

## サービストラフィックモデルに基づく社会ネットワーク構築の 技術アセスメント

高橋卓也† 中村太一‡ 斎藤梅朗†

†会津大学大学院コンピュータ理工学研究科コンピュータシステム学専攻

‡ソニーシステムデザイン (株)

†E-mail:{m5031216,s-saito}@u-aizu.ac.jp

‡E-mail:ta-naka@ssd.sony.co.jp

本研究は、地域社会の情報通信のニーズやサービス内容から社会、地域ネットワークを設計するための技術評価を事前に行う設計法を提案する。この設計方法には、各地域の総人口、就業者人口、産業構成などの各地域の特色を表す社会経済指標を用いた。社会ネットワークは、ある地域を網羅するネットワークであって、その利用目的、サービス種別、情報の流通形態など企業ネットワークに比べてはるかに複雑で多様である。最近の社会情報化の進展は、地域の情報通信をカバーする県域ネットワークや複数のISPを相互接続IXで設置することでバックボーンネットワークを形成しようとする動きがある。そこでまず、社会経済指標と代表的な情報通信である電話発信回数との関係を導き出し、次に電話発信回数とネットワークサービス要求回数との関係を導き出す。そして、社会経済指標からサービス要求回数を予測する。その予測されたサービス要求に伴うトラフィックを、ネットワークシミュレーションによって計測、分析を行った。更に、これを適用した設計例を示す。

### A Technological Assessment for Design of Social Network based on the Service Traffic Model

Takuya Takahashi† Taichi Nakamura‡ Senro Saito†

†Department of Computer Systems, Graduate School of Computer Science and Engineering,  
University of Aizu

‡Sony Systems Design Corporation

Our research proposes the design method that technically evaluates to design a society, regional network before hand, from needs and services of information communication in a regional society. This design method uses social economic indexes that show a total population, the population of the starting work person of various places, and traits of various places of an industrial composition etc. A social network is a network where a certain region is covered, and usage purposes, types of services, circulatory forms of information etc of a social network is far more complex compared with enterprise networks. Recently, progress of information society installs connection-IX in ISP network (Internet Service Provider) to construct a backbone network. First, our research analyzes a relation between social economic indexes and number of telephone dispatches which is a typical information communication service, then reaches a relation between number of telephone dispatches and number of network service request. Our research predicted number of network service request from social economic indexes. The traffic with predicted service request is measured and analyzed by network simulation. In addition, this research shows an example of design designed this method.

## 1 はじめに

現在、遠隔医療、遠隔教育などのさまざまな目的のための地域ネットワークの必要性が認識されている。しかし、地域ネットワークのための設計方法がない。なせなら、地域ネットワークに影響を与える要素のほとんどが未知だからである。つまり、どのような技術によってネットワークの回線容量、接続方法、耐用年数を決定して良いのか分からない。地域には企業や組織と違って、事業内容、社員数などといった概念は存在せず、使用者の年齢層、使用目的もさまざまである。

この問題を解決するために、新しい設計方法を提案する。地域における情報通信のニーズはその地域の社会経済活動に現れていると仮定する。従って、数多くある社会経済指標の中から、ネットワークの設計に影響を及ぼす指標を選び出す。選択された社会経済指標から各地域でのサービス要求回数を予測するためのモデルを作る。そして、予測モデルを用いて、サービスによって発生するサービス量をモデルネットワークに適用した結果を分析する。

## 2 社会動向と情報通信サービス

企業、組織を対象とするネットワーク設計では、適用対象の情報サービスのトラフィックは、実測データと需要予測データから推定できる。しかし、社会ネットワークではどちらも入手することは不可能である。従って、何らかの手法を用いてトラフィックを予測する必要がある。そこで第一仮説として、ある地域の情報通信需要は、その地域の社会経済活動と深い関係があると考えられる。これを検証するため、現在、地域社会において代表的な情報通信サービスである電話サービスと社会経済指標について調査を行った。その結果、両者には強い相関があることが確認された。

### 2.1 設計法

現在実際に提供されているデータ通信サービスと電話サービス、社会経済指標の関係について分析しようと試みたが、公開されているデータが極めて少ないため十分に分析することが出来ない。

そこで第二仮説で、電話発信回数と電話通話時間の関係は、ネットワークサービス要求回数とトラフィック量と相似関係であると考えられる。少ないながら電話発信回数とトラフィック量とは相関があることが確認されている[6]。これらの仮説のもとでは、サービストラフィック  $N_s$  はサービストラフィック予測関数  $\Omega$  で表すことができる。

$$N_s = \Omega(I_{se}, T_c, K_s) \dots \dots (1)$$

ここでは  $I_{se}$  は社会経済指標、 $T_c$  は電話発信回数、 $K_s$  はサービス種別である。 $N_s$  は、ネットワークサービスの種類、品質によってネットワークトラフィックを決定するモデルである。地域社会のアクティビティーを反映したネットワークの設計手順を図1に示す。第一段階は、社会経済指標の中で電話発信回数の実測データと関係のある指標を選択してサービス要求量とサービス種別を決定する工程である。第二段階は、サービス要求回数とサービス種別からサービストラフィックモデルを構築する工程である。最後に、設計対象である地域社会の社会経済指標からトラフィック量を決定し、シミュレーションモデルで評価、検証する。この手順では、実施モデルを調査分析して適切な代替案を提案できることが特徴である。

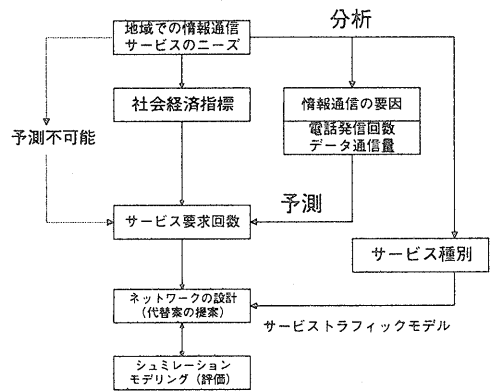


図1: 地域ネットワーク設計手順

### 2.2 社会経済指標とサービス要求量

社会経済指標とは、総人口、就業者人口、産業構成、歳出総額、地方税収入額など地域の特色を表すものである。この資料は全国を市町村単位に区切り、それぞれの市町村は75個の指標を持つ。この75個の指標の中で、どの指標

が電話発信回数に影響を与えているかを見極める必要がある。

民力総合指数という指標は、人口、世帯数など 10 個の指標の総合値であるため、まずこの指標と電話発信回数との相関が 0.95 以上になるように、民力総合指数(x1)(人口、世帯数、課税対象所得額、工業製品年間出荷額等、就業者総数、農業粗生産額、小売業商店年間販売額、預貯金残高、自動車総保有台数、テレビ契約数、人口密度(x29)、人口集中地区人口比(x33)、商店年間販売額(x59)、新着工住宅戸数(x75)の 5 つを選定した。また電話発信については、電話料金単一地区によって区切られた MA という単位を用いる。そして 5 つの指標と電話発信回数とで重回帰分析を行った。この時、電話発信回数が年間 10 億回以上の MA は特殊なため、あらかじめ除外し、そして表 1 の結果を得た。(1)の  $T_e$  はこの係数をもつ 1 次式で表せる。

	偏回帰係数
X1 (民力総合指数)	3383.538
X29 (人口密度)	48.78756
X33 (人口集中地区人口比)	3557.681
X59 (商店年間販売額)	0.2372346
X75 (親設着工住宅戸数)	78.61831
定数項	-2730.215

表 1: 偏回帰係数

情報サービスを構成するサービス種別は地域によって異なるはずである。従って、(1)式の  $K_s$  はやはり社会経済指標から予測されるべきである。しかし、現状では分析データの入手が困難である。そこで、以降のシミュレーションモデルでは、いくつかの代表的なサービスに対し典型的なサービス配分を決めた。その結果として、サービス要求回数は変化しないが、トラフィック量は各サービス配分の組み合わせによって変化することが想定される。

### 3 シミュレーションモデルの設計

#### 3.1 モデルネットワークの定義

サービス要求回数は社会経済指標から求めることが出来たので、次にそのような要求が発生するトラフィック量をシミュレーションを用いて測定する。モデルネットワークは、アクセス

ネットワークとバックボーンネットワークの 2 層構造を想定する。福島県を例にとり、県内を 7 つのアクセスネットワークに分ける (図 2)。それぞれのアクセスネットワークは、バックボーンネットワークによって接続されている。各アクセスネットワークには複数のエリアが存在して、その各エリア中にサービスを要求するクライアントと、その要求によってサービスを提供するサーバーが存在する。あるアクセスネットワークのクライアントが、他のアクセスネットワークのサーバーに対して、ネットワークサービスを要求して、サーバーからクライアントにサービスが提供された時にはじめてバックボーンネットワークトラフィックが発生する。バックボーンネットワーク及び、クライアントからはトラフィックは発生しないものとする。

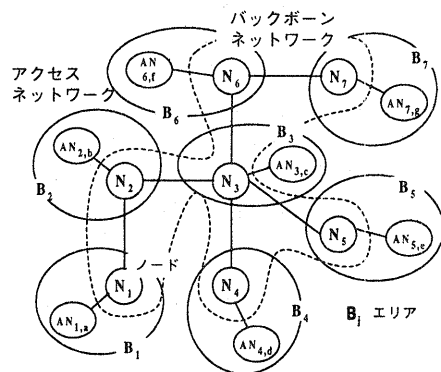


図 2: 地域ネットワークの基本構成

#### 3.2 サービストラフィックモデル

アクセスネットワークには  $n$  サービスを提供するサーバーと  $n$  サービスを利用するクライアントが複数あり、それらのトラフィックは AS 内に留まらずバックボーンネットワークにも流入する。サービストラフィックモデルはクライアントサーバー間のサービス要求-サービス提供関係に注目し図 3 のように表す。バックボーンネットワーク  $B_i$  と収容されているアクセスネットワーク  $A_{ij}$  間のトラフィックは、 $A_{ij}$  から  $B_i$  へのトラフィックを  $T_{in}(i)$ 、 $B_i$  から  $A_{ij}$  へのトラフィックを  $T_{out}(i)$  としてそれぞれ次式で与える。

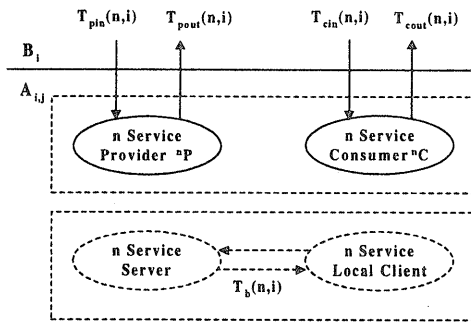


図3: サービストラフィックモデル

$$T_{in}(i, j) = \sum_{n=1}^N T_{out}(n, i, j)$$

$$T_{out}(i, j) = \sum_{n=1}^N T_{in}(n, i, j)$$

ただし、 $n$ はサービス、 $N$ はサービス数である。 $N$ はサービス数である。 $T_{in}(n,i,j)$ 、 $T_{out}(n,i,j)$ はそれぞれ $A_{i,j}$ の $n$ サービスに関するトラフィックで、 $n$ サービスプロバイダー/コンシューマのトラフィックによって以下のように定義する。

$$T_{in}(n, i, j) = T_{pin}(n, i, j) + T_{cin}(n, i, j)$$

$$T_{out}(n, i, j) = T_{pout}(n, i, j) + T_{cout}(n, i, j)$$

$T_{in}(n,i,j)$ 、 $T_{out}(n,i,j)$ はバックボーンノード $B_i$ 下のアクセスネットワーク $A_{i,j}$ にある全てのサービスプロバイダー $nP$ 、コンシューマ $nC$ のトラフィックのそれぞれの合計で表せる。

#### 4 サービスモデル

ネットワークサービスとして、WWW、Ftp、Mailを取り上げた。これらそれぞれのサービスによって、そのサービスが提供されるときに発生するトラフィック量、処理数、処理時間が異なる。そのため、まず各サービスのクライアントとサーバーの関係が分析した。図4はクライアントサーバー間のトラフィックとサービス要求との関係を分析し、サービストラフィックモデルに適用する具体的なパラメータを知るためのモデルネットワークである。このモデルをサ

ービスごとに動作させてシミュレーション結果を表2(a),(b),(c)に得た。また、(d)はサービス要求の70%がWWW、20%がFtp、10%がMailの場合の結果を示す。表において、Thinking Timeはクライアントがサービス要求を出す時間間隔、Trans/d, Tran/sはそれぞれ1日あたり、1秒あたりのトランザクション数、ratioは総サービス要求に対するこのサービス割合である。

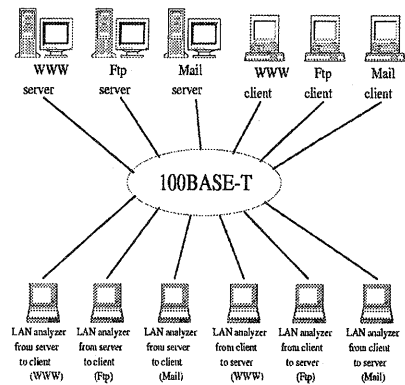


図4: ネットワークサービストラフィックの分析用モデル

WWWは、TCPセッションがオブジェクトのアクセスごとに、幾つかのデータパケットを伝送するモデルである。セグメントの平均長が3kbyte、最短0.3kbyte、最長10kbyteの場合、表2-(a)に示すようにサーバーあたり、一日に30万回のアクセスがあるサイトでは、平均0.25秒間隔でトランザクションが発生していることが分かる。Ftpの通信は、信頼性の高いファイル転送を実現するため2つのTCPコネクションを使用し、制御パケットとデータパケットを別々に転送するモデルである。転送するファイルのサイズが平均長300kbyte、最短150kbyte、最長450kbyteの場合を表2-(b)に示す。MailはTCPセッションの中でエンベロープに含まれるオブジェクトをデータパケットで伝送するモデルである。セグメントの平均長が1kbyte、最短0.5kbyte、最長1.5kbyteの結果を表2-(c)に示す。

各サービスの比率が分かれば、表1からの重回帰式の結果得られたサービス量を、表2-(a)、2-(b)、2-(c)のトランザクション量と一致するサ

ービスの組み合わせを決定できる。アクセスネットワークを設計する場合、トランザクションを発生するためにThinking timeをモデルのパラメータに指定する。

Thinking Time(s)	Bytes/s	Tran/d	Tran/s	ratio(%)
0.20	12762.15	345600	4.00	80
0.25	10006.29	302400	3.50	70
0.30	8955.41	259200	3.00	60
0.35	7294.17	216000	2.50	50

表2-(a): WWWトラフィック

Thinking Time(s)	Bytes/s	Tran/d	Tran/s	ratio(%)
0.62	543776.1	138240	1.60	30
0.84	275711.4	86400	1.00	20
1.70	160356.5	43200	0.50	10

表2-(b): Ftpトラフィック

Thinking Time(s)	Bytes/s	Tran/d	Tran/s	ratio(%)
3.00	360	43200	0.50	10

表2-(c): Mailトラフィック

	WWW	Ftp	Mail	Total
Tjinking Time	0.25	0.84	3	
Bytes/s	10006.29	275711.4	360	286077.7
Tran/d	302400	86400	43200	432000
Tran/s	3.5	1	0.5	5
ratio(%)	70	20	10	100

表2-(d): 混合サービスの全トラフィックの例

サービスモデルの分析の結果と適用する地域の社会経済指標値から設計されたアクセスネットワークの例を図5に示す。この例はアクセスネットワーク中に市町村ネットワークが複数あり、それぞれにサーバー/クライアントを配置する。アクセスネットワークが発生するトラフィックは、対地別電話発信回数を分析して得られたトラフィック配分マトリックスによってアクセスネットワーク内及びバックボーンネットワークのトラフィックに分配される。

## 6 適用例

福島県の7つの生活圏をカバーする県域ネットワーク構築を例にネットワーク技術アセスメントを紹介する。福島県の地勢的条件からバックボーンネットワークの構成は図6とする。アセスメントの目標は以下のように考える。

- (1) 各地域を1.5M回線で接続した場合の現在の状況把握
- (2) サービス要求回数が10倍に増加した場合の問題点の抽出
- (3) 代替案の提案と改善

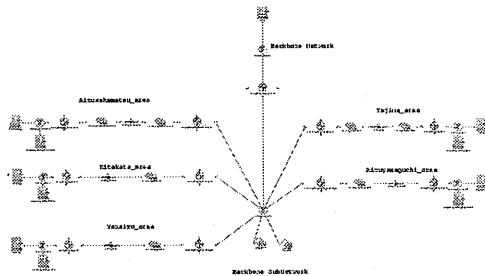


図5: アクセスネットワーク

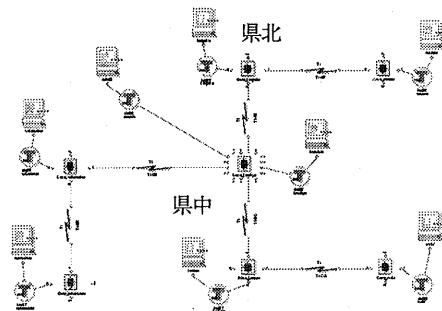


図6: バックボーンネットワーク

シミュレーションの結果、県北-県中間を接続する回線で容量のオーバーフローが生じた。図7に結果をグラフで示す。このグラフは、横軸が福島県全体のトランザクション数、縦軸が県北-県中間のスループットを示している。県全体のサービス要求が増大するにつれ、各地域間のトラフィックが増大する。県北-県中間は、県中から県北に流れるトラフィック量が、 $2.1 \times 10^7$ /日以上では回線が飽和状態になること

により、その後のスループットが伸び悩みその結果、県中—県北のスループットにも影響が表れている。

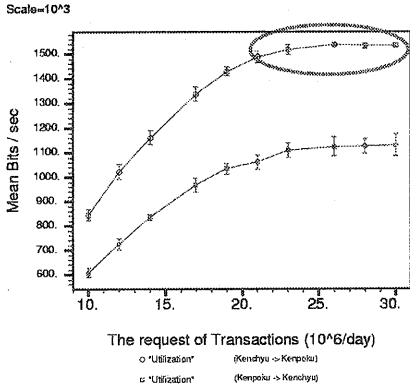


図7: T1回線による県中から県北の利用率

通信容量がオーバーフローした回線を T3 回線（許容帯域 45Mbps）に変更してシミュレーションを再度おこなった。図8は、T3回線に変更した時のスループットと T1回線を使用したシミュレーション結果と比較したものである。グラフより県中から、県北に対してのスループットが改善されたことがわかる。県中から県北へのスループットを比較すると、福島県全体の総サービス要求量が  $3.0 \times 10^7$  の場合、T1回線では、スループットが約 1500kbps で飽和状態であった状況が、代替案では約 2,450kbps に改善され、スループットは 163%増加した。

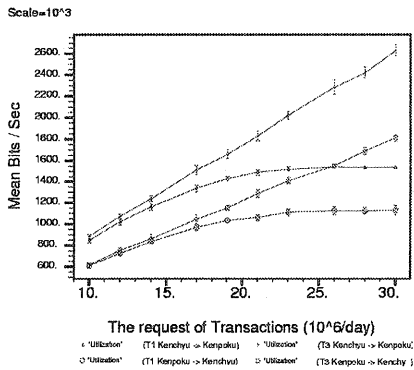


図8: T3回線による県中から県北の利用率

## 7 まとめ

本研究では、地域情報通信のための社会ネットワーク構築に、地域特性を反映出来る技術アセスメントを行う新しいネットワーク設計の方法を検討した。具体的には第一に、電話発信回数と関係の深い社会経済指標を5つ選びだし、そして選びだされた社会経済指標からサービス要求回数を予測するための重回帰式を回帰分析によって導き出した。第二に、典型的なネットワークサービスと各比率を用意した。そして、サービス要求回数の予測値とサービスリクエストの比率を使って、WWW, Ftp, Mail サービスの特性を分析してトランザクション、トラフィック量を、Thinking Time をパラメータとしたモデルからシミュレーションによって求めた。最後にこれを福島県域ネットワークの設計に適用して、提案システムを構成する技術に関してアセスメント例を示した。

今後、社会経済指標と地域ごとのサービス内容の分析を行いモデルの精度向上を図りたい。

## 参考文献

- [1] Asahi newspaper company. "Minryoku CD-ROM 1989-1997", Asahi news paer company, 1998.
- [2] Asahi news paper company. "97 Minryoku", Asashi news paper company, 1997.
- [3] Asahi newspaper company. "Minryoku separate volume 1980-1993 Change and view of region read by the time series data", Asahi news paper company, 1994.
- [4] NTT. "Report of the electro-communication concerning the traffic between unit charge districts", NTT, 1997
- [5] Ministry of Posts and Telecommunications. "Communication white paper 1997", Ministry of Posts and Telecommunications, 1997.
- [6] Taichi Nakamura. "A Technology Assessment and Simulation for Design of a Backbone Network of inter-region Information Communication", Master Thesis, The University of Aizu, March 1999.