

## 第4章 人体と音のコミュニケーションの将来展望

人と音とのコミュニケーションの将来を展望するにあたり、その姿を描くにはこれらに関連した未来指向の試みや、脳活動の計測技術動向から推定するのも一つの方法であろう。そして、これに第2章で調査したコミュニケーション事例と第3章で調査した人体と音との生体レベルでの関係を踏まえて、今後の人体と音のコミュニケーションの応用・展開を考察する。

### 4.1 未来指向の試み

#### 4.1.1 コンピュータ音楽における試み

東京現代音楽祭の一環として開催された「コンピュータ音楽の現在・未来展“電楽”」(一昨年の暮に音楽の友ホールで開催)は示唆に富んだ内容であった。

コンピュータ・ミュージック・パフォーマンス《リアルタイム・コンサート》と称して6名の作曲家による作品が紹介された。実際にはコンピュータと作曲家の間の掛橋としてエンジニアが介在した共同作業であり、作品の殆どが作曲家・エンジニア・コンピュータが相互に対話しながら音楽を展開していく。

そのインターフェースは体の動きを検出した体動信号であったり、楽器の音をそのまま信号源として使うものである。これらの信号はAD変換後コンピュータに入力され、作曲家のイメージに従って演算処理を施した信号に変換される。この変換信号により電子音源を駆動して多面的・多層的に音を発展・展開していく。作曲者の意図を反映させるようにコンピュータと作曲家双方のコミュニケーションに努力するエンジニアの姿勢がどの作品からも窺がえ、彼等の蔭の力が大きくものをいうのを感じさせる。

その中の幾つかには、大変面白い試みもみられる。

コンピュータに1/fゆらぎを連想させる小川のせせらぎ風の音を担当させ、それに尺八やサクスを連想させるウインド電子楽器の幻想的な音を溶け込ませた一種のバイオミュージック風の音楽は、観客も比較的聴き入り作品としては成功した印象を受けた。

体動により音源を操作するものには、手の動きが赤外線を横切るのを検出して音源を駆動するものや、データグローブを用いて左手の動きを検出して音源を駆動するものが見られた。ただ、偶然性に重きを置くのは致し方ないにしても、いずれも体の動きと音の変容の関係が大雑把な印象を受けた。体動やコンピュータを利用してリアルタイムで音楽を創造することの難しさを感じさせた。

日本語の詩の朗読が全曲を通じてオーバーラップしている曲もあったが、聴衆にとっては詩の解釈が優先して音楽の印象が希薄になるように思えた。純粋に音とのコミュニケーションを深めるには、言葉を加え過ぎることはかえって負担になる印象を受けた。

ある曲の一部で音とコンピュータグラフィックスの結合が紹介されたが、グラフィックデザイナーとの共同作業とのことで、これはかなり成功していた。ビデオプロジェクター上で音の

イメージに連繋させて抽象的な図形を幻想的に動かすことにより一層観客にアピールするとともに、音楽自体も一つのテーマを少しずつ変化させながら繰り返す判りやすいもので、偶然性が比較的薄められた構成になっており、当日の観客の反応からも最も支持されていた。このように音のインスピレーションを補うように抽象的な映像を加えることは、人と音とのコミュニケーションをより一層円滑にする手段となる印象を受けた。

何れにしても、幾人かの聴衆が耳をふさぐような作品も有る中、示唆に富んだ作品にも出会えた。そして、人体と音とのコミュニケーションをより一層進展させるためには、作曲家とグラフィックデザイナーとその両者を結ぶコンピュータ・エンジニアを中心として、音楽心理学者のアドバイスなども受けながら、脳の特性に深く切りこんだ音と映像の世界を築いていくことであろうという印象を受けた。

#### 4.1.2 インターフェースと音場制御の試み

現在、身体とコンピュータとを結び付けるインターフェース技術で注目されているのに、人工現実感 (Artificial Reality) があり、それに係わる入力ツールとして図 4.1.1 に示すように、データグローブをはじめデータスーツも登場している。

データグローブは光ファイバーと磁気センサーにより手の動きをリアルタイムで計測するもので、磁気センサーは位置データなどを検出し、光ファイバーは指の関節の曲げ角度を検出する。データスーツはこれらのセンサーに更にポテンショメータや圧力センサーを加え、体重のかかりかたをはじめ体全体で 66 自由度のデータを測定する。

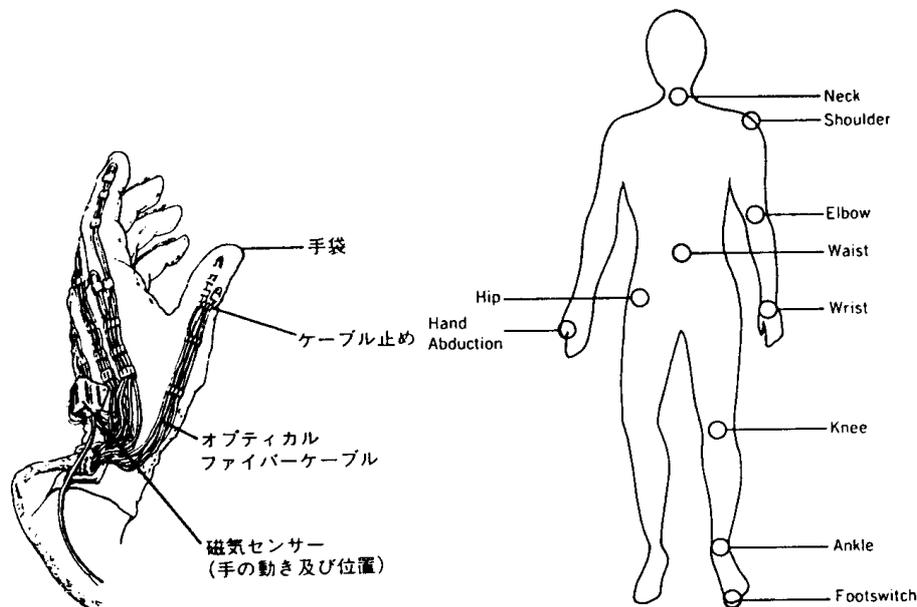


図 4.1.1 データグローブとデータスーツ<sup>1)</sup>

一方、製品科学研究所では生体情報処理のセンシング機構の研究に取り組んでいる。その中には触覚センサーやセンサーグローブがある。触覚センサーは圧力分布状態をリアルタイムビデオ信号として出力するシート状の触覚イメージャであり、圧力センサー部は 1mm ピッチ

で 64×64 個配置されている。図 4.1.2 はハンドルにセンサを巻き付けたときの把持力分布状態を示している。センサーグローブは手指動作の把持圧力分布状態を観測する。図 4.1.3 のものは親指 12 点、その他の指 15 点、手のひらに 9 点の片手計 81 点の計測点があり、手指各部の操作力分布と関節角度を計測する。

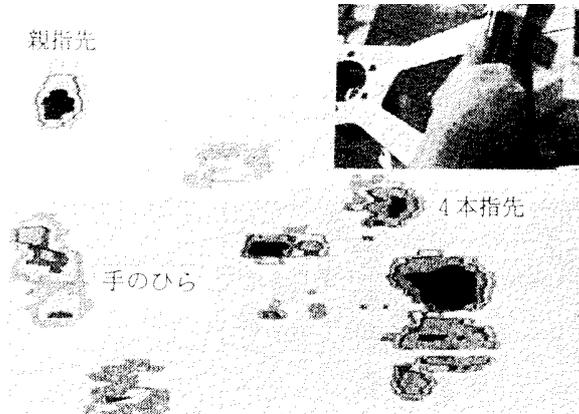


図 4.1.2 触覚イメージ<sup>2)</sup>

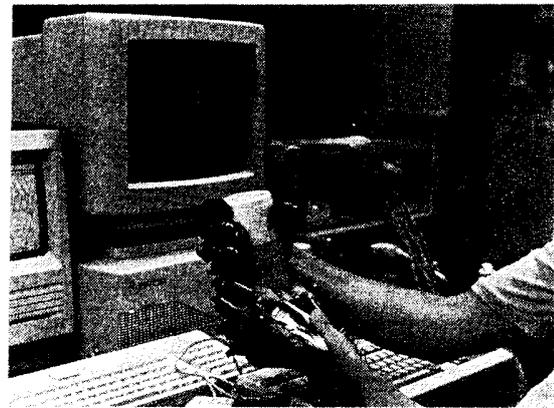


図 4.1.3 センサーグローブ<sup>2)</sup>

これらのセンサーを用いれば、人間の持つ微妙な手・体の表現がデータとして置き換えられ、コンピュータとのインターフェースを円滑にして音とのコミュニケーションの密接化に寄与するであろう。

ただ、現在のインターフェースの主流である MIDI は、鍵盤楽器を基本にしているのでこれらのインターフェースとしては情報量不足との指摘もある。例えば息の強さや唇の形など吹き方次第で音程が変化する笛の音程決めを、指操作 = スイッチと見立てて MIDI でインターフェースすると、笛の演奏者には不自然な印象を与えるという。人間の動き・意志に対して更にきめこまかく伝達する通信形態が必要となろう。

尚、演奏情報の標準化に関する動向は文献 3) にまとめられているので参照されたい。

一方、生体信号をインターフェースとする技術も種々研究されている。

米国のイリノイ大学認知心理生理学研究所所長の Donchin らは、CRT 画面の点滅する文字への誘発応答脳波の検出により、毎分 23 文字入力可能な一種の脳波キーボード機能を実験的に現実のものとしている。

又、NTT の平岩氏は頭皮準備電位パターン (12 チャンネルの測定) に関して、日本語の母音発声直前のパターンやジョイスティック操作直前のパターンを認識させる研究を行なっている。ニューラルネットに学習させたパターンと同じ学習パターンに対しては高認識率を示したが、学習させていない未知のパターンでは認識率 50~80%の結果が出ている。<sup>4)</sup>

このように、思っただけで意志を伝える試みが実験されているが、これらの成果と音の制御を結つけることも将来的には考えられる。

この他、生体が放射する赤外線の高さを比較的簡単に遠隔計測するサーモグラフィなどを使えば、感情の高まりなどを制御する信号が得られるであろう。顔面皮膚温は期待がふくらみ興味のあるものに対しては上り、逆に驚いたり不安になると下がるという。<sup>4)</sup>このような情緒反応を利用し、音楽心理に基づいて音を制御したり選曲すれば、いろいろな情緒機器の開発が可能になる。

音場制御そのものはいろいろな方法が各所で行なわれている。

その一例を図4.1.4に示す。これは平成5年5月のNHK技術研究所の公開で行なわれていたものである。将来の立体テレビの映像に対応して、音像も3次元的に飛び出すことを目的としている。スピーカアレイの各スピーカの信号に独立に遅延を与えて音波のタイミングをコントロールすることにより、空間の一点に局所的に音圧の高い点を合成したり、音像の位置を連続的に移動させたりしようとするものである。

幾何学模様の映像が3次元で動くのと同じように音像が動くギター音楽を聴いたが、スムーズな動きには欠けるものの連続して動く印象を受けた。

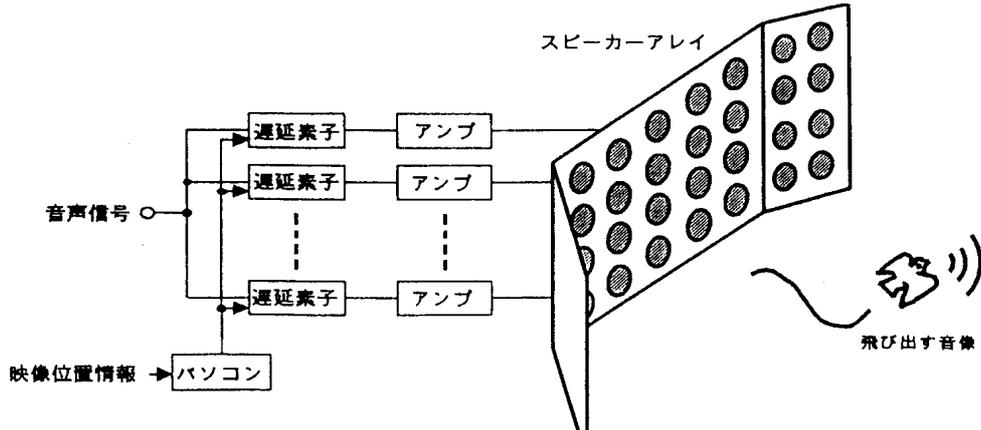


図4.1.4 音像遠近制御方式<sup>5)</sup>

又、東京大学生産技術研究所の橋秀樹教授の研究室でも、空中を飛ぶハエの羽音やジェット機が頭上を通過する音のシミュレート実験を、昨年・今年の研究所公開で行なっていた。

ダミーヘッドで受音した左右の信号を聴取者の耳元に正確に再生して正確な方向定位を得るために図4.1.5の左図に示すようなトランスオーラル再生法を採用している。左スピーカからの右の耳元へのクロストーク成分、右スピーカからの左の耳元へのクロストーク成分の各々をデジタル処理によってあらかじめ取り除いて再生するもので、その方向定位は同右図のような結果が得られている。

実際に聴いた感じでは、ハエが頭の周囲を旋回する雰囲気が出ている印象を受けた。

この他、楽音に関する室内音場制御の動向については文献3)に簡潔にまとめられているので参照されたい。

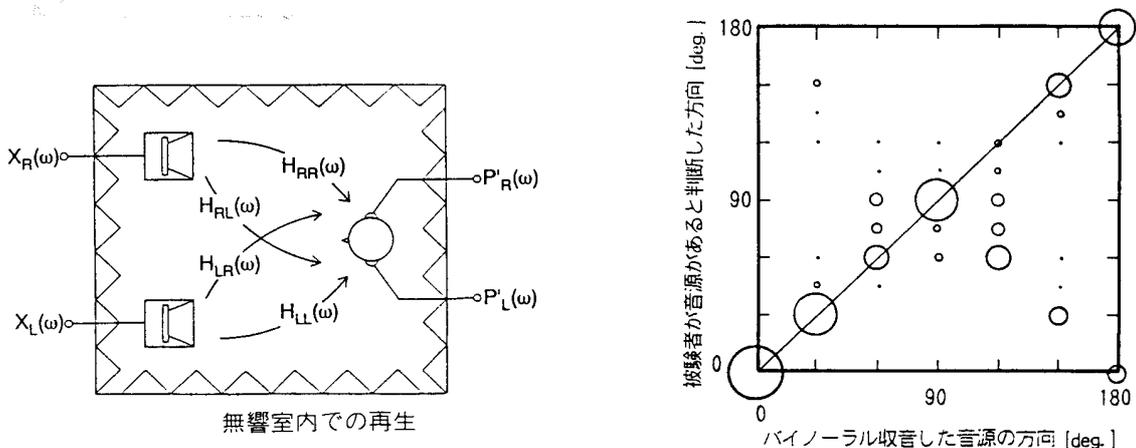


図4.1.5 トランスオーラル再生法とその方向定位実験結果<sup>6)</sup>

NHK 技研の公開では視覚的な技術としても、液晶シャッターを用いて 3msec 以下の高速応答性をもつ照明システムや、メガネ無しの立体ハイビジョンなどが登場しつつある。

液晶シャッターを使えば音と光を連動させた照明、ストロボ、稲光の再現も簡単である。

立体ハイビジョンは立体に見える範囲が狭くて同時には 3 人程度に制限されるが、その迫力はかなりのものであった。

以上、これらの技術を基本に音像（拡大すれば映像、照明など）を自由にコントロールできれば、人体と音のコミュニケーションを支援する実践的技術となることが期待される。

#### 4.2 音と脳活動の研究の展開

脳機能の解析など生体内の情報解析は、複雑化していく人間と機械とのインターフェースを考える上でも重要な研究領域になっている。最近では無侵襲で脳の機能活動を調べる技術が種々開発され、思考、認識、記憶、学習などの機能の解明に役立つことが認められつつある。

脳の活動を探るには第 3 章の 3.1.3 で記したように脳波測定に頼るところが大きいですが、音刺激に関しては特に SQUID (Superconducting Quantum Interference Device, 超伝導量子干渉素子) を用いた脳磁界の計測と解析が聴覚野の神経活動を強く反映するものとして進展しつつある。

図 4.2.1 にその測定の概略を示す。人間の快適感などを客観的に評価できる可能性も指摘され今年から本格的な普及期に入ると予定されている。<sup>7)</sup>

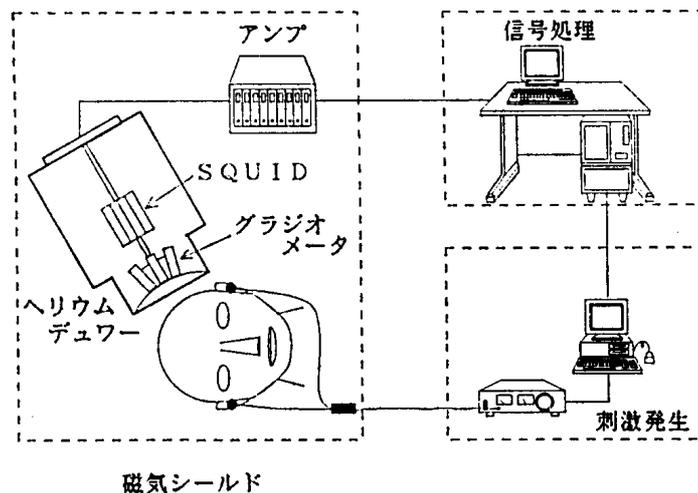


図 4.2.1 多チャンネル SQUID 磁束計の概略<sup>8)</sup>

脳の神経細胞の活動によって生じる磁界を脳磁界と呼んでいる。神経細胞 1 個に流れる電流は極めて小さいが、集団となって同じ方向に並んだ細胞が一斉に活動して電流が流れるとき、身体の外で検出できる程度の磁界が発生する。その強さは地磁気の 1 億分の 1 程度であり磁気シールドルーム内で測定される。<sup>9)</sup>

今までの脳磁界の計測から、純音の周波数が変わるに従って脳内の反応する活動部位が変化することや、聴覚刺激を認知するように被験者に与えたときの認知活動部位は、上側頭葉にあるとする研究が多く出てきている。

波の活動に関しては、その発生源の位置が何 10 年ものあいだ問題になっているが、頭頂後頭溝（頭頂葉と後頭葉との境目にあるしわのような溝）の近傍であると報告するものもある。<sup>9)</sup> 又、聴覚野から 波が常時発生しているのを記録してもいる。<sup>10)</sup>

日本では NTT 基礎研究所において、聴覚刺激の認知を行っているときの脳波と脳磁図との差異や、脳磁界分布の時間的变化・活動部位についての解析が進められている。

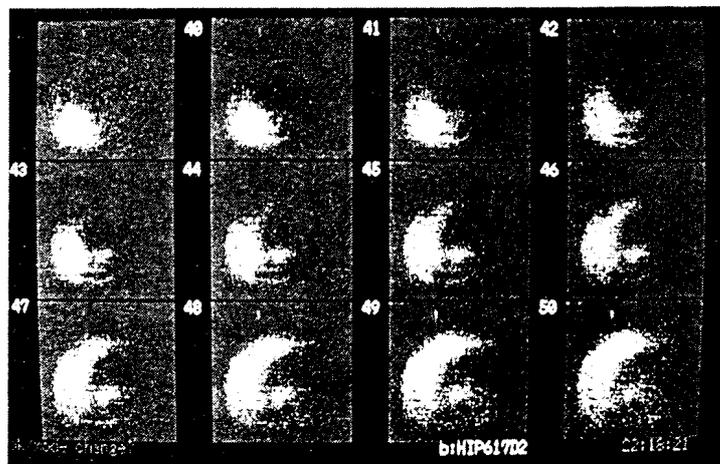
平成 4 年の 10 月には基礎研究所・情報科学研究部の今田俊明グループにより、左脳が「あ」「い」などの母音を処理し、純音は右脳で処理していること、及び「あ」と「い」では左脳の中で反応している部分が違ったことを SQUID で確認している。又、母音を聞いたときは左脳が右脳より早く大きく反応し、純音では右脳の方が早く大きく反応したという。この NTT の結果は第 3 章の 3.1.2 に記した角田教授の結果と一致しているが、SQUID を使うことでより詳細な反応形態が確認されるところまできている。

現在では 37 チャンネルの検出素子を持ったものも商品化されているし、国内外で多チャンネル化が急速に進められており、頭部上での多点同時測定が可能となればより詳細な解析が期待される。<sup>4)</sup>

この他の注目すべき計測システムでは、第 3 章の 3.1.1 でも紹介した工業技術院電子技術総合研究所の松本元氏が開発している光計測システムがある。

脳を無害な電圧感受性色素で染色し、脳の神経細胞の電気的活動を光変化に変換し、色素の色が変わるのをフォトトランジスタアレイで観察する。現在はフォトセンサーの読み出し回路を工夫することにより、脳の約 16,000 ヶ所(128×128 点)を 1 フレームとし、0.6msec / フレーム画像転送速度と、S/N 比 70dB 以上のダイナミックレンジで観察するまでになっている。

ラットの海馬をスライスした標本に電気刺激を加えて実験した VTR 映像をみると、図 4.2.2 に示すように、脳表面における信号が流れるように素速く動くのがわかる。<sup>11), 12)</sup>



各フレームの映像を刺激直後から順に並べたもの、左上の数値がフレームナンバー、一枚当たり 0.6msec である。

図 4.2.2 ラットの海馬をスライスして光計測システムで観測した一例<sup>11)</sup>

この松本研究室の光計測システムは、世界的にも 100 ~ 460 ヶ所程度の測定が現状であることから比べても格段の性能を有している。そして、脳神経活動計測の強力なツールになる可能性を秘めている。より詳細には電総研彙報 Vol . 55 No . 6 1991 を参照されたい。

脳は 150 億個の素子からなり、又その一つの素子に他の数千個の素子からの信号が入力される複雑極まる構造になっている。このような巨大な脳内情報処理システムを表面から巨視的にかいま見ているのが現状であるが、これら新しい解析手段などにより少しずつではあるが脳の活動研究は進展しているといえる。右脳・左脳や 波の未解明の特質を解きほぐし、1 / f ゆらぎまでも含めたファクターを総合的に捉えて、音と脳活動のコミュニケーションを探っていくのも遠大ではあるが興味あるテーマである。