



Title	非音階音の出現に伴う調知覚の漸進的变化
Author(s)	松永, 理恵; 阿部, 純一
Citation	北海道心理学研究, 31, 1-14
Issue Date	2008
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/51005
Type	article
File Information	hokkaido.pdf



[Instructions for use](#)

非音階音の出現に伴う調知覚の漸進的変化

松 永 理 恵¹⁾・阿 部 純 一²⁾

¹⁾ 日本学術振興会（北海道教育大学）

²⁾ 北海道大学大学院文学研究科

2008 年

「北海道心理学研究」第 31 号 別刷

《研究論文》

非音階音の出現に伴う調知覚の漸進的変化*

松 永 理 恵^{1,2 1)}・阿 部 純 一²⁾

¹⁾ 日本学術振興会(北海道教育大学)

²⁾ 北海道大学大学院文学研究科

要 約

西洋音楽の聞き手は、メロディ(音高列)を聞くとき、基本的に、その構成音高全てを西洋全音階の音階音として解釈できる調に知覚しようとするのが知られている。では、現在知覚している調にとって非音階音となる音高が出現した時、聞き手の調知覚はどのように変化するのであろうか、あるいは、変化しないのであろうか。本実験では、音列全体を全音階的に解釈できる調が長調2種、短調2種となる音列を基本音列として用意し、その上で、1音を追加することで、次の4つの刺激音列条件を設定した。すなわち、(a) 2-keys-F条件: 1音の追加によって全音階的に解釈できる調が長調1種(上記2種の調の中でより調号の少ない調)、短調1種(同)となる音列の条件、(b) 2-keys-M条件: 1音の追加によって長調1種(上記2種の調の中でより調号の多い調)、短調1種(同)となる条件、(c) 0-key条件: 1音高の追加によって全音階的に解釈できる調が無くなる条件である。これら3種の条件に加えて、(d) 4-keys条件: 1音高が追加されても、基本音列と同じく、全音階的に解釈できる調が長調2種、短調2種となる条件も設定した。絶対音感をもつ音楽熟達者12名に、基本音列20種、および、各基本音列に1音高を加えることで作成した上記4条件の音列80種を呈示し、調の反応を求めた。実験の結果、基本音列に対する反応はより少ない調号の長調に集中した。基本音列をより多い調号の調に解釈した少数派の反応は、2-keys-F条件では非音階の出現によって全音階的に解釈できる別の調に変更された。基本音列をより少ない調号の調に解釈した多数派の反応は、2-keys-M条件では非音階音が出現してもその調解釈は維持されていた。基本音列を全音階的に解釈した調の反応は、0-key条件では基本的に各調の反応がそのまま維持されていた。以上の結果をまとめると、基本音列に対する調解釈が個人間および個人内で安定している時は非音階音が出現しても現行の調解釈が維持されやすいが、そうでない時は非音階音の出現によって別の解釈に変更されやすい、ということである。すなわち、非音階音が出現した時に聞き手の調知覚が変化するか維持されるかは、それよりも前の段階での調解釈に依存して決まる、ということである。

キーワード: メロディの知覚, 調の知覚, 調性スキーマ, 非音階音

Incremental change of key perception in hearing a non-scale tone*

Rie Matsunaga^{1,2 1)}, Jun-ichi Abe²⁾

¹⁾ *Japan Society for the Promotion of Science; Hokkaido University of Education Sapporo*

²⁾ *Department of Psychology, Hokkaido University*

Abstract

Many studies have demonstrated that a listener, who is familiar with Western music, perceives the key of a melody by assimilating all of its constituent pitches into a Western diatonic tonal

* Correspondence concerning this article should be sent to: Rie Matsunaga, Faculty of Education, Hokkaido University of Education Sapporo, Ainosato, Kita-ku, Sapporo 002-8501, Japan. (E-mail: matsunaga.rie@let.hokudai.ac.jp)

¹⁾ 本研究は文部科学省科学研究費補助金(特別研究員奨励費)の援助を受けて行われた。

²⁾ 本論文のAbstract作成にご助言を頂きましたUniversity of TorontoのDr. Judy Platinga, および、貴重なコメントを頂きました査読者の先生方に御礼申し上げます。また、実験にご協力くださいました多数の方々に深く感謝申し上げます。

schema. This study investigated how a listener perceives a key when hearing a series of diatonic scale tones which is followed by an additional non-scale tone. We prepared "basic tone sequences" by selecting all constituent tones that could be interpreted as scale tones of four keys (i.e., two major keys and their parallel minor keys). Four stimulus conditions were developed by adding a tone to a basic tone sequence: (a) *2-keys-F condition* presented an additional tone which fitted into one major key (i.e., one key with fewer key signatures of the above two keys) and one minor key (ditto); (b) *2-keys-M condition* presented an additional tone which fitted into the other major key (i.e., the other key with more key signatures of the above two keys) and the other minor key (ditto); (c) *0-key condition* presented an additional non-scale tone which did not fit into all diatonic keys; (d) *4-keys-condition* presented an additional tone which fitted into the above two major keys and their parallel minor keys. Twelve musicians were given 20 basic tone sequences and 80 tone sequences from the four conditions. They had to select a key (or an atonal) category along with a confidence rating for all sequences. Results for basic tone sequences showed that majority of participants offered responses of a major key with fewer key signatures. In 2-keys-F condition, responses of a key with more key signatures (i.e., responses being selected by a minority of participants for basic tone sequences) were changed to those of other diatonic keys when an additional non-scale tone presented. In 2-keys-M condition, responses of a key with fewer key signatures (i.e., responses being selected by a majority of participants for basic tone sequences) were retained even if a non-scale tone presented. In 0-key condition, diatonic key responses for basic tone sequences were basically retained. These results suggested that if intra- and inter-individual variability in key perception is stable, participants prefer to remain in the current key; otherwise participants prefer to change to other keys. In short, key perception in hearing a non-scale tone is influenced by that in earlier point in time.

Key words: Melody perception, key perception, tonal schema, non-scale tone.

Figure 1の2つの音列を見てほしい。この2つの音列は、共に、同じ音価パターン（音の長さの系列）を持つが、いくつかの音でその音の高さは異なっている。そして、ピアノでもギターでもどのような楽器でも良いので、可能ならばこの2つの音列を実際に鳴らして聞いてみて、それぞれからどのような印象を受けるかを確認してほしい。そうすると、おそらく多くの人が、音列1は“メロディ”として感じるが、音列2は“調子外れのまとまりのない音高の並び”という印象をもつであろう。西洋音楽に関して十分な経験や知識を持つ人ならば、音列1は“D major”として解釈できるメロディであるが、音列2は“無調的”である、と答えるかもしれない。これらの違いは、彼らの文化の音楽にさらされることによって習得した調性スキーマ (i.e., 調性を処理するスキーマ。現代日本に育った人の場合は西洋音楽の音階である“全音階”に基づく調性スキーマ) に、音列の各構成音高を同化 (assimilate) させることができるかどうか、に依存する (e.g., 阿部, 1987)。すなわち、音列1の場合、西洋音楽の聞き手は、構成音高の全てを西洋全音階の調性スキーマに同化させて聞き取ることができるため、その結果として、自覚出来る、出来ないにかかわらず、D majorのメロディとして知覚する。一方、音列2の場合はそうできないため、調子外れのまとまりのない音高の並びとして知覚する、ということである。このように、単なる音の並びが“メロディ”として知覚される時は、必ず、音列の各構成音高は調性スキーマに上手く同化されており、その結果の1つの現れとして調が知覚されるといえる。

では、私たちが、呈示された音列をメロディとして感じる時、何を手がかりとしてそのメロディの調を知覚しているのだろうか。この疑問に対して、メロディを構成する音高の集合が調を知覚するための手がかりとなることが先行研究によって指摘されてきた。具体的に言うと、西洋音楽の

音列1



音列2



Figure 1. 2つの音列. 音列1は“D major”のメロディとして知覚できる音列, 音列2は“調子外れのまとまりのない音高の並び”として知覚される音列.

聞き手はメロディの構成音高全てを全音階の音階音として解釈できる調に知覚する, ということを示す実験結果が数多くの先行研究によって報告されているわけである (e.g., Longuet-Higgins, 1987; 星野・阿部, 1984; Krumhansl & Kessler, 1982; Matsunaga & Abe, 2005, 2007, 2009; Schmuckler & Tomovski, 2005; Temperly, 2001; Tillman, Bigand, & Bharucha, 2000; Yoshino & Abe, 2004)。例えば, 著者らの過去の研究 (Matsunaga & Abe, 2005) では, [C, D, E, G, A, B] の6音から構成される刺激音列を複数準備し, 音楽熟達者に各刺激音列に対して感じた調の反応を求める実験を行っている。この6音から構成される刺激音列の場合, 譜面上, 6種の構成音高全てが全音階の音階音として見なせるのは, C major (その音階はC-D-E-F-G-A-B), G major (その音階はG-A-B-C-D-E-F#), A minor (その音階はA-B-C-D-E-G), E minor (その音階はE-F#-G-A-B-C-D) の4種のみであり³, それら以外の調は, 譜面上, 6種の構成音高のいずれかが非音階音となってしまう。この実験の結果は, 音楽熟達者の調反応の8割がC major, G major, A minor, E minorに限られることを示した。次の実験では, 同じ刺激音列に対する非熟達者の調知覚を, 終止音導出法 (星野・阿部, 1984) を用いて調べており, 非熟達者の調反応も, 音楽熟達者の反応と同じく, C major, G major, A minor, E minorに限られることを確認した。要するに, 著者の過去の研究では, 特別な音楽経験の有無にかかわらず, いずれの西洋音楽の聞き手も, 呈示された音列の音高集合を全音階の音階音として解釈できる調に反応する, ことが確認されたわけである。

ところで, 現在知覚している調の音階には含まれない音高 (i.e., 非音階音) が出現した時, 聞き手はその非音階音に敏感に反応することは知られている (e.g., Bischoff, Granot, & Donchin, 2003; Janata, Birk, Tillman, & Bharucha, 2003; Trainor & Trehub, 1992)。では, 非音階音の出現に伴って, 聞き手はどのような調知覚を示すのであろうか。非音階音が出現した時の聞き手の調知覚は, 次に述べる4つの反応のいずれかを示すと考えられる。すなわち, 反応 (a) は, 非音階音を含めてメロディの構成音高全てを全音階の音階音として解釈できる別の調が存在するならば, 聞き手はその別の調に解釈を変更するというものである (e.g., Longuet-Higgins, 1987)。反応 (b) は, 非音階音を含めてメロディの構成音高全てを全音階の音階音として解釈できる調がなければ, いずれの調にも感じにくいという反応である (e.g., Longuet-Higgins, 1987)。反応 (c) は, 非音階音を“演奏者のミスタッチの音”や“間違えた音”などとしてとらえ, それまで知覚し

³ 本研究では, 和声的短音階や旋律的短音階については考えないことにする。

ていた調を維持するという反応である (e.g., Janata, Birk, Tillman, & Bharucha, 2003)。反応 (d) は、非音階音を装飾的あるいは経過的な音高として知覚することで、現在の調に非音階音を同化させ、現行の調を維持するという反応である (e.g., Bharucha, 1984)。要するに、非音階音が出現した時、聞き手はそれまでの調知覚を変更する反応 (a) や (b)、あるいは、それまでの調知覚を維持する反応 (c) や (d)、といった反応のいずれかを示すと考えられるわけである。

では、どのような時に (a) から (d) の反応それぞれが生じるのであろうか。つまり、どのような場合に現在知覚している調は変更され、どのような場合に維持されるのであろうか。例えば、非音階音の出現によって、現在知覚している調は音列を全音階的に解釈できる調としては許容できなくなるが、そこに全音階的な解釈できる別の調が存在する場合、聞き手は常にその別の調に解釈を変更するのであろうか。また、非音階音の出現によって音列を全音階的に解釈できる調が一つも存在しなくなる場合、聞き手はいずれの調にも感じにくくなるのであろうか。上述したように、たとえ非音階音を含んでいても、それまでに知覚していた調をそのまま維持する場合があると考えられるが、維持の反応はどのような場合に生じるものなのであろうか。これらの疑問に対する十分な回答は未だ提出されていない。つまり、現在のところ、西洋音楽の聞き手は全音階を反映した調性スキーマに基づいて音列の調を知覚することは知られているが、非音階音が呈示された場合の聞き手の振る舞いについてはほとんど知られていないのである。だが、非音階音の出現によって調知覚に“乱れ”が生じる時の様子をも説明していくことによって、聞き手の調知覚処理をより厳密に説明していくことが可能となるであろう。

本実験の目的は、現在知覚している調にとって非音階音となる音高が出現した時、聞き手はどのような場合にそれまで知覚していた調を変更し、どのような場合に知覚していた調をそのまま維持するのかを調べることにある。この目的を達成するため、本実験では、構成音高全てを全音階の音階音に解釈できる調が長調2種と短調2種となる音列（以下、基本音列）に、追加する1音高を操作した刺激音列（以下、追加音音列）を作成することで、音列を全音階的に解釈できる調が異なってくる刺激音列条件4種を準備した (Figure 2)。その4つの刺激音列条件の中の2つは、追加音高によって音列の構成音高全てを西洋全音階の音階音として解釈できる調が長調と短調それぞれ1種に限られる条件であった。つまり、基本音列を全音階的に解釈できる長調2種と短調2種の中でも、1音高の追加によって全音階的に解釈できる調がより少ない調号⁴の長調1種と短調1種に限定される条件（以下、2-keys-F条件: two keys with fewer key signaturesの略）、より多い調号の長調1種及び短調1種に限定される条件（以下、2-keys-M条件: two keys with more key signaturesの略）であった。3つ目の条件は、追加音高によって全音階的に解釈できる調が一つも無くなる条件 (0-key条件) であった。4つ目の条件は、ベースライン条件であり、基本音列を全音階的に解釈できる調の音階音とみなせる1音高が追加されるものであった。つまり、1音高が追加されても基本音列の時と同じく全音階的に解釈できる調が長調2種と短調2種となる条件 (4-keys条件) も準備することにした。このようにして作成した4種の刺激音列条件それぞれと1音高を追加する前の基本音列を、聞き手に呈示し、各音列に対する調反応を求めることで、基本音列に対する聞き手の調反応が追加音によってどのように変化するのかを調べた。

本実験の参加者は、絶対音感を持つ音楽熟達者（以下、AP音楽熟達者と呼ぶ）であった。絶対音感はずかかな人のみが有する特異的な能力であることから、AP音楽熟達者の調知覚処理は音楽

⁴ 調号とは、各調の音階を構成するのに必要な#記号やb記号を指す。

基本音列



追加音列

2-keys-F条件



2-keys-M条件



0-key条件



4-keys条件



Figure 2. 基本音列の例, および, 基本音列に1音高が入力することで作成された各刺激音列条件の追加音列の例. 矢印は, 基本音列に追加された音高を示す.

経験を持たない非熟達者のそれとは異なる, という考えが一般的な“常識”として受け取られがちである。しかしながら, この常識に反し, AP音楽熟達者の知覚する調と非熟達者の知覚している調は基本的に一致する, ことを示す結果が数多くの実験研究から報告されている (e.g., Matsunaga & Abe, 2005; Temperly & Marvin, 2008)。つまり, AP音楽熟達者の調知覚の処理は非熟達者のそれと基本的に同質であると考えられる。この知見を土台とし, 本実験の目的を達成する上でAP音楽熟達者と非熟達者のどちらがより妥当な参加者であるかを考えた結果, 著者は次の2つの点からAP音楽熟達者の方が本実験の参加者に適していると判断した。その一つ目の理由は, AP音楽熟達者は自身の感じている調の名前を直接答えることができるという点である。対して, 非熟達者は自分の感じた調の名前を答えることができない。そのため, もし非熟達者を本実験の参加者としたのならば, 終止音導出法 (e.g., 星野・阿部, 1984) やプローブ音評定法 (e.g., Krumhansl, 1990) のような間接的な方法を用い, 彼らの知覚している調を推定しなければならないことになる。熟達者を参加者とした二つ目の理由は, どのような心理学実験でもいえることだが, 非熟達者の反応よりも熟達者の反応の方が個人差や偶発的な要因からの影響は受けにくいという点である。つまり, AP音楽熟達者の反応の方が, より汚染されていない純粋な反応を報告すると考えられる。以上のことから, 本実験ではAP音楽熟達者を参加者とすることにした。

方 法

実験参加者

実験参加者は, 12名の大学生であった (平均年齢19.5歳, 女性11名, 男性1名)。これら12名は, 過去の音楽経験や現在の音楽活動などを総合的に見て, 絶対音感を有していること, かつ, 調の概念を十分に理解していることを確信できる人々であった。彼らの音楽経験年数は, 平均13.9年であった。

刺激材料と実験器具

本実験の刺激材料（以下、音列材料）は、100種の音列であった。音列材料100種のうち20種は基本音列であり、残り80種は基本音列に1音を加えた追加音音列であった（Table 1）。基本音列はいずれも、音列の構成音高全てを西洋全音階の音階音として解釈できる調が4種（長調とその平行短調のペア2組）となる音列であった。基本音列を全音階に解釈できる調は、基本音列20種の間で同じではなかった。基本音列の長さは4音から8音であった。なお、著者らの過去の研究（Matsunaga & Abe, 2007）によって、この程度の音列の長さであれば、長さが調の知覚に直接的な形で影響する可能性は低いことは確認されている。

基本音列各20種に異なる4種の1音高それぞれが追加されることで、追加音音列80種が作成された。つまり、追加音音列80種の内訳は、2-keys-F条件に一致する20種、2-keys-M条件に一致する音列20種、0-key条件に一致する音列20種、4-keys条件に一致する音列20種であった。刺激音列の条件それぞれを作成するための追加音は、次の方法で選択された。2-keys-F条件と2-keys-M条件の場合、基本音列を全音階的に解釈できる2組みの調の中の1組みの調の非音階音となる一方でもう片方の組みの調の音階音となる音を追加音として選択しなければならない。このような音高は、譜面上では、2種の音高に限られるため、必然的に2-keys-F条件と2-keys-M条件それぞれの追加音が決まることとなる。また、全音階的に解釈できる調が一つも無くなる0-key条件の場合、基本音列を全音階的に解釈できる2組みの調のどちらの音階音にもならない音を追加音として選択しなければならない。それとは逆に、全音階的に解釈できる調が基本音列と同じままの4-keys条件の場合、追加音としては基本音列を全音階的に解釈できる2組みの調のどちらにも音階音となる音を選択しなければならない。譜面上では、0-key条件の追加音の候補も4-keys条件の追加音の候補もいくつも存在することとなる。そのため、本実験では、0-key条件と4-keys条件において、どの追加音を呈示するかについては参加者間でランダムイズすることにした。

全ての音列材料は、単旋律であった。各音高の音色は、グランドピアノであった。各音列材料を構成する各音高の持続時間は0.6sであり、各構成音高は0.6s間隔で呈示された。音列材料は、iMac（Apple社製、OS 10.4）にインストールされているGarageBand（Apple社製）によって作成され、WAVファイルとして保存された。音列材料の呈示は、同じコンピュータにインストールされているQuickTimeを用いて行われた。

手続き

参加者は防音室において個別に実験を受けた。参加者はスピーカの前に座り、24種の調（12種の長調と12種の短調）と“無調”の計25種の反応カテゴリーが記されている反应用紙が渡された。各試行において、刺激音列は最初に1度呈示された後、参加者が希望する場合は何度でも聞くことが許された。参加者は、呈示された音列に対して最もふさわしいと思われる調を24種の調および無調の計25種の反応カテゴリーの中から1つだけ選ぶよう求められた。また、選んだ調の反応に対する確信度を7段階（1 = 0%の確信度～7 = 100%の確信度）で評定するよう求められた。なお、無調を選んだ時のみ確信度の評定をすることは求められなかった。3回の練習試行の後、100回の実験試行がランダムな順序で行われた。

Table 1
音列材料と基本音列に対する参加者の調反応

基本音列	基本音列に対する参加者の調反応				基本音列に対する参加者の調反応								
	2-keys-F条件		0-key条件		4-keys条件		基本音列に対する参加者の調反応						
	基本音列に対する全音階的な調	追加音列に対する全音階的な調	追加音	追加音列に対する全音階的な調	追加音	追加音列に対する全音階的な調	長調 I	長調 II	短調 I	短調 II	「その他 の調」と 「無調」		
M01	F4-F#4-B3-C#4-D#4-E4-F#4-G#4	E, B, c#, g#	A	E, c#	A#	B, g#	C, D, F, G	C#, D#, E, F#, G#, B	E (7)	B (2)	c# (0)	g# (0)	(3)
M02	Eb5-C5-F5-Bb4-C5-Db5-Eb5-Ab4	Ab, C#, f, a#	G	G#, f	F#	C#, a#	D, E, A, B	C, C#, D#, F, G#, A#	Ab (9)	C# (1)	f (0)	a# (0)	(2)
M03	Bb4-C4-F4-C4-Eb4-Ab4-G4	F#, Ab, c, f	D	D#, c	C#	G#, f	E, F#, A, B	C, D#, F, G, C#, A#	Eb (7)	Ab (0)	c (1)	f (0)	(4)
M04	F#3-A3-C#4-D4-C#4	D, A, b, #	C	D, b	G	A, #	C, D#, F, A, B	D, A, b, #	D (1)	A (0)	b (1)	# (8)	(2)
M05	Eb3-Bb3-Ab3-G3-C4-Bb3-Ab4-F3	Eb, Ab, c, f	D	D#, c	C#	C#, f	E, F#, A, B	C, D#, F, G, C#, A#	Eb (#)	Ab (0)	c (0)	f (0)	(0)
M06	D4-Bb3-Eb4-C4	Bb, Eb, g, c	A	A#, g	G#	D#, c	C#, E, F#, B	C, D, D#, F, G, A#	Bb (6)	Eb (1)	g (1)	c (1)	(3)
M07	D4-C3-R3-E3-A3-C3-F#3	G, D, e, b	C	G, e	C#	D, b	D#, F, G#, A#,	G, A, B, D, E, F#	G (#)	D (0)	e (0)	b (0)	(0)
M08	A3-D4-F4-A4-Bb4-A4-G4-F4	F, Bb, d, g	E	F, d	D#	A#, g	C#, F#, G#, B	C, D, F, G, A, A#	F (1)	Bb (0)	d (9)	g (1)	(1)
M09	C5-G4-E4-A4-D4-B4	C, G, a, e	F	C, a	F#	G, e	C#, D#, G#, A#	C, D, E, G, A, B	C (#)	G (1)	a (0)	e (0)	(0)
M10	D4-B4-E4-C5-A4-G4	C, G, a, c	F	C, a	F#	G, e	C#, D#, G#, A#	C, D, E, G, A, B	C (0)	G (9)	a (0)	e (0)	(3)
M11	F4-G4-F4-Bb4-D4-C4-A4-G4	F, Bb, d, g	E	F, d	D#	A#, g	C#, F#, G#, B	C, D, F, G, A, A#	F (7)	Bb (4)	d (0)	g (0)	(1)
M12	C4-F4-G4-F4-B4-A4-D4-G4	C, F, a, d	B	C, a	A#	F, d	C#, D#, F#, G#	C, D, E, F, G, A	C (#)	F (2)	a (0)	d (0)	(0)
M13	C5-Bb4-A4-Bb4-F4-D4-G4	F, Bb, d, g	E	F, d	D#	A#, g	C#, F#, G#, B	C, D, F, G, A, A#	F (6)	Bb (3)	d (0)	g (1)	(2)
M14	F#4-G4-A4-F#4-G4-A4-B4	G, D, e, b	C	G, e	C#	D, b	D#, F, G#, A#	D, E, F#, G, A, B	G (6)	D (2)	e (2)	b (0)	(2)
M15	D4-C5-G4-E4-B4	C, G, a, e	F	C, a	F#	G, e	C#, D#, G#, A#	C, D, E, G, A, B	C (5)	G (2)	a (0)	e (0)	(5)
M16	A4-G#4-C#5-A4	A, E, #, c#	D	A, #	D#	E, c#	C, F, G, A#	C#, E, F#, G#, A, B	A (5)	E (2)	# (3)	c# (0)	(2)
M17	Bb4-A4-C4-Bb4-C5	F, Bb, d, g	E	F, d	D#	A#, g	C#, F#, G#, B	C, D, F, G, A, A#	F (4)	Bb (3)	d (1)	g (1)	(3)
M18	C#4-B3-D4-F#4	D, A, b, #	G	D, b	G#	A, #	C, D#, F, A#	C#, D, E, F#, A, B	D (2)	A (1)	b (4)	# (1)	(4)
M19	B4-E5-D#5-E5-D#5-C#5	E, B, c#, g#	A	E, c#	A#	B, g#	C, D, F, G	C#, D#, E, F#, G#, B	E (6)	B (4)	c# (0)	g# (0)	(2)
M20	A4-E4-G4-C5-B4-D4	C, G, a, e	F	C, a	F#	G, e	C#, D#, G#, A#	C, D, E, G, A, B	C (8)	G (0)	a (2)	e (0)	(2)

注) 長調を大文字のアルファベット, 短調を小文字のアルファベットで示した。0-key条件と4-keys条件の追加音の候補は複数あるため, どの追加音にするかは参加者間でランダム化した。「基本音列に対する参加者の調反応」の括弧内の数値は, 全12名の参加者の中から何名の参加者がその調反応を選んだのかを示す。

結果と考察

調反応データを分析するにあたり、基本音列の構成音の音高全てを西洋全音階の音階音として解釈できる4種の調に基づいて、参加者の反応を次のように分類することにした。すなわち、基本音列を全音階的に解釈できる長調の中でもより少ない調号の長調を選択した参加者の反応を「長調Ⅰ」、もう一方のより多い調号の長調を選択した反応を「長調Ⅱ」、長調Ⅰの平行短調を選択した反応を「短調Ⅰ」、長調Ⅱの平行短調を選択した反応を「短調Ⅱ」と名付けた。また、参加者の反応した調がこれら4種の調以外の調であった場合はその反応を「その他の調」と、参加者が無調カテゴリーを選んだ場合はその反応を「無調」と名付けることとした。以上の6つのカテゴリーを用いて、参加者の調反応を分類した。

4つの刺激音列条件に対する結果をFigure 3~Figure 6に示す。Figure 3~Figure 6のいずれにおいても、基本音列に対する調反応の6つのカテゴリー間での分布、各条件の追加音列に対する調反応の分布、そして、基本音列に1音加わることによる調反応の変化が示されている。各Figureに見られる左側の円は基本音列に対する調反応を示し、基本音列に対する調反応は4種の刺激音列条件の間で同じである。右側の円は追加音列に対する調反応それぞれを上記6つのカテゴリーに分類したものであり、4種の刺激音列条件の間で異なる。円の内側あるいは外側に記述されている数値は、そのカテゴリーへの反応の割合を表す。括弧内の数値は、そのカテゴリーの調反応に対する確信度評定の平均値を表す。その他の調を表す円の内側にある点線の円は、基本音列で反応した調と同じ調を意味する。灰色の円は選んだ調が呈示音列を全音階的に解釈できる調であることを、白色の円は選んだ調が呈示音列を全音階的に解釈できない調であることを示す。基本音列の円と追加音列の円を結ぶ矢印とそれに伴う数値は、基本音列からの追加音列への反応の変化の割合を表す。つまり、平行に走る矢印は基本音列と追加音列で同じ調が選ばれたことを、平行ではない方向に走る矢印は基本音列と追加音列で異なる調が選ばれたことを示す。なお、Figure 3~Figure 6上には10%以下となる矢印の反応は記述しないことにした。

基本音列に対する調反応

基本音列20種それぞれに対する参加者の反応を、Table 1に示す。Figure 3~Figure 6の基本音列に対する調反応の分布に見られるように、基本音列に対する参加者の反応の多くは、基本音列の構成音高全てを全音階の音階音に解釈できる4種の調に集中していた。予想通り、4種の調の間では短調よりも長調の方に反応は偏っていた。そして、長調2種の間では、長調Ⅰの反応は長調Ⅱの反応に比べて非常に多かった。つまり、参加者は多い調号の調よりも少ない調号の調の反応を選好していたわけである。

本実験の結果、すなわち、参加者が少ない調号の調を好む結果に対しては、第1に、AP音楽熟達者が有するwhite-key noteバイアス (e.g., Miyazaki, 1988) に関連した説明が考えられる。White-key noteバイアスとは、ピアノを習い始めた初期段階では、なるべく多くの音階音が白鍵で構成される調の楽曲から練習していくことが一般的であるため、ピアノ演奏経験の結果、AP音楽熟達者は黒鍵の音の高さを隣接する白鍵の音の高さとして混合しやすい、というものである。この個別の音高判断に対する現象が調の知覚にも現れると考えるならば、調号の少ない調、すなわち、より多くの音階音が白鍵の音となる調にAP音楽熟達者の反応が偏っても不思議ではない。しかし、そのようなwhite-key noteバイアスではなく、本実験の音列材料に特殊な偏りがあった可能性も残る。一般に、西洋音楽の聞き手は音列のより多くの構成音高をより重要な音階音 (i.e., 主和音

を構成する音階音。具体的には、主音、属音、中音の音階音)として解釈できる調への解釈を嗜好することが知られている (e.g., Matsunaga & Abe, 2007)。本実験で用いた基本音列は20種であり、それほど多種多様な音高の並びの音列を用いたわけではなかった。そのため、音列のより多くの音高をより重要な音階音として解釈できる調が長調Iとなる基本音列の数が偶然にも多く、少ない調号の調への偏りが生じたということもあるかもしれない。この点については、残念ながら本実験のデータだけでは見極めをつけることは難しい。

刺激音列条件それぞれに対する調反応

基本音列を全音階的に解釈できる調の非音階音となる音高が出現した時、参加者は基本音列に対する調反応を変更したのであろうか、それとも、維持したのであろうか。本実験では、基本音列を全音階的に解釈できる4種の調に選択した参加者の反応のみを対象とし、それらの反応が非音階音の出現によってどのように変化したのかを分析した。以下では、最初に2-keys-F条件 (Figure 3) と2-keys-M条件 (Figure 4) を、次いで0-key条件 (Figure 5)、最後に4-keys条件 (Figure 6) の結果を述べる。

2-keys-F条件と2-keys-M条件. 2-keys-F条件は、長調Iと短調Iが追加音列を全音階的に解釈できる調と一致し、長調IIと短調IIは一致しない条件である (Figure 3)。もし参加者が常に音列を全音階的に解釈できる調に知覚するのならば、基本音列を長調IIや短調IIとして解釈していた反応は、追加音によって音列を全音階的に解釈できる長調Iや短調Iに変更するはずである。実験の結果は、基本音列を長調IIに反応した約6割と短調IIに反応した約3割が追加音列を全音階的に解釈できる調 (特に、長調I) に解釈を変更したことを示した。だが、この変更の反応と共に、長調IIや短調IIを維持する反応も約3割程度あることが確認された。また、基本音列を長調Iや短調Iに解釈していた反応の多くは、追加音が加わっても反応がそのまま維持されていた。

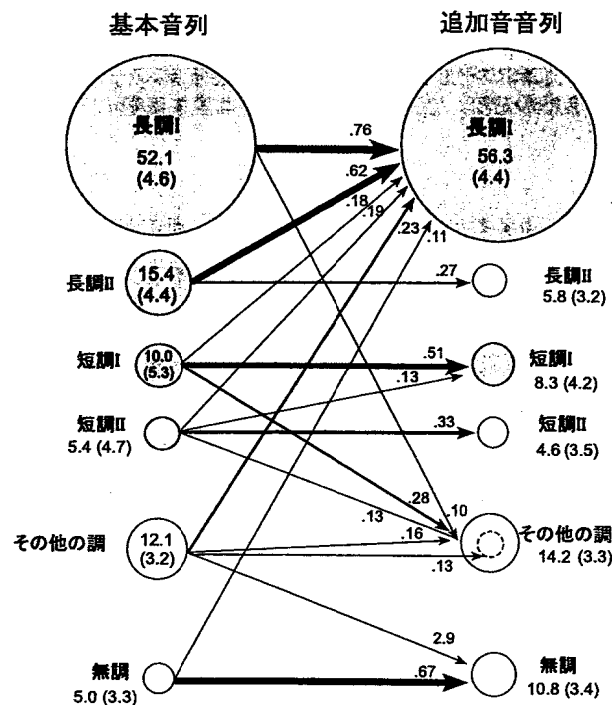


Figure 3. 2-keys-F条件の結果. 左側の円は基本音列に対する調反応の分布, 右側の円は2-keys-F条件の追加音列に対する調反応の分布, 左から右への矢印は基本音列に1音高が追加されたことによる調反応の変化を示す。

一方、2-keys-M条件の設定は2-keys-F条件と逆になる (Figure 4)。つまり、長調IIと短調IIは追加音音列を全音階的に解釈できる調と一致するが、長調Iと短調Iは一致しないことになる。実験の結果からは、基本音列に対する長調Iと短調Iの反応の約3割は追加音によって長調IIに変更されるが、それと共に、長調Iの反応の約3割及び短調Iの反応の約6割は同じ調を維持する反応であったことが確認された。一方、基本音列における長調IIと短調IIの反応の約7割は、追加音音列でも同じ調を維持する反応であった。

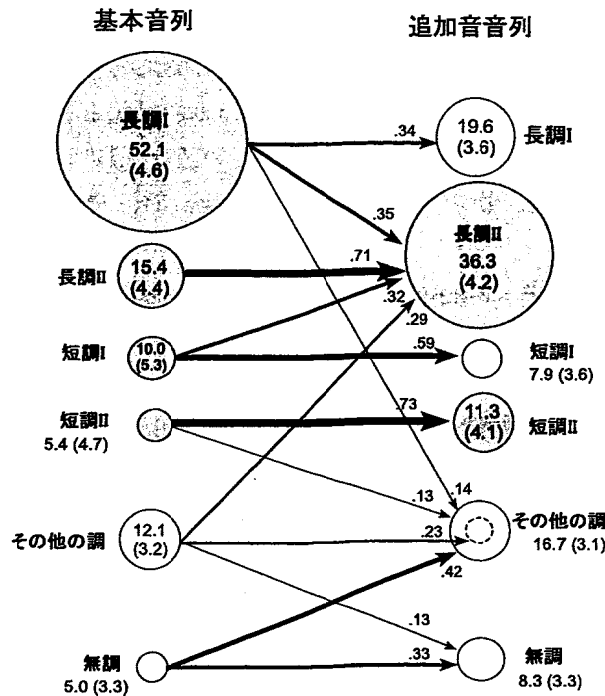


Figure 4. 2-keys-M条件の結果. 左側の円は基本音列に対する調反応の分布, 右側の円は2-keys-M条件の追加音音列に対する調反応の分布, 左から右への矢印は基本音列に1音高が追加されたことによる調反応の変化を示す。

以上の2-keys-F条件と2-keys-M条件の結果をまとめると、両条件において、追加音の出現によって全音階的に許容できる別の調に変更される反応と共に、基本音列で反応した調を維持する反応が生じることが確認された。そして、変更の反応と維持の反応の割合は、2-keys-F条件と2-keys-M条件の間で異なっていた。追加音音列を全音階的に解釈できる調が長調I (短調I) となる2-keys-F条件では、長調II→長調Iの変更の割合は長調II→長調IIの維持の割合よりも多かった。一方で、追加音音列を全音階的に解釈できる調が長調II (短調II) となる2-keys-M条件では、長調I→長調IIの変更と長調I→長調Iの維持の割合はほぼ同程度であった。上述したように、基本音列に対する長調Iの反応は、長調IIの反応よりも多い。つまり、長調Iの解釈は個人間、おそらく個人内でも安定した強固な解釈であった、というわけである。これらの関係をまとめると、2-keys-F条件と2-keys-M条件との間で見られた追加音音列に対する反応は、追加音列に1音高が加わる前の段階である基本音列において、参加者がどのような調反応をしたのかということに影響されていると考えられる。つまり、非音階音が追加される前の段階で知覚された長調Iは個人間及び個人内でも安定した解釈であったため、長調Iの非音階音が追加されたとしても、長調Iの反応は比較的維持されやすかったのであろう (2-keys-M条件)。これに対して、非音階音が追加される前の段階で知

覚した長調Ⅱはそうではなかったため、長調Ⅱの非音階音が追加されても、全音階的に許容される別の調に解釈が変更されやすかったのであろう (2-keys-F条件)。

0-key条件. 0-key条件は、追加音の入力によって構成音高全てを全音階の音階音に解釈できる調がなくなる条件である (Figure 5)。もし参加者が音列全体を全音階的に解釈できる調に知覚する傾向にあるのならば、この条件において参加者はいずれの調にも感じないはずである。すなわち、本実験の参加者は無調の反応カテゴリーを選ぶ、もしくは、いずれか1つの調カテゴリーを選びながらも低い確信度の評定を行うはずである。実験の結果は、Figure 5に見られるように、追加音音列に対する無調カテゴリーの反応は約2割程度あるが、その反応の程度は集中というほどのものではないことを示した。無調への反応の変更の割合と同程度もしくはそれ以上の割合で、追加音でもそのまま同じ調を維持する反応があることが示された。そして、同じ調を維持する反応は、基本音列に対して反応した長調Ⅰを維持する反応の方が、長調Ⅱを維持する反応よりも多かった。

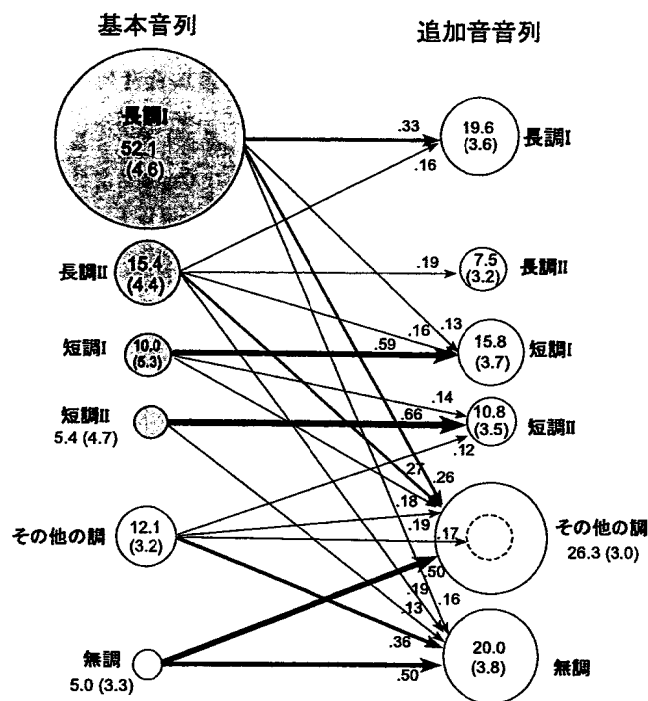


Figure 5. 0-key条件の結果. 左側の円は基本音列に対する調反応の分布, 右側の円は0-key条件の追加音音列に対する調反応の分布, 左から右への矢印は基本音列に1音高が追加されたことによる調反応の変化を示す。

0-key条件では、非音階音の出現によって「その他の調」への反応も約3割観察された。では、「その他の調」カテゴリーに反応が変更される場合、基本音列で反応した調とは全く無関係な別の調に反応が変更されたのであろうか。「その他の調」カテゴリーに含まれる調反応と基本音列にて反応された調反応との関係を分析した結果、「その他の調」反応の約7割が基本音列に対して反応した調の近親調⁵であった。つまり、追加音列に対して「その他の調」カテゴリーを選んだ参加者は、基本音列で選択した調と関係の近い調に解釈する傾向にあったというわけである。

⁵ 主調 (本稿の場合、基本音列に対して参加者が反応した調が主調となる) に近い関係にある調を近親調という。一般的には、同主調 (同じ音高を主音にもつ長調と短調の関係), 平行調 (同じ調号をもつ長調と短調の関係), 属調 (主調の属音を主音とする調), 下属調 (主音の下属音を主音とする調) が近親調と呼ばれる。

0-key条件の結果をまとめると、非音階音の出現によって「無調」に変更する反応が見られたものの、基本音列で反応した調を維持する反応、基本音列で反応した調の近親調に変更する反応がそれぞれほぼ同程度ずつ確認された。そして、維持の反応は、基本音列を長調Iに解釈した時の方がそうでない時よりも多くなることが示された。要するに、0-key条件の結果も、追加音音列に対する調解釈は基本音列での調解釈からの影響を受ける、ということを示唆するものといえよう。

4-keys条件. 最後に、4-keys条件の結果について述べる。この条件は、1音高が加わって、も基本音列と同じく全音階的に解釈可能な調が4種となる条件である (Figure 6)。Figure 6に見られるように、追加音音列においては、基本音列で反応した調がそのまま維持されている割合が多かった。この結果は、それまで知覚していた調の音階音が入力される時は、基本的に、それまでの調が維持される傾向にあることを示す。これは、聞き手は先行段階の調をできる限り維持していこうとする知覚的な慣性の性質がある、という著者らの過去の実験 (Matsunaga & Abe, 2007) の結果を支持するものである。

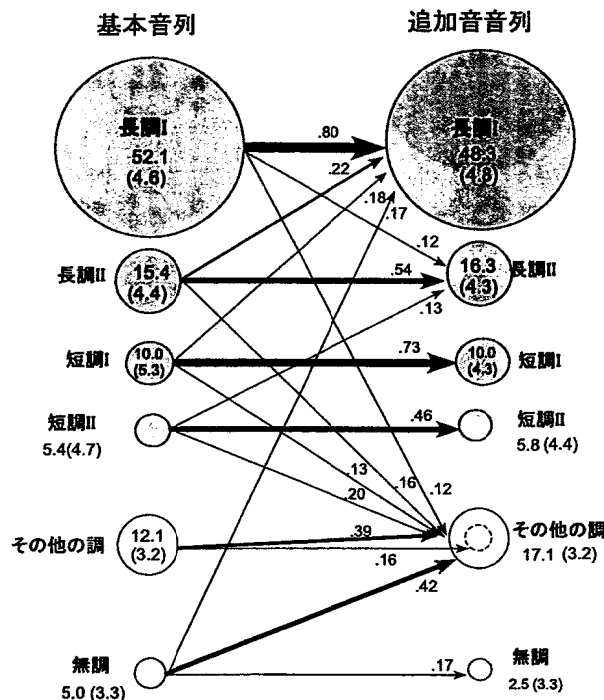


Figure 6. 4-keys条件の結果. 左側の円は基本音列に対する調反応の分布, 右側の円は4-keys条件の追加音音列に対する調反応の分布, 左から右への矢印は基本音列に1音高が追加されたことによる調反応の変化を示す。

一般的考察

現在知覚している調にとって非音階音となる音高が出現した時、聞き手の調の知覚はどのような場合に変更され、どのような場合にそのまま維持されるのであろうか。このことを調べるため、本実験では4つの刺激音列条件を準備した。その中の2つの条件は、現在知覚している調の非音階音となる1音高が追加されることによって、それまでの調は全音階的な解釈として許容されなくなるがそこに全音階的に許容できる別な調がある2-keys-F条件と2-keys-M条件であった。この2つの条件に対する結果からは、音列の構成音高全てを全音階の音階音に解釈できる別な調に変更する反

応と、非音階音が含まれる解釈になるにもかかわらず、1音高が追加される前の段階 (i.e., 基本音列) での調を維持する反応との両方が見出された。そして、参加者が変更の反応を示すか、維持の反応を示すかは、非音階音が加わる前の段階で行われた調知覚の安定性の程度によって決まる、ことが示唆された。すなわち、前の段階での調反応が個人内および個人間でも安定していた場合には、追加された音はその調の非音階音であったとしても、それまで知覚されていた調はそのまま維持されやすい (i.e., 2-keys-M条件の長調 I)。一方、前の段階での調知覚が安定していない場合には、追加された音が非音階音ならばすぐにその追加音を含め全ての音高を音階音として解釈できる別の調に変更されやすい (i.e., 2-keys-F条件の長調 II), ということである。本実験では、現在知覚している調の非音階音となる1音高が追加されることによって、全音階的に解釈できる調がなくなる0-key条件も準備していた。この条件の結果からも、2-keys-F条件や2-keys-M条件の結果と同様に、前の段階で知覚された調が安定していた場合には、追加音音列での反応はそのまま維持されやすいこと (0-key条件の長調 I と長調 II) が示唆された。

本実験では、基本音列の呈示の後に追加音音列が呈示されるという順序ではなく、基本音列と追加音音列は混ぜ合わされランダムな順序で呈示された。このことは、参加者にとって、1音高が追加される前の段階 (i.e., 基本音列) での調反応を意図的に参照して、1音高が追加された後の段階 (i.e., 追加音音列) の調反応を決めるということは手続き上、不可能であったことを意味する。にもかかわらず、追加音列への調反応は前の段階で知覚された調からの影響を受けることが明らかとなった。西洋音楽の聞き手の調知覚処理は、全音階の調性スキーマの制約を受けると同時に、先行段階の解釈を後続段階の解釈に維持しようとする動的特性をもつということであろう。つまり、メロディの進行に伴って漸進的に調は知覚されるといえる。

引用文献

- 阿部純一 (1987). メロディの知覚と予測の過程: 終止音導出行為のシミュレーション. *心理学研究*, 58, 275-281.
- Bharucha, J. J. (1984). Anchoring effects in music: The resolution of dissonance. *Cognitive Psychology*, 16, 485-518.
- Bischoff Renninger, L. A., Granot, R., & Donchin, E. (2003) Absolute pitch and the P300 component of the event-related potential: An exploration of variables that may account for individual differences. *Music Perception*, 20, 357-382.
- 星野悦子・阿部純一 (1984). メロディ認知における“調性感”と終止音導出. *心理学研究*, 54, 344-350.
- Janata, P., Birk, J. L., Tillmann, B., & Bharucha, J. J. (2003). Online detection of tonal pop-out in modulating contexts. *Music Perception*, 20, 283-305.
- Krumhansl, C. L. (1990). *Cognitive foundations of musical pitch*. New York: Oxford University Press.
- Krumhansl, C. L., & Kessler, E. J. (1982). Tracing the dynamic changes in perceived tonal organization in a spatial representation of musical keys. *Psychological Review*, 89, 334-368.
- Longuet-Higgins, H. C. (1987). *Mental processes: Studies in cognitive science*. London: MIT

- Press.
- Matsunaga, R., & Abe, J. (2005). Cues for key perception of a melody: Pitch set alone? *Music Perception, 23*, 153-164.
- Matsunaga, R., & Abe, J. (2007). Incremental process of musical key identification. In D. S. McNamara & J. G. Trafton (Eds.), *Proceedings of the 29th Annual Cognitive Science Society* (pp. 1277-1282). Austin, TX: Cognitive Science Society.
- Matsunaga, R., & Abe, J. (2009). Do local properties function as cues for musical key perception? *Japanese Psychological Research, 51*, 86-97.
- Miyazaki, K. (1988). The identification of musical pitch by absolute pitch possessors. *Perception and Psychophysics, 44*, 501-512.
- Schmuckler, M. A., & Tomovski, R. (2005). Perceptual tests of an algorithm for musical key-finding. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 31*, 1124-1149.
- Temperley, D. (2001). *The cognition of basic musical structures*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Temperley, D., & Marvin, W. E. (2008). Pitch-class distribution and the identification of key. *Music Perception, 25*, 193-212.
- Tillmann, B., Bharucha, J. J., & Bigand, E. (2000). Implicit learning of tonality: A self-organizing approach. *Psychological Review, 107*, 885-913.
- Trainer, L. J., & Trehub, S. E. (1992). A comparison of infants' and adults' sensitivity to Western musical structure. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 18*, 394-402.
- Yoshino, I., & Abe, J. (2004). Cognitive modeling of key interpretation in melody perception. *Japanese Psychological Research, 46*, 283-297.