

双方向インターネット・ストリーミングを用いた 遠隔地からのライブ出演を実現するコンサート支援システム

藤城卓己^{†1} 西尾典洋^{†2} 木村英寛^{†3}
高橋由美子^{†4,†5} 坂根裕^{†2}
杉山岳弘^{†2} 竹林洋一^{†2}

身近に開催されるコンサートの活性化を狙い、市の開催するコンサートの中で遠隔地からコンサートへの出演を実現する。大規模な専用の機材ではなく、普及しているビデオカメラやネットワーク、コンピュータを利用し、既存のストリーミング技術を用いて双方向に動画配信を行うことで、問題点となる遅延や臨場感を会場の運営や演出を工夫することで解決した。これによりコンサート会場という、今までそこにいる出演者と観客で構成された閉ざされた空間を開き、ユビキタス社会におけるコンサートの可能性を示す。

The concert support system which realizes the appearance from a distant place using Internet streaming

TAKUMI FUJISHIRO,^{†1} NORIHIRO NISHIO,^{†2} HIDENORI KIMURA,^{†3}
YUMIKO TAKAHASHI,^{†4,†5} YUTAKA SAKANE,^{†2} TAKAHIRO SUGIYAMA^{†2}
and YOICHI TAKEBAYASHI^{†2}

We realized the bi-directional video streaming with ordinary video cameras, network devices and computers instead of high-end equipments for professionals. Many kinds of our idea such as a hall layout or concert management realized that against quality loss or network delay irremissible in video streaming. The bi-directional streaming extended the ordinary concert environment available only for players and audiences on site, and indicated a potentiality of a new concert style in the ubiquitous society.

1. はじめに

筆者らが所属する静岡大学情報学部は静岡県浜松市に位置しており、浜松市はピアノをはじめとする楽器産業が、街を代表する産業として発展してきた。最近では物質的な豊かさを求めるものづくり中心の「楽器のまち」から、文化的な心の豊かさを求めようとする「音楽のまちづくり」¹⁾ という音楽を中心とした環境作りを、市政をあげて取り組んでいる。「音楽のまちづく

り」の一環として、浜松市が運営するアクトシティ音楽院において、コンサートの企画開催運営ができる市民を養成するための、主催者養成セミナー²⁾ が行われている。

主催者養成セミナーは過去3回開講され、第1期生はピアノコンサート、第2期生はチェロとピアノのデュオコンサートを行った。第3期生は、従来浜松で頻繁に行ってきたクラシックではなく、趣向の違う電子音楽を取り上げ、浜松だからこそできるコンサートというコンセプトの元、地元音楽関連企業、地元大学、そして浜松市がこの第3期生の呼びかけに協力し、産学官連携コンサートが開かれるに至った。

ところで、近年行われるコンサートでは、音楽を音響だけでなく、照明や映像を組み合わせた演出が行われている。今日、特に映像に関しては安価で高画質なビデオカメラやカメラ付き携帯電話の普及とともに、その手軽な表現力を利用し、音楽の場だけでなく日常においても利用され場の活性に役立っている。

†1 静岡大学大学院情報学研究科
Graduate School of Informatics, Shizuoka University
†2 静岡大学情報学部
Faculty of Informatics, Shizuoka University
†3 バークリー音楽大学
Berklee College of Music
†4 浜松学芸高等学校
Hamamatsu Gakugei High School
†5 浜松市アクトシティ音楽院
Hamamatsu ACT CITY Academy of Music

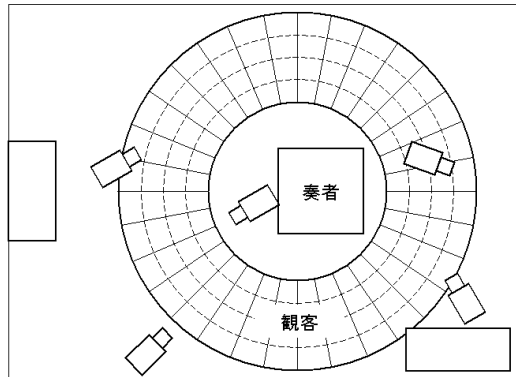


図 1 円形会場設計案

筆者らは日ごろから、DJ による音環境のデザイン³⁾ やコピキタス環境におけるコミュニケーション支援^{4),5)} など情報研究に携わる者の立場から、コンサート・音楽という心の豊かさを求める場所に対して、今まで一般のコンサートで行われてきたような大規模かつ高価な機材を投入した演出ではなく、このように入手しやすく、一般の人でも扱いやすくなった映像技術と情報技術を投入することでコンサート会場での表現方法を広げ、コンサート中の人々との関係、とりわけ遠く離れた海外の会場とコンサート会場の間で、一体感をリーズナブルに生み出すという試みを行った。これを踏まえて、これからのコンサートの中に求められる、情報システムについて述べる。

2. コピキタス情報環境としてのコンサート会場デザイン

音楽は地域や民族、人種という枠を超えて楽しめる開けた文化であるが、一方で、コンサート会場は閉ざされた空間であり、演奏者とそこにいる観客だけが楽しめるものである。ネットワークとコンピュータを使い、この閉ざされた空間を遠隔地に広げ、遠隔地からの出演を行うことで、ともに音楽を楽しむ時間を共有する。さらに会場に映像を投影するだけでは浮いてしまう遠隔地からの出演を、コンサート会場の演出を行うことで会場に溶け込ませその一体感を実現する。

2.1 会場の基本デザイン

今回行うコンサートでは、照明や音響、映像設備のほとんどないコンサート会場において、エレクトーンという電子音楽を取り上げる。通常のコンサートのように、出演者と観客が向きあう形の配置であると、電子音楽という特性から、スピーカからの直線的な音になり、音楽を鑑賞する上で臨場感に欠けてしまう。音

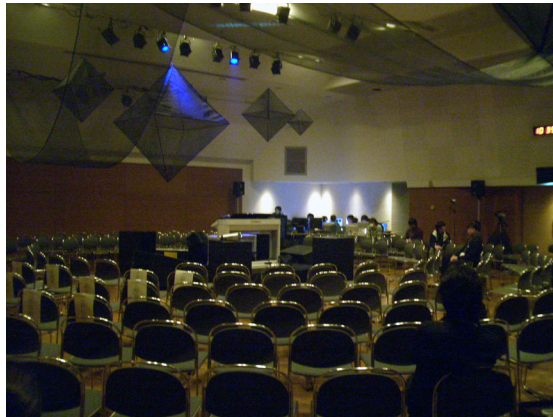


図 2 実際に円形配置した会場

場を有効に利用した立体的な音響を作るため、図 1, 2 に示すような円形の会場を考えた。

筆者らは普段からコピキタス環境における映像撮影や編集を手がける者として、この円形の会場に複数のカメラを取り入れ、それぞれのスイッチングを行うことで、簡易的な編集作業を行う。これに加え複数のプロジェクタでそれらを会場を包み込むように投影することで、会場の空間を広く見せると同時に、音楽のコンサートという既成概念にとらわれず、観客が収容される空間そのものを、一つのエンターテインメント性のある作品として構築する。

さらに、デジタル映像、デジタル音楽にありがちな「平面感」を取り除き、場の雰囲気そのものを楽しんでもらえるようなデザインにするため、本来ならプロジェクタで投影され平面に映る画像を、図 2 に示す黒い透明なスクリーンをレイヤ構造にして何枚も空中にとどめる工夫を施した。

2.2 コン서트会場内外のインタラクション

音楽をコンサート以外でも楽しむために、今までレコードから CD へと音楽を伝えるメディアが普及し、LD や DVD へと音楽だけではなく映像を取り入れて、コンサート会場の雰囲気を楽しむメディアも普及してきた。

しかしコンサートという場は出演者と観客が、同じ時間、同じ空間で、同じ感覚を味わうという一体感を持つことで、音楽的に楽しむだけでなくその場の雰囲気を楽しむものである。コンサート会場という閉ざされた空間を開き、音楽をより多くの人々が楽しめるような空間にするには、会場内外とのインタラクションを行い、時間や空間、会場の臨場感をコンサート会場外とつなぐ手段が必要である。



図3 コン서트会場と出演者・観客の関係

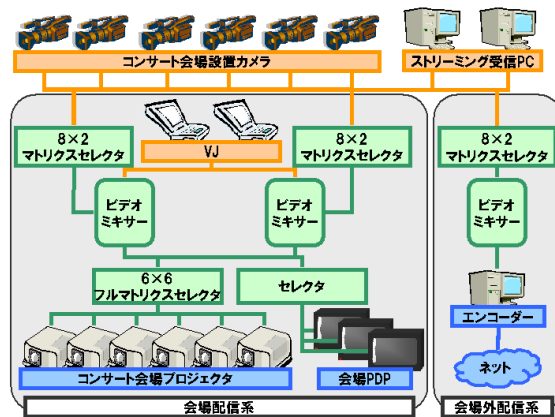


図4 コン서트会場映像配信システム

2.3 ストリーミング配信

時間や空間という、人間が制約を受けやすいものをうまく活用できるのが動画のリアルタイムライブ配信であり、今までテレビ局といった電波を利用するような専用の大規模な配信機材を持ち合わせていなければできなかったことが、コンピュータとネットワークを利用することにより可能となった。

しかしながら、現状行われているこれら配信^{6)~10)}の中心は、すべて現在普及しているメディアの置き換え、または付随するサービスとして行われているものであり、いずれも、ネットワークを利用したストリーミング配信の利点を必ずしも生かしているものではない。なぜなら、ネットワークやストリーミングで利用することを想定して制作されたものではなく、テレビやビデオといったメディアの制作・運営方法をそのまま置き換えているからである。すなわち、ネットワークや、ストリーミングである利点を生かした制作・運営方法を考えることで、これらの利用価値は一層高まる。

ネットワークをメディアとして捉えた場合の特徴の一つは、その双方向性である。ストリーミングを用いたサービスの中で、よく行われている双方向通信は、プレゼントの応募やアンケートなど、送られてくる動画に対してテキストベースの返答を返すといった、動画の送信元に対して何らかのアクションを起こすというものである。これは、これまでのメディアにはないネットワークを生かした特長である。

これまでに、この双方向性を音楽の場に利用した、遠隔地との同時演奏^{11)~13)}といった研究が行われている。これに加え、ビデオ会議や遠隔授業、Instant Message による双方向ビデオ通信も普及し始め、同じ時間に違う場所でストリーミング動画を使って、会議や授業をすることも珍しくはなくなってきた。

しかしながら、ビデオ会議や遠隔授業と違い、ストリーミングを利用して遠隔地からコンサートに出演する場合、いかにコンサートの中に溶け込むのか、コンサート会場との一体感というものが非常に重要になる。このことから、一般に行われているビデオ会議や、遠隔授業のツールだけではなく、会場での演出方法を考慮する必要があると言える。

今回想定しているコンサート会場とコンサート会場以外の出演者・観客との関係を図3に示す。今までの試み同様、コンサート会場からは、不特定多数に向けコンサートの様子をストリーミング配信する。これに加え特定の会場外の場所、今回はアメリカ、ボストンのMITメディアラボから出演するために、コンサート会場と1対1のストリーミング配信を行う。

コンサート会場と、時間、空間をともにするには、リアルタイム性が重要である。双方がリアルタイムに繋がることで、臨場感を高めることができる。

3. コン서트運営環境の構築

実際のコンサートの中で、遠隔地からのコンサート出演を実現するにあたり、コンサート会場以外からの出演が一体感を損なうことなく実現できなければならない。これを実現するには、時間や間、カメラ配置や出力先などを考慮し、ストリーミングの方法や、会場の環境だけでなくコンサートの運営など総合的な面から少しでも違和感無く会場の中に溶け込ませるようにする工夫をこれ以降に述べる。

3.1 コン서트会場の構成

コンサート会場における、システム構成図を図4に示す。コンサート会場から行われる配信では、会場内に設置したカメラ6台の映像をビデオミキサでスイッチングしながらエンコードを行い、ライブ配信を行っ



図 5 遠隔出演側エンコーダ兼サーバ



図 6 遠隔出演映像

た。一方で、会場内に設置したプロジェクタ 6 台と、プラズマディスプレイ 3 台にも、同様に会場の映像や VJ の映像を映し、ストリーミングによる動画配信が会場内に違和感無く投影されるよう会場の演出も行った。

プロの行う一般的なコンサートであるため、多数の接続を想定して、浜松会場側は外側との通信は B フレッツの光回線、エンコーダ・サーバ間は Gigabit Ethernet、Helix と QuickTime による 2 重配信、各々のエンコーダの 2 重化と、かなり大掛かりな構成とした。ポストン会場では、カメラ 2 台をパッシブタイプのセレクトを用いて映像の切り替えを行い、図 5 に示すエンコーダ兼サーバを行うノート PC と接続して配信を行った。このエンコーダ兼サーバはモバイル Pentium III 1.2GHz クラスのノート PC である。図 6 のようにプロジェクタで拡大したにも関わらず、このクラスのいわゆる一般向けノート PC で十分な画質を

得ることができた。

不特定多数へのストリーミング

コンサートのストリーミングを行う上で注意しなければならない点は、音楽である以上、音質について考慮しなければならない。ある一定の音質を保たなければ音楽としての魅力を損ねてしまうからである。逆に映像については、最悪の場合多少劣化したとしてもそれほど問題になることは少ない。すなわち、コンサート会場からの不特定多数向けのストリーミングについては、以下の順位で優先度をつけなければならない。

- (1) 音声の切断が起こらない
- (2) 高音質である
- (3) 映像の切断が起こらない
- (4) 高画質である

1 対 1 のストリーミング

ポストン会場からコンサート会場へのストリーミングは、コンサート会場と 1 対 1 になるが、このストリーミング動画は、コンサート会場で会場との一体感を出すために、大きく表示する必要があるため、比較的高画質で送る必要がある。それと同時に、コンサート会場に音を出すことになるので、ある程度の音質を保たなければならない。

ただ、1 つの相手に対して配信、受信を行えば良いため、不特定多数のストリーミングと違い、ネットワークの帯域を大きく取られてしまうことは無い。これに加え、今回の出演は遠隔地からコンサートについてコメントを行うもので、コンサート会場への配信に音楽をのせることを行わなかったため、優先順位を以下のようにした。

- (1) 音声の切断が起こらない
- (2) 映像の切断が起こらない
- (3) 高画質である
- (4) 高音質である

3.2 遅延を考慮した運営方法によるリアルタイム配信

インターネット回線を使いストリーミング配信を行う上で、ストリーミングの切断が起こらないようにするため留意しなければならないのは、回線の品質、つまりはエラーと混雑である。滑らかなストリーミング配信を行うには、回線の質を上げてエラーや混雑を無くすか、バッファリングを行い、ある程度溜めることでエラーや混雑が起きたときに対して対処を行う。ストリーミングを行ううえで、動画の取り込みやエンコードなどの部分でどうしても遅延が発生するが、もっとも大きな遅延を生むのはこのバッファリングである。

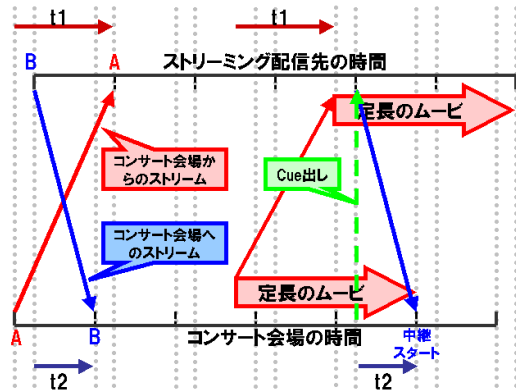


図 7 ストリーミングによる遅延と Cue 出し

通常、ネットワークの立場からは、何らかの方法を用いて回線の質を上げ、できるだけバッファリングを行わずにリアルタイムで配信を行うことで遅延をできるだけ少なくするが、今回はバッファリングを行ったまま、コンサートの運営面でこの遅延をカバーする。

遅延と Cue 出しの関係を図 7 に示す。ネットワークの状況によりバッファリングの量は常に変わるので、コンサート会場へ送られてくるストリーミングの遅延時間を計り、どれだけ遅延しているかを常に把握しておく。会場へのライブ中継につなぐ前に、あらかじめ時間の分かっているムービーを流し、その間に遅延時間をさかのぼって早めに Cue 出しを行い、丁度遅延時間が来たところで映像を切り替えつなぐのである。この Cue 出しのやり取りには、Instant Message を利用した。テキストベースである Messenger はバッファリングを行う必要が無く、ほとんど遅延無くやり取りをすることができる。Cue 出しのようなやり取りにおいては非常に有効な手段と考えられる。

さらに、Cue 出し後遅延時間が短くなりストリーミングが先に届いてしまうことを想定して、ハードディスクレコーダを受信と、会場出力の間に入れ、問題が発生した場合は追いかけて再生機能（録画しながら再生）を利用して、遅延時間の調整をできるように構成した。

4. システムの評価と考察

コンサートをライブストリーミング配信し、同じ時間に同じコンサートをポストンという、浜松とは遠く

表 1 照明、映像の演出についてのアンケート結果

項目	非常に良い	良い	普通	良くない	無回答
回答数	87	44	8	3	5
割合 (%)	59.2	29.9	5.4	2.0	3.4

離れた別の場所で動画によるストリーミング配信により参加してもらい、演奏終了後ポストン会場からコンサート会場に向けて、ライブストリーミング配信を行いコメント出演を行った。

この試みについてコンサート終了後に行ったアンケートより、このポストン - 浜松間の双方向ストリーミング配信については自由記述方式のアンケート、会場の照明や映像の演出については、非常によかった、良かった、普通、良くなかったの 4 段階でのアンケート、そのほかのご意見、ご感想については自由記述方式でアンケートを行い、会場に集まった観客 195 人中 147 枚のアンケートを回収した。コンサートに訪れた方は、表 2 に示す 10 代以下 ~ 60 代までの幅広い年齢層の方である。

4.1 会場の演出

照明や、映像などの演出はいかがでしたか?という問に対して、表 4 に示すアンケート結果が得られた。さらに、その他の自由記述欄に会場演出について以下のコメントがあった。

- 会場の狭さを感じさせないコンサートでした。新しい時代を感じました。いろいろな音を楽しめてよかったです。(女性 40 代)
- 黒い正四面体に絵が写り、その裏にもすけるという案が素敵でした。(男性 10 代)
- 天井から下げてある八面体によって作り出される空間がよかった。(特にスクリーンに映されたとき、映像化されたとき)(女性 20 代)
- 映像が大きく映し出されて、どこからでも見やすく、とてもよかった。(女性 20 代他)
- 映像と音楽のコラボレーションはよかったと思います。(女性 30 代)
- 聴くと見るが一緒になると、こんなに印象強いものかと感動!(女性)
- 会場全てが 1 つのパフォーマンスですばらしかったです。(女性 20 代)
- すばらしい演奏そして映像も効果的でよい演奏会だったと思いました。(女性 50 代)

表 2 会場の観客層

年齢	人数
10 歳未満	4
10 代	34
20 代	15
30 代	27
40 代	40
50 代	21
60 代	5
無回答	1

- 円形ステージは実にエレクトーン向きだったと思います。(男性 40 代)

良かった、非常によかったと回答いただいた方が 9 割弱の評価があった一方、良くなかった、無回答もあり、これは円形という会場から、どうしてもプロジェクタや照明の光がステージやスクリーンから漏れて、客席に少し入ってしまうことと、純粹に音を楽しみたいと考える人から、会場の演出は必要ないのではというご意見を頂いたものだと考える。

しかしながら、自由記述より、音楽と映像と光が一緒になることでより強いイメージの広がる空間を感じていただけたことから、今回の演出上のコンセプトが一体感でありこの目的は達成されたと言える。市民や学生が中心となって行ったコンサートでこれだけの評価が頂けることは、コンサートを構成する要因としてかなりの比重を占めていたことがわかる。

4.2 遠隔地からの出演

ボストンからのコメント出演について以下のようなご意見があった。

- 世界のどこにいるからではなくどこでも同じ場で言葉のカベをこえて楽しめる。ステキだと思いました(女性 50 代)
- 遠くの国へこの曲が私達と同時に聞いていると思うと私達自信もぞくぞくする気持ちになります。メッセージも楽しく聞かせてもらいました(女性 40 代)
- 世界が一つになっている事が良くわかりました。(女性 60 代)
- 自分の思いを言葉や民族などという壁を取り払って伝えられるってうらやましい限りです。スケールの大きな空間を感じました。(女性 50 代)
- 画期的で素晴らしい。このような演奏会が増えることを希望します(女性 30 代)
- 大変おもしろいし有意義な試みだと思いました。今後はハイビジョン等で発展していくと絵も音もいいなあと思います(女性 40 代)
- とても驚きました。生の声が聞けて驚くと共にすばらしいと思いました(女性 30 代)

ネットワークを通じて、場所や空間を超えて遠くの場所で楽しめることについて評価を頂き、これまでのように大規模なシステムを導入しなくても幅広く音楽を楽しむことができ、会場の一体感を作り上げることができることを示した。さらに、双方向ストリームによって、国際的に民族や人種を超えて、音楽を共に楽しむ、開けた音楽文化を支える上でも要になりうる知

見を得た。

4.3 取り組みについて

今回の取り組みについて以下のような意見、感想があった。

- 市主催の公演がかくも幅広い形でその成果を発表できるとは、他の市町村にはない、すばらしいことと感じました(男性 50 代)
- 市のコンサートでは考えられない企画で良かった。(女性 50 代)
- 映像は学生さんが作ったのでしょうか？だとしたらすごいです。よかったです。こういうコンサートができてしまうと、さすが浜松ですね。次回もぜひ聴きに来たいと思いました。(女性 30 代)
- 市民の力でこのようなすばらしいコンサートができることがすごい!! とっても良いコンサートだった。(女性 10 代)
- これだけすばらしいものをもっと広い場所で市民に広げてください(男性 60 代)
- 試みにものすごく刺激を受けました。すばらしい環境でのコンサートありがとうございました(女性 30 代)

今までにない形のコンサートへの取り組みに関しては、コンサートの音楽性だけでなく、市の音楽への取り組み、そしてこのコンサートを構成した市民や学生の取り組みについて高評価をもらった。今後このような中小規模の一般で行われるコンサートで目指すべき視点を示した。

5. おわりに

本稿では、市民が作る身近なコンサートにおいて、学生を中心として双方向のストリーミング配信を用い、遠隔地からの出演を行うことで、コンサート会場の一体感を伴った会場演出を実践について述べた。

既存の技術を用いることにより発生する、音質や画質、遅延などの問題も、会場の演出や運営を考慮することで、実用レベルで使用することができることを示した。

これにより、これから実現するユビキタス社会の中で、数多く行われる中小規模のコンサートや、身近に開かれるコンサートにおいても大規模で高価な機材を投入することなく、普及しているビデオカメラや、コンピューティングパワーを投入することで、会場内外を問わず音楽を楽しみ、国際的な人種や民族の壁を越えたエンターテインメント性のある空間を、遠く離れた会場と一体感を伴った形で楽しむことができるという

見通しを得た。

謝 辞

ボストン会場をご提供いただきました, MIT Media Lab Walter Bender 所長, 突然の申し出にも快くビデオレター参加を快く引き受けていただいた MIT Media Lab, Marvin Minsky 教授, 早朝にもかかわらず実験参加にご協力を頂きました, Gloria Minsky 様, 実験にご協力いただきました MIT Media Lab, 石井 裕教授, このような試みの機会を与えてくださいました浜松市長, ビデオ機材を提供頂きましたローランド株式会社様, 音場のご指導いただきましたヤマハ株式会社様, ビデオカメラ三脚をご提供いただきました NHK 浜松支局長様に厚く御礼申し上げます。

最後に運営面でご協力いただきました, 静岡大学情報学部の堀居由香さんをはじめ, 竹林研究室, 杉山研究室の皆様に感謝いたします。

参 考 文 献

- 1) 静岡県浜松市音楽のまちづくり情報, <http://www.city.hamamatsu.shizuoka.jp/intro/mc/ongaku-toppage.htm>
- 2) アクトシティ音楽院主催者養成セミナー, <http://www.actcity.jp/hacam/img/Community/jigyoushushaisha/top2.htm>
- 3) 白木顕介, 坂根裕, 杉山岳弘, 竹林洋一: “DJ インタフェイスを利用した音響環境のデザイン”, 情報処理学会ヒューマンインタフェース研究会, pp.33-38 (2003.9).
- 4) 吉滝幸世, 田森裕邦, 坂根裕, 竹林洋一: “サイクリスト支援のためのマルチモーダルナレッジとコミュニケーション環境のデザイン”, 人工知能学会第 18 回全国大会, 1B3-05 (2004.6).
- 5) 関原拓也, 坂根裕, 杉山岳弘, 阿部圭一, 竹林洋一: “ユビキタス情報環境下のコミュニケーション活性化システムの開発”, 電子情報通信学会ヒューマン情報処理研究会 (HIP), pp.19-24 (2003.3).
- 6) フレッツスクエア, <http://flets.com/square/index.html>
- 7) ビッググローブストリーム, <http://broadband.biglobe.ne.jp/>
- 8) music@nifty, <http://music.nifty.com/>
- 9) @nifty コンサート配信, <http://bb.watch.impress.co.jp/cda/news/704.html>
- 10) 中電ビルコンサート, <http://www.freenavi.net/stream/concertlive/index.html>
- 11) N.Bryan-Kinns, P.G.T.Healey: “Daisyphone: Support for Remote Music Collaboration”, NIME2004, 1C-01, pp. 27-30 (2004)
- 12) C.Ramakrinhan, Jason Freeman, Kristjan Varnik: “The Architecture of Auracle: a Real-Time, Distributed, Collaborative Instrument”, NIME2004, 2C-02, pp. 100-103 (2004).
- 13) Wright, M., Freed, A.: “OpenSound Control: A New Protocol for Communicating with Sound Synthesizers.”, Presented at ICMC 97, (1997)