

音楽の認知機能について

佐藤正之¹⁾, 武田克彦²⁾, 葛原茂樹¹⁾

Key Words: 失音楽症, PET, 絶対音感, 音楽認知
amusia, PET, absolute pitch, music processing

要約：音楽の認知過程に関する過去の研究を概観した。失音楽症の報告例からは失語と失音楽とがそれぞれ独立して生じうることが明らかとなつたが、それらを総合して普遍的な結論を導くのは困難と思われた。Dichotic listening test や脳損傷患者の group study, アミタールテストによる研究からは、音楽の受容における側頭葉の、表出における右半球の重要性が示唆された。PET activation study により特定の認知過程に関与する脳部位を直接的に同定することが可能となり、今後の発展が期待される。絶対音感は非常に興味深い現象であるが、用語の定義、その能力の持つ意味についてより正確な認識が必要と思われた。音楽は言語と並び人間存在の根幹に関わる能力であり、今後は心理学や美学を含めた学際的なアプローチが必要と考えられる。

はじめに

失音楽症の最初の報告は、失語症の発見と同時期の 1866 年になされた Proust の症例にまでさかのぼることができる (Proust 1866)。その頃から、失語と失音楽は独立して出現しうることが知られており、言語と音楽は脳内で異なった処理過程を経ていると考えられてきた。臨床症例の積み重ねによりその後、言語機能については発症機序、責任病巣、検査法等の研究に大きな発展が見られたが、音楽能力については約一世紀半を経た今日でさえ未開の分野にとどまっている。これは音楽能力の個人差が大きいこと、標準化した音楽の検査バッテリーがないこと、失音楽症の報告例が少ないと、あるいは音楽の専門家以外では症状が容易に見逃されること、などが原因と考えら

れる。しかし近年、positron emission tomography (PET) を代表とする機能画像の進歩により、少しずつブラックボックスに光が射してきた。小鳥のさえずりや動物の鳴き声をもともと原始的な音楽とみなすならば、音楽認知の研究は人間存在の根幹に関わるもっとも根源的な研究と言えよう。「脳の世紀」と言われる 21 世紀の始まりに際し、これまでの音楽認知の研究について概観することは、神経科学にたずさわる者だけでなく、音楽学者、心理学者などにとっても、有意義と思われる。本稿では初めに失音楽症の報告例について概観し、次いで dichotic listening test から PET に至るこれまでの研究を述べ、最後に近年注目を集めている絶対音感についても触れたい。

1)三重大学医学部神経内科 (〒 514-8507 三重県津市江戸橋 2 丁目 174) Masayuki Satoh, Shigeki Kuzuhara : Department of Neurology, School of Medicine, Mie University, 2-174 Edobashi, Tsu, Mie, 514-8507 Japan

2)日赤医療センター神経内科 Katsuhiko Takeda : Department of Neurology, Japanese Red Cross Medical Center
A review about the study of music processing

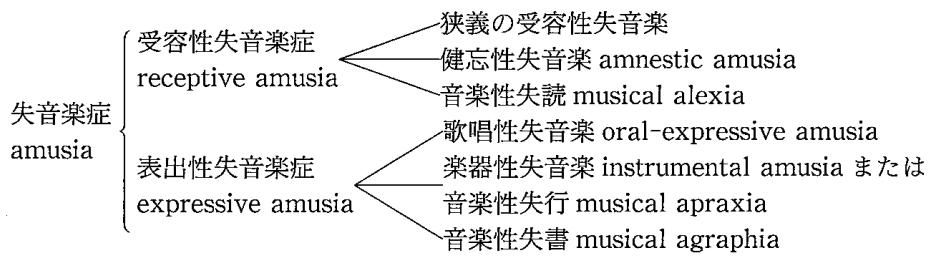


図1 失音楽症の分類 (Benton 1977 より著者作)

1. 失音楽症の定義と分類(図1)

失音楽症 (amusia) は「脳の後天的な疾患によって生じた音楽能力の障害もしくは喪失」と定義される (Henson, 1985)。失音楽症は、受容性または感覚性失音楽症 (receptive or sensory amusia) と表出性または運動性失音楽症 (expressive or motor amusia) に大別される。さらに受容面の障害として、音楽的要素の識別障害である狭義の受容性失音楽、馴染みのメロディーの識別障害である健忘性失音楽 (amnestic amusia)、楽譜の読みの障害である音楽性失読 (musical alexia) に、表出面の障害として歌唱の障害である歌唱性失音楽 (oral-expressive amusia)、楽器演奏の障害である樂器性失音楽 (instrumental amusia) または音楽性失行 (musical apraxia)、記譜の障害である音楽性失書 (musical agraphia) に細分する立場もある (Benton, 1977)。

以上は失音楽症患者の症状からみた分類であるが、音楽の要素に着目した失音楽症の報告もある。音楽の三大構成要素としてメロディー、リズム、ハーモニーが挙げられるが、それに調性 (tonality) を加えることもある (Balzano, 1982)。調性とは「主音 (いわゆるドの音)を中心とした音階構成音のピッチの関連性」を表す語で、17世紀のバロック音楽以降の西洋音楽で発展し、今日われわれが耳にするほとんどの音楽は調性を有している。Peretzは脳損傷の結果、二音間のピッチの弁別は可能であるにもかかわらず、調性的終止の判断ができなかった失音楽症患者を報告し、その患者の音楽能力の障害は調性感

の障害 (atonalia) が原因と考えた (Peretz, 1993)。また Mavlov は左半球の梗塞により、呈示する modality の種類に関係なくリズム認知の障害を示した患者を経験し rhythm agnosia と命名した (Mavlov, 1980)。ハーモニーに関してはこれまで独立した障害の報告例はない。さらに音色認知が他に比べて著明に障害されていた症例が Mazzucchi により報告されている (Mazzucchi, 1982)。

2. 失音楽症患者の case study

過去の失音楽症の報告は、音楽家を対象として失語症と比較したものが多い。すなわち失語症を呈しながら音楽能力は保たれていた例、失語と失音楽を合併していた例、失語を伴わない失音楽症の例などである (詳しくは Brust, 1980 を参照)。失音楽を伴わない失語症で最も有名な例はロシアの作曲家シェバーリンである (Luria 1965)。彼は重度の Wernicke 失語のため文字を読むことも書くことができなかつたが、発病後も合唱曲や交響曲などの作曲を続け、しかもいざれもが専門家の目で見ても十分な水準を保った作品であった。剖検では左側頭葉から頭頂葉下部にかけて梗塞が認められた。Luria は「音声と音楽は、脳内の異なったシステムで認知され記憶される」と結論した。失語と失音楽との合併例の代表は近代フランスの作曲家モーリス・ラベルである (Alajouanine 1948)。ラベルは Wernicke 失語、失読、失書、観念運動性失行を呈していたが、記憶や判断、情緒、美的感覚そして音楽的思考は保たれていた。彼はメロディーを認識でき、演奏上のリズムやピッチの些細なミスを指摘でき

たが、ピアノを弾いたり唄ったりできず、音名を言ったり楽譜上の音を演奏したり唄うこともできなかった。記譜ができなかつたが文字の失書に比し程度は軽かつた。楽譜の模写は不可能であつた。彼は「頭の中では曲が仕上がっているが、それを楽譜に書くことができない」と訴えた。しかし失語と失音楽との合併例では、検査で捉えられた音楽能力の障害がどこまで失語によるものかを峻別することは難しい。また失音楽に関与する脳部位を、失語のそれから区別することは不可能である。従つて、脳内での音楽の受容/表出のメカニズムを探るためには失語を伴わない失音楽症の症例が必要で、なかでも失音楽以外の高次機能障害を伴わないのでいわば pure な失音楽症がもっとも推奨される。しかしそのような “pure amusia” の症例は過去の報告でも極めて少ない。われわれが調べ得た範囲では、画像により病変部位の同定された報告では、McFarland, Peretz, 武田による 3 例のみである (McFarland, 1982, Peretz, 1994, 武田, 1990)。武田は右側頭葉皮質下出血後に歌唱障害を来たした三味線教師の症例を報告した。この患者では失語や失行はなかつたが、脳出血後に三味線を弾けなくなり、民謡の歌唱では音の高低を誤るようになつた。この報告は MRI により責任病巣が限局していることが確認されているが、患者の音楽的素養がいわゆる邦楽であり、それとは音楽の構造や形式が異なる西洋音楽を素養を持つ他の症例と同等に比較してよいのかについて問題が残る。

以上紹介した症例も含めて、障害半球別にこれまでの主な報告例を整理すると別表のようになる(表 1~3)。これらの症例の一つ一つは示唆に富むものであるが、全体としてみると低下した音楽能力、随伴症状、病変部位などは多様で、しかも他の高次機能障害をもたないいわゆる pure な失音楽症例が極めて少ないとから lesion study から脳内での音楽処理過程を推し量るのは不可能だとする意見もある (Basso, 1993)。

過去の失音楽症例から導き出せる結論は以下の通りである。

(1) 言語と音楽は、少なくとも一部は、脳内で異なつた経路を経て処理される。

- (2) ピッチとリズムとを比べると、障害の程度はピッチに強く生じることが多い。
 - (3) 歌唱や演奏など表面の障害は右半球病変によることが多い。
 - (4) 受容性失音楽症には一側または両側の側頭葉が関与していることが多い。
- なお、(2)から(4)のいずれにも多くの例外がある。

3. dichotic listening test (DLT)

DLT とは、同時にそれぞれの耳に異なつた情報を与え、正答率の違いからある情報の処理に関わる優位半球を同定する技法である。内耳からの線維連絡は交叉性線維が優位であるため、両耳を同時に刺激した際には、ある大脳半球には反対側の耳からの情報のみが届き、同側の耳からの情報は遮断されると考えられている。すなわち右耳への刺激は左半球で、左耳への刺激は右半球で処理される。

Kimura は DLT を用いた先駆的な研究で、言語の受容には左半球が、メロディーの受容には右半球が関与しているとした (Kimura, 1961, 1964)。その後の研究で、和音の弁別 (Gordon, 1970), フレーズの弁別 (Zatorre, 1979, Mazzucchi, 1981) も右半球が優位と報告された。これらの研究はいずれも被験者の音楽能力については評価されていなかった。Bever と Chiarello は音楽家と素人でメロディーの受容に関与する大脳半球が異なることを示した (Bever & Chiarello, 1974)。つまり素人はメロディーの受容を右半球で行うが、音楽家は左半球で行い、これには音楽への分析的なアプローチが関与しているとした。この音楽家と素人でのメロディー受容の優位半球差は、他のいくつかの研究でも支持された (Johnson, 1977, Gordon, 1978, Peretz, 1980, Hassler, 1990)。さらに Messerli らは、この優位半球差には被験者の音楽能力だけでなく、音楽自体のもつ特徴、すなわち歌詞の有無、曲の難易度なども関与しているとした (Messerli, 1995)。またメロディーの受容は右半球優位であるとの上

表1 左半球病変により生じた失音楽症関連の報告(Basso 1999 より著者訳/改変)

報告者	患者	病変部位	病前の音楽素養	失行	言語機能	音楽能力の検査
Souques & Baruk 1926		側頭葉 角回, 白質	ピアノ教師		重度の Wernicke 失語	聞いた簡単な曲を弾けない
Wertheim & Botez 1961	40歳, 男性 右利き	左半球	バイオリニスト		中等度の Wernicke 失語	受容性失音楽症 絶対音感の喪失
Luria 1965	シェバーリン 57歳, 男性	側頭-頭頂葉	作曲家		重度の Wernicke 失語	病前と変わらない創作活動
Assal 1973	HB, 64歳 男性	側頭葉	ピアニスト 室内楽指揮者	なし	Wernicke 失語	病前と音楽能力変わらず
Denes & Semenza 1975	RR, 69歳 男性, 右利き		なし (科学の教師)		語聴	馴染のメロディーを 同定できない
Haguenauer 1979	Tho, 47歳 男性, 左利き	側頭葉	なし 音楽愛好家		聴覚性失認 (早期に回復)	音の強さや周波数を 弁別できない
Brust 1980	No 1, 22歳 女性, 右利き	側頭頭頂葉の 髄膜腫切除	音楽学生	なし	失読, 失書, 失名辞 理解の障害	楽譜の失読/失書 病後もプロ歌手として活動
Brust 1980	No 2, 42歳 男性	側頭葉後部 頭頂葉下部	コントラバス奏者	なし	中等度の伝導失語	表出性失音楽症 楽譜の失読/失書
Mavlov 1980	61歳, 男性 右利き	左半球	バイオリニスト 音楽教師		非流暢性失語 (回復良好)	受容性/表出性失音楽症 (リズム失認のため?)
Assal & Buttet 1983	MB, 55歳 男性, 右利き	側頭頭頂葉 後部	ピアノ教師	なし	Wernicke 失語 重度の失書	ピアノ演奏の障害 鑑賞と記譜は正常
Judd 1983	BL, 77歳 男性, 右利き	後頭側頭葉	作曲家, 指揮者		失読, 失名辞	読譜と記譜, ピアノ演奏の間違い 受容は正常, 作曲可能
Basso & Capitani 1985	NS, 67歳 男性, 右利き	左半球	指揮者	重度の失行	全失語	ピアノ演奏の障害 指揮は病前と変わらず
Lechevalier 1985	MH, 32歳 男性	頭頂葉	なし (農学教師)		Wernicke 失語	馴染のメロディーを 同定できない。嗅えない
Lechevalier 1985	MJ, 50歳 男性, 右利き	側頭葉	クラリネット奏者		失読, 失書	楽譜の失読
Signore 1987	JL, 盲, 77歳 男性, 右利き	側頭葉 縁上回/角回	オルガニスト 作曲家		Wernicke 失語	オルガン演奏や指揮を続行

空欄は記載なし

述の意見に対し、リズムの受容は左半球が優位とする報告もある (Gates, 1977, Gordon, 1978)。

4. 側頭葉切除術患者のgroup study

脳損傷患者の音楽能力について調べた最初の group study は Milner の研究である (Milner, 1962)。Milner はてんかんの治療のために一側の側頭葉切除術を受けた患者に、術前術後に音楽の専門家に対する音楽能力判定テストである Seashore test を施行し、コントロール群と比較し

た。その結果、右側頭葉術後の患者は、左側頭葉術後患者あるいはコントロール群に比し、音色の認知とフレーズの弁別に障害を認めた。左側頭葉切除の患者は明らかな音楽能力の障害を示さなかつた。同様の結果は側頭葉切除患者に DLT を行った研究でも確認された (Shankweiler, 1966)。また Milner は、メロディーの認識のようなより難しい課題ではいずれの側頭葉を切除された患者も成績は低下したと報告した (Milner, 1965)。この見解は Zatorre による実験でも支持された (Zatorre, 1985)。すなわちメロディーの弁別課題では、右側頭葉切除患者のみで成績の低下がみられたが、メロディーの認識課題

表2 右半球病変により生じた失音楽症関連の報告(Basso 1999 より著者訳/改変)

報告者	患者	病変部位	病前の音楽素養	失行	言語機能	音楽能力の検査
Botez & Werth- eim 1959	DM, 26歳 右利き, 男性	前頭葉腫瘍 切除	アマチュア アコーディオン奏者		プロソディーの障害	演奏不可能, 歌唱ではリズムとイントネーションの間違い
Haguenauer 1979	Bau, 55歳 男性, 右利き	腫瘍転移	なし		音源定位の障害	歌唱の障害, リズム再生の障害 鑑賞の喜びの喪失
Mazzucchi 1982	BP, 58歳 男性	側頭葉	音楽愛好家		聴覚性失認	楽器が分からない。 音色, リズム, 音程の認識は正常
McFarland & Fortin 1982	78歳, 男性 右利き	側頭葉上部 縁上回	アマチュア オルガン奏者	なし	正常	オルガン演奏不可能, リズム再生 障害。馴染のメロディーを同定で きない。
Lechevalier 1985	Madame C, 56歳 女性, 右利き	頭頂葉	数年間フルートと オルガンを習った		聴覚性失認	簡単なメロディーは分かるが交響 曲は分からない。楽器が分からな い。
武田 1990	65歳, 女性 右利き	側頭葉皮質下	三味線教師	なし	正常	三味線が弾けない。 歌唱で音の高低を誤る。リズムは 正常

表3 両側半球病変により生じた失音楽症の報告(Basso 1999 より著者訳/改変)

報告者	患者	病変部位	病前の音楽素養	失行	言語機能	音楽能力の検査
Alajouanine 1984	ラベル 52歳時発症	進行性疾患	作曲家	重度の失行	進行性失語	重度の表出性失音楽症。 演奏と記譜がまったく不可能。
Peretz 1993	GL, 61歳 男性, 右利き	左側頭葉 右弁蓋部	なし (ビジネスマン)	なし	Wernicke失語 (回復良好)	馴染のメロディーが分からない。 鑑賞の喜びの喪失
Peretz 1994	CN, 35歳 女性, 右利き	両側側頭葉 (看護婦)	なし	なし	正常	メロディーの受容の障害 リズムの受容は正常

では左右いずれの側頭葉切除患者でも成績は不良であった。

メロディーの記憶について調べた研究がある(Samson, 1992)。一側の側頭葉切除を受けた患者に初めて聞く16個のメロディーを呈示してから、再認させる課題を行った。初日には連続して5回行い、24時間後にさらにもう1回行った。初日の結果は、左右どちらの側頭葉切除後の患者も5回繰り返すうちに学習効果がみられたが、成績はコントロール群に比して不良で、障害側による差はなかった。24時間後の結果は、左側頭葉切除後患者はやや成績が改善したが、右切除後患者はやや悪化した。

これまでの側頭葉切除患者の研究から分かったことは以下の通りである。右側頭葉は音楽刺激のある側面では特化している可能性があるが、より

難しい課題では両側の側頭葉が関与している(Basso, 1999)。少なくとも音楽の受容に左半球が決定的な役割を果たしているという証拠はない(Basso, 1993)。

5. 脳血管障害患者のgroup study

左右どちらの半球の障害でも、馴染み深い童謡の曲名を言ったり、対応する絵を指し示したりできなくなる(Barbizet, 1969)。Gardnerらはさらに、曲の同定への歌詞の影響について調べた(Gardner, 1977)。歌詞付の童謡と、「結婚行進曲」のように場面が特定される曲とでは、失語を伴う左半球障害患者は前者に比べて後者の成績が良かったの対し、右半球障害患者では正反対の結

果を示した。いずれの患者もコントロール群に比べると、成績は悪かった。以上より、歌詞付の曲では歌詞という言語情報が曲の同定に関与していることが示唆された。また Shapiro は、馴染みの歌の一部に故意に設けられた誤りについては、左半球障害患者の方がよく分かる、と報告した (Shapiro, 1981)。しかし、半球間よりも半球内での障害部位の差の方が重要とする意見もあり、Grossman は左右いずれの半球の障害でも前方領域の障害の方が後方領域の障害より成績が悪かったとした (Grossman, 1981)。

Peretz は一側性脳損傷の患者について、メロディーの輪郭はそのままに、あるいは輪郭が変わるようにメロディーの一部を変え、原曲との異同弁別をさせた (Peretz, 1990)。その結果、コントロール群や左半球障害患者では、輪郭が保たれている/いないによって成績に違いが生じたが、右半球患障害者では違いが生じなかった。また左右どちらの半球の障害でも、二音のピッチの間隔の判断を要する課題は低下していた。Peretz は以上より、右半球はメロディーの全体的な輪郭 (global contour) の受容にはたらき、左半球は局所の情報 (local information) の受容に関与すると考えた。しかし前述した側頭葉切除患者に対する Zatorre の研究では、左右どちらの側頭葉病変の患者も輪郭やピッチ間隔に対し同じくらい sensitive とされており (Zatorre, 1985), Peretz の結果は単に、メロディーの輪郭とピッチとは独立して認知される訳ではない、という結果を示すにすぎないとの意見もある (Basso, 1993)。

足立は、右半球の脳血管障害患者 9 例に対し、リズムとメロディーの弁別課題、馴染みの童謡のメロディーもしくはリズムの一部を故意に変更した演奏の正誤判断課題を行った (足立, 1999)。その結果、2 例がメロディーの障害を呈し、右上側頭回周辺部に病変が認められた。一方、リズムの障害も 2 例でみられ、右頭頂葉皮質下白質の病変との関連が示唆されたが、両例ともメロディー障害例とは異なった。

以上まとめると、脳血管障害の group study からわかったことは、音楽の認知機能は、失語症や失行症のように、一側の大脳半球に側性化してい

るのではない、ということである。両側の大脳半球が音楽の認知には関与しているが、どちらかと言えば右側の方がより大きい。また歌詞とメロディーは密接に関係しており、長期記憶に貯えられているメロディーを思い出す際の手掛かりとなる。

6. アミタールテストによる研究

Sodium amobarbital (商品名: アミタール) は即効性の麻酔薬で、頸動脈内注入により 3~5 分間、一側の大脳半球機能のみを抑制することができ、これをアミタールテストという。音楽の表面的研究は受容面に比し少ないが、アミタールを用いたいくつかの研究がある。Gordon と Bogen はアミタールテスト施行中の歌唱能力について検討した (Gordon, 1974)。それによると右半球が抑制された状態での歌唱ではメロディーの障害が著明で、音のコントロールを全くと言ってよいほど喪失しているのに反し、リズムの障害は軽度であった。左半球抑制状態ではピッチとリズムは完全ではないものの良好であったが、言葉を話し始めるまでは唄うことができなかつた。

Borchgrevink は、左側頭葉てんかん患者にアミタールテストを行った。右頸動脈注入状態での歌唱では音高のコントロールができなくなったが、リズムは保たれていた (Borchgrevink, 1980)。

アミタールテストを用いた音楽の受容面の研究としては、Plenger による左または右側頭葉切除術後患者の研究がある (Plenger, 1996)。左/右頸動脈にアミタールを注入し、4 音からなるメロディーの再認課題を行わせた。その結果、右半球抑制状態では左右どちらの側頭葉切除患者もメロディーの再認の障害を認めた。一方、左半球抑制状態では右側頭葉切除患者のみにメロディー再認の障害がみられた。このことから Plenger は、メロディーの記憶には右側頭葉が関与すると結論づけた。

以上より、歌唱は右半球優位であり、ピッチの調節には右半球がより関与すると考えられる。

7. PET による activation study

PET (positron emission tomography) は、放射性同位元素を静脈注射し脳内での分布から局所脳血流量 (rCBF) を計測する機械である。Activation study とはそれぞれの課題を施行中の rCBF を測り、各課題間の rCBF の差を統計的処理を加えて求めることにより、課題の違いから想定される認知機能にはたらく脳部位を決定する研究方法のことである。これまで述べてきた研究が障害部位と失われた機能との対比からある音楽機能に関わる脳部位を推定したり、DLT やアミタールテストでの正答率の差から関係する大脳半球を調べたのに対し、PET による activation study には以下のような利点がある：1) ある認知過程に関する脳部位を画像として直接同定できる、2) プロから素人まで任意の音楽能力の被験者を設定できる、3) PET 自体の雑音が皆無のため課題選択の制約がない。

現在までのところ音楽の認知に関する PET の activation study は数えるほどしかないが、Mazziotta の研究はその先駆である (Mazziotta, 1982)。彼は前出の Seashore test を用いて、各課題間での脳内活性化部位の違いを検討した。その結果、音色弁別課題、和音弁別課題、フレーズの弁別課題で両側側頭葉後部が活性化したと報告した。しかし Mazziotta が用いた方法は、今日の基準からみると正確性に欠ける面があることは否めない。Lauter は右耳から 500 Hz と 4 kHz の純音を聞かせたところ、低音の際には左側の一次聴覚皮質 (Heschl 回) の前外側部が、高音の際には後内側部が活性化したとした (Lauter, 1985)。Zatorre は、8 音からなるメロディーの最初の 2 音の高低判断と、最初と最後の音のピッチの高低を判断するという課題を作り、各課題での脳内活性化部位を比較した (Zatorre, 1994)。その結果、前者では右前頭葉が、後者では右前頭葉、側頭葉、島、頭頂葉が活性化した。また Sergent はバッハのパルティータ (楽器のための組曲) の楽譜を見ながら演奏する際の脳血流を測定し、両側縁上回周辺が音楽記号と音やメロ

ディーとの対応にはたらいているとした (Sergent, 1992)。

これまで報告された PET による音楽認知の activation study で最も精細かつ広範にわたるものは Platel による研究である (Platel, 1997)。Platel は音色、リズム、ピッチのいずれかを変えた楽曲を用いて、それぞれの課題間での認知過程の違いを想定し、課題間の脳血流の差を「引き算法 (subtraction technique)」によって検討した。その結果、ピッチの受容には左 cuneus/precuneus が、リズムには左 Broca 野下部が、音色の受容には右前頭葉下部が、そしてその音楽が馴染みであるとの認識には左前頭葉下部ならびに上側頭回が関与しているとした。

以上の研究はいずれも音楽認知研究に新たな地平を開くものであるが、いくつかの問題点があげられる。第一に、どの研究も音楽刺激は課題ごとに異なるものを用いている。言い換えると認知プロセスの差異に基づく脳内活性化部位の違いの他に、刺激自体の相違により異なる部位が活性化した可能性がある。第二に、課題間の活性化部位の比較は検者が予め想定した認知プロセスの違いを基になされているが、実際に脳内で想定されたものと同じ処理が行われているという証拠はない。第三に、用いられている音楽刺激の多くが「音楽」というより単純な音の羅列 (tonal sequence) であり、複雑かつ繊細な音楽の受容について考察するには余りにも開きがある。そして第四に、最近の研究になるほど課題間の統計処理が複雑、煩瑣であり (例えば複数の課題の引き算の結果を別の課題からさらに引き算して、音楽機能と脳部位とを比較したりする)，仮定の上に仮定を重ねる論議に陥りやすいことである。

これらの問題点を鑑み、われわれは PET を用いた音楽認知の研究を行った。同一の楽曲を二通りの聴き方で聴いてもらい、その間の脳血流を比較検討した。この論文は既に受理されており、本稿が活字となる頃には掲載されていると思われる所以、興味のある方はそちらを参照されたい (Satoh, 2001, Cognitive Brain Research)。

8. 絶対音感 (absolute pitch, AP)

絶対音感とは、前もって基準となる音を与えることなしに、鳴っている音の高さを言ったり、指定された音を唄ったりできる能力のことである (Sadie, 1994)。絶対音感は普通、トレーニングされた音楽家の一部にのみみられる能力で、頻度は音楽家の 15%といわれる (Baharloo, 1998)。絶対音感の獲得には幼少時の早期からの音楽教育が必要とされるが、何らかの遺伝的要因が関与している可能性もある (Baharloo, 1998)。数年前に「絶対音感」という題のノンフィクションの著作が発表されてから、本邦でもこの能力に大きな関心が寄せられるようになった。

絶対音感の研究はこれまで主に心理学領域からなされてきた。Takeuchi は絶対音感に関する総説の中で以下の点を指摘している (Takeuchi, 1993)：1) 加齢により絶対音感保持者のピッチの認識が半音から全音高くなること、2) 同じ絶対音感保持者でもピッチの認識に日内変動や月経周期による変動があること、3) 絶対音感は一般に黒鍵よりも白鍵の音でより正確であること、4) 絶対音感保持者がイメージする音は個体によって半音の約 1/5 の開きがあること、5) 絶対音感保持者は音を音名に変換して認識していること、6) 二音間の音程を認識する際には絶対音感保持者/非保持者とも同じ方法をとっていること。これらすべてが真実であるかどうかは今後の研究を待たなければならないが、絶対音感が一つの特殊化したピッチの認知メカニズムであることは確かなようである。

絶対音感保持者と非保持者に同じ課題を施行し、脳内活性化部位を PET で調べた activation study がある (Zatorre, 1998)。この研究では 15 の倍音で作られた和音を聞いた際の脳血流から、音響学的に同じ波形をもつ白色雑音を聞いた際の脳血流を subtraction した。その結果、絶対音感保持者では非保持者に比べて左側の前頭葉背外側領域 (Brodmann 8/6 野) が活性化しており、Zatorre はこの部位は音と言葉との連合に関

与しているのではないか、と考えた。しかし二音でできたフレーズから白色雑音を聞いた際の脳血流を subtraction した場合には、絶対音感保持者/非保持者とともに同じ左側前頭葉背外側領域が活性化しており、Zatorre はこのことについては明確な解答は与えていない。以上より、左側前頭葉背外側領域を絶対音感に特化した部位と呼ぶには無理がある。

過去の絶対音感の研究にはいくつかの問題がある。まず「絶対音感」という語の意味する状態が、研究者により異なることである。絶対音感に対する語として「相対音感」がある。相対音感とは、予め示された基準となる参照音をもとに、与えられた音のピッチを同定する能力である。相対音感保持者はメロディーを聞いたり唄ったりするときいわゆる「移動ド」、すなわちその調の主音を「ド」とする読み方で認知する。音楽家が絶対音感という語を用いる場合、特定の音と音名とが厳密に対応した状態を指す。つまり五線譜上のある音はたった一つの音名でのみ表され、個体によっては周波数 (Hz) まで決まっている。そのような音楽家の場合、演奏中にアンサンブル全体のピッチが上昇すると、実際に鳴っている音とその人の頭の中でイメージされる音とがたとえ數 Hz でも違ってしまい、非常に不快な気分になる。一方、「移動ド」に対し「固定ド」という言葉がある。「固定ド」とはメロディーを聞いたり唄う際、C (日本語ではハ) の音を「ド」として認知する方法であるが、絶対音感のように厳密に音とピッチが一対一で対応しているのではなく、「ド」と唄うべき C の音の設定自体をずらすことができる。例えば、古楽と呼ばれるルネサンスからバロック期の音楽は現在に比べるとピッチ全体が約半音低く、現在 440 Hz である A (日本名でラの音) の音が、当時は 416 Hz くらいであった。つまり現在の音楽家が古楽を演奏する場合、鳴っている音は楽譜に書かれている音符から常に半音低い。「固定ド」のひとは「ド」の設定自体をずらすため違和感なく演奏できるが、前述の絶対音感を持っている演奏家には耐え難い苦痛になる。これまでの絶対音感に関する研究では、上記の絶対音感と「固定ド」を合わせて「絶対音感」

と呼ぶ傾向があり、含まれる対象は極めて多様かつ不均一である。楽器のみならず飛行機音などの雑音の周波数まで認識できる音感と、他の楽器では分からぬがピアノでのみ鳴っている音がだいたいどの音か分かるという音感とを同じ言葉で表すのには無理がある。私自身は絶対音感と言う語は厳密な意味で用いるべきであると考える。

絶対音感の研究での第二の問題点は、研究者の中にその能力の意味を取り違えている人がいることである。絶対音感とはピッチを認識する一つの方法であり、音楽性や音楽的能力あるいは音楽家としての優劣を表すものではない。数年前に本邦で開催された音楽の国際シンポジウムで、日本のある研究者から「優れた音楽家は皆、絶対音感を持っている。言い換えると優れた音楽家になるためには絶対音感が必要だ。」との発言があった。これに対してはすぐに海外の研究者から反論があがったが、自他共に絶対音感の専門家を任じてゐる研究家の口からこのような発言を聞くこと自体が驚きであった。これは研究家だけの現象ではなく、昨今の幼児早期教育ブームから「絶対音感獲得キット」なる教育商品まで出現している。この商品などは、私も聞いてみたが、絶対音感は身に付くかもしれないが音楽は嫌いになるような代物であった。両者に共通しているのは、芸術としての音楽に対する無知である。たくさんの色を知っている人が必ずしも優れた画家を意味するのではないように、音の名前が分かるということは音楽性とは何の関わりもない。実際の演奏の場で音楽家に要求される能力は、個々の音名を言い当てる事ではなく、二つの音の音程すなわちピッチの間隔を正確に認識することであり、これについては絶対音感保持者/非保持者ともに同じプロセスでなされるという (Takeuchi, 1993)。音楽を研究対象とする以上、音楽に対する誤った概念を持たぬようにすることは、研究者としての義務である。

それでは絶対音感は、脳内のどのようなメカニズムで達成されているのだろうか。この質問に対する明確な答えは未だない。しかし私は以下の理由から、絶対音感とは個々の音高に対する言葉によるマーキングであると考えている： 1) 絶対音

感保持者は常に音高を言葉で認識していること。これは一度聞いた音を遅延再生する際に絶対音感保持者は、まず音名を思い出してからそれに対応する音をイメージするという実験結果が表している。2) マーキングは必ずしも言葉でなくてもよいこと。ある幼児音楽教室では音を教える際に色カードを用いるが、そのような教育を受けた絶対音感保持者は、音を聞くと同時に音名とともに必ず特定の色を連想する、言い換えると色による音高のマーキングがなされているということ。これは Zatorre のいう verbal-tonal association に対し visual-tonal association とでも呼ぶべきものである。

9. まとめと今後の課題

以上、失音楽の定義に始まり、失音楽症の症例研究、各種の実験的研究、近年始まった機能画像の研究、さらには絶対音感について概略を述べてきた。失音楽症の症例報告は興味深いものではあるが、音楽家で得られた所見を素人にそのまま適応できるか、という問題が常にあった。脳損傷患者の group study や、DLT、アミタールテストなどは、半球差や大まかな責任部位を示すことはできたが、認知メカニズムを詳細に検討するまでは至らなかった。現在もっとも有力で、かつさらなる成果が期待できるのは PET による activation study である。対象者を予め設定でき、少なくとも 5, 6 人以上のデータから結果を導き出すため個人差を最小限にすることができる。PET によって得られた結果を、過去の失音楽症例の報告や各種実験的研究と対比することにより、これまで述べられてきた事柄のどれが真実であるかが明らかになると思う。

音楽認知の研究は決して音の認知の研究ではない。究極の目的は、美学と何ら変わることなく、音楽を聴いて感動する心、あるいは無から音楽作品を生み出す創造力を明らかにすることである。現時点ではまだ脳への入り口の時点、すなわち音としての音楽がどのように脳に取り込まれるかという研究にとどまっている。今後は神経科学だけ

でなく、音楽心理学や音楽学、美学の知見なども総合した「神経美学 (Neuroethics)」としての取り組みが必要である。諸外国での音楽認知研究の進歩はすさまじく、これからも定期的にそれらの成果を総論として紹介できれば幸いである。

文 献

- 1)足立耕平, 武田克彦, 小池 敦, ほか:右半球損傷例におけるリズム障害とメロディ障害について. 上智大心理学年報, 23 : 73-82, 1999.
- 2)Alajouanine T : Aphasia and artistic realization. Brain, 71 : 229-241, 1948.
- 3)Assal G : Aphasic de Wernicke chez un pianiste. Revue Neurologique, 129 : 251-255, 1973.
- 4)Assal G & Buttet J : Agraphie et conservation de l'é criature musical chez un professeur de piano bilingue. Revue Neurologique, 139 : 569-574, 1983.
- 5)Baharloo S, Johnston PA, Service SK, et al. : Absolute pitch ; An approach for identification of genetic and nongenetic components. Am. J. Hum. Genet., 62 : 224-231, 1998.
- 6)Balzano GJ : The pitch set as a level of description for studying musical pitch perception. In : Music, Mind and Brain (eds by Clynes M). Plenum Press, New York, 1982, pp. 321-351.
- 7)Barbizet J : Rôle de l'hémisphère droit dans les perceptions auditives. In : Le Monde de l'Hémiplégie Gauche (eds by Barbizet J, Ben Hamida M, Duizabo P). Masson, Paris, 1972.
- 8)Basso A & Capitani E : Spared musical abilities in a conductor with global aphasia and ideomotor apraxia. J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry, 48 : 407-412, 1985.
- 9)Basso A : Amusia. In : Handbook of Clinical Neurology (eds by Boller F & Grafman J). Elsevier Science Publication, 1993, pp. 391-409.
- 10)Basso A : The Neuropsychology of Music. In : Handbook of Clinical and Experimental Neuropsychology (eds by Denes G, Pizzamiglio L). Psychology Press, East Sussex, 1999, pp.409-418.
- 11)Benton AL : The amusias. In : Music and the Brain ; Studies in the Neurology of Music (eds by Critchley M, Henson RA). William Heineman, London, 1977, pp. 378-397.
- 12)Bever TG & Chiarello RJ : Cerebral dominance in musicians and nonmusicians. Science, 185 : 137-139, 1974.
- 13)Borchgrevink HM : Cerebral lateralization of speech and singing after intracarotid amyta injection. In : Aphasia. Assessment and Treatment (eds by Sarno MY, Hook O). Almqvist & Wiksell, Stockholm, 1980.
- 14)Botez MI & Wertheim N : Expressive aphasia and amusia following right frontal lesion in a right-handed man. Brain, 82 : 186-203, 1959.
- 15)Brust JCM : Music and language ; musical alexia and agraphia. Brain, 103 : 367-392, 1980.
- 16)Denes G & Semenza C : Auditory modality specific anomia ; Evidence of a case of pure word deafness. Cortex, 11 : 401-411, 1975.
- 17)Gardner H, Silverman J, Denes F, et al. : Sensitivity to musical denotation and connotation in organic patients. Cortex, 13 : 242-256, 1977.
- 18)Gates A & Bradshaw JL : Music perception and cerebral asymmetries. Cortex, 13 : 242-256, 1977.
- 19)Gordon HW : Hemisphere asymmetries in the perception of musical chords. Cortex, 6 : 387-398, 1970.
- 20)Gordon HW & Bogen JE : Hemispheric lateralization of singing after intracarotid sodium amylobarbitone. J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry, 37 : 727-738, 1974.
- 21)Gordon HW : Left hemisphere dominance for rhythmic elements in dichotically presented melodies. Cortex, 14 : 58-70, 1978.
- 22)Grossman M, Shapiro BE & Gardner H : Dissociable musical processing strategies after localized brain damage. Neuropsychologia, 19 : 425-433, 1981.
- 23)Haguenauer JP, Schott B, Michel F, et al. : Trois observations d'atteinte cortico-sonus-corticale de l'audition ; Confrontations audiologiques et tomo-densitométriques. Annales d'Oto-Laryngologie de Chirurgie Cervico-Faciale, 96 : 185-196, 1979.
- 24)Hassler M : Functional cerebral asymmetries and cognitive abilities in musicians, patients,

- and controls. *Brain Cogn.*, 13 : 1-17, 1990.
- 25) Henson RA : Amusia. In : *Handbook of Clinical Neurology* (eds by Frederiks JAM). Elsevier Science Publication, 1985, pp. 483-490.
- 26) Johnson RC, Bowers JK, Gamble M, et al. : Ability to transcribe music and ear superiority for tone sequences. *Cortex*, 13 : 295-299, 1977.
- 27) Judd T, Gardner H & Geschwind N : Alexia without agraphia in a composer. *Brain*, 106 : 435-457, 1983.
- 28) Kimura D : Cerebral dominance and the perception of verbal stimuli. *Can. J. Psychol.*, 15 : 166-171, 1961.
- 29) Kimura D : Left-right differences in the perception of melodies. *Q. J. Exp. Psychol.*, 16 : 355-358, 1964.
- 30) Lauter JL, Herscovitch P, Formby C, et al. : Tonotopic organization in human auditory cortex revealed by positron emission tomography. *Hear Res.*, 20 : 199-205, 1985.
- 31) Lechevalier B, Eustache F & Rossa Y : *Les troubles de la perception de la musique d'origine neurologique*. Masson, Parigi, 1985.
- 32) Luria AR, Tsetkowa L & Futer D : Aphasia in a composer. *J. Neurol. Sci.*, 2 : 286-292, 1965.
- 33) Mavlov L : Amusia due to rhythm agnosia in a musician with left hemisphere damage ; a non-auditory supramodal defect. *Cortex*, 16 : 331-338, 1980.
- 34) Mazziotta JC, Phelps ME, Carson RE, et al. : Tomographic mapping of human cerebral metabolism ; auditory stimulation. *Neurology*, 32 : 921-937, 1982.
- 35) Mazzucchi A, Marchini C, Budai R, et al. : A case of receptive amusia with prominent timbre perception defect. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry*, 45 : 644-647, 1982.
- 36) McFarland HR & Fortin D : Amusia due to right temporal infarct. *Arch. Neurol.*, 39 : 725-726, 1982.
- 37) Messerli P, Pegna A & Sordet N : Hemispheric dominance for melody recognition in musicians and non-musicians. *Neuropsychologia*, 33 : 395-405, 1995.
- 38) Milner B : Laterality effects in audition. In : *Interhemispheric Relations and Cerebral Dominance* (eds by Mountcastle VB). Johns Hopkins University Press, Baltimore, 1962, pp. 177-195.
- 39) Milner B, Kimura D & Taylor LB : Nonverbal auditory learning after frontal or temporal lobectomy in man. Paper presented at the Meeting of the Eastern Psychological Association, Atlantic City, NJ, 1965. (cited by Samson & Zatorre 1992).
- 40) Peretz I & Morais J : Modes of processing melodies and ear asymmetry in non-musicians. *Neuropsychologia*, 18 : 477-489, 1980.
- 41) Peretz I : Processing of local and global musical information by unilateral brain-damaged patients. *Brain*, 113 : 1185-1205, 1990.
- 42) Peretz I : Auditory atonia for melodies. *Cognitive Neuropsychology*, 10 : 21-56, 1993.
- 43) Peretz I & Kolinsky R : Boundaries of separability between melody and rhythm in music discrimination ; A neuropsychological perspective. *Q. J. Exp. Psychol. [A]*, 46 : 301-325, 1993.
- 44) Platel H, Price C, Baron JC, et al. : The structural components of music perception ; A functional anatomical study. *Brain*, 120 : 229-243, 1997.
- 45) Plenger PM, Breier JJ, Wheless JW, et al. : Lateralization of memory for music ; Evidence from the intracarotid sodium amobarbital procedure. *Neuropsychologia*, 34 : 1015-1018, 1996.
- 46) Proust A. Cited by Brust (1980)
- 47) Sadie S eds : *The Grove concise dictionary of music*. Macmillan, London, 1994, 3.
- 48) Samson S & Zatorre RJ : Learning and retention of melodic and verbal information after unilateral temporal lobectomy. *Neuropsychologia*, 30 : 815-826, 1992.
- 49) Sergent J, Zuck E, Terriah S, et al. : Distributed neural network underlying musical sight-reading and keyboard performance. *Science*, 257 : 106-109, 1992.
- 50) Shankweiler D : Effects of temporal-lobe damage on perception of dichotically presented melodies. *J. Comp. Physiol. Psychol.*, 62 : 115-119, 1966.
- 51) Shapiro BE, Grossman M & Gardner H : Selec-

- tive processing deficits in brain damaged populations. *Neuropsychologia*, 19 : 161-169, 1981.
- 52) Signoret JL, Van Eckhout Ph, Poncet M, et al. : Aphasie sans amusie chez un organiste aveugle. *Revue Neurologique*, 143 : 172-181, 1987.
- 53) Souques A & Baruk H : Un cas d'amusie chez un professeur de piano. *Revue Neurologique*, 33 : 179-183, 1926.
- 54) 武田浩一, 板東充秋, 西村嘉郎: 運動性失音楽を呈した右側頭葉皮質下出血の1症例. *臨床神経*, 30 : 78-83, 1990.
- 55) Takeuchi AH & Hulse SH : Absolute pitch. *Psychological Bulletin*, 113 : 345-361, 1993.
- 56) Wertheim N & Botez MI : Receptive amusia : A clinical analysis. *Brain*, 84 : 19-30, 1961.
- 57) Zatorre RJ : Recognition of dichotic melodies by musicians and nonmusicians. *Neuropsychologia*, 17 : 607-617, 1979.
- 58) Zatorre RJ : Discrimination and recognition of tonal melodies after unilateral cerebral excisions. *Neuropsychologia*, 23 : 31-41, 1985.
- 59) Zatorre RJ, Evans AC & Meyer E : Neural mechanisms underlying melodic perception and memory for pitch. *J. Neurosci.*, 14 : 1908-1919, 1994.
- 60) Zatorre RJ, Perry DW, Beckett CA, et al. : Functional anatomy of musical processing in listeners with absolute pitch and relative pitch. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 95 : 3172-3177, 1998.

■ ABSTRACT**A review about the study of music processing**

Masayuki Satoh^{*1)}, Katsuhiko Takeda²⁾, Shigeki Kuzuhara¹⁾

¹⁾Department of Neurology, School of Medicine, Mie university

²⁾Department of Neurology, Japanese Red Cross Medical Center

We reviewed the studies about the music processing in the brain. Based on the reported literatures of patients of amusia, we could conclude that there were different processes in the brain between the perception of music and the language. But, it was difficult to decide the common mental processes between patients of amusia, because the original musical ability of each patient was various. From the studies using dichotic listening test and the group studies for the brain-damaged subjects, it was suggested that temporal lobes and right hemisphere played an important role in the perception and the expression of music, respectively. PET activation study made us possible identify the responsible regions in the brain precisely, and we think that it is the most useful method for the study of music processing. There were some reports which investigated the absolute pitch. Music seemed to be the fundamental capacity for human being similarly with the language, and we think that the interdisciplinary approaches including the neuroscience, psychology, and ethics are needed in the future study.