解説

音楽する脳†

藤波 努*

1. はじめに

身体知とは身体を介して物や環境と相互作用するなかで立ち現れてくる知的な振る舞いを指すものであり、知能が脳内だけで完結しないという主張を暗黙裏に含む。しかしながら「脳」について語るとき、脳が身体を制御していることを当然のこととして話を進めることが多い。脳が主であって身体は従の関係にあるとするわけであるが、そのような脳と身体間の主従関係をまずは白紙に戻して考え直してみるのが、身体知を研究する上での基本的な立場である。

なぜこの点を強調するかといえば、身体知というのが脳に局在していないからである。そのような考え方は脳機能局在論の対極に位置する。現在おこなわれている脳機能研究の多くはある認知能力が脳の特定部位によって担われているとの仮説に基づいている。それは脳のある部位を特定すれば着目している認知能力の原因を特定したと考えることにつながる。

しかし身体知の研究ではある行為と同時に活性化している脳の部位を特定したとしてもその行為を説明したことにはならない。脳のその部位が活性化していることは、着目している行為においてその部位が担っている認知能力が重要な役割を果たしていることを示唆するが、その部位が行為の原因であるとはいえない。

このような対立の要因は研究対象の違い、およびその違いに起因する方法論の違いにある。脳機能研究の多くはある認知能力が脳のどの部位によって行われているのかを明らかにしようとする。そのために対象とする認知能力はできるだけ絞り込んでごく単純な能力の研究に限定している。すなわち聴覚や視覚のように単一の能力に研究対象を絞り、与えた刺激に対する反応を調べる。そのような研究の方法論的基盤となっているのは還元主義である。

一方、熟練者の巧みな動きは、いくつもの認知能力が相互に作用し、統合的に働くことで実現すると思え

られる。したがって方法論としては還元主義ではなく、システム論的な接近法が適切である。以下ではこれまでに行われてきた研究を概観していく。各研究は固有の前提をおいて行われているので、必ずしも「考える身体」を直接的に説明するものではない。しかし脳機能の解明は身体知を明らかにする上で有益な知見をもたらす。そこで本論では一旦、身体と脳の関係に関する議論を棚上げし、身体知研究に関係すると思われる研究成果を取りあげる。

また題材は音楽に限定する。すなわち音楽の聴取や楽器の演奏などに関する研究に絞って検討していく。身体知研究は人間が訓練によって獲得する巧みな動きを対象とし、それには楽器演奏以外にスポーツや伝統技能などが含まれるが限られた紙面を有効活用するため、テーマを音楽に絞る。

以下では、音楽家の脳の解剖学的特徴、脳機能イメージングによる調査、音楽家と素人の違い、訓練の効果、他の能力への影響について、これまでの研究からわかっていることを概観する。

2. 音楽家の脳の解剖学的特徴

岩田誠氏はその著作「脳と音楽」(メディカルレビュー社より2001年5月刊行)の冒頭で音楽家の脳の解剖所見を紹介している。実際に調査を行ったのはSigmund Auerbach(1860-1923)であり、1906年から1913年にかけて4編の論文を発表している。

AuerbachはHans von Buelow(1830-1894)とNaret Koning(1838-1905)という二人の音楽家の脳を調べた。前者は指揮者・ピアニスト、後者はオーケストラのコンサートマスターとなったヴァイオリン奏者である。岩田氏の説明によれば、通常の人と比べて二人の脳は左側の上側頭回の後ろ3分の2が異常に大きく発達していた。また下頭頂小葉が特に左半球側で大きく発達していた。左上側頭回は聴覚野、聴覚連合野、ウェルニケ領域を含んでおり、それらが肥大していたことは二人が音楽家として優れた聴覚能力を持っていたことを示唆する。

Auerbachは5人の著名な演奏家の脳も調べている。これらの演奏家には上の二人の音楽家と同様の特

† Brain for Music
Tutomu FUJINAMI

* 北陸先端科学技術大学院大学
Japan Advanced Institute of Science and Technology

徴、すなわち左側の上側頭回の後ろ3分の2が異常に大きく発達しているという特徴が見られた。それ以外に、下頭頂小葉、特に縁上回が発達していた。ほかの同様の研究をあわせると9名の著名な演奏家の脳について所見が得られ、いずれの脳も縁上回が発達していたという。角回にも特徴が見られ、音楽家の脳では下頭頂小葉を形成する2つの領域のうち、縁上回は左側が、角回は右側が発達している者が多かったとのことである。

岩田氏は演奏家の脳の特徴を文献に基づいて検討し、ヴァイオリン奏者3名、チェロ奏者1名、ピアノ奏者1名について中心前回と中心後回が著しく大きかったとまとめている。中心前回は手と手指の運動や感覚に関わっており、中心後回は感覚野を含む。指先の巧みな動きに関与するこれらの部位が発達していたことは興味深い。

以上の知見を岩田氏は次のようにまとめている。すなわち、天才音楽家に共通するのは、聴覚連合野である上側頭回と下頭頂小葉-感覚情報と記憶痕跡の間の連合作用を営む-が大きいこと、ピアニストと弦楽器奏者はそれらの特徴に加えて、指先の巧みな動きに関与する部位が発達していることである。

優れた音楽家や演奏家が脳の形が変わるほど特定の能力を発達させていたという点に驚かされる。これらの人たちの脳も生まれた直後は常人と同じであったが、その後の訓練によって特有の形に発達していったと考えられる。音楽の理解や演奏に必要な部位が特に発達していたのは当然のように思われるが、視認できるほど大きくなっていたことは驚きである。

3. 脳機能イメージングによる調査

解剖学的所見は音楽理解と演奏に必要とされる部位を特定するに有用であるが、それらの部位がどのように働いているかは明らかにできない。脳の活動を測定する手段として脳波計などが用いられてきたが、刺激に対して賦活された部位を特定することが困難である。一方、近年開発されたfunctional magnetic resonance imaging (fMRI) やpositron emission tomography (PET) は賦活された部位を特定できる利点がある。これらfMRIやPETを用いて、音楽の理解と生成に関わる部位を特定する研究が数多くなされてきた。

楽器演奏については1992年にSergent[13]らが発表した鍵盤楽器演奏時の脳活動の研究が最初とされている。Sergentらは10人のピアノ奏者を被験者として、楽譜を見ながら右手で鍵盤を弾く時の脳活動をPETを用いて計測した。調査の結果、視覚的に得た音符情報を対応する音に変換している様が見て取れた。具体的

には下頭頂小葉が賦活された。また左運動前野と左下前頭回皮質にかけての領域が特異的に活動した。前者は鍵盤楽器を弾いた右手の動きを統御しているためと考えられる。後者の左下前頭回皮質は言語を司るブローカ領域に隣接している。ブローカ領域は発話に関与する筋活動の時間的順序を制御するとされているので、右手指が鍵盤を押さえる順番を左下前頭回皮質が制御したのであろうと推測される。

両手を使った演奏時の活動はParsonsらがPETを使って調べ、2003年に発表している。Parsonsの実験では被験者らが楽譜を見ないでバッハのイタリア協奏曲第三楽章を演奏した。調査の結果、側頭葉が顕著に賦活されていることがわかった。また単に音階を弾いた場合と比べると、右半球で広範囲の部位が賦活されており、曲を弾く時はメロディーの聴取・表現が右半球で行われていることが推察された。

ピアノ奏者以外にはヴァイオリン奏者の演奏が調べられている。Kristevaらは脳波計を用いて演奏準備時、演奏中、メンタルトレーニング時の活動を測定し、いずれの場合も運動野および両側前頭葉が賦活されたと報告している。

またKleber[8]らはオペラ歌手を始めいろいろな技巧レベルの歌手49名を被験者とし、「カロミオベン」の冒頭部分を歌ったときの状態をfMRIで調べた。結果、歌手としての訓練を受けると声帯など発声に関わる一次感覚運動皮質の部位が賦活されること、またプロのオペラ歌手の場合、一次感覚運動皮質の特に右側に顕著な活動が見られた。そのほかに歌手としての訓練が影響している点として、熟練した歌手は皮質下の活動に特徴があり、大脳基底核と視床、小脳が活発に働いていることがわかった。Kleberらはこれらの結果から熟練した歌手の特徴を次のように解釈している。すなわち、声帯など発声に関わる身体部位を制御する大脳皮質のネットワークに加えて、暗黙裏に働く運動記憶を担う部位(小脳など)が賦活されている。

以上、脳機能イメージングによる最近の研究成果を概観したが、音楽の認知と演奏に必要であろう認知能力を担っている部位が正しく賦活されている。研究が進めばより緻密に特異な能力を担っている脳の部位を特定できるであろう。このような研究は、巧みな動きに何が関与しているのかを明らかにするという点で有益である。

4. 音楽家と素人の違い

身体知研究の観点からは訓練を経て巧みな動きができるようになった音楽家と何ら専門的訓練を受けていない素人との違いが興味深い。熟練者と素人を比較す

ることで熟練の技を可能にしている認知能力が明らかになると期待されるからである。

Gaser[4]らは磁気共鳴装置を用いて音楽家（鍵盤演奏者）と素人それぞれ20名について脳を走査し、各部位の大きさを比較した。結果は上で紹介した研究と整合しており、一次感覚運動皮質、運動前野、前頭葉後部など運動に関与する部位と色や形状を認識するとされる下側頭回が大きかった。前者は巧みな動きの制御を、後者は楽譜の読み取り能力を反映していると解釈できる。左半球では、一次視覚野に含まれるヘッセル回と下前頭回が発達していた。下前頭回は口・咽喉・喉頭など発声・発音に関与する筋肉を制御すると考えられており、その部分が発達していることは言語能力と演奏能力の間に何らかの関係があるとも考えられる。

これら熟練した音楽家に共通する脳の特徴は白灰質に集中しており、白質にはみられない。白質は同時並列処理に、また白灰質は逐次処理に使われるとされているが、音楽家としての訓練がなぜ白灰質に痕跡を残し、白質には影響しないのかは今後の研究により明らかにされるのを待たなければならない。

Stewart[14]は音楽家の脳は運動と体性感覚に関与する部位に変化がみられるとしている。一般人との差異は演奏する楽器によっても影響を受け、指を酷使するピアノ奏者は指の制御に関わる箇所が広いという特徴がある。弦楽器奏者は弦を押さえるために左手を酷使するので左手を制御する部位が発達しており、鍵盤楽器奏者は右手を制御する部位が発達している。鍵盤楽器は両手を使って演奏するので左右の関連部位が均等に発達しそうなものであるが、楽曲の多くは右手に器用さを要求するのでその影響ではないかと推察している。

演奏では左右の手が異なった動きをしつつ連係して働くことが求められるが、そのために演奏家の脳では両半球の連係が巧みに行われるとしている。たとえば左手と右手の指を独立に動かすのは素人には難しく、右手の親指を動かしながら左手の指も動かそうとすると親指が動いてしまうが、鍵盤奏者はそれ以外の指、たとえば小指を同期させることができる。動きのタイミングは同期しつつ、動く指は左右で異なる点特徴的であり、訓練することで両半球が連係して行う動作が巧みになっていくと考えられる。

聴覚についても演奏家は素人よりも優れているが、なかでも絶対音感を持っている人は左半球の側頭平面が右半球の側頭平面よりも活性化しているという特徴がある。この現象に関しては左半球の側頭平面が右半球の左半球の側頭平面よりも活発に動いているという

よりは、右半球にある側頭平面の活動が抑えられているとの解釈がなされている。

どのような音色に特異的に反応するかという点については演奏する楽器の違いが影響し、ヴァイオリン奏者はヴァイオリンの音に特異的に反応し、トランペット奏者はトランペットの音に特異的に反応することが知られている。おそらくは長期間、自分が演奏する楽器の音を聴いているためであろうと推測されるが、よい音を出そうと自覚なしに考え、そのような意識下の意図が影響するとの見方もある。

音を聴くと自然に体が反応するので、舞台上で歌う前には声楽曲を聴かないという歌手もいるらしい。歌声を耳にするだけで喉や声帯に緊張が走り、歌唱に影響するという。音楽を聴くだけで演奏に必要とされる筋肉の制御に対応する脳の部位が活動する現象も見いだされている。（mirror neuronに相応するものとして echo neuronという概念が提唱されている。）

5. 訓練の効果

熟練者と素人では様々な違いがあることがわかったが、そのような差異は結果であって原因ではない。巧みの動きをもたらしたのは長期間に渡る訓練である。ゆえに因果的な説明を求めるのであれば、訓練過程とその効果（脳への影響など）を調べる必要がある。

それとも生まれつき音楽家に向けた能力を備えているのが問題となるが、Norton[11]らはこの点について楽器演奏を学び始めたばかりの児童（5歳から7歳）39名の脳と認知能力を調査し、学習開始時点では楽器演奏を学んでいない児童ら（対照群31名）と器質的にも機能的にも何ら違いがないことを報告している。すなわち、脳にみられる音楽家の特徴は訓練の結果、後天的に形成されたものと結論づけられる。

なおNortonらによると、楽器演奏の学習は児童の認知能力と無関係であったが、興味深い点として音楽知覚能力と非言語的推論・音素弁別能力との間に相関が見られたという。この結果は音楽の認知能力と言語の認知能力の間に共通する要素があることを示唆している（後述）。

Norton[6]らはほぼ同じ群を対象に15ヶ月後の変化を比較している。結果は演奏を学んでいる群に顕著な変化が見られ、運動制御に関する部分、特に右中心前回（手の動きを制御する箇所）と脳梁が発達していた。これらの変化は左手の動きと聴き取り能力のテスト結果と一致しており、身体・認知能力の向上が動作的にも脳機能的にも確認できた。さらに両皮質と大脳内側面、さらに左半球の後帯状回などが発達していたが、これらについては動作や認知能力への影響が認められ

なかった。これらの部位は感覚情報と四肢の動きの統合に関わっており、楽譜から読み取った情報に感情を付加する能力と関係があるのではないかとNortonらは推測している。

楽器演奏については幼少時から訓練を開始することの重要性が言われるが、Bailey[1]らは訓練開始時期の違いがどのような影響を及ぼすかを調べた。彼らは7歳未満で訓練を始めた群ETとそれ以降から訓練を始めた群LTを比較し、群ETの方がリズム感が優れていることを見いだした。

Kelly[7]は音楽に限定せず、訓練により脳が発達していく段階を一般論として概説している。Kellyによれば、第一段階では脳の活動が一部低下するという。これは間違ったこと、無関係なことをやめることが技能獲得の第一歩であると解釈できる。次の段階では新たに活動しだす部位が出てきて、調整を繰り返しつつ一定のレベルに落ち着く。これは動作面からいえば学習者が新しい動作に慣れた状態と考えられる。技能獲得にはさらに上のレベルがあり、そこでは活動部位が大きく変わる。動作面からいえば、やり方を変えることに相当する。

文献読解を通してKellyが提示した技能獲得のモデルは確からしく思われるが、演奏技能の獲得について同様の結果を示したものはない。それは提示されているモデルがかなり長い期間—たとえば5年とか10年—に渡って起きる変化についてのものであるからであろう。Nortonらの研究は長期的に継続していくとのことなので、将来、同様の結果が楽器演奏の技能獲得についてもたらされる可能性はある。

6. 他の能力への影響

楽器演奏を学ぶことがほかの身体・認知能力に好影響を及ぼすことはあるのだろうか。楽器演奏を成り立たせている能力は大きく二つに分けられる。一つは楽譜をみて音に変換する能力、もうひとつは自分や他人の出す音を聴き取る能力である。前者は空間認知や異なった種類の情報を統合する能力とみなせる。岩田氏は音楽家の脳の解剖学的特徴に触れる中で同様の特徴が数学者や物理学者などにも見いだせるとしている。数理的な面で能力を発揮する者が同時に優れた音楽家であったり演奏家であったりする例は少なくない。後者は言語能力と密接に関わる点であり、演奏家のなかには多国語を流ちょうに操る者も多い。

Moreno[10]らは4歳から6歳までの幼児64名を対象に音楽聴取訓練がほかの認知能力に及ぼす影響を調べた。訓練期間は20日間という短期間であったが、音楽の訓練を受けた群(32名)は言語能力が向上した。具

体的には語彙が豊富になり、意味を答えられる単語の数が増えた。しかし知能テストや空間認知テストでは比較群との差がみられなかった。彼らは脳波も調べており、訓練を受けた群の方が刺激に対する反応が強いことを報告している。

言語との関連についてはHo[5]らも同様の報告をしており、楽器演奏を習っている群は言語的記憶力が高いと述べている。視覚的記憶力についてはそのような効果はみられなかったと報告している。

言語と音楽はいずれも音の高低(音楽の場合は音程)で文やメロディを表現する点が共通する。両者は同じ認知能力によって処理されるのではないかと仮説は確からしく思われる。Wong[15]らは演奏家らの聴覚処理を調べ、通常は皮質のみで処理されるものが、旧皮質も機能していることを見いだした。Wongらはそのような特殊な聴覚の働き方が、音楽家が示す優れた言語習得能力と関係するのではないかと述べている。

演奏者が言語獲得で有利なのはいろいろな音楽に触れているからだという説明も成り立つ。世界には多様な言語があり、そのうちのいくつかは音楽と同じ影響を人間に及ぼすかもしれない。Bidelman[3]らはこの点について中国語(北京語)を題材に興味深い実験を行っている。中国語では音の高低変化が重要であるから中国語を母語とする者は音程変化に敏感であるかもしれない。その敏感さは演奏者と同じであるかもしれない。そこでBidelmanらは中国語特有の音程変化を抽出し、メロディとして再構成したものを両群に聞かせて反応を比較した。仮説が正しければ両群は同じ反応を示すはずであるが、結果は否定的であった。すなわち演奏家群の方がメロディに対して強い反応を示した。したがって音楽的能力は言語獲得に有利に働くが、言語能力と同じというわけではないといえる。

音楽を学ぶことが知能を高めるとの説もあるが、これは正しいだろうか?たとえば音楽的才能と数学的才能の間には何か関係があるのだろうか?Schellengerg[12]は9歳から12歳までの子供を対象として、音楽的訓練を受けた者が知能とその他の高次の認知能力(注意力・記憶力など)において優れているかどうかを調べた。その結果、知能テストと音楽的訓練の有無の間には相関がみられたが、高次認知能力との間に関連は見いだされなかった。この結果からSchellenbergは音楽的訓練が知能発達に良い影響を及ぼしたというより、知能の高い子供の方が音楽的訓練を受ける機会が多いということではないかと推測している。つまりSchellenbergは音楽的訓練が知能発達に好影響をもたらすという説を否定している。しかしその点については異論もある[2]。

7. まとめ

以上、本論では音楽家の脳には通常の人とは異なる特徴があること、機能的にも異なった発達を遂げることを概観してきた。そのような特徴は生まれつきのもではなく音楽的訓練によって備わるに至ったものである。したがってどのような訓練を受けたかによって発現する特徴も微妙に異なる。弦楽器奏者、ピアニスト、声楽家では求められる技能の違いにより、少しずつ異なった特徴を示す。またよく言われているように幼い時から訓練を始める方が有利であり、7歳未満で訓練を始めた児童の方がリズム感がよい。

楽器演奏を学ぶと頭が良くなるとか、言語能力が磨かれるといった説もあるが、確実なのは言語能力との関係だけである。これも楽器演奏の能力が言語の能力と同じだからそういう結果になるのではなく、楽器演奏の訓練を受けることで獲得したある能力が言語習得の際に有利に働くということのようである。楽器演奏の訓練によりどのような能力が身につくのかについてはまだわかっていないことも多い。最近の研究についてはKoelshがまとめている[9]。また古屋がピアニストの脳に関する研究を網羅的にまとめているので一読をお薦めする[16]。

脳神経科学的にはこれらの研究は脳の可塑性を調べる手段として有益である。ある特定の訓練を受けたり、刺激に曝されることで脳がどのように変化しうるかということ調べているといえる。一方、身体知研究からはどのようなことがいえるであろうか？巧みな動作にはそれに相応する脳の活動があるということは興味深い。しかしながら冒頭でも述べたように、見いだされた脳の変化や特徴は巧みな動きの原因ではなく、その痕跡である。ゆえに脳活動という新たな側面から現象をみたという点での新規性はあるが、新たな結論を導き出すには至らない。

同等に重要なのは巧みな行為をより緻密に分析し、それに対応する何かが脳にあるかどうかを確認することである。そのようなアプローチは音楽を題材に脳を研究しているもの全般に共通するが、実験課題がやや単純であるように思われ、真の技芸を扱っているとは言いがたい。楽器演奏のような能力が後天的に訓練によって獲得されるものであるなら、訓練によって獲得される能力も千差万別であるはずだ。極端に言えば世界中で一人の人間しかやっていないこと(一世一代の芸)もあり得る。

身体知研究には、むしろそういった極端な例(至芸)に着目するというアプローチもありうる。ヴァイオリン奏者とピアノ奏者の違いを明らかにするといった研

究はそのような方向性にあるといえる。さらに推し進めてヴァイオリン奏者AとBではどのように異なるのかとか、ピアノ奏者CとDでは何が違うのかといったことを調べることに意義がある。

その際には脳のどの部位がその機能を担うのかといった一般論ではなく、ある特殊なことをしていると脳の中の部分に痕跡が残るのかといった個別性や特殊性に着目すべきであろう。つまり脳機能の地図を書くことが目的ではなく、そのような地図(一般性)を前提としつつも、特殊なケースで脳で何が起きているのかを明らかにすることに意義がある。それが脳の柔軟性や可能性を調べることにつながるからである。

一般的に音楽家がどのような脳の使い方をしているかという一般則を見いだすことだけではなく、他に例のないユニークな脳の働きを見つけることも有益ではないだろうか。そのためには外から観察して新奇な現象を見いだす必要がある。そういった由来から身体知研究は熟練者が何をしているかをよく見ることから始まる。脳の研究は傍証にはなるが、それ自体で独立して何かを説明することはない。この点に注意を払いつつ、脳研究で得られた知見を身体知研究に活かしていくべきであろう。

参考文献

- [1] J. A. Bailey and V. Penhune. Rhythm syn-chronization performance and auditory working memory in early- and late-trained musicians. *Experimental Brain Research*, 204 (1) : 91–101, 2010.
- [2] E. Bialystok. How does experience change cognition? evaluating the evidence. *British journal of Psychology*, 102 (3) : 303–305, 2011.
- [3] G. M. Bidelman, J. T. Gandour, and A. Krishnan. Musicians demonstrate experience-dependent brainstem enhancement of musical scale features within continuously gliding pitch. *Neuroscience Letters*, 503 : 203–207, 2011.
- [4] C. Gaser and G. Schlaug. Brain structures differ between musicians and non-musicians. *The journal of neuroscience*, 23 (27) : 9240–9245, 2003.
- [5] Y. C. Ho, M. C. Cheung, and A. S. Chan. Music training improves verbal but not visual memory : cross-sectional and longitudinal explorations in children. *Neuropsychology*, 17 (3) : 439–450, 2003.
- [6] K. L. Hyde, J. Lerch, A. Norton, M. Forgeard, E. Winner, A. C. Evans, and G. Schlaug. The effects of musical training on structural brain development : a longitudinal study. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1169 : 182–186, 2009.
- [7] A. M. C. Kelly and H. Garavan. Human functional neuroimaging of brain changes associated with practice. *Cerebral Cortex*, 15 (8) : 1089–1102, 2005.
- [8] B. Kleber, R. Veit, N. Birbaumer, J. Gruzelier, and M. Lotze. The brain of opera singers : Experience-

- dependent changes in functional activation. *Cerebral Cortex*, 20 (5) : 1144–1152, 2010.
- [9] S. Koelsch. Toward a neural basis of music perception – a review and updated model. *Frontiers in Auditory Cognitive Neuroscience*, 2, 2011. doi:10.3389/fpsyg.2011.00110.
- [10] S. Moreno, E. Bialystok, R. Barac, E. G. Schellenberg, N. J. Cepeda, and T. Chau. Shortterm music training enhances verbal intelligence and executive function. *Psychological Science*, 22 (11) : 1425–1433, 2011.
- [11] A. Norton, E. Winner, K. Cronin, K. Overy, D. J. Lee, and G. Schlaug. Are there pre-existing neural, cognitive, or motoric markers for musical ability? *Brain and Cognition*, 59 (2) : 124–134, 2005.
- [12] E. G. Schellenberg. Examining the association between music lessons and intelligence. *British Journal of Psychology*, 102 (3) : 283–302, 2011.
- [13] J. Sergent, E. Zuck, S. Terriah, and B. MacDonald. Distributed neural network underlying musical sight-reading and keyboard performance. *Science*, 257 (5066) : 106–109, 1992.
- [14] L. Stewart. Domusicians have different brains? *Clinical Medicine*, 8 (3) : 304–308, 2008.
- [15] P. C. M. Wong, E. Skoe, N. M. Russo, T. Dees, and N. Kraus. Musical experience shapes human brainstem encoding of linguistic pitch patterns. *Nature Neuroscience*, 10 : 420–422, 2007.
- [16] 古屋晋一. ピアニストの脳を科学する, 春秋社, 2012. (2011年12月14日 受付)

[問い合わせ先]

〒923-1292 石川県能美市旭台1-1

北陸先端科学技術大学院大学

藤波 努

TEL : 0761-51-1716

FAX : 0761-51-1149

E-mail : fuji@jaist.ac.jp

著者紹介

みじなみ つとむ
藤波 努 [非会員]

早稲田大学第一文学部哲学専攻、Edinburgh大学より博士号を授与される。日立製作所システム開発研究所、Institute for Natural Language Processing, University of Stuttgart研究員を経て1998年4月より北陸先端科学技術大学院大学知識科学研究科・准教授。2010年10月よりマルタ大学・Faculty of Media and Knowledge Sciences 客員教授。