Service
ストリーミング
トラヒック制御
分散配信

大規模イベントにおける インターネット映像配信

はたの　あきら　かわぐち　やすたか
波多野 亮 /川口 康隆
NTTスマートコネクト

NTTスマートコネクトは，日本におけるインターネット黎明期からインターネット上での映像配信を手掛けてきました．ナローバンドからブロードバンドへとユーザ回線が移り変わっていくとともに映像配信システムも大規模なものとなり，運用も複雑化してきています．そこで，昨年，10年目を迎えた夏の甲子園インターネット中継を基に，大規模イベントの際のシステム構成や運用の舞台裏を紹介します．

第88回全国高校野球選手権大会におけるインターネット中継

第88回全国高校野球選手権大会（夏の甲子園）は，昨年8月6～21日までの16日間にわたって開催されました．NTTスマートコネクトはその前身であるNTT-TE関西時代から，朝日放送㈱様の実施する「夏の甲子園インターネット中継」をサポートしており，昨年で10年目を迎えました．開始当初は，インターネットによる映像・音声中継は非常に珍しく，かつ先進的な取り組みでしたが，ブロードバンドが普及した現在では，インターネットで映像を視聴することはごく当たり前のこととなりました．また配信事業者にとっても，アクセス数の少ない小規模なインターネット中継であれば，比較的容易に実現できるようになりました．しかし，夏の甲子園のような大規模なインターネット中継は，短時間に日本全国から膨大なアクセスが集中するため，コンテンツ提供者，配信事業者とも，それに対応したシステムをつくりオペレーションを行うことは決して容易ではありません．そこで今回は，夏の甲子園を事例として取り上げ，大規模なインターネット中継をいかに実現しているかの舞台裏を簡単に紹介します．

インターネット中継の仕組み

まず基本的なインターネット中継の仕組みを紹介します．**図1**のように，エンコーダによって配信形式に変換された映像ソースをストリーム配信サーバへと運び，インターネットにリアルタイムで配信します．また視聴の際の入り口となるWebサーバとストリーム配信サーバの連携を**図2**に示します．視聴者がWebページにある視聴ボタンをクリックすることにより，「メタファイル」と呼ばれるストリーム配信サーバのURLが記述されたポインタファイルがダウンロードされます．そのメタファイルによりプレイヤ（Windows Media Player など）が起動し，ストリーム配信サーバへアクセスすることにより，ストリーム映像を視聴することができます．

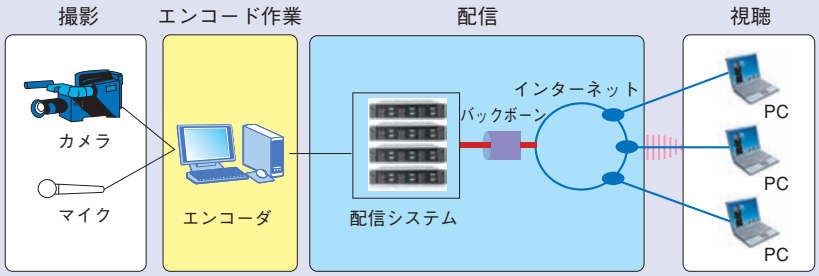

図1　インターネット中継構成概略図

夏の甲子園に向けての事前準備

今回の中継にあたっては，256 kbit/sの映像品質でWindows Media形式による配信を行うこととなりました．配信システムを設計するにあたりまず行うことは，アクセス数（1秒間にどのくらいのアクセスがあるか，同時にどのくらいのお客さまが視聴するか）を予測することです．今回は過去9回の実績から算出し，2005年の1.5倍のアクセス数を見込みました（一般に過去の実績等がない場合，アクセス数の予測にはイベントの一般的関心度合いはもちろんのこと，イベント告知の有無などが重要な要因となってきます）．そしてこの予測のもと，NTTスマートコネクトの高度なスキルを持ったネットワーク技術者・サーバ技術者が結集し，想定されるアクセス数とネットワークを流通するトラヒックに耐え得るシステムを設計しました．今回の中継配信システム構成の概略を**図3**に示します．朝日放送様の本社でWindows Media形式にエンコードされた映像ソースはネットワーク経由でNTTスマートコネクトの配信システムに届けられ，その配信システムからインターネットへと配信されます．

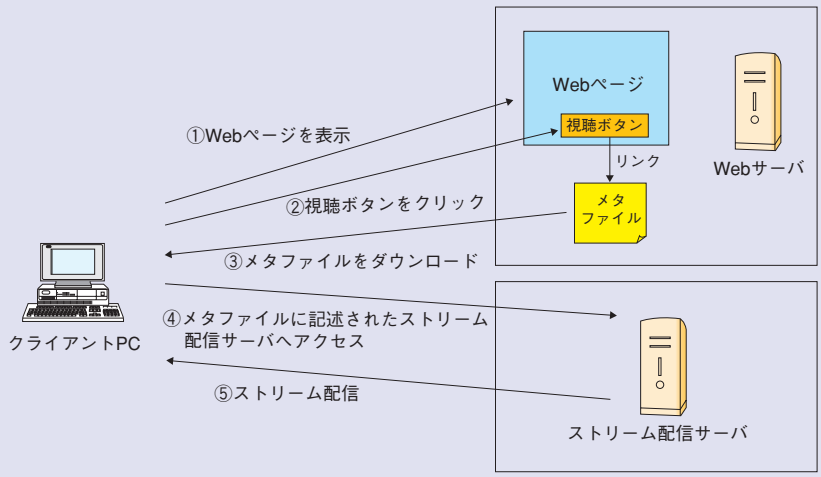

図2　Webサーバとストリーム配信サーバの連携

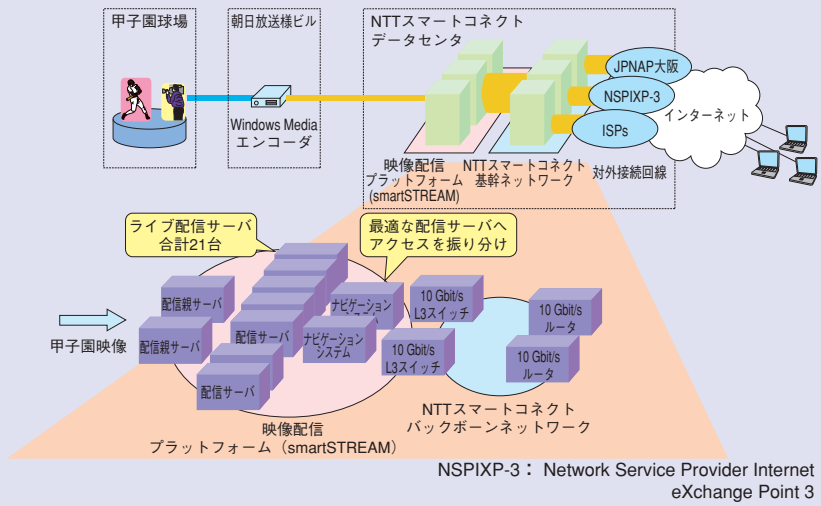

図3　夏の甲子園中継配信システム構成

システム設計・運用のポリシー

インターネットはたくさんのインターネット接続事業者（ISP）によって成り立っており，NTTスマートコネクトも多数のISPと接続しています．またNTTスマートコネクトは，ストリーミング事業のほかにもハウジングやホスティング事業を行っており多くのお客さまがいらっしゃいます．夏の甲子園中継で大量のトラヒックをネットワークに流通させると，他のISPやNTTスマートコネクトのお客さまのコンテンツ配信に影響が出ることが考えられます．そのため今回の中継にあたり，「他のISPおよびNTTスマートコネクトのお客さまにご迷惑をかけない」という運用ポリシーを作成し，朝日放送様には，万が一このポリシーに抵触しそうな場合，新規アクセスの受付を停止し，Webページ上で「アクセスが集中し，新規アクセスができない」旨を表示するというご了解をいただいたうえで，システムの設計および運用を行いました．

ネットワーク系の設計およびオペレーション

NTTスマートコネクトのバックボーンネットワークは10ギガイーサネットで構成されていますが，夏の甲子園中

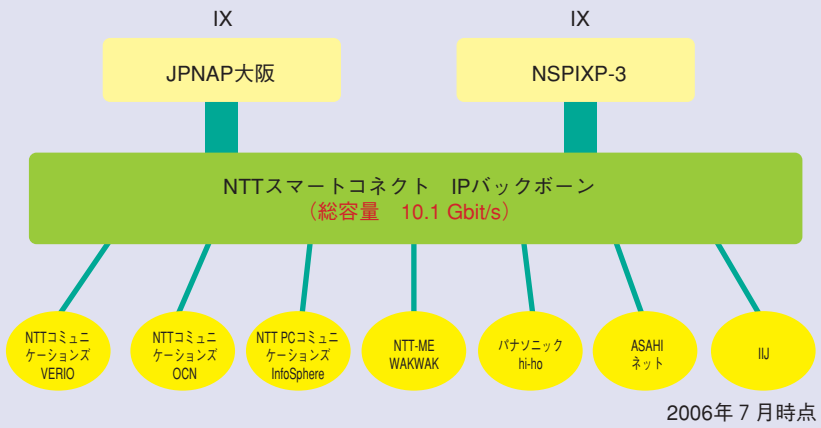

図４　NTTスマートコネクトの対外接続回線図

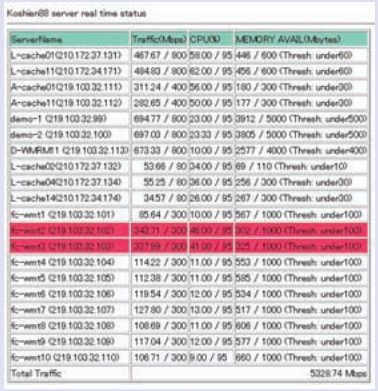

図５　モニタツール

継のような大量のトラヒックが，ネットワークの特定の個所に集中して輻輳状態になり他のサービスに影響を及ぼさないよう，特に他のISPとの接続回線（対外接続回線）におけるネットワーク設計とトラヒック制御を行うことが重要な課題でした．夏の甲子園中継前のNTTスマートコネクトの対外接続回線図を**図４**に示します．予測したアクセス数とトラヒックから，対外接続回線ごとのトラヒックを割り出し，夏の甲子園期間中のBGP4[*1]によるトラヒック制御ルールを策定し，通常時と緊急時（特定の回線が輻輳しそうになった時）の運用手順を準備しました．また運用だけでは対応しきれない一部の対外接続回線については，事前に物理回線を追加することにより増速し，開会の日に臨みました．

夏の甲子園期間中はSNMP[*2]やNetFlow，sFlow[*3]といった観測技術を用いた実際のトラヒック測定により，トラヒックが特定の接続回線に集中して輻輳することがないように監視しました．試合中にトラヒック制御を実施することはほとんどありませんでしたが，一部の回線については当初の予測を上回るトラヒックが発生していたため，特に大量のアクセスが集中することが予想される注目対戦カードの前日には，一部のトラヒックを他の回線に迂回させる等の運用を実施し，膨大なアクセスに耐え得る状態を維持させました．

サーバ系の設計およびオペレーション

夏の甲子園では，ストリーム配信サーバを21台準備しました．視聴者から各ストリーム配信サーバへのアクセスの振り分けは「ナビゲーションシステム」というNTTスマートコネクト独自で開発したシステムで行います．Webページからストリーム配信サーバへのポインタファイルであるメタファイルは，このナビゲーションシステムに設定したさまざまな振り分けルールに従い動的に生成されます．例えば，視聴者のIPアドレスによって誘導するストリーム配信サーバを変更したり，ストリーム配信サーバのリソース（使用しているCPUやメモリ，ネットワーク帯域など）があらかじめ設定されたしきい値を越えた場合，そのストリーム配信サーバへは新規アクセスを誘導しないことも実現できます．また何らかの機器故障が生じた場合，故障したストリーム配信サーバを振り分け先から外すこともできます．

比較的小規模な中継等でストリーム配信サーバの台数が豊富にある場合，振り分けルールを固定しすべて自動で振り分けを行わせることもできますが，夏の甲子園のような大規模中継の場合は，限られたストリーム配信サーバの中で最大限のパフォーマンスを発揮させるために，熟練のストリーミング技術者がサーバのリソースをリアルタイムにモニタしながら，手動で振り分けルールを変更する必要があります．リソースのモニタにはMRTG[*4]などさまざまなツールがありますが，リソースの状況をよりリアルタイムに把握するため，**図５**のような独自のモニタツールを作成しました．各ストリーム配信サーバのリソース状況を10秒お

＊1　BGP4：複数のネットワーク（ISP）を接続した環境において，接続機器間で経路および制御情報をやり取りするためのプロトコル．
＊2　SNMP：TCP/IPネットワークにおいて，接続された機器をネットワーク経由で監視・制御するためのプロトコル．
＊3　NetFlow，sFlow：スイッチとルータを含むネットワークトラヒックのパケットをリアルタイムにモニタリングすることを可能にしたプロトコル．
＊4　MRTG：SNMPエージェントから取得したデータを加工してグラフ化するツール．

きにSNMPで取得しHTMLで表示します．しきい値の90％に達したらオレンジ色に，しきい値に達したら赤色でアラームを表示する，といった運用者に分かりやすい（運用ミスを減らす）工夫も行いました．

このように，高いスキルを持ったストリーミング技術者たちがナビゲーションシステム，モニターツールを活用し，瞬時に変動するトラヒック状況に応じたサーバリソースの状況を見極めながら，アクセス振り分け先サーバを手動で切り替える，といったリアルタイムのオペレーションを，大会期間を通して行いました．

さらに，このようなオペレーションには各運用者間のコミュニケーションを密にすることが欠かせません．そのため運用者が一同に集まることができる専用ルームを設置し，各ストリーム配信サーバから流れてくる映像やモニタリングツールを，大型プラズマディスプレイにマルチ画面表示し情報共有を行いました．また朝日放送様の本社でエンコーダを運用している運用者とNTTスマートコネクト運用者との間ではIRC[*5]を利用し，リアルタイムで情報共有を行いました．

夏の甲子園中継のアクセス傾向

高校野球の中継では例年みられることですが，次のようなアクセス傾向がありました．

- 土曜日，日曜日やお盆など休日のアクセスは，平日と比べて少ない．
- 注目校（今回は駒大苫小牧高校）の試合や白熱した試合展開になるとアクセスが急増．

特に今大会の特徴として，日を追うごとに早稲田実業高校の人気が高まり，準々決勝，準決勝と次第にアクセスが増えてきました．しかしながら，駒大苫小牧高校との決勝戦は日曜日に行われるため，例年の傾向からみてもアクセスが急増することはないだろうと，運用者一同安心していました．事実，昨年８月20日に行われた決勝戦は休日にしてはアクセス数が多く，さらに緊迫した試合展開，延長戦突入に合わせてどんどんトラヒックが増加したにもかかわらず，平日の平均的なトラヒックを上回るまではいきませんでした．

ところが，運用者を凍りつかせる「まさかの再試合」…．お盆休み明けの翌月曜日に行われた決勝戦再試合は，試合開始10分で作成した運用ポリシーに抵触する勢いでアクセスが集中し，トラヒックも急増，今大会での最大値を記録しました．朝日放送様に許可をいただき，やむなく新規アクセスの受付を停止しお詫びの画面表示を行いました．これは10年間行っているインターネット中継の中でも，初めての出来事となりました．

インターネット中継の将来展望

今回紹介した夏の甲子園のような大規模なインターネット中継は数多くはありません．そのため，大会が開催される短い期間のためだけに大規模な専用設備を構築し，維持するには難しい面があります．また試合（コンテンツ）の内容によってはトラヒックが予想をはるかに上回ることが分かりました．これらのことから，ユニキャストでの配信（サーバと視聴者が１対１で行う通信で，配信システムのトラヒックが視聴者数に比例して増える）は限界に来ているように思います．

こうした問題を解決するために注目したい技術が，マルチキャスト（サーバから配信する１本の映像が，複数の視聴者に届く通信）です．朝日放送様の夏の甲子園インターネット中継はユニキャスト配信ですが，今回は新たに，NTT西日本の提供する「v6ステージ[*6]」で，夏の甲子園の試合のダイジェスト映像をIPv6マルチキャストで配信することにも取り組みました．限られた期間での配信ではありましたが，高品質のストリーミングが大変好評でした．このようなIPv6マルチキャストで映像を配信する環境をもっと普及させるため，NTTスマートコネクトは常に新しい技術に挑戦していきます．

＊5　IRC：TCP/IPネットワーク上で，リアルタイムにテキストデータを交換するチャットシステム．

＊6　v6ステージ：「フレッツ・光プレミアム」および「フレッツ・v6アプリ」を利用のお客さまに限定して視聴いただける，ピュアIPv6コンテンツサイト．

（左から）川口 康隆　/ 波多野 亮

インターネットやフレッツ網に向けたライブ・オンデマンドの映像配信プラットフォームの提供を行っています．また今年は携帯向けの映像配信サービスも提供する予定です．ご質問やご要望がございましたらお問い合わせください．

◆問い合わせ先
NTTスマートコネクト
サービスオペレーション部
TEL　06-4797-8873
FAX　06-4797-8878
E-mail　info@smartstream.ne.jp