卒業論文
「ユーザの視点に基づいたネットワークの性能評価に関する研究」

慶應義塾大学
環境情報学部
牧 兼充

指導教員
村井 純

平成12年 3月 22日

卒業論文要旨　　1999 年度 (平成 11 年度)

ユーザの視点に基づいたネットワークの性能評価に関する研究

本研究ではユーザの視点に基づいたネットワークの性能評価指標を提案する。具体的には、ユーザが最も良く使うアプリケーションとして WWW サービスを選び、あるネットワークを利用した際のユーザの満足度を定量的に評価する。

指標の作成のために、心理測定法による実験を行った。地理的・ネットワークトポロジー的に分散するサイズの異なる 27 の Web ページを選び、32 人の被験者がそのページを閲覧した際のサービスの満足度を 5 段階で評価した。それと同時に、ネットワークのトラフィック測定を行い、RTT 平均、コネクション時間などの既存のネットワークの性能評価指標と被験者の満足度の相関を分析した。解析の結果、RTT 平均、データ転送開始時間、総転送量は、満足度と有意な相関が見られた。一方パケット数、コネクション数、スループットなどは、満足度と有意な相関は見られなかった。この結果に基づき、重回帰分析を行い指標を作成した。指標における説明変数は、RTT 平均、データ転送開始時間、総データ転送量とした。

また、性別、利用歴、利用環境、利用時間、利用目的などのユーザの属性により、ネットワークの利用した際の満足度に有意な差があるかを検証した。そのために、実験を行う際に、同時に簡単なアンケート調査を行った。結果に対して、分散分析を行った結果、全てのユーザの属性に関する値について統計的に有意な差は見られなかった。

最後に作成した指標を用いて、実際に接続環境の異なる 2 つのネットワークの性能評価を行った。具体的には、2 つのネットワークにおいてネットワーク測定を 24 時間行い、その結果から RTT 平均、データ転送開始時間、総転送量を算出した。そして作成した指標に基づき満足度を算出した。

本研究にて提案する、「ユーザの視点に基づいたネットワークの性能評価指標」を “UPM: User-oriented Perfomance Metrics” と呼ぶ。

キーワード：
1:ユーザ　2:WWW　3:性能評価　4:評価指標　5:インターネット

慶應義塾大学環境情報学部

牧 兼充

Abstract of Bachelor's Thesis Academic Year 1999

UPM: User-oriented Performance Metrics

The goal of this research is to propose a evaluation metrics for the network in the viewpoint of the user. In specific, the most used application, WWW service is chosen to a fixed quantity of a network in order to determine the users' satisfaction.

In order to make a metric, an experiment has been conducted by psychological measurement. Geographically, network topoligically distributed 27 web pages that differ in size have been chosen. 32 examinees tested to rank the satisfaction from 1 to 5 when they acutally watched the web pages.

In the mean time, the network traffic dump was done and calculated network perfomance metrics such as RTT, and connection time. Correlation analysis was done between network performance metrics and user's satisfaction. As a result, RTT, data transfer start time, and total transfer amount were the items which correlated. On the other hand, number of packets, number of connections, and throughput were the items which did not correlated. According to this result, the metric was created by multiple Regression Analysis.

Variable chosen for the metrics were RTT, data transfer start time, and total transfer amount.

At same time, examined the relationships between user's attribute, such as gender, experience,environment, the frequency of using networks, aims, and the user's satifaction. For this purpose, a simple questionnaire was done at the same time. Analysis was done for the results, but no relationship was shown.

Finally, an experiment was done with using the metrics produced to evaluate two networks. In specific, network traffic dump was done for 24 hours in both sites and calculated RTT, data transfer start time, total transfer amount from the results. Finally the satisfaction was culculated by using the metrics.

The metric proposed in this research is called "UPM: User-oriented Perfomance Metrics".

Key Words :
1:user 2:WWW 3:performance evaluation 4:evaluation metric
5:the Internet

Keio University, Faculty of Environmental Information

Kanetaka Maki

目 次

図 目 次

表 目 次

第 1 章

はじめに

本研究ではユーザの視点に基づいたネットワークの性能評価指標を提案する。この指標は、ユーザがあるネットワークを利用した際の満足度の定量的な評価を可能とする。本研究で提案する指標を “UPM: User-Oriented Perfomance Metrics” と呼ぶ。

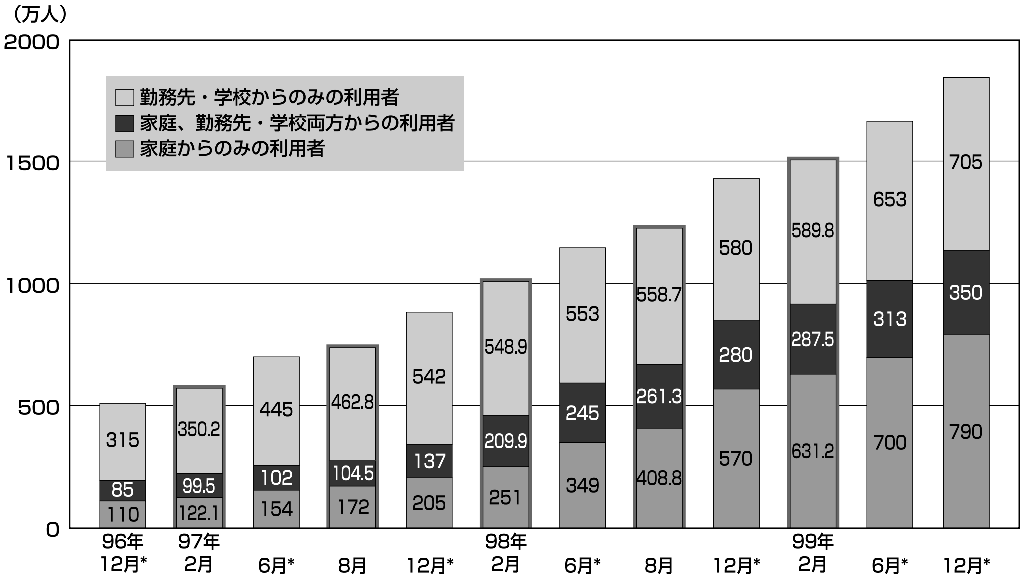
本研究の意義は大きく分けて、次世代インターネット普及の視点、ネットワーク利用者の視点、ネットワーク管理者の視点の 3 点に分類される。

第 1 点は、次世代インターネット普及の視点からの意義である。インターネットは 2000 年代に入り、社会の重要な情報基盤としての役割を担うようになり、誰もがインターネットを利用する時代になった。図 1.1は、日本のインターネット人口の推移を示したものであり、97 年 2 月の時点で 571.8 万人のインターネット人口は、2 年間で 1508.5 万人にまで膨れ上った。このペースで順調に増加すれば、2000 年には 2000 万人を超えることが予測される。

現在のインターネットユーザの接続状況について詳しく分析したものが、表 1.1である。モデムと ISDN を合わせて全体の 84%をダイアルアップ接続が占めている。表 1.2は、今後 1 年以内の接続先の切替予定である。1 年後に専用線に切替えるユーザは依然として少なく、大部分は ISP を介したダイアルアップ接続を利用する。

しかし、最近のインターネット利用者の爆発的な増加は、TCP/IP 設計時に予測されていたスケールを遥かに凌ぐものである。今後のインターネットを普及させていくためには、そのスケールに対応する次世代のインターネットへ移行していく必要がある。そのためには、利用者のインターネットの利用目的の動向を見据えた上で、次世代インターネットへ移行するための利点を客観的に分析する指標が必要となる。UPM は、この指標として活用することが可能である。

第 2 点は利用者からの視点である。ユーザが ISP を利用する際の選択基準として何を考慮しているのかを検討する。その基準をまとめたものが、表 1.3である。上位は「料金が安いから」が 47.0%、「アクセスポイントが多いから」が 30.9%、「つながりやすいから」が 29.8%という結果になっている。この基準には、ISP が提供するネットワーク環境自体のサービスの評価は含まれていない。本来ネットワークを選択する際に、ネットワークを利



インターネット白書'99 ©インプレス,
Access Media International&IAJ, 1999

図 1.1: 日本のインターネット人口の推移

表 1.1: インターネットへの接続形態 (インターネット白書'99)

項目	割合 (%)
モデムによるダイアルアップ接続	54.5
ISDN によるダイアルアップ接続	29.5
勤務先・学校のネットワーク接続	7.1
OCN,ODN などの低料金専用線接続	3.9
その他の専用線接続	0.9
CATV	0.3
その他	0.1
分からない	3.8

表 1.2: インターネットへの接続形態 (1 年後の予定)(インターネット白書'99)

項目	割合 (%)
ISDN によるダイアルアップ接続	38.5
モデムによるダイアルアップ接続	18.7
OCN,ODN などの低料金専用線接続	5.9
勤務先・学校のネットワーク接続	5.2
CATV	4.4
その他の専用線接続	1.2
xADSL	0.1
その他	0.1
分からない	24.9

用する際にユーザが感じる「ネットワーク接続の快適さ」が指標として存在すれば、この指標に基づいた選択をすることが可能となる。「ネットワーク接続の快適さ」は、ISP との接続速度だけではなく、その時のネットワークの混み具合、パケット損失率、利用したいサービスまでの距離など、さまざまな要因によって決まる。ISP からユーザが実際に得られるサービスの品質を客観的に評価する手法があれば、ISP を選択の際の基準とすることができる。この指標により、ISP の適切な価格競争を促すことが可能となる。インターネットを今後普及させて行くためには、ユーザが自分が必要とするサービスを受けられるネットワークを選択できることが必要である。UPM は、ユーザが必要とするネットワークを選択するための指標である。

第 3 点は、管理者の視点である。一般にネットワーク管理者は、設計・管理しているネットワークを利用しているユーザが提供しているサービスに対しどの程度満足しているのかということを知る必要がある。それを知ることができれば、今後の改善に生かすことが可能であるからである。UPM は、管理者がユーザの満足度を把握するための指標である。

本研究では、ユーザの視点に基づいたネットワークの性能評価指標を提案する。本論文の構成は以下の通りである。

第 2 章「性能評価指標とは」にて、ネットワークの性能評価指標のための要件について述べる。既存のネットワークの評価指標はどのような目的において利用されているかについて論じ、それを踏まえて UPM を提案する。

新しい指標を提案するためには、既存の指標を整理し、その限界について把握する必要がある。第 3 章「既存の性能評価指標とその手法」において、既存の指標及びその手法について、特徴や欠点をまじえて論じる。また既存の指標と UPM を比較する。

UPM を作成するためには、ユーザのネットワークの利用動向を把握する必要がある。第 4 章「ユーザの利用動向分析」では、ユーザがインターネットをどのように利用している

表 1.3: プロバイダの選択理由 (インターネット白書'99)

理由	割合 (%)
料金が安いから	47.0
アクセスポイントが多いから	30.9
つながりやすいから	29.8
運営主体が大企業だから	18.7
高速通信に対応しているから	15.2
パソコン通信サービスを利用していたから	14.1
サポートが良いから	13.3
友人・知人の勧め	12.4
契約顧客数が多いから	9.0
ハード・ソフト購入時に契約が含まれていたから	8.5
アカウント名を自由につけられるから	6.7
無料試用期間があるから	6.0
複数のアカウントが持てるから	3.8
関連企業だから	3.7
PHS など PIAFS に対応しているから	3.4
通信料金込みの契約だから	3.1
海外から利用できるから	2.9
専用アクセスポイントを容易できるから	0.8
他のシステム構築 (LAN など) も頼めるから	0.2
バーチャルドメインが取れるから	0.1
ホスティングサービスがあるから	0.1
その他	6.8
わからない	2.2

かを分析する。具体的には、各種白書、統計に基づいて分析を行う。

UPMを作成するためには、指標となるためのデータを収集する必要がある。第5章「指標の作成」では、満足度指標を作成するための心理測定実験について述べる。地理的・ネットワークトポロジー的に分散するサイズの異なるWebページを選び、被験者がそのページを閲覧した際のサービスの満足度を評価する。それと同時に、ネットワークのトラフィック測定を行い、RTT平均、コネクション時間などの既存のネットワークの性能評価指標と被験者の満足度の相関を分析する。この結果に基づき、重回帰分析を行い指標を作成する。

作成したUPMの有効性を証明するためには、実際に運用されているネットワークにおいて、実際に利用してみることが必要である。第6章「評価」では、生成した関数をもとに実際に運用されているネットワークの評価を行う。本研究では接続環境の異なる2地点を選び、測定を行う。また他の手法と比べて、UPMの利点・欠点について論じる。

第8章では、今後の課題について述べる。具体的には、本研究にて分析が不十分な点やUPMの改善点について述べる。

なお、本論文において、人名の敬称は省略した。

第 2 章

性能評価指標とは

本章では、ユーザの視点に基づいたネットワーク性能評価指標を作成する際に必要となる条件について検討する。図 2.1 は、「ネットワーク性能評価エンティティ関係図」である。4 ブロックに分かれており、それぞれのブロックには、ネットワークの性能評価に関連するエンティティが定義されている。下のボックスにあるエンティティは上のボックスにあるエンティティに対し影響を与える。スループットなど既存の性能評価指標の多くは、「ネットワークプロトコル」を評価するために指標である。

UPM は、この各エンティティを総合した指標である。具体的には、スループットなどの「ネットワークプロトココル」の指標や目的などの「ユーザ」の指標から満足度を計算することができる指標である。

ユーザの視点に基づいたネットワークの性能評価指標は「ユーザが必要とするネットワークのサービスに対するユーザの満足度」と言い換えることができる。ネットワークサービスの定義はアプリケーションによって異なる。WWW であれば「ユーザが必要とするデータの転送と表示速度」である。ストリーミングであれば、「必要とするデータの必要な転送速度と一定範囲内の揺らぎ」である。

必要な条件として「ユーザの視点が含まれる」、「あらゆるデータリンクに対応する」、「特定のアプリケーションに依存しない」、「サーバシステムの性能も測定できる」の 4 点がある。ここでは、それぞれの特性について論じる。

- ユーザの視点が含まれる

  既存の性能評価指標の多くは、ネットワークの理論的、もしくは実測値に基づいた指標である。ユーザのニーズに基づいた性能という観点は抜け落ちている。

  また、ユーザの視点に基づいた性能評価指標を定めるためには、次の「状況による相違点」を考慮する必要がある。

  – 利用するアプリケーションによる相違
    ネットワークの性能評価基準には、スループット、遅延、パケット損失率、スループットや遅延の揺らぎなどがある。利用するアプリケーションによって、ど

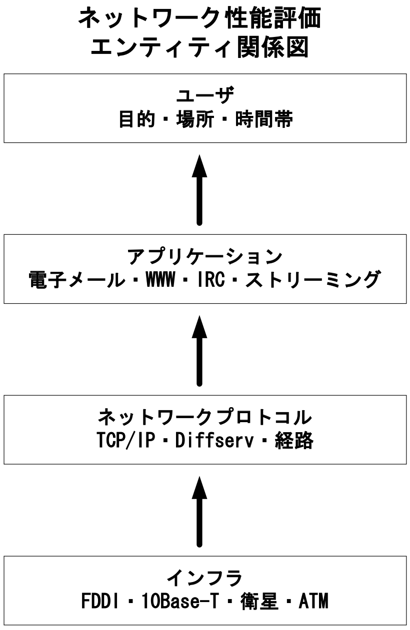


図 2.1: ネットワーク性能評価エンティティ関係図

  の要素が重要となるかが異なる。例えば、telnet は遅延がないことが重要である一方、WWW はスループットと利用している WWW サーバの負荷が重要である。

  - 場所による相違

    ネットワーク上の場所が異なると、同じサービスを受ける場合でも品質が異なる。

  - 時間帯による相違

    NSPIXP2 のトラフィックデータ [7] に示されている通り、ユーザの利用時間帯には偏りがある。特に午前 12 時前後および午後 11 時以降の時間帯は利用が増える傾向にある。特定の時間帯における利用の増加により、その時間帯のネットワークの性能が劣化することも考えられる。このため、ユーザがどの時間帯にネットワークを利用するかによって品質が異なることを考慮する必要がある。

  - ユーザによる相違

    ユーザにより、ネットワークの利用の傾向が異なる。利用するアプリケーションが違うというだけではなく、同じアプリケーションを使っていても、学生のニーズの高い WWW ページと社会人のニーズの高い WWW ページは異なる。このため、ユーザの利用傾向を考慮する必要がある。

- あらゆるデータリンクに対応する

インターネットは多様なデータリンク技術の集合として構成されているため、あらゆるデータリンクに対応する必要がある。例えばEthernetのネットワークにしか適用することができない指標では不十分である。

- 特定のアプリケーションに依存しない

  特定のアプリケーションに依存しないことは重要である。ユーザはWWW、電子メール、ストリーミングなど多様なアプリケーションを利用しているため、全てのアプリケーションに対応する指標を考える必要がある。ある目的に基づき特定のアプリケーションを取り上げた場合には、特定のアプリケーションの指標と全体的な指標の関係について分析する必要がある。

- サーバシステムの性能が含まれる

  ネットワークの性能評価は、ネットワークの性能に偏りがちである。しかし、ユーザの視点に基づいたネットワークの性能は、サービスを提供するサーバにも大きく影響する。そこでこのサーバシステムの性能も含めた指標を検討する必要がある。

- 測定が容易である

  ネットワークの性能評価は、測定が容易である必要がある。性能評価指標は、複数のネットワークの状況を比較する必要がある。測定手法が容易ではなく、特定のネットワークでした利用できない手法は、実用的ではない。例えば、アンケート調査は、ユーザの視点を評価する意味で有益な手法であるが、手法に手間がかかるため、汎用性にかけるという欠点がある。

第 3 章

既存の性能評価指標とその測定手法

本章では、既存のネットワークの性能評価指標とその測定手法についてまとめる。前半では既存の性能評価指標について述べる。後半ではその測定手法について述べる。

3.1 性能評価指標

既存の性能評価指標は大きく分けて、「理論値」と「実測値」に分けることができる。ここでは、それぞれの特徴と利点、欠点について論じる。

3.1.1 理論値

ネットワークの性能評価指標の代表的なものとして理論値がある。具体例としては、バックボーンや対外リンクの帯域がある。これは、OSI 参照モデルの第 1 層「物理層」における指標である。10BASE-T は 10Mbps、100BASE-T は 100Mbps、ギガネットイーサネットでは 1GBps、FDDI は 125Mbps といった値が、転送速度の理論値の代表例である。表 3.1 に、代表的な転送技術の理論値を示す。

表 3.1: 代表的な転送技術の理論値

転送技術	転送速度の理論値
10BASE-T	10Mbps
100BASE-T	100Mbps
1000BASE-T	1Gbps
FDDI	125Mbps
無線 LAN(IEEE802.11)/DBPSK	1Mbps
無線 LAN(IEEE802.11)/DQPSK	2Mbps

しかし、この基準では、動的に変化するネットワークの状況が考慮されないという欠点がある。ネットワークの状況は提供されるサービスの品質を大きく左右する。

3.1.2 実測値

実測値の代表例として、「スループット」、「遅延」、「パケット損失率」、「スループットや遅延の揺らぎ」がある。ここではそれぞれの指標の役割について述べる。

- スループット

  スループットとは、通信路が単位時間あたりに伝送できるデータの情報量を示す値である。通信路が提供する帯域とスループットは混同されることが多いが、これらは別の値である。帯域はデータリンク技術を設計したときの理論値であるのに対し、スループットは実際に計測した実測値である。スループットはネットワークの負荷に応じて変化する。ネットワークの利用度が低い段階では、利用状況に応じた値が得られるが、ネットワークの利用頻度が上がるにつれて、制御のためのオーバーヘッドが増えてくるため、スループットの伸びが劣化する。そしてある一定の段階に達すると伸びは頭うちになる。劣化の特性は、利用しているデータリンクの技術などにより変化する。この利用状況に応じた推移を図3.1に示す。なお、スループットと似た概念にグッドプットがある。グッドプットとは、スループットのうち有効な転送データ量を指す。グッドプットもネットワーク利用頻度が上がるにつれて制御のためのオーバヘッドが増えてくるため伸びが劣化する。そしてある一定の段階に達するとグッドプットは減少し始める。この利用状況に応じた推移を図3.2に示す。

- 遅延

  遅延はネットワークにデータを流したときに、伝播にかかる時間をさす。データ遅延は様々な要因により発生する。

  第1は伝送媒体による遅延である。例えば長い光ファイバを用いれば、短い光ファイバを用いるよりも遅延が大きくなる。

  第2は、伝送路に送り出す手順により発生する遅延である。データリンク技術により伝送技術が異なるため、遅延も異なる。

  第3は、第3層、第4層のパケット処理や、アプリケーションレベルによる情報の負荷などによる遅延である。

  遅延とネットワークの利用頻度の間にも相関関係が存在する。ネットワークの利用が少ないうちは遅延が少ないが、利用頻度が増えるに連れて、遅延時間は大きくなる。例えば、Ethernetなどの技術では、ネットワークの利用頻度が高くなると、データが届かない状況となる。この利用頻度と遅延の関係を図3.3に示す。

  遅延を示す一般的な値としてRTT(round trip time)があり、送信先にデータを送りその返答をもらうまでの往復時間を指す。一般的にRTTの揺らぎが少ない方が、TCPのフローコントロールは適切に機能する。

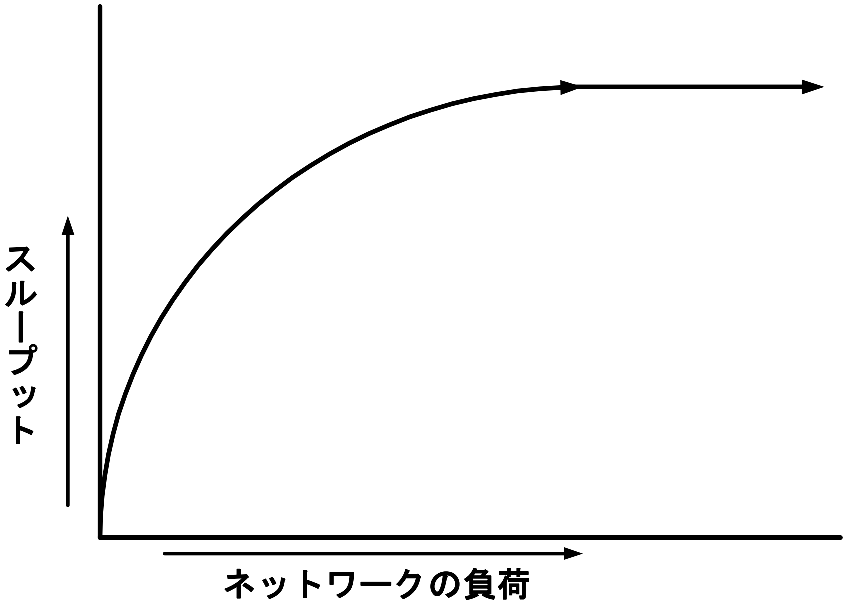


図 3.1: スループットとネットワークの負荷の関係

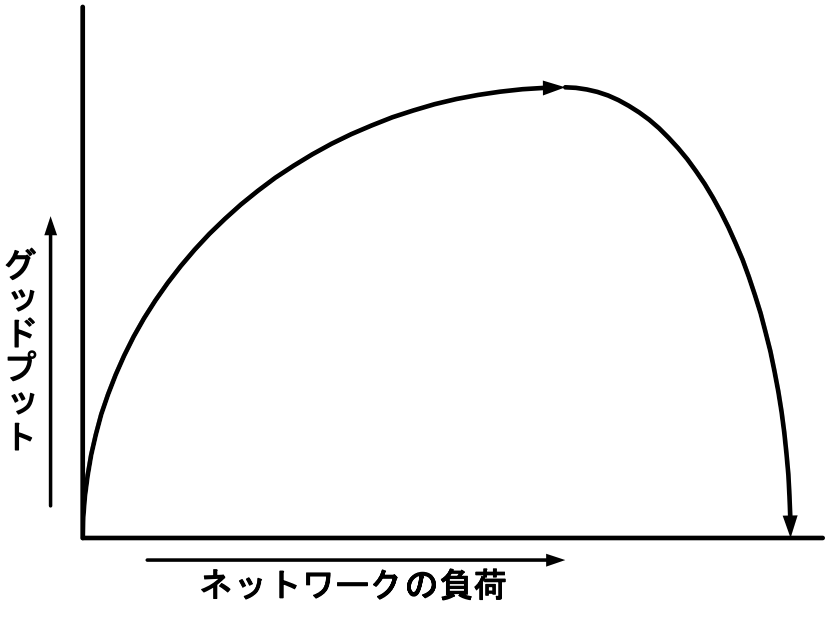


図 3.2: グッドプットとネットワークの負荷の関係

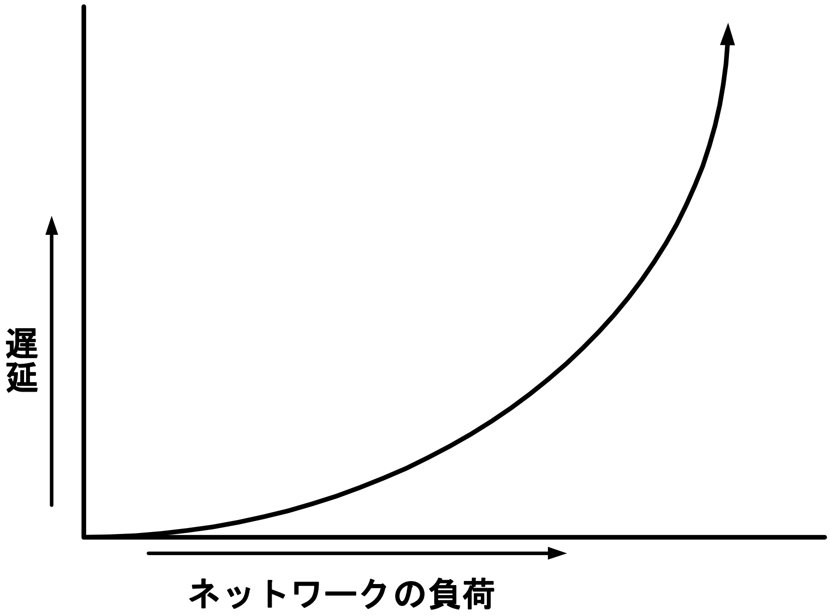


図 3.3: 遅延とネットワークの負荷の関係

- パケット損失率

  パケット損失率とは、2 点間の通信を行った際のパケット損失の発生率を示す。パケット損失は主にデータリンクレベルで発生する。その発生理由は、通信路のノイズによるデータエラー、ネットワークインタフェースへのバッファ・オーバーフロー、ネットワーク制御方式で定義されているパケット破棄などである。

  パケット損失率は、ネットワーク状況により変化する。混雑したネットワークでは、パケットを落とす率が高くなる。IP レベルでは、フラグメントの破棄、バッファオーバーフローなどの原因が考えられる。

  ネットワーク層のプロトコルである IP は、大きな IP データグラムを伝送するデータリンクの MTU(Maximum Trasmission Unit) を単位とするフラグメントに分割する。このフラグメントのうち一つでも失われてしまうと、正しく受信された他の全てのフラグメントを破棄する。データリンクレベルのパケット損失率は IP 層の性能に大きく影響する。

  IP 層でのパケット損失率が高い場合、さらに上位の TCP 層での性能も急激に劣化する。TCP の性能は、フロー制御、輻輳制御に基づくが、IP パケットの損失が多いと、この性能が激しく劣化する。現在のインターネットでは、使用しているネットワークの帯域が十分にあっても、途中にパケット損失の高いルータが存在すると、輻輳が発生していると判断し、性能は劣化する。この利用頻度と遅延の関係を図 3.4に示す。

- スループットや遅延の揺らぎ

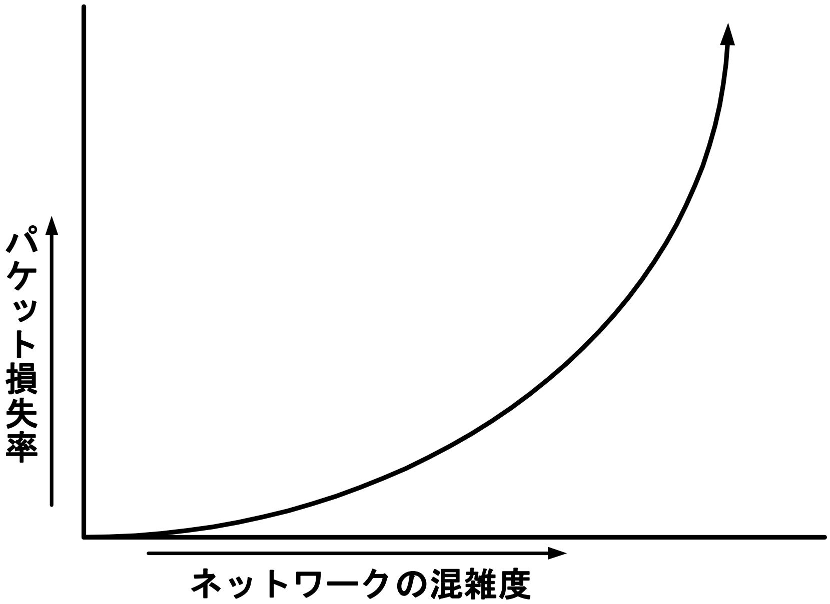


図 3.4: パケット損失率とネットワークの混雑度の関係

揺らぎは WWW、電子メールなど時間制約の少ないデータ通信では特に問題にならないが、ビデオ伝送や電話などの実時間通信にとっては重要な指標である。

ビデオ転送は毎秒 30 フレームであるが、このフレーム転送は一定の間隔で行わなくてはならない。ネットワークの揺らぎが発生すると、この条件を満たすことができない。

今後ストリーミングや IP 電話の利用を前提としたインターネットの普及のためには、この揺らぎについて考慮する必要がある。

3.2 測定手法

測定手法は、具体的には、「測定ツール」、「サーバのアクセス記録の解析」、「ネットワーク機器の監視」、「ベンチマーク」、「パケット収集」、「アンケート調査」、「ネットワークの振る舞い」に分類することができる。ここではそれぞれのカテゴリーごとにその特徴、利点、欠点について論じる。

- 測定ツール

  代表的な測定ツールとして、ping、traceroute、pathchar、ttcp、netperf がある。

  ping は性能管理について利用できるツールで Unix に標準的に用意されているものである。ping は、ICMP ECHO/REPLY メッセージを用いて、リモートホストとの間

の RTT(round trip time) を測定する。測定結果から最大 RTT、最小値 RTT、平均 RTT、パケット損失率を計算する。

traceroute は、Unix に現在標準的に装備されているツールの 1 つである。 Van Jacobson (Lawrence Berkeley Laboratory[9]) が開発した。traceroute は、2 ホスト間の経路上のルータの発見と各ルータまでの RTT の測定を行なう。

pathchar[8] は、traceroute の開発者である、Van Jacobson (Lawrence Berkeley Laboratory[9]) が 1991 年から開発しているツールで、1997 年に公開された。経路上それぞれの通信路の遅延、推定バンド幅、パケットロスのレートを調べることができる。基本的な仕組みは、traceroute と同じである。probe と呼ばれる UDP パケットを作り、その IP ヘッダの TTL を 1 から順に増加させながら、ターゲットのホストまでの経路の RTT を計測する。ただし、この probe は、64 バイトから 1500 バイトまで 44 バイトづつ変化させたパケットにより構成されており、ランダムにパケット送信を行う。これにより、ゲートウェイ、遅延、パケットロス・レートを推定する。

ttcp[10] は、TCP レベルのスループットを計測するツールである。送信側と受信側で ttcp のプロセスを起動し、その間の実行帯域を測定する。ただし、精密な計測が必要な時や、トラフィック・パターンを厳密に生成したい場合には不向きである。

netperf[11][12] は、ネットワークのスループットをより厳密に計測したい場合に使われるツールである。Hewlett-Packard の Rick jones が開発した。送信ホストと受信ホストでプロセスを起動し、実効スループットを計測する。厳密な計測が行われるところが ttcp との大きな違いである。netperf の詳細は、次の URL にてまとめられている。

- サーバのアクセス記録の解析

  サーバのアクセス記録から、アクセス数、転送データ量、リクエストの処理時間などを統計的に計測することが可能である。これはアプリケーション別に評価指標が異なり、アプリケーションごとに解析プログラムが必要となる。またアクセス記録を行わないアプリケーションも少なくない。更にアクセス記録から得られる内容はサーバの性能であり、ネットワークの性能ではない。

- ネットワーク機器の監視

  SNMP は、ネットワーク機器の遠隔監視用として開発されたプロトコルである。中継ノードやリンクの利用率を測定するため、特定のアプリケーションプロトコルに依存しない。SNMP とは、ネットワークに接続されている機器とネットワークを管理する機器の情報交換をするプロトコルである。ネットワークの規模が拡大するにつれて重要性が高まり始めた。

  また現在行なわれている研究として、米国 Advanced Network & Services 社 [13] が中心となり進められている IPPM(Internet Protocol Perfomance Metrics)[14] がある。これは、インターネットの正確な性能や信頼性を測定する手法を提供するものであ

り、IETFのIPPM-WGで活動が進められている。Advanced Network & Services社が中心となり、30以上の大学やその他の機関と共同で、ソフトウェア、測定手法などの開発および測定が行なわれている。同期している時計を持つ2点間のパケット遅延とパケット損失率を測定するものであり、結果はWWWにて公開されている。

- ベンチマーク

  SPECweb[15],WebStone,DBS[16]などのベンチマークツールが開発されている。これらは正確な性能評価が行える反面、実際のユーザの振る舞いや運用形態に適したベンチマーク条件を設定することは難しい。

- パケット収集

  tcpdumpなどのツールによりパケット収集が可能である。tcpdumpは、ネットワークインタフェースにより認識されたパケットのヘッダを表示する。しかしこれらはネットワーク共有型のネットワークでしか利用できない。

- ユーザへのアンケート調査

  ISPの性能を評価しようという試みも雑誌などを中心に多い。日経NetNAVI[20]では、ユーザの視点に基づき、ユーザを対象としたアンケート調査によりISPの評価を行なっている。つながりやすさ、接続スピード、ユーザサポート、ホームページサービス、料金の5項目を5段階で評価している。この評価手法は、ユーザの視点を重視するという意味では価値があるが、アンケート対象がそれぞれのISPごとに異なるため、ISP同士を客観的に比較することができない。またアンケートに基づいているため、客観的な実測値ではない。

  インターネットマガジン[21]では、「ダイアルアップIP接続アセセスポイント別回線話中度調査」のグラフが掲載されている。この評価方法は、客観的な実測値であるが、ユーザがネットワークから受けるサービスの基準を総合的に示したものではない。

  慶應義塾大学湘南藤沢キャンパスにて行われた「SFC-CNS利用実態調査」はアンケート調査の代表例である。キャンパスの学生2000人を対象にアンケート調査を行い、定量的・定性的な評価を行ったものである。この調査は、ネットワークの利用実態や満足度を把握するために意義のある調査であった。しかし、ネットワークの利用状況を把握することはできるが、ある瞬間の性能評価を行うといったことには対応できない。

- ネットワークの振る舞い

  「透過的クライアント監視によるネットワークシステム性能評価手法」[17] (斉藤裕樹、中所武司,1999)はネットワークの振る舞いを分析するための手法の1つである。クライアントアプリケーションの監視を行う透過的監視層を導入し、クライアントサーバの間でやりとりされる要求-応答単位の通信に注目することで性能を測定するものである。

「TCP 性能評価に関する研究」[18](余語徹郎,1999) もネットワークの振る舞いを分析するための手法の 1 つである。TCP による通信の過程に「ブロック」という概念を導入し、1 つのコネクションを複数のデータ群に分割して捉える解析手法を提案している。さらにブロックを基にして新たな「TCP の性能評価手法」を提案している。また、同一の TCP の挙動を複数のパスにおいて観測することにより、「TCP の視点から見たリンクの性能評価」を試みた。

3.3 まとめ

本章では、ネットワーク性能評価指標及びその手法について述べた。

RTT、スループットなどは、ネットワークの性能評価を行なうための基準である。これらの値は、WWW を利用するというユーザの満足度の指標としてそのまま適用することができない。測定手法の多くは、ネットワークの性能評価を行うための手法である。ユーザの視点に基づいている手法としては、インターネット関連の雑誌などで取り上げられている ISP 評価がある。これは、主観によるアンケート調査に基づいているので、ネットワークの性能を客観的に比較することができないことに問題がある。また、手法を実施するためのコストがかかるため、容易に実現はできない。

UPM は、上記の課題を解決することのできるネットワーク性能評価指標である。

第 4 章

ユーザの利用動向分析

本研究で最終的に提案する指標は、提供されるネットワークサービスの満足度を定量的に評価するものである。しかし、満足度はユーザの主観に大きく左右される。そこで、ユーザのネットワークの利用状況を把握した上で指標を作成する必要がある。具体的には、「利用するアプリケーションによる相違」、「場所による相違」、「時間帯による相違」、「ユーザによる相違」の 4 点である。

本章ではユーザのネットワークの利用動向の分析を行う。具体的には、「アプリケーション別利用頻度」、「WWW の利用目的」、「利用時間帯」、「利用するブラウザ」について詳しく分析する。本研究では、アプリケーションをユーザが最も利用するアプリケーションである WWW に着目し手法を提案する。

4.1 アプリケーション別利用頻度

インターネットは 1970 年代に開発され、その後 1990 年頃までは電子メールやデータ転送がトラフィックの大部分を占めていた。しかし、1993 年の WWW の開発により、トラフィックが大きく変化した。表 4.1は、1999 年 3 月の 1 ヵ月間の WIDE インターネットの海外線トラフィックの利用状況をまとめたものである。トラフィックの中で TCP に着目し、「日本から海外」と「海外から日本」のそれぞれのリンクについての状況がまとめられている。主要なアプリケーションとして、HTTP、FTP-Data、SMTP、NNTP、FTP、Telnet、BGP、DNS を取り上げている。その中で、HTTP は、合計 14,869,873 バイトと全体の 89%を占めている。リンク別の内訳を見ると、「海外から日本」が 11,661,245 バイト、「日本から海外」が 3,208,628 バイトと、輸入データの量が多い。これは、外国人が日本の WWW を閲覧する量よりも、日本人が海外の WWW を閲覧する量の方が多いためであると考えられる。

この表からも分かる通り、現在のインターネットのトラフィックの 9 割近くを WWW が占めている。現在のインターネットユーザの大部分が WWW を中心にインターネットを利用していることが分かる。従って性能評価指標を作成する際には、最も大きな影響を持つ WWW の性能評価を中心に考える必要がある。

表 4.1: TCP ポート別トラフィック (1999 年 3 月)

	HTTP	FTP-Data	SMTP	NNTP	FTP	Telnet	BGP	DNS	Other	合計
IN	11,661,245 92.37	501,315 3.97	398,994 3.16	20,975 0.17	27,515 0.22	4,234 0.03	4,291 0.03	1,030 0.01	5,221 0.04	12624820 100
OUT	3,208,628 81.55	142,337 3.62	528,608 13.44	7,277 0.18	8,977 0.23	4,525 0.12	4,721 0.12	12,925 0.33	16,339 0.42	3934377 100
合計	14869873 89.80	643652 3.89	927602 5.60	28252 0.17	36492 0.22	8759 0.05	9012 0.05	13955 0.08	21560 0.13	16559157

表 4.2: インターネットの利用目的 (年代別)

	どんなものかざっと見るため	SOHO の仕事利用	仕事 ・研究 ・学業	趣味 ・エンターテイメント	バンキング ・トレーディング	その他	わからない
10 代	3.1	0.0	18.8	93.8	0.0	0.0	3.1
20 代	22.7	2.6	48.7	89.0	3.2	4.5	0.3
30 代	23.4	10.3	48.2	84.1	3.0	4.6	0.7
40 代	21.2	8.1	53.5	84.8	4.5	5.6	0.3
50 代	26.1	13.6	45.2	69.8	5.5	3.5	0.0
60 代以上	41.3	7.1	31.7	60.3	5.6	7.1	0.0
わからない	33.3	33.3	33.3	66.7	0.0	0.0	0.0
合計	24.1	8.3	47.3	81.8	3.9	4.8	0.4

4.2 WWW の利用目的

ユーザが最も利用するアプリケーションである WWW の利用目的について分析する。ユーザのネットワーク利用の満足度は、利用目的に影響すると考えられる。例えば、海外の論文を集めるために WWW を利用する研究者と、趣味に関する資料を集めるために WWW を利用する主婦では、評価が異なるはずである。

表 4.2は、年代別のインターネット利用目的をまとめたものである。この表を見ると年代別の傾向の差が見られる。10 代では、「趣味 ・エンターテイメント」の利用が 93.8%を占めるのに対し、「仕事 ・研究 ・学業」は、18.8%と少ない。40 代では、「仕事 ・研究 ・学業」が 53.5%と大きな割り合いを占めている。世代に応じての利用目的の差を見ることができる。

次に目的別に検討する。「趣味 ・エンターテイメント」は、どの年代も高い割合を占めているが、年代が上がるに連れてやや減少する。「仕事 ・研究 ・学業」は、40 代が 53.5%とピークに達する。30 代、50 代もそれぞれ 48.2%、45.2%とそれを追う。一方、「どんなものかざっと見るため」という目的も、60 代以上では 33.3%と少なくない。

まとめると、インターネットの利用は、「仕事 ・研究 ・学業」の利用は着実に増加しつつあるものの、依然として「趣味 ・エンターテイメント」の利用が大部分を占めていることが分かる。また、年代別に見ても、60 代以上は、「どんなものかざっと見るため」という理由は少なくないが、それ以外の年代は、学校 ・大学 ・企業において利用する機会が増え

表 4.3: テレホーダイ利用の有無

項目	割合
契約している	20.1%
契約していない	78.3%
わからない	1.6%

ていることを読みとることができる。

ユーザの利用目的は、ネットワークを利用したときの満足度に影響を与えると考えられる。趣味でネットワークを利用する場合と、研究でネットワークを利用する場合では、ユーザが期待する性能に差があることが考えられる。UPM を作成する際は、この目的の違いによる満足度の点について考慮する必要がある。

4.3 ネットワークの利用時間帯

「ユーザの視点に基づいた性能評価指標」は、ユーザの利用する時間帯にも大きく影響する。同じページを同じ目的で利用する場合にも、利用する時間帯によって、その評価は異なる。例えば、真昼にページを閲覧する場合とテレホーダイの時間帯に閲覧するのでは、状況が異なる。

図 4.1は、日本の中心となる ISP が相互接続する地点である NSPIXP2 のトラフィックデータを 24 時間分としてまとめたものである。接続地点とトラフィック量を考慮すると、この図は事実上日本のインターネットユーザの 24 時間の利用動向をまとめたものと定義することができる。ビジネスアワーの始まる 9 時頃からトラフィックが増加しはじめる。そして、ビジネスアワーの終わる 18 時頃からトラフィックが減少しはじめる。ビジネスアワーの中で、最も利用度が高くなるのは、12 時前後である。これは、企業の昼休みの時間にあたる。この時間にトラフィックが最大になる理由としては、昼休みに個人的にネットワークを利用するユーザが多いからではないかと推測できる。ビジネスアワー終了後は、夜に向けて増加していく。特にテレホーダイの始まる午後 11 時以降にピークに達する。午前 0 時を過ぎるとトラフィックは次第に減少する。表 4.3は、テレホーダイ利用の有無をまとめたものである。「契約している」が全体の 20.1%と日本のネットワーク利用に大きな影響を与えている。

この図からユーザがネットワークを頻繁に利用する時間帯を把握することができる。また、ユーザのネットワークの利用目的は、ビジネスよりも、趣味のための利用の方が多いこともこの図から予測することができる。

図 4.2は、NSPIXP2 のトラフィックデータを 1 週間分としてまとめたものである。月曜から金曜までは、前述した通りの比較的同じ形のトラフィックである。土曜、日曜の日中は、トラフィックが大幅に減少する。これは企業での仕事のための利用が減るためであると考えられる。土曜、日曜の夜については、他の曜日と同じように利用されている。

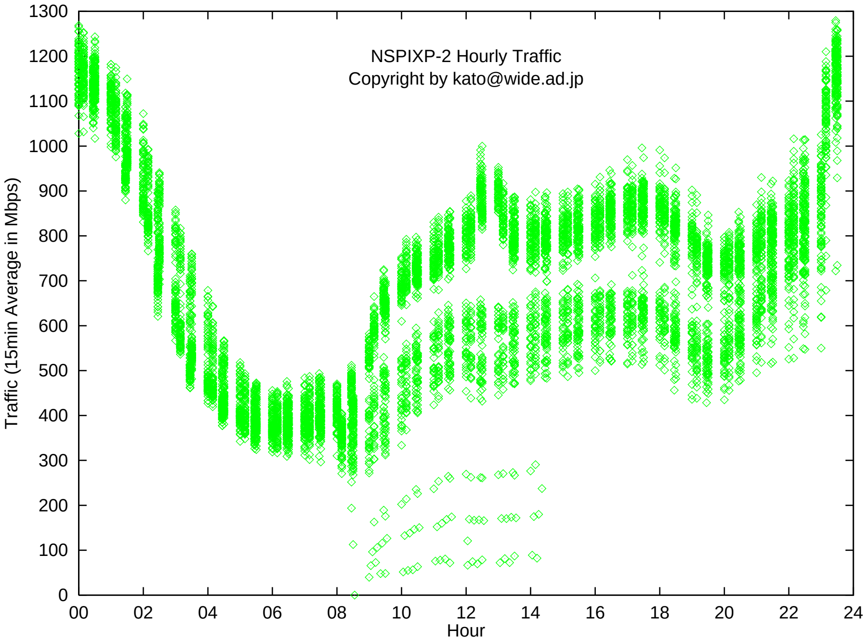


図 4.1: NSPIXP2 トラフィック (1 日間)

図 4.3は、NSPIXP2 のトラフィックを 3 年分まとめたものである。この図を見る限り、年を通じて、月ごとのトラフィック量の有意な差は見られない。一方で、ここ数年間のトラフィック量の倍増の状況を知ることができる。

UPM を作成する際には、この利用時間帯による相違も重要である。利用する時間帯によって、トラフィックが集中するために、通常よりもネットワークの性能が悪化する場合が考えられる。最終的にあるネットワークを評価する値を算出する際には、この時間による差を考慮する必要がある。

4.4 利用するブラウザ

ユーザが WWW を利用した際の満足度は、利用する WWW ブラウザに依存する。WWW ブラウザの代表的なものとしては Microsoft Internet Explorer、Netscape Communicator の 2 つがあるが、その他、w3、NCSA Mosaic、Lynx といったブラウザもある。

表 4.4 に、ユーザが日常的に利用するブラウザのアンケート結果を示す。Internet Explorer が全体の 6 割強を占め、ついで Netscape が全体の 3 割を占めている。ネットワークが同じ性能を提供していたとしても利用するブラウザによりユーザの満足度は異なることが予測される。表 4.5にブラウザ別の対応するスペックの差をまとめた。例えば最近ではあまり利用されなくなったが、Mosaic は全てのデータをダウンロードしてから表示をはじめるため、総コネクション時間が重要となる。

同じネットワークの状況でも利用するブラウザにより、満足度が変化する可能性がある。

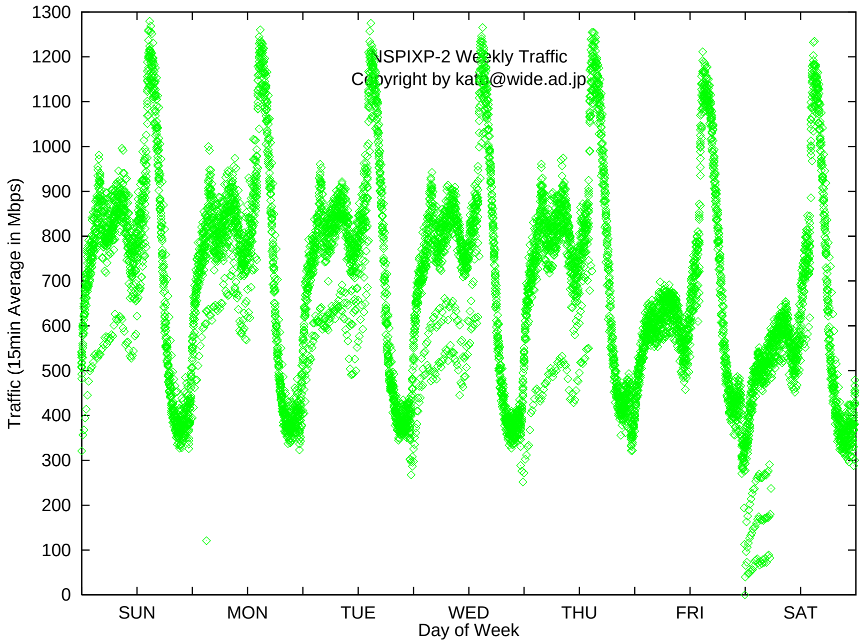


図 4.2: NSPIXP2 トラフィック (1 週間)

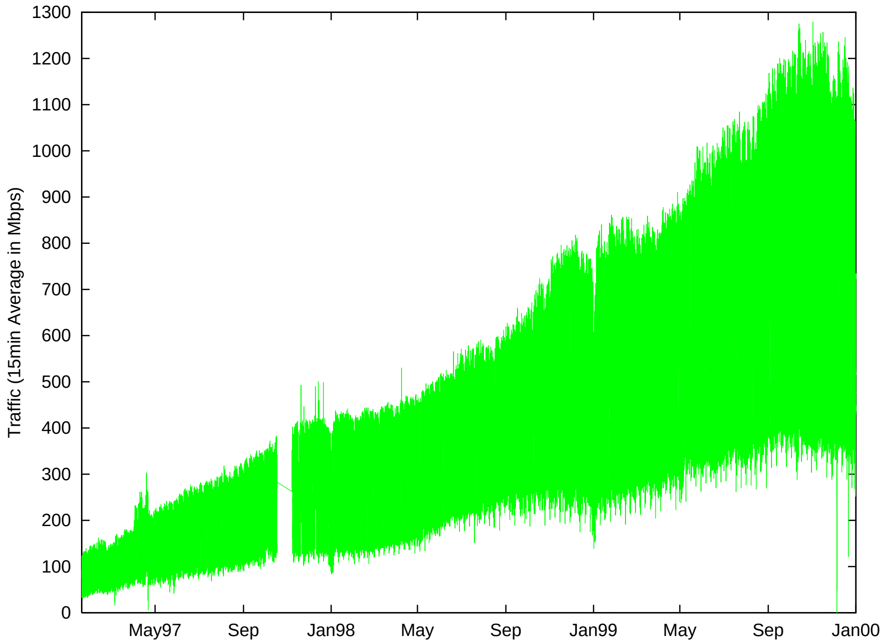


図 4.3: NSPIXP2 トラフィック (3 年間)

表 4.4: 利用するブラウザ

ブラウザ名	割合 (%)
Internet Explorer 4.x 以上	51.0
Netscape 4.x	24.9
Internet Explorer 3.x	9.5
Netscape 3.x	6.9
わからない	4.1
Internet Explorer 2.x	1.4
Netscape 2.x 以下	1.2
その他	0.6
Just View	0.4
Web Surfer	0.1

UPM では、このブラウザによる相違も考慮する必要がある。

表 4.5: ブラウザ性能比較

ブラウザ名	対応 HTML	備考
Internet Explorer 2.x	2.0	
Internet Explorer 2.x	3.2	
Internet Explorer 2.x	4.0	
Netscape Navigator 1.x	1.0	
Netscape Navigator 2.x	2.0	
Netscape Navigator 3.x	3.2	
Netscape Navigator 4.x	4.0	
Mosaic 2.x		データをダウンロードしてから表示開始
Mosaic 3.x		データをダウンロードしてから表示開始
Lynx 2.8.x	4.0	画像は表示されない
Emacs/W3 4.0	3.0	画像は表示されない

第 5 章

指標の作成

本章では、心理測定法を用いた実験の結果をもとに指標の作成を行う。具体的には、実験の手法を述べ、その結果の分析を行い、最後にユーザの満足度指標を作成する。

5.1　手法

実験の目的は、ユーザがネットワーク利用の際に受けているサービスに対して、どの程度の満足をしているかを測る指標を作成することである。この指標を作成するためには、実際にユーザにネットワークを利用してもらい、その際の満足度を収集する必要がある。この手法は、心理測定法に基づくものである。

心理測定法とは「心理測定法への招待」[27] によると次のような手法である。

> 心理測定 (psychological measurement) とは、心理学の研究の中でもっとも基本となる「データ」をとることといえるだろう。つまり、もっとも広義にとれば、わたしたちが「心理現象 (精神現象)」と認めているものをデータ化する作業である。しかし、もう少し狭義にとれば、心理測定とは、数量化されたデータを作成することである。すなわち心理現象に対する「数値の付与」ということであり、ここでは、数量的に符号化されていないデータ収集は含まない。

具体的な手法は以下の通りである。まず、実験者は地理的かつネットワークトポロジー的に分散する WWW サイトを複数選択する。次にこのサイトの中からページサイズの異なるページを複数選択するし、そのリストを作成する。

次に被験者は、作成したリストに基づいてそれぞれページを閲覧し、それぞれのページの表示速度の満足度の評価を行う。被験者がページを閲覧している間にネットワークトラフィックを測定する。これにより、転送速度などネットワークの性能評価指標を測定することができる。最後にネットワークの性能評価指標をと満足度の関係を分析し、指標を生成する。

調査に利用したサイトのリストを表 5.1に示す。また調査に利用したページのリストを表 5.2に示す。

表 5.1: 調査に利用したサイトの一覧

ホスト名	ホップ数	平均 RTT (ms)	パケット損失率 (%)	http version
www.sfc.keio.ac.jp	7	1	0	1.1
www.transport.gov.za	26	878	0	1.1
www.thinkquest.org	25	263	0	1.0
www.president.kz	19	1665	0	1.1
www.mofat.go.kr	16	294	0	1.1
www.agrwat.gov.sa	17	1012	10	1.1
www.kantei.go.jp	9	11	0	1.1
www.horus.ics.org.eg	19	565	0	1.0
server.yanbaru.ne.jp	15	460	0	1.1

調査のためのページを選ぶにあたっては次を考慮した。

- 地理的・ネットワーク的に分散するホスト
- RTT の値の異なるホスト
- ホップ数の異なるホスト
- http のバージョンの異なるホスト
- ページサイズの異なるページ
- 画像数の異なるページ
- 画像サイズの異なるページ

地理的・ネットワーク的に分散するホストについては、まずドメイン名で判別した。より具体的な指標としては、ping と traceroute にて測定した RTT とホップ数を用いた。

主要な http のバージョンは、1.0 と 1.1 の 2 つに分かれる。1.0 はファイルごとに TCP のコネクションを張るのに対し、1.1 は 1 つの TCP のコネクション内で html ファイル、画像ファイルの転送を行う。これは、ユーザの満足度に影響を及ぼすことが予測される。

次にページサイズの異なるページを選択した。同じサーバ内でもページのファイルサイズにより、ユーザの満足度が変わるのではないかと判断したためである。具体的には、画像数、画像サイズ、html ファイルのサイズを指標とした。

基本的には、被験者がそれぞれのページを閲覧し、「非常に満足」、「やや満足」、「どちらともいえない」、「やや不満」、「非常に不満」の 5 段階にて評価した。またユーザによる

表 5.2: 調査に利用したページの一覧

URL	html ファイルサイズ	画像数	画像総バイト数
http://www.sfc.keio.ac.jp/learning/index.html	13420	19	17368
http://www.transport.gov.za/projects/licence/index.html	10803	8	37673
http://www.thinkquest.org/	9586	19	94893
http://www.president.kz/	1682	4	49005
http://www.mofat.go.kr/english/economy/top.html	3881	12	62166
http://www.agrwat.gov.sa/MawE.htm	23468	4	18850
http://www.kantei.go.jp/	9061	10	95344
http://www.horus.ics.org.eg/html/egypt_today.html	12836	20	133558
http://server.yanbaru.ne.jp/ñago/event/event01_01-99.htm	7407	5	49792
http://www.sfc.keio.ac.jp/	15963	18	26416
http://www.transport.gov.za/projects/index.html	8151	10	22345
http://www.thinkquest.org/conference/	27766	24	118684
http://www.president.kz/articles/Geography/ Geography_container.asp?lng=en&art=tourisme	8521	12	105625
http://www.mofat.go.kr/english/policy/top.html	3119	10	40415
http://www.agrwat.gov.sa/	22528	4	50850
http://www.kantei.go.jp/jp/9910kakuryo/index.html	7374	0	0
http://www.horus.ics.org.eg/html/tour.html	11772	13	56821
http://server.yanbaru.ne.jp/ñago/spot/index_e.htm	648	4	6364
http://www.sfc.keio.ac.jp/ap/curriculum/index.html	17074	18	31306
http://www.transport.gov.za/	4326	8	77174
http://www.thinkquest.org/tqic/	10165	11	13427
http://www.president.kz/main/mainframe.asp?lng=en	586	4	4746
http://www.mofat.go.kr/main/etop.html	977	6	144472
http://www.agrwat.gov.sa/MawPage/ Indicators/GreenHousesE.htm	9192	2	3004
http://www.kantei.go.jp/jp/kids/index.html	3839	5	99414
http://www.horus.ics.org.eg/	8032	7	96207
http://server.yanbaru.ne.jp/ñago/	17292	35	125545

ネットワーク利用の相違を考慮するために、「性別」、「インターネット利用歴」、「最も利用するインターネット環境」、「Web の利用目的」についての調査を同時に行った。

実験は、2000 年 1 月中に、SFC の学生を対象に行った。実施する際に被験者に説明した内容は以下の通りである。

> この調査の目的は、Web ページを閲覧する際に、ネットワークがどの程度の性能をサービスしていれば、ユーザは満足するかということを調べることです。
>
> Part I では、ユーザの属性などについての簡単なアンケートが用意されています。差し支えのない範囲でお答え下さい。
>
> Part II では、簡単な実験に協力していただきます。以下の URL に用意されているリンク集を順番に閲覧していただきます。
>
> http://www.sfc.wide.ad.jp/~kanetaka/sotsuron/experiments/
>
> それぞれのページの内容を示す説明を、「ページ内容説明選択肢」から選び、調査票に記入していただきます。それと同時に、そのページ内容を閲覧するにあたってのネットワークサービスの満足度を「非常に満足」「やや満足」「どちらともいえない」「やや不満」「非常に不満」の 5 段階にて評価し、調査票に記入して下さい。なお、ここでいうネットワークサービスは、「ユーザが必要するデータの転送＆表示速度」と定義しています。実験の際は、以下の点について注意してくださるようお願いします。
>
> - 専用線であるかダイアルアップ接続であるかといったことは考慮せずに評価して下さい。
> - ページ 1 から順番に見て下さい。前のページに戻らないようにお願いします。
> - 「戻るボタン」、「前へボタン」、「リロードボタン」などは使わないようにお願いします。
> - 各ページ送信が終了するまで待った上で、評価を行って下さい。
>
> なお、この実験にて収集したデータは、卒論以外の目的で利用することはありません。
>
> 最後にささやかではありますが、「ページ内容説明リスト」の選択が全問正解の方から抽選で 3 名に 1000 円の生協ギフト券をプレゼントさせていただきます。

同時に行うトラフィック解析により、相関を調べる指標は以下の通りである。

- コネクション時間

  クライアントがサーバに対して、最初にリクエストを送ってから、最後のデータ送信が終了するまでの時間。

- データ転送開始時間

  クライアントがサーバに対して、最初にリクエストを送ってから、最初のデータを含むパケットを受信するまでの時間。

- パケット数

  クライアントがサーバに対して、最初にリクエストを送ってから、最後のデータ送信が終了するまでにやりとりされたパケットの総数。

- コネクション数

  クライアントがサーバに対して、最初にリクエストを送ってから、最後のデータ送信が終了するまでに発生したTCPコネクションの数。

- 総転送量

  コネクションを開いてから閉じるまでに転送したデータの総量。

- RTT平均

  Round Trip Time(RTT)。クライアントがデータを送信してから、サーバからackが戻ってくるまでの時間をRTTと定義し、コネクション内における平均を算出した。

- DUP合計

  遅延によりackなどが2度以上届いた回数の合計。

- 再送合計

  データ遅延、パケットロスなどの理由により、データを再送した回数の合計。

- 平均GAP

  あるパケットを送出してから次のパケットを受け取るまでの時間をGAPと定義し、その平kにを算出した。

- スループット

  1秒あたりに送信可能なデータ量。

なお、ユーザの満足度は、経験に大きく依存することが予測される。例えば日常的に高速なネットワークを利用しているユーザは、性能の期待が高いために満足度の評価は厳しくなる。また個々の閲覧の際も直前に閲覧したページ取得の性能が高い場合には、次の評価が甘くなるという傾向が考えられる。

またユーザの満足度は、WWWを閲覧する目的により異なる可能性がある。具体的には、日常的に研究目的で利用するユーザの満足度と、どんなものかをざっと眺めるために利用するユーザの満足度の指標は大きく異なるはずである。

本研究では、この利用目的との関係を評価するために、「利用時間」、「利用目的」などの設問を調査票に盛り込んだ。

実際のネットワークの満足度指標を作成するためには、このユーザの利用目的を前提とする必要がある。ユーザの利用目的を考慮する手法として3つの方法が考えられる。

第1は、ユーザの利用目的の違いを区別せずに、指標を作成するという手法である。世の中のWWWユーザは、同一の目的のためにWWWを利用すると仮定する。この手法は、指標の生成の際には、式を簡素化することができるという利点がある。この指標は、新しくネットワークを利用しようとするユーザが、満足度を知るためには十分である。それは、新しいユーザがどのような利用を実際にするかをこの時点で知る方法がないからである。

第2の手法は、ユーザを利用目的別に複数のグループに分類することである。ユーザの利用目的は多様であるが、その目的の大部分は複数のグループに分類することができるという仮定に基づいている。具体的には、一般的な大学生ユーザの利用目的、一般的な企業ユーザの利用目的という形で分類する。この手法は、ネットワークのサイトごとにその満足度を評価する際に利用する。

第3の手法は、ユーザの利用目的は多様であり、個別に満足度を作成することである。具体的には、ユーザに簡単な目的を把握するための調査を実施し、パラメータを生成する。そして、パラメータを入力値として、満足度を計算する指標を生成する。この手法は、ユーザ個人個人のニーズに対応することが可能となるために、一人のユーザを対象に最も正確な値を計算することが可能となる。

UPMは3つの手法全てに対応することのできる指標である。

5.2 結果

ここでは、実験の結果についてまとめる。初めに実験の概要及び被験者の属性について述べる。次に満足度と各ネットワーク関連の値の相関関係について分析する。最後に、実用のための指標の作成する。

5.2.1 実験の概要

実験は、慶應義塾大学湘南藤沢キャンパスの学生32人を対象に実施した。実施期間は、2000年1月20日から2000年1月25日までである。場所として、慶應義塾大学湘南藤沢キャンパス大学院τ31を利用した。ネットワークは、WIDEインターネットを利用した。τ31セグメントは10Base-Tにより構成されているネットワークである。実験環境として、PanasonicのLet's Noteを利用した。ネットワークトラフィックの測定には、tcpdumpを利用した。

被験者の概要は、表5.3の通りである。被験者総数32人、うち男27人、女5人である。利用歴は、「3年以上」が23人と全体の72%を占めている。利用環境は、「専用線接続」が19人と全体の56%を占めている。1日の利用時間は、「3時間以上」が21人と全体の66%を占める。全体の傾向として、インターネットを積極的に利用しているヘビーユーザが多いと言える。本来であれば、被験者の選出は、この条件に偏りが生じないように選出するべきであるが、今回は見送った。

表 5.3: 被験者の状況

項目名	人数 (人)	割合 (%)
被験者総数	32	100
男女比		
男	27	84
女	5	16
利用歴		
3 年以上	23	72
2 年以上 3 年未満	3	9
1 年以上 2 年未満	3	9
3 ヵ月以上 1 年未満	3	9
3 ヵ月未満	0	0
接続環境		
専用線	18	56
ISDN 回線	7	22
アナログ回線	7	22
利用時間		
3 時間以上	21	66
1 時間 ~ 3 時間	8	25
30 分 ~ 1 時間	2	6
30 分未満	1	3

表5.4: WWWの利用目的平均値一覧

項目	平均	中央値	最小値	最大値	分散
研究・学習のための情報収集	3.75	4	2	4	0.32
趣味・娯楽情報収集	3.66	4	2	4	0.30
ニュース・生活情報の収集	3.47	4	2	4	0.52
ソフトウェア・画像・音声のダウンロード	3.47	4	1	4	0.64
知人のWebの閲覧	3.41	3.5	1	4	0.51
海外の情報へのアクセス	3.00	3	1	4	0.65
講義のオンラインノートの閲覧	2.91	3	1	4	1.06
Web上の電子掲示版の利用	2.63	2.5	1	4	0.89
遠隔講義の受講	2.22	2.5	1	4	1.27
オンラインゲーム	1.97	2	1	4	1.13
Webチャットへの参加	1.94	1.5	1	4	1.29
就職活動	1.94	1	1	4	1.35
オンラインショッピング	1.78	1	1	4	1.02

WWWの利用目的の平均値一覧を表5.4に示す。「趣味・娯楽情報収集」、「研究・学習のための情報収集」はそれぞれ3.66、3.75と高得点であった。「就職活動」、「オンラインゲーム」など特殊な用途を除き、全体的に積極的にインターネットを活用している。

次に満足度評価の結果に関する概要についてまとめる。表5.5、表5.6は、各ページ、各ホストの満足度の結果について、まとめたものである。具体的には、平均、中央値、最小値、最大値、分散についてまとめた。この表を見る限りでは、各ページ、各ホストそれぞれ満足度の結果に有意の差を見ることができる。表5.6には、サーバを選択する際に利用したホスト別のRTTを含めた。平均とRTTを比較すると一概に判断はできないが、弱い相関が見られる。

5.2.2 属性値の分析

被験者の属性値に関する分析を行う。その結果を表5.7に示す。全ての項目に関して、満足度との相関係数は、-0.1から0.1の間であり、有意な相関は見られなかった。

個別要素の相関は、いくつか見られた。利用時間と目的11「海外への情報へのアクセス」の相関係数は0.53であった。目的1「趣味・娯楽情報収集」と目的4「Web上の電子掲示板の利用」の相関係数は0.56であった。目的2「ニュース・生活情報の収集」と目的10「広義のオンラインノートの閲覧」の相関係数は0.51であった。目的2「ニュース・生活情報の収集」と目的11「海外の情報へのアクセス」の相関係数は0.51であった。目的6「オンラインショッピング」と目的13「遠隔講義の受講」の相関係数は0.56であった。目的10「講義のオンラインノートの閲覧」と目的13「遠隔講義の受講」の相関係数は0.52であった。

表 5.5: ページ毎平均値等一覧

ホスト名	ページ名	平均	中央値	最小値	最大値	分散
ホスト 1	ページ 1	4.88	5	3	5	0.18
	ページ 10	4.91	5	4	5	0.09
	ページ 19	4.91	5	4	5	0.09
ホスト 2	ページ 2	2.69	3	1	5	1.51
	ページ 11	2.97	3	1	5	1.45
	ページ 20	2.66	3	1	5	1.33
ホスト 3	ページ 3	3.47	4	1	5	1.35
	ページ 12	3.75	4	2	5	0.97
	ページ 21	4.16	4	2	5	0.59
ホスト 4	ページ 4	2.43	2	1	5	1.43
	ページ 13	2.44	2	1	5	1.54
	ページ 22	2.16	2	1	4	1.30
ホスト 5	ページ 5	3.91	4	2	5	0.60
	ページ 14	3.81	4	1	5	1.25
	ページ 23	2.84	3	1	5	1.04
ホスト 6	ページ 6	3.43	4	1	5	1.56
	ページ 15	3.17	4	1	5	1.29
	ページ 24	4.07	4	2	5	0.96
ホスト 7	ページ 7	4.50	5	1	5	1.16
	ページ 16	4.63	5	2	5	0.82
	ページ 25	4.75	5	3	5	0.32
ホスト 8	ページ 8	2.41	2	1	5	1.47
	ページ 17	2.13	2	1	5	1.21
	ページ 26	2.75	2.5	1	5	1.48
ホスト 9	ページ 9	2.78	3	1	5	1.60
	ページ 18	2.19	2	1	4	0.80
	ページ 27	2.22	2	1	5	1.14

表 5.6: ホスト別平均

ホスト名	平均	中央値	最小	最大	分散	RTT
ホスト 1	4.90	5	3	5	0.12	1
ホスト 2	2.77	3	1	5	1.42	878
ホスト 3	3.79	4	1	5	1.03	263
ホスト 4	2.34	2	1	5	1.41	1665
ホスト 5	3.52	4	1	5	1.18	294
ホスト 6	3.55	4	1	5	1.39	1012
ホスト 7	4.63	5	1	5	0.76	11
ホスト 8	2.43	2	1	5	1.43	565
ホスト 9	2.40	2	1	5	1.23	460

表 5.7: ユーザ属性関連値相関係数一覧

	満足度	性別	利用歴	環境	利用時間	目的 1	目的 2	目的 3	目的 4
満足度	1.00								
性別	0.11	1.00							
利用暦	-0.02	-0.52	1.00						
環境	-0.12	0.14	0.21	1.00					
利用時間	-0.01	0.03	0.25	0.41	1.00				
目的 1	-0.02	-0.51	0.31	-0.15	-0.08	1.00			
目的 2	-0.05	-0.15	0.09	-0.05	0.32	0.15	1.00		
目的 3	-0.06	0.05	0.07	0.07	-0.05	0.01	0.29	1.00	
目的 4	-0.03	-0.19	0.24	0.04	0.24	0.56	-0.07	-0.19	1.00
目的 5	-0.06	0.04	0.04	0.20	-0.01	0.28	-0.09	0.17	0.42
目的 6	-0.07	-0.24	0.28	0.22	0.26	0.38	0.45	0.13	0.40
目的 7	-0.07	-0.19	0.26	0.21	0.21	0.16	0.42	0.31	0.12
目的 8	-0.16	-0.35	0.12	0.09	0.07	0.29	0.45	0.20	0.23
目的 9	-0.05	0.11	-0.06	-0.09	0.18	0.05	0.13	-0.05	0.29
目的 10	-0.06	0.05	0.06	0.00	0.10	-0.01	0.51	0.40	-0.02
目的 11	-0.04	-0.21	0.15	0.10	0.53	0.21	0.51	0.35	-0.10
目的 12	-0.06	-0.23	0.31	0.08	0.05	0.42	-0.16	-0.29	0.43
目的 13	-0.18	-0.15	0.13	0.37	0.35	0.16	0.59	0.40	0.26

	目的 5	目的 6	目的 7	目的 8	目的 9	目的 10	目的 11	目的 12	目的 13
満足度									
性別									
利用暦									
環境									
利用時間									
目的 1									
目的 2									
目的 3									
目的 4									
目的 5	1.00								
目的 6	-0.01	1.00							
目的 7	-0.15	0.48	1.00						
目的 8	0.14	0.40	0.23	1.00					
目的 9	-0.04	0.23	0.05	-0.23	1.00				
目的 10	0.12	0.30	0.33	0.41	0.24	1.00			
目的 11	0.06	0.24	0.22	0.31	-0.17	0.31	1.00		
目的 12	0.23	0.09	0.08	0.05	-0.02	-0.10	0.06	1.00	
目的 13	0.29	0.56	0.44	0.34	0.29	0.52	0.34	0.02	1.00

表 5.8: 各項目検定結果一覧

項目名	計測された分散	F 境界値
性別	2.23	4.17
利用歴	0.36	2.95
利用環境	1.70	3.33
利用時間	0.14	2.94
目的 1	0.05	3.33
目的 2	0.33	3.33
目的 3	0.52	3.33
目的 4	0.88	2.95
目的 5	1.20	2.95
目的 6	0.28	2.95
目的 7	0.53	2.95
目的 8	2.68	2.95
目的 9	0.67	2.95
目的 110	0.59	2.95
目的 12	0.87	2.95
目的 13	1.62	2.95
目的 14	2.07	2.95

次に個別の結果について、統計的な有意な差があるかどうかを分散分析を用いて検定した。各項目の結果を表5.8に示す。全ての項目について、「計測された分散」が「F 境界値」を下回ったため、統計的に有意な差は見られなかった。

5.2.3 総合的な結果

満足度の結果とネットワークの各値の相関関係について分析する。今回分析する各ネットワーク性能評価項目と満足度との相関係数を表 5.9 にまとめた。「コネクション時間」、「データ転送量」、「RTT 平均」はそれぞれ-0.40、-0.47、-0.51 と弱い負の相関が見られた。

図5.1は、満足度とコネクション時間の相関をプロットしたものである。満足度が上がるに連れて、コネクション時間の分散が縮まるという傾向が見られる。満足度1、2、3 には外れ値が見られる。満足度 3 のときに 600 秒近くに分布している点が見られる。この原因については、究明したが結論は得られなかった。

図5.2は、満足度とデータ転送開始時間のグラフである。満足度が上がるに連れて、データ転送開始時間の分散が縮まるという傾向が見られる。満足度 1 と 2 と 3 には、外れ値が見られる。

図5.3は、満足度と RTT 平均の相関である。満足度が上がるに連れて、RTT 平均は分散

表 5.9: ネットワーク関連値相関係数一覧

	満足度	コネクション時間	データ転送開始時間	パケット数	コネクション数	総転送量	RTT平均	DUP合計	再送合計	平均GAP	スループット
満足度	1.00										
コネクション時間	-0.40	1.00									
データ転送開始時間	-0.47	0.63	1.00								
パケット数	-0.31	-0.08	0.35	1.00							
コネクション数	-0.15	-0.20	0.17	0.80	1.00						
総転送量	-0.34	0.01	0.37	0.92	0.54	1.00					
RTT平均	-0.51	0.60	0.57	-0.01	-0.05	0.04	1.00				
DUP合計	-0.08	0.15	0.17	-0.09	-0.36	-0.02	0.08	1.00			
再送合計	-0.19	-0.21	0.17	0.81	0.94	0.60	-0.05	-0.33	1.00		
平均GAP	-0.22	0.09	0.26	0.53	0.05	0.80	0.03	0.08	0.08	1.00	
スループット	0.07	-0.41	-0.11	0.59	0.68	0.46	-0.30	-0.25	0.70	0.16	1.00

が縮まるという傾向が見られる。満足度1に、大きな外れ値がある。満足度3と4には大きな差は見られない。

一方、「パケット数」、「コネクション数」、「DUP合計」、「再送合計」、「平均GAP」、「スループット」は、満足度との有意な相関は見られなかった。

5.3 指標の作成

相関分析により満足度と相関の高い指標として、「RTT平均」、「データ転送開始時間」、「総データ転送量」が得られた。この3つの指標をもとに、重回帰分析を行うことにより、指標を作成した。なお、ユーザの属性は検定の結果統計的に有意な差が見られなかったため、指標から外した。重回帰分析の結果は、表5.10の通りである。作成した指標は次の通りである。

$$U = -0.70r + -0.0059s + -0.0048t + 4.96$$

U: UPM(満足度指標)
r: RTT平均
s: データ転送開始時間
t: 総転送量(k)

この式の信頼性を示す指標として、重相関係数がある。結果は0.61であり、統計的に有意な傾向を示している。標準誤差は1.10であり、5段階評価におけるこの値は小さくはない。今後検討が必要である。

RTT平均の観測値と予測値をプロットしたものが図5.4である。観測値に注目すると、満足度が上がるに連れて、RTT平均の分散が縮まる傾向にある。しかし、満足度1の際のRTT平均の値には、外れ値が存在する。予測値に注目すると、4.96をy切片とする右下が

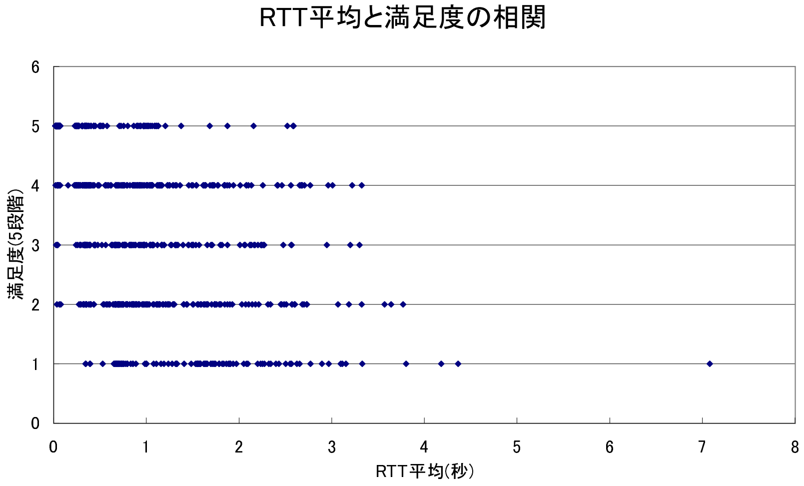


図 5.1: 満足度とコネクション時間の相関

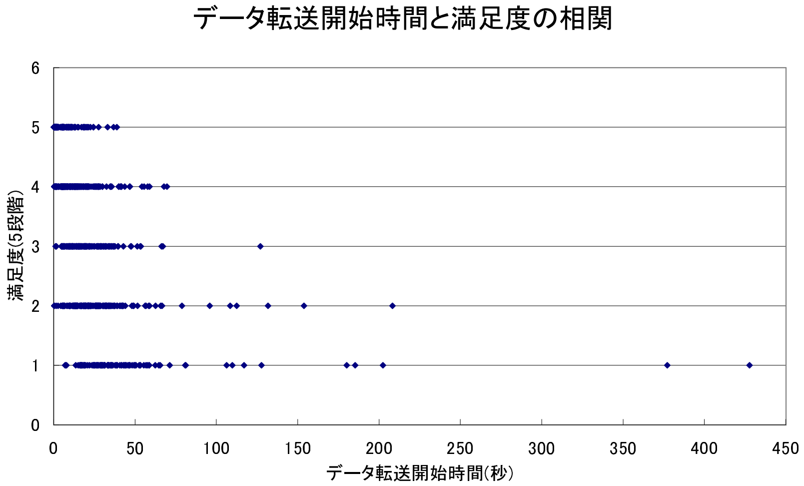


図 5.2: 満足度とデータ転送開始時間の相関

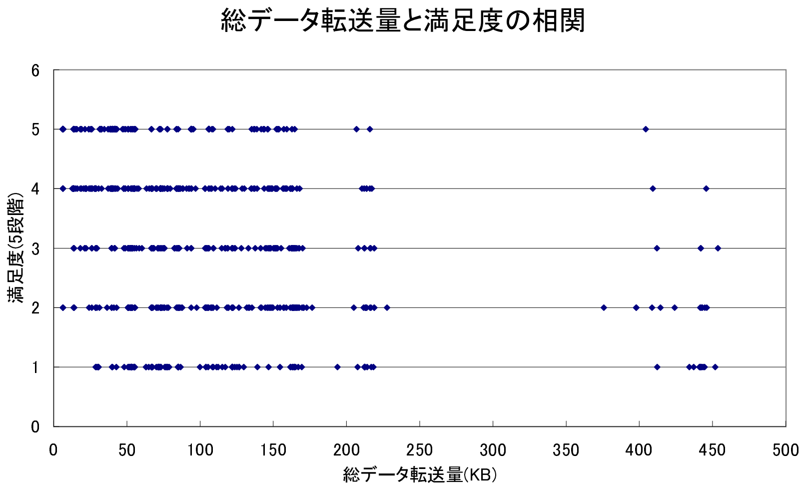


図 5.3: 満足度と RTT 平均の相関

表 5.10: 重回帰分析回帰統計

重相関 R	0.61
重決定 R2	0.37
補正 R2	0.37
標準誤差	1.10
観測数	844

りの緩やかな直線に分布している。

データ転送開始時間の観測値と予測値をプロットしたものが図5.5である。観測値に注目すると、満足度が上がるに連れて、分散が縮まるものの満足度別の大きな差は見られない。満足度が低い方が外れ値が多いという傾向にある。予測値に注目すると4.96をy切片とする右下がりの急な直線上に分布している。

総データ転送量の観測値と予測値をプロットしたものが図5.6である。観測値に注目してみると、満足度別に有意な差は見られない。満足度1の際に0付近の分布が他の満足度に比べやや少ないといった傾向が見られる。予測値に注目すると、4.96をy切片とする右下がりの緩やかな直線上に分布している。

RTT平均は、ユーザの満足度に最も影響を与える指標であると考えられる。ユーザがWWWを閲覧する際には、データが少しづつでも届いているという実感があれば満足度は極端には下がらないということが考えられる。そのために最も必要な指標は、RTT平均である。同様にデータ転送開始時間も重要である。データ転送開始時間は、リクエストを送ってから実際にデータが届き始めるまでの時間を指す。リクエストを送ってから長い間ページが表示し始めないことに対する満足度の低下は大きいことが予測される。総転送量が重要であると考える理由は総転送量は最終的にデータが全て届くまでの長さを反映する値であるからである。

一方スループットについては、満足度の影響が強いのではないかと予測していたが、実験では有意な結果は見られなかった。その理由としては、スループットは、連続するデータ量を手もとにコピーする場合には重要な指標であるが、WWWのように到着したデータから順番に表示して行く仕組みでは、届いた情報から順番に見ていくために、重要度が下がると考えられる。

外れ値が多い理由としては、実験の手法によるものであると考えられる。今回の測定では、接続したコネクションを閉じてから被験者は評価を行った。従って実際にはコネクション時間が長い場合には、別のページに移るか停止ボタンを押してしまい、満足度は1になるはずである。この外れ値の処理の方向については今後検討していく必要がある。

平均の残差をプロットしたものが図5.7である。大部分は残差は1前後に分布しているが、2を超えるものも少なくない。RTT平均が上がるに連れて、誤差が減少する傾向にある。

データ転送開始時間の残差をプロットしたものが図5.8である。大部分は、データ転送開始時間50秒以内に分布しているが、中には外れ値が見られる。残差は、大部分は2以内に収まる。

総データ転送量の残差をプロットしたものが図5.9である。大部分は、総データ転送量200kバイト以内、残差は＋ 2.00から－ 2.00の間に収まる。

全体として残差は大きく、今後この処理については検討する必要がある。

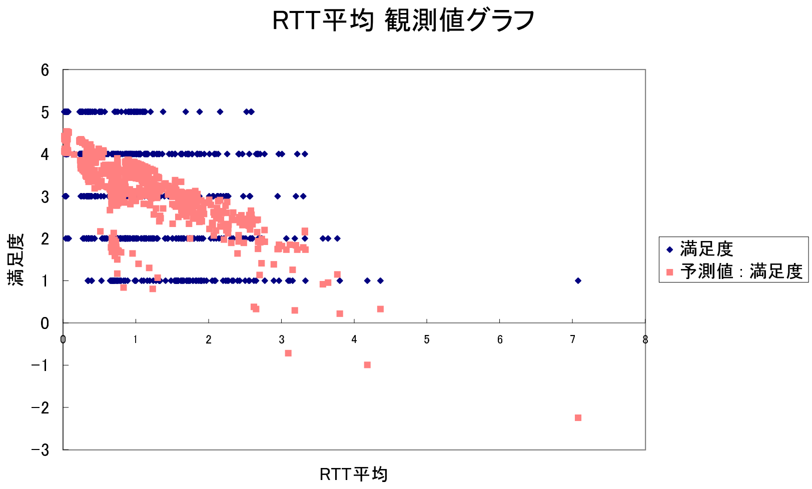


図 5.4: RTT 平均の観測値と予測値

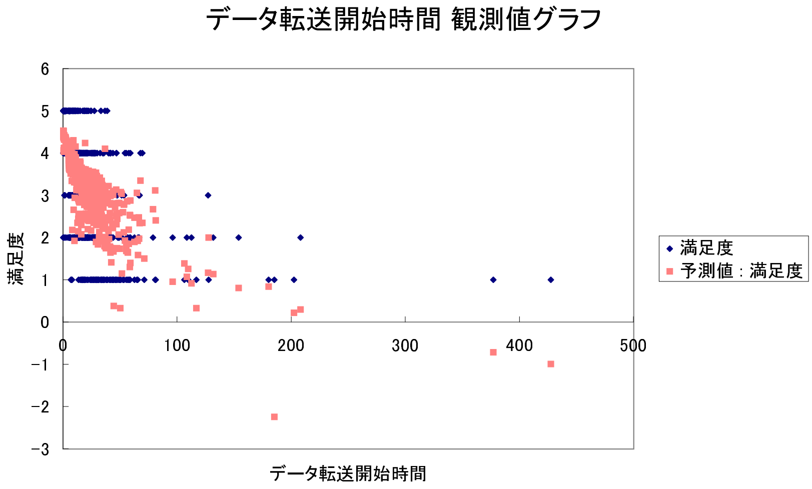


図 5.5: データ転送開始時間の観測値と予測値

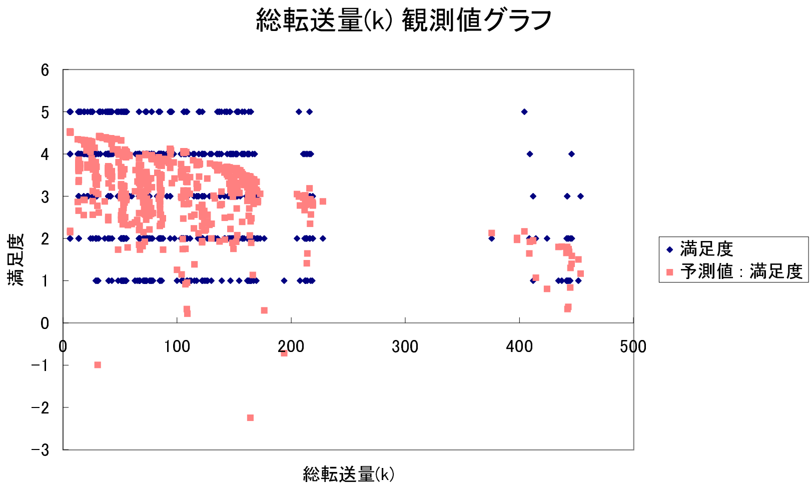


図 5.6: 総データ転送量の観測値と予測値

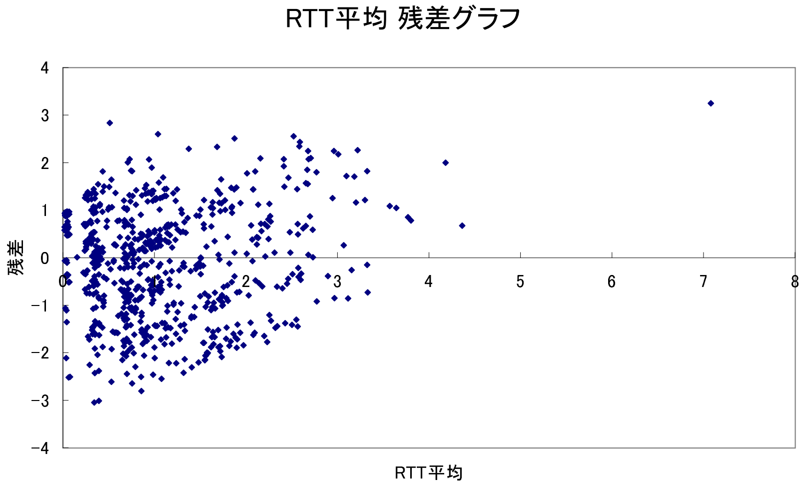


図 5.7: RTT 平均の残差

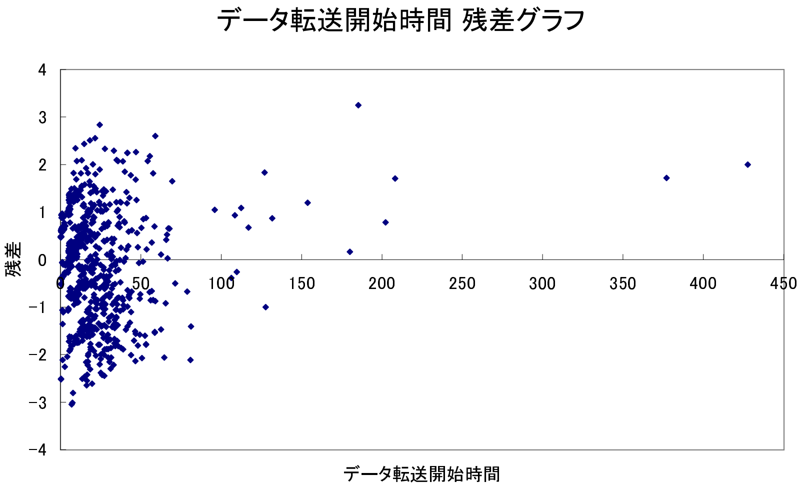


図 5.8: データ転送開始時間の残差

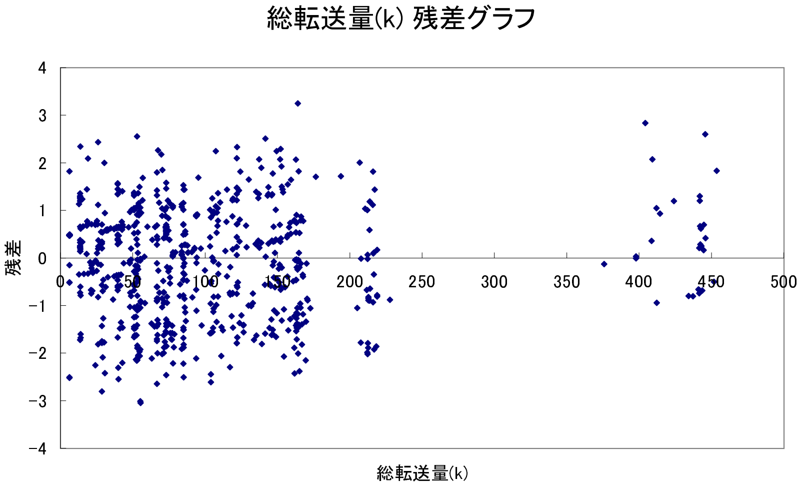


図 5.9: 総データ転送量の残差

第 6 章

評価

本章ではUPMの評価を行う。前半では前章で作成した指標を利用し、実際にネットワークの性能評価の実験を行う。この実験を行うことにより、UPMの指標の有効性を示す。後半では、他の性能評価指標と比較しUPMの有効性を示す。

6.1 測定実験

測定実験の概要について説明する。表6.1に2地点の性能を比較を示す。

上記の2地点はネットワークの接続環境の相違を考慮し決定した。それぞれの地点において、ネットワークの性能を評価した。実際のネットワークを測定には、tcpdumpを用いた。測定の条件について表6.2に示す。

それぞれのネットワークの24時間のWWWのトラフィックをまとめたものを図6.1と図6.2に示す。サイトAのトラフィックには偏りが見られる。特に1時から7時にかけてはトラフィックが増大する。これは、サイトAに設置してるホストが夜間に実験を行っているためであり、ユーザが利用したものではない。この実験は、予め生成されているURLリストに基づき、夜間に順番のWebページのデータを取得するというものである。日中は少

表 6.1: ホストの性能比較

	サイトA	サイトB
接続形態	専用線/WIDE インターネット 藤沢NOC	OCN エコノミー (最大128Kbps, 常時接続)
場所	慶應大学 SFC(t31)	マンション (village)
OS	FreeBSD2.2.8	FreeBSD2.2.8
CPU	Pentium 166Mhz	Pentium Pro
memory	32MB	10MB

表 6.2: 測定の条件

測定時間	2000 年 1 月 26 日 (水) 午前 0 時から 2000 年 1 月 27 日 (木) 午前 0 時まで
測定内容	WWW ページの取得時間
測定箇所	サイト A、サイト B の 2 箇所

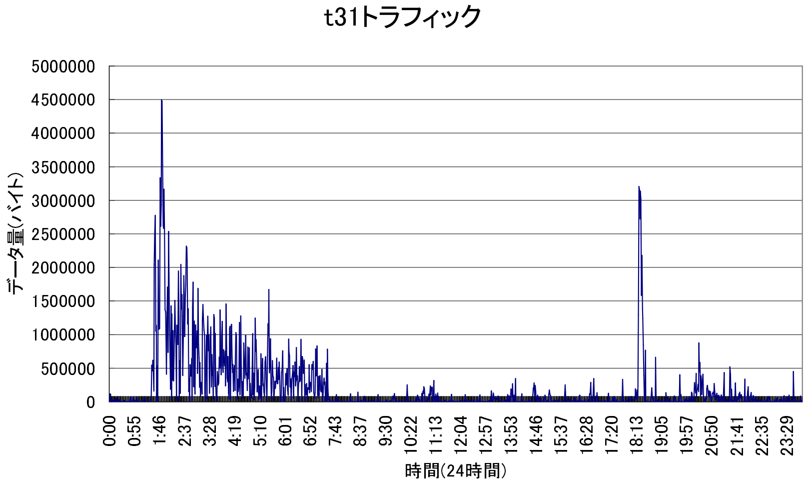


図 6.1: サイト A トラフィック

なく、夜になるに連れて増加していくというパターンである。サイト B のトラフィックは、分散しているが、夕方から夜にかけてピークを向かえる。

表 6.3は、実験の結果を表にまとめたものである。サイト A のトラフィックについては、実験にて利用されている WWW のコネクションは除外し集計した。WWW が十分利用されていない時間は、NA(適用外) と記した。時間帯による評価値の性能の変動は見られない。総合的な値は、サイト A は 4.75、サイト B は 4.70 とどちらも満足度が高いという結果がでた。

6.2 他の性能評価指標との比較

他の性能評価指標との比較を行う。本研究では、ユーザの視点に基づく性能評価指標を提案した。UPM が他の手法に比べて優れている点は以下の通りである。表 6.4に他の評価

表 6.3: 実験結果

時間	サイト A	サイト B
0 時	4.06	NA
1 時	4.38	NA
2 時	NA	4.91
3 時	4.93	4.87
4 時	4.64	4.91
5 時	4.84	4.85
6 時	4.73	NA
7 時	4.85	4.91
8 時	4.84	4.84
9 時	4.81	NA
10 時	4.49	NA
11 時	4.88	NA
12 時	4.92	4.91
13 時	4.91	NA
14 時	NA	NA
15 時	4.86	3.16
16 時	NA	4.66
17 時	4.91	NA
18 時	4.71	4.81
19 時	4.91	NA
20 時	NA	4.77
21 時	4.82	4.78
22 時	4.91	4.63
23 時	4.58	4.74
平均	4.75	4.70

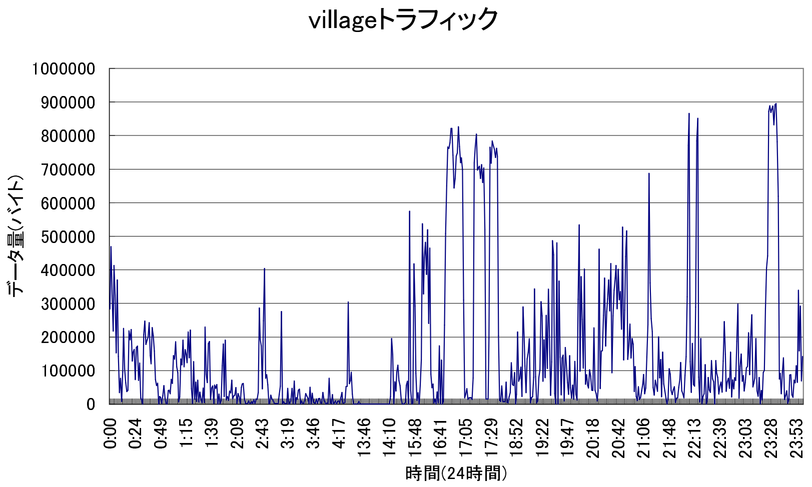


図 6.2: サイト B トラフィック

表 6.4: 性能評価指標の比較

	RTT	スループット	アンケート調査	UPM
実測値である	○	○	○	○
ユーザの視点が含まれる	×	×	○	○
測定が容易	○	○	×	○
比較できる	○	○	×	○

手法との比較を示す。

RTT、スループットなどは、ネットワークの性能評価を行なうための基準である。これらの値は、WWW を利用するというユーザの満足度の指標としてそのまま適用することができない。またインターネット関連の雑誌で取り上げられている ISP 評価は、主観によるアンケート調査に基づいているので、ネットワークの性能を客観的に比較することができないことに問題がある。

本研究で提案した手法は、RTT、スループットなどの tcpdump を利用することにより容易に測定することのできる実測値から満足度を導き出す指標である。

他の測定ツールの多くは、2 点間の性能の測定を行なう際に 2 箇所に測定ツールを設置する必要がある。一方、本論文で提案する手法は測定するホスト 1 箇所に測定ツールを設置することで測定を行うことが可能である。

第 7 章

今後の課題

本研究では、ユーザの視点に基づいたネットワーク性能評価を提案した。今後の課題は以下の通りである。

本研究では、対象とするアプリケーションをWWWに限定した。これは、第4章で論じた通り、ユーザが最も良く利用するアプリケーションであり、この性能がユーザがネットワークを利用したときの満足度に対し、最も大きな影響を与えるからである。しかし、電子メールなど他のアプリケーションの利用に関する満足度なども検討していく必要がある。また、WWWの開発によりインターネットの利用動向が急激に変化したように、新しいアプリケーション、例えばストリーミングの技術が開発されると同時に、今後利用動向が変化していく可能性も考えられる。新たに実用化されるアプリケーションの評価指標についても検討していく必要がある。

指標作成のための実験の際のサンプル数も課題である。今回の実験は、時間の関係上32人のみに留まった。この人数で、ネットワークの指標と満足度の相関関係について分析することができた。しかし、サンプルがSFCの学生に偏ってしまっているという問題があった。また、ユーザの利用歴、利用頻度、利用目的別に満足度がどのように変化するかといったことも分析しようと考えていたが、サンプル数の少なさが原因で、統計的に有意な結果は見られなかった。今後偏りのない状態で、サンプル数を増やす必要がある。

測定実験についても課題が多い。今回は、接続環境の異なる2箇所を選択し、実験を行ったが、2箇所では不十分であった。実験期間も平日の24時間のみであり不十分であった。また、2箇所のサイトにおいて、それぞれの利用状況を測定したが、サイト個々に応じて利用状況が異なる。従って、例えば新しいインターネットユーザがどちらのネットワークを選ぶかというときの指標として使うことはできない。これに対応するためには、例えば日本人が一般的に良く利用する100個のURLのリストを定期的に閲覧するスクリプトを走らせてその結果を解析するといった方法が考えられる。

第 8 章

終わりに

本研究ではユーザの視点に基づいたネットワークの性能評価の指標を提案した。具体的には、ユーザが最も良く使うアプリケーションとしてWWWサービスを選び、あるネットワークを利用した際のユーザの満足度を定量的に評価する指標である。本研究にて提案した、「ユーザの視点に基づいたネットワークの性能評価指標」を“UPM: User-oriented Perfomance Metrics”と呼ぶ。

指標の作成のために心理測定法による実験を行った。地理的・ネットワークトポロジー的に分散するサイズの異なる27のWebページを選び、32人の被験者がそのページを閲覧した際のサービスの満足度を5段階で評価した。それと同時に、ネットワークのトラフィック測定を行い、RTT平均、コネクション時間などの既存のネットワークの性能評価指標と被験者の満足度の相関を分析した。解析の結果、RTT平均、データ転送開始時間、総転送量は、満足度と統計的に有意な相関が見られた。一方パケット数、コネクション数、スループットなどは、満足度との有意な相関は見られなかった。この結果に基づき、重回帰分析を行い指標を作成した。指標における説明変数は、RTT平均、データ転送開始時間、総データ転送量とした。評価式は以下の通りである。

$$U = -0.70r + -0.0059s + -0.0048t + 4.96$$

U:　UPM(満足度指標)
r:　RTT平均
s:　データ転送開始時間
t:　総転送量(k)

また、性別、利用歴、利用環境、利用時間、利用目的などのユーザの属性により、ネットワークの利用した際の満足度に有意な差があるかを検証した。そのために実験を行う際に同時に簡単なアンケート調査を行った。この結果に対して、分散分析を用いて検定を行っ

た結果、全てのユーザの属性に関する値について、統計的に有意な差は見られなかった。

最後に作成した指標を用いて、実際に接続環境と異なる2つのネットワークの性能を評価を行った。具体的には、2つのネットワークにおいてネットワーク測定を24時間行い、その結果からRTT平均、データ転送開始時間、総転送量を算出した。そして作成した指標に基づき満足度を算出した。

謝辞

本論文を執筆するにあたって、多くの方にお世話になった。

村井研究室に入りたての頃より研究のみならず様々な面において、指導して下さった慶應義塾大学政策・メディア研究科博士課程宮川祥子氏、修士課程河合敬一氏、慶應義塾大学SFC研究所新美誠氏に感謝する。

本論文を執筆するために、実験に協力して下さった被験者の方々に感謝する。

本論文を執筆するにあたり、様々な面で支援して下さった、慶應義塾大学環境情報学部村井研究室「インターネットの普及に関する研究グループ」(PIE)の後輩達に感謝する。

本論文を進めるにあたり、内容について直接指導して下さった、慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科修士課程土井裕介・折田明子夫妻に感謝する。

1年次よりこの卒論に至るまで、研究のみならず、日常生活の面まで含め、御指導頂いた慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科修士課程石橋啓一郎氏に感謝する。

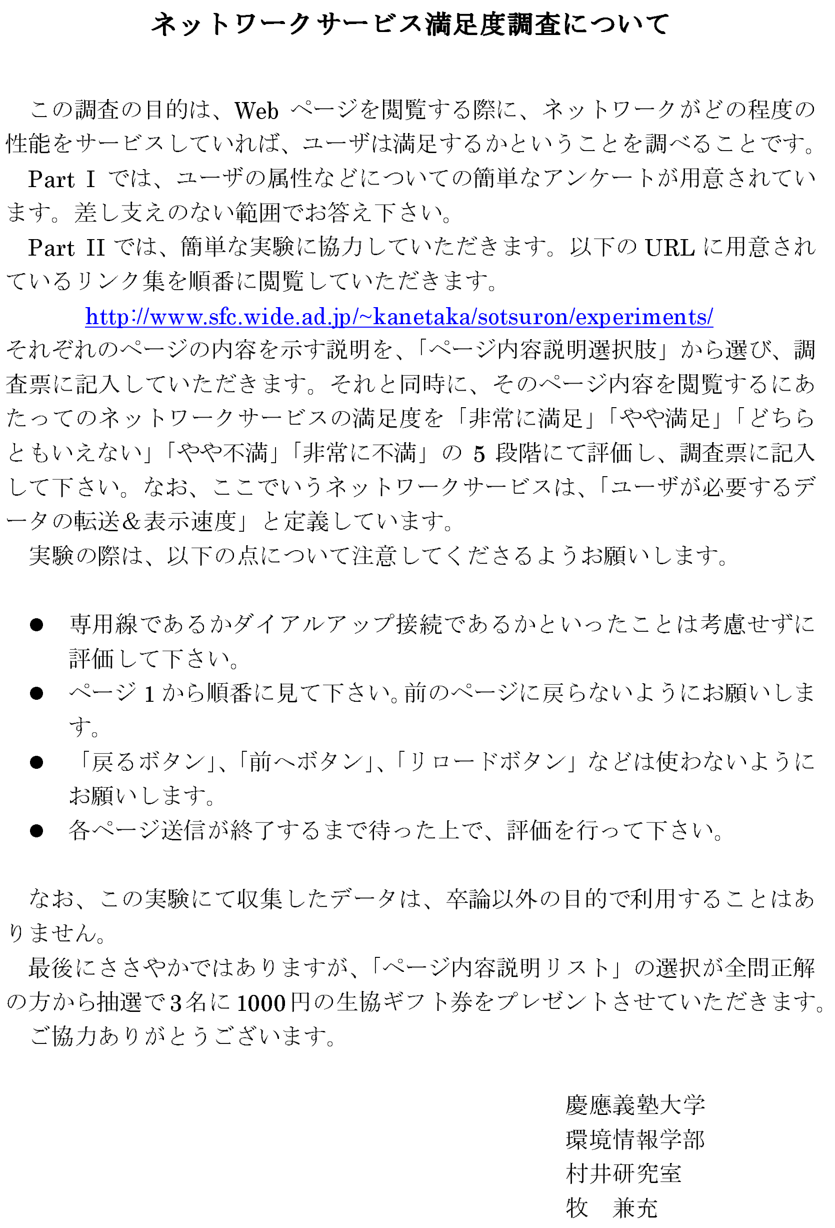
研究室において、研究に関する相談にのって下さった、慶應義塾大学環境情報学部助教授楠本博之氏、専任講師中村修氏に感謝する。

最後に、研究室において、研究のみならず、人生の指針まで含め大きな影響を与えて下さった慶應義塾大学環境情報学部教授村井純氏に感謝する。

付録

本論文の付録として以下を添付する。

- 実験用解説プリント
- 実験用調査票
- 実験用ページ選択肢プリント



ネットワークサービス満足度調査について

この調査の目的は、Web ページを閲覧する際に、ネットワークがどの程度の性能をサービスしていれば、ユーザは満足するかということを調べることです。

Part I では、ユーザの属性などについての簡単なアンケートが用意されています。差し支えのない範囲でお答え下さい。

Part II では、簡単な実験に協力していただきます。以下の URL に用意されているリンク集を順番に閲覧していただきます。

http://www.sfc.wide.ad.jp/~kanetaka/sotsuron/experiments/

それぞれのページの内容を示す説明を、「ページ内容説明選択肢」から選び、調査票に記入していただきます。それと同時に、そのページ内容を閲覧するにあたってのネットワークサービスの満足度を「非常に満足」「やや満足」「どちらともいえない」「やや不満」「非常に不満」の 5 段階にて評価し、調査票に記入して下さい。なお、ここでいうネットワークサービスは、「ユーザが必要するデータの転送＆表示速度」と定義しています。

実験の際は、以下の点について注意してくださるようお願いします。

- 専用線であるかダイアルアップ接続であるかといったことは考慮せずに評価して下さい。
- ページ 1 から順番に見て下さい。前のページに戻らないようにお願いします。
- 「戻るボタン」、「前へボタン」、「リロードボタン」などは使わないようにお願いします。
- 各ページ送信が終了するまで待った上で、評価を行って下さい。

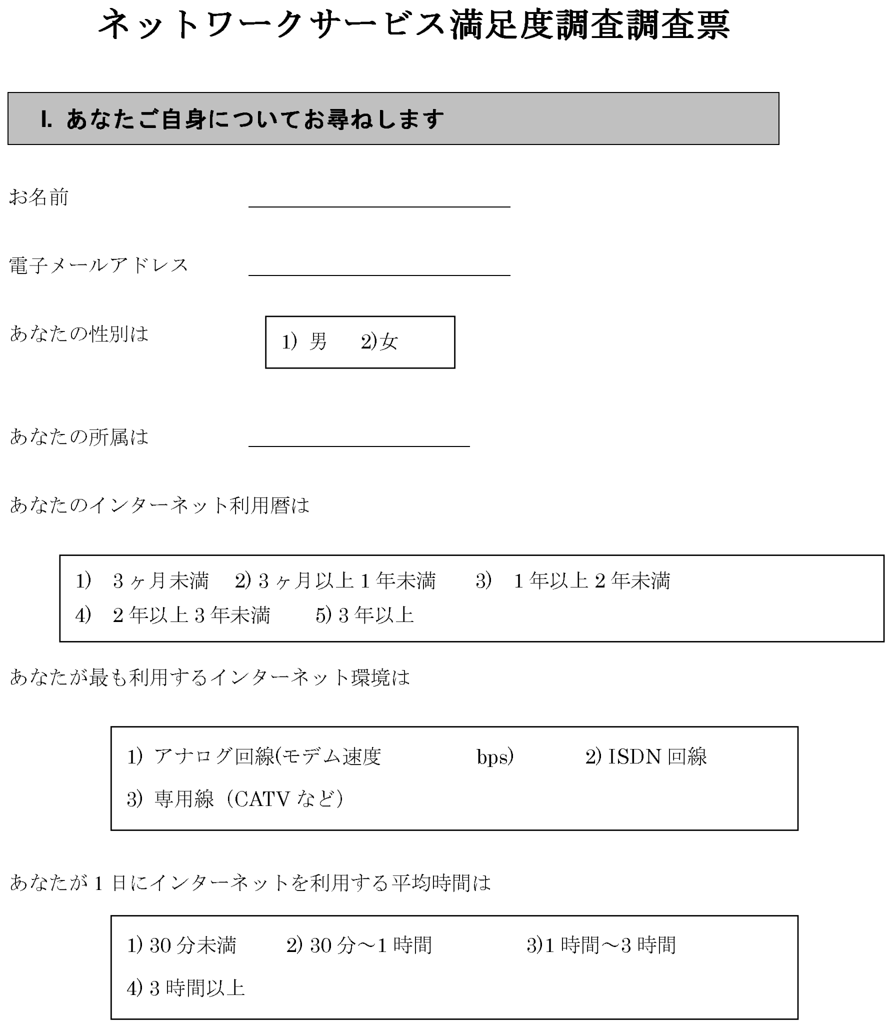
なお、この実験にて収集したデータは、卒論以外の目的で利用することはありません。

最後にささやかではありますが、「ページ内容説明リスト」の選択が全問正解の方から抽選で 3 名に 1000 円の生協ギフト券をプレゼントさせていただきます。

ご協力ありがとうございます。

慶應義塾大学
環境情報学部
村井研究室
牧　兼充

図 8.1: 実験解説プリント



ネットワークサービス満足度調査調査票

I. あなたご自身についてお尋ねします

お名前 ＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

電子メールアドレス ＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

あなたの性別は

1) 男　2)女

あなたの所属は ＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

あなたのインターネット利用暦は

1)　3ヶ月未満　2) 3ヶ月以上1年未満　3)　1年以上2年未満
4)　2年以上3年未満　5) 3年以上

あなたが最も利用するインターネット環境は

1) アナログ回線(モデム速度　　　bps)　2) ISDN回線
3) 専用線（CATVなど）

あなたが1日にインターネットを利用する平均時間は

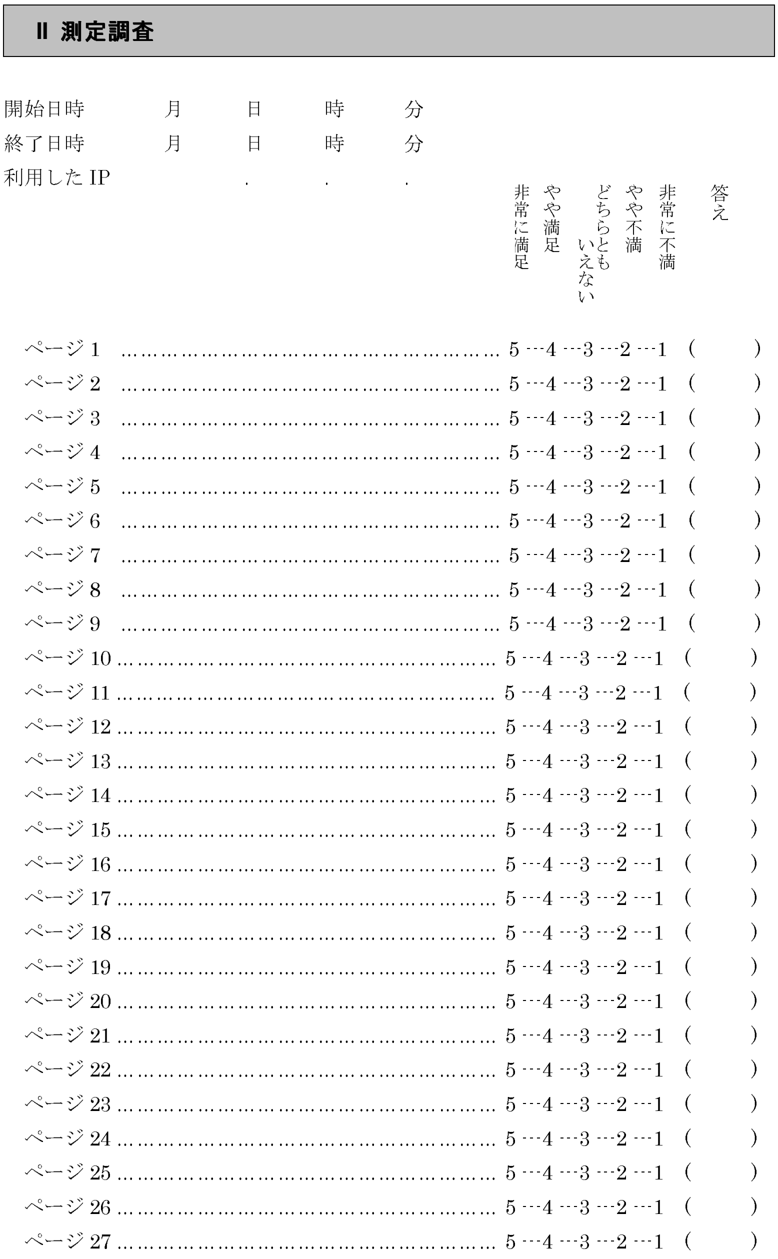
1) 30分未満　2) 30分〜1時間　3)1時間〜3時間
4) 3時間以上

図 8.2: 調査票ページ1

あなたはどんな目的でWebにアクセスしますか。以下の各項目の利用頻度についてあてはまるものを選んでください。

		よく利用する	たまに利用する	ほとんど利用しない	全く利用しない
1	趣味・娯楽情報収集	4	3	2	1
2	ニュース・生活情報の収集	4	3	2	1
3	研究・学習ための情報収集	4	3	2	1
4	Web上の電子掲示板の利用	4	3	2	1
5	Webチャットへの参加	4	3	2	1
6	オンラインショッピング	4	3	2	1
7	就職活動	4	3	2	1
8	ソフトウェア・画像・音声のダウンロード	4	3	2	1
9	知人のWebの閲覧	4	3	2	1
10	講義のオンラインノートの閲覧	4	3	2	1
11	海外の情報へのアクセス	4	3	2	1
12	オンラインゲーム	4	3	2	1
13	遠隔講義の受講	4	3	2	1

図 8.3: 調査票ページ2



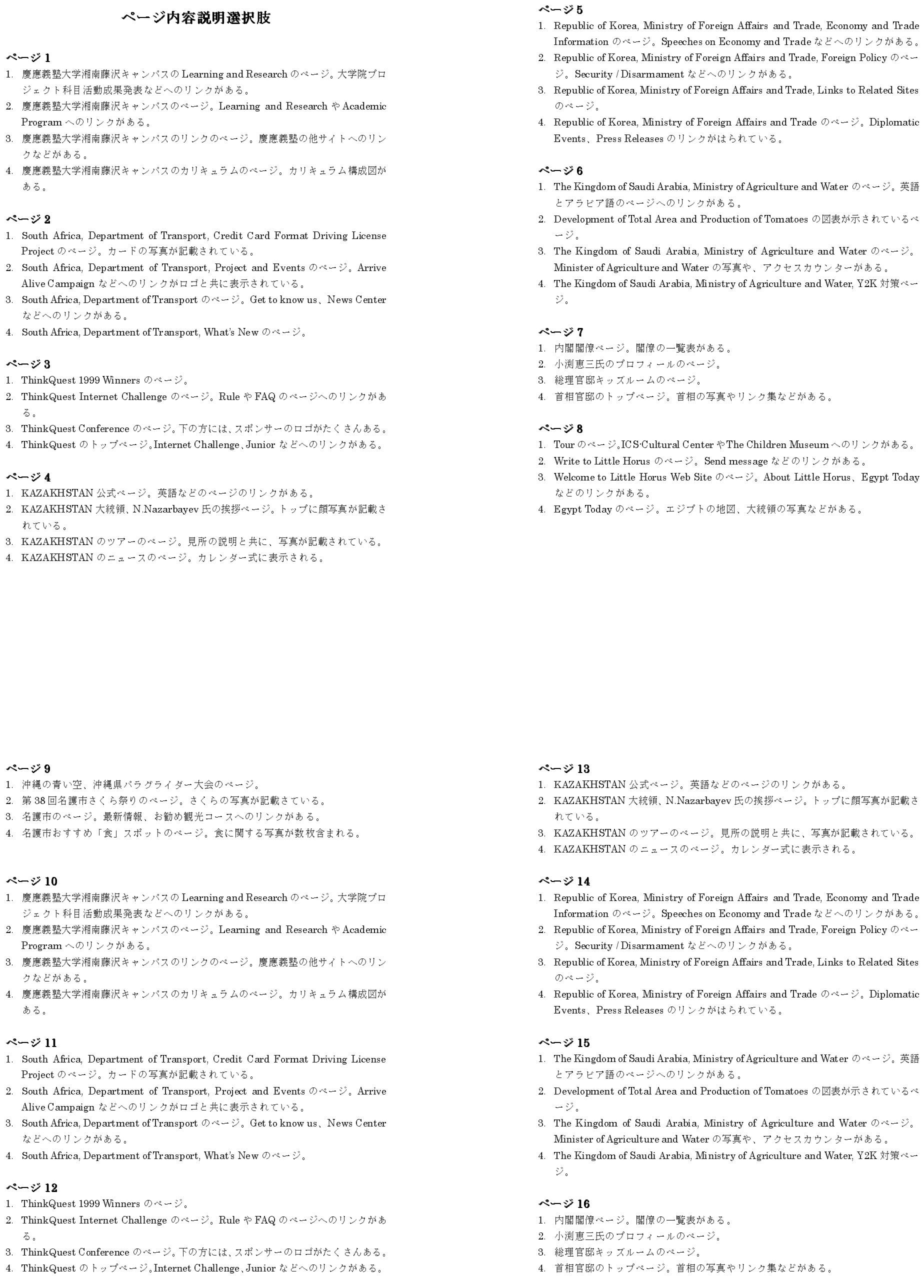
Ⅱ 測定調査

開始日時　月　日　時　分
終了日時　月　日　時　分
利用したIP　.　.　.

非常に満足　やや満足　どちらともいえない　やや不満　非常に不満　答え

ページ1 ……………………………………………… 5 ---4 ---3 ---2 ---1 (　)
ページ2 ……………………………………………… 5 ---4 ---3 ---2 ---1 (　)
ページ3 ……………………………………………… 5 ---4 ---3 ---2 ---1 (　)
ページ4 ……………………………………………… 5 ---4 ---3 ---2 ---1 (　)
ページ5 ……………………………………………… 5 ---4 ---3 ---2 ---1 (　)
ページ6 ……………………………………………… 5 ---4 ---3 ---2 ---1 (　)
ページ7 ……………………………………………… 5 ---4 ---3 ---2 ---1 (　)
ページ8 ……………………………………………… 5 ---4 ---3 ---2 ---1 (　)
ページ9 ……………………………………………… 5 ---4 ---3 ---2 ---1 (　)
ページ10 ……………………………………………… 5 ---4 ---3 ---2 ---1 (　)
ページ11 ……………………………………………… 5 ---4 ---3 ---2 ---1 (　)
ページ12 ……………………………………………… 5 ---4 ---3 ---2 ---1 (　)
ページ13 ……………………………………………… 5 ---4 ---3 ---2 ---1 (　)
ページ14 ……………………………………………… 5 ---4 ---3 ---2 ---1 (　)
ページ15 ……………………………………………… 5 ---4 ---3 ---2 ---1 (　)
ページ16 ……………………………………………… 5 ---4 ---3 ---2 ---1 (　)
ページ17 ……………………………………………… 5 ---4 ---3 ---2 ---1 (　)
ページ18 ……………………………………………… 5 ---4 ---3 ---2 ---1 (　)
ページ19 ……………………………………………… 5 ---4 ---3 ---2 ---1 (　)
ページ20 ……………………………………………… 5 ---4 ---3 ---2 ---1 (　)
ページ21 ……………………………………………… 5 ---4 ---3 ---2 ---1 (　)
ページ22 ……………………………………………… 5 ---4 ---3 ---2 ---1 (　)
ページ23 ……………………………………………… 5 ---4 ---3 ---2 ---1 (　)
ページ24 ……………………………………………… 5 ---4 ---3 ---2 ---1 (　)
ページ25 ……………………………………………… 5 ---4 ---3 ---2 ---1 (　)
ページ26 ……………………………………………… 5 ---4 ---3 ---2 ---1 (　)
ページ27 ……………………………………………… 5 ---4 ---3 ---2 ---1 (　)

図 8.4: 調査票ページ3



ページ内容説明選択肢

ページ 1

1. 慶應義塾大学湘南藤沢キャンパスの Learning and Research のページ。大学院プロジェクト科目活動成果発表などへのリンクがある。
2. 慶應義塾大学湘南藤沢キャンパスのページ。Learning and Research や Academic Program へのリンクがある。
3. 慶應義塾大学湘南藤沢キャンパスのリンクのページ。慶應義塾の他サイトへのリンクなどがある。
4. 慶應義塾大学湘南藤沢キャンパスのカリキュラムのページ。カリキュラム構成図がある。

ページ 2

1. South Africa, Department of Transport, Credit Card Format Driving License Project のページ。カードの写真が記載されている。
2. South Africa, Department of Transport, Project and Events のページ。Arrive Alive Campaign などへのリンクがロゴと共に表示されている。
3. South Africa, Department of Transport のページ。Get to know us、News Center などへのリンクがある。
4. South Africa, Department of Transport, What's New のページ。

ページ 3

1. ThinkQuest 1999 Winners のページ。
2. ThinkQuest Internet Challenge のページ。Rule や FAQ のページへのリンクがある。
3. ThinkQuest Conference のページ。下の方には、スポンサーのロゴがたくさんある。
4. ThinkQuest のトップページ。Internet Challenge、Junior などへのリンクがある。

ページ 4

1. KAZAKHSTAN 公式ページ。英語などのページのリンクがある。
2. KAZAKHSTAN 大統領、N.Nazarbayev 氏の挨拶ページ。トップに顔写真が記載されている。
3. KAZAKHSTAN のツアーのページ。見所の説明と共に、写真が記載されている。
4. KAZAKHSTAN のニュースのページ。カレンダー式に表示される。

ページ 5

1. Republic of Korea, Ministry of Foreign Affairs and Trade, Economy and Trade Information のページ。Speeches on Economy and Trade などへのリンクがある。
2. Republic of Korea, Ministry of Foreign Affairs and Trade, Foreign Policy のページ。Security / Disarmament などへのリンクがある。
3. Republic of Korea, Ministry of Foreign Affairs and Trade, Links to Related Sites のページ。
4. Republic of Korea, Ministry of Foreign Affairs and Trade のページ。Diplomatic Events、Press Releases のリンクがはられている。

ページ 6

1. The Kingdom of Saudi Arabia, Ministry of Agriculture and Water のページ。英語とアラビア語のページへのリンクがある。
2. Development of Total Area and Production of Tomatoes の図表が示されているページ。
3. The Kingdom of Saudi Arabia, Ministry of Agriculture and Water のページ。Minister of Agriculture and Water の写真や、アクセスカウンターがある。
4. The Kingdom of Saudi Arabia, Ministry of Agriculture and Water, Y2K 対策ページ。

ページ 7

1. 内閣閣僚ページ。閣僚の一覧表がある。
2. 小渕恵三氏のプロフィールのページ。
3. 総理官邸キッズルームのページ。
4. 首相官邸のトップページ。首相の写真やリンク集などがある。

ページ 8

1. Tour のページ。ICS·Cultural Center や The Children Museum へのリンクがある。
2. Write to Little Horus のページ。Send message などのリンクがある。
3. Welcome to Little Horus Web Site のページ。About Little Horus、Egypt Today などのリンクがある。
4. Egypt Today のページ。エジプトの地図、大統領の写真などがある。

ページ 9

1. 沖縄の青い空、沖縄県パラグライダー大会のページ。
2. 第 38 回名護市さくら祭りのページ。さくらの写真が記載さている。
3. 名護市のページ。最新情報、お勧め観光コースへのリンクがある。
4. 名護市おすすめ「食」スポットのページ。食に関する写真が数枚含まれる。

ページ 10

1. 慶應義塾大学湘南藤沢キャンパスの Learning and Research のページ。大学院プロジェクト科目活動成果発表などへのリンクがある。
2. 慶應義塾大学湘南藤沢キャンパスのページ。Learning and Research や Academic Program へのリンクがある。
3. 慶應義塾大学湘南藤沢キャンパスのリンクのページ。慶應義塾の他サイトへのリンクなどがある。
4. 慶應義塾大学湘南藤沢キャンパスのカリキュラムのページ。カリキュラム構成図がある。

ページ 11

1. South Africa, Department of Transport, Credit Card Format Driving License Project のページ。カードの写真が記載されている。
2. South Africa, Department of Transport, Project and Events のページ。Arrive Alive Campaign などへのリンクがロゴと共に表示されている。
3. South Africa, Department of Transport のページ。Get to know us、News Center などへのリンクがある。
4. South Africa, Department of Transport, What's New のページ。

ページ 12

1. ThinkQuest 1999 Winners のページ。
2. ThinkQuest Internet Challenge のページ。Rule や FAQ のページへのリンクがある。
3. ThinkQuest Conference のページ。下の方には、スポンサーのロゴがたくさんある。
4. ThinkQuest のトップページ。Internet Challenge、Junior などへのリンクがある。

ページ 13

1. KAZAKHSTAN 公式ページ。英語などのページのリンクがある。
2. KAZAKHSTAN 大統領、N.Nazarbayev 氏の挨拶ページ。トップに顔写真が記載されている。
3. KAZAKHSTAN のツアーのページ。見所の説明と共に、写真が記載されている。
4. KAZAKHSTAN のニュースのページ。カレンダー式に表示される。

ページ 14

1. Republic of Korea, Ministry of Foreign Affairs and Trade, Economy and Trade Information のページ。Speeches on Economy and Trade などへのリンクがある。
2. Republic of Korea, Ministry of Foreign Affairs and Trade, Foreign Policy のページ。Security / Disarmament などへのリンクがある。
3. Republic of Korea, Ministry of Foreign Affairs and Trade, Links to Related Sites のページ。
4. Republic of Korea, Ministry of Foreign Affairs and Trade のページ。Diplomatic Events、Press Releases のリンクがはられている。

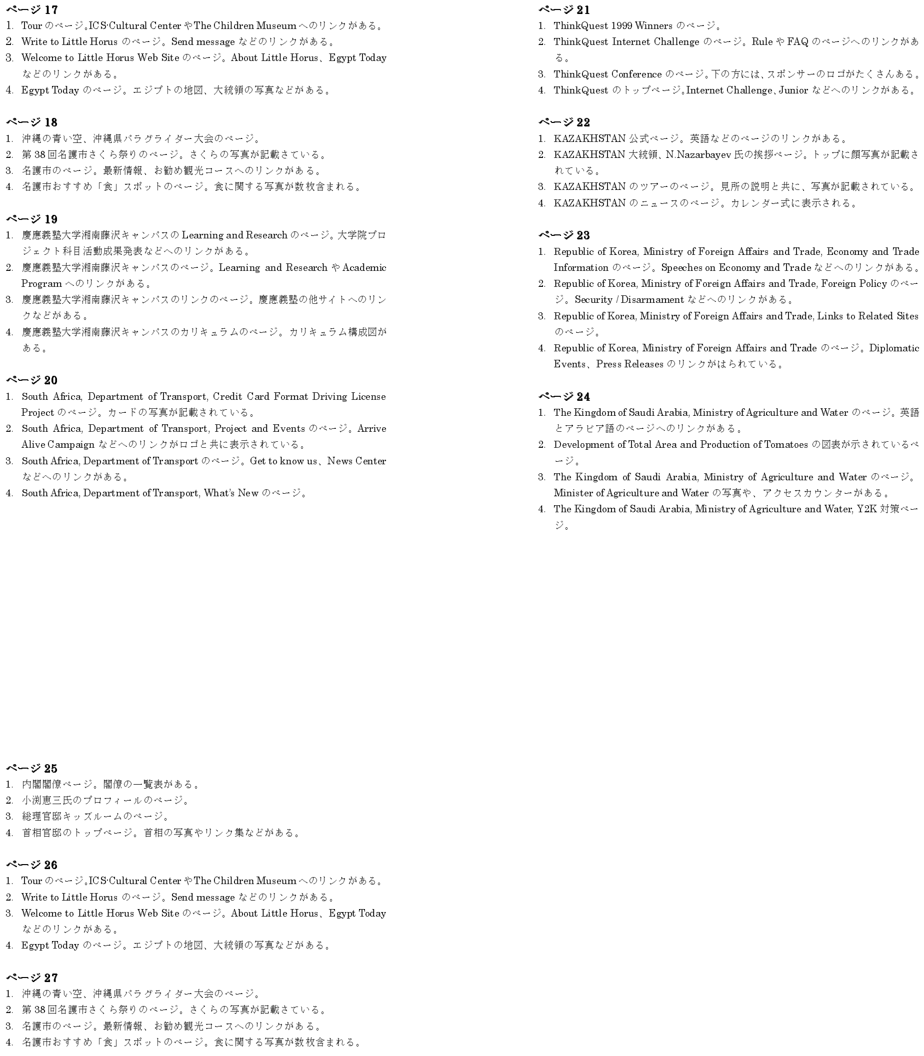
ページ 15

1. The Kingdom of Saudi Arabia, Ministry of Agriculture and Water のページ。英語とアラビア語のページへのリンクがある。
2. Development of Total Area and Production of Tomatoes の図表が示されているページ。
3. The Kingdom of Saudi Arabia, Ministry of Agriculture and Water のページ。Minister of Agriculture and Water の写真や、アクセスカウンターがある。
4. The Kingdom of Saudi Arabia, Ministry of Agriculture and Water, Y2K 対策ページ。

ページ 16

1. 内閣閣僚ページ。閣僚の一覧表がある。
2. 小渕恵三氏のプロフィールのページ。
3. 総理官邸キッズルームのページ。
4. 首相官邸のトップページ。首相の写真やリンク集などがある。

図 8.5: 選択肢ページ 1-4



ページ 17

1. Tour のページ。ICS·Cultural Center や The Children Museum へのリンクがある。
2. Write to Little Horus のページ。Send message などのリンクがある。
3. Welcome to Little Horus Web Site のページ。About Little Horus、Egypt Today などのリンクがある。
4. Egypt Today のページ。エジプトの地図、大統領の写真などがある。

ページ 18

1. 沖縄の青い空、沖縄県パラグライダー大会のページ。
2. 第 38 回名護市さくら祭りのページ。さくらの写真が記載さている。
3. 名護市のページ。最新情報、お勧め観光コースへのリンクがある。
4. 名護市おすすめ「食」スポットのページ。食に関する写真が数枚含まれる。

ページ 19

1. 慶應義塾大学湘南藤沢キャンパスの Learning and Research のページ。大学院プロジェクト科目活動成果発表などへのリンクがある。
2. 慶應義塾大学湘南藤沢キャンパスのページ。Learning and Research や Academic Program へのリンクがある。
3. 慶應義塾大学湘南藤沢キャンパスのリンクのページ。慶應義塾の他サイトへのリンクなどがある。
4. 慶應義塾大学湘南藤沢キャンパスのカリキュラムのページ。カリキュラム構成図がある。

ページ 20

1. South Africa, Department of Transport, Credit Card Format Driving License Project のページ。カードの写真が記載されている。
2. South Africa, Department of Transport, Project and Events のページ。Arrive Alive Campaign などへのリンクがロゴと共に表示されている。
3. South Africa, Department of Transport のページ。Get to know us、News Center などへのリンクがある。
4. South Africa, Department of Transport, What's New のページ。

ページ 21

1. ThinkQuest 1999 Winners のページ。
2. ThinkQuest Internet Challenge のページ。Rule や FAQ のページへのリンクがある。
3. ThinkQuest Conference のページ。下の方には、スポンサーのロゴがたくさんある。
4. ThinkQuest のトップページ。Internet Challenge、Junior などへのリンクがある。

ページ 22

1. KAZAKHSTAN 公式ページ。英語などのページのリンクがある。
2. KAZAKHSTAN 大統領、N.Nazarbayev 氏の挨拶ページ。トップに顔写真が記載されている。
3. KAZAKHSTAN のツアーのページ。見所の説明と共に、写真が記載されている。
4. KAZAKHSTAN のニュースのページ。カレンダー式に表示される。

ページ 23

1. Republic of Korea, Ministry of Foreign Affairs and Trade, Economy and Trade Information のページ。Speeches on Economy and Trade などへのリンクがある。
2. Republic of Korea, Ministry of Foreign Affairs and Trade, Foreign Policy のページ。Security / Disarmament などへのリンクがある。
3. Republic of Korea, Ministry of Foreign Affairs and Trade, Links to Related Sites のページ。
4. Republic of Korea, Ministry of Foreign Affairs and Trade のページ。Diplomatic Events、Press Releases のリンクがはられている。

ページ 24

1. The Kingdom of Saudi Arabia, Ministry of Agriculture and Water のページ。英語とアラビア語のページへのリンクがある。
2. Development of Total Area and Production of Tomatoes の図表が示されているページ。
3. The Kingdom of Saudi Arabia, Ministry of Agriculture and Water のページ。Minister of Agriculture and Water の写真や、アクセスカウンターがある。
4. The Kingdom of Saudi Arabia, Ministry of Agriculture and Water, Y2K 対策ページ。

ページ 25

1. 内閣閣僚ページ。閣僚の一覧表がある。
2. 小渕恵三氏のプロフィールのページ。
3. 総理官邸キッズルームのページ。
4. 首相官邸のトップページ。首相の写真やリンク集などがある。

ページ 26

1. Tour のページ。ICS·Cultural Center や The Children Museum へのリンクがある。
2. Write to Little Horus のページ。Send message などのリンクがある。
3. Welcome to Little Horus Web Site のページ。About Little Horus、Egypt Today などのリンクがある。
4. Egypt Today のページ。エジプトの地図、大統領の写真などがある。

ページ 27

1. 沖縄の青い空、沖縄県パラグライダー大会のページ。
2. 第 38 回名護市さくら祭りのページ。さくらの写真が記載さている。
3. 名護市のページ。最新情報、お勧め観光コースへのリンクがある。
4. 名護市おすすめ「食」スポットのページ。食に関する写真が数枚含まれる。

図 8.6: 選択肢ページ 5-7

参考文献

[1] 日本インターネット協会編: “インターネット白書'99” インプレス社 (1999) 1999 年 5 月

[2] 日本インターネット協会編: “インターネット白書'98” インプレス社 (1999)

[3] 郵政省: “平成 11 年版通信白書” http://www.mpt.go.jp/policyreports/japanese/papers/99wp/ (1999)

[4] 山口英: “Unix Communication Notes 118 ネットワーク管理 (2)” Unix Magazine、1998 年 4 月、pp13-21

[5] 山口英: “Unix Communication Notes 119 ネットワーク管理 (3)” Unix Magazine、1998 年 5 月、pp13-20

[6] 笠野英松: “インターネット RFC 大事典” アスキー出版局 (1998)

[7] 加藤朗: “NSPIXP2 トラフィック” http://www.sfc.wide.ad.jp/˜kato/

[8] “Pathchar Binary Code” ftp://ftp.ee.lbl.gov/pathchar/

[9] “Lawrence Berkeley Laboratory” http://ee.lbl.gov/

[10] “ttcp source code” ftp://ftp.arl.mil/pub/ttcp/

[11] “netperf 解説サイト” http://www.cup.hp.com/netperf/NetperfPage.html

[12] “netperf 公式サイト” ftp://ftp.cup.hp.com/dist/networking/benchmarks/netperf/

[13] “Advanced Network and Services” http://www.advanced.org/

[14] “Internet Provider Performance Metrics” http://www.advanced.org/IPPM/

[15] “SPECweb99 Benchmark” http://www.spec.org/osg/web99/

[16] 村山公保、角林雄基、山口英: “TCP 性能評価システム DBS の構築” コンピュータソフトウェア、Vol.15, No.2,pp24-37 (1998)

[17] 斉藤裕樹, 中所武司: “透過的クライアント監視によるネットワークシステム性能評価手法” Internet Conference’99, pp47-55(1999)

[18] 余呉徹郎: “TCP 性能評価に関する研究” 慶應義塾大学大学院、修士論文、1999

[19] Vern Paxson: ”Towards a Framework for Defining Internet Performance Metrics” INET’96 (1996)

[20] “特集 98 年選択の新基準がわかる! 失敗しないプロバイダー選び”、日経ネットナビ、1998 年 7 月、pp.48-73

[21] “ダイアルアップ IP 接続アクセスポイント別回線話中度調査”、インターネットマガジン、1998 年 9 月、pp.508-519

[22] SFC-CNS 利用実態調査報告書

[23] 村井純、“特集:生きたインターネット研究への取り組みと成果 1:WIDE Project とその活動”、情報処理、1998 年 5 月 (39 巻 5 号)、pp.400-428

[24] Akira Kato, “Traffic Repository”, INET’99, June 1999

[25] Kevin Thompson, Gregory J. Miller, and Rick Wilder (MCI Telecommunications Corporation), “Wide-Area Internet Traffic Patterns and Characteristics”, IEEE Network, Novermber/December 1997, pp.10-23

[26] WIDE プロジェクト: “1998 年度 WIDE プロジェクト研究報告書” WIDE プロジェクト (1999)

[27] 市川伸一: “心理測定法への招待 測定からみた心理学入門” サイエンス社 (1990)

[28] 心理学実験指導研究会: “実験とテスト=心理学の基礎実習編” 培風館 (1985)

[29] 心理学実験指導研究会: “実験とテスト=心理学の基礎解説編” 培風館 (1985)

[30] 慶應義塾大学湘南藤沢キャンパス教材 ・教授法開発小委員会: “SFC-CNS 利用実態調査法国書 (LAMP Report)” 湘南藤沢学会 (1995)

[31] 篠崎信雄: “統計解析入門” サイエンス社 (1994)

[32] T. Berners-Lee, R. Fielding, and H. Frystyk, RFC1945 “Hypertext Transfer Protocol – HTTP/1.0”, (1996)

[33] W. Richard Stevens: “TCP/IP Illustrated, Volume 1 The Protocols”, Addison-Wesley Professional Computing Series (1995)

[34] W. Richard Stevens: “TCP/IP Illustrated, Volume 2 The Protocols”, Addison-Wesley Professional Computing Series (1995)