The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	オンライン会議 : インターネットにおける
Author(s)	一井, 信吾
Citation	大阪大学大型計算機センターニュース. 1996, 101, p. 36-43
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/66168
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

オンライン会議
— インターネットにおける —

東京大学大型計算機センター　一井信吾
ichii@nc.u-tokyo.ac.jp

1　はじめに

どのような仕事においても，情報の伝達や意思決定のために会議は重要な役割を果たしている．しかし同時に，わざわざ会議開催場所まで出かけなければならないため時間や費用がかかること，必ずしも効率的に運営されていないことなど，多くの人が会議には改善が必要であると考えている．

近年，ISDN などの情報通信基盤の整備・普及と，動画像や音声を効率よく取り扱う技術の発展に伴って，地理的に離れた場所の間で通信による会議を行うことが現実的になってきた．これによって，上記の欠点の一つである，会議に出席するための移動に時間や費用がかかるという点が改善されることが期待されている．また同時に，ネットワークで接続されたコンピュータを会議に用いることで，プレゼンテーションの改善，資料配布の効率化，議事録の同時作成など会議運営の改善を行うことができるであろう．このように，情報ネットワークを会議開催・運営に積極的に利用するという気運は高まっている．特に日本では従来の会議運営が非常に非効率的であるという反省があり，コンピュータとネットワーク，マルチメディア技術の総合的運用によってこの点が改善できれば社会的な利益は大きなものとなる．

ところで，このようなネットワークを利用した会議（オンライン会議）システムとして現在市場にあるものの主流は ISDN を利用したビデオ会議システムである．これは ITU-T によって H.320 として規格化されている．そのような機構を専用システムとしてではなくパーソナルコンピュータに実装することも行われてはじめている．さらに，ホワイトボードやワードプロセッサなどのデータを共有するいわゆるデータ会議のための規格として T.120 が定められ，製品が市場に登場しはじめている．これらのシステムの特徴は，ISDN が一対一通信を基本としていることから，多地点で会議を行うためには多地点接続装置 MCU を必要とすることである．MCU は複数の会議システムからの接続を受け付け，それぞれのデータを互いに交換するとともに，発話制御や映像切り替えなどの操作を行う．この方式は細かな制御ができる利点があるが，接続地点が多くなると効率的でなくなる．実際普通に使われているビデオ会議システムでは同時に接続できる地点が 8 程度に押さえられているものが多い．また，必ず MCU まで ISDN 接続を行わなければならないため，長距離電話が必要になってしまうばあいがある．

ところで，近年のインターネットの発展は目覚しく，これを会議に生かせないかと考えることは自然である．その際，ISDN 会議システム同様に，一対一通信を基本に多地点間接続システムを用いて会議システムを構築することも可能であるが，それよりもスケーラビリティのある方法として，IP マルチキャストを用いることが試みられている．本稿では，主にこの IP マルチキャストを用いた会議の試みについて紹介する．

2　インターネットと IP マルチキャスト

インターネットは TCP/IP と総称される一連の通信規約（プロトコル）に従う様々な形態のネットワークが相互に結合された「ネットワークのネットワーク」である．インターネットで今日一般的な通信形態はユニキャストと呼ばれる「１対１」の通信である．ユニキャストは端末の遠隔接続，ファイル転送，WWW のようなクライアントサーバ型情報処理・提供に適した通信形態であるが，通信方式とし

てはこれ以外に「1対多」の通信形態が考えられる．特定のグループに属する複数の相手に対し通信するこの方式を一般にマルチキャストと呼ぶ．TCP/IPプロトコルにおいてこれを実現したものがIPマルチキャストである[1, 2]．インターネットでIPマルチキャストの実験を行なうために運用されているものがMBone (Multicast backBONE, エムボーンと発音する) である[3, 4]．IPマルチキャスト技術は，基本部分は既に確定しているものの，その制御や利用に関わる技術の多くが開発途上であり，MBoneは技術開発のためのテストベッドとして国際的な協調関係のもとで実験的運用が行なわれている．そのうち日本国内で運用されている部分をJP Mboneと呼ぶ．

一般にマルチキャストは複数のデータベースへの一斉問い合わせやニュースの配布などに適しているとされるが，会議の放送や，多地点ビデオ会議などマルチメディア応用にも利用される．特にMBoneではNASAのスペースシャトルからの映像の伝送などの利用実験が行なわれている．

現在のインターネットはユニキャストを基本としている．このため，MBoneではトンネルという技術を用いてマルチキャストを利用するための仮想ネットワークを構築している．トンネルとはここではIPマルチキャストをサポートする特別なルータ（ワークステーションに専用ソフトウェアを搭載したものを用いることが多い）をユニキャストで互いに接続し，あたかも直接つながっているように扱う技術である．これによって，インターネット上にマルチキャストネットワークを構築することができるのである．

ワークステーション上のIPマルチキャストの実装としてはXerox PARCのグループによってSunOS 4.1.X上で行われたものが“reference implementation”とされている．この実装では，IPマルチキャストのルーティングプロトコルの一つであるDVMRP (Distance Vector Multicast Routing Protocol) [5]を実装するmroutedというプログラムによってトンネリングを行う．MBoneに接続する際には，IPマルチキャスト及びmroutedとしては常に最新版を用いなければならない．主要なワークステーションメーカはオペレーティングシステムにIPマルチキャストを実装している．また，Windows 95やMacintoshでも利用可能である．ルータにはDVMRP以外のマルチキャストルーティングプロトコル（PIM, MOSPFなど）をサポートしているものもある．

名称	開発元	機能
vat	LBL	音声伝送
vic	LBL	動画像伝送
wb	LBL	ホワイトボード
sd	LBL	セッション管理
rat	UCL	音声伝送
sdr	UCL	セッション管理
nv	PARC	動画像伝送
ivs	INRIA	遠隔会議
nevot	GMD	音声通信

表 1: Mbone 用 tools.

3 IP マルチキャストによる会議

Mbone上で会議を行うために，動画像や音声を伝送するのに用いられるソフトウェアのうち代表的なものを表1に示す．これらはいずれもインターネット上で無償で公開されている．(ただしソースコードは公開されていないものが多い.)

いずれもSun (SunOS 4.1.X, Solaris 2), SGI IRIX 5.x, DEC Alpha OSF/1, IBM Powerなどの主要なワークステーションに対応しており，vat, rat, vic, nvなどでは機種により音声や動画像取り込みの機能が設けられている．音声に関しては，vatが圧縮方法・バッファリング時間などが異なるいくつかの標準的なエンコーディングをサポートしている．動画像では，nvは独自フォーマットを用いているが，vicはnvのフォーマットの他ITU-Tで規定されたISDNビデオ会議用フォーマットH.261などいくつかのフォーマットをサポートしている．利用可能なバンド幅，必要な音声・画像の質に合わせて適切なフォーマットを選ぶ必要がある．

実際の運用では，sdrにより「セッション」がアナウンスされる．（かつてはsdが用いられていたが，最近はsdrが世界的に用いられている.）セッション情報には，利用するマルチキャストグループ（クラスD IPアドレス），開始・終了時刻，音声・動画像・ホワイトボードのどれを使うか，各々に対応するポート番号，初期TTLなどの情報が含まれている．利用

者は sdr を起動してしばらく待つと，セッション情報は数秒毎に特定のマルチキャストグループにマルチキャストされるので，現在アクティブなセッション一覧が表示される．そこで参加したいセッションを選択すると必要なソフトウェアが sdr によって起動され，セッションに参加できる．

インターネットでの会議を考える際に，各会場に多数の人間が参加している普通の会議をネットワークによって結び付けるような形をとるのか，それとも各参加者がそれぞれ机上のコンピュータを使って会議に参加するのかという形態の相違によって考えることが全く異なってくることに注意しなければならない．前者であれば PA や他会場をスクリーンに大写しするためのプロジェクタが必要になる．後者ではそのようなものは必要ではないが，各参加者のコンピュータにマルチメディア機能が必要になる．本稿では前者を「大会場型」，後者を「パーソナル型」と呼ぼう．

これまで行われたさまざまな試みでは大会場型が多いと思われる．それも，本当に大会場なのは一つだけで，他は一人ないし小人数の会場が多数という形が多い．このような場合，インターネットで会議を行うというより，大会場で行われている会議を他の地点に放送するという意味合いが強くなる．

パーソナル型の場合，各参加者が自分のコンピュータ環境をそのまま生かしながら会議を行うことができるようになる．今日，作業上必要な資料の多くがコンピュータ環境にあるという人は少なくないだろう．パーソナル型のネットワーク会議であれば，プレゼンテーションはもとより，議論をしている最中に必要になった資料を取り出したり，議事録やメモを作成したりなどの作業を各自のコンピュータ環境で行うことができる．コンピュータがますます環境としての意義を強めていることを考えると，この行き方が注目を集めるようになることは疑いない．

4　一つの例：国連大学ゼロエミッション会議

IP マルチキャストを用いたインターネット上の会議の一つの例として，1996 年 5 月 29 日から 31 日に行われた第 2 回国連大学ゼロエミッション会議を取り上げてその模様を紹介する．

この会議は，国連大学が提唱している，廃棄物を排出しない新しい産業形態について議論するもので，1995 年の第 1 回会議は東京の国連大学本部で開催された．この会議では当初よりインターネットを活用することが考えられており，第 1 回会議でもインターネットを利用してアメリカなどの会場と主会場を結んで討議が行われた．

第 2 回会議では，アメリカ・テネシー州ののチャタヌガを主会場として開催されることになったが，主会場のほか日本，スウェーデンからインターネットを通じて講演，討論に参加することとなった．日本では，東京大学および鹿児島市に会場が設けられ，それぞれから講演等のプレゼンテーションを行った．3 日間の会期のうち，2 日目の 5 月 30 日には東京，スウェーデン（ホルボ）から，3 日目の 5 月 31 日には鹿児島，スウェーエデン（ストックホルム），東京（アスキー）からネットワークで参加した．主会場にはもちろん多数の参加者があり，以下に述べるように東京大学会場にも 20 名程度の参加者があったので，前節末の分類では大会場型に属するといえるが，その外の会場ではせいぜい数名がいただけなのでその部分ではパーソナル型の要素もある．

インターネットを用いるセッションは，30 日及び 31 日の，現地時間で朝 8 時から設定された．これは日本時間では午後 9 時から，スウェーデンでは午後 2 時からにあたる（付録のプログラム参照）．

日本，アメリカ，スウェーデンの間でインターネットを用いて会議を開催することはわれわれにとっては初めての経験であったため，何回か予備実験およびテストを行った．ネットワークの混雑状態は時刻によって変動するので，このようなテストは本番と同じ時間帯に行なう必要がある．そのため，夜遅く映像および音声を互いに送りあうテストを行った結果，MBone を用いたのでは十分な質の音声伝送ができないことが判明した．この理由としては

1. MBone を用いると多数のトンネルを経由するが，トンネルの接続点でパケットロスや遅延が発生しやすいこと
2. MBone の経路の中に混雑しているパスがあること

が考えられる．

そこで，MBone とは別に適当な経路を通るトン

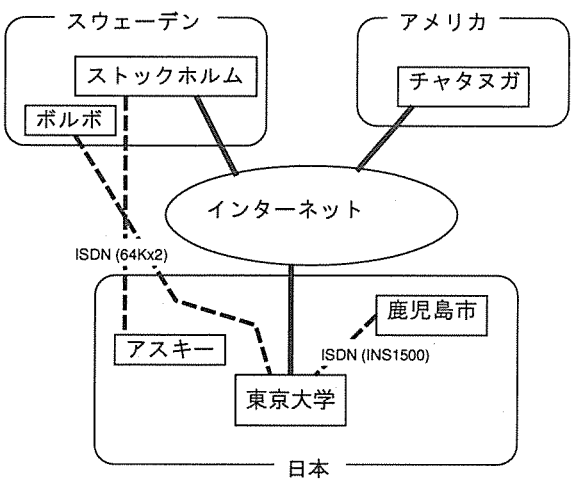

図 1: 日本，アメリカ，スウェーデンの接続関係.

ネルを別に張ることとし，

東京大学 ↔ チャタヌガ ↔ ストックホルム

とトンネルを設定してテストしたところ，十分な音声と画像が得られたのでこの方法をとることとした．IP マルチキャストを用いているので，このような構成で東京大学とスウェーデンの間でも通信できるのである．

鹿児島会場はインターネットに接続されていないが，ISDN (INS 1500) を利用するビデオ会議システムが設備されているので，いったん ISDN で東京大学に接続し，そこでビデオ会議システムとインターネットに接続されたワークステーションとの間をアナログビデオ・音声接続してインターネットに乗り入れることにした．これらの接続関係を図 2 に示す．

同様にアスキー，ボルボも ISDN ビデオ会議システムによって接続された．アスキーがストックホルムに接続され，ボルボが東京大学に接続されたのは，機器の準備その他の関係による．使用したビデオ会議システムは，鹿児島，東京大学が NTT 製，その他がピクチャーテル社製であったが，いずれも H.320 に従ったものであったため問題無く接続することができた．

なお，日本側作業の分担については，鹿児島会場，ボルボの接続に関する器材提供とオペレーションは NTT が行い，東京大学会場の運営及び東京大学におけるインターネットへの接続は東京大学が担当した．

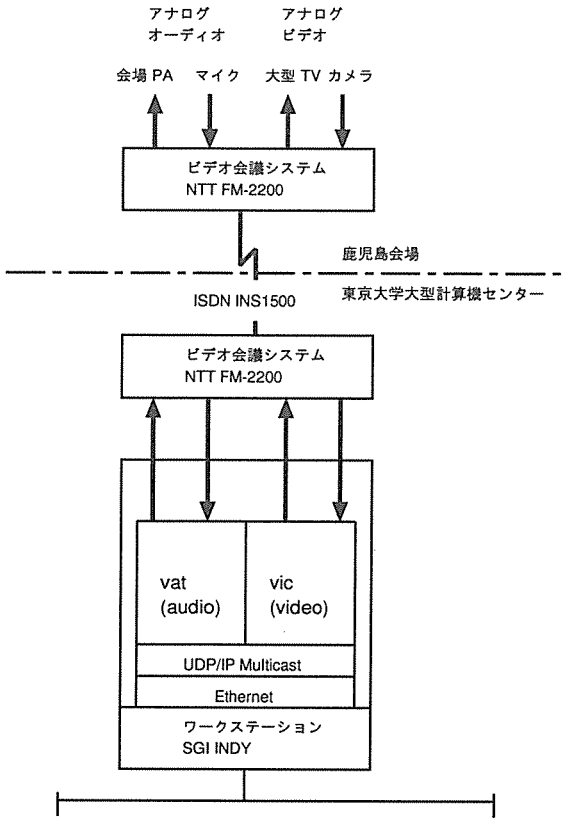

図 2: 鹿児島会場の接続方式.

東京大学会場は総合図書館 3 回会議室で，ここから吉川東京大学総長が講演を行った．また，討論に参加するため 20 名程度の参加者があった．このため，図 3 に示すような機器構成で東京大学会場には 200 インチプロジェクタを設置し，チャタヌガ主会場，スウェーデン会場の様子を投影するとともに，複数台のビデオカメラ及びマイクロフォンを設置し，画像及び音声を送出した．

講演では音声が明瞭に伝達されることに特に留意した．また講演者の映像を明るく送るため高性能のビデオカメラを使用するとともにスポット照明を行った．

講演中，ビデオに採録されたコンピュータ画面による VRML などのデモンストレーションを流した．インターネットで動画像を送るのに割り当てられるバンド幅は限られている（今回は約 100kbps を目安とした）ため，鮮明な映像を送るためにはなるべく動きを押さえることが望ましいが，チャタヌガ会場でスクリーン投影されている画像を見たところでは十分送ることができていたようである．

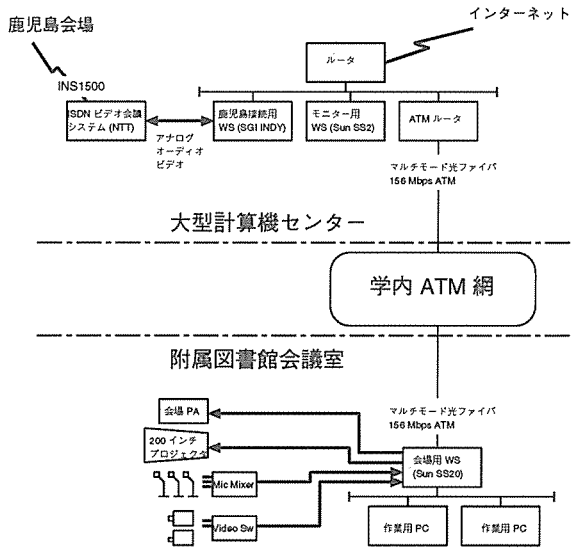

図 3: 東京大学の機器構成.

講演の後，インタビュー形式で講演内容の補足的な説明が行われた．技術的には講演と同様に扱った．

プレゼンテーションの後質疑応答があったが，これが問題で，チャタヌガ会場からの音声品質が極めて悪く，質問内容が必ずしも良くは聞き取れなかった．これに対し東京側からの音声はチャタヌガ会場に良く届いていたとみられる．これは同時に国際電話していた際に会場のバックグラウンドに流されていた音声によって確認することができた．

実際に会議を行う際には，映像もさることながら，音声の正確な伝達が決定的に重要である．人間の耳は音声のひずみや途切れに対して敏感で，伝送の際にはこれらを小さくすることが必要である．特にインターネットで音声を伝送する際には，パケットロスがあると音声の途切れが発生して聞き取りに非常に悪い影響を及ぼす．また，コンピュータに音声を入力してディジタイズする際には，処理可能なダイナミックレンジが決まっているので，適当な大きさの音を入力しないとひずみが発生したり最悪の場合には音が割れてしまったりする．

このことはあらかじめ分かっていたので，東京大学会場では音声系に注意を払い十分テストを行った．またインターネットでの伝送についてもテストを行っていたが，残念ながらチャタヌガ会場で本番に用いられたセットでのテストが十分ではなく，本番で良好な結果を得ることができなかった．

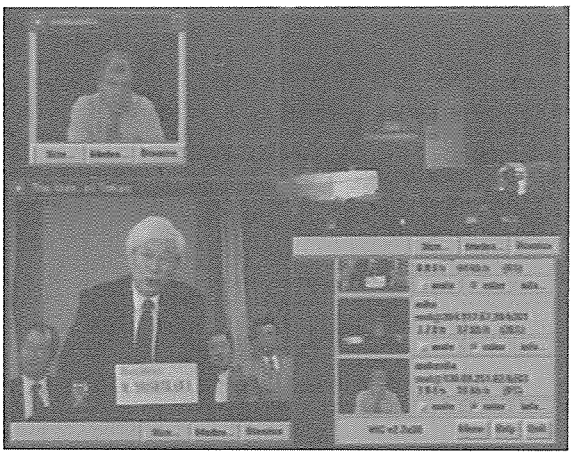

図 4: 吉川総長の講演．MBone tool の一つ vic を用いている．左下が東京大学会場から送出している画像，右上がチャタヌガ会場の様子（東京大学会場からの画像がスクリーンに大写しされている），左上が国際 ISDN で接続されたボルボ本社の映像である．右下のウィンドウが vic のコントロールパネルである．

鹿児島会場からのプレゼンテーションは，ビデオ，写真および屋久島町長や鹿児島市担当者等の講演により構成されていた．講演は日本語で行われ，チャタヌガ会場で同時通訳された．

一つの反省点として，会議開催中に，技術的な連絡が必要になるが，これが十分行われなかったことがあげられる．

チャタヌガ，東京，ストックホルムの 3 ヶ所がインターネットにおける技術的なオペレーションを行っていた．このような場合，電話によって連絡を取り合うことも一つのやり方であるが，重要事項を目にみえる形で残しておけること，同時にコミュニケーションが行えることから，マルチキャストを用いるホワイトボード的アプリケーションである wb を用いるのが簡便で有効であることがわれわれの経験ではわかっている．しかしチャタヌガ会場のオペレーションチームはこれを活用することができなかった．(Windows マシンを使っていたのかもしれない．Windows には wb がポーティングされていない．他のホワイトボードアプリケーションを用いるという選択肢もあったかもしれないが，チャタヌガチームからそのような提案はなされなかった．) このため，東京大学会場の

図 5: インタビューの様子.

図 6: 質疑の様子. 東京大学会場とチャタヌガ会場との間で質疑が行われた.

プレゼンテーションの際，チャタヌガ会場からの音声の質がきわめて悪いことなどへの対応がうまく行われなかった.

鹿児島会場からのプレゼンテーションのある 2 日目のオペレーションでは，前日の反省にたってインターネット上のチャット（対話，おしゃべり）システムである irc を用いることをアメリカ側が提案して来たが，なんとアメリカ側のマシン故障のためこれも活用できずに終った.

このように今回の最大の反省点はオペレーションチーム間の連絡がうまくとれなかったことにある. 音声系の扱いが最後までうまく行えなかったことも結局はそれに起因しているといえるであろう.

5 おわりに

インターネットでマルチキャストを用いた会議を行う試みはまだ発展途上の段階である. その最大の理由は IP マルチキャストを自由に使う環境がまだ十分整えられていないことである. 大規模なインターネットワークにおいて信頼できる IP マルチキャストのルーティング制御技術はまだない. 実験ネットワークとしての MBone では，高いスキルを持つ研究者が注意深く仮想ネットワークとその上のルーティングを設計・運営しているが，それでも誤ったルーティング情報が流されて MBone 全体に影響を与えるといった事故がしばしば起こっている. 複数の参加者の間で会議を行う際にマルチキャストが利用できることは明らかに利点があるし，近年流行している放送的アプリケーション（RealAudio や StreamWorks など）に対しても，マルチキャストが利用できればバンド幅の節約のために有効である. 従って，技術開発に更に力を注ぎインターネット全域で IP マルチキャストが利用できるようにしていくことが望まれる.

前節ではインターネット上の会議の例として第 3 節の分類でいうところの「大会場型」に属するゼロエミッション会議をとりあげたが，面白味という点では「パーソナル型」の方に将来性があるといえよう. 各人が自室で，またはもし移動体通信がより高性能になれば移動先で気軽に会議に参加できるようになれば，われわれの仕事のやりかたにより大きな影響があるであろう. しかしそのためには，各人が持つパーソナルコンピュータやワークステーションが映像・音声を処理する能力を持たなければならない. 特に問題となるのは入力機能であり，最近は Connectix 社の QuickCam のような小型安価なカメラが出回っているとはいえ，すべてのパーソナルコンピュータがこれを備えているという状況にはまだない. ただしこの条件は恐らく今後急速に改善されていくであろう.

前節で取り上げた例では，画像・音声を取り扱うソフトウェアとして vic, vat のようなフリーソフトウェアを用いた. 現在 IP マルチキャストに対応した会議用ソフトウェアとしてはこれらが「定番」とさ

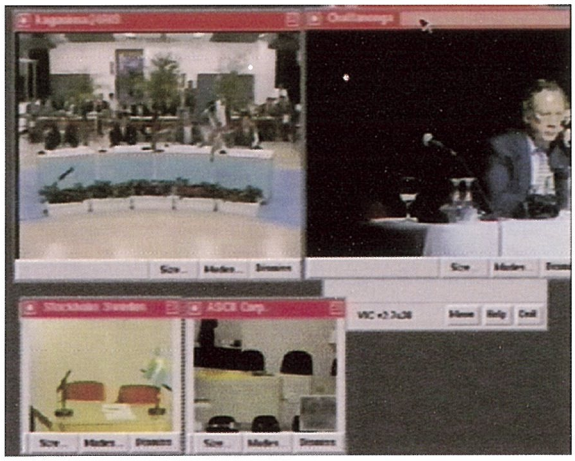

図 7: 鹿児島会場からのプレゼンテーション．左上が鹿児島会場，右上がチャタヌガ会場の様子．

図 8: 東京大学会場でのオペレーション．会場正面のスクリーンに，右側に見えるワークステーション (Sun SS20) の画面を投影した．会場の模様は 2 台のビデオカメラ (Sony Digital Handycam DCR-VX1000) で撮影し，ビデオスイッチャを介してワークステーションに入力した．写真では見えないが，ワークステーションの右側にオーディオ・ビデオ関係のブースがある．

れているが，いかんせんこれらは研究用に開発されたものであり，必ずしも一般に使いやすいというものではない．また音声と画像の同期，音声のエコーキャンセルなどの機能も持たない．sdr, wb などのソフトウェアについても同様である．会議を行うという観点からより使いやすいソフトウェアを開発していく必要がある．H.320 や T.120 をインターネットに対応させる準備も行われているとのことであるので，商用のソフトウェアが現れるのも遠いことではないであろう．

「会議」とは人々が協力・協働する形態の一つである．どのような仕事・活動にせよ，人々が協力することなしにはありえない．「情報発信」や「エレクトロニックコマース」もよいが，インターネットのようなネットワークは人々の協働のためのメディアとして最も力を発揮しうるのではあるまいか．インターネット上の会議の試みはそのためのささやかな一歩である．

参考文献

[1] S. Deering, "Host Extensions for IP Multicasting," RFC1112, Aug. 1989.

[2] Douglas E. Comer, Internetworking with TCP/IP, Volume 1 Principles, Protocols, and Architecture, Third Edition, Prentice-Hall, 1995.

[3] Vinay Kumar, MBone – Interactive Multimedia on the Internet, New Riders Publishing, 1995.

[4] Kevin Savetz, Neil Randall, Yves Lepage, Mbone : Multicasting Tomorrow's Internet, Idg Books Worldwide, 1996.

[5] S. Deering, C. Partridge, D. Waitzman, "Distance Vector Multicast Routing Protocol," RFC1075, Nov. 1988.

付録

ゼロエミッション会議プレナリセッションプログラムの一部．時刻はチャタヌガ現地時刻: 8:00 am が日本時刻午後 9 時に対応する．

Thursday, May 30, 1996.

8:00 am	Orientation by the Session Chairman:
	Alan Murray, Washington Bureau Chief, Wall Street Journal
	Gunter Pauli, Congress Chairman
8:05 am	Observations from the Japanese Scientific Community
	Prof. Dr. Hiroyuki Yoshikawa (Internet from Japan)
	President of Tokyo University
8:50 am	Panel of scientists from Royal Academy of Sciences and the Royal
	Academy of Engineering Sciences.
	Chaired by: Christer Salen, Chairman of the Planetary Design Corp.
9:20 am	Vision from the Developing World
	Dr. Keto Mshigeni
	Chairman, Zero Emissions Advisory Council
9:40 am	Observations from the US Scientific Community
	Dr. Alvin Trivelpiece
	Director, Oak Ridge National Laboratories
10:00 am	Vision from Europe
	Soren Gyll (via the Internet from Sweden)
	Chairman and President of Volvo AB
10:15 am	break

Friday, May 31, 1996

8:00 am	Orientation by Chairman of Session:
	Hon. J. Hugh Faulkner
	Chairman of Sustainable Project Management, Geneva
	Former Minister of Science of Canada
	Former Secretary General of International Chamber of Commerce
8:10 am	Mrs. Gorel Thurdin, Vice Chair of the Swedish Parliament (via the Internet)
	Island of Gotland (via the Internet from Sweden)
	Presented by Haken Ahlsten, Regional Project Manager
	— The Case of Arvika by Karl-Ake Berstrom, President, FFNS Arch.
	— Stockholm Bus Systems by Prof. Bo Petterson
	— Timber Carbon Sinks by Bjorn Haglund, President, Stora Skogg
	— The Ecocycle House by Jan Oqvist, architect
8:50 am	Prefecture of Kagoshima, Japan (via the Internet from Tokyo University)
9:40 am	City of Chattanooga, USA
10:20 am	Discussion on the socio-economic development of cities and regions within
	the zero emissions context including funding schemes.
10:45 am	break