

学術ネットワーク間接続利用の変遷

吉村 伸*
東京大学

徳川義崇†
ディアイティ

村井 純‡
慶応大学

学術研究のためのコンピュータネットワークは、1984年のJUNETの実験開始に始まり、その後順調に参加組織が増加し、発展を続けている。それとともに、WIDE, TISN, JAINといったIP networkの構築が進み、BITNETなどとともに、国際的な接続性を有した、学術研究ネットワークを形成している。我々は、これらネットワークの発展、相互接続の変遷に関して調査し、現状を把握するために若干の実験を行なった。本論文では、その結果について報告する。

Evolution on the Inter-connection of Academic Networks

Shin Yoshimura
Information Network System
Operation Center,
The University of Tokyo,
2-11-16 Yayoi, Bunkyo-ku,
Tokyo 113, Japan

Yoshitaka Tokugawa
DIT Co. Ltd.
3-3-12 Hidabashi, Chiyoda-ku,
Tokyo 102, Japan

Jun Murai
Faculty of
Environmental Information
Keio University
5322 Endo, Fujisawa,
Kanagawa 252, Japan

Computer networking for research and academic communities in Japan started its evolution in 1984 when JUNET was established. Since then, JUNET has increased the number of connecting networks and several IP-based networks have started their domestic and international interconnections. Together with BITNET-Japan, these networks, namely, JUNET, WIDE Internet, TISN and JAIN are constructing internationally reachable Japanese R&D Internetwork. This paper reports the current status of the Japanese Internet using various statistic information resulted from examinations over the existing networks. The technologies and methods employed for the examinations are also described.

*shin@nc.u-tokyo.ac.jp

†toku@dit.co.jp

‡jun@sfc.keio.ac.jp

1 はじめに

コンピュータ技術の発達にともない、学術・研究環境、および教育環境におけるコンピュータの役割が大きくなってきている。コンピュータの利用は非常に多岐にわたるようになり、理工学のみならず、社会科学、人文科学においてももはや不可欠な道具になっている。コンピュータコミュニケーションの利用とその重要性もこうした広い分野で認知されるようになり、多くの研究開発、および教育に携わる人々がこれを利用していている。

コンピュータネットワークの目的の一つは、他のコンピュータ資源を利用することである。それはファイルスペース、高速な CPU、データベース、プログラムあるいはプリンタの利用である。離れた場所にあるこれらのコンピュータ資源をさまざまな場所から利用できること、この技術の開発が、コンピュータネットワーク構築の最初の目的でもある。このような計算機資源の共有には、遠隔ログイン、ファイル転送、リモートプロシージャコール、リモートジョブエントリなどが含まれる。わが国でも国立大学の大型計算機センター間を結ぶ N1 ネットワークは、大学の研究者にこのような環境をいち早く提供してきた。

一方、このような技術は、コンピュータが相互に情報を交換するという新たなサービスを提供した。コンピュータを利用したコミュニケーションである。それぞれのコンピュータのユーザーの間で、メッセージを交換できるようになった。このような「メッセージ交換」システムは、現在ではさまざまな形態に発展している。「電子メール」「電子掲示板」「電子会議」といった名称でよばれるものがその代表的な実装例である。これらはある一つのコンピュータシステム上に実現された「メッセージ交換」システムを、多くのユーザーが物理的なネットワークを介して利用することもあるし、全世界に分散しているシステムでメッセージを交換する場合もある。

コンピュータネットワークの利用の必然性は

コンピュータを積極的に利用する科学技術分野を中心に認識された。米国防総省の機関、ARPA (Advanced Research Project Agency) が 1969 年に開始した ARPAnet に始まるネットワーク環境の科学分野への貢献とその成功は、その他の学術分野にも大きな影響を与えた。それは米国科学技術財団 (NSF) を中心とする一連の米国の国政レベルでのコンピュータネットワーク環境整備運動につながり、CSNET の構築と、現在の NSFNET および NSFNET バックボーン構築へと発展した。この間、UNIX ユーザによる USENET、UUNET、主にメインフレームコンピュータを使って科学技術計算を行なう研究者の BITNET、高エネルギー物理学関係の分野の研究者による HEPNET などが並行して構築され、互いに国際的な接続が行なわれ、世界的な学術研究ネットワークが構成された。これらのネットワークは実際には個別の方式を利用した独立したネットワークであるが、電子メールの相互変換と配送のしきみを持っている。したがって、電子メールを共通のサービスをした仮想的な「メタネットワーク」を形成しているといえる。

わが国における学術研究ネットワークは、1984 年に開始された JUNET の実験と 1985 年から行なわれた BITNET の接続によって始まった。JUNET は、UNIX の通信技術を基盤として、「電子メール」と USENET 形式の「電子ニュース」を提供し、現在は 500 余りの組織を接続したネットワークとなっている。しかし、当初 UUCP を利用したネットワークであった JUNET も WIDE Internet, JAIN, TISN といった研究ネットワークの構築にともない変容した。現在では、「電子メール」と「電子ニュース」を共通のサービスとし、jp をトップドメインとするアドレス体系をもつメタネットワークと見なされるようになった。

わが国における学術・研究ネットワークという定義は、コンピュータネットワークの研究対象として構築・運用されるネットワークと、学術研究のための基盤となるネットワークの複合体を表している。コンピュータネットワーク

の技術はその素材となるコンピュータシステムや通信技術の進歩に伴って常に発展する必要がある。

2 JUNET

JUNET[2, 3]の実験は、1984年10月から始まった。慶応大学、東京工業大学、東京大学の間をUUCPで結合して始まったこのネットワークは、日本で最初、かつ唯一の全国規模のコンピュータネットワークとして、順調に発展した。地理的分布は東京が突出していることを除けば、かなり全国的に広がったといえる。

総数	495
東京	219
大阪	46
神奈川	39
京都	22
愛知	22
茨城	19
福岡	14

表 1: JUNET ドメインの都道府県別分布 (1991年5月現在)

国際間接続は、その初期にすでに行なわれ、1985年1月にKDD研究所によるUSENETとの接続、同年12月には東京大学とCSNETとの接続が行なわれた。日本語によるメッセージ交換は、1985年から始まり、1986年には一般的になった。

JUNETは、1986年以来、uucpネットワーク上でドメイン形式のアドレス表記を用いてきた。メールの配送は、RFC822形式のメッセージをUNIX 4.2/4.3 BSDに実装されたsendmailを利用したアドレス解析によるメール配送メカニズムを実現した。

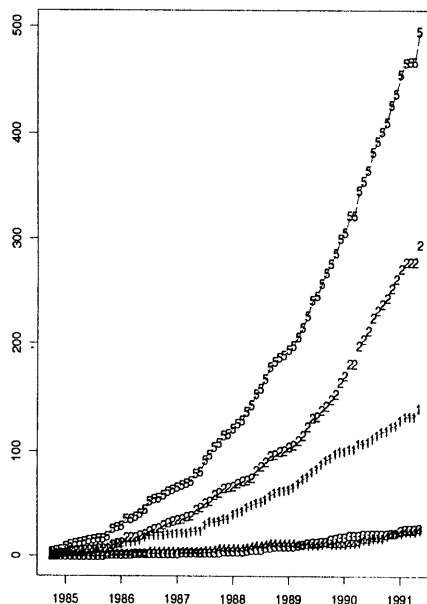


図 1: JUNET ドメインの増加の様子: 1 - ac, 2 - co, 3 - go, 4 - or, 5 - 総数

3 WIDE Internet

WIDEプロジェクト[4, 7]の研究実験は1986年から始まった。WIDE (Widely Integrated Distributed Environment)の目的は、局所的な分散環境とそれらの接続という階層的な構造に基づいた大規模広域分散環境を構築するための技術を実証的に確立することにある。

1988	3	慶応大学、東京大学、東京工業大学 64Kbps
1989	9	アドレス表記のjpへの移行完了 ハワイ大学(PACCOM, 64Kbps)との接続 東京、京都にWNOC設置
1990	31	大阪、藤沢、福岡にWNOC設置
1991	42	仙台にWNOC設置(予定)

表 2: WIDE 年表 (参加組織数と主要な接続)

広域的に分散されているローカルエリアネットワークや、計算機システムを接続し、そこに共通の環境を構築する実験はJUNETにより

4 JAIN

JAIN (Japan Academic Inter-university Network)[9] は、文部省科学研究費補助金総合研究 (A) 「我が国における大学内ネットワークの相互接続に関する研究」(研究代表者 東北大学教授 野口正一、1988 ~ 1991) を母体として、学術情報ネットワーク上に構築されたネットワークを中心とする大学間ネットワークである。学術情報ネットワークは、X.25 プロトコルに基づくバケット交換網である。この網に接続される交換機は全国 27 大学と学術情報センターに設置されている。これら交換機の間を、最高 768Kbps のデジタル専用線で接続したプライベートバケット交換網を構成している。このネットワークは学術情報センターにより維持されており、ネットワーク利用に際し課金はされていない。

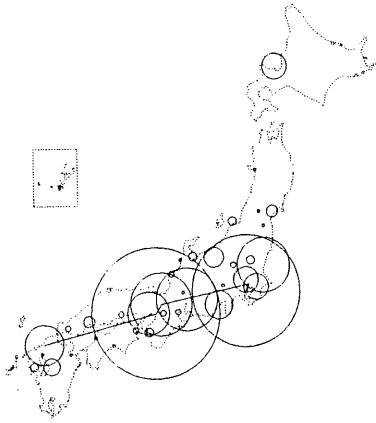


図 2: JUNET サイトの分布 (東京を除く) と WIDE バックボーン

実現された。JUNET の実験では、uucp を利用した接続がその大半を占めていたが、これに対して WIDE では TCP/IP によるネットワーク間接続を行ない、実験環境を構築している。

WIDE インターネットでは、管理運用技術を集約するために藤沢、東京、京都、大阪、福岡に WNOC (WIDE ネットワークオペレーションセンター) を設置し、その間を 64Kbps (東京、藤沢間は 192Kbps) で結んで、バックボーンを構成している。またその間は ISDN を用いたバックアップ機構を備えている。

参加組織は、各 WNOC から、64Kbps のデジタル専用線、または 3.4KHz のアナログ専用回線を用いて接続を行なっている。

hokudai	北海道大学†	tohoku	東北大学†
u-tokyo	東京大学†	nacsis	学術情報センター
titech	東京工業大学	tsukuba	筑波大学
ulis	図書館情報大学	naboya-u	名古屋大学†
tut	豊橋技術科学大学	nitech	名古屋工業大学
kyoto-u	京都大学†	fukui-u	福井大学
kit	京都工芸繊維大学	ritsumeji	立命館大学
osaka-u	大阪大学†	hiroshima-u	広島大学
kobe-u	神戸大学†	wakayama-u	和歌山大学
kyushu-u	九州大学†	kyutech	九州工業大学
nagasaki-u	長崎大学	sagn-u	佐賀大学
oita-u	大分大学	kumamoto-u	熊本大学
u-ryukyu	琉球大学		

表 3: JAIN 参加組織一覧 (1991 年 5 月現在)
†は、バックボーンノード

JAIN は、北海道、東北、東京、名古屋、京都、大阪、九州の 7 大学をバックボーンノードとし、この間は現在、学術情報ネットワーク 48Kbps または 64Kbps で結んでいる。これらのバックボーンから、各地域ネットワークを構成しているが地域ネットワークはかならずしも学術情報ネットワーク X.25 を利用してはいない。

JAIN は、最近急速に進行している大学のキャンパスネットワークの構築に歩調を合わせるように参加大学が増えている。学内的なネットワークから学内の施設を利用するのとかわ

らない操作でそのまま全国の施設を利用できるというメリットは大きく、従来 JUNET に参加していなかった大学が、JAIN に参加することによって、ネットワークコミュニティに参加するということが起こってきた。

5 TISN, BITNET, その他

WIDE Internet は、大規模広域分散環境の構築、JAIN は、大学内ネットワークの相互接続、X.25 網上での IP 接続など、ネットワーク構築の研究プロジェクトであるが、これに対し、研究環境のインフラストラクチャの提供を目的とするネットワークがいくつかある。

BITNET は、1985 年の東京理科大学とニューヨーク市立大学との接続以来、主にメインフレームコンピュータを利用して科学技術計算を行なう研究者のネットワークとしてわが国でも発達してきた。[8]

TISN (Todai International Science Network, 東京大学理学部国際理学ネットワーク)[6] は、理学の各分野がネットワークを構築する際のインフラストラクチャを提供することにより、重複投資を防ぐばかりでなく、新たに起こる研究プロジェクトに対して、情報交換の手段の構築を容易にすることを目的にしている。

その背景には理学の各分野で、実験・観測に必要な設備の大型化が進行しており、各研究機関がそれぞれに実験設備を持つことが困難になってきていることが挙げられる。実験設備(その中には、スーパーコンピュータも含まれるだろう)の共有の他、ヒトゲノムプロジェクトのようにプロジェクトの成果を大規模なデータベースに蓄積し、利用しようという試みもある。HEPNET-J は早くからこのような動きに注目してきた例で、高エネルギー物理学研究所を中心に同分野の研究機関を結ぶネットワークとして整備された。

TISN の構築の動機には、海外(主に米国)での研究生生活の経験のあるこれら分野の研究者が日本での同様の研究環境を求めたということも見逃せない点と思われる。

s.u-tokyo.ac.jp	東京大学理学部
ins.u-tokyo.ac.jp	東京大学原子核研究所
icrr.u-tokyo.ac.jp	東京大学宇宙線研究所
stelab.nagoya-u.ac.jp	名古屋大学太陽地球環境研究所
ims.ac.jp	分子科学研究所
isas.go.jp	宇宙科学研究所
ism.ac.jp	統計数理研究所
kek.ac.jp	高エネルギー物理学研究所
nao.ac.jp	国立天文台
nig.ac.jp	国立遺伝学研究所
crl.go.jp	通信総合研究所
jwa.go.jp	日本気象協会
nasda.go.jp	宇宙開発事業団
riken.go.jp	理化学研究所

表 4: TISN 参加組織一覧 (1991 年 5 月現在)

TISN は、こうした分野の運用ネットワークとして、東京大学理学部を中心とするスター型のネットワークを構成している。1989 年 8 月にハワイ大学との間を 64Kbps のデジタル専用線で結び、インターネットに接続したのが最初で、すでに東京大学理学部との間の接続を持っていた研究機関との間でスタートした。TISN は、専用ルータを使用し、信頼性を向上を目指している他、マルチプロトコルのサポートを行なっている。DECNET は物理学の分野で実績があり、HEPNET など DECNET ベースのネットワークとの乗り入れのためには不可欠である。

6 Japan Internet

このように、わが国ではいくつものネットワークプロジェクトが複合して、日本のインターネットを構成している。IP による相互接続性を有する WIDE, TISN, JAIN との間は、互いに緊密に連絡をとりながら運用されている。現在、それぞれのネットワークの管理者は、それぞれ、inet@wide, tism-admin, jain-admin

というメーリングリストで連絡をとっている。さらに、この3つのメーリングリストの和集合である ip-connection によって、IP ネットワーク全体の調整、技術的問題点の解決が行なわれている。

BITNET との相互接続も実現しつつあり、すでに WNOC-SFC (慶応大学藤沢キャンパス) と、東京理科大学との間が IP 接続され、実験が行なわれている。

WIDE, TISN の PACCOM によるインターネット接続以来、従来メールの mailconf を用いた配送機構から、BIND ネームサーバによる名前管理へ移行した。しかし、これには大きな問題があった。国内で接続されているネットワークのすべてが海外のインターネットに対して接続性が確保されているわけではない。そのため、3種類のサーバ系列を用意した。[5]

	系列 B	系列 C	系列 A
root	ccut.cc.u-tokyo†	-	nic.ddn.miltetc.
jp	ccut.cc.u-tokyo†	endo.wide.sfc.keio utsun.s.u-tokyo	jp-gate.widet ns.tian
.jp	ccut.cc.u-tokyo†	endo.wide.sfc.keio utsun.s.u-tokyo	jp-gate.widet ns.tian
u-tokyo	ccut.cc.u-tokyo†	relay.cc.u-tokyo utsun.s.u-tokyo	ns.tian† jp-gate.wide

表 5: 3 系統のネームサーバ (†はプライマリサーバ)

系列 A 海外から見えるマシンを管理する。なお、この系列に属するマシンは、自分の上で動いているネームサーバを使わず、/etc/resolv.conf の設定により他のマシンのネームサーバを呼ぶ事になる。

系列 B 国内の IP ネットワークに接続されているすべてのマシンを管理する。国内の海外に接続できないマシンからアクセスされる。

系列 C このサーバではマシンの管理は行なわない。国内の海外に接続できるマシンからアクセスされる。海外のサーバへもアクセスするため、海外リンクがあるところに置く。

このような、複雑なサーバ系列を用意することで、国内のネットワークの整備を海外との接続と独立してすすめることができた。

IP ネットワークが急速に整備されたものの、uucp ベースの JUNET ドメインも著しく増加しており、JUNET ドメイン数に対して、IP ネットワークの参加ドメインは、1 割強に留まっている。しかし、これらの IP ネットワークは日本のネットワークの基幹をなしているため、末端は uucp であっても全体にその影響が出ていると考えられる。我々は、JUNET 全体で可能なサービスであるメールとニュースについて、どの程度応答性が向上したかを調べた。

メールは、すべての JUNET ドメインに対してループバックを行なうアドレス (loopback%mydomain.dom.jp@yourdomain.dom.jp) を用いて行なった。メールヘッダには、中継されたサイトのタイムスタンプが残るのだが、必ずしも時計の正確さが保証されないため、メールの返信を受けとった時刻をメールヘッダから抜きだし、発信時刻からの差分をとった。

1989 年 7 月のデータは、アドレスが、junet から .jp 表記に移行したとき、確認のために同様のメールを発信した時のデータを解析したものである。グラフは、1 点が 6 分きざみでプロットしてある。IP 接続をしているサイトは、トラブルがなければ、即時返信が行なわれる。6 分以内の返信は 62 サイトで、ほぼ一致している。8 時間で往復できるのが、約 300 サイトと全体の 6 割、24 時間で全返信の 87%、48 時間では、95% 以上のサイトから返信があった。1989 年にはすでに、東京大学、東京工業大学、慶応大学などの間が IP 接続されていたが、やはり最初の数時間での返信の早さは歴然とするものがある他、48 時間では、90% に達しておらず、全体的な信頼性もこの間に高まったと言える。

もう一つのサービスであるネットワークニュースは、JUNET の最もアクティブな活動の一つである。WIDE インターネットバックボーンを使った NNTP による配送が実現し、ccut.cc.u-tokyo.ac.jp と、sun.com との間を始

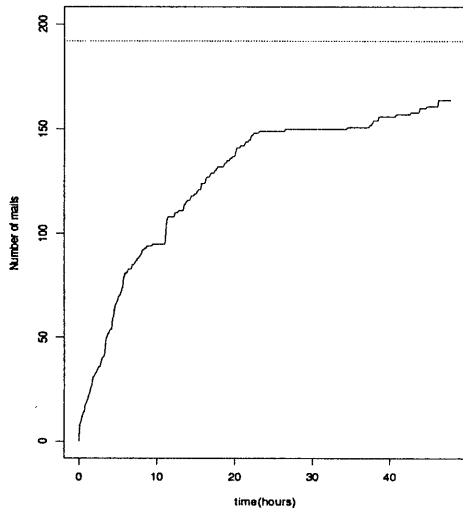


図 3: ループバックメールの返送時間の分布 (1989年7月)

めとするいくつかの国際接続によって、ほとんどすべての USENET ニュースが日本に届いている。逆に、日本語のニュースグループ (fj) も前述の国際接続により海外と交換されるようになっている。後述のコントロールメッセージの応答から、海外にもおよそ 100 サイトの fj 配送サイトがあることがわかった (総応答数 926)。それは、US インターネットからばかりでなく、ヨーロッパにもかなり多く送られており、ca, nl, se, fi の各ドメインへ配信が確認された。

ネットワークニュースの解析は、コントロールメッセージを利用して行なった。コントロールメッセージは、広域分散型ニュースシステム全体の管理をするために備わっている機能で、RFC1036[1] に規定されている。sendsys, version コントロールメッセージは、ニュースシステムがこれを受けるとニュースの発信者にメールを送るようになっている。この返信を解析した。

現在のネットワークニュースのトラフィック

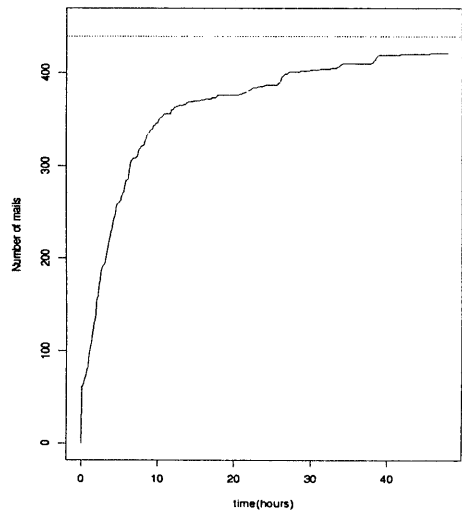


図 4: ループバックメールの返送時間の分布 (1991年5月)

は、総量約 20MB/日ある。そのため、IP 接続により高速に安定に配送されるとはいえ、トラブルは起きやすく、ディスク容量の不足による遅延がとどころで起こっていることがうかがえる。しかし 1987 年 6 月に比べると最初の 24 時間での速度は明らかに向上している。ニュースシステム上での議論もかなりの即時性を期待できるようになっていると言える。

7 まとめ

日本の学術研究ネットワークの利用は、今後大学のキャンパスネットワークの整備によって、さらにその利用が量的にも、質的にも増加することが予想される。従来、主に計算機科学関係の研究者中心であったその利用もさまざまな分野に拡大することが予想される。そのための総合的な方針と研究体制をより強固にし、信頼性を高める必要がある。

謝辞 データを提供して頂いた、慶応大学 加藤 朗氏、大阪大学斎藤 明紀 氏、ならびに議

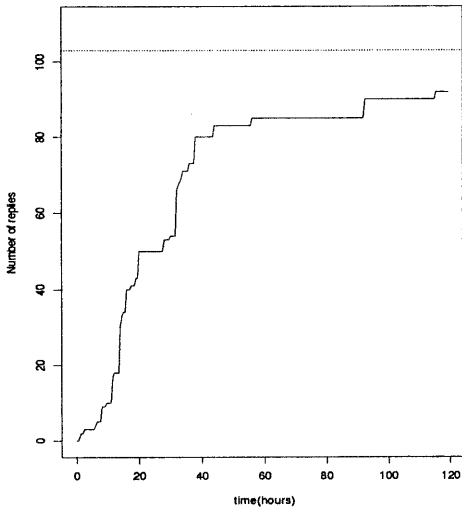


図 5: ニュースのコントロールメッセージに対する応答時間の分布 (1987 年 6 月)

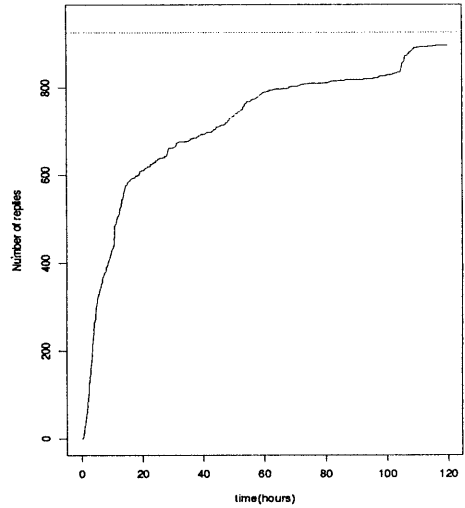


図 6: ニュースのコントロールメッセージに対する応答時間の分布 (1991 年 5 月)

論をしていただいた WIDE プロジェクトのメンバに深謝いたします。

参考文献

- [1] M. Horton. Standard for Interchange of usenet Messages, December 1987. RFC 1036.
- [2] Jun Murai and Akira Kato. Researches in Network Development of JUNET. In *Proceedings of SIGCOMM '87 Workstop.* ACM, 1987.
- [3] Jun Murai and Akira Kato. Current Status of JUNET. In *Future Generations Computer Systems*, pp. 205-215. Elsevier Science Publishers B.V., October 1988.
- [4] Jun Murai, Akira Kato, Hiroyuki Kusumoto, Suguru Yamaguchi, and Tomomitsu Sato. Construction of the

Widely Integrated Distributed Environment. In *Proceedings of TENCON '89.* IEEE, November 1989. Bombay, India.

- [5] 高田広章. ネームサーバとその設定について. WIDE Project 1990 年度報告書, pp. 487-498. WIDE Project, July 1991.
- [6] 川添良幸, 静谷啓樹訳編. キャンパスネットワークワーキング. 共立出版, 1990.
- [7] 村井純, 中村修, 加藤朗, 森島晃年, 山口英, 平原正樹. Wide インターネットの現状とその利用. 情報処理学会第 42 回全国大会論文集, March 1991.
- [8] 東田幸樹. Bitnet, November 1990. JUS ネットワークサービスワークショップ.
- [9] 平原正樹. ネットワーク間接続の経路制御方式. 大学内ネットワーク相互接続の諸問題シンポジウム論文集, December 1990.