

G-017

調内音としての適合性と機能的適合性に基づく調の判定

Key and mode judgement based on weighting by on-scale feasibility and functional harmony

江村 伯夫[†], 三浦 雅展[‡], 柳田 益造[†]

Norio EMURA, Masanobu MIURA, and Masuzo YANAGIDA

概要 計算機を用いて旋律に和音を付与したり楽曲を解析したりする際に、調(主音と旋法によって規定される)を認識させることは非常に重要である。本研究では、与えられた旋律の音高と音価の情報から、「調内音としての適合性」と「機能的適合性」の2つの評価基準を総合的に用いることにより、計算機によって自動的に調を判定することを目的としている。その結果、調性のあいまいな旋律や無調の旋律に対しても適切な判定が可能となった。

1.はじめに

調とは、主音と呼ばれるある一つの中心音を基盤として形成される特定の音関係(音階で表される)を意味する。音楽では、主音と旋法によって規定される調の存在によって楽曲中における音や和音の機能が決定される。よって、旋律から調を判定することは、自動採譜や旋律に対する自動和音付与システム、自動伴奏システムなど計算機を用いて音楽を扱う場合に非常に重要となる。

計算機を用いた調判定に関する研究は以前からさかんに行われている^[6]が、それらの大部分は楽曲における最終音や旋律中における各音の出現頻度のみから調を判定するものである。しかし、終止音が主音でない旋律や、調を持たない楽曲が数多く存在し、これらの旋律に対する適切な調判定結果は報告されていない。さらに、リアルタイムの自動伴奏システムなどで調判定を用いる場合を想定すると、極力早い段階で判定結果を出すことが重要である。本稿では、全 24 種存在する調の候補から「調内音としての適合性」と「機能的適合性」の2つの判定基準を総合的に用いて候補を絞込む判定手法を提案し、様々な音楽ジャンルの楽曲を対象とした判定実験を行った上で、本手法の有用性について述べている。

2.調判定システムの構築に向けて

従来より、計算機を用いた調判定システムは、「旋律における最終音」、または「各音名の出現頻度」を評価基準として用いるものが一般的であった。しかし、これらの評価方法のみでは調性の曖昧な旋律や無調の旋律に対する判定は困難である。それは、楽曲の調性が曖昧であるほど、その調に固有の音である調内音以外に、調外音が頻繁に用いられているためであると考えられる。ポピュラーミュージックをはじめ、現代に

おける和声では、特定の調性引力からの逸脱を図るための適切な調外音の使用方法が理論的に体系化されつつあり、そのような理論体系をアルゴリズムで表すことができるならば、より高精度な調判定システムの実現に非常に有効となりえる。本稿では、ある調性引力下における各階名の持つ機能に重みをつけることで「機能的な適合性」を考慮できる判定基準を提案し、「調内音としての適合性」と総合的に用いることで、従来の調判定システムでは困難であった調性の曖昧な旋律や無調の旋律に対して適切かつスピーディな判定を実現するシステムの構築を目指す。

3.提案する手法について

本稿で提案する判定手法では、旋律情報(音高・音価)を前から順に(旋律は楽曲の途中からでもかまわない)読み込み、全 24 個存在する調の候補から、後述する「調内音としての適合性」と「機能的適合性」の2つの判定基準を総合的に用いて候補を絞り込み、候補が1つになった時点で判定を終了する。旋律情報が終了しても候補が絞りきれない場合、残りの候補が 5 つ以下であれば、「機能的適合性によるスコアリング」による得点の最も高い候補を解とし、候補が 6 つ以上ある場合は、無調であると判定する。無調である基準を「候補が 5 つ以下に絞りきれない」としたのは、調の有する性質が類似している近親調(主調・同主調・平行調・属調・下屬調)を考慮したためであり、これ以上候補がある場合は、調性が非常に曖昧であると考えられるからである。

3.1 調内音としての適合性

音列が与えられた場合、それがある調であると仮定すると、全 12 種の音名はその調に固有な音(調内音)とそれ以外の音(調外音)に分けることができる。「調内音としての適合性評価」では、入力された音列がある調であると仮定した場合に、調外音を頻繁に含むようであれば、その調を候補から除外する。この判定は、大まかに調の候補を絞り込むことを目的としている。

[†]同志社大学 工学部 [‡]龍谷大学 理工学部

[†]Doshisha Univ., [‡]Kyoto Ryukoku Univ., Shiga

Fig.5 は、ある旋律(有調, C-dur)に対して「調内音としての適合性」による判定を行った例を示している。Fig.1 によると、処理の開始後間もなく、解である C-dur 及びその近親調の得点が高くなり、それ以外の調との得点差が大きくなっていることが確認できる。これにより、全 24 種存在する調候補から C-dur 及びその近親調のみに候補を絞ることができた。Fig.2 は、無調の旋律に対して「調内音としての適合性」による判定を行った例である。Fig.2 では、調によって多少の得点差が見られるものの、大きな得点差はなく、この段階では無調であると判断している。

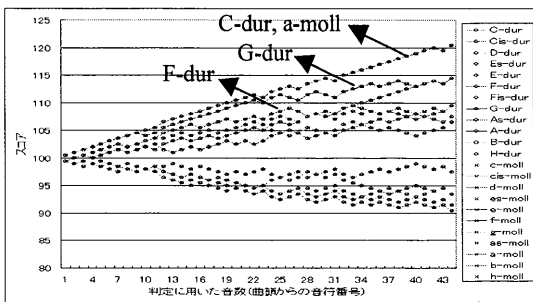


Fig.1 「調内音としての適合性」による調判定の例
有調の旋律の場合

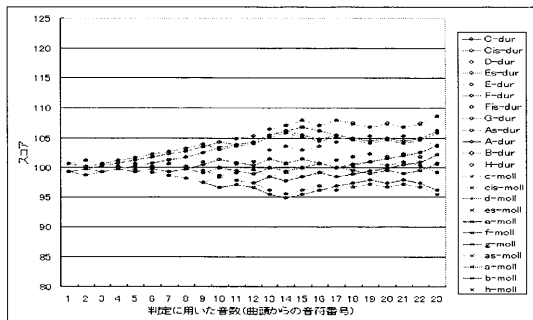


Fig.2 「調内音としての適合性」による調判定の例
無調の旋律の場合

3.2 機能的適合性

与えられた音列がある調であると仮定すると、その音列におけるいくつかの音は、調性感を与えるために非常に重要な役割を持つ。「機能的適合性」では、音列における各音の持つ機能に着目し、それぞれの機能に適したスコアリングを行うことで、調の候補を絞り込む。本手法では、全 24 種存在する調・旋法の候補に対し、それぞれに初期値 0 を与える。そして、読み込んだ音(旋律データ)が仮定した調において、主音、3 度音、属音、調内音、調外音であった場合に Table.1 に示す値に音価の平方根をかけた値を旋律にわたって合計する。このような処理を候補として残されている全ての調に対して行い、最も得点の高い候補から一定以上得点が低い候補を排除す

る。また、現在 $H=1.0$, $M=0.7$, $L=0.5$ としているが、これらの値は暫定的なものであり、検討の余地がある。Fig.3 に、ある旋律(有調, a-moll)に対して「機能的適合性」による判定を行った例を示す。Fig.3 によると、処理の開始から a-moll の得点が高くなっており、平行調である C-dur とは得点に差が見られる。これは、各音名の機能を考慮することにより、a-moll においては、A 及び E を、C-dur においては C 及び G に重みかけられるためである。さらに、近親調である e-moll や d-moll などの調との得点差も見られる。以上より、各音名による「機能的適合性」を考慮することにより、近親調を候補から除外することが可能である。また、Fig.4 にはある無調の旋律に対して「機能的適合性」による評価を行った例を示す。Fig.4 からは Fig.2 同様、各調の間で大きな得点差が見られず、候補を絞り込むことが不可能となっており、無調と判定できる。Fig.5 に「調内音としての適

Table.1 各音における機能的適合性を考慮した荷重

機能	重み
主音・属音	H
3度音	M
調内音	L
調外音	0

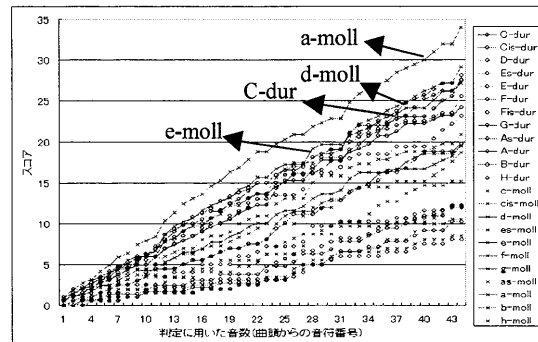


Fig.3 「機能的適合性」による調判定の例
有調の旋律の場合

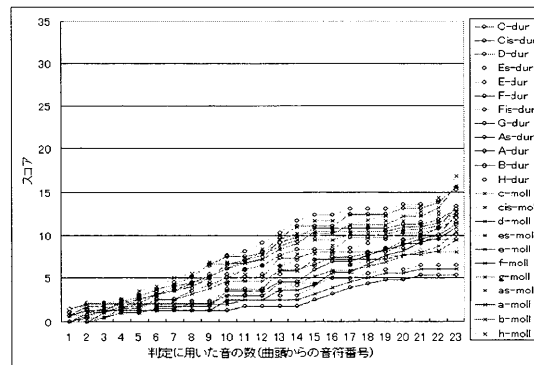


Fig.4 「機能的適合性」による調判定の例
無調の旋律の場合

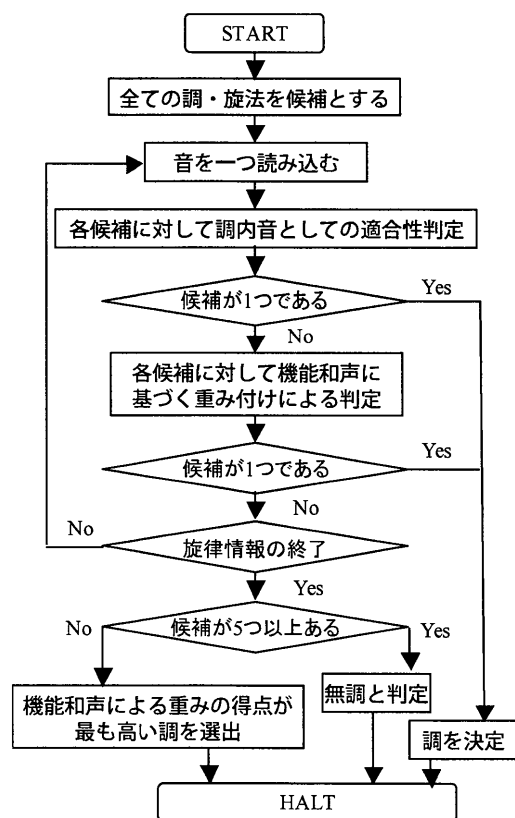


Fig.5 調判定の処理手順

合性」及び「機能的適合性」を考慮した調判定アルゴリズムの処理手順を示す。

4. システムの動作評価

提案したシステムの動作評価を行うために、様々な音楽ジャンルにおける旋律データを用いて調の判定を行った。

4.1 実験に用いた旋律データ

旋律における調の判定には、邦楽ポップス、洋楽ポップス、ロック、ジャズ(古典、現代)、ラテン、演歌、童謡、クラシック(古典、中世、現代)の11ジャンルから3曲ずつ、全33曲の旋律データ(MIDI)を用いた。

4.2 実験結果

Table.2 にジャンルごと及び全ての旋律の判定結果を示す。

4.3 適切な判定結果が得られた旋律に関する考察

Table.2 より、どのような音楽ジャンルの旋律に対しても、概ね適切な判定ができていことが分かる。ここでは、判定に用いた旋律のうち、「調を決定付ける音がない旋律」、「調外音から始まる旋律」、「調性が乏しい(調外音が頻出する)旋律」、「無調の旋律」について着目し、これらの旋律に対する判定結果について考察する。

Table.2 判定結果

旋律のジャンル	判定が成功した曲数
洋楽ポップス	3 / 3
邦楽ポップス	2 / 3
ロック	3 / 3
ジャズ (古典)	3 / 3
ジャズ (現代)	2 / 3
ラテン	2 / 3
演歌	2 / 3
童謡	3 / 3
クラシック (古典)	3 / 3
クラシック (中世)	3 / 3
クラシック (現代)	3 / 3
合計	29 / 33

a) 調を決定付ける音がない旋律

調を決定付ける音がない楽曲の例として、「小さい秋」の譜面を Fig.6 に示す。システムで判定を行った結果、その調を決定する上で重要な機能を持つ音(導音である Gis など)が現れなくても、a-moll と適切に判定されている(判定箇所を譜面上に縦線で記す)。また、この旋律では E が頻繁に現れ、近親調の C-dur との区別が困難であるが、「機能的適合性」により、適切な判定結果が得られた。

b) 調外音からはじまる旋律

調外音からはじまる楽曲の例として、「シェルプールの雨傘」の譜面を Fig.7 に示す。この楽曲の調は c-moll であるが、旋律は調外音の Fis ではじまっており、旋律の前半部分にも多くの調外音が存在しているが、適切な判定結果が得られている。これは、「調内音としての適合性」のみでは誤った判定になるところを、「機能的適合性」を考慮したことによって適切に判定できたと考えられる。

c) 調性の乏しい(調外音が頻出する)旋律

調性が乏しい曲の例として「いつか王子様が」の譜面を Fig.8 に示す。この曲の調は B-dur で、終止音は属音の F であるが、これも b)と同様の理由で、適切な判定結果が得られた。

d) 無調の旋律

本手法では、判定処理を最後まで行っても6つ以上の調・旋法の候補が残ったとき、無調と判定する。無調の楽曲の例として A. Webern の代表曲「6 Bagatellen」の中の「BAGATEL I」の譜面を Fig.9 に示す。システムで判定を行った結果、楽曲の最終音が入力された時点で6つの候補が存在し、無調と判定

された。

これらの旋律の判定に要した旋律における音の数, 及び音名を Table.3 に示す. Table.3 より, 本システムでは旋律が有調であれば終止音以前の早い段階で調判定が可能であることを示している.

Table.3 判定に要した音の数及び音名

楽曲名	音の数*1	音名*2
小さい秋	25	C,D,E,A,H
シェルブールの雨傘	41	C,D,Es,E,F,Fis G,As,A,B,H
いつか王子様が	28	C,D,Es,F,Fis G,A,B,H
BAGATEL I	17	C,Cis,Es,E,F,Fis G,As,A,B,H

*1判定までに出現した音の数 *2判定までに出現した音名

4.4 誤った判定結果が得られた旋律に関する考察

誤った調判定が行われた旋律は, いずれも人(楽曲を聴いて調の判定ができる人)が聴く場合においても, 比較的似通った印象を受ける調(近親調など)の中で, スコアによって強制的に判定されているものである. これは, 「機能的適合性」による判定基準で設定しているパラメータが近親調の中での区別を行うのに不完全であるためと考えられ, これを改善するには例えば2音間の遷移の仕方を考慮する, または調外音に「テンション」の考え方を導入するなど, 改良の余地がある.

5.まとめ

本稿では, 「調内音による適合性」と「機能的重要性」の2つの判定基準を総合的に用いた調判定手法を提案し, 様々なジャンルの旋律データに対する判定結果より, 本手法が有効であることを示した. 本手法による調判定では, 従来の手法では適切な判定が不可能であった調外音を多数含む旋律や, 最終音が主音以外の旋律も適切に判定できるだけでなく, 無調の楽曲に対し, それが無調であると断定することが可能な非常に柔軟な調判定システムであるといえる. また, 与えられた旋律データを全て読み込まず, 早い段階での調判定が可能である. 今後は, 旋律データを増大させた大規模な実験を行い, 現在暫定的に設定しているいくつかの定数(3章を参照)について検討することによって, 本システムの調判定能力をさらに向上させる予定である.

謝辞

本研究の一部は, 同志社大学フロンティア事業「知能情報科学とその



Fig.6 小さい秋の旋律



Fig.7 いつか王子様がの旋律



Fig.8 シェルブールの雨傘の旋律



Fig.9 BAGATEL Iの旋律

応用」, 文部科学省科学研究費補助金 若手B(課題番号 16700154), および龍谷大学 HRC 第2プロジェクトの援助を受けた.

参考文献

- [1] 島岡譲, 『和声 理論と学習 I』, 音楽之友社, 1964
- [2] 石桁真礼生 他, 『楽典 理論と実習』, 音楽之友社, 1965
- [3] 外崎幹二 島岡譲, 『和声の原理と実習』, 音楽之友社, 1958
- [4] B.C.J.ムーア『聴覚心理学概論』, 誠信書房, 1994
- [5] 海老沢敏 他, 『新編 音楽中辞典』, 音楽之友社, 2002
- [6] 吉野巖, 阿部純一, 「メロディの調を認定する過程の計算モデル」, 情報処理学会研究報告, 1993.