

旋律特徴量による発想記号の推定

嵯峨山 加奈 三浦 孝夫

法政大学工学部情報電気電子工学科

1. 前書き

本研究では、小節ごとに旋律音程から当該曲の発想記号を推定する問題を論じる。発想記号は演奏方式や編曲を行うときに手がかりとなるが、従来は主観的な問題であるとして機械的に扱われることはない。そもそも問題点として、発想記号の推定は可能か、作曲者や曲の分類に依存しないか、対象楽器に依存しないか、推定する基準は何かということが上げられる。本稿では、cantabile と grazioso を例にとり、いくつかの前提条件を並べた上で、旋律生じる最高音を先頭 8 小節から特徴量を抽出し、発想記号を推定する。

本研究をする目的として、楽譜に適した発想記号の推定をすることである。この利点として、コンピュータによる演奏支援、デジタル音楽の自動分類、編集伴奏の支援があげられる。

2. 発想記号

発想記号とは、演奏記号のひとつで楽曲の表情や表現法を言葉で指示をする。一般に楽譜の上側に速度記号と並べて表示されている。よく用いられるものには *maestoso* (荘重に) や *legato* (滑らかに) などがあるが、作曲者が決められたものから選ぶのではなく自由に発想指示をする言葉である。発想記号の役割として、演奏支援、特定の方向への表情を指示、表現の変化などがある。

3. 旋律特徴量

旋律を分類するためには、音楽の持つ特徴量を抽出する必要がある。例えば、ピッチ輪郭やピッチスペクトルなどがあげられる。

ピッチ輪郭は直前の音に対して上下の動きを UP、DOWN、STAY で記述するので、細かな音の動きに左右されやすいことが問題点である。



図 1. grazioso の曲

図 1 のような楽譜に対して、次のように記述する。
{-UDUS} {DUDUS} {DSUS} {UUDDD}

それに対しピッチスペクトルは各小節ごとに休符を含めた 13 ベクトルで記述する。ピッチスペクトルでは図 1 の楽譜を各小節の全体を 1 として、次のように記述する。

{C#5/12 D1/12 E1/2} {C#1/12 D1/2 B5/12}
{A1/2 B1/2} {C#2/3 D1/12 E1/12 B1/6}...

この記法では長調や単調の変化に対応ができない。本稿では調も作曲者の意図と捉え、発想記号に影響があると見なし、ピッチスペクトルを導入し特徴量の抽出を行う。

4. カイ二乗検定

カイ二乗検定とは統計的検定法の一つである。そもそも検定とは、データをある仮説に従って収集し、2 つの平均値間に差が見られたとき、その差が偶然ではなく仮説に対して有意であるかどうかを確認するために用いる。

$$\chi^2 = \frac{[\text{期待値} - \text{観察値}]^2}{\text{期待値}} \text{の合計}$$

カイ二乗検定では上式を用い、自由度 $k-1$ の χ^2 分布より求めた p_{χ^2} と有意確立 p 値を比較する。

カイ二乗検定には適合度検定やクロス集計などがある。適合度検定は帰無仮説「特定の分布に従う」に対し、 $p_{\chi^2} < p$ であれば有意で「特定の分布に従わない」ことになり、 $p_{\chi^2} \geq p$ であれば状態保留となり、「特定の分布に従わないとはいえない」となる。また、クロス集計では帰無仮説「2 変数は独立である」に対し、 $p_{\chi^2} < p$ であれば状態保留で「独立ではないとはいえない」となり、 $p_{\chi^2} \geq p$ であれば有意で「2 変数は独立ではない」といえることになる。

5. 実験

予め、発想記号に *cantabile* と *grazioso* が用いられている曲を 10 曲ずつ用意する。用いた曲を以下に示す。

C1	グリーグ Poetiske Tonebilder (Op. 3)
C2	クレメンティ Sonata (Op. 46)
C3	ショパン Impromptu No. 4 (Op. 66)
C4	チャイコフスキー Doumka (Op. 59)
C5	ハイドン Quartet No. 64 (Op. 76/5)
C6	ベートーヴェン Sonata No. 8 (Op. 13)
C7	ベートーヴェン Cello Sonata No. 3 (Op. 69)
C8	ベートーヴェン Sonata (Op. 110)
C9	メンデルスゾーン Andante Cantabile (WoO. 6)
C10	モーツァルト Piano sonata No. 13 (K333-2)

表 1. cantabile

G1	チャイコフスキー Swan Lake Act. 3 (Op. 20)
G2	ブラームス ROMANZE (Op. 118-5)

G3	ブラームス Intermezzo (Op.119-3)
G4	フンメル ALLEGRETTO GRAZIOSO X
G5	メンデルスゾーン Song Without Words (Op.30)
G6	メンデルスゾーン Spring Song (Op.62)
G7	モーツァルト Quartet No.6 RONDO (K159)
G8	モーツァルト Piano Sonata No.7 (K309)
G9	モーツァルト Piano Sonata No.11 (K331)
G10	モーツァルト Piano Sonata No.13 (K333-3)

表 2. grazioso

この研究をする上で旋律の判別を簡単にするため、いくつか前提条件を定める。まず、ピアノ曲に限定し、和音になっている場合は最高音を用いる。そして、オクターブは移動させ 12 音と休符として分類する。また、装飾音はないものとし、最初の 8 小節のみを用いる。さらに、アウフタクトがあった場合はカウントせず、1 小節目から数える。

20 曲すべて 8 小節の 13 のベクトルに分けたものを 104 次元として分類する。次に cantabile 同士、grazioso 同士、cantabile と grazioso の 3 種類の内積の和を計算する。

内積の結果が、閾値を超える数を数え、カイ二乗検定を行う。今回比べる対象に対して 10 曲あるので、自由度 9 のカイ二乗分布を用い、また独立であることを確認したいので適合度検定を用いる。一般には分布より有意確立を求めて比べるが、今回は限界値と比べて大きければ独立と判定することができる。また、それぞれ仮定を「cantabile は grazioso の分布に従う」、「grazioso は cantabile の分布に従う」とする。実験では cantabile と基準とした grazioso と grazioso を基準とした cantabile の検定結果と有意水準 5% の限界値 16.919 と比べる。それより該当する閾値を求める。

6. 実験結果

実験結果を表 3、表 4、表 5 に示す。

	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10
G1	1	0.48	0.23	0.33	0.22	0.26	0.03	0.25	0.03	0.38
G2	0.48	1	0.36	0.14	0.39	0.32	0.06	0.18	0.09	0.46
G3	0.23	0.36	1	0.18	0.32	0.23	0.25	0.25	0.18	0.39
G4	0.33	0.14	0.18	1	0.06	0.14	0	0.21	0.06	0.28
G5	0.22	0.39	0.32	0.06	1	0.32	0.37	0.22	0.46	0.5
G6	0.28	0.32	0.23	0.14	0.32	1	0.04	0.24	0.11	0.43
G7	0.03	0.06	0.25	0	0.37	0.04	1	0.12	0.27	0.11
G8	0.25	0.18	0.25	0.21	0.22	0.24	0.12	1	0.17	0.43
G9	0.03	0.09	0.16	0.06	0.46	0.11	0.27	0.17	1	0.13
G10	0.38	0.46	0.39	0.23	0.5	0.43	0.11	0.43	0.13	1

表 3. cantabile の内積の和

	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10
G1	1	0.07	0.36	0.4	0.06	0.13	0.21	0.1	0.09	0.32
G2	0.07	1	0.12	0.28	0.45	0.24	0.05	0.17	0.45	0.16
G3	0.36	0.12	1	0.22	0.15	0.11	0.03	0.21	0.22	0.1
G4	0.4	0.28	0.22	1	0.15	0.14	0.15	0.3	0.19	0.5
G5	0.06	0.45	0.15	0.15	1	0.35	0.1	0.18	0.54	0.18
G6	0.13	0.24	0.11	0.14	0.35	1	0.06	0.12	0.44	0.17
G7	0.21	0.05	0.03	0.15	0.1	0.06	1	0.19	0.04	0.32
G8	0.1	0.17	0.21	0.3	0.18	0.12	0.19	1	0.18	0.11
G9	0.09	0.45	0.22	0.19	0.54	0.44	0.04	0.18	1	0.09
G10	0.32	0.16	0.1	0.5	0.18	0.17	0.32	0.11	0.09	1

表 4. grazioso の内積の和

	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10
G1	0.34	0.23	0.04	0.27	0.07	0.12	0.08	0.24	0.04	0.29
G2	0.18	0.16	0.11	0.05	0.34	0.08	0.33	0.16	0.34	0.11
G3	0.19	0.13	0.04	0.08	0.03	0.11	0.01	0.02	0	0.13
G4	0.39	0.5	0.17	0.14	0.2	0.37	0.05	0.06	0.06	0.35
G5	0.11	0.12	0.09	0.02	0.22	0.04	0.32	0.07	0.47	0.11
G6	0.06	0.16	0.07	0.02	0.21	0.02	0.13	0.03	0.22	0.06
G7	0.13	0.18	0.1	0.1	0.18	0.22	0.12	0.05	0.03	0.18
G8	0.39	0.31	0.14	0.21	0.07	0.18	0.03	0.17	0.06	0.18
G9	0.11	0.17	0.06	0.01	0.2	0.09	0.09	0.07	0.31	0.05
G10	0.35	0.57	0.26	0.11	0.29	0.61	0.02	0.26	0.08	0.44

表 5. cantabile と grazioso の内積の和

次に、実験結果を示す。

閾値	Ciに対するG	Giに対するC	閾値	Ciに対するG	Giに対するC
0.15	15.675794	8.2142857	0.33	15.404762	15.916667
0.16	14.520238	8.2142857	0.34	18.704762	17.25
0.17	17.186905	10.166667	0.35	18.871429	18.666667
0.18	17.551587	10.592857	0.36	18.97619	16.833333
0.19	20.232143	12.071429	0.37	19.47619	15.166667
0.2	21.107143	12.6	0.38	16.166667	15.166667
0.21	24.107143	15.75	0.39	14.533333	17.166667
0.22	23.079762	12.25	0.4	14.533333	17.166667
0.23	20.877381	14.75	0.41	14.533333	15.333333
0.24	18.163095	14.5	0.42	14.533333	15.333333
0.25	14.613095	13.2	0.43	11.166667	15.333333
0.26	16.363095	11.95	0.44	11.166667	13.333333
0.27	17.863095	11.2	0.45	12.833333	10.833333
0.28	16.857143	11.5	0.46	10	9
0.29	18.142857	12.75	0.47	10	9
0.3	19.714286	13.833333	0.48	11	10.5
0.31	19.714286	13.833333	0.49	11	10.5
0.32	16.871429	14.583333	0.5	10	12

表 6. 実験結果

実験結果より、閾値が 0.35 の場合、cantabile に対する grazioso の検定結果が 18.87 となり、確率 $0.0263212 < 0.05$ 、grazioso に対する cantabile の検定結果が 18.67、確率 $0.0281497 < 0.05$ と出た。

7. 結論

仮定「cantabile は grazioso の分布に従う」と「grazioso は cantabile の分布に従う」という仮定は忘却できるので、独立とみなすことができる。この結果より判別できるといえることがわかる。しかし、これからの課題として、作曲家の偏りを考え直し、また多くの楽曲や他の発想記号の検証もする必要がある。

[参考文献]

- [1] 吉原 幸輝、三浦 孝夫：確率過程に基づく複雑律分類、日本データベース学会 Letters Vol.5, No.1
- [2] 吉原 幸輝、三浦 孝夫、塩谷 勇：楽曲進行の推定による複雑律分類、データ工学ワークショップ 2007 A9-1