

## 9 音楽を鑑賞する脳



藤澤 隆史<sup>1</sup>      松井 淑恵<sup>1, 2, 3</sup>

風井 浩志<sup>1</sup>      古屋 晋一<sup>1</sup>      片寄 晴弘<sup>1, 2</sup>

<sup>1</sup> 関西学院大学理工学研究科

<sup>2</sup> JST CREST CrestMuse

<sup>3</sup> 京都市立芸術大学大学院音楽研究科

本稿では、「ヒトは音楽をどのように感じているのか」という観点から脳機能の計測方法およびその実験デザインについて解説する。まず、脳において音楽がどのように認知されているかについて、「音楽の脳機能局在」の観点からその関連部位について概観する。次に、脳機能の計測において用いられている代表的な装置とその諸特徴を紹介し、有効な計測信号を得るための実験デザインについて解説する。最後に研究例を3つ紹介し、音楽認知研究における脳機能計測の有効性を示す。これらの例が示す脳機能計測の有効性は、ユーザが楽しめる音楽インタフェースを開発する上で、音楽を聴取する脳の働きや脳機能計測法に対する正しい理解を深めることが一層重要となることを示唆している。

### 序論

#### ■ 音楽認知研究における脳機能計測の意義

「No Music, No Life」という某企業のキャッチコピーがあるように、音楽を鑑賞することは私たちの日常生活において多大な影響力を持っている。通勤や通学でお気に入りの音楽を聴いたことがないという人は稀であろうし、友人とカラオケに行ったり、コンサートやライブに足を運ぶ人は多い。これらの例を示すまでもなく、音楽鑑賞が、古今東西を問わず人間の根源的な欲求であることは、疑いの余地のないところであろう。では、私たちの脳は、どのように音楽を鑑賞しているのでしょうか？ 近年の脳機能計測技術の飛躍的な進歩に伴い、音楽を鑑賞する脳の仕組みが徐々に明らかになりつつある。

たとえば、空気の振動として耳に入力された「お気に入りの音楽」は、電気信号に変換され、脳に伝えられる。次に、さまざまな脳の部位で、メロディやリズムといっ

た音楽の特徴が分析される。その結果、最終的に「楽しい」という情動が喚起され、身体が自然に動き出すといった行動が表出する。認知科学では、この例における「お気に入りの音楽」は「刺激」と呼ばれ、刺激が与えられてから行動が表出するまでの一連の過程は「認知」と呼ばれる。認知の過程は、刺激の特徴抽出や構造化など、複数の段階に分けられると考えられている。脳の活動とこれらの認知段階とを対応づけることが、脳機能計測の目的である。

本稿では、音楽を認知する脳部位や脳機能について俯瞰した後、種々の脳活動計測法および実験デザインについて解説する。次に、これらの手法が、ヒトの音楽認知の仕組みを解明する上で実際どのように用いられているのか、いくつかの研究事例を紹介する。最後に、脳機能計測技術の新しい役割として、音楽インタフェースの評価について述べる。

#### ■ 脳の音楽認知と脳機能局在

ある音響信号が音楽として脳の中で認知されるまでには、いくつかの情報変換過程を経なければならない。まず、耳に届いた音による空気の振動は、内耳にある蝸牛によって電気信号(神経インパルス)へと変換され、聴神経を通じて脳へと伝達される。大脳皮質へ至るまでに、聴覚信号は脳幹にある4つの交換局(蝸牛神経核、上オリーブ核、下丘、内側膝状体)によって、フィルタ処理や標準化などの前処理がなされる。上オリーブ核へと到達する段階で、信号の大部分は対側(右耳からの入力信号は左側、左耳からの入力信号は右側)へと送られる。大脳皮質における聴覚信号の入り口は、側頭葉の上部にある一次聴覚野(ヘッセル回)である(図-1)。一次聴覚野は、ピッチや音階、音色などの認識を司るとされており、「どのような音が、いくつ、どの高さ」で入力され

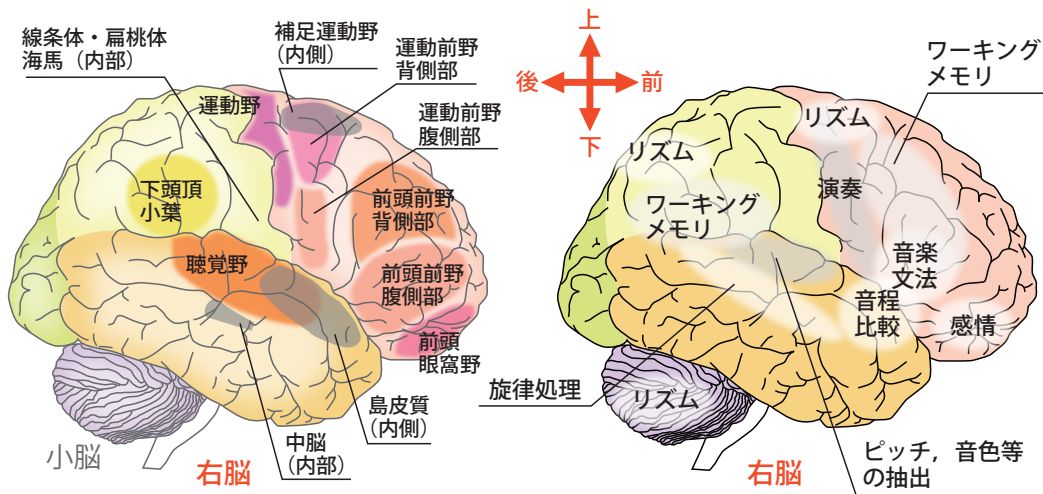


図-1 音楽認知に関連する脳領域の名称(左図)と、それらの領域が担う認知機能(右図)。脳の右半球を右側方から見た図を示す。左半球にも同様の領域が存在するが、右半球の働きの方が優位である場合が多い。

たのかについての分析を行う部位であると言える。一次聴覚野の信号は、それを取り囲むようにして存在する二次聴覚野へと伝達され、二次聴覚野では、一次聴覚野で認識された特徴量によって構成されるより高次のゲシュタルト、たとえばメロディの認識などがなされると考えられている。

言語機能において、大脳半球の関与の仕方が異なることは広く知られており、言語の認識を司るウェルニッケ野や、発話を司るブローカ野は左半球に局在している<sup>☆1</sup>。したがって、上記の部位が何らかの損傷を受けた場合、前者では感覚性失語となり、後者では運動性失語となる。音楽機能におけるその局在部位は言語ほど明確ではないが、失音楽症という障害が存在することが知られており、また音楽認識に関する障害は、言語とは逆に右半球を損傷した場合に引き起こされやすいことが分かっている。健常者を対象とした脳機能計測においても、音楽を受動的に聴取する場合、左右の半球の対称部位で比較すると右半球の賦活が優位である場合が多い。ただし音楽家が構造を意識した能動的な聴取を行う場合には左半球の賦活が優位となる場合もあり(「アナリーゼする脳」の節を参照)、音楽の聴き方や意識の違いによっては、左右差が逆転する。脳活動における右半球の優位性は、あくまで大域的な傾向として見られる程度の差であることに注意が必要である。一方で右半球は情動に関連する処理においても優位に機能することが知られており、さらに音楽が持つ機能の1つとして情動伝達を挙げる文献も数多く存在する。以上の点を考え合わせると、音楽認識において見られた大脳半球の機能的な非対称性と情

☆1 運動性失語は、他人が話す発話の理解は比較的良好に保たれているものの、発話量が乏しく非流暢であるのが特徴である。それに対して感覚性失語では、発話は流暢であるものの内容に乏しく、内容の理解が著しく阻害されているのが特徴である。

動との間に深い関連性があることが推察される。そこで近年、脳機能計測技術を用いて音楽と情動の関連性を明らかにした2つの代表的な研究を以下で紹介し、脳において音楽がどのように認知されているかについて、「音楽の脳機能局在」の観点からその関連部位について概観する。

1つ目は、音楽を聴いたときに得られる「ゾクッ」とする快感についての研究である。カナダのマギル大学のBloodとZatorreは、実験参加者が一貫して「ゾクッ」とする快感を覚える楽曲を自ら選択して持ってきてもらい、それらの楽曲を聴取したときの脳活動を計測した。その結果、「ゾクッ」とする快感に関与する脳部位は、線条体、扁桃体、右前頭眼窩野、前頭前野腹側部(内側)、中脳であることが分かった(図-1)。これらの部位は、食事や性行為、薬物使用時における多幸感に関連する脳内の報酬システムとして知られている。本研究は、一般的に生物学的な生存とは無関連であるとされてきた音楽という刺激が、本当の意味での「喜び」を引き起していることを示した点で注目に値する。2つ目は、音楽文法に基づいた構造理解に関する研究である。マックスプランク研究所のKoelschらのグループは、音楽的な文法に沿って最終的に解決感の得られる和声進行(例: I → IV → ii → V → I)とそうではなく解決感の得られない進行(例: I → IV → ii → V → ii)の両方を被験者に聴取させ、音楽文法の処理に関与する部位が右前頭前野腹側部に存在することを明らかにした(図-1)。この部位の対側は言語処理にかかわるブローカ野であることから、Koelschらは左右両部位の相互作用メカニズムが、言語と音楽の関連性や人間の進化を明らかにする上で重要なポイントとなることを指摘している。

最後に、演奏時の脳活動についても触れておきたい。

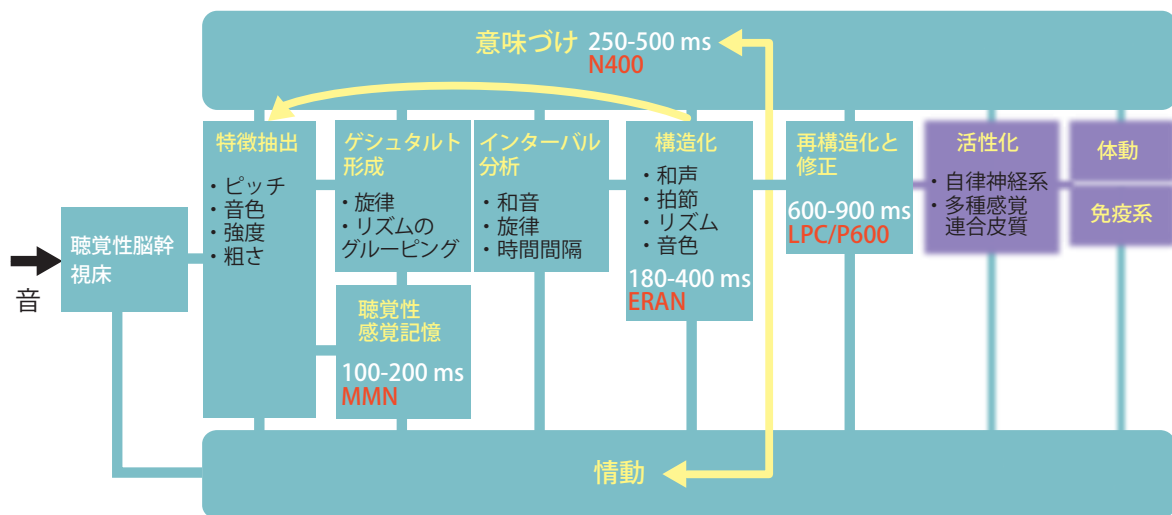


図-2 音楽認知に想定されている諸段階. 赤字はその段階の機能に対応した EEG・MEG の波形成分の名称を示し、白字は音刺激が呈示されてから波形成分が生じるまでのおよその潜時 (ms 単位) を示す. これらの波形成分を計測することによって、音楽認知のメカニズムを調べることができる(文献2)を改変).

演奏を抜きにして音楽経験を語ることはできないし、近年、演奏における身体動作が音楽の知覚や認知と深く関係していることを示す脳科学的知見が、数多く報告されている。大脳において運動の直接的な指令は運動野が司るが、運動野の前にある運動前野という領域が聴覚情報を運動情報と結びつける重要な役割をしていることが分かっている(図-1)。聴覚野と運動野には直接的な結合がないにもかかわらず、聴覚野と運動前野には結合が存在する。演奏したことがある曲の場合、演奏時にはもちろんだが聴取のみであっても運動前野が賦活することが知られている。また楽曲を想起した場合においても運動前野や補足運動野が賦活することが分かっており、演奏という聴覚-運動関連課題において聴覚野と運動前野の協調は不可欠であると言える。運動前野はまた腹側部と背側部に分けられ、腹側部が聴覚野からの入力音に対する運動との直接的なマッピングを司るのに対して、背側部は運動計画や運動パラメータ(方向や強度)の選択に関連している(図-1)。

ここまで、「音楽の脳機能局在」の観点から私たちが音楽を感じる際に関連するさまざまな脳部位について概観した。しかし、実際に上述のような研究を行う際には、研究の目的に応じた計測手法を選択する必要がある。次章では、音楽を用いた脳機能計測を実際に行うための方法論について解説する。

## 脳機能計測の方法

脳機能計測とは、単に脳活動を計測することではない。脳活動計測の結果からだけでは脳機能に関する見解は得られない。なぜならば、脳活動と認知段階とが必ずしも

1対1の関係にないからである。したがって、脳機能計測においては、研究目的に合わせて被験者に与える刺激を作成し、適切な脳活動計測法によって反応を計測する必要がある。この刺激と反応との関係から、脳活動と認知機能とを対応づけることが脳機能計測の目的である。本稿では、このような考えに立ち、脳活動計測法と脳機能計測を区別して用いる。

音楽認知の解明のために、脳活動と認知段階との対応づけ以外で、脳活動計測を実験に取り入れる最大の利点は、脳活動計測によって、行動指標(反応時間・正答率)や主観評価(アンケート調査など)では検出できない認知段階を顕在化できることである(図-2)。行動指標や主観評価で得られる結果は認知活動の最終的な出力であり、これらだけでは認知活動のプロセスの違いを明らかにすることは難しい。さらには、被験者自身が気づいていない認知段階や、被験者が言葉で表現できない認知段階の相違が、脳活動計測によって検出されることもある。

脳活動と認知段階との対応づけには、「脳の音楽認知と脳機能局在」の節で紹介したような認知段階と脳の特定部位との空間的な対応づけを重視するアプローチ(図-1)と、認知段階の時間的な順序を重視するアプローチ(図-2)とがある。これらの違いは、後述する脳活動計測法の特性によるところが大きい。脳機能計測の研究に用いる刺激はそれぞれの研究目的によって無数に存在し得るが、我々が利用できる脳活動計測法と実験デザインは限られている。以下では、脳活動計測法の選択の基準と、実験デザイン選択の基準を解説する。

### ■ 脳活動計測法の選択

音楽認知研究における脳機能計測のフレームワークは、

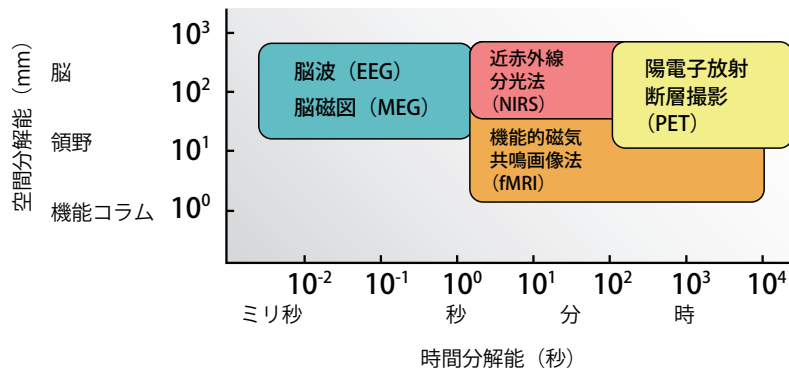


図-3 各計測手法の時間分解能および空間分解能(文献1)を改変

実験者が用意した音刺激(単音, 和音, 楽曲など)を被験者に呈示し, その刺激に対する脳活動(活動部位, 活動の強さ, 活動のタイミング)を計測することである。脳活動の計測手法にはさまざまなものが開発・考案されており<sup>1)</sup>, それぞれに長所と短所が含まれているため, 計測手法の選択は研究の目的を達成するためには重要なポイントとなる。

計測手法の大きな分類基準として, 侵襲的/非侵襲的という観点がある。すなわち, 脳活動計測に際して生体組織を傷つけるか否か, という基準で計測手法を分類することができる。医療目的などの特別な場合を除いて, ヒトに対して侵襲的計測を実施することは許されない。したがって, 健常者の音楽認知と脳活動との関連を研究する場合は, 非侵襲的計測法を選択することになる。

現時点で普及している非侵襲的脳活動計測法としては, 脳波 (electroencephalography, EEG), 脳磁図 (magnetoencephalography, MEG), 近赤外線分光法 (near-infrared spectroscopy, NIRS), 機能的磁気共鳴画像法 (functional magnetic resonance imaging, fMRI), 陽電子放射断層撮影 (positron emission tomography, PET) が挙げられる。EEG と MEG は脳の電気活動を計測しているのに対して, NIRS・fMRI・PET は脳の電気活動に付随する脳の血流量の変化を計測していると言える。これらの計測法は, それぞれ, 時間分解能, 空間分解能, 拘束性, などの特性が異なる (図-3) ため, これらの特性を考慮して, 研究の目的に応じた実験を計画する必要がある。なお, 時間分解能とは, 活動のタイミングを区別することができる最小の時間間隔である。空間分解能とは, 活動部位を空間的に区別することができる最小の距離である。拘束性とは, 計測中の被験者の体動に対する制約のことである。認知段階と脳の特定位点との対応づけを重視する場合には空間分解能が高い計測法を選択し, 認知段階の時間的な順序を重視する場合には時間分解能を優先すべきである。動作を伴う認知過程の脳活動計測であれば, 拘束性の低い計測法を選択すべきである。

EEG と MEG はともに, 脳の電気活動(神経活動)を計測するためのものであるが, EEG が電気活動そのものを計測しているのに対して, MEG は電気活動によって生じる磁場を計測するという点で異なる。EEG と MEG に共通の長所として, 時間分解能が高いという点が挙げられる。さまざまな認知機能が EEG・MEG の波形成分と対応づけられており, 音楽認知過程の諸段階の存在とそれらの時間経過の解明に貢献している(図-2)<sup>2)</sup>。たとえば, ミスマッチ陰性成分 (mismatch negativity, MMN) と呼ばれる波形成分は, 音刺激が与えられてから約 200ms 後に発生する成分であり, 聴覚性感覚記憶の機能と対応していると考えられている。したがって, MMN を計測することによって, 感覚記憶段階での脳活動を検討することができる(「演奏が育む音楽認知能力」の節を参照)。EEG は, 比較的簡便な装置で計測できるため拘束性が低いという利点を持つが, 空間分解能が低いという欠点がある。MEG は, 計測装置の中で頭部を固定する必要があるため拘束性が高いが, EEG よりも空間分解能が高いという利点を持つ。

PET とは, 陽電子放出核種で標識した化合物を体内に投与し, その後に化合物から放射された陽電子が体内の電子と結合するとき生じるガンマ線を計測することによって, 化合物の分布を調べる方法である。PET では, 核種を変えることによって, 脳血流以外にも糖代謝や酸素代謝を計測することができる。PET の欠点として, 拘束性が高い, 時間分解能が低い, ということが挙げられる。

NIRS と fMRI は, 脳の活動部位に対して血液が供給する酸素化ヘモグロビン (oxyHb) および脱酸素化ヘモグロビン (deoxyHb) の増減を測定することにより, 脳の活動を推定する。oxyHb と deoxyHb の量の変化は脳の血流量の変化(血流動態反応)であり, 「血流量の変化した脳部位が活動した脳の部位である」という考えに基づいている。NIRS は oxyHb と deoxyHb の間で近赤外線の吸収率に差があることを利用し, fMRI は oxyHb

## ブロックデザイン



## 事象関連デザイン

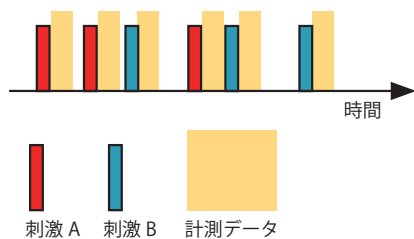


図-4 実験デザインの例。同じ種類の刺激を与え続けて一定時間内の反応の総和を計測するブロックデザインと、1回の刺激ごとに反応を計測する事象関連デザインが考案されている。

と deoxyHb の間で磁性が異なることを利用している。NIRS の計測では、被験者の頭部にかぶせたホルダーに、近赤外線を照射・検知するためのプローブと呼ばれる指ほどの大きさの装置を固定する。fMRI の計測では被験者を仰向けに寝かせ、高磁場を発生させるコイルを組み込んだ固定装置の中に寝たまま入ってもらう。NIRS も fMRI も、PET と同じく、神経活動から数秒遅れて発生する血流量の変化を計測する手法であるため、両者とも時間分解能は低い。NIRS は最高でも 3cm 程度離れなければ活動部位の違いが分からない（空間分解能は低い）が、計測中に被験者は動くことができる（拘束性は低い）。fMRI は数 mm の部位の違いが測定できるが（空間分解能は高い）、計測時に頭部を固定する必要があり被験者が動く実験をすることはできない（拘束性は高い）。また、fMRI は計測時にかなり大きな操作音が生じるため、被験者に音を聞かせるには遮音性の高い MRI 用ヘッドフォンが必要になる。

## ■ 実験デザインの選択

実際に脳活動を計測する際には、研究目的に応じて、被験者に呈示する刺激と計測のタイミングやスケジュールを決めておく必要がある。これを実験デザインといい、大きく 2 つに分類することができる。数十秒反復（あるいは持続）させた刺激状態と、同程度の時間の安静状態を交互に呈示するブロックデザインと、刺激を一定あるいはランダムな時間間隔で繰り返して呈示する事象関連（event related）デザインである（図-4）。

ブロックデザインは NIRS や fMRI、PET で用いられることが多い。刺激呈示時間と安静時間を十分にとることによって SN 比が向上し、刺激提示回数が比較的少ない実験でも明確な結果を得やすい。一方で、刺激呈示ブロックの間に短い刺激を連続で呈示する場合は、被験者

が刺激に慣れる、あるいは呈示刺激の予測をしてしまう可能性があるため、慣れや予測に関連した、実験とは関係のない脳活動が計測信号に反映されてしまうことを考慮する必要がある。

事象関連デザインは主に EEG や MEG で用いられるが、fMRI でも用いられることがある。刺激を呈示するタイミングや、刺激自体の持続時間は自由である。個別の刺激に対する脳の反応を加算平均して、刺激の種類による脳活動の差、あるいは安静時との比較を行う。実験課題の成績に対応して計測結果をグループ分けするなど、実験後にもデータの分類の仕方を変更できるデザインである。ただし、ブロックデザインのように安定した画像（fMRI）や波形（EEG、MEG、NIRS）を得るには相当回数（データ）を取り、加算平均する必要がある。

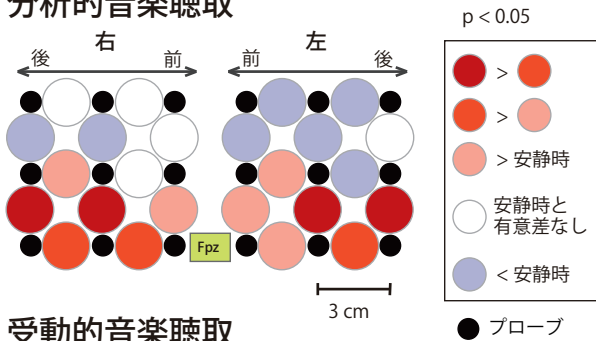
例として、よく知っているメロディの中に紛れこんだ「間違い音」を見つけたときの脳活動を計測する実験を考えてみることにしよう。ブロックデザインの場合、間違いを含まないメロディ群のブロックと、間違いを含むメロディ群のブロックに分け、呈示する。それらブロック間の脳活動の差を、条件間つまり「間違いの含まれないメロディ」と「間違いの含まれるメロディ」に対する脳活動の差として得る。事象関連デザインの場合は、間違いを含むメロディと間違いを含まないメロディをランダムに呈示する。間違いに気がついた時刻をボタン押しなどで記録しておく、その実験参加者が間違いに気がついたかどうか、いつ気がついたか、など、刺激個別に対する反応に対応する脳活動を同定することが可能となる。

## 脳機能計測を用いた音楽認知研究

## ■ 和音が持つモード感の認識

和音は楽曲のモードを規定する重要な構成要素である。藤澤ら<sup>3)</sup>は、三和音が持つモード感を大きく 3 種（長三和音を Major、短三和音を Minor、減三和音および増三和音を Tension）と定義した上で、それぞれの和音タイプと脳活動の関連性について fMRI を用いて検討した。実験参加者は特別な音楽教育経験のない者を対象とし、実験はブロックデザインで実施した。課題条件は 3 タイプの和音とし、統制条件として白色雑音を提示した。和音タイプごとに賦活部位を検討した結果、賦活部位はほぼ共通していたが、右前頭眼窩野（BA11）（図-1 参照）や楔部（BA30）の 2 カ所において賦活パターンの差が見られた。それぞれの部位について賦活量の差を検討したところ、右前頭眼窩野では Major 条件において、楔部では Tension 条件において賦活量が大きな値を示した。これらの部位は、三和音の音響的特性（協和-不協和など）から生じるモード感や不安定感の認知に関連する部位であ

## 分析的音楽聴取



## 受動的音楽聴取

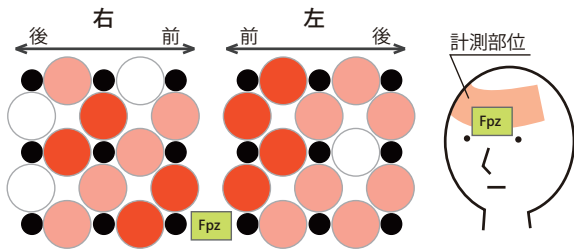


図-5 楽曲の聴取時の脳活動と、安静時の脳活動との差。音楽に対する能動的聴取と受動的聴取で脳活動パターンが異なる。

ると考えられ、特別な音楽経験がなくとも各和音タイプが持つムードの違いを感じ取っていることを示している。

## ■ アナリーゼする脳

音楽特有の要素である和音進行やメロディを自動的に処理する脳の部位を調べる研究は多数行われている。その一方で、音楽家や音楽大学で訓練を受けた人の中では、音楽を聴く際にもいくつかの異なる聴き方があることが、経験的に知られている。たとえば音楽大学では、楽曲分析（アナリーゼ）という授業が行われており、演奏を鑑賞する際の聴き方とは異なる、音楽の構造に対する意識的・分析的な聴き方が求められる。

松井ら<sup>4)</sup>は、音楽訓練を受けた者がこれら2つの聴き方を使い分けられることを実証するNIRS実験を行った。クラシックのピアノ曲6曲と、これらピアノ曲を250から350msの断片にしたものをシャッフルして音楽構造を壊し、短いホワイトノイズをいくつか挿入した6つのシャッフル刺激、計12の刺激を用意し「ピアノ曲に対しては楽曲の構造上の境界、シャッフル刺激に対しては紛れこんだホワイトノイズを探しながら聴く」と「両刺激ともリラックスして聴取する」こと、2つの聴き方を被験者に求めた。一刺激あたり安静20秒、刺激の呈示80秒、安静20秒からなるブロックデザインを採用し、大脳皮質前頭前野の活動を24チャンネルのNIRSを用いて計測した。

図-5は、音楽訓練の経験がある被験者が音楽を「能動的・分析的に」聴くとき、安静時に比べて両半球の前頭前野外側下部が特に活動し、前頭前野背側の活動が低下

したことを示している。シャッフル刺激に対する脳活動と比較したところ、活動した両側の前頭前野外側下部のうち、特に「音楽構造」を「能動的・分析的に聴く」という両方の条件で活動したのは、左半球側であった。この結果は音楽の構造を自動的に処理する脳部位を調べたいくつかの先行研究の結果とほぼ一致している。音楽家は意識的に音楽の聴き方をコントロールでき、それが脳活動に反映されることが分かる。

## ■ 演奏が育む音楽認知能力

音楽聴取がヒトの音楽知覚・認知機能の発達を促すことを示唆する知見は、これまでに数多く報告されてきた。しかし、近年、「音楽演奏が、音楽認知機能の発達をさらに促進する」という興味深い知見が報告されている。Lappeらは、音楽の専門教育を一切受けたことのない23人をA群とB群に分け、次のようなトレーニングを実施した<sup>5)</sup>。A群には、簡単なメロディからなる4小節程度の曲をピアノで弾いてもらい、B群には、A群の被験者が弾いた曲を、演奏せずにただ聴くというトレーニングを、2週間にわたり行ってもらった。その後、音楽的な解決感を得られない和音列（「脳の音楽認知と脳機能局在」の節を参照）をA、B両方の被験者に聴いてもらい、その際、文脈から逸脱した刺激を検出する機能を反映している脳活動（MMN、図-2）を、MEGを用いて計測した。その結果、B群に比べ、A群の被験者の方が、不協和音を聴いた際に生じるMMNが、大きな値を示した。

これは、2週間のトレーニング中に被験者が聴取した音響情報は、両群でまったく同じであったにもかかわらず、自らがピアノを弾くことによって出力される音を聴いていたA群の被験者の方が、受動的にピアノ音を聴取していただけたB群よりも、音楽的文法に沿わない和音列を聴いた際に、聴覚野の神経細胞がより違和感を強く覚えるようになったことを示唆している。従来、音楽家の聴覚野の特異的な発達は、幼少期からの聴取経験によるものと考えられてきたが、本研究成果は、受動的に音を聴取するよりも、能動的に演奏することで音を聴取する方が、聴覚野の発達や音楽認知能力の向上を促すという新しい知見を提供しており、音楽家の優れた音楽認知機能を理解する上で重要な発見として注目されている。

## 音楽インタフェース評価への展開

脳活動計測技術は、脳が音楽を処理する仕組みを解明する手法として、およそ三十年以上前から用いられてきた。本稿で紹介したように、近年の音楽と脳との関係

対象とした研究の発展は目を見張るものがあり、メロディ、リズム、和音といった音楽の基本要素が脳の異なった部位で処理されるという、いわゆる「音楽の脳機能局在」の存在や、音楽を聴取することで快・不快を感じる脳の働きが解明されつつある。これらの研究によって得られた知見は、音楽を認知する脳の仕組みを解明するという学術的意義にとどまらず、近年では、音楽インタフェースの評価といった産業的意義の観点からも期待が高まっている。たとえば、音楽聴取による「感動」や「不快感」に対応した脳部位の解明に伴い、新規に開発された音楽インタフェースを聴取する際の脳活動を計測することによって、それがどのような心的効用を、どの程度及ぼすかを定量的に評価することが可能となるかもしれない。事実、そのような試みとして、筆者ら<sup>6)</sup>は、太鼓を用いたインタフェースを使用する際の演奏者の脳活動を、NIRSを用いて計測し、定量的な評価を行っている。今後、真にユーザが楽しめる音楽インタフェースを開発する上で、音楽情報処理研究者は、音楽を聴取する脳の働きや脳機能計測法に対する正しい理解を深めることが一層重要となるであろう。

#### 参考文献

- 1) 宮内 哲：ヒトの脳の機能の非侵襲的測定—これからの生理心理学はどうあるべきか、生理心理学と精神生理学, Vol.15, pp.11-29 (1997).
- 2) Koelsch, S. and Siebel, W. A. : Towards a Neural Basis of Music Perception, Trends in Cognitive Sciences, Vol.9, pp.578-584 (2005).
- 3) Fujisawa, T. X. and Cook, N. D. : Investigating the Perception of Harmonic Triads : An fMRI Study. Proceedings of the 10th International Conference on Music Perception and Cognition (ICMPC10), pp.297-300, Sapporo, Japan (2008).
- 4) 松井淑恵, 風井浩志, 津崎 実, 片寄晴弘：音楽聴取における注意と脳活動—前頭前野を対象としたfNIRS計測, 日本音響学会春季研究発表会講演論文集, pp.569-570 (2009).
- 5) Lappe, C., Herholz, S. C., Trainor, L. J. and Pantev, C. : Cortical Plasticity Induced by Short-term Unimodal and Multimodal Musical Training,

Journal of Neuroscience, Vol.28, pp.9632-9639 (2008).

- 6) 山岡 晶, 風井浩志, 片寄晴弘：振動成分が和太鼓のリアリティに与える影響について, 情報処理学会第71回全国大会講演論文集, pp.4.721-4.722 (2009).

(平成21年7月4日受付)

藤澤 隆史 fujisawa@nagasaki-u.ac.jp

関西大学社会学部卒業後、2004年同大学院総合情報学研究所博士課程修了。博士(情報学)。関西学院大学ヒューマンメディア研究センター博士研究員を経て、現在、長崎大学大学院医歯薬学総合研究科助教。

松井 淑恵 tmatsui@kwansei.ac.jp

京都市立芸術大学音楽学部卒業後、同大学院音楽研究科博士(後期)課程入学。聴覚心理学および音楽認知に関する脳機能の研究に従事。現在、関西学院大学工学部研究員。

風井 浩志(正会員) kazai@kwansei.ac.jp

関西学院大学文学部卒業後、1998年同大学院文学研究科博士課程単位取得退学。博士(心理学)。現在、関西学院大学ヒューマンメディア研究センター専門技術員。

古屋 晋一 auditory.motor@gmail.com

大阪大学基礎工学部卒業後、2008年同大学院医学系研究科博士課程修了。博士(医学)。関西学院大学ヒューマンメディア研究センター博士研究員を経て、現在、ミネソタ大学神経科学部博士研究員。

片寄 晴弘(正会員) katayose@kwansei.ac.jp

関西学院大学工学部人間システム工学科教授。ヒューマンメディア研究センターセンター長、JST CREST「デジタルメディア領域」CrestMuseプロジェクト研究代表者。音楽情報処理、HCI等の研究に従事。