

DJ インターフェイスを利用した音響環境のデザイン

白 木 顕 介[†] 坂 根 裕^{††}
杉 山 岳 弘^{††} 竹 林 洋 一^{††}

DJ と観客の音楽コミュニケーションを活性化させる新しいクラブ環境とこの環境をコントロールするインターフェイスについて述べる。これまでの研究では、DJ/VJ の表現と観客の関係を中心にクラブ環境全体をデザインする検討はなされていない。本稿ではスピーカアレイを利用し、音が聞こえる方向を動的にコントロールしながら DJ が演奏できる音響環境とインターフェイスを作成し、その効果や操作性について一般の観客と DJ にアンケート調査を行った。その結果、新しいクラブ環境を使用した DJ の表現とその効果に関する知見や、DJ のパフォーマンスを発揮させるために必要なインターフェイスの仕様についての知見が得られ、このクラブ環境において DJ と観客の間の音楽を介したコミュニケーションを活性化できるという見通しが得られた。

A Design of Acoustic Environment Using DJ Interfaces

KENSUKE SHIRAKI,[†] YUTAKA SAKANE,^{††}
TAKAHIRO SUGIYAMA^{††} and YOICHI TAKEBAYASHI^{††}

We present new club environments to enrich sound communication between DJ and audiences. As a first attempt, we have developed acoustic fields with speaker array which enable a free sound direction control by using new developed interfaces. Then, we have performed questionnaire survey about changes of experience and operativity to DJs and audiences. We acquired some useful knowledge about new musical expression and the interface for DJ performance in proposed environment through these experiments.

1. はじめに

筆者らは図 1 に示すように、クラブでリアルタイムに音楽映像コンテンツを創造し観客を楽しませる DJ(Disc Jockey) や VJ(Visual Jockey) に注目し、DJ/VJ と観客の音楽コミュニケーションをより活性化できる環境実現の研究に取り組んでいる¹⁾。特に DJ/VJ の表現をより豊かにするための新しいクラブ環境デザインや、誰もが DJ/VJ をより深く楽しめるようにクラブ文化を知るためのマルチモーダル知識コンテンツの作成を行っている。

クラブでは、図 2(a) のように DJ が演奏する音(音楽)と、VJ が演出する光(映像)を組み合わせることで、没入感のある空間を作る試みがなされている。図 2(a) に示す音と映像を使ったこれまでの表現では、コンテンツのクオリティの向上や、両者を同期させて見せるといった表現手法が重視されてきた。この表現

を支援するためのアプリケーションやインターフェイスに関する研究^{2)~5)}も行われている。一方、本来のクラブ環境における表現の魅力である、演奏者と観客のコミュニケーションによってコンテンツがダイナミックに更新されていく点は軽視されてきた。今後 DJ/VJ が連携した表現を拡張していくためには、この点をサポートできる環境やインターフェイスが欠かせないと言える。

筆者らは図 2(b) に示す、DJ/VJ と観客の音と光を介したコミュニケーションを活性化する環境を提案する。提案する環境で DJ/VJ は観客からフィードバックを受けながら、音(音楽)と光(映像)の位置をアレンジし、空間のなかで融合させる。この環境を実現するには、DJ/VJ の表現と観客の関係を中心に引き起こされるクラブの場の変化のモデル化や、意図した効果をひきだすための表現の構造を明らかにする必要がある。

本稿では提案する図 2(b) 環境において空間的な音場の変化を作り出す音響環境と、音を鳴らす方向を自由にアレンジするための DJ インターフェイスを実装した。音響環境にはスピーカアレイ^{6)~10)}を用い、音

[†] 静岡大学 情報学研究科 Graduate School of Information, Shizuoka University

^{††} 静岡大学 情報学部 Faculty of Information, Shizuoka University

を鳴らす方向を動的にコントロールする。また DJ による演奏実験を行うことで、新しい表現が場の観客に与える影響と、その表現の種類を明らかにし、新しい音響環境として有効であることを示す。

2. DJ の表現手法の拡張

2.1 従来のクラブと DJ による音楽表現

クラブは DJ が演奏する DJ ブースと、観客が踊るフロアから構成される。フロアには 2 本または 4 本のステレオスピーカが設置されている。DJ はミキサーに接続されたターンテーブル 2 台を使用して曲を次々につなげるミキシングの技術を持ち、楽曲の深い知識に基づいて新しい音楽を組み立てていく。このとき演奏に対する観客の動きや表情をフィードバックとして受けとめながらダイナミックに音楽を変化させることで、観客と音楽を介したコミュニケーションを行う。DJ は空間と人を意識しながら音楽を編集していく点に特徴があると言える。

2.2 新しいクラブと DJ の表現

本稿で提案する新しいクラブ環境では、空間に印象的な音の動きの効果を作り出すためにスピーカアレイを利用し、空間に配置した複数のスピーカから音を空間に投影する。DJ は複数のスピーカの音量を適切に制御することで、部屋の中心にいる人に、任意の方向から任意の音量で音が聞こえる環境が実現できる。

この新しいクラブ環境では、左右のレコードの音源を別々の方向から鳴らしたり、音源を別の方向に移動させながら空間のなかで混ぜ合わせるといった表現が可能となる。空間の高さや奥行きを利用して、音が床から天井に向けて沸きあがるような表現や、音が空間の奥に向かって通り抜ける表現、図 3 のように音が空間の中で円を描いているように聞こえる表現などが可能となる。DJ はこのような新しい表現手法と従来の手法を組み合わせながら、音楽を組み立てることができ、音楽表現に豊かなバリエーションが生まれる。客の反応を見ながらリアルタイムに音楽を変化させていくことや、良く知られている曲にどのような変化をつけてるかというイメージーションは、この音楽環境にいる人を楽しませる要素となる。

3. プロトタイプシステム

3.1 システム構成

図 4 に実装したプロトタイプシステムの構成を示す。図上部に楕円で示しているものがクラブであり、8 組のスピーカをこの場に配置する。理想的な音環境を実現するためには、各スピーカから提示する音量を電

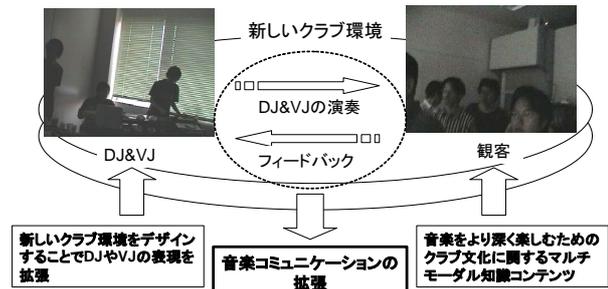
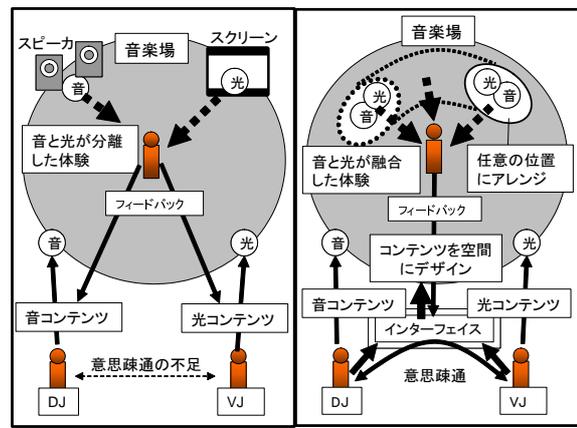


図1 クラブ環境における音楽コミュニケーションの活性化プロセス



(a) 従来のクラブ (b) 新しいクラブ

図2 クラブ環境の構成

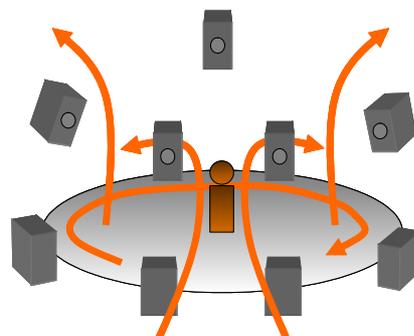


図3 スピーカアレイを使った表現の一例

子アッテネータ等を利用して、多段階で制御できることが望ましい。実装したプロトタイプシステムでは、ハードウェアの都合上、各スピーカから提示する音量は 8 段階で制御している。8 段階の音は、ターンテーブルと接続された図 5(右) に示す手製のミキサーで生成する。クラブ環境や参加人数、利用する音楽に応じて適切に調節する。

ミキサーで生成された 8 段階の音量は、図 5(左) の

フルマトリクスセクタに入力され、接続切り替え制御により 8 組のスピーカに最適な音量で分配される。接続切り替えはフルマトリクスセクタ内に組み込んだ小型マイコンで行う。この小型マイコンとシリアル接続したノート PC から、スピーカと音量の組み合わせ情報を送信することで自由に設定できる。フルマトリクスセクタは 8 入力 8 出力のボードを 2 枚内蔵し、シリアル通信により 38400bps の速度で外部からコントロールできる。

DJ はターンテーブルを操作しながら音量を操作する必要があり、全スピーカの音量を手作業で決定するのは時間的に難しい。さらにスピーカは、場の好きな位置に配置できることを前提としているため、スピーカの位置を意識しながら音量を変更することは困難である。プロトタイプシステムでは、図 6 に示すソフトウェアと図 7 に示すデバイスを使ってこの問題を解決する。

DJ は全てのスピーカの音量を変更するのではなく、提示する音源 (最大 2 つ) の定位をデバイスを利用して選択することで、選択した方向から音が聞こえるように各スピーカの音量が決定される。図 6 の右側のウィンドウで実行しているアプリケーションをロケーションセクタと呼び、ウィンドウ内に表示しているボックスは音楽場を示している。ボックスの中には小さな白いボックスと赤と青のボックスが表示されており、それぞれスピーカと音源に対応している。スピーカの位置は予め音楽場情報として XML 形式のファイルで定義しておくことで、自動的に計算され表示される。DJ はスピーカの位置を気にすることなく、音源の位置を指定するだけでよい。

音源の位置指定にはマウスを用いることもできるが、音源が最大 2 つあることや、音楽場の奥行きを表現するボックスを演奏中に移動・回転できることが重要であるため、プロトタイプシステムでは図 7 のコントローラを用いる。コントローラには 2 本のスティックと 3 つのスライダがあり、スティックで音源の上下左右位置を、2 つのスライダで場のボックスの回転 (左右軸と上下軸周りの回転)、残り 1 つのスライダで奥行きを示す平面を前後できる。音の三次元位置は、スティックが示す点の延長線と平面の交点として計算される。

コントローラの制御にはマイクロチップテクノロジー社のチップマイコン PIC16F876 を 3 つ使用している。2 つマイコンでジョイスティックとスライダの位置を算出し、残り 1 つで得られた結果をシリアル通信を利用してコンピュータへ送信する。

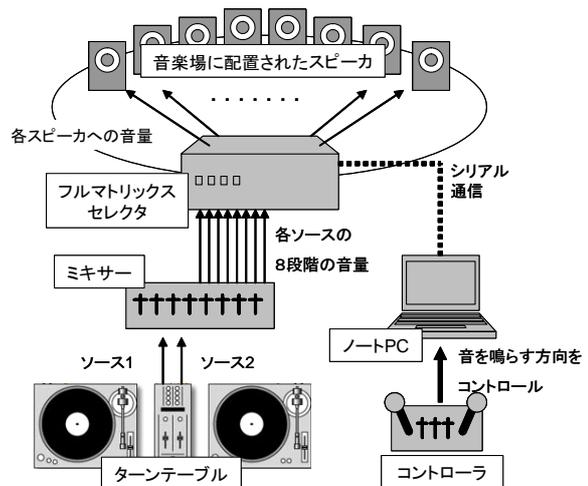


図 4 システム構成

3.2 定位の算出

スピーカアレイを使って変化させる音の定位は、音を鳴らしたい方向と原点 (部屋の中心) を結ぶベクトル \vec{V}_s と、それぞれのスピーカと原点 (部屋の中心) を結ぶベクトル $\vec{V}_{t_1 \sim n}$ の成す角を調べ、ベクトルの向きが近いスピーカほど大きい音を割り当てることで決定する。音源から発生する音のエネルギーは、音源からの距離の 2 乗に反比例して低下する距離減衰の特性があるため、各スピーカと原点まで距離の 2 乗で割ったものを足し合わせて音のレベルを調整し、音が遠ざかっていく距離感をだまかに表現する。部屋の中心から音が鳴る位置までの距離を d_s 、鳴らす音量を V_s とした。以下に今回使用した計算式を示す。

$$\frac{V_s}{d_s^2} = \alpha \left\{ \frac{\sum_{i=1}^n \vec{V}_s \cdot \vec{V}_{t_1}}{d_{t_1}^2} + \frac{\sum_{i=1}^n \vec{V}_s \cdot \vec{V}_{t_2}}{d_{t_2}^2} + \dots + \frac{\sum_{i=1}^n \vec{V}_s \cdot \vec{V}_{t_n}}{d_{t_n}^2} \right\}$$

4. 評価実験

プロトタイプシステムを用いた演奏演奏を行った (図 8)。演奏者側である DJ と演奏を楽しむ観客の両者にアンケート調査を行い、プロトタイプシステムの表現効果や操作性についての評価を行った。5_(m) × 7_(m) × 3_(m) の部屋に、8 組 16 個のスピーカを、部屋の前後左右の壁際に 2 台ずつ配置した。各スピーカは部屋の中央を向くように配置し、中央に DJ が操作する機器を設置した。音の空間定位をコントロールするためのコントローラと、ノート PC を 1 台設置した。

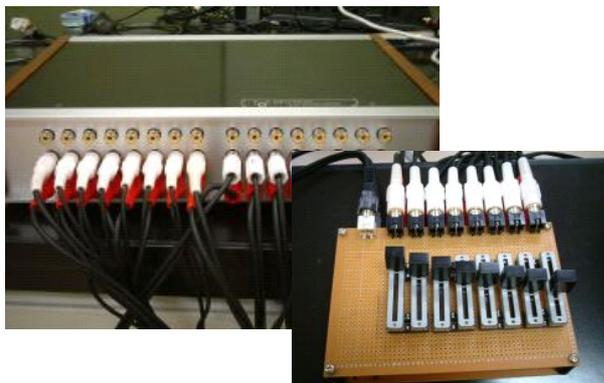


図 5 マトリクスセクタ/ミキサー

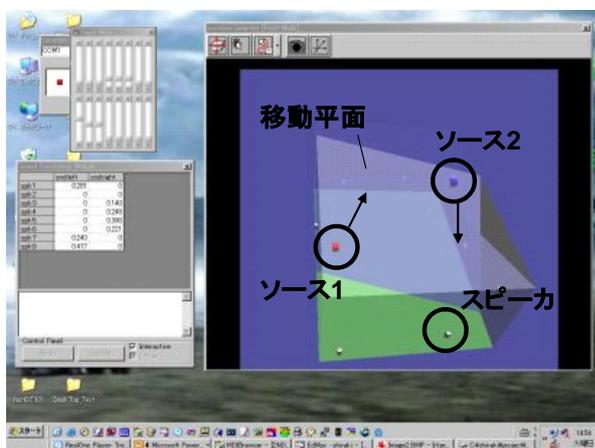


図 6 ボリューム制御アプリケーション



図 7 コントローラ

4.1 評価実験 1

提案する環境で表現できる音楽の深みについて聴衆者の意見を収集するアンケート調査を行った。被験者は筆者らの研究室に所属する学生 10 名で、実際にクラブを体験したことがある者は 2 名であった。そこで

事前のクラブミュージックの体験や、メールマガジンによる DJ 知識コンテンツの提供など、少しでもクラブに興味を持たせた上で実験に参加してもらった。

実験の演奏はクラブでの演奏経験がある筆者の内の 1 人が行った。音の種類 (音色, リズム) の変化による体験の違いを実験できるように、ゆったりしたインストゥルメンタルの曲から速いテンポの曲まで 7 曲を使い演奏した。

実験では、スピーカが 2 本の通常の音楽環境での DJ の演奏と、スピーカアレイを使った環境での DJ の演奏を聴き比べさせ、どのような体験の変化があったかについて自由に記述してもらった。その結果、「音を聴くのが能動的になる」、「気がつく音を追っている」など、音楽を構成する一つ一つの音に注意が向くようになるという意見が半数の 5 名から得られた。この他に「音が部屋の中を飛び回る」、「音が全方位から刺激を変えて流れてくる」といった、この環境が生んだ効果について感想が得られた。

次に「音の定位を変化させるパターン」と「音の種類」に相性を感じるかどうか、自由に記述してもらった。その結果、「持続する音は定位をなめらかに変化させると音の動きがよく分かる」、「打楽器は定位を激しく変化させるとインパクトが強い」、「空間的な広がりのある曲は円を描くように定位を変化させると引き込まれる」、「休符の多い曲は連続的な定位の変化がわかりにくい」などの回答が得られた。

4.2 評価実験 2

実際にクラブで DJ をしている被験者にプロトタイプシステムを使った演奏を行ってもらい、DJ の立場からシステムを評価する実験を行った。被験者は 6 名で、テクノ、ハウス、エレクトロニカ、アンビエント、トランスなど幅広いジャンルの DJ に参加してもらうことで、異なる視点からの意見を収集した。1 人 1 時間程度プロトタイプシステムを使って演奏し、紙面アンケートと随時インタビューを行った。

実験ではインターフェイスの操作性に関する質問を行った。また実験 1 の結果を踏まえ、相性がありそうな「定位を変化させるパターン」と「音の種類」の組み合わせとその効果を DJ に提示し、実際の演奏で試しながら評価を得た。6 通りの組み合わせを表 1 に示す。モノラルモードでは 2 つのステレオ音源をそれぞれモノラルに変換してミキサーに入力し、ステレオモードでは 2 つのステレオ音源の L チャンネル同士、R チャンネル同士をまとめ、ミキサーの入力とする。

図 9 に表 1 と対応した音の定位の変化を示す操作パターンを挙げる。四角い枠が部屋を表し、黒丸と白



図 8 演奏風景

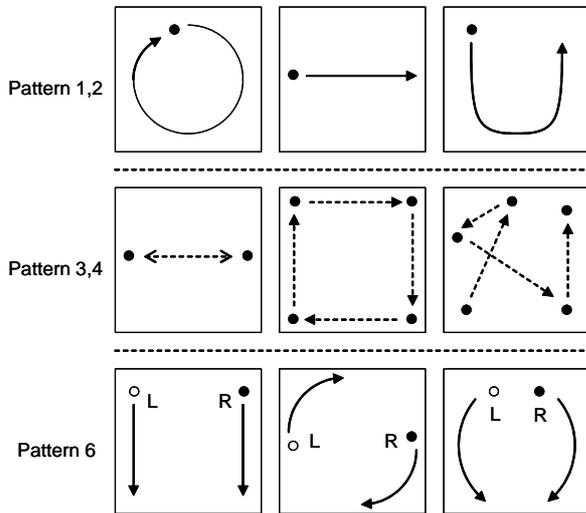


図 9 操作パターンの一例

丸が部屋の中心からのみた定位を表す。通常の黒い線は定位を連続的に変化させることを示し、破線は定位を瞬間的に変化させることを示している。pattern6 はステレオモードであるためソースの LR チャンネルを同時に動かす。

実験の結果、評価が高かった効果を表 2 に示す。表 2 のパターンは表 1 と対応している。

表 1 音の種類と定位の変化の組み合わせ

定位	モノラルモード		ステレオモード
	リズム以外	リズム	ステレオ
連続的に変化	pattern1	pattern2	pattern6
瞬間的に変化	pattern3	pattern4	効果なし
固定	pattern5		

表 2 アンケート結果から分かったシステムの効果

パターン	効果
pattern1	持続音のなかでも特に高周波成分を含む音を連続的に移動させると、音が空間を漂うような効果を生む。
pattern1	ある程度の細かさで単音が連なるフレーズ（特に高周波成分を含む音）を連続的に移動させると、音が空間を漂うような効果を生む。
pattern1	音程、音色、音量のいずれかが時間とともに変化する瞬間に、加速をつけて音の向きを連続的に移動させると音が通り抜けていくような効果が生まれる。
pattern1	音量が減衰する時間が長い音を動かすと余韻が強調される。
pattern1,2	反射音がデザインされている音（リバーブや、意図的なディレイが含まれている音）を連続的に移動させることで余韻が強調される。
pattern2	リズム中心（特に 4 分打ち）に構成される曲をゆっくり連続的に動かすと部屋の音圧分布が変化し、場を揺さぶる効果を生む。
pattern3	休符をまたいで鳴る音の向きを極端に変化すると音が飛び散るような効果を生む。
pattern4	小節の頭でリズムの鳴る方向を 90 度程度大きく変化させることでリズムが強調される。
pattern5	あらかじめこれから出したい音の位置を決めておいて、そこから曲をフェイドインさせることで、音がそこから沸きあがってくるような変化を生む。
pattern6	L チャンネルと R チャンネルの音を対角線上に保ったまま移動させることでサラウンドを強調できる。

5. 考 察

5.1 ステレオ-モノラルモードについて

ステレオモードはパンニングが積極的に取り込まれているような曲との相性が良く、曲の L チャンネル、R チャンネルごとに音を動かすことで従来持っている空間的な広がりにより強調されるという結果が得られた。L チャンネル、R チャンネルの音を対角線上に保ったまま回転させたり、部屋の前から後ろへ移動させることで、ステレオ感を保ったまま空間的な音の移動を表現できる。このような表現は部屋の中心にいる観客に対して効果が高い。

またモノラルモードでは二つの音を別々の場所から聞かせることができるという利点が生まれる。音がある場所から沸きあがらせるといった効果や、別々のソースを方向の異なるスピーカーから鳴らす効果はモノラルモードでしかできない。またモノラルモードにおいても、すべてのスピーカーから鳴る音に観客は囲まれるために、ステレオサウンドとは異なる独特の空間的な広がりが見られるという感想が多かった。

5.2 DJ 表現の拡張

スピーカーアレイを使った環境は DJ の音楽編集をサ

ポートするいくつかの新しい手法を実現できる。表2のアンケート結果より、プロトタイプシステムでは曲が持つ音色やリズム特徴を強調できる手段が増えたと言える。DJはレコードに録音された特定の楽器のパートを強調するために従来からミキサーのイコライザーを使って特定の周波数を強調する手法を利用しているが、プロトタイプシステムを利用することでそのバリエーションが大きく拡張される。

この音楽環境では特定の場所に向かって音を投げかけ活性化させるといった新しいコミュニケーションを図ることもできる。映像や光を使って音が聞こえる方向を示したり、音がこれから沸きあがる場所をあらかじめ提示をすることで、観客にその周辺に注意を向けさせたり、その場所に誘導させるなど、音だけでは実現できなかったコミュニケーションが考えられる。

5.3 コントローラについて

DJは場の雰囲気や曲に応じて瞬間的に音楽表現を変化させるため、そのような判断を妨げることがないインターフェイスが必要であることが分かった。アンケートでは、良く使いそうな効果はパターンとしてメモリに保存しボタンなどを使って簡単に呼び出せるようにして欲しいという要望が多かった。音を鳴らす方向を制御する入力装置については、精密に動きを操作できる利点を持つジョイスティックよりも、より感覚的に力を加えて入力できるものが臨まれることが分かった。具体的には指で直接動きを入力できるタッチパッド式が候補としてあげられる。また市販されているDJ専用のエフェクターなど、他の機材と同時に使いたいという要望も多く、いっそう瞬間的に使えるインターフェイスが必要である。

6. ま と め

本稿では、スピーカアレイを使って音場の変化を作り出す音響環境と環境をコントロールするインターフェイスを提案した。演奏実験から、曲が持つ音色、リズム、定位の特徴を引き出すDJの表現手段として利用できることを示した。特定の場所の観客に音を投げかけるなど、音が鳴る方向に注意を向けさせることで、DJと観客の間の音楽を介したコミュニケーションを活性化できるという見通しが得られた。

今後はアンケートに併せてセンサなども使いながら、クラブの場に起きる変化をモデル化し、より豊かな音楽コミュニケーションができる環境を光や映像も含めて構築していく。またDJの表現の構造を解明しながら、より最適なインターフェイスの設計を行う。

参 考 文 献

- 1) 白木, 坂根, 杉山: “クラブにおける音楽環境のデザインとDJのインターフェイスの開発,” Forum on Information Technology (FIT2003) (2003, 発表予定).
- 2) Tue Haste Andersen: “Mixxx: Towards Novel DJ Interfaces,” In Proceedings of the 2003 Conference on New Interfaces for Musical Expression (NIME03), pp.30-35 (2003).
- 3) 藤本, 西本: “機能統合 DJ システムによる DJ パフォーマンスの支援とその可能性,” 情報処理学会研究報告 2002-MUS-47, No.100, pp.47-52 (2002).
- 4) J.Patten, B.Recht, and H.Ishii: “Audiopad: A Tag-based Interface for Musical Performance,” In Proceedings of the 2002 International Conference on New Interfaces for Musical Expression (NIME02), pp.11-16 (2003).
- 5) Johanson, Fox and Winograd: “The Interactive Workspaces Project: Experiences with Ubiquitous Computing Rooms,” IEEE Pervasive Computing Magazine 1(2) (2002).
- 6) Stockhausen: “Two lecture,” die Reihe 5. English edition. Bryn Mawr: Theodore Presser Company, pp.59-82 (1961).
- 7) Martirano: “An electronic music instrument which combines the composing process with performance in real time,” Progress Report 1. Department of Music. Urbana: University of Illinois (1971).
- 8) Bernardini and Otto: “TRAILS: an interactive system for sound location,” In T.Wells and D.Butler, eds. Proceeding of the 1989 international computer Music Conference. San Francisco: International Computer Music Association, pp.29-33 (1989).
- 9) Arnold Kaup, Sami Khoury, Adrian Freed, David Wessel: “Volumetric Modeling of acoustic Fields in CNMAT’s Sound Spatialization Theatre,” In Proceedings of the Audio Engineering Society, (1998).
- 10) David Topper, Matthew Burtner, and Stefania Serafin: “SPATIO-OPERATIONAL SPEC-TRAL (SOS) SYNTHESIS,” Conference on Digital Audio Effects (DAFX-02), (2002).
- 11) Curtis Roads: “The Computer Music Tutorial,” Mit Pr (1996).
- 12) Bill Brewster and Frank Broughton: “Last Night A DJ Saved My Life,” Produce Centre (2003).