

# ストリーミング技術への誘い

- Streaming millenniumへ向けて -

櫻井 智明 [rodo@keel.net](mailto:rodo@keel.net)

山本 文治 [bnj@ij.mc.co.jp](mailto:bnj@ij.mc.co.jp)

## 既存のメディアとインターネット

- ◆ 口コミ ----- 電子メール
  - コミュニティの形成 (井戸端会議・電話・ポケベル・ML)
- ◆ 新聞 ----- WWW
  - 片方向的、アーカイブ
  - 情報の検索と閲覧
- ◆ ラジオ・テレビ ----- Streaming Media
  - 表現形態の多様化
  - 情報の大量消費へ

Copyright (C) Tetsuaki SAKURAI  
and YAMAMOTO Bunji, 1999. All  
rights reserved.

## マルチメディア情報の情報量

### ◆オーディオ

- 電話音声 64kbps
- CD(圧縮なし) 1.4Mbps

### ◆動画

- MPEG-1 1.5Mbps
- MPEG-2 4 ~ 9Mbps
- NTSC 220Mbps

Copyright (C) Tomoaki SAKURAI  
and YAMAMOTO Buiji, 1999. All  
rights reserved.

3

## A Brief History

### ◆登場前夜

- 14.4kbpsモデム・19.2kbpsTA・28.8kbpsモデム
- ISPの登場と個人向けダイヤルアップIPサービスの開始(1994年)

### ◆1995年

- Streaming Media誕生
  - ◆ RealAudio1.0, StreamWorks1.0

### ◆誕生以降

- 33.6/56kbpsモデム、ISDN Dial-up Routerの普及
- MPでの接続、SOHO向け常時接続サービス

Copyright (C) Tomoaki SAKURAI  
and YAMAMOTO Buiji, 1999. All  
rights reserved.

4

## 回線の帯域

◆ アナログ電話	300bps - 56kbps
◆ ISDN	64kbps, 128kbps
◆ T1, フレーム・リレー	~ 1.54Mbps
◆ LAN (Ethernet)	10Mbps
◆ Fast Ethernet	100Mbps
◆ 光ファイバ	155Mbps, 622Mbps
◆ ギガビット・ネットワーク	1Gbps

Copyright (C) Tomoaki SAKURAI  
and YAMAMOTO Bueji, 1999. All  
rights reserved.

5

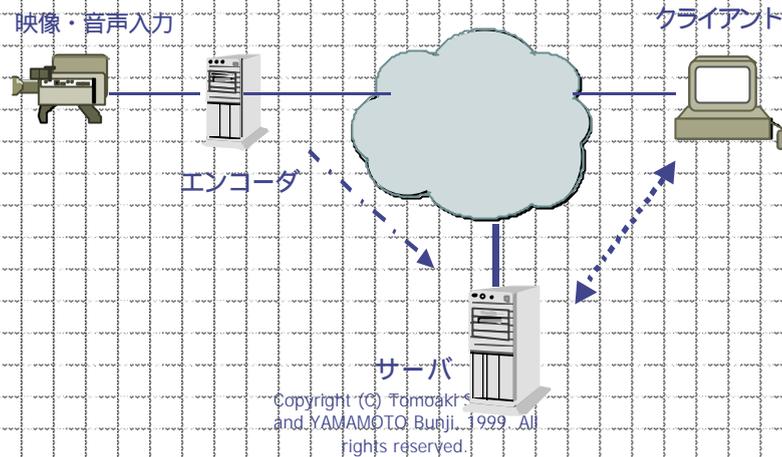
## 圧縮技術の必要性

- ◆ マルチメディア情報をそのまま伝達
  - 十分なキャパシティを持ったネットワークやデバイスがあれば可能
    - ◆ LANや衛星、CATVやCD、DVDなど
- ◆ 圧縮してデータ量を削減して伝達
  - インターネットはユーザアクセス回線、バックボーン共にまだ十分なキャパシティを持っていない

Copyright (C) Tomoaki SAKURAI  
and YAMAMOTO Bueji, 1999. All  
rights reserved.

6

## ストリーミングシステムの流れ



7

## from encoding to decoding

- ◆エンコーダ
  - A/Vデータをエンコーディング、パケット化
- ◆サーバ
  - エンコーダからのパケットをクライアントへコピー
    - ◆単にコピーするだけではなく、クライアント毎の状態を制御・保持
- ◆クライアント
  - 受信したパケットをバッファリング、データをデコードして再生・表示
  - 回線・CPUなどの状態により再生までの時間は可変

Copyright (C) Tomoaki Saito and YAMAMOTO Buiji, 1999. All rights reserved.

8

## トレンド

### ◆マルチエンコード

- 一台のエンコーダで複数のファイルを作成
- 複数の帯域向けにデータを作成する必要がない

#### ■ SureStream / Intelligent Streaming

Copyright (C) Tomoaki SAKURAI  
and YAMAMOTO Bueji, 1999. All  
rights reserved.

9

## 動画再生の方法

### ◆ダウンロード

### ◆疑似ストリーミング

### ◆ストリーミング技術

Copyright (C) Tomoaki SAKURAI  
and YAMAMOTO Bueji, 1999. All  
rights reserved.

10

## ダウンロードによる動画再生

- ◆メディアファイルをファイル転送によってクライアント側にコピーし終わった後再生
- ◆再生開始までの時間はファイルサイズと回線容量に依存する
- ◆クライアントにファイルが残るため加工される可能性がある

Copyright (C) Tomoaki SAKURAI  
and YAMAMOTO Bueji, 1999. All  
rights reserved.

11

## 疑似ストリーミング

- ◆従来の方法でファイル転送を行いつつ、転送終了を待たずに再生
- ◆フロー制御ができない為、安定した再生が困難
- ◆ライブに対応できない



Copyright (C) Tomoaki SAKURAI  
and YAMAMOTO Bueji, 1999. All  
rights reserved.

12

## ストリーミング

- ◆連続的にデータ転送を行い再生する
- ◆サーバ・クライアント間で制御を行い効率的な伝送が可能
- ◆バッファリング等の技術を応用

Copyright (C) Tomoaki SAKURAI  
and YAMAMOTO Bueji, 1999. All  
rights reserved.

13

## バッファリング

- ◆不安定・低速な伝送回線への対応
- ◆受信したデータをそのまますぐに再生せず、キューイングを行う
- ◆データ落ちなどに対応する
- ◆入力が出力を上回った時もバッファに蓄積
- ◆バッファリングのための時間も遅延となる

Copyright (C) Tomoaki SAKURAI  
and YAMAMOTO Bueji, 1999. All  
rights reserved.

14

## 伝送技術

- ◆TCPの信頼性よりも遅延の少なさを選りUDP/RTPを使用することが多い
  - ◆TCPの仕組みを使わず、サーバが直接流量制限を行う
  - ◆TCPはクライアント・サーバ間の管理用セッションに用いられる
- ◆主にfirewallを越す目的でTCPやHTTPも伝送に使われるようになっている
  - HTTPはデータを包んでいるだけ

Copyright (C) Tomoaki SAKURAI  
and YAMAMOTO Buiji, 1999. All  
rights reserved.

15

## エラー補正技術

- ◆データ再送
  - パケットにタグをつけシーケンスを管理
  - 欠けたパケットをサーバに再送要求  
ex. RTPはsequence numberを付与する
- ◆FEC(Forward Error Correction)
  - 冗長なデータを予め付加しておき、ネットワーク中で破棄されたパケットを補完する方法
    - ◆送信しなければならないデータ量は当然増加する

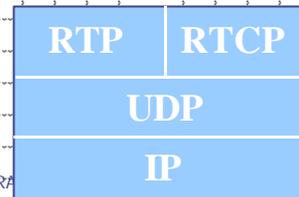
Copyright (C) Tomoaki SAKURAI  
and YAMAMOTO Buiji, 1999. All  
rights reserved.

16

## Streamingに用いられるProtocol

### ◆Real-time Transport Protocol, RFC1889

- Audio/Video データ配送に広範に利用
- さまざまな payload type が定義されている
- 映像、音声、データ、制御ストリームのパケット化、タイムスタンプによる同期
- QoS、信頼性はサポートしない



Copyright (C) Tomoaki SAKURAI  
and YAMAMOTO Bueji, 1999. All  
rights reserved.

17

## Streamingに用いられるProtocol

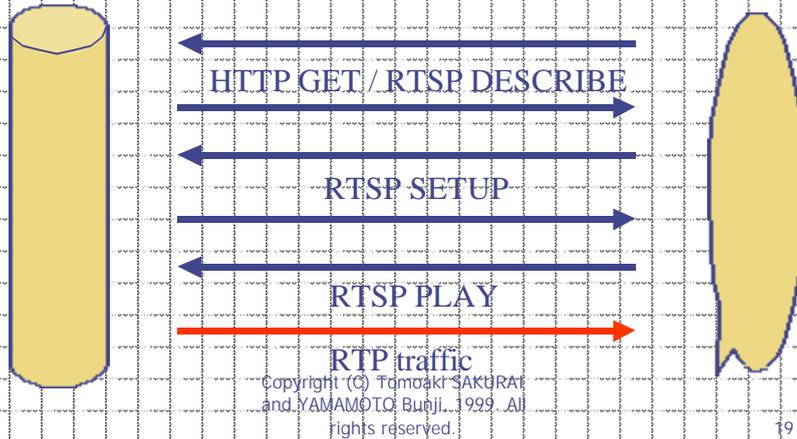
### ◆RealTime Streaming Protocol, RFC2326

- port 554/tcp,udp
- ◆データ配送をコントロールするプロトコル
  - 実際のデータ配送には RTP 等を使う
  - オペレーション、シンタックスはHTTP に類似
  - コマンドは server/client 両方から発行可能

Copyright (C) Tomoaki SAKURAI  
and YAMAMOTO Bueji, 1999. All  
rights reserved.

18

## 実際のトランザクション



19

## 映像品質

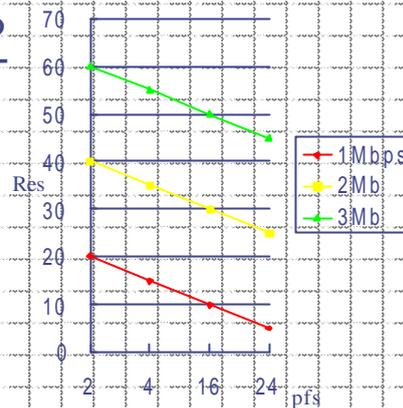
- ◆要求: なめらかな動き (動画)
- ◆FPS (Frame Per Sec)
  - 8mm Film 16fps
  - 映画 24fps
  - NTSC 30fps (インターレス)
  - PAL/SECAM 25fps (インターレス)

Copyright (C) Tamaaki SAKURAI and YAMAMOTO Bueji, 1999. All rights reserved.

20

## 解像度と動き

- ◆帯域が決められている場合、解像度を優先するか、動きを優先するか選択する



Copyright (C) Tomoaki SAKURAI and YAMAMOTO Bueji, 1999. All rights reserved.

21

## 動画のデータサイズ

- ◆無圧縮で320×240 24bitカラーを15fpsで伝送するには.....

縦×横×画素深度×コマ数＝必要帯域

$$320 \times 240 \times 24 \times 15 = 27.648 \text{Mbps}$$

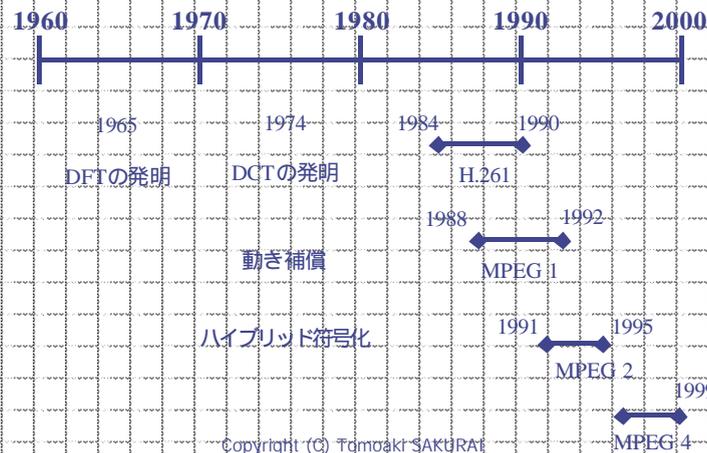
$$160 \times 120 \times 24 \times 15 = 6.912 \text{Mbps}$$

$$80 \times 60 \times 24 \times 15 = 1.728 \text{Mbps}$$

Copyright (C) Tomoaki SAKURAI and YAMAMOTO Bueji, 1999. All rights reserved.

22

## 画像通信研究の歴史



Copyright (C) Tomoaki SAKURAI  
and YAMAMOTO Bujji, 1999. All  
rights reserved.

23

## 圧縮技術

### ◆圧縮手法

- 時間軸に沿った画面の相関関係を利用
- 符号の偏在を利用するもの視覚特性

### ◆聴覚特性の利用

### ◆復元性を100%要求しない(非可逆符号化)

画質と圧縮率がトレードオフであり、圧縮率を上げると画質が低下

Copyright (C) Tomoaki SAKURAI  
and YAMAMOTO Bujji, 1999. All  
rights reserved.

24

## 動画像圧縮技術(1)

### ◆H.261 (1990)

- テレビ会議・テレビ電話を主たる用途に開発
- CIFとDCTの組み合わせ ハイブリッド符号化アルゴリズム
  - ◆ 動き補償フレーム間予測誤差とDCTによる冗長度をのぞく
- 144 x 176 p x 64kbps
- 1-15fps
  - ◆ DCT(直交変換技法)

Copyright (C) Tomoaki SAKURAI  
and YAMAMOTO Bueji, 1999. All  
rights reserved.

25

## 動画像圧縮技術(2)

### ◆MPEG1 (1992) : Video CD

- 1/100の圧縮
- 320 x 240 1.15Mbps
- 30 fps
- VHS 3倍モードと同程度
- 動画像の符号化方式、オーディオの符号化方式、それらの多重方式

Copyright (C) Tomoaki SAKURAI  
and YAMAMOTO Bueji, 1999. All  
rights reserved.

26

## 動画像圧縮技術(3)

- ◆MPEG2 (1994) : DVD, デジタル放送
  - 1/20-1/15の圧縮
  - 720 x 480 4Mbps
- ◆H263(1996) : テレビ電話
  - H261の改良
    - ◆ 動き補償予測・ヘッダー情報軽減
    - ◆ 96 x 128, 144 x 176, 288 x 352 10kpbs-2Mbps
    - ◆ 1 - 15 fps

Copyright (C) Tomoaki SAKURAI  
and YAMAMOTO Bueji, 1999. All  
rights reserved.

27

## 動画像圧縮技術(4)

- ◆MPEG4 (1999)
  - 移動体通信やインターネットへの適応
    - ◆ 低ビットレートでの符号化も視野に ( 64kpbs-2Mbps)
  - 符号化の対象: 音声, 動画, オブジェクト
    - ◆ MPEG4 AAC, TwinVQ, CELP

Copyright (C) Tomoaki SAKURAI  
and YAMAMOTO Bueji, 1999. All  
rights reserved.

28

## 動画像圧縮による欠点

- ◆差分利用の為、データ落ちに弱い
- ◆画面全体の変化の追従が困難
  - パン、ズーム、切り替え、追いか
- ◆圧縮に多くの処理能力が要求される

Copyright (C) Tomoaki SAKURAI  
and YAMAMOTO Bueji, 1999. All  
rights reserved.

29

## 音声圧縮技術

- ◆オーディオのパラメータ
  - サンプリングレート
  - サンプリングビット
  - モノラル・ステレオ
- ◆音質の物差し
  - 周波数特性
  - 了解度

Copyright (C) Tomoaki SAKURAI  
and YAMAMOTO Bueji, 1999. All  
rights reserved.

30

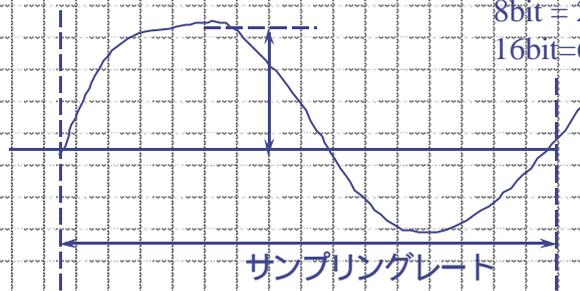
# サンプリングレート・ビット

再現性を決定する要素

サンプリングビット

8bit = 256段階

16bit = 65535段階

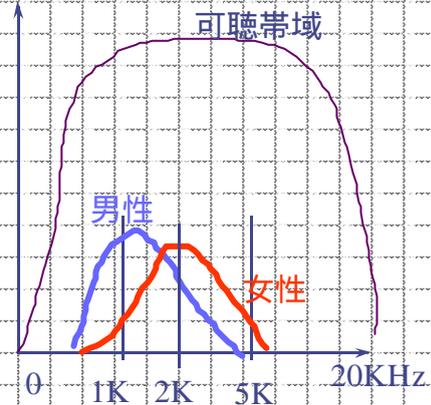


Copyright (C) Tomoaki SAKURAI  
and YAMAMOTO Bueji, 1999. All  
rights reserved.

31

# 周波数特性

- ◆ 話声は男性で1KHz, 女性で2KHzが中心
- ◆ 電話の周波数特性は5KHzが上限
- ◆ 人間の耳に聞こえるのは20KHzくらいが上限



Copyright (C) Tomoaki SAKURAI  
and YAMAMOTO Bueji, 1999. All  
rights reserved.

32

## 既存のデジタル音声

- ◆Windows95のオープニング
  - 22.05Kbps 8bit Mono (88kbps)
- ◆電話
  - 8 KHz 8bit Mono (64kbps)
- ◆CD
  - 44.1kbps 16bit Stereo (1.4Mbps)

Copyright (C) Tomoaki SAKURAI  
and YAMAMOTO Bueji, 1999. All  
rights reserved.

33

## 圧縮の選択

- ◆用途別に圧縮を使い分ける
- ◆音楽
  - 音の特性の忠実度を確保し圧縮
- ◆音声
  - 人の喉の構造を解析し シミュレーションする

Copyright (C) Tomoaki SAKURAI  
and YAMAMOTO Bueji, 1999. All  
rights reserved.

34

## 音声圧縮方式

- MD(ATRAC) 1.4M --> 300kbps
- MPEG Audio Layer-3 1.4M --> 112Kbps
- G.721 ADPCM 32Kbps
- G.728 LD-CELP 16Kbps
- G.723.1 ACELP/MP-MQL 5.3/6.3 Kbps
- G.729 CS-ACELP
- TwinVO
- Dolby AC-3 base
- MS Audio

Copyright (C) Tomoaki SAKURAI  
and YAMAMOTO Bueji, 1999. All  
rights reserved.

35

## 音声と画像の同期

- ◆映像・音声はそれぞれ別の圧縮方式
- ◆それぞれの遅延特性
  - ネットワーク上での遅延、損失
- ◆音声に同期しない画像は不自然
  - > 300msで不自然を感じる

Copyright (C) Tomoaki SAKURAI  
and YAMAMOTO Bueji, 1999. All  
rights reserved.

36

## Streaming Media 新しい試み

- ◆ Streaming Media 単体から複数メディアを用いたオペレーションへ
  - Webとの同期・テキスト&静止画等の同期
    - ◆ SMIL / DHTML + TIME
  - チャット他インターネットアプリケーションとの連携
- ◆ Digital Video Streaming
  - (MPEG2 and More Bandwidth)

Copyright (C) Tomoaki SAKURAI  
and YAMAMOTO Bueji, 1999. All  
rights reserved.

37

## 1999 Contents

- ◆ Webrama
- ◆ 坂本龍一 オペラ “LIFE”
- ◆ WIDE Project “School Of Internet”
- ◆ LIVE!ECLIPSE 1999

Copyright (C) Tomoaki SAKURAI  
and YAMAMOTO Bueji, 1999. All  
rights reserved.

38

## Opera “LIFE”

- ◆ストリーミングアプリケーションとクライアントアプリケーションが別でありながら、同期をとってサービスを提供
  - QT4.0とDirector7.02 / WMT4.0
- ◆演奏者側にクライアントのフィードバックを返す
  - HBG(Hiper Broad Gathering)

Copyright (C) Tomoaki SAKURAI  
and YAMAMOTO Bueji, 1999. All  
rights reserved.

39

## Webrama

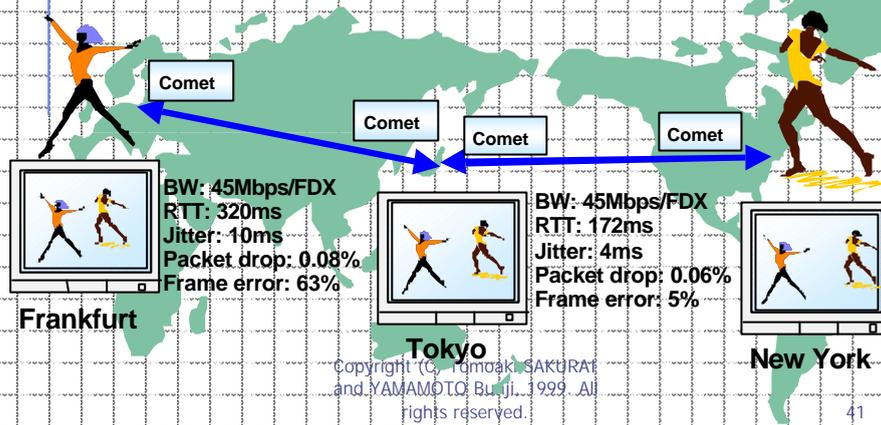
- ◆Web+Drama=Webrama
- ◆SMILを利用し、章立てのドラマ

Copyright (C) Tomoaki SAKURAI  
and YAMAMOTO Bueji, 1999. All  
rights reserved.

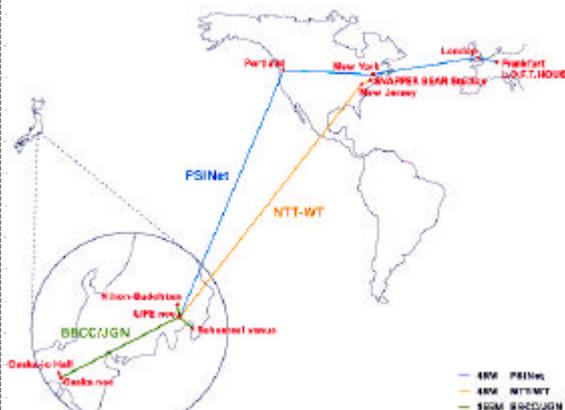
40

# DV/IP in the sakamoto opera LIFE

- ◆ A collaboration of music at Tokyo and dancers at NY and FF
- ◆ World's first application of DV/IP in a commercial event



# Network Topology Japan, New York and Frankfurt



Copyright (C) Tomoaki SAKURAI and YAMAMOTO Bunji, 1999. All rights reserved.



**LIFE**  
a ryuichi sakamoto opera 1999

Ladies and gentlemen, boys and girls, good evening and welcome to LIFE.  
開演に先立ちまして、お客様にお願いを申し上げます。

Please take a moment to turn off all cell phones, beepers and watch alarm clocks,  
ポケットベル、携帯電話、アラーム付時計などをお持ちのお客様は、  
as these items will interfere with the performance.  
必ずスイッチをお切りくださいますようお願いいたします。

場内は禁煙となっております。お煙草は所定の場所にてお願いいたします。

Duplication of the webcast content is prohibited by the copyright law.  
公演内容の違法なコピーは著作権法上違反行為となりますので、  
Please do not illegally duplicate.  
絶対になさらないようお願いいたします。

There will be a moment of of complete blackout during the performance.

All houselights, exit lights, stage lights will be turned off.  
尚本日開演中、演出上の都合により非常灯を一時消灯いたします。  
Please do not be alarmed, remain in your seats. In case of emergency,  
非常の際には係員の指示に従って行動してください。  
instructions will be provided.

まもなく開演いたします。  
At this time, please return to your seats - the performance will begin momentarily.  
お席を離れているお客様は、ご自分の席におつきになり、今しばらくお待ち下さい。

Mars	HBG	total claps
off	off	-
quit movie		

## SOI : Milestone

- ◆ 1997.9. - WIDE Project SOI Working Group
- ◆ 1997.10. - WIDE University, School of Internet <http://www.sfc.wide.ad.jp/soi/>
- ◆ As of 1999.9.
  - Registered Students: 2882
  - 14 Courses from 4 Universities, 45 lectures by guest speakers
  - About 320 hours of archive

Copyright (C) Tomoko TAKURAI and RYUICHI SAKAMOTO, 1999. All rights reserved.

44

## On Demand Lecture archive(1)

Copyright (C) Tomoaki SAKURAI and YAMAMOTO Bujji, 1999. All rights reserved.

45

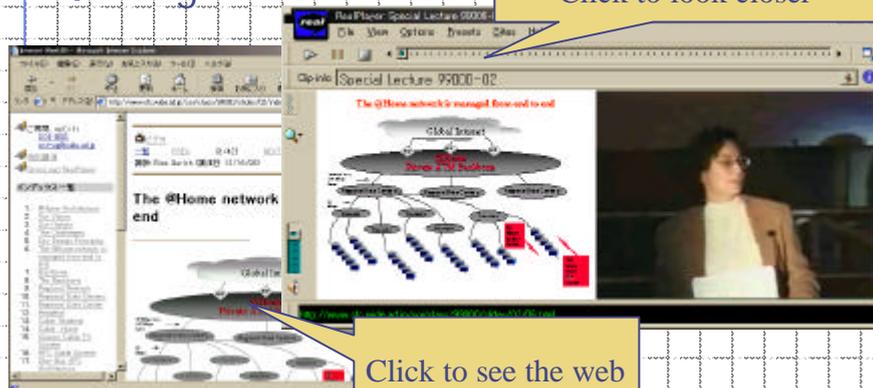
## On Demand Lecture archive(2)

Copyright (C) Tomoaki SAKURAI and YAMAMOTO Bujji, 1999. All rights reserved.

46

## On Demand Lecture archive(3)

### ◆Using Multi-stream



rights reserved.

47

## LIVE!ECLIPSE 99

◆1999年8月11日に欧州～中近東にかけて  
観測された皆既日蝕の中継プロジェクト

<http://www.solar-eclipse.org/>



Copyright (C) Tetsuaki SAKURAI  
and YAMAMOTO Bunji, 1999. All  
rights reserved.

48

## L!E中継システムの構築

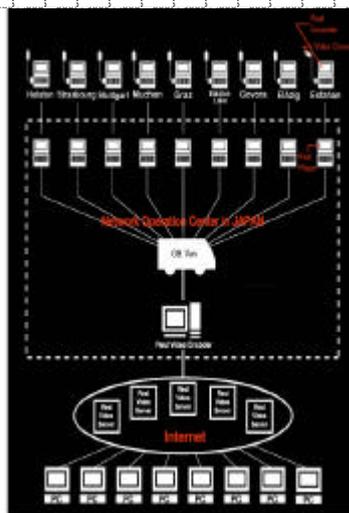
### ◆九ヶ所からのstreamをいかに配信するか

- Multipul/Multiplex streaming?
  - ◆ Multicastで複数source、同一groupへの配信
    - 一ヶ所からの帯域幅が減少する
  - ◆ Unicastで複数resource、ユーザは逐一切り替え
    - 煩雑
- 結論: Unisource streamingに見せかける

Copyright (C) Tomoaki SAKURAI  
and YAMAMOTO Bueji, 1999. All  
rights reserved.

49

## L!E video transmission system



rights reserved.

50

## LIVE!ECLIPSEの構成

### ◆バックエンド映像伝送システムを構築

- 観測地点でエンコーダを動かしてupstream
- 東京大学内にサーバを設置
  - ◆ クライアントにて受信、スキャンコンバータから映像信号を取り出しビデオ編集機器へ
- 画像を編集、選択した後にあらためてエンコーダに信号入力、配信サーバへupstream

Copyright (C) Tomoaki SAKURAI  
and YAMAMOTO Bueji, 1999. All  
rights reserved.

51

## システム選択

### ◆映像伝送システムにはRealSystem G2を採用

- 日蝕を克明に伝えるために映像品質を重視
- エンコーダのパラメータがチューニングできることが必須だった
  - ◆ アナログモデムでの接続もあり、回線品質に対応

### ◆ユーザ配送にはRealVideo 5.0を採用

Copyright (C) Tomoaki SAKURAI  
and YAMAMOTO Bueji, 1999. All  
rights reserved.

52

## イランでの体験

### ◆遠い!!

- 「裏」サーバのある東京大学までRTT 1000msを超える

### ◆イスファハン工科大学の専用線が切れる

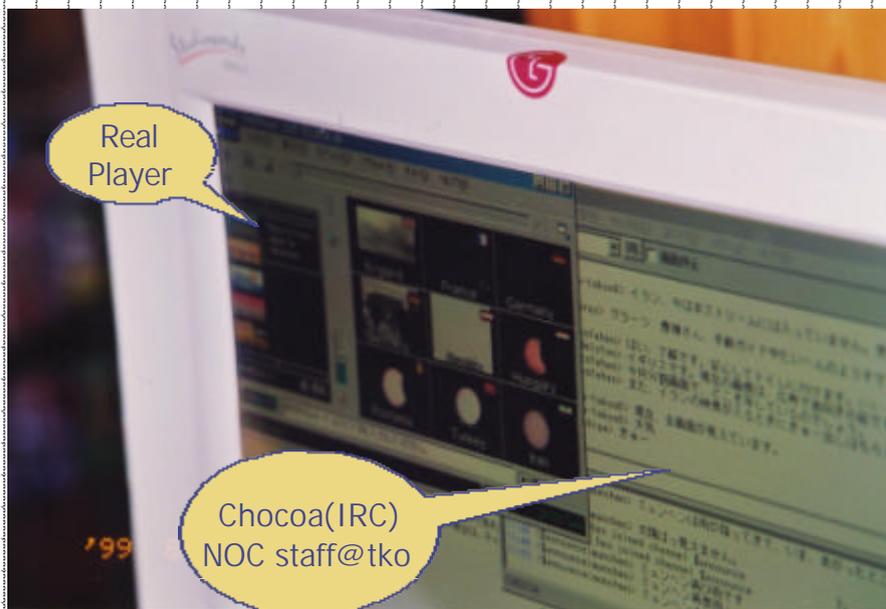
- インシャラー

### ◆IRCによる連絡が頼みの綱

- メールによる連絡は絶望的

Copyright (C) Tomoaki SAKURAI  
and YAMAMOTO Bujji, 1999. All  
rights reserved.

53



Copyright (C) Tomoaki SAKURAI  
and YAMAMOTO Bujji, 1999. All  
rights reserved.

54

## トラブル&対策

- ◆イスファハン工科大学のリンクは64kbps
  - 当日は中継以外のあらゆるポートを利用禁止
- ◆衛星リンクがボトルネックと考えられた
  - イスファハン工科大学からのupstreamを制限
    - ◆20kbpsあればなんとか日蝕の様子は伝えられる
- ◆サーバとの接続が切れる
  - エンコーダ・サーバ間の制御のためのTCPセッション

Copyright (C) Tomoaki SAKURAI  
and YAMAMOTO Bueji, 1999. All  
rights reserved.

55

## 最悪のトラブル

- ◆当日、まさに皆既になった瞬間にサーバとの接続が切断!
  - IRCによる連絡は引き続き取れていた
- ◆エンコーダから送り出しを試みるも、複数回にわたり失敗
  - 皆既終了後に復帰

Copyright (C) Tomoaki SAKURAI  
and YAMAMOTO Bueji, 1999. All  
rights reserved.

56

## 原因は何か?

- ◆サーバの不調?
  - 他の観測地点からのupstreamは受け付けていた
- ◆エンコーダの不調?
  - エンコーダソフトウェアの問題?
- ◆回線の不調?
  - 大学の回線はトラフィック的に問題なく切断もなかった
  - 衛星回線に、イランの別の個所からの日蝕中継のデータが乗っていたことが後に判明
  - 皆既の瞬間に回線容量がパンクしていた?

Copyright (C) Tomoaki SAKURAI  
and YAMAMOTO Bueji, 1999. All  
rights reserved.

57

## パネル

- ◆大規模配信に向けて
  - 広帯域アクセス回線 (xDSL, CATV, 衛星、無線) の登場や、大規模なインターネット中継が広まってきている。
  - 大規模な配信に向けてどのような考え方がありうるのか?

Copyright (C) Tomoaki SAKURAI  
and YAMAMOTO Bueji, 1999. All  
rights reserved.

58

## CATV/Satellite/ADSL

### ◆CATV

- 加入世帯794万世帯
- CATV/Internet 加入世帯75,679世帯

### ◆Satellite

- NTT-Satellite
- DirecPC

### ◆xDSL

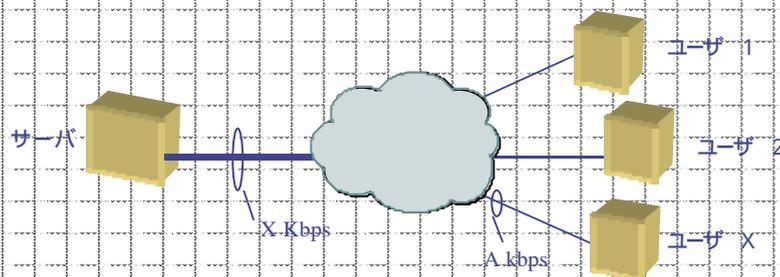
- 1999 Dec ~ ?

Copyright (C) Tomoaki SAKURAI  
and YAMAMOTO Bueji, 1999. All  
rights reserved.

59

## 負荷分散の必要性

### ◆サーバ・クライアント間



$$\text{要求される帯域}(X \text{ kbps}) = A \text{ kbps} \times \text{user数}$$

Copyright (C) Tomoaki SAKURAI  
and YAMAMOTO Bueji, 1999. All  
rights reserved.

60

## 負荷分散の必要性

- ◆回線で処理できる容量は決まってくる
- ◆1.5Mbpsの回線で20kbpsのストリームを75同時アクセス
- ◆45Mbpsの回線で45kbpsのストリームを1000同時アクセス

Copyright (C) Tomoaki SAKURAI  
and YAMAMOTO Bujji, 1999. All  
rights reserved.

61

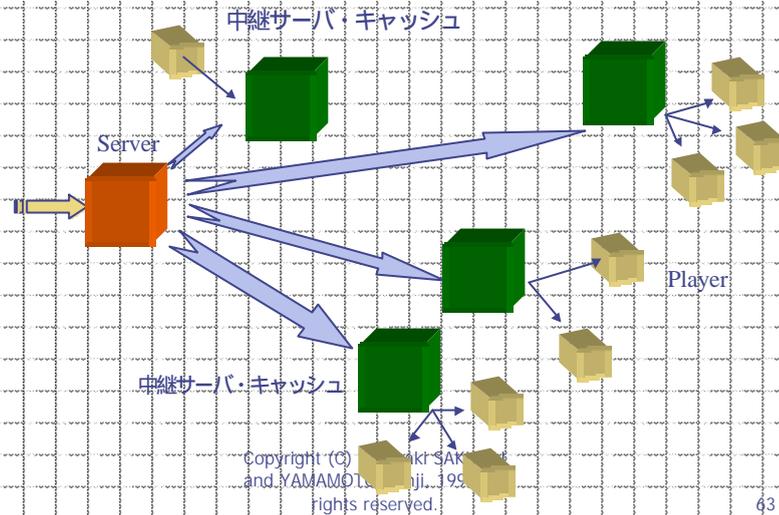
## Webサーバへのアクセス

- ◆中継時の高負荷問題
  - そもそも中継へのポインタを持つWebサーバにアクセスできない
  - すでに1995年には知られていた現象
  - Streamingの一般化に伴い、大きな問題としてクローズアップされてきている

Copyright (C) Tomoaki SAKURAI  
and YAMAMOTO Bujji, 1999. All  
rights reserved.

62

## 中継装置の設置



63

## 著作権とインターネット

### 「ストリーム配信」

ストリーム配信とは、配信者が受信者の受信装置に著作物を複製する意図を持たずに行う方式による配信

### 「ダウンロード配信」

受信者の受信装置に著作物を複製する方式による配信

Copyright (C) Tomoaki SAKURAI and YAMAMOTO Bunji, 1999. All rights reserved.

64

## インタラクティブ送信に係わる用語の整理

「公衆送信」

「自動公衆送信」: インタラクティブ送信

「放送」: 同時送信

「有線放送」: 同時送信

「インターネット放送」は、「放送」ではなく、「インタラクティブ送信」である

Copyright (C) Tomoaki SAKURAI  
and YAMAMOTO Bueji, 1999. All  
rights reserved.

65

## Streamingで発信すること

◆メディアを理解する

- 社会的特性
- 技術的特性

◆技術要素への理解

Copyright (C) Tomoaki SAKURAI  
and YAMAMOTO Bueji, 1999. All  
rights reserved.

66

# まとめ

Copyright (C) Tomoaki SAKURAI  
and YAMAMOTO Bueji, 1999. All  
rights reserved.

67