

## 長野オリンピックのネットワークと情報提供システム

Construction of the Network and the Information Service System for the Nagano Olympic by Noriyuki SHIGECHIKA (Graduate School of Media and Governance, Keio University), Osamu NAKAMURA (Faculty of Environmental Information, Keio University), Nobuyoshi SASAGAWA (The Organizing Committee for the XVIII Olympic Winter Games, Nagano 1998) and Jun MURAI (Faculty of Environmental Information, Keio University).

重近 範行<sup>1</sup> 中村 修<sup>2</sup> 笹川 信義<sup>3</sup> 村井 純<sup>2</sup>

1 慶應義塾大学政策・メディア研究科

2 慶應義塾大学環境情報学部

3 長野冬季オリンピック競技大会組織委員会

オリンピックは、4年に1度、冬季オリンピックを含めれば2年に1度の国際的なスポーツイベントである。インターネットを用いたオリンピックの情報公開は、1994年リレハンメル冬季オリンピックの際に、非公式ながらWWWを利用した情報公開が行われ、1996年アトランタオリンピックからは、IBMの協力により公式な情報公開が行われている。

これらを通じたオリンピックのWWWシステムは、膨大なアクセス数、大量のダイナミックな情報、国際的に分散した利用者、個人によって異なる関心、といった点でWWWシステムの多様な課題が集約された、いわば、WWWシステムの世代ごとのプロトタイプとしての役割を果たしてきた。一般的に、インターネットが国際的な情報インフラストラクチャとして大規模になるにしたがって、利用者の数も指数関数的に増加し、ネットワークの負荷、サーバ計算機への負荷は増大している。オリンピック用のWWWシステムの問題解決と、その世界中に広がった利用者に対する円滑なサービスは、インターネット上の情報システム開発に対して貢献の責任がある。

本稿では、インターネットを用いたオリンピックの情報公開としては公式には2度目の、長野オリンピックにおける情報公開システムを概観しながら、大規模な情報公開システムへの取り組みとインターネットとのかかわり合いについて解説する。

### 1. はじめに

インターネットの特徴の1つに、同じ技術がさまざまな広がりを持ったコミュニケーションの場に適應できる点が挙げられる。インターネットプロトコル(IP)を用いることにより、家庭内での情報システムから、組織内、そして世界規模でのコミュニケーション環境を連続的に実現することができる。また、IP上のアプリケーションであるWWWは、数人のグループでの情報共有環境から非常に大規模な情報提供システムに利用することができる。こうした意味においてイン

ターネットの技術は、規模性を十分に考慮した設計になっているといえる。しかし、物理的な処理能力には限界があり、現在のインターネットの大規模性を満足するためのシステムを構築する場合には新しい技術が必要となってきている。

アクセスが集中するようなWWWサーバでは、1台の計算機では処理できなくなっている。また、放送型アプリケーションを例にとれば、情報送信側と受信側の通信が1対1の通信(ユニキャスト型通信)の場合、受信者が10万人いれば、情報送信側からのデータ転送量は、1回線の通信を行うための通信量の10万倍になる。たとえば、1回線の通信が32Kbpsの音声情報とすれば、情報送信側では、3.2Gbpsの情報発信を行う必要がある。

このような情報提供システムを考える場合、単位時間あたりのアクセス数とアクセスのネットワーク的分布を考慮したシステムを構築する必要がある。単位時間あたりのアクセス数が多い場合には、サービスを提供するサーバの能力を上げるとともに、複数のサーバによるサービスの分散も必要な技術となってきている。すでに大規模なWWWサーバの運用を行っている事業者では、複数の計算機を用いてサービスの提供をしている。これらの計算機の負荷を分散させるための技術としては、ローテーション式DNSを用いた運用は始まっており、ローカルディレクタなどの商品も開発されている。また、ネットワークの負荷を分散させるための技術としては、WWWのキャッシュ技術も用いられている。

しかし、インターネットの規模の拡大傾向と今後の情報共有システムを考える上で、より大規模な情報提供システムの実現を行う必要がある。

本稿では、1998年に長野で開催される冬季オリンピック<sup>[OGN98]</sup>における情報提供システムについて解説し、今後インターネットにおける大規模な情報提供システムの方向性と問題点を議論する。

## 2. オリンピックの大規模性

オリンピックのインターネットによる情報提供実験は、公式には1996年アトランタオリンピックで初めてIBMによって行われた。本稿の著者である慶應義塾大学のグループは、アトランタオリンピックの時から、インターネットを用いた情報提供システムのプロジェクトに参加し、アトランタオリンピックの時には、日本国内での情報提供サーバの運用を手がけてきた。インターネット上で情報提供を行う場合、情報にアクセスする利用者の数や分布によって、情報提供を行う側のシステムの設計は大きく異なる。たとえば日に数回アクセスされる情報を提供するシステムの場合、通常のPCでも十分に処理可能であることはすぐに分かるが、アクセスが集中するような情報提供システムの場合、サーバ計算機の機能もさることながら、ネットワークの負荷も十分に考慮しなければならない。オリンピックは、世界規模でのイベントであり、開催期間の2週間に世界中からアクセスが集中する。長野オリンピックのアクセス数の予測は、1996年に行ったアトランタオリンピックでの実験結果 [ATLANTA96] をもとに、IBMが国際的なスポーツイベントとして全米オープンテニスにおけるインターネットを用いた情報提供の実験結果などを考慮し、1日に100,000,000ヒット（1秒に1,157ヒット）と予測している。また、アクセスの分布は、日本からのアクセスが全体の20%、ヨーロッパからのアクセスが30%、そしてアメリカ（オーストラリアを含む）からのアクセスが50%と予想している。

1996年に行ったインターネット1996ワールドエキスポジション [IWE96] のアクセス数が、1年に45,000,000ヒット、また、検索エンジンのYAHOO! [YAHOO] が1日に5,000,000ヒットであることから考えれば、長野オリンピックで予想されているアクセス数がいかに膨大であるかが分かる。

また、非公式ではあるが、1994年リレハンメル冬季オリンピックの際に、WWWを利用した情報公開が行われた。当時のIP接続された国は64カ国であり、そのうち42カ国から1日に1,300,000ヒットのアクセスがあった [OGL94]。現在は、約3倍の171カ国がIP接続されているため、長野オリンピックではさらに多くの国からのアクセスが予測される。

## 3. 長野オリンピックにおける情報システム

長野オリンピックにおける情報システムは、公式な競技のプログラムや結果をデータベースとして管理す

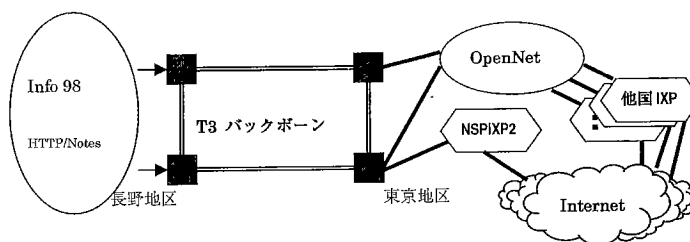


図-1 国内のネットワーク構成

るInfo Systemとインターネットを通じてアクセスする観客へ長野オリンピックに関連するさまざまな情報を提供するInternet Serviceの2つに大別できる。Info Systemは、競技に関する公式なデータを管理するため、外部からのアクセスを制限する必要がある。Internet Serviceは、世界中からの膨大なアクセスに対して常に良好なレスポンスを返す必要がある。

今回構築される情報システムは、主にHTTPを使った競技結果を含むさまざまなコンテンツの配信やラジオ放送のインターネットへの生中継など、オリンピック会場で起こった事柄をより早く世界へ向けて公開するものである。

ネットワーク構成としては、世界規模のバックボーンを持つIBMのOpenNetを東京から長野までT3 (45Mbps) を2回線使い拡張しており、インターネットとは、東京のNSPIXP-2 [NSPIXP] をはじめとする世界中のIX (Internet eXchange Point) で接続されている (図-1)。

長野オリンピックの情報システムでは、インターネットに向けて、HTTPやストリーミングによるコンテンツを配信する。このサーバに対し、アクセスは世界中から集中することが予測され、大会期間中の本システムは、現在のインターネットの縮図として考えることができる。

現在、インターネットを使った情報共有にはさまざまな問題点があり、オリンピックのような期間中にアクセスが集中する場合には、膨大な数のクライアントに対して、常に良好なレスポンスを返すサーバを構築することは非常に困難である。

以下の章では、長野オリンピックにおいて構築するシステムについて述べる。

## 4. 分散型情報提供サーバ

オリンピックの情報発信は、主にHTTPを利用して行う。オリンピックのHTTPサイトには、大会開始時に、1言語につき2,500ページあり、大会終了まで、毎日約500ページが付け加えられる。会期中、このサーバに対し集中する世界中からのアクセスを処理するために、サーバは世界数カ所に分散配置する。また、

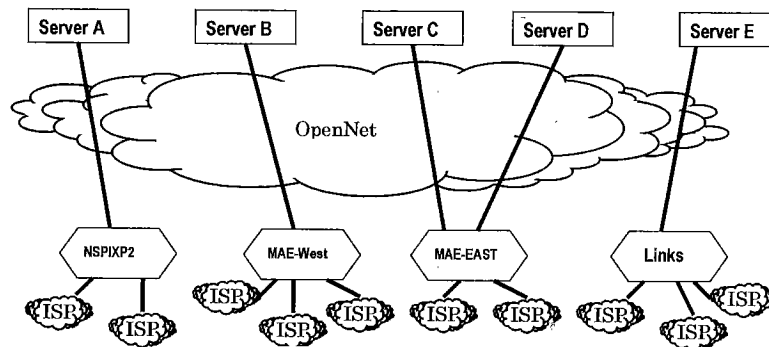


図-2 単一IPアドレスアーキテクチャ

各地に設置された個々のサーバの処理能力を向上させるため、サーバには、マルチノードシステムであるIBM RS6000 SP2が採用されている。

分散型情報提供サーバを利用する場合、以下の2点を十分考慮する必要がある。

- 分散配置されたサーバへアクセスを分散する仕組み
- 分散されたサーバ間でのコンテンツの整合性の確保

#### 4.1 単一IPアドレスアーキテクチャ

世界各地に設置されたサーバへの負荷分散は、単一IPアドレスアーキテクチャを用いて行う。世界各地に設置されたサーバには、すべて同じIPアドレスを割り振り、クライアントは経路制御的に最も近いサーバへのアクセスを可能にする(図-2)。また、この方式は、負荷分散と同時にバックアップサーバへの動的な切り替えも可能にする。

複数のサーバに対して、どれか1つのサーバを自動的に選択し通信する方式をエニーキャストと呼ぶ。次世代のインターネットプロトコルであるIPv6<sup>[IPv6]</sup>には、エニーキャスト方式の通信機能は提供されているが、現在のインターネットプロトコルでは提供されていない。したがって複数のサーバで情報提供を行う場合、クライアントからのアクセスを有効に負荷分散させる方式は、一般的には提供されていない。複数サーバによる負荷分散方式として現在実際に行われている手法は、ホームページに複数のサーバがあることを示し、利用者側が自主的に最寄りのサーバ、もしくは、負荷の低いサーバを選択する方式である。また、インターネット1996ワールドエキスポポジションでは、最初にアクセスされたサーバ側で、クライアントのホスト名に含まれるドメイン名の情報から自動的にクライアントに近いサーバを選択し、HTTPのリダイレクシ

ョンを用いて、アクセスを振り分ける方式を用いた。

また、最初にアクセスされるサーバもDNSに複数のホストを登録しておき、ホスト名からIPアドレスを参照するための要求に対して登録されたホストのIPアドレスを順番に返す機能(ローテーション式DNS)を用いた。しかし、この方式の問題点は、DNSの情報は、各クライアントでキャッシュされ、一度キャッシュされると、このキャッシュ情報が有効である間は、DNSに対して参照要求がこないため、効果的な負荷分散ができない点あげられる。また、ホスト名から最寄りのサーバを選択する場合、ドメイン名の情報だけを用いるため効果的なサーバの選択が難しい。

今回、長野オリンピックで用いる単一IPアドレスアーキテクチャは、ネットワークの経路制御機構を用いるため、ネットワーク的な距離に依存したサーバが自動的に選択される。また、サーバに障害が発生した場合には、このサーバへの経路情報がなくなり、自動的に他のサーバへの経路情報が現れるため、自動的にバックアップを行うことが可能となる。

#### 4.2 コンテンツの整合性

各地に設置されたサーバ間およびサーバ内のノード間では、すべて同様のコンテンツを共有する必要がある。このため、すべてのサーバおよびすべてのノードから参照されるコンテンツは、DFS(Distributed File System)によって共有されている。DFSは、CMUの研究成果であるAFSの流れを汲む広域に分散されたシステム間での分散型ファイルシステムである<sup>[AFS]</sup>。アトランタオリンピックの時に、世界5カ所(アメリカ2カ所、日本、イギリス、ドイツにそれぞれ1カ所)にサーバを設置し、このシステム間をDFSによってコンテンツを共有した。この時の実験結果では、DFSのキャッシュ機能が有効に機能し、大もとのDFSサーバへのアクセスは、全体の5%分に押さ

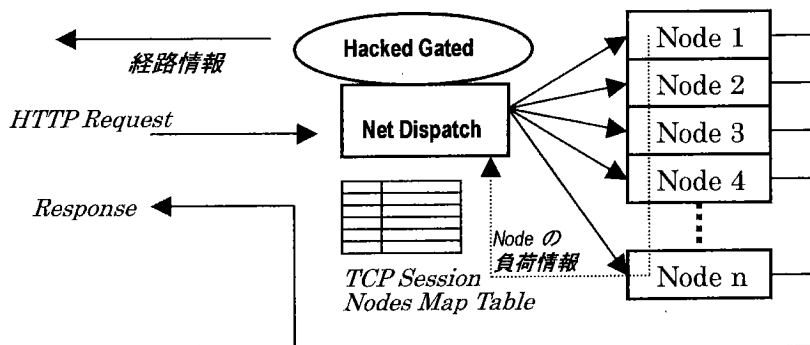


図-3 Net Dispatchを使った負荷分散

えることができた [ATLANTA96]。長野オリンピックでもDFSを用いることにより、世界中に分散配置されたサーバのコンテンツを管理する。

#### 4.3 マルチノードシステムでの負荷分散

世界数カ所に設置された各サーバ内では、マルチノードシステムであるSP2を利用した負荷分散を行う。Net Dispatchと呼ばれるこの方式は、HTTPのセッションをTCPセッションのレベルで負荷の低いノードを選択してルーティングする(図-3)。長野オリンピックでは、各地に設置されたSP2は、それぞれ30ノードを用いて情報提供を行う。

Net Dispatchは、各ノードの負荷情報を管理し、最も空いているノードに対して、HTTPの要求を転送する。各ノードがアクセスするディスクは、広域の場合と同様にDFSを用いて共有されている。要求に対する応答は、Net Dispatchを経由することなく、直接クライアントに返送される。HTTPの通信の場合、要求の通信量に対して応答の通信量が非常に大きいため、本アーキテクチャは、効果的に機能する。

### 5. インターネット規模での実験

前章で、長野オリンピックにおける情報提供システムの概要を説明したが、これらの実験は、まさにインターネット規模での情報提供システムの実験である。本章では、インターネット全体から見た本実験の解説を行う。

#### 5.1 トポロジ

インターネットから見た長野オリンピックの情報提供システムは、IBMのOpenNetが1つの情報提供システムであると捉えることができる。この情報提供システムとインターネットは、世界数カ所で運用されている大規模なIXを経由して相互に接続されている。国内の場合には、NSPIX-2経由で国内のインターネット事業者と相互接続されている。

HTTPでの情報アクセスは、1ページあたりの情報量は、約50Kバイト、1ページは、複数の情報から構成されており、これらの情報を転送するための各アクセスにおける情報転送量は、約10Kバイトであるとすると、NSPIX-2における情報転送量は、長野オリンピックの場合、約20Mbpsと予想される。

$$1000\text{hits/sec} \times 0.2(20\%) \times 10\text{Kbyte} = \text{約}20\text{Mbit/sec}$$

NSPIX-2では、複数のインターネット事業者が、FDDIスイッチ経由でそれぞれ100Mbpsの帯域で相互接続されていることから、これだけのトラフィックは、十分に処理可能であると予測される。IBM OpenNetとNSPIX-2との回線上で、情報転送量が約20Mbps、各ISPにトラフィックが平均するとすれば、各ISPとの間は、約1Mbps程度のトラフィックと予測できる。もちろん、各ISPからのアクセスが平均しているとはいえないが、それでも数Mbps程度のトラフィックになると予測できる。同様に米国内のIXでも、ほぼ同程度のトラフィックがこの長野オリンピックによって発生すると考えられるが、今回IBM OpenNetとの相互接続を行うIXでは、NSPIX-2と同様な構成を持っているため、十分に処理可能であると考えられる。

これは、現在のインターネットがIXで相互接続されているため可能になったトポロジであるといえる。もしIXのような複数のISPが相互接続している場所がない場合には、どこかのISPを20Mbpsのトラフィックが通過することになり、ボトルネックが発生することになる。

#### 5.2 経路制御による負荷分散

長野オリンピックでは、世界規模での分散サーバへの負荷分散方式として、単一アドレスアーキテクチャ方式を用いる。この方式は、現在のインターネット上でエニーキャストをエミュレーションすることにはほかならない。エニーキャストを用いることによって、ネ

ネットワーク距離による動的な負荷分散が可能となり、また自動的なバックアップ機能も実現することができる。ただし、この方法の問題点としては、サーバの障害などによる経路情報の変化が、世界中に伝播され、経路情報の不安定な状態 (Route Flap) を起こす可能性がある点、また、経路情報的な距離が同じ (Equal metric) になった場合、パケットごとに転送されるサーバが異なってしまう、TCPなどでは通信ができなくなることがあげられる。この問題を回避するためには、経路制御における距離が同じにならないような各ISPとの調整を行っているが、各自律システム内の経路制御方式は、各ISPの運用によってそれぞれ異なるため、経路制御的な距離が同じにならない保証はない。長野オリンピックでは、これらの問題が実際にどの程度問題になるかなどの情報を収集していく予定である。

## 6. おわりに

本稿では、主に長野オリンピックで行われる情報提供システムの負荷分散の技術に関して議論した。オリンピックのWWWシステムは、インターネット全体にとっても非常に大規模なテストベッドである。1998年1月から2月中頃まで本実験を通して今後のインターネットにおける大規模な情報提供システムの基礎となる情報を収集し、その分析と評価に関しては次の機会に報告する。

### 参考文献

- [OGN98] 長野オリンピック冬季競技大会組織委員会, Official Olympic Winter Games Site Nagano '98, <http://www.nagano.olympic.org/>
- [ATLANTA96] Transarc Corporation, DFS Scores High on Performance During Atlanta Olympic Games, <http://www.transarc.com/afs/transarc.com/public/www/Public/ProdServ/Solutions/DFSoly/dfsolympic.htm>
- [IWE96] Malamud, C.: A World's Fair FOR THE GLOBAL VILLAGE THE MIT PRESS, ISBN 0-262-13338-5 (1997).
- [YAHOO] Yahoo Japan Corporation, YAHOO! JAPAN, <http://www.yahoo.co.jp/docs/pr/adop.html>
- [OGL94] Steinar, K.: Results from The 1994 Winter Olympics at Lillehammer, <http://wc94.oslonett.no/OL/OlympicWWW.html>
- [NSPIXP] WIDE Project, WIDE/NSPIXP HomePage, <http://xroads.sfc.wide.ad.jp/NSPIXP/>
- [IPV6] Hinden, R. and Deering, S.: IP Version 6 Addressing Architecture RFC1884 (Dec. 1995).
- [AFS] Morris, J.H., Satyanarayanan, M., Conner, M.H., Howard, J.H., Rosenthal, D.S. and Smith, F.D.: Andrew: A Distributed Personal Computing Environment, Communication of the ACM, Vol.29, pp.184-201 (Mar. 1986).

(平成10年1月13日受付)



重近 範行

1972年生。1996年慶應義塾大学政策・メディア研究科修士課程修了。同大学政策・メディア研究科後期博士課程在学中。修士(政策・メディア)。現在インターネットを利用した次世代コミュニケーション環境に関する研究に従事。



中村 修 (正会員)

1959年生。1990年慶應義塾大学理工学研究科後期博士課程数理工学専攻単位取得退学。東京大学大型計算機センター助手を経て、慶應義塾大学環境情報学部専任講師。博士(工学)。専門は、コンピュータネットワーク、分散処理、オペレーティングシステム。



笹川 信義

1940年長野市生。1958年郵政省信越電波監理局入省。1984年中国電気通信監理局私設課長。1987年近畿電気通信監理局公共課長。1989年放送行政局有線放送課補佐。1991年四国電気通信監理局航空海上部長。1993年通信政策局情報処理室長。この間、無線局の監理監督、CATVの政策立案、無線局管理システム、無線LANシステムの構築に従事。現在、(財)長野オリンピック冬季競技大会組織委員会情報通信部長。



村井 純 (正会員)

1955年生。1984年慶應義塾大学工学部数理工学博士課程修了。同年東京工業大学総合情報処理センター助手、1987年東京大学大型計算機センター助手、1990年慶應義塾大学環境情報学部助教授を経て、1997年より同大学環境情報学部教授。工学博士。1984年JUNETを設立。WIDEプロジェクト代表。(社)日本ネットワークインフォメーションセンター理事長。インターネットソサエティ理事。著書「インターネット」(岩波新書)、監訳「インターネットシステムハンドブック」(インプレス)、「IPv6: 次世代インターネットプロトコル」(プレントイスホール)他。