

スラー境界情報に基づくフレーズ頂点の推定

橋田 光代^{†1,†2} 片寄 晴弘^{†3,†1} 保科 洋^{†4}

与えられた楽譜からフレーズ頂点を推定 (or 付与) する手法のひとつに保科理論がある。頂点選択や演奏表現のための条件がよく整理されており、理解しやすい。ただし、保科理論では、グループ境界に関しては人間の直感的な思考を前提にしており、直接、計算機処理に用いることはできなかった。本稿では、保科理論をもとに、スラーの始点と終点に関する制約を利用し、頂点推定の根拠からの voting によって各グループの頂点を推定するモデルを提案する。ベートーヴェンのピアノソナタ「悲愴」第2楽章では、概ね正しい頂点を導き、他曲における推定でも約80%を超える正答率を得た。

An Approach to Estimating Phrase Apices based on Slur Boundaries

MITSUYO HASHIDA,^{†1,†2} HARUHIRO KATAYOSE^{†3,†1}
and HIROSHI HOSHINA^{†4}

This paper describes a computational model which estimates notes corresponding to the apex in a phrase, based on Hoshina's theory, which deals with the way to express phrases with giving an apex. The theory illustrate concrete examples of the apices and numerates principles for selecting apices. However, it requires further formalization in order to use the theory on computer systems. We propose a computational model of estimating apices based on voting by the evidences which support the note to be the apex, using slur boundaries. On the piano sonata of Beethoven's "The Pathetic", the second movement, almost right apices were estimated. The algorithm is able to estimate apices with over 80% accuracy.

1. はじめに

音楽の演奏において、より情緒豊かな表現を行うには、まず、与えられた楽譜の構造を理解することが重要である。

演奏者は、通常、楽譜に指示があればそれに従った表現を行う。楽譜には、基本的な音符の配置とその他の演奏指示という形で、作曲の意図がさまざまな形態で記述されている。ただし、時代様式や作曲家によっては指示があまり与えられていない場合もあり、指示のない部分については演奏者の解釈に任されているため、必ずしも楽譜によって表現が一意に決まるわけではない。たとえば、ベートーヴェンは楽譜の細部に至るまで校正を繰り返しているのに対し、モーツァルト

は、細かな演奏指示のは行わないことが多い。

演奏表現の対象およびその具体的な表現は多岐にわたるが、ある程度は共通の表現がある。そのひとつが、フレーズの範囲と頂点(フレーズの中で最も表現に重点をおく音)の表現である。一般に、フレーズの自然な表現とは、頂点に向かってクレッシェンドし、頂点を越えた後はディミヌエンドするのが基本であるとされる。フレーズの範囲と頂点の場所を変えることで、同じ音楽でも表現を変えることができる。

フレーズの場所と頂点の位置の理解は、演奏表現において重要な役割を担っている。しかし、人間がどのようにしてフレーズを理解しているかについては十分には解明されていない。最近の計算機による演奏生成例に対しては、人間の演奏家に劣らない程度のものであるという報告もある¹⁾が、フレーズの同定は人間の介入を前提としていることが多く、自動化の手法が待たれている。

フレーズ構造の記述や表現に関する理論的な取り組みとしては、認知的な視点を導入した音楽理論 L & J

†1 科学技術振興機構さきかけ研究 21「協調と制御」領域
PRESTO/JST

†2 和歌山大学システム工学研究科
Wakayama University

†3 関西学院大学理工学部情報科学科
Kwansei Gakuin University

†4 兵庫教育大学
Hyogo University of Teacher Education

P. Casals はこの表現を rainbow low と呼んでいる。

による GTTM²⁾, E.Narmour の Implication Realization 理論³⁾, 保科の理論⁴⁾ などが有望視されている。これらの理論は従来の音楽理論と比較して分析的であり、応用システム構築の際にも参照されることが少なくない。ただし、計算処理に適した定式化が十分になされているとは言えない。

本稿では、保科の理論の定式化を進める形で、フレーズ頂点を推定する方式の構築を目指す。保科の理論は、放物線運動や振り子運動で演奏表現をとらえることを目指す演奏者（人間）にとってはわかりやすい演奏理論である。また、頂点推定の根拠となる具体例を上げているが、分析の前提となるグループ境界、頂点推定根拠の優先度については分析者の直感に頼る部分があり、必ずしも定式化がなされていない。ここでは、グループ境界の推定におけるスラーの利用、頂点推定根拠に対しての重みづけ voting によって主観的な処理のアルゴリズム化を実現する。

以下、第2章では、文献⁴⁾で示された保科の理論の概要と計算機上で使用する際の可能性と問題点について説明する。第3章では、スラーバウンダリーに基づく頂点推定の計算モデルについて示す。第4章では、計算モデルの適用性を事例を使って検証する。

2. 保科理論

2.1 概要

保科理論は、音楽的なフレーズ表現のための演奏解釈¹⁾を目的としている。演奏表現を一種のエネルギー変化として捉えており、「エネルギーがだんだん高まって徐々に抜けていく状態をひとつのまとまりとして、高い音が基本的に大きなエネルギーを持つ」というシンプルな概念を音楽表現に適用している。伝統的な西洋音楽に限らず、音楽には表現の単位となるまとまりが存在するが、保科は、そのまとまりを上記のエネルギー変化をもつグループと呼んでいる。グループは、作曲でいうモチーフそのもの、あるいは複数のモチーフが組となったものであることが多い。また、隣接するグループ同士が、音楽の内容上密接な関わりをもって複合グループ²⁾を形成し、階層的なエネルギー変化を持つようになることもある(図1)。

演奏において重要なのは、(1) 重心(個々のグループ

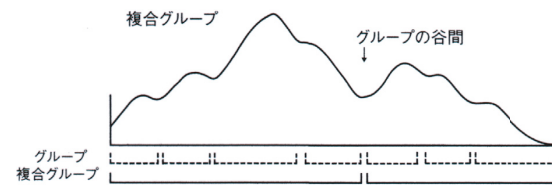


図1 保科理論によるグループ(フレーズ)表現

でもっともエネルギーが高くなる音)をどこに置いてエネルギーを高めていくか(アナクルーズ anacrouse)ということと、(2)一度込められたエネルギーには減衰が必要である(デジナンス de'sinence)ことである。保科は、これを具体化する基礎は高音と音量であり、重心に向かってクレッシェンドを、重心を超えたらディミヌエンドする必要があるとしている。エネルギー増減を調節する意味で、必要に応じて微細なテンポのゆらぎ(アゴーギク)を入れる場合もある³⁾。

この表現の基本となるのがグループの発見である。グループの発見は、主として音符の並びの観察に基づいて実施される。基本的には、リズム、音高、コードの観点から、繰り返して使われている音群がグループになる。明示的な繰り返しが無い領域に対しては、重心の発見を行い、その前後で、アナクルーズ、デジナンスが得られるかを探り、それが成立する領域をグループとして定義する。その上で、記述されたその他の演奏指示(おもに強弱をあらわすもの)を反映させる。

以下、2.2節では、本論文の中心課題となる重心⁴⁾発見の基本指針、2.3節では、保科が特別に上げている音型について述べ、2.4節で、計算処理として実装する際の課題についてまとめる。

2.2 重心推定

重心の設定に関する基本的な手順を示す。

手順1 〈重心の設定〉音符によって示唆される内容をもとに、(a) 拍節がはっきりして、かつ強拍である、(b) 音価が長い、(c) 和声上緊張が高い(倚音、不協和音)、(d) 音高が高いなど、大きく4つの基準から、グループの重心となる候補をみつける。

手順2 〈重心を核としたエネルギーの起伏の確認〉重心候補となった音符の前がアナクルーズになりえるか、あるいは後がデジナンスになりえるかを音符の進行関係から判断する。

手順3 〈隣接する独立グループ群、あるいは複合グループ内の重心の比較検討〉図2のように、見たい

¹⁾ 作曲家によって楽譜として提示された作品を、演奏家が具体的に音として表現するために、楽曲分析によって明らかにされた音楽的内容に自己の創造的意図をも加味して演奏表現の方法を模索する思考過程をさす。

²⁾ これがいわゆるフレーズとなる可能性が高い。ただし、単独のグループがそのままフレーズになることもありうるとしている。

³⁾ アゴーギクの傾向として、(1) アナクルーズでアツチェレランド、(2) おもに重心またはその先行音で「間」が入る、(3) デジナンスでリタルダンドという3点を指摘している。

⁴⁾ 頂点の候補、比較的大きな領域では頂点と等価

歌劇《運命の力》序曲より
G. Verdi

Andantino

The image shows a musical score for Verdi's 'Forces of Fate' overture. It consists of two systems of music. The first system has a treble clef and a bass clef, with a tempo marking of 'Andantino' and dynamics of 'p' and 'con espress.'. The second system continues the piece with similar notation. Various notes and phrases are grouped with numbered circles (1, 2a, 2b, 3a, 3b, 4a, 4b) and arrows, indicating specific musical features or groupings being discussed in the text.

図 2 類似したグループの重心比較

では(1)~(4)で同じようなグループと思えるが、各重心の意味を考慮すると、(2)~(4)はaとbというふたつの小グループを内包していると考えた方がよい。その際、どちらの重心がより重要であるか検討する。手順4〈楽譜上に記されたさまざまな指示記号の意図を加味した最終整理〉前項までの情報とアノテーション記述とを比較検討・整理する。アノテーションが示す意味は4点である。(1) 音符だけでは的確に表現しきない音楽的内容、(2) 解釈に複数の選択肢があるとき、作曲者の意図を明確に指示、(3) 音符で表現している内容をより強調する、(4) 音符では常識的に感じ取れない意図的な表現を指示。

2.3 特徴的な音型

重心の推定は、基本的には、音価と音高を基にした旋律の進行状態によって判定するが、それに優先する形で、重心判定に影響を与える音形パターンの存在を考慮する必要がある。以下、その代表として、バウンド分割とジェットコースター音型について説明する。

2.3.1 バウンド分割による強拍アクセント

1拍以下の短い音価に分割された音群をバウンド分割とよぶ。図3のa, bに示すように、通常、音価の短い音群のあとに音価の長い音が続くと、音価の長い音の方が重心になりやすい。しかし、cのように、バウンド分割による音群が拍節の強拍にあらわれると、重心は強拍に現れる。2~3音程度から成るごく短い音群に与えられたスラー(アーティキュレーション・スラー、3.1節で後述)などはバウンド分割の一種であるとしている。

2.3.2 ジェットコースター音型

ジェットコースター音型とは、少なくとも3音について、第1音から第2音が下行到達し、第2音から第3音が上行するというものを指す。このとき、第2音

The image shows three musical examples labeled a), b), and c). Each example consists of a single staff of music. Example a) shows a sequence of notes with downward arrows above them, indicating a descending line. Example b) shows a similar sequence but with a different grouping. Example c) shows a sequence of notes with downward arrows, similar to a), but with a different emphasis or grouping. These examples illustrate how phrase division affects the perceived accent of notes.

図 3 「バウンド分割による強拍アクセント」

The image shows two musical examples illustrating the 'jet coaster' sound type. The top example is in a bass clef and shows a sequence of notes with a slanted line above them, indicating a 'jet coaster' pattern. The bottom example is in a treble clef and shows a similar sequence of notes with a slanted line above them. These examples illustrate how the 'jet coaster' pattern affects the perceived accent of notes.

図 4 「ジェットコースター音型」

(下行到達音)またはその次(上行音)が頂点になる可能性が高い(図4)。ここで保科は、重心は最低音でも、その次のデジナンス(上行)で *cresc.* が続く可能性があり、重心の音量が最大であるとは限らないと指摘している。これではグループ表現の前提(アナクルーズ、重心、デジナンスにおける *cresc.* および *dim.*) が崩れるため、本稿では、文献⁴⁾に示された重心の定義とは厳密には異なるが、音量が最大になる音符を重心として扱う。

2.4 計算モデルとして利用する際の課題

文献⁴⁾は、重心の発見につながる具体的な根拠を示している。また、*f* や *cresc.* など強弱を表す演奏記号が(a) 音符進行上ほぼ必然的に支持されたものか、(b) 作曲あるいは演奏上で意図的に与えられたものかまでの考察を行っている。演奏生成システムを構築していく際に有益な情報を与えている理論である。一方で、実際に計算機上で利用するためには、必ずしも定式化されていない以下の問題を解決する必要がある。

課題1〈グループ境界の特定〉重心を導出するには、グループの範囲が与えられている必要がある。保科理論では、グループ境界を聴取の際に認知する条件(3.1節)と繰り返しのあるグループ抽出についての提案はあるものの、反ばくする基本原則について十分に議論がなされていない場合がある。例えば、図4においては、2小節1拍目と4小節目1拍目がジェットコースターの頂点として選ばれているが、高い音を優先するという観点からは、3小節1拍目も頂点に成りうる。

課題2〈重心推定の優先順位〉重心になる可能性の高い音がひとつのグループ内に複数現れたとき、いずれかのルールまたはルールの組み合わせを優先させる

必要がある。保科は、個別の事例においてどのルールが優先されるかに関する言及はあるが、その優先順位が必ずしも一定ではない。ルール競合の例は 3.2 節で取り上げる。

3. スラー境界に基づく頂点推定の計算モデル

2 章で述べてきたように、保科理論は、与えられたグループ内での重点推定については有望であるものの、グループ同定を含めた決定的な方法の提示までには至っていない。

この章では、楽譜に記載されているスラーを手がかりとして利用することで、グループ境界を与えるものとする。頂点発見のルールに一定の優先順位を与えることによって、頂点を推定するアルゴリズムを示す。

スラーは、音楽的な意味としては楽器の種類や時代によって様々あり、一意に定められたものではないが、少なくとも、ある音群を、何らかの意味を持つグループとして明示する役割がある。経験を積んだ演奏者であれば、スラー付与を変えるだけで演奏表情を変化させることから、与えられたスラーがグルーピングに大きな影響を与えていることがわかる。特にショパンやベートーベンのピアノ曲におけるスラーは、フレーズを示唆するものである可能性が高く、その中で頂点の発見は、計算機による演奏生成能力の向上に寄与することが期待される。

以下、3.1 節でグループ付与と頂点の推定手順について述べ、3.2 節で頂点推定の動作例を挙げる。

3.1 グループ付与と頂点推定手順

まず、頂点推定モデルの構築にあたり、本稿ではグループと頂点について次のように前提をおく。

- ひとつのグループにつきひとつの頂点が存在する。
- グループで（聴取時の）音量が最も大きくなるべき音を頂点とする。
- 少なくともデジナンスがあり、グループ終了音は頂点としない。

グループ終了音を頂点としないことについては、グループゲシュタルトの観点に基づく。保科によれば、2 音間に時間的な間隔と知覚できる程度の音量差があり、後続音の方が大きい場合、その 2 音間はグループが分離して聴取されると考えられる。また、グループ開始音には多少のアクセントをつけて演奏されるといった指摘⁵⁾ もあることから、グループ開始直前の音、すなわち直前のグループの最後の音は、頂点になる可能性が非常に低いと考えられるためである。

ここでいう頂点とは、保科の言う個々のグループの重心を指す。

グループの範囲として、与えられた楽譜に記述されたスラーの開始音をグループ開始音、スラー終了音をグループ終了音とする。グループの終了と次のグループの開始が重複することも認める。

保科は、おおむね 2~3 音から成るごく短い音群に与えられたスラーをアーティキュレーション・スラー、それより長いものをフレージング・スラーと位置づけている。与えられたスラーがどちらの意味で用いられているかの明確な区別は困難であるが、少なくともスラーに含まれるのが 2 音のみの場合は、圧倒的に先行音の方が強調されることが多い。ここでは、音群が 2 音である場合に限定し、特に 2 音スラーと呼ぶことにする。2 音スラーも 1 つのグループと考える。

頂点の推定は、頂点となる可能性を支持する根拠による、各音符に対しての voting 処理によって実施する。それぞれの根拠毎にポイントを設定することで、根拠の優先度を考慮し、最もポイントを集めた音符を頂点として推定する。具体的には、プロダクションシステムを利用し、それぞれの根拠をルールとして記述しておき、以下のようなステップにしたがって処理を実行する。入力する楽譜は、実際に出版されているものを手本に Finale で作成したデータを XML 出力したものである。

step1 グループの選び出し

ひとつのスラーに着目し、そのスラー内に含まれる音符をワーキングメモリ (WM) に格納する。

step 2 ポイントの計算

ルール (根拠) にマッチした音符に対して、ルール毎に指定したポイントを加算する。ルールと WM の内容のマッチが無くなるまで、step2 を繰り返す。

step 3 頂点の選び出し

最高ポイントを得た音符を頂点とする。

それぞれの頂点抽出の根拠とポイントは以下のように設定する。

特に頂点になる可音能性の高い音

- 拍節的な強拍にあり、かつ下記を含むもの:(10 点)
- 倚音 (もともと強拍にあらわれる)、掛留音 (倚音の先取):(10 点)
- 2 音スラーの先行音:(10 点)
- 相対的に、音価が長くかつ音高の高い音:(10 点)
- バウンド分割 (2.3.1 節) の第 1 音 (もともと強拍にあらわれる):(10 点)

- ジェットコースター音型 (2.3.2 節) の最下音とその次音 : (10 点)

頂点になる可能性のある音

- 非和声音 (借用和音の構成音) : (7 点)
- 非和声音 (経過音) : (5 点)
- 相対的に音高の高い音 : (5 点)
- 相対的に音価の長い音 : (5 点)
- 上行進行の到達音 : (5 点)
- 上行進行で最も跳躍の大きい音 : (5 点)
- 和声進行上緊張の高い音 (ドミナント) : (3 点)
- グループ開始音 (スラー開始音) : (3 点)
- 刺繍音 : (3 点)

頂点になりにくい (可能性が低い) 音

- グループ最終音 : (-20 点) (候補から外す)
- 2 音スラーの後続音 : (-10 点) (候補から外す)
- グループの後半にあり、かつ楽節の最終部分に現れるジェットコースター音型 : (-10 点)
- 下行進行中の経過音 : (-3 点)
- 相対的に音価の短い音群内の最高音 : (-3 点)

グループの後半にあり、楽節の最終部分に現れるジェットコースター音型については、その部分が楽節全体を通してのデジナンスに相当することが多いため、重心にはなりにくいものとして扱った。

なお、上記のポイントは一般的な様式を想定して設定したものである。行進曲等においては、グループ最終音が頂点に成りうる可能性がある。行進曲のようなダイレクトな表現が望ましい様式のためのポイント設定を別途用意している。

3.2 頂点推定の動作例

上記アルゴリズムによる頂点推定の例を図 5 に示す。コードはすべて C Major とし、途中で変わらないものとする。アクセント記号で示した音が頂点として推定された音をあらわす。

a について、ひとつめのスラーでは、最高音、最長音および 6 度の上行跳躍進行により、E 音が頂点に選ばれる。ふたつめのスラーでは A 音が頂点に選ばれる。E 音と同じく 6 度の上行跳躍進行で最高音に至ることに加え、先行する C 音から続くジェットコースター音型の上行音としても、A 音が頂点と推定するのが妥当である。

b について、ひとつめのスラーは a と同様に E 音が頂点となる。ふたつめのスラーでは、a と違い 2 音スラーの先行音である C 音が頂点となる。

c では、a と b で頂点だった E 音がグループ終了音になり、G 音と E 音による 2 音スラーとなる。そのた



図 5 頂点推定例

め、先行音である G 音が頂点となる。ふたつめのスラーでは、C 音がジェットコースター音型の下下音である。また、D 音がグループ開始音であると同時に、先行する E 音からの経過音と見することもできる。なお、この小節を 3/8 拍子と見た場合、D 音は倚音となる。この場合、倚音とグループ開始音という二つの要素から、C 音よりも D 音の方が頂点尤度としては高くなる。ただし、3/8 拍子でなければ、C 音が頂点である可能性は否定できない。

d においては、グループ終了音 G をのぞいたすべての音がなんらかの頂点候補となる要素を持つ。このうち、はじめの G 音 (グループ開始音) と E 音 (相対的に長い音価) は、あとの 3 音に比べると尤度が低いいため除外される。ここでは、第一の候補として、グループ最高音であり、ジェットコースター音型最下音の C 音から 6 度跳躍する A 音が挙げられる。ただし、倚音もしくは経過音と考えられる D 音、ジェットコースター音型の下下音である C 音はそれだけで頂点尤度が高いため、頂点である可能性は否定されない。

4. 実 験

提案した頂点推定モデルの妥当性を検証する手段としては、モデルで推定した頂点と人間による楽譜の分析によって定める頂点との比較を行うことが挙げられる。以下、ベートーヴェンのピアノソナタ「悲愴」第 2 楽章冒頭 8 小節を用いた実験と検証について述べ、他の曲での頂点推定実験例を紹介したうえで考察を行う。

4.1 「悲愴」による頂点推定

ベートーヴェンのピアノソナタ「悲愴」第 2 楽章冒頭 8 小節において、重心推定を試みる。比較する対象として、保科が文献 4) で提示した重心を用いる。楽譜は、原典に近く、多くのピアノ専門演奏者がよく使用するヘンレ版を用いた。

二つの G 音の音程が 1 オクターブあることから、グループ d は上行傾向にあると考えることが可能である。この場合、A 音は開始の G 音から 9 度上行することになり、上行する最大跳躍音としてもこの結果を支持している。

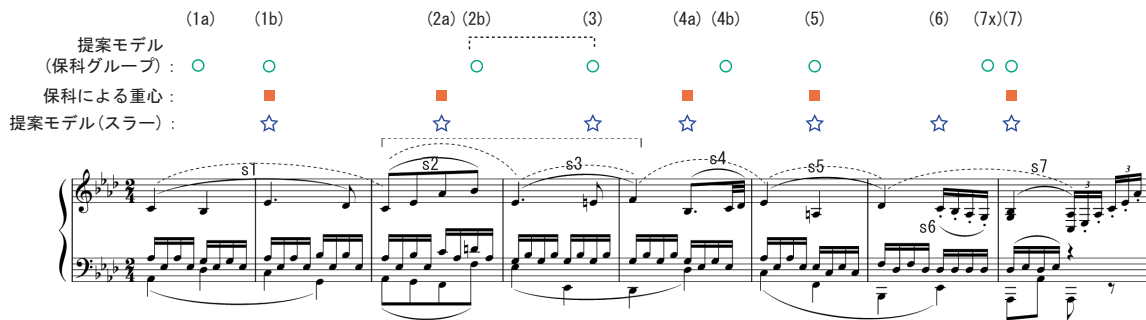


図 6 ベートーヴェン「悲愴」第 2 楽章冒頭

図 6 に推定結果を示す。保科が文献 4) 中で自身を与えた重心を印、その文献中で示したグループに対して本手法で推定した頂点(重心)を印、記譜上のスラー(s1~s7)に対してグループを与え、提案モデルで推定した重心を印で表している。保科自身が印に与えた重心は、点線で示したスラーをグループとして判断されたものである。なお、提案手法によってひとつのグループに二つの印が与えられているのは、ポイントが同点になったことによるものである。

まず、スラーをグループとして用いた提案モデルでの重心と、保科による重心とを比較する。基本的には、保科が示した重点すべてを推定することができた(s1, s2, s4, s5, s7)。ただし、s3 および s6 については、保科は、E \flat 音(3)には多少の注意を払っているものの、複合グループの一部として扱っている(後述)ため、とくに重心の設定は行っていない。提案モデルでは別々のグループとしたため、それぞれ、(3)の E \flat 音(経過による変化和音およびジェットコースター音型による上行)と(6)の C 音(グループ中の最高音およびグループ開始上にある倚音)が重心として推定された。

次に、文献 4) によるグループを与えた場合の提案モデルでの重心と比較する。記譜スラーによる推定結果と変わらなかったのは s1 と s5 に相当する部分のみで、他の部分には推定に何らかの変化があらわれた。s2 と s3 に相当する部分では、グループ最高音となる B \flat (2b) と E \flat 音(3)が重心とされ、保科が示す A \flat 音(2a)はその可能性を否定された。このふたつのグループは、保科は複合グループ(点線カギ括弧)として扱っているが、その場合は、(2b)より(3)の方が尤度が高かった。5 小節目 s4 に相当する部分では、B \flat (4a)ではなく、ジェットコースター音型で上行し経過音としての役割を果たす C 音(4b)が推定された。s6 と s7 を含む 7~8 小節目のグループでは、分析どおり B \flat (7)が重心と推定されたが、それに先行する G 音(7x)も可能性を残す音として現れた。この G 音はジェットコー

スター音型の最下音として説明することができる。

4.2 他曲における頂点との推定

前節と同じ要領で、他の曲についても頂点推定を行った。表 1 にその結果を示す。

曲名	グループ数	正答	誤答	正答率
「悲愴」3 楽章	19	17	1	89%
別れの曲	29	22	3	76%
愛の挨拶	7	6	1	86%
夜空ノムコウ	8	8	0	100%
合計	63	53	5	84%

表 1 頂点推定率

正解とする頂点は、通常行われている演奏からの聴取および楽譜分析によって妥当と判断できる音とした。同一グループ内で、正解とする頂点と違う音が推定された場合、および何も推定しなかった場合を誤答とし、正解を推定はしたが他の音も可能性があるととして絞りきれなかった場合は、正答・誤答のいずれからも外した。

全体として、スラーで与えられたグループの数 63 と、対応すると考えられる頂点にたいし、正しく一意の頂点として特定できた数の推定率は 84%であった。明らかに誤答とされたものが 7 つあり、また頂点ポイントが同点になるといった曖昧な推定が 5 つあった。

ポピュラー曲である「夜空ノムコウ」のグループピングについては、歌詞の単語グループおよびゲシュタルトの近接の要因などから判断して与えている。

別れの曲で間違いがあった部分は、*stretto* がかかることとパウンド分割による強拍アクセントを導けなかったことによる。この部分について対応を行えば、明らかな誤答はなくなるが、他の楽曲での検証を終えていないため、今後の課題としたい。

4.3 考 察

今回は、旋律上に与えられたスラーをグループとみなした頂点を求めた。その結果「悲愴」では、保科の分析通りの頂点を推定することができたが、厳密には、

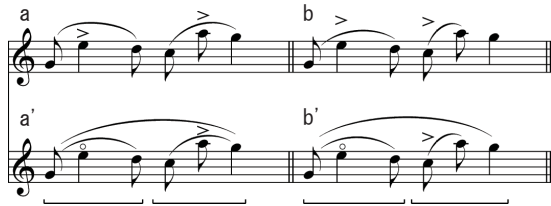


図 7 複合グループ形成例

両者がそれぞれ与えたグループは異なっており、保科分析によるグループでは正しい頂点を推定することができなかった。考えられることとして、旋律を対象とした分析であっても、実際には旋律以外の要素も考慮に入れていることが挙げられる。和音を見るというのはその代表であるが、それ以外にも、たとえば、図 6 において、3 小節目の B♭ が頂点（重心）にならない理由として、保科は左手低音の F が 8 度上行していることを指摘している。このことから、人間が楽譜分析によってグルーピングを行う際は、あらゆる演奏パートの進行が考慮されていると考えられる。

また、明示的な指示なしで複合グループを形成するには次のような例が考えられる。図 5a, b をもとにして、複合グループへの適用例を図 7 に示す。

a では、与えられたふたつのグループは、リズムは異なるものの音程進行が同一である。b では、最後の G 音がどこのグループにも属していないが、繰り返しの音形グループという観点から、a, b どちらもそれぞれ a', b' のような複合グループを形成できると考えられる。複合グループにおける頂点（重心）は、それぞれが内包する小グループの重心のいずれかと考えられる。そこで、各重心を、複合グループの中で比較し、ポイントの高い方を選択することで、複合グループの頂点を推定することができる。a' では、複合グループ最高音でありジェットコースター型の上行音である A 音が、b' では、2 音スラーの先行音でありジェットコースター型の最下音である C 音が頂点として推定される。

このように、先に与えられたグループを参考にすることで、前後の音符との複合的な関係を導き、各小グループの重心同士のバランスを決定することができるであろう。

5. ま と め

本稿では、保科理論を発展させ、スラー境界を利用したグループにおける頂点推定モデルを提案した。人間の手によるドーピングなしに演奏生成を行う自動的なフレーズ付与の前段階になれると考えている。ス

ラー境界と前後する音符の状態を比較し、スラー境界を拡張することで、より、人間が理想としているグループを推定できる可能性を示した。

今回示した頂点抽出の手法に関しては、voiting のためのポイント設定など、アドホックに与えたものが多い。今後、多くの曲に対する検証を実施するとともに、ポイント設定の自動化処理に取り組む予定である。そのうえで、演奏生成システムの楽曲解析処理に組み込んでシステムの自律性を高めていきたい。

謝辞 本研究は、科学技術振興機構さきがけ研究 21「協調と制御」領域研究として実施されました。

参 考 文 献

- 1) 平賀瑠美, 大島千佳, 西本一志: Rencon を外と内から眺めたら …, 情報処理学会研究報告音楽情報科学 2002-MUS-50, pp. 19–24 (2003).
- 2) Lerdahl and Jackendoff: *A Generative Theory of Tonal Music*, MIT Press (1983).
- 3) Narmour, E.: *The Analysis And Cognition Of Basic Melodic Structures*, the University of Chicago Press (1977).
- 4) 保科洋: 生きた音楽表現へのアプローチ - エネルギー試行に基づく演奏解釈法, 音楽之友社 (1998).
- 5) Takeuchi, Y.: Performance Variables for Grouping Structure in two editions of the theme of K. 331, *International Conference on Auditory Display (ICAD) Proc.*, pp. 47–50.