

# 学術研究大学間ネットワーク JAIN

亀山 幸義, 平原 正樹

## 1. はじめに

各地の大学で学内ネットワークが整備されるにつれてこれらを相互に接続する学術研究目的の広域ネットワークの必要性が高まってきた。学内ネットワークでは主に TCP/IP が用いられ、遠隔ログインやファイル転送、電子メールなどの機能が使える。この環境が広域ネットワークを介して、国内外の他の研究機関へも拡張されること、すなわち、研究機関を相互に接続する TIP/IP のインターネットの必要性は自然な要求であった。

このような状況の下で、X.25 パケット交換網の上での IP (以下 IP/X.25) 接続の技術を利用し、学術情報ネットワークを IP の伝送媒体として用いることの試みが、1988年に、東北大学野口正一教授を代表とする文部省科学研究費の研究グループにより始められた。このグループには、その後、各地で学内ネットワークの相互接続に興味をもつ多数の研究者が加わり、JAIN の研究グループが構成された。

本稿では、この研究グループが母体となって、主に、学術情報ネットワーク上で実験運用している学術研究大学間ネットワーク JAIN の概要を紹介し、それを支える技術、利用状況について述べる。

## 2. JAIN の目的

JAIN (Japan Academic Inter-university Network) [1, 2, 3] は、大学等における学内ネットワークの相互接続のために基本となる技術を確認することを目的としたネットワークプロジェクトである。当初は、広域ネットワークの構築方法、経路制御などの基礎技術についてさえ、一定の方法が確立していなかったため、JAIN 研究グループは実際に広域ネットワークを構築、運営しながら、技術の問題点を検討、解決することとなった。

かめやま ゆきよし 東北大学 電気通信研究所  
ひらばる まさき 東京大学 情報ネットワークシステム運用センター

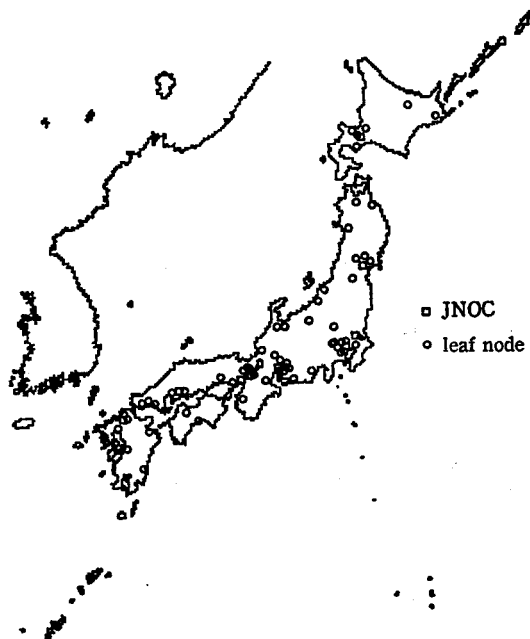


図 1 JAIN 参加組織の分布

そこで得られたさまざまな経験と技術をもとに、学術研究ネットワークの将来像を考えることが、JAIN 研究グループに課せられた重要な課題である。

## 3. JAIN のネットワーク構成

JAIN は、学内ネットワークを相互接続する学術研究ネットワークである。主として、IP/X.25 接続の技術 [4] を利用し、学術情報ネットワークを IP の伝送媒体として用いている。その参加組織の分布図を図 1 に示す。1992年9月の時点で73組織 (うち IP 接続63, UUCP による準参加10) が加入している。

IP/X.25 接続では、仮想的にどの2点間をも直接接続することができる。しかし、同時に接続状態となる仮想コネクションの数には制限がある (通常31) ため、すべての2点間を同時に接続することはできない。また、ネットワーク管理・運営を1箇所集中して行なうのが難しいことが初期の経験からわかった。そこで、JAIN では、全国をいくつかの地区に分割し、それらの地区内

表 1 JAIN 各地区の組織数

JNOC	IP 接続	(うち IP/X.25)	UUCP 接続
北海道大学	5	3	2
東北大学	8	4	0
筑波大学	1	1	0
東京大学	11	9	1
名古屋大学	11	7	2
京都大学	7	6	2
大阪大学	5	5	0
広島大学	5	3	0
九州大学	10	8	3
合計	63	46	10

の接続と地区の代表組織間の接続との2段の階層構造を採っている。各地区の代表組織を JAIN Network Operation Center (JNOC) と呼び、JNOC 以外の組織をリーフ組織と呼ぶ。

表 1 に、現在の JAIN の地区構成と地区ごとの組織数をあげる。

すべての JNOC 間は IP/X.25 により直接接続し、これを JAIN バックボーンと呼ぶ。JNOC は、通信の中継だけでなく、JAIN 運用上の基幹組織として、各地区の中心となっている。

リーフ組織はいずれかの JNOC と IP/X.25 または直接 IP 接続する。IP/X.25 で接続している組織は、障害に対するバックアップやトラフィックの分散化などの目的で、他の JNOC と接続することも許される。また、リーフ同士の接続をもつこともできる。したがって、実際の接続はかなり複雑になっており、全体として効率のよい経路制御を行なうことが重要な課題である。

他の広域 IP ネットワークとは、東京大学、京都大学、九州大学で、WIDE Internet との相互接続を行ない、また、東京大学で TISN と、京都大学で GENOME ネットワークとの相互接続を行なっている。

## 4. JAIN のネットワーク構築と運用

### 4.1 IP/X.25 による接続

JAIN への接続技術には、JNOC と直接 IP 接続（下位層として SLIP あるいは HDLC 等を使用）する方法もあるが、学術情報センターの X.25 パケット網を利用し、IP/X.25 接続により参加する組織が大半を占める。IP/X.25 接続の場合、速度は、64Kbps, 48Kbps, 9.6Kbps のいずれかである。

専用線を用いて直接 IP 接続する方法と比較した場

合、IP/X.25 による接続の特徴は以下のとおりである。

1. パケット交換のオーバーヘッドが加わるため、応答性が悪い
  2. 学術情報ネットワークの制約（たとえば休止）あり
  3. JNOC 側に特別な設備が不要
  4. JNOC 以外の組織とも接続をもつことが可能
- このうち、1, 2 は短所であり、3, 4 は長所である。

遠隔ログインなど会話的な利用の際には、パケット交換のオーバーヘッドが大きいと、9.6Kbps あるいは 19.2Kbps の SLIP 接続に比べるといちじるしく性能が劣る。一方、SMTP（電子メール）、NNTP（ニュース）など応答性をそれほど必要としない応用では十分に利用可能である。

FTP（ファイル転送）では、64Kbps の IP/X.25 の場合、実効的に 20~30Kbps 程度の速度が出ている。

### 4.2 JAIN の接続技術と経路制御

IP/X.25 による広域ネットワークの構築は、世界的にも成功例が少ない。JAIN 研究グループでは、実際に IP/X.25 ネットワークを構築、運営しながら技術的課題を整理、解決してきた。

#### 1. IP/X.25 による接続技術

JAIN ゲートウェイ（専用ルータあるいはワークステーション）において、IP/X.25 のインターフェースは、NETWORK 型、POINTOPOINT 型の2通りの実現がある。IP アドレスの付与および経路制御における柔軟性の観点から、POINTOPOINT 型の実装が望ましい。JAIN では、POINTOPOINT 型を主としながらも、専用ルータなど NETWORK 型インターフェースのゲートウェイの存在を考慮した設定を行なっている。また、JAIN ゲートウェイでは電子メールなどのアプリケーションを動かさず、単機能に徹することとして、安定した運用を可能にしている。

#### 2. 経路制御

JAIN のような広域の IP/X.25 ネットワークにおいては、接続関係が複雑になり得るため、経路制御は非常に重要な問題である。

JAIN では、動的経路制御プロトコルとして、RIP (Routing Information Protocol) を採用した。経路制御プログラム gated は、経路情報の防御等の機能を持ち、国内外の各ゲートウェイで広く用いられている。しかし、既存の gated では、JAIN での経路制御の要求を十分に満たすことができなかつたため、JAIN で

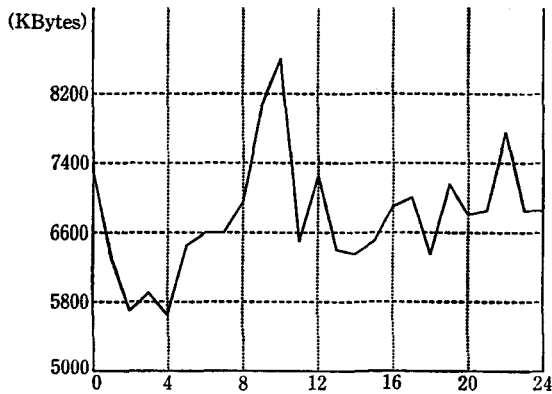


図 2 JAIN の利用状況 (総通信量)

は、疑似インタフェースの導入、デフォルト経路制御、動的なリンクの生成・消滅への対応などの改造を施し、JAIN バックボーンのゲートウェイで用いている [5]。この改造版 *gated* は十分安定して作動している。

また、他の広域ネットワークと複数の地点で接続することによる経路制御の問題について、一般的なモデルでの解決方法を提案し、WIDE Internet との間で実現している。

#### 4.3 JAIN の管理、運用

JAIN は研究ネットワークであり、運用のための専任の人員をもたない。しかし、各地の JNOC を中心とした分散的管理・運営を行なうことにより、新規参加組織への技術的支援や、ネットワーク障害時の対処などを十分に行なうことができている。一極集中型管理に比べ、分散管理は、地域ごとの事情に通じた人により、きめ細かい対応が可能になる、という利点がある。

各地区における管理のほかに、JAIN 全体の管理として、ping コマンド等による到達性のチェック、経路情報のチェックなどを定期的に行なっている。また、各地区における管理者リストの和集合として、JAIN 管理者全体のメイリングリストが構成され、ここでの議論が、JAIN の運営方針に反映される仕組みとなっている。

なお、JAIN は WIDE、TISN など他の広域ネットワークと協調して日本の IP インターネットの管理、運営にあたり、また、日本ネットワークインフォメーションセンター等の活動を積極的に支援している。

### 5. JAIN の利用状況

JAIN は必ずしも高速のネットワークではないが、国内の IP インターネットを構成するネットワークの 1 つとして、多くの組織にとって、主たる対外接続の窓口と

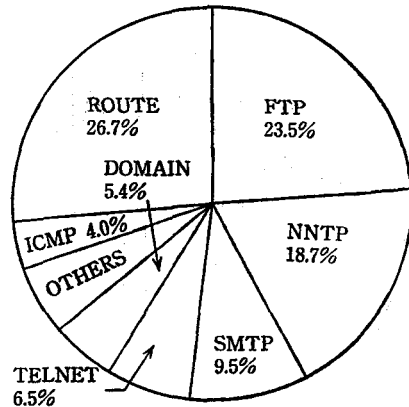


図 3 JAIN の利用状況 (サービスごと)

なっている。したがって、JAIN の利用状況を調べれば、平均的な大学における IP 接続の実態を推測することができる。

一例として、東京大学の JNOC ゲートウェイ *jain-bb* 上での測定結果を示す [6]。これは、1992年3月のある日の0時から24時までの記録である。測定は、X.25 レベルの通信の完全なダンプをとり、その結果を適当なフィルタにかける、という方法により行なった。*jain-bb* は、JAIN 東京地区内の組織相互、JAIN 東京地区と JAIN の他地区の間、JAIN 内の組織と外部の広域ネットワーク (海外を含む) の間の通信を中継している。

図 2 は、総通信量の時間的推移である。外国からのニュース記事などのため、夜間でもある程度の通信が行なわれている。

図 3 は、サービス (ポート) ごとの 1 日通算通信量である。FTP (ファイル転送)、NNTP (ニュース)、SMTP (電子メール) など広く普及しているアプリケーションが上位を占めている。一方、TELNET (遠隔ログイン) など対話的利用も、応答速度が悪い中で、ある程度されていることがわかる。その他の項目の中では、NTP (時刻合わせ)、SHELL (遠隔コマンド実行) などが多く見られる。

また、ROUTE (経路制御) パケットが 1/4 とかなり大きな割合を占めている。ROUTE は、実際の通信の有無にかかわらず一定間隔で常にパケットを出すので、実際に 1/4 の帯域を占めているわけではないが、いずれにせよ、オーバヘッドなので、その削減は今後の課題である。

図 4 は、JAIN 東京地区 (T)、JAIN のその他の地区

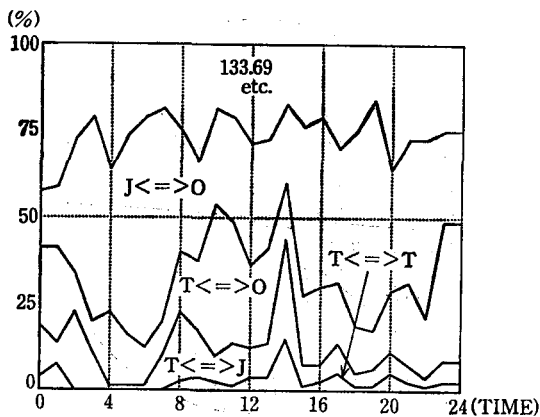


図 4 JAIN の利用状況 (地区内/地区間別)

(J), JAIN 以外 (O) の 3 者間での通信の割合の時間的変遷である。jain-bb は JAIN と外部ネットワークとの接続も提供しているので、J-O 間の通信がかなりの量を占めている。図中の 133.69 というのは、JAIN ゲートウェイ間のパケット等である。

## 6. おわりに

本稿では、ネットワークとしての JAIN の現状について述べた。いうまでもなく、JAIN は研究のグループであり、本稿で述べたネットワーク構築、運営に関する技術のほか、IP ネットワーク環境でのニュースシステムや ISDN によるネットワーク構築など、ネットワークに関連する各種のテーマについて研究が行なわれている [1, 2]。

ネットワークとして見た場合、JAIN は北海道から沖縄までの広い範囲をカバーしており、他の広域ネットワークと比較しても、地方の大学、高専の参加が多い。また、地域割の管理を導入しており、各地域の大学の学内ネットワークが広域ネットワークへ接続することを容易にしている。

JAIN が地区ネットワークとその相互接続という 2 階層を採用したことが伏線となって、各地に地域ネットワーク [7] が誕生しつつある。JAIN は、バックボーンネットワークと地域ネットワークの関係、その環境下での日本の学術研究ネットワークのあり方などについて、今後も一定の役割を果たしていくことになるだろう。

【謝 辞】

東北大学野口正一教授をはじめ、JAIN の研究、運営にたずさわる多くのメンバーの協力があつた。慶応義塾大学村井純助教授をはじめとする WIDE プロジェクトのメンバー、東京大学高田広章氏には、多方面にわたる協力をいただいた。ここに記して謝意を表わす。

本研究は文部省科学研究費補助金総合研究(A)「高度学術インターネットワークの構築と高度応用技術の研究」(代表・東北大学野口正一教授)の援助を受けている。

## 参 考 文 献

- [1] 大学内ネットワークの相互接続の諸問題シンポジウム論文集, 1990.
- [2] 日本におけるアカデミックネットワークの相互接続の諸問題シンポジウム論文集, 1992.
- [3] 平原正樹: X.25 網を利用した IP ネットワークの構築, 情報処理学会マルチメディア通信と分散処理研究会報告, Vol.91, No.53, 91-DSP-51-3, 1991.
- [4] Douglas E. Comer: *Internetworking with TCP/IP: Principles, Protocols, and Architecture*, Prentice-Hall, 1988.
- [5] 平原正樹: JAIN の現状と相互接続の技術, [2] 論文集, pp.6-11, 1992.
- [6] 亀山幸義: JAIN の利用状況の測定と分析, [2] 論文集, pp.19-27, 1992.
- [7] 「地域ネットワークの課題」研究会論文集, 東京大学大型計算機センター, 1992.