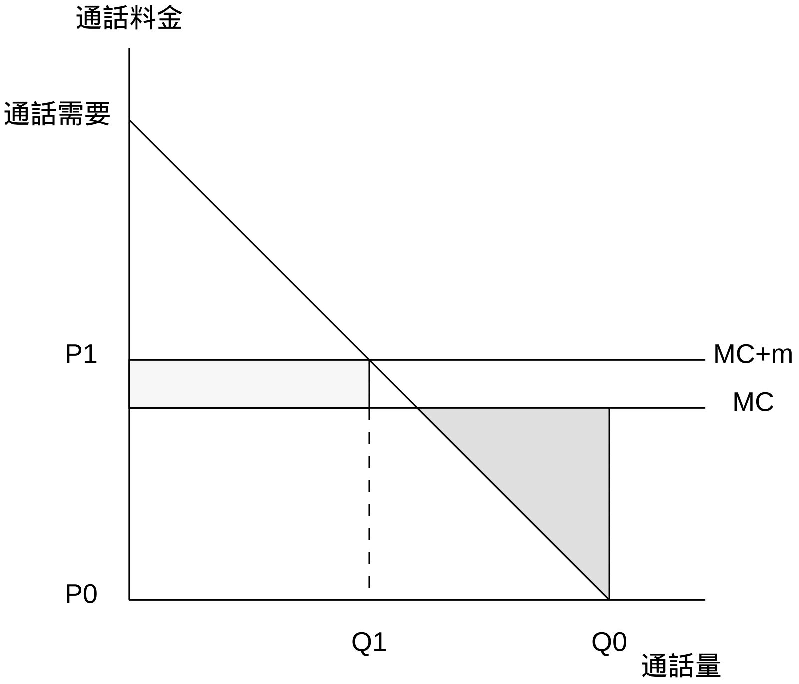

図 6.2: 従量課金の計測費用の影響

での総便益も変化する。それらを全て考慮に入れなければ、全体としてどちらの課金体系が適当であるかは厚生経済学の観点からはいうことが出来ない。

ピークロード時の料金

電気通信ネットワークでは通常、ピークロード時のトラフィックに応じてネットワークの容量を決定する。従って、費用を発生しているのはピークロード時のトラフィックであって、オフピーク時のトラフィックはまったく費用がかからないと見做すことが出来る。

これは、ピーク時とオフピーク時で大きくサービスの限界費用が異なっていることを示している。従量課金を導入することによって得られる便益は、価格が限界費用を充分表していることによって得られる。従って、単に費用をサービスの量で割って平均価格にしただけでは、その限界費用との乖離の分だけ厚生を損なうことになる。

従って、より厳密に料金を費用に近づけるためには、その時の輻輳の状態に応じて動的に課金額を変える必要がある。これについては、6.2.2の smart market 課金に関する節でさらに論じている。

6.2 インターネット上での課金体系

定額課金と従量課金にはそれぞれ特徴が存在する。これをまとめると、次のようになる。

6.2.1　定額課金

定額課金は一定期間の料金が利用量にかかわらず一定であるが、一般的には接続する回線の太さに応じて料金が異なるので、その意味ではやはり量に対応して課金額が決まっている。これには3つの理由がある。第一に回線が太くなると接続のための機器が高くなる。第二に、太い回線の利用者の方が、幹線の回線容量を始めとしてより多くの資源を利用する。これは、加入市場の価格に、あらかじめ利用に対する評価を含んだものであるといえると考えることができる。第三にプロバイダ–利用者間の接続費をプロバイダが維持している場合に、回線が太いほど費用がかかるので、その費用に対する料金の上昇である。

プロバイダ–利用者間リンクの費用を利用者が負担している場合は、主として第二の理由によって料金が決定される。料金が「公平」であるためには、料金は共通の資源をどの程度利用したかに応じて決められる必要がある。定額課金の場合は、プロバイダ–利用者間リンクの回線容量からバックボーンなどの共通資源をどの程度の量を利用し、どの程度の輻輳を起こすかなどの要素を「予想」し、それに従って課金額が決定されることになる。

定額課金の持つ利点には、次のようなものがある。

- トラフィックの測定費用がかからない
- 利用者にとって料金が予測しやすい
- なるべく多くの利用を助長する

定額課金の難点は、次のようなものである。インターネットの料金は資源の利用に対する対価であり、さまざまな資源の要素によっていくつかの市場が考えられる。その代表的なものは加入市場と利用市場である。加入に対する費用と利用に対する費用は別のものであるにもかかわらず、これらを同じ市場で評価しようとする。

常時大量の利用をすることはないが、必要な時に簡単なアプリケーションを利用したいと考えている人がいるとしよう。この人は加入に対しては低い評価しか下していないが、利用に対しては比較的高い評価を下していることになる。ところが、定額課金の場合には料金は加入に対するものだけしか設定されていないため、費用に応じた料金にならず、交換は少なくなり経済効率は悪くなる。

このような経済的効率に関する評価は、6.1.1でさらに行なっている。

もう一つの大きな難点は、利用者の振舞に対するポリシが全く表現できないということである。あえていえば、定額課金が奨励するインターネット利用ポリシは、「利用者にとってほんのわずかでも利益があるならば、インターネットを利用する」というものである。

このことは、利用に対する料金がないために、実際の利用に対する限界費用を下回るような利用についても、利用者に対して少しでも便益があれば行なうことを意味する。このため、定額課金においては、実際の費用以下の価値しかないトラフィックが多くなる。このために価値の低いトラフィックのために混雑が起こったり、回線を太くする必要が生じ、総費用は大きくなってしまう可能性がある。このことは、むしろ予算が少い互助的な学術・研究ネットワークで問題になるかも知れない。ただし、6.4で述べているとおり、現在の段

階では従量課金と定額課金で総費用や経済効率がどの程度になるかは、その課金体系を実施する前に知ることが出来ない。

6.2.2　従量課金

従量課金とは一定期間利用した量に応じた利用料金を課す課金方式のことである。

加入することに対する基本料金 (加入料金) に加えて利用量に対する料金を課金することが一般的であり、このような加入料金を払うことが利用への条件になるような料金のことを二部料金と呼ぶ。

従量課金には次のような特徴が存在する。

- トラフィックの測定費用が生じる
- 利用に応じて料金が変化する
- 加入市場と利用市場を分けられる
- 加入料金を低く設定できる
- 利用者に対して効率的な振舞いを促せる

従量課金の定額課金に対する利点と欠点は、次のようなものである。費用に応じた価格をつけることで、経済的厚生を増やすことが出来ること。また、利用市場に費用に基づいた適当な価格を設定することによって、価値が費用以下のトラフィックを抑制できること。このことによってネットワークの費用対効果が上昇し、回線の太さなどの資源にかかる費用も適当なものに抑えられる。このことは全体として経済効率が上昇することを意味する。

また、加入市場から利用市場への内部相互補助をやめることで、加入に対する価格を費用に基づいた適当な額に抑えることが出来る。つまり、得なければならない収入が一定であると仮定すると、利用の分だけ料金を取ることによって、加入料金 (基本料金) を定額課金の場合よりも低く押えることが出来る。このことによって、さらに加入を増やすことが出来ると考えられる。

さらに、利用者が費用に基づいて賢明に行動することを奨励することが出来る。

一方、トラフィックの測定を行なわなければならないことから、そのための費用がかかること、また課金をしたために抑制されてしまう利用があるということが欠点として挙げられる。

「利用量」の定義によって、様々な料金体系がありうる。ここでは、次のような料金体系を検討する。

- パケット数に基づく課金
- 時間課金
- TOS に基づく課金

- 優先度に基づく課金
- 距離に基づく課金

これらの課金方法について、その特徴を議論する。それぞれについて利点と欠点について挙げていくが、従量課金に共通の利点、欠点としては次のような物が挙げられる。

パケット数に基づく課金

基本料金 (加入料金) に加えて、パケット数に応じた料金を利用者に課す課金方式である。この応用としてバイト数に基づく課金がある。この課金方式には、次のような利点と欠点がある。

利点 不必要なパケットを出さないというポリシを奨励することが出来る。

欠点 単独では距離やパケットの QOS に対して、より最適な選択を促すような誘因がないため、これらのポリシを実施することは出来ない。

パケット数は必ずしもそれをやりとりするための費用を正確に表すことが出来ないかも知れない。

パケット数に基づく課金を行なうためには、各サイトがやりとりしたパケット数をカウントする必要がある。これは単にパケット数を数えていけばいいので、操作としては単純である。

パケットはその種類によってかなり大きさが異なるため、回線消費量を正確に表現したいとすればバイト数課金の方が望ましいであろう。一方、ルータの CPU 消費を問題にするのであればパケット数の方が望ましい。

時間課金

PPP[2]などを使って間欠接続のサービスを受ける場合にのみ使われる方法で、接続していた時間に応じて課金を行なう方法である。

利点 料金の計算方法が簡明で分かりやすい。計測費用が小さい。

欠点 資源の利用と料金にあまり関連性がないため、社会的経済効率の最大化には向かない。また、幹線をはじめとする資源の利用量ともかならずしも関連がないので、ユーザの賢明な行動への適切なシグナルにはならない。

回線交換と同じように接続時間だけを計測すればよいので、計測にはポートへの接続を見張ればよい。また、他の回線交換サービスを提供している通信事業者に計測と課金を依頼することも出来る。

---

[2] Point-to-Point Protocol。2 点間のポイント–ポイントリンク上で IP を提供するためのプロトコル。ダイアルアップで IP 接続を得る時によく使われる。

TOSに基づく課金、優先度に基づく課金

パケット数に基づく課金のバリエーションで、TOSの指定によってパケット毎の課金を変更する方法である。

利点　不必要なパケットを出すことを抑制できる。適当なTOS、優先度を指定することを奨励する。

欠点　計測費用が高い。

パケット数を数えるだけでなく、パケットのTOSフィールドや優先度フィールドを調べて、それを記録する必要があるため、処理が重い。

これらの課金方式は、いわゆる差別的料金である。差別的料金とは電力会社によってよく実施される課金方式で、料金にいくつかの等級を用意し、それによって扱いを変えるような料金契約のことである。例えば電力会社の場合であれば、等級が低い品目に関しては、電力会社の判断でピークロード時に供給を止めたりすることが出来る。優先度などはあきらかにサービスに対して等級を用意するものであるが、これに対して料金的な差別がなければ、この方法はうまく機能しない。例えば、全てのユーザが最高の優先度を設定するかも知れない。

つまり、TOSや優先度はこれらの料金制度がなければ狙い通りに機能することは期待できない。

距離に基づく課金

パケット数に基づく課金のバリエーションで、なんらかの基準にしたがって計測された「パケットの運ばれた距離」に対して課金を行なう方法である。理想的にはこの距離は、そのパケットを運ぶのにかかった限界費用を正確にあらわすメトリックである。

利点　「パケットの運ばれた距離」がパケットがインターネット転送されることによってかかる費用をよく表すことが出来れば、価格を限界費用にかなりよく近づけることが出来る。そのけっか、社会の経済効率を最大化できる。

欠点　「パケットの運ばれた距離」を計測することが難しい。課金のための費用がかかる。

パケットがインターネットを転送されることによって消費される資源を一つ一つに付いて計測することで、費用を正確に価格に反映させることが出来る。仮に取り引き費用などを考えなければ厚生経済学的には理想的な料金設定が出来る。

これを可能にするアイデアとしては、各ルータが持っている経路制御情報を利用するか、経路情報を交換するようなやり方でインターネット上の費用情報をやりとりして表を作ることがある。

この方法は理想的な方法に見えるが、仮にインターネットの費用を(ありそうもないことだが)完全に正確に表すことが出来たとしても、2つの難点がある。第一は取り引き費用

が大きいことである。料金が細かく動的にかわるので、利用者は常に費用情報を参照して評価しなければならない[3]。第二は、インターネットの状態は動的に変化するので、ある時点での費用についての評価は完全に正しいとは言えないことである。

以上のような理由から、この課金方法は必ずしも期待されるほど適当ではない。

smart market 課金

smart market 課金は、ミシガン大学の経済学者 MacKie-Mason と Varian によって提案された課金方式である [16] [15]。彼らは主に輻輳[4]によって引き起こされる費用の観点からインターネットの課金についての分析を行っている。

インターネットの輻輳時の課金は公衆電話網のピークロード課金に対応するものである。smart market 課金を説明する前に、インターネットの輻輳と費用について議論する。

輻輳と費用

インターネットの会計上の費用のほとんどは固定的費用であり、実際にパケットを転送する際に生じる会計上の費用はほとんど0に近い。つまり、インターネットの費用はパケット一つを配送したからといって新たにいくらかの費用が発生するわけではなく、その時用意されている施設の限界までは、全くサービスをしなくとも、限界近くまでサービスを行ってもかかる費用はほとんど一定である。製品を一つ作る毎に原材料費のかかる製造業などに比べると、これは電気通信産業の大きな特徴であろう[5]。

一方、インターネットの費用の一つに、輻輳による費用がある。輻輳による費用は会計上の費用ではなく経済学的な費用、つまり機会費用[6]である。輻輳による費用はサービスプロバイダによって払われているのではなく、利用者によって払われている。利用者が輻輳によって待たされている時間がこの費用にあたる。

現在のインターネットは事実上 FCFS(First Come First Serve) であり、単純に最初に来たパケットから来た順番に処理するだけである。IP のプロトコルの規定上は IP ヘッダの PRECEDENCE フィールドでパケットの優先度を指定することもできるが、通常はあまり使われていない。このため、この費用は例えば輻輳している回線上でたくさんのパケットを出している利用者が多く払うというわけではなく、同じ回線を利用している全ての利用者が平等に払うことになる。

サービスプロバイダの接続点から利用者までの回線については、もし利用者が末端管理ドメインであれば、そこを行き来するパケットは必ずその利用者にかかわるものである。従って、その回線において起こった輻輳に関しては引き起こした責任は利用者にあり、その利用者が輻輳にともなう費用を支払うのは納得できることであろう。

---

[3] このような評価は計算機にやらせようという意見もある [15]。

[4] ネットワークが混雑している状態で、パケットの配送が遅れたり、パケットが失われたりする。

[5] 鉄道業などもこれと非常に似た性質を持っている [1]。

[6] 機会費用とは、「ある行為によって失った収入を得る機会 (複数の機会がありうる) のうち、最大収入を生み出す機会からの収入」を意味する [2]。

しかし、サービスプロバイダ内部の幹線やサービスプロバイダ間の回線などについては、利用者が一定の回線容量を「奪いあう」ことになる。この場合、発生した費用を支払うのが必ずしも費用を発生させた者でない場合が出て来る。従って、幹線など共用する回線資源を利用する場合は、輻輳時にはそれに見合った適当な課金をすることが望ましい。一方、輻輳していない場合にはパケットの限界費用は 0 に近いので、課金額を非常に小さいか 0 にすべきである。

smart market 課金の方式

この問題を解決する課金の算出方法として、彼らは smart market 方式を提案した。smart market 課金では、利用者が各パケットに”bid” を設定する。これは利用者がそのパケットに払ってもいいと考えている最大の料金を表す。

図 6.3は、smart market 課金での課金額決定の方式を表す図である。

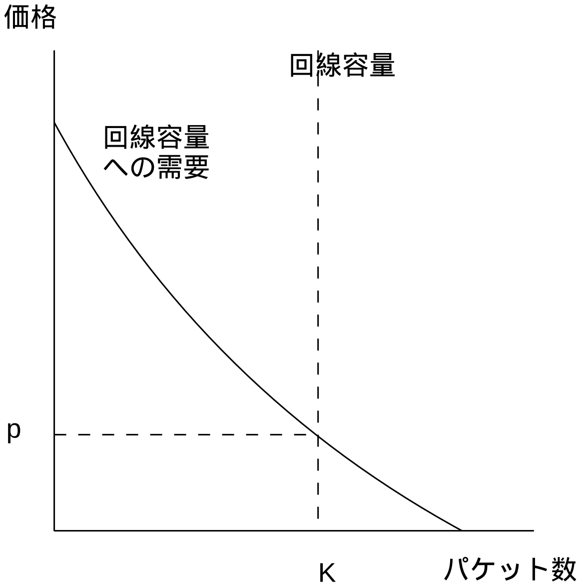

図 6.3: smart market 課金での料金決定

回線容量への需要を表す曲線が、利用者のインターネットのパケット配送サービスに対する評価である。”bid” は、利用者の需要をよく表すように設定されると仮定する (つまり、この需要曲線は、設定された”bid” とそのパケット数を表すグラフだと思ってよい[7]。)。曲線が回線容量を表す垂直の破線と交わった点で、その時点でのパケット配送サービスに対する価格 p が決定する。このとき、仮に”bid” が p 以上であっても、p 以上は課されない。

---

[7] ただし、現実には”bid” は整数値なので、”bid” 対パケット数のグラフは曲線にはならず、需要曲線に近い階段状のグラフになる

もしパケットが p 以上の"bid" を持っていれば、優先的に転送される。これは一種の優先度に基づく課金であるといえるが、実際の課金額がその時の輻輳の度合によって変化するところが異なる。この課金方法では、パケットが実際に受けた便益以上に料金を支払うことはなく、始点は支払わなければならない料金の最高額を予想できる。また、望むならば"bid" を 0 にしておけば、利用量に応じた料金は払う必要がない。

利点 料金の予測が容易である。社会的便益が常に最大化できる。利用者側の取り引き費用が少ない。

欠点 ルータに負担をかける。インターネット全体で同じ課金体系を仮定している。

この課金体系は非常に優れた点が多いが、致命的な欠点が二つある。第一は必ずルータが処理を行なわなければならず、その内容も現在の輻輳状態と回線容量への需要を知り、それにしたがって優先度に基づく経路制御と課金額測定の処理を行なわねばならず、軽い処理とは言えない。

第二はさらに致命的だが、インターネット全体で同じ課金体系を実施していることを仮定している点である。もしこの課金体系がインターネットの一部でのみ実施されても、その他の部分をまたがって配送されたパケットは、設定された"bid" の恩恵を受けることは出来ない。従って社会的厚生は最大化されない。また、この課金体系を実施している範囲にある全てのルータにおいて、この課金のための処理を行なわなければならない。

6.3 越境バイト数に基づく課金

本論文で提案したいのは、費用の階層化と越境バイト数に基づく課金である。この課金方式については、smart market を除く従量課金の各方法に比べると、それらがかなり一般化されたものについて簡単に言及しているのに比べて、かなり細かい所まで述べており、具体的な課金方式例となっている。この課金体系が他の課金体系に比べて望ましいことを説明しながら、同時に実際に課金体系を考えていく上での論点を整理することを目指す。

この方式は、バイト数に基づく課金のバリエーションである。この課金方法は、各サービスプロバイダが、隣接する管理ドメインにパケットを転送すると、そのバイト数に応じて転送先の管理ドメインに課金を行なうというものである。その際の料金は、3.3で述べた費用の構造にしたがって決定する。つまり、接続提供サービスにかかる費用分を基本料金とし、幹線サービスについての費用分を従量課金する。付加的サービスについてはそれぞれのサービスの内容に応じて、別に課金を行なうか、費用を計算した後基本料金に加える。

越境パケット課金では、NTS コストにあたるインターネットの範囲で終始するトラフィックに対しては課金を行なわない。つまり、幹線を使わないトラフィックには従量課金を行なわず、基本料金の範囲で利用できる。そのかわりに、NTS コストは基本料金として利用者全体に分配する。

つまり、近距離の通信であれば基本料金 (加入料金) だけで行なうことが出来るが、境界を越えた長距離の通信では、共用の資源を利用することを根拠に、従量課金が行なわれる。

6.3.1 プロバイダ間の相互接続

この課金体系では、プロバイダ間で相互接続の場合でも、通常の末端管理ドメインである利用者に対する場合と同じように課金してよい。その場合でも全く cream skimming は起きない。

図 3.4を例に取って説明する。幹線サービスを行なっているサービスプロバイダ A が、地域的なサービスを行なおうとするサービスプロバイダ B とが相互接続したとしよう。$NOCA1$ と $NOCB$ とが同じ地域で接続サービスを提供している場合を考える。この場合、$NOCA1$–$NOCB$ 間の接続が十分に太ければ、$a1, a2$ と $b1, b2$ は同程度なサービスを受けることが出来る。しかし、プロバイダ B は $b1, b2$ へのトラフィックを $NOCA1$ から受け取る度に、$a1, a2$ が支払うのと同じだけの料金をサービスプロバイダ A に支払わなければならない。その費用は、最終的には $b1, b2$ への料金に転嫁される。従って、$b1, b2$ の料金は、$NOCB$ の維持費用分だけ $a1, a2$ に比べて高くなる。

cream skimming はあるサービスの持つ効用と料金のずれによってサービスの再販が可能になるが、この課金体系ではそのずれがないために、cream skimming が起こらない。

利点と欠点

この課金方式の利点は、大きく分けて経済効率的な面とポリシ奨励面に分けて考えることが出来る。

経済効率的な面では、cream skimming が起こらないことと、実際の費用に近い課金を行なうことで、社会の総余剰を単純な定額課金の場合よりも大きくできることである。

ポリシ奨励面では、複数の利用者によって共有される資源の消費に対してはパケット数に応じた課金が行なわれるので、他の利用者にとって無駄なパケットの転送を抑制できるということ。また、境界を越えると料金が変わることで、一段階ではあるが距離に対する課金が行なわれることになり、ある程度無駄な長距離利用を抑制する効果がある。

欠点としては、この課金方法では優先度などの正しい指定を促すことが出来ないこと、ピークロードを考慮したより課金よりは経済効率が劣ることが挙げられる。

測定のためには、各層の境界にそれぞれ一つのメータがあれば良い。一旦そのメータで収集された情報を分離して、それぞれの利用者にトラフィック量に応じた課金を行なう。

6.4 定量的な予測の困難さ

これまでの料金体系についての議論は全て定性的なものであった。経済学の理論上は、ある課金体系を導入した際に、他の課金体系と比べてどの程度経済的効率が向上するかを測定することは出来るが、そのためにはいくつかの基礎的な情報が必要となる。

例えば、現在定額課金を実施しているサービスプロバイダに、従量課金を導入するとどのような変化が起こるか予測することを考えてみよう。

条件を減らすために、次のような仮定を置くことにする。

- 収入は費用に一致する

- 従量課金の各市場の料金は限界費用に一致する
- 輻輳は起こらない
- 限界費用は消費量にかかわらず一定

収入が費用に一致する場合は、従量課金を実施した場合そこで得られた収入分だけ、加入料金が下がる。そのため、正当な評価を行なうためには、加入市場と利用市場の両方を一度に評価する必要がある。

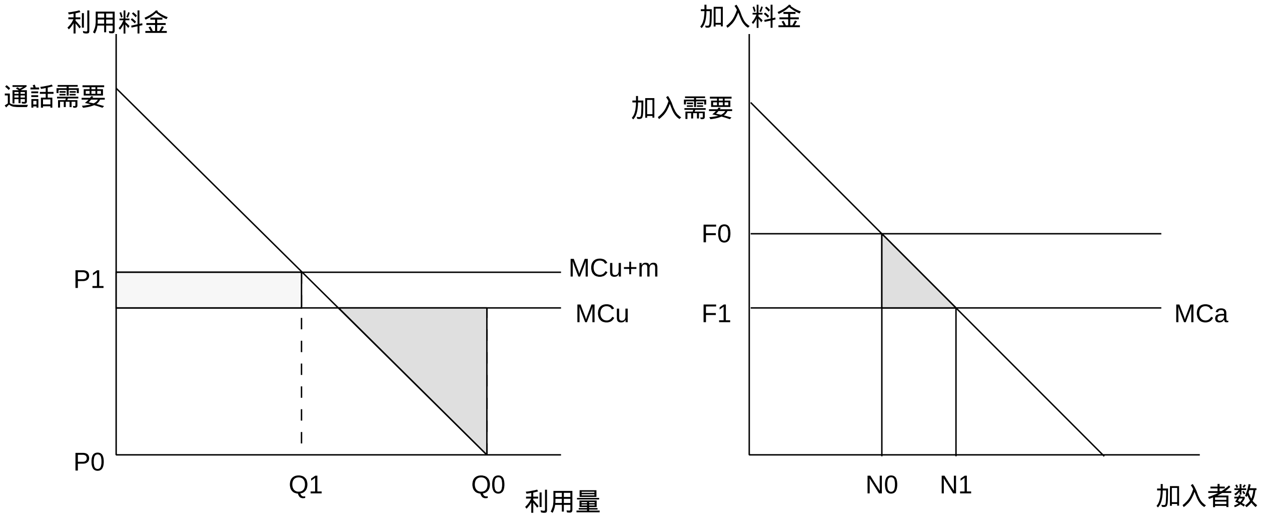

図 6.4: 二つの市場を考慮した課金体系の評価

図 6.4は、二つの市場を評価するためのグラフである。右が利用市場、左が加入市場をあらわし、$P0, Q0, F0, N0$ がそれぞれ定額課金時の利用料金、利用量、加入料金、加入量である。また、同様に $P1, Q1, F1, N1$ がそれぞれ従量課金時の利用料金、利用量、加入料金、加入量である。利用料金を設定し、利用料金が $P0$ から $P1$ に変化すると、収入の制約下ではそこから得られた収入分 (MCu と $Q1$、二つの軸で囲まれた部分) だけ、加入料金を下げることが出来る ($F0$ と $F1$、料金軸と $N0$ で囲まれた部分)。このことによって、費用と料金がずれていたことによって起こっていた不経済 (斜線で塗りつぶされた部分) を取り戻すことができ、また測定によって起こる費用分だけの費用が新たにかかる (点々で塗りつぶされた部分)。

つまり、斜線で塗りつぶされた面積の合計から、点々で塗りつぶされた部分の面積を引いて正であれば従量課金を導入したほうがよく、負であれば定額課金の方がよい。

実際には、図 6.5のような変化が起こる。この図では、限界費用の上下を考慮している。

フィードバックがかかる関係であり、どこか適当な値で安定することが期待される。どの場所で安定するかを知るためには、利用料金から利用量、加入料金から加入者数へのフィー

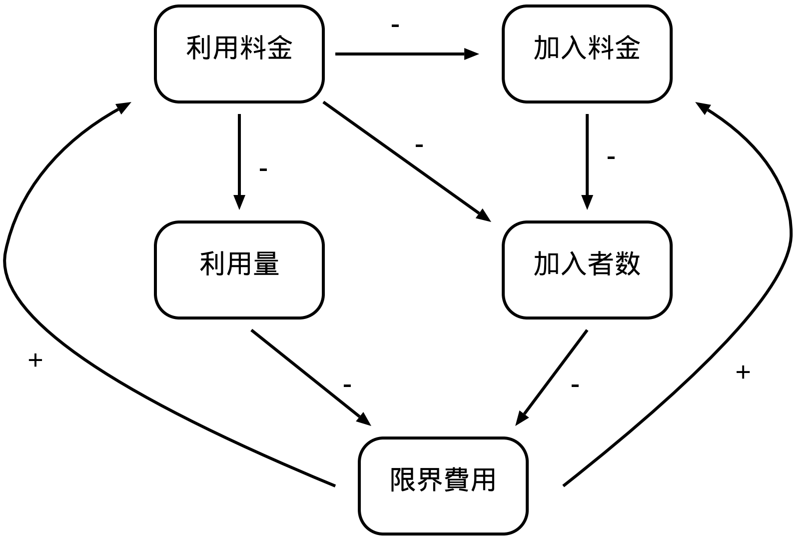

図 6.5: 各要素の関連図

ドバックの程度を知るために、最低限二つの市場の需要曲線を知る必要がある。しかし、現段階ではこのような資料は存在していないために、どの値で安定するかを知ることは出来ず、どのような価格と利用状況で安定するかを予測することは出来ない。またそのため、経済効率を定量的に評価することも出来ない。

　このような資料は、課金体系を変化させた場合の結果の予測には不可欠である。今後このような資料をそろえていくための実証的な研究が待たれる。

第 7 章

WIDE インターネットに基づく試算

これまでの分析は全て定性的なものであり、ある課金体系を採用するとどの程度の課金額となるのか、あるいは課金体系によってどの程度の差がでるのかについては全く述べて来なかった。本章の目的は、この種類の情報を提供するとともに、定額課金がどの程度利用量に応じた課金から乖離しているかを調べることである。

6.4で述べた通り、課金体系が異なると、トラフィックの量も加入者の数も、総費用も異なってきてしまう。従って、本章で示すのは、「ある課金体系を採用した場合にはどのような利用状況と課金額になるか」という予測ではなく、「現在のような状況にある課金体系を適用するとどの程度の課金額になるか」ということを示すに過ぎないことに注意しなければならない。予測を行なうためには、各サービス市場における需要曲線をある程度知る必要がある。

7.1 WIDE インターネットを選択した意図

WIDE インターネットを試算のための基盤として選択したのは、WIDE プロジェクトのご厚意により、以下のような条件を得ることが出来たためである。

- 詳しいトポロジや回線の状況などの資料が揃っている
- トラフィックの統計情報を利用することが出来る

あるサービスプロバイダのモデルを設定して理論的に試算を行なうことも不可能ではなかったが、各組織が実際に発生するトラフィックの量の仮定や、実際にそのような理論上のサービスプロバイダが実際に運用して問題のないものであるかどうかは決して知ることが出来ない。そういう意味で、得られた結果が意味のあるものであるかどうかを検証することが出来ないために、実際の状況に基づいた試算をすることを選んだ。

WIDE インターネットは研究用のネットワークであり、決して経済的に適当な資源配分になっているわけではなく、また各組織は商用インターネットプロバイダに対するようには料金を支払っているわけではないということで、ある課金方式を当てはめて料金を試算

するのに適さない条件も持っていることは確かである。このため、この試算は決して経済的に効率的な条件にしたがっているわけではなく、また、条件もある程度特殊であるということを忘れてはならない。

7.2 試算の前提

本試算では、1995 年 1 月時点での WIDE インターネットのトポロジおよび利用状況に対して定額課金方式と越境バイト数による課金方式を適用すると、どのような課金額になるのかを計算する。

試算の基礎となるトポロジは、図 7.1のようなものである[1]。

WIDE インターネットを維持するための費用として、次のようなものを計算に加えた。

- 回線費用

  WIDE インターネットのトポロジから算出。NTT のデジタル専用線の回線料金を使って試算を行なった。距離は NTT の回線距離の計算方法にしたがって算出した。

  ただし、海外線に関しては月額 1200 万円として計算した。

- 人件費

  各 NOC に 1 人のオペレータを配置、各人の年収が 600 万円であるとして計算。

- NOC の機材

  1 ポートあたり 50 万円、減価償却は 5 年であるとして計算。

トラフィックについては、WIDE プロジェクトの STAT WG で計測した数値を利用した。算出方法は次のとおりである。

- 終点課金を基本とするため、WIDE 参加組織を終点とするトラフィックだけを集計した。
- パケット一つにつき、一度だけをトラフィックとして集計した。WIDE インターネットの幹線内で複数 hop したものについては、このうち一つだけを計上した。
- 統計を取っていない幹線については、その利用率を 40 他の幹線の幹線の利用状況から、その幹線での利用状況を推測した。
- 国内幹線は地域 TS コスト、海外線は長距離 TS コストであると考え、それぞれ別に計上した。

---

[1] 加藤朗氏による WIDE インターネット接続図 [1994.12]

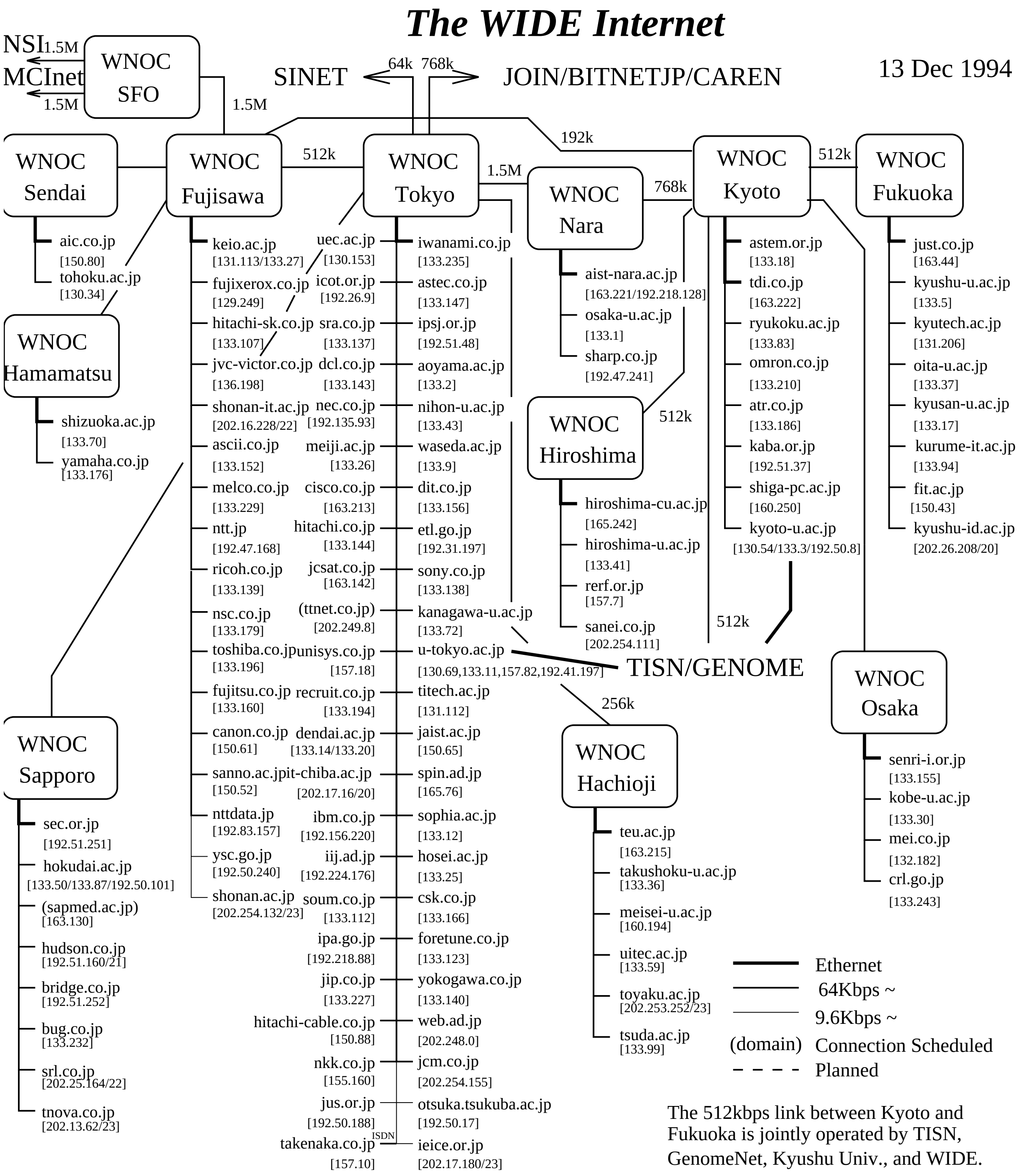

図 7.1: 試算に利用したトポロジ

表 7.1: 各レベルのコスト

コストのレベル	設備費用	人件費	総費用
NTS コスト	1430 万円	314 万円	1744 万円
地域 TS コスト	947 万円	236 万円	1183 万円
長距離 TS コスト	1200 万円	0 円	1200 万円
総費用	3577 万円	550 万円	4127 万円

表 7.2: 定額課金の場合の課金額の分布

課金額	20 万–30 万	–40 万	–50 万	–60 万	–100 万	–150 万	それ以上
組織数	61	0	11	9	5	14	1

人件費は NTS コストと地域 TS コストの共通費として扱った。経済学は伝統的に厚生経済学的に最適の配分が可能であるラムゼイ価格を支持しているが、残念ながら各市場の価格弾性値が分からないので、今回はラムゼイ価格による共通費の配分をあきらめ、それぞれのサービスの規模の大きさによって共通費を配分した。ここでは、規模の大きさは、回線費用の大きさに比例すると見做した。

この計算の結果、長距離 TS コスト、地域 TS コスト、NTS コストはそれぞれ表 7.1ようになった。

NTS コストについては、距離を考慮せずに回線の太さによってその費用を割り振った。その割合については、NTT の専用回線の太さによる割合に基づいた。ethernet 接続を行なっている所に関しては、費用を割り振らなかった。

定額課金と越境バイト数課金について計算を行なったが、定額課金では、TS コストについても NTS コストと同じように、接続の専用線の太さに応じて費用を割り振った。ただし、ethernet 接続については、便宜上 1.5Mbps の接続と同じだけの資源を消費すると見做し、費用を配分した。

越境バイト数課金では、各参加組織の NTS コストに、幹線、海外線の費用をその利用量に応じて割り振った。計算の結果、国内の幹線利用に関しては 1K バイトあたり約 0.04 円、海外線に関しては約 0.15 円となっており、著しく費用が異なることから、会計を分けるべきことが分かる。

この結果、参加組織に対する課金額の分布は、図 7.2、図 7.3のようになった。

この結果をみる限り、従量課金の方が課金額の総額が安くなる組織が非常に多く、また、課金額の分布も一様であることが分かる。課金額の分布が一様であることは、市場の選択の幅が広がることにも繋がる。

越境バイト数課金による課金額は、定額課金などに較べるとかなり実際の費用に近い課金額を算出していると考えられる。そこで、越境バイト数課金を仮に実際にかかった費用

表7.3: 越境バイト数課金の場合の課金額の分布

課金額	−10万	−15万	−20万	−25万	−30万	−35万	−40万	−50万	−70万	それ以上
参加組織	5	31	16	13	5	5	5	6	9	11

をかなり正確に近似しているものであると仮定し、定額課金と較べることで、定額課金がどの程度実際の費用から離れた課金額になっているかを調べてみることにする。

各組織の従量課金の場合の課金額と越境バイト数課金の場合の課金額を軸に取ってプロットしたのが図7.2である。

図7.2の斜めに入っている直線が二つの課金体系の課金額が同じ所を示している。この図をみると、かなりのずれがあることが伺える。直線の左側にあるのが、定額課金よりも越境バイト数課金の方が低い参加組織の場合である。

仮に定額課金が充分に実際にかかった費用を反映した課金体系であるとすれば、7.2における点は斜めに引いてある直線に近いところに来るはずである。

越境バイト数課金は限界費用をあらわしているわけではないが、定額課金よりははるかに限界費用に近いはずである。これをみても、定額課金の課金額はかなり限界費用から乖離していることが見て取れる。

一方、この試算には、従量課金に必要な費用額が算入されていないことに注意しなければならない。また、どちらの課金体系にしても、広域サービスを提供するサービスプロバイダに最低限必要な費用しか計上していないため、実際の課金額はこれよりも高くなることは確実であろう。

繰り返しになるが、これらの課金体系を実施した場合には、各利用者の振るまいが変わって来るために、料金水準もこれとは変わってきてしまう。この情報はあくまで参考程度にとどめておくべきであろう。

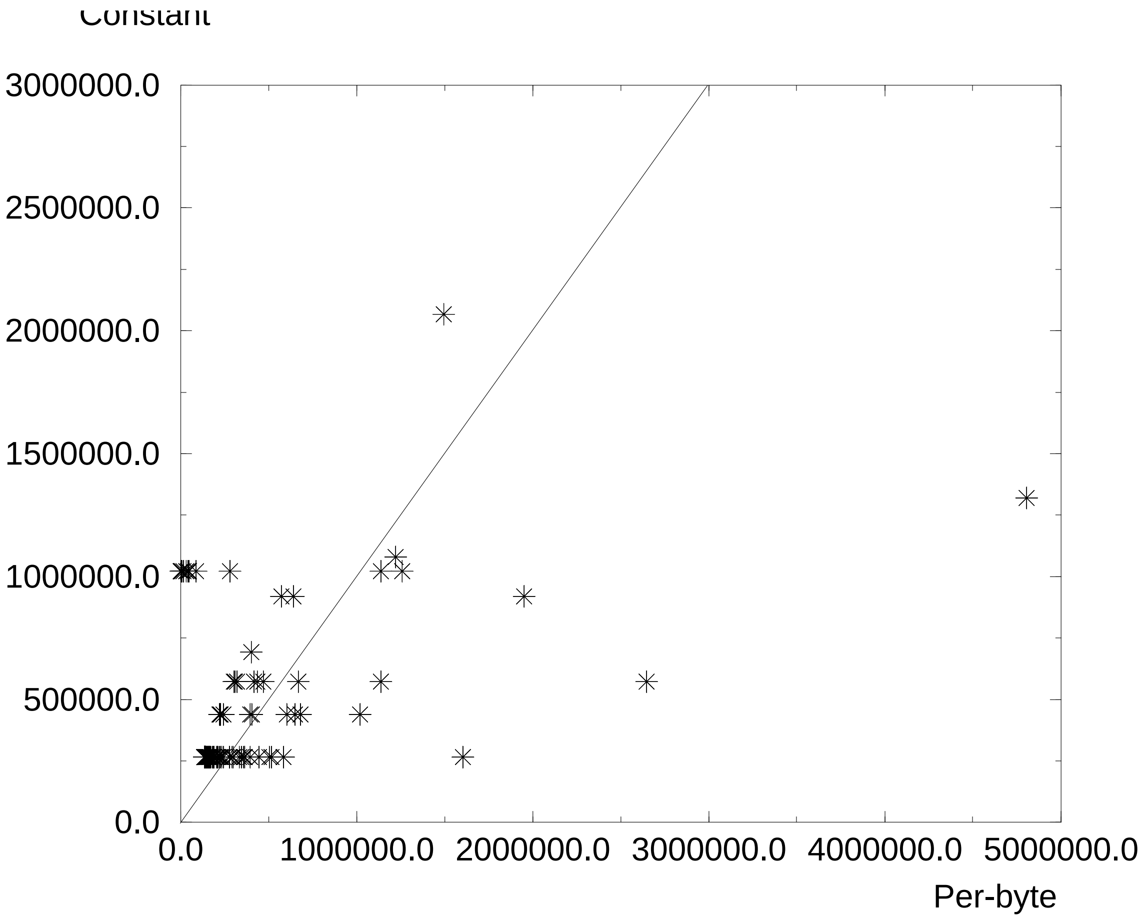

図 7.2: 二つの課金体系の課金額の関係

第 8 章

まとめ

本論文では、現在の定額課金に対する問題を指摘し、それを解決する課金体系としての従量課金と、そのあり方についての議論を行なってきた。定額課金のもつ問題点とは、次のようなものである。

- 限界費用からの乖離による非経済性
- ポリシの実現が不可能であること

これらが解決されれば、全体として加入者、インターネットの効率的な利用は増加し、経済的厚生が増加する。また、利用者に効率的な利用を促せるようになったり、非効率的な実装を排除したりする誘因を与える。

このどちらもが、本質的に利用者の非効率的な利用に対して、なんらかのシグナルを送る機構がないことに起因している。本論文では伝統的な経済学の考え方として、サービスに対する価格をシグナルとして、全体の効率性を上げることは出来ないかという問題意識で、従量課金について考察を行なってきた。

本論文では、従量課金をインターネットに適用するにはいくつかの問題点があるものの、基本的には本質的な問題は抱えていないことを示した。また、上のような役割を果たす「良い」従量課金体系を実施するためには、その課金体系はインターネットの費用構造に基づいていなければならないことを示し、そのような課金体系の一つとして越境バイト数に基づく課金方式を提案した。

最後に WIDE インターネットを例に取り、定額課金と本論文で提案した越境バイト数に基づく課金体系を適用して、現在の利用状況ならばどの程度の課金額になるかその大まかな値を示し、定額課金による課金額が実際の費用からはかなり隔たっていることを示した。

8.1 今後の課題

本文中でも述べたが、現在は新しい課金体系を実施した時にどのような変化が起こるかを経済学的に分析するための資料が全く存在していない。そのために、本論文でも定量的な課金体系の優劣の比較は行なうことが出来なかった。

特に、インターネット利用に対する需要曲線、価格弾力性の測定が行なわれるべきであろう。これには、ニュージーランドや、オーストラリアの従量課金の例がある程度参考になるかも知れない。実際に従量課金が行なわれている所は少いながらも存在するので、それらを例に取った測定、問題点の確認などを進めていく必要がある。

さらに、これらの課金体系は、これからのインターネットがどのように利用されていくべきかという政策的な側面を考慮して定められなければならない。これからインターネットが重要な社会的役割を果していくことが予想されるため、このことは今のうちに考えていく必要がある。

例えば、今回の試算では足周り料金と言うべき接続点–利用者間の回線をサービスプロバイダ側の負担とし、距離によって変わらない料金を設定するということを仮定したが、これなどはユニバーサルサービス的な意図を含んだ料金設定と言うことができる。このように、どのような利用が促進されるべきかをあらかじめ政策として論じておき、それにふさわしい料金体系を考えていくという順序で望むべきであろう。

謝辞

常に熱心に指導して頂いた慶應大学環境情報学部の徳田英幸博士、慣れない分野を手探りで研究を進めていた筆者を、豊かな経験によって導いて頂いた同村井純博士に感謝致します。特に村井博士には最近の市場の状況や過去での貴重な事例を教えて頂くなど、並々ならぬご教授を頂きました。

試算に必要な情報について、WIDE プロジェクトの尾上祐子氏、木幡康弘氏、石田慶樹氏に助言を頂きました。また、WIDE プロジェクト STAT WG の方々のおかげで試算が可能になりました。慶應義塾大学の中村修博士、楠本博之博士、慶應義塾大学政策メディア研究科の重近範行氏に、試算に関する方針について助言を頂きました。ニュージーランドの状況について Simon Lyall 氏に情報を頂きました。この場で感謝致します。

また、研究を進めていく間様々な助力、励ましを頂いた慶應大学徳田・村井研究室の諸氏、および FIS ワーキンググループの皆様に感謝致します。

参考文献

[1] 岡野行秀編, 『入門経済学 7 : 交通の経済学』, 有斐閣選書, 1992.

[2] 西村和雄著, 『ミクロ経済学入門』, 岩波書店,1990.

[3] 林紘一郎・田川義博, 『ユニバーサル・サービス』, 中央公論社,1994.

[4] 林 敏彦編, 需要と供給の世界 (改定版)』, 日本評論社,1991.

[5] WIDE プロジェクト, 『1993 年度 WIDE プロジェクト研究報告書』, 1994.

[6] 林紘一郎, 『ネットワーキングの経済学』,NTT 出版,1992.

[7] 醍醐聡編著, 電気通信の料金と会計』, 税務経理協会,1994.

[8] 奥野正寛・鈴村興太郎・南部鶴彦編, 『日本の電気通信– 競争と規制の経済学』, 日本経済新聞社,1993.

[9] B. M. Mitchel and Ingo Vogelsang,*TELECOMMUNICATIONS PRICING*[1991], 桑原秀史・直江重彦・山内弘隆監訳, 電気通信の経済学』, 文眞堂,1995.

[10] John T.Wenders,*The Economics Of Telecommunications[1986]*, 井手秀樹監訳, 電気通信の経済学』,NTT 出版, 1989.

[11] Douglas Comer,*Internetworking with TCP/IP – VolumeI : Principles,Protocols,and Architecture,Second Edition*[1991]、村井純・楠本博行監訳, 『TCP/IP によるネットワーク構築』, 共立出版,1991.

[12] Mills,C ,Hirsh,D and Ruth,G:*Internet Accounting:Background*,RFC 1272,November 1991.

[13] Nevil Brownlee, *New Zealand Experiences with Network Traffic Charging*, 1994.

[14] Deborah Estrin and Lixia Zhang, *Design Considerations for Usage Accounting and Feedback in Internetworks*, Computer Communications Review ACM, Oct 1990.

[15] Jeff MacKie-Mason and Hal Varian, *economic FAQs about the Internet*, 1994, http://gopher.econ.lsa.umich.edu/FAQs/FAQs.html.

[16] Jeff MacKie-Mason and Hal Varian, *Some Economics of the Internet*, 1994, ftp://gopher.econ.lsa.umich.edu/pub/Papers/Pricing_the_Internet.ps.Z.

[17] Alok Gupta, Dale O. Stahl, and Andrew Winston, *Managing the Internet as an Economic System*, 1994, http://cism.bus.utexas.edu/ravi/pricing.ps.Z.

[18] Nevil Brownlee, *Accounting Requirements for IPng*, RFC 1672, 1994.

[19] White House, *The National Information Infrastructure: Agenda for Action*, 1993.