

論 文

音楽のピッチを上げたり下げたりすると音の高さが変化するだけでなく 非連続的な印象変化をする性質がある事を示唆する研究 世紀の大発見である可能性

大金翔吾

pf2279@icloud.com, shogo2013@outlook.jp

要旨 先行研究で説明されているトーンクロマの振る舞いに関して一切検討されていない事から本研究ではその振る舞いに関して検討を行い、内観報告を用いてトーンクロマの正体が周波数固有の音高以外の現象であり、音楽理論や絶対音感の性質、オクターブ等価性や半音差で劇的に印象が変化するという実験的事実により周波数固有の音高以外の現象は五度圏を描き、音楽にピッチを上げたり下げたりすると非連続的に印象変化をする性質があると示した。更にそれは絶対音感保持の有無に関わらず存在する現象であると示唆された。本研究はその振る舞いが離散スペクトルのような性質を示す事を証明した世紀の大発見であるがその非連続的な振る舞いは盲点の現象であり外部から観察出来ない内観現象であり如何なる検出器で検出不可能であり、また統計的データ化不可能であるため物理学者が数式的に解明する事は不可能であると論じる。またオクターブ等価性などのピッチの循環的側面、絶対音感、ピッチの時間説、ミッシングファンダメンタルなどの音の高さで説明してしまうと摩訶不思議に見える現象は周波数固有の音高以外の現象で置き換えられて説明できる事が判明した。

キーワード 内観報告 周波数固有の音高以外の現象 音楽理論 絶対音感 ピッチを上げたり下げたりすると非連続的な印象変化する性質 絶対音感保持の有無に関わらず存在する現象 離散スペクトル 世紀の大発見 外部から観察出来ない内観現象 盲点の現象

1 序論

音楽理論の前提である音階という概念は例えば 440Hz と 880Hz を周波数が 2 倍関係であるオクターブ関係で同じ A 音とみなし音名が循環する性質を持ちそれらを同じように感じるオクターブ等価性という概念が存在する。音高には直線的に変化していくトーンハイトと循環的に変化していく C らしさや A らしさであるトーンクロマという概念が存在する。

(Kallman & Massaro, 1979) トーンクロマは旋律を構成しており、絶対音感保持の有無に関わらず存在する現象であると知られている。

(宮崎, 2013)。よく絶対音感保持者がオクターブエラーを引き起こす。(Miyazaki, 1989)。

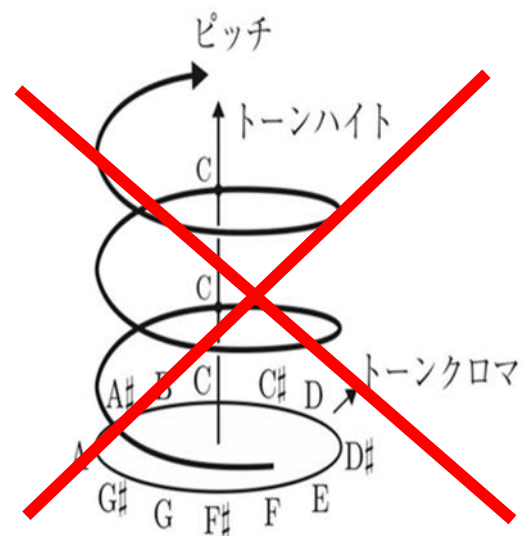


図 1 ピッチの多次元モデル

(大串,2017)で説明されている図1のピッチの多次元モデルであるが、肝心のトーンクロマの振る舞いの説明が不明瞭なモデルであると指摘する。従ってこのモデルを破棄する。

(大串,2017)で説明されている通り、トーンクロマの振る舞いに関しては研究者の主観的な意見ばかりであり、音楽の構造に関する体系的な説明が一切されていない。先行研究ではトーンクロマの振る舞いに関する検討が全くされていない事を指摘する。本研究ではトーンクロマの振る舞いに関して検討を行うために4つの前提条件を仮定して議論を進める。

1.別の音高であるオクターブ関係を同じ音名とみなすオクターブ等価性に対して本研究ではトーンクロマの正体を周波数に対する以外の現象であると新たに仮定して周波数を上げたり下げたりすると音高の変化と音高以外の現象の変化の2つの現象が同時に変化をすると言い換える。そしてオクターブ関係で周波数固有の音高以外の現象が同じであると言い換える。

2.オクターブ等価性は音楽理論の前提であり一般的な現象である。従って周波数に対する音高以外の現象は誰でも絶対音感保持の有無に関わらず存在する現象であり音楽理論の前提なので何らかの音楽の基本的な原理に起因すると予想する。

3.絶対音感をより確からしく説明するためにオクターブエラーの現象から絶対音感保持者は周波数固有の音高以外の現象に対して敏感である傾向が強いと仮定する。

4.しかしこの現象は先行研究で一切言及されていない現象であるため盲点の現象であり、しかも外部から観察出来ない内観現象であるため如何なる検出器で検出不可能であると示唆する。

2 研究手法

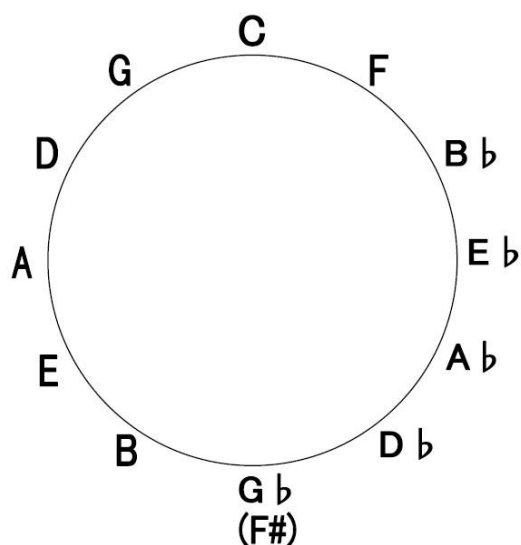
本研究では先行研究では盲点の現象であり振る舞いが解明されていないトーンクロマと同義である周波数に対する音高以外の現象がどのような振る舞いをするのかを内観報告を用いて予測し、間接的な証明方法や音楽理論や絶

対音感の性質をより確からしく説明できるかの考察を行う。

3 周波数に対する音高以外の現象自体の振る舞いについて

周波数に対する音高以外の現象に関して(鐸木,2019)によると、“人間音叉型の絶対音感者は基準音の調律を450Hzくらいまで上げると気持ち悪くなりラベリング出来ない”と論じており、450Hzくらいまで上げると不快に感じるという現象は音高では説明できない現象である。これは音の高さでは説明出来ない現象であるためこの現象に周波数に対する音高以外の現象が関与していると事が確からしいと仮定する。内観報告によるより確からしい説明として半音同士で周波数に対する音高以外の現象が劇的に異なり、異なったもの同士が混在しているから不快に感じると仮定する。更に周波数に対する音高以外の現象がオクターブ関係で等しいかつ循環するものとし、かつ音名と直接対応する概念と仮定する。以上の条件から演繹法を用いると

C→G→D→A→E→B→F♯→C♯→G♯→D♯→A♯→F→Cのように五度圏のような円形を描くと



示す。(図2)

図2 五度圏モデルCから五度上の音階を隣り合わせていくと時計のように一周する。

音名固有の振る舞いをする為、以後そのような振る舞いをする現象を「周波数固有の音高以外の現

象」と説明する。外部から観察出来ない内観現象でありどの周波数が基準音になっているかは如何なる測定器で測定不可能であり、著者の内観報告に委ねられるが、なじみの深い平均律 $A=440.000\text{Hz}$ 基準に定まっていると仮定すると、

C の周波数固有の音高以外の現象は 261.626Hz 周辺とその 2 の n 乗 Hz 周辺に生じる。(n は整数)

G の周波数固有の音高以外の現象は 391.995Hz 周辺とその 2 の n 乗 Hz 周辺に生じる。(n は整数)

D の周波数固有の音高以外の現象は 293.665Hz 周辺とその 2 の n 乗 Hz 周辺に生じる。(n は整数)

A の周波数固有の音高以外の現象は 440.000Hz 周辺とその 2 の n 乗 Hz 周辺に生じる。(n は整数)

E の周波数固有の音高以外の現象は 329.628Hz 周辺とその 2 の n 乗 Hz 周辺に生じる。(n は整数)

B の周波数固有の音高以外の現象は 493.883Hz 周辺とその 2 の n 乗 Hz 周辺に生じる。(n は整数)

F# の周波数固有の音高以外の現象は 369.994Hz 周辺とその 2 の n 乗 Hz 周辺に生じる。(n は整数)

C# の周波数固有の音高以外の現象は 277.183Hz 周辺とその 2 の n 乗 Hz 周辺に生じる。(n は整数)

G# の周波数固有の音高以外の現象は 415.305Hz 周辺とその 2 の n 乗 Hz 周辺に生じる。(n は整数)

D# の周波数固有の音高以外の現象は 311.127Hz 周辺とその 2 の n 乗 Hz 周辺に生じる。(n は整数)

A# の周波数固有の音高以外の現象は 466.164Hz 周辺とその 2 の n 乗 Hz 周辺に生じる。(n は整数)

F の周波数固有の音高以外の現象は 349.228Hz 周辺とその 2 の n 乗 Hz 周辺に生じる。(n は整数)

従って周波数の物理量の変化に対して音高は連続的な変化であるが、周波数固有の音高以外の現象の変化は周波数の物理量の変化に対して非連続的な変化であり、離散的な存在でもあり、およそ特定の周波数を基準に知覚現象として 12 種類に割り切られている音名固有やキー固有の性質を持つ振る舞いをする。序論で説明したトーンクロマの C らしさや A らしさは周波数固有の音高以外の現象で確からしく説明が出来る。そのためラベリングの精度が高く、かつ絶対音感保持者は (池田, 2014) よりおよそ平均律 $A=440.000\text{Hz}$ よりずれた調律に対して違和感を覚えるかつ 12 種類の音名しかラベリング出来ないと説明出来る。これがオクターブ等価性の唯一の理由であり、かつ一般的な心理現象と推論する。絶対音感保持者は周波数固有の音高以外の現象に対して敏感であると確からしく説明できる。

周波数固有の音高以外の現象の性質から以下の現象が発生すると予想する。メロディのキーを半音単位で段階的に変化させると音高の変化と同時に非連続的に印象変化して丁度オクターブ関係で元に戻る性質が現出する。

原曲キーをハ長調と仮定して周波数固有の音高以外の現象が 12 時の位置にあったとする。

キーを 1 つ上 (変ニ長調) にする (周波数を 1.059463 倍にする) と周波数固有の音高以外の現象は 7 時の位置になる。

キーを 2 つ上 (ニ長調) にする (周波数を 1.122462 倍にする) と周波数固有の音高以外の現象は 2 時の位置になる。

キーを 3 つ上 (変ホ長調) にする (周波数を 1.189267 倍にする) と周波数固有の音高以外の現象は 9 時の位置になる。

キーを 4 つ上 (ホ長調) にする (周波数を 1.259921 倍にする) と周波数固有の音高以外の現象は 4 時の位置になる。

キーを 5 つ上 (ヘ長調) にする (周波数を 1.334440 倍にする) と周波数固有の音高以外の現象は 11 時の位置になる。

キーを 6 つ上 (嬰ヘ長調) にする (周波数を 1.414214 倍にする) と周波数固有の音高以外の現象は 6 時の位置になる。

キーを7つ上（ト長調）にする（周波数を1.498307倍にする）と周波数固有の音高以外の現象は1時の位置になる。

キーを8つ上（変イ長調）にする（周波数を1.587401倍にする）と周波数固有の音高以外の現象は8時の位置になる。

キーを9つ上（イ長調）にする（周波数を1.681793倍にする）と周波数固有の音高以外の現象は3時の位置になる。

キーを10つ上（変ロ長調）にする（周波数を1.781797倍にする）と周波数固有の音高以外の現象は10時の位置になる。

キーを11つ上（ロ長調）にする（周波数を1.887749倍にする）と周波数固有の音高以外の現象は5時の位置になる。

キーを12つ上（ハ長調）にする（周波数を2.0倍にする）と周波数固有の音高以外の現象は元の位置に戻る。

更にこの音楽のキー固有の印象に対する手掛かりが音楽理論で語られている各調性に対する印象である調性格の存在である。各調性に対する印象は一定であると仮定する。しかし調性格は先行研究では解明されていない。そこで著者の内観報告であるが#系は上向きの調性格、b系は下向きの調性格を示す。調性格は周波数固有の音高以外の現象に起因する。一方で（宮崎ら,1994）より絶対音感保持者は原曲の調に敏感であり移調したメロディのもとで等価性の判別が不正確という説明があり、これを説明するために半音差で劇的に印象が異なる性質や、周波数固有の性質で合理的に説明することができ、かつ絶対音感保持者は周波数固有の音高以外の現象に対して敏感である傾向があるとする確からしく説明ができる。しかしこの現象は盲点の現象であると示唆された。またウェーバー・フェヒナーの法則は適用不可能である。

4 周波数固有の音高以外の現象が音楽の基本的な心理性質である事が確からしいことについて

協和音、不協和音の認知や音楽理論に周波数固有の音高以外の現象や関与している事が確からしい事を示す。それに関する間接的な実

証例は（J McDermott et al, 2016）によると音楽経験が全く無いアマゾンの先住民は不協和音に対して不快に感じないという記述がある。更に（佐藤,2005）によると失音楽症の患者は音楽に対して情動を感じない、もしくは音楽の知覚に障害が出るという報告がある。反例として（Masataka, 2017）によると音楽に対して早熟である自閉症児は不協和音に対して強い不快感を示すという報告が出ている。従って周波数固有の音高以外の現象は音楽の知覚や不協和音の認知などの情動現象両方に起因すると仮定し音楽経験が全く無いアマゾンの先住民や失音楽症の患者は半音差で劇的に印象が異なる現象を何らかの理由で認識できないあるいはその認知に障害が出るかと仮定する。また周波数固有の音高以外の現象が感知できなければオクターブ等価性も成立しないため音楽理論が成立しない。従って周波数固有の音高以外の現象は音楽理論に起因し音楽の情動に起因すると合理的な説明が出来る。協和音、不協和音の内観報告による説明に関して周波数固有の音高以外の現象が遠いもの同士が混在しているから不協和音であると仮定する。二和音では転回が出来てしまうため三和音で説明すると、

- ・短二度関係では周波数固有の音高以外の現象が時計の5時分離れているから不協和音である。

- ・マイナーコードに含まれる短三度関係は周波数固有の音高以外の現象が時計の3時分離れているからやや不協和音である。

- ・メジャーコードに含まれる長三度関係は周波数固有の音高以外の現象が時計の4時分離れているが根音の5倍音に長三度上の周波数固有の音高以外の現象が共通して存在しているから協和音である。

- ・ディミッシュコードに含まれる増四度関係は音高以外現象が時計の6時分離れているため不協和音である。

- ・完全五度は周波数固有の音高以外の現象が時計の1時分離れていてかつ根音の3倍音に完全五度の周波数固有の音高以外の現象が共通しているため協和音である。

・オーギュメントコードに含まれる増五度関係は周波数固有の音高以外の現象が時計の4時分離れているが根音の倍音に増五度上の音が含まれておらず更に協和音に重要な完全五度関係の音を外しているため不協和音である。

大体周波数固有の音高以外の現象を仮定する事でより確からしい説明ができる。このように協和音と不協和音には半音差で劇的に意味や印象が異なる性質を持っており、それに対して整合的に説明できる。更にこれに対しても絶対音感保持者は周波数固有の音高以外の現象に敏感である傾向があると推論できる。また音楽理論の性質に関しても周波数固有の音高以外の現象で説明出来ると論じる。一例を挙げると（大畑,1990）よりファとシを抜いたヨナ抜き音階が安定なのはミとファとシとドの短二度関係やファとシの増四度関係が周波数固有の音高以外の現象が遠く、劇的に印象が変化しているため、それらを取り除いた音階が比較的安定であると結論付けると整合性が取れる。また半音差で劇的に印象が異なっており、かつ12種類に割り切られているから心の中で半音間違えることなく正確に音階の認知が容易であり、音程を容易に合わせることが出来て、正確に音形を容易に記憶できるという説明出来る。半音差で劇的に印象が異なる周波数固有の音高以外の現象は音楽の知覚や認知において合理的な役割を果たす存在だと説明出来る。

周波数固有の音高以外の現象はオクターブ等価の唯一の理由であり、協和音、不協和音の唯一の理由であり、音楽理論の基礎である情動現象や音楽の知覚に起因し、かつ周波数固有の音高以外の現象を感知できないと失音楽症に等しく西洋音楽を正しく認知できないと説明出来る。従って周波数固有の音高以外の現象は音楽知覚認知に深く起因し絶対音感保持の有無に関わらず存在する一般的な知覚現象である事が確からしいと示せる。

絶対音感の新しい定義は音楽の基本的な心理性質である周波数固有の音高以外の現象に対して敏感であるとみなす。

12種類に割り切られていてかつ半音差で劇的に印象が異なる周波数固有の音高以外の現象と言い換える事により絶対音感や音楽の知

覚の仕組みをより体系的に説明ができるため周波数固有の音高以外の現象は極めて重要な音楽の基本概念であると説明できる。

5 半音差で劇的に印象が変化することやピッチの上げ下げで非連続的な印象変化をする性質により周波数固有の音高以外の現象の存在がより確からしくなる事について

この絶対音感保持の有無に関わらず存在する事が確からしい周波数固有の音高以外の現象をより確からしくするために間接的な判定方法でそれを示したいが精神物理学測定法は適用不可能であるため、判定できそうな方法は半音差で劇的に印象が変化する性質である。それは絶対音感や音楽理論においてでも半音差で意味が劇的に異なり、周波数固有の音高以外の現象はそれに対して合理的に説明できるなどのより確からしい説明はされていた。その性質が乳幼児で存在する事が示している先行研究も存在する。（Cohen et al, 1987）それを数値的な測定方法はメロディを聞いている最中にメロディのキーを突然半音変化させる事に対して被験者が素早く反応するはずであり、それに対する反応は客観的に測定可能である。

6. 実験概要

本実験では半音差で劇的に印象が変化してかつピッチの上げ下げで非連続的な印象変化する性質である周波数固有の音高以外の現象が絶対音感保持の有無に関わらず存在する事が確からしいとみなしたために絶対音感を保有していない5年以内に音楽経験のない被験者9名（男性4名、女性5名）に対して調性が明確かつ誰でも聞いたことあるようなパッヘルベルのカノンをワイヤレスヘッドホン（KVIDIO）で聴取させて途中10000msごとに突然半音変化させてそれに対して何らかの印象変化があったと思った瞬間に被験者が手指でボタンを押させて単純反応時間（RT）を測定する。

（図3）

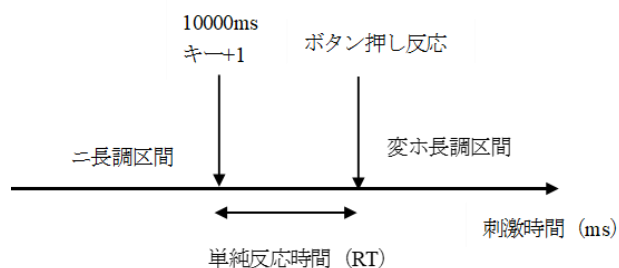


図3 移調刺激と単純反応時間

なお被験者にメロディの印象が残りやすいように原曲と似たような MIDI で作成したピアノアレンジとして出来るだけメロディの密度を大きくするようにした。また 130000ms と長めに聴取させる。実験手順は以下の通りである。

1.被験者に原曲の印象を与えるために 37 小節目からの原曲（ニ長調）のパッヘルベルのカノンを 130000ms 聴取させるのみの刺激を行う。

2.被験者に 37 小節目からのパッヘルベルの原曲（ニ長調）のカノンを 10000ms 聴取させ、10000ms 目に半音上げ（変ホ長調、キー+1）、20000ms 目に更に半音上げ（ホ長調、キー+2）、それ以降 10000ms ごとに半音上げを行い、120000ms 目にキー+12（ニ長調）まで合計 12 回半音上げを行う。ここでは判断能力に慣れる目的でボタン押しは行わず、次の実験に対する練習である。合計 130000ms 聴取させる。

3.同じく 2 で示した同じメロディを聴取させて半音上がったと思った瞬間にボタン押しをさせる。同じく 130000ms 聴取させる。

4.同じく被験者に 37 小節目からの原曲（ニ長調）のパッヘルベルのカノンを 10000ms 聴取させ、10000ms 目に半音下げ（変ニ長調、キー-1）、20000ms 目に更に半音下げ（ハ長調、キー-2）、それ以降 10000ms ごとに半音下げを行い、120000ms 目にキー-12（ニ長調）まで合計 12 回半音下げを行い。印象が変化したと思った瞬間にボタン押しを行う。合計 130000ms 聴取させる。

6.1 実験結果

被験者 1 名ずつ 24 回移調刺激を行った。被験者 9 名で計 216 回移調刺激を行い、以下のような結果が得られた。（図 4）

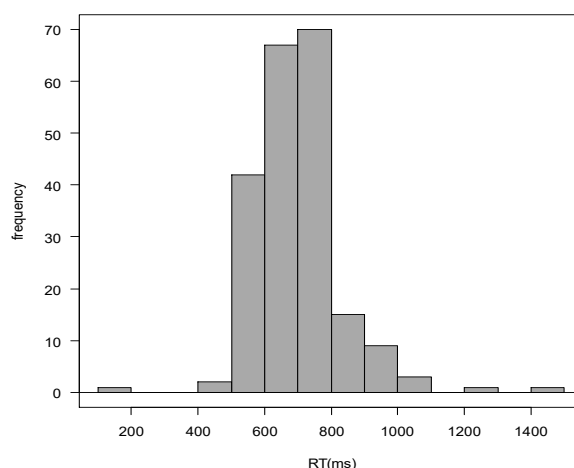


図4 外れ値を除いた移調刺激に対する反応時間の分布図

計 216 回の移調刺激のうち 222 回の反応が得られた。211 回の反応（95.05%）が 1500ms 以内の正答反応、1 回の反応（0.45%）が 1500ms 以上 3000ms 以内の正答反応、4 回が移調刺激に対する無反応、10 回の反応（4.50%）が 3000ms 以上の外れ値であり、これは全て前の移調刺激反応に対する重複反応であった。これによって音楽の性質が半音差で劇的に印象が変化する性質であり、また音のピッチを上げたり下げたりすると高さが変化するだけでなく非連続的な印象変化をする性質であると示唆された。

7 本研究は世紀の大発見である事について

本研究では先行研究では一切検討されていないトーンクロマの振る舞いに関して内観報告を用いての研究であるが、周波数固有の音高以外の現象から色んな事が言い換えられるが、これは所謂内観意識現象でありクオリア (Calmers,1995) のような存在であると言い換える事ができる。更に離散的な存在になっており、連続的な概念に離散的な存在が生じるという概念は量子化の定義と整合しまるで周波数帯に対して離散スペクトルが生じたかのようなものである。従って周波数固有の音高以外の現象は量子力学の所謂固有状態という概念であるとみなす事ができる。更に音楽理論よりクオリア現象自体に

決定的な相互作用が存在するとみなす事ができる。しかし現在の物理学では説明出来ない。これは物理学者が観た哲学（谷村,2019）の「未発見の相互作用」や「量子力学の量子状態」や「物理的状态に帰すことのできない意識状態」に極めて整合する。

（谷村,2019）で記述されている通り,基本相互作用（強い相互作用,弱い相互作用,電磁相互作用,重力の相互作用）にクオリア現象の相互作用を加えるべきである。本研究は音楽の知覚構造を体系的に説明して音楽が非連続的な印象変化をする性質である事を証明した世紀の大発見と示唆する。しかしこの周波数固有の音高以外の現象のピッチを上げたり下げたりすると非連続的な印象変化をする性質は先行研究では盲点の現象であり外部から観察出来ない内観現象であり如何なる検出器で検出不可能であるため物理学者が数式的に解明する事は不可能であると論じる。今後この問題に関して議論した物理学者が観た哲学（谷村,2019）より,今後物理学者などの科学者は次のような事に関する議論が必要であると論じる。

- ・ 基本相互作用（強い相互作用,弱い相互作用,電磁相互作用,重力の相互作用）の修正問題
- ・ クオリア問題などの意識のハードプロブレム問題
- ・ 時間概念と空間概念の哲学問題
- ・ 現象学問題
- ・ 形而上学問題
- ・ 科学哲学問題

更にオクターブ等価性などのピッチの循環的側面,絶対音感,ピッチの時間説,ミッシングファンダメンタルなどの音の高さで説明してしまうと摩訶不思議に見える現象は「周波数固有の音高以外の現象」で置き換えられて説明できる事が判明した。

参考文献

Kallman, H. L., & Massaro, D. W. (1979)
Tone chroma is functional in melody recognition.
Perception & Psychophysics, 26, 32-36.
Miyazaki, K. (1989) Absolute pitch
identification: Effects of timbre and pitch region.

Music Perception, 7, 1-14.

宮崎 謙一 (2013) "絶対音感を巡る誤解," 日本音響学会誌 69 (10) , 562-569.

大串健吾 (2017) 音のピッチ知覚について ミッシングファンダメンタル音のピッチを巡って. 日本音響学会誌, 73 (12) , 758-768.

鐸木能光 (2019) あなたの音感は何型か? 絶対音感の誤解. タヌパック.

池田佐恵子. (2014) 絶対音感におけるピッチメモリの精度とピッチラベリングの正確度. 人間環境学研究 12 (2) ,161-168.

宮崎謙一,石井玲子,大串健吾. (1994) 絶対音感を持つ音楽専攻学生によるメロディの認知 日本音響学会誌.50 (10) , 780-788.

J McDermott ,Alan F. Schultz, Eduardo A.

Undurraga & Ricardo A. (2016)

Godoy .*Indifference to dissonance in native Amazonians reveals cultural variation in music perception Nature* 535, 547-550.

佐藤正之 (2005) 音楽の脳内処理機構 : PET 研究と失音楽症例から 臨床神経生理学. 33, 114-122.

正高信夫 (2017) Neurodiversity, Giftedness, and Aesthetic Perceptual Judgment of Music in Children with Autism *Frontiers in Psychology* (8) , Frontiers Media SA.

大畑耕一 (1990) 小学唱歌とヨナ抜き長音階の考察. 藤女子大学・藤女子短期大学紀要. 第2部 28, 61-71.

Cohen, A. J., Thorpe, L. A., & Trehub, S. E.

(1987) . Infants' perception of musical relations in short transposed tone sequences.

Canadian Journal of Psychology/Revue canadienne de psychologie, 41 (1) , 33.

David Chalmers (1995) "Facing Up to the Problem of Consciousness". *Journal of Consciousness Studies* 2 (3) , 200-219.

谷村省吾 (2019) 物理学者が観た哲学.名古屋大学学術機関リポジトリ, 10-24.