

音程進行による旋律の定量的分析

A Numerical Analysis of Melody from the Aspect of Intervals.

坂 崎 紀
Osamu SAKAZAKI

The purpose of this study is to describe the character of melody by means of numerical and statistical analysis of melodic intervals. The objects of analysis consist of four groups: Gregorian chant, secular monophony of the middle ages, soprano parts of J. S. Bach's two-part inventions, and melodies from F. Schubert's "Winterreise." These melodies are coded for computer processing, and the frequency of melodic intervals are calculated by computer. The results are then statistically investigated, and the four groups are analysed by means of discriminant analysis. (Variables used are the frequency of melodic intervals). It is apparent from the results that the frequency of melodic intervals, most importantly major/minor seconds and major/minor thirds, are effective as criterion to distinguish one group from the other.

1. 序 論

1.1 本研究の目的と方法

本研究は、旋律の音高変化のパターンを定量的にとらえ、基礎統計データを得て検討し、さらに必要に応じて、そのデータを多変量解析の手法により分析することによって旋律の特性を記述することを目的とする。具体的な研究報告の前に、音楽の定量的把握と多変量解析について述べる。

1.2 音楽の定量的把握

一般に音楽は様々な要素の複雑な関連の上に成り立っており、その総体・統一体としての性格を客観的に記述することは容易ではない。にもかかわらず、我々はある音楽を聴いた時、その音楽の時代様式、個人様式等についてある程度推測し、なんらかの判断を下すことがある。それは、これといって具体的に指摘はできないが、個々人の過去の音楽体験と比較・対照された結果の「総体的な印象」といったものに基づくように思われる。このことは何を意味しているのだろうか。

おそらく我々は音楽の多様な特性を受け入れ、その情報を無意識的に圧縮し、諸特性の相互関係を聴き分け、なんらかの判断を下すのであろう。もしそうだとすれば、この無意識的過程に関与する音楽上の諸問題を明らかにすることは、人間と音楽との関係を考察する手がかりとなる基礎的資料を提供すると考えられる。

音響現象としての音楽(楽曲)は物理学によって定量的に記述可能であり、芸術の中でも、文学・絵画に比べれば容易に定量化できる性質を持っている。「音楽は人間とのかかわりによって意味を持つのであるから、音楽だけを定量化しても音楽の本質を説明できない」という反論が予想されるが、音楽そのものの基礎的性格についての客観的検討を経ずに思弁的・定性的に音楽を論ずるだけでは科学的成果は期待できないだろう。

1.3 多変量解析

音楽という複雑な現象の性質を定量的に明らかにするためには、一元的な観測データを統計学的に扱うだけでは不十分で、一般に多変量解析 multi variate analysis と呼ばれる手法を用いる必要があると思われる。「多変量解析とは、いくつかの個体が複数の特性によって特徴づけられる場合、特性間の相関関係を分析しながらそれらの特性の重みづけを行い、場合によっては複数の視点から総合化を行い、各個体を総合化された得点によって多元的に位置づけるものである。」^{注1)} この場合、特性とは必ずしも数値データ（連続量）である必要はなく、質的データもいくつかのカテゴリーへの帰属の有無という形で扱うことが可能であり、分析者の問題意識に応じて柔軟に適用することができる。

この手法の音楽への応用は、F・クレイン、J・フィーラー(1970)^{注2)}に見られるが、これは元来、生物学の領域で数値分類法〔numerical taxonomy〕として成果をあげた手法を音楽に応用したものである。この多変量解析には、次のような手法がある。

- 主成分分析〔principal components analysis〕
- 判別分析〔discriminant analysis〕
- 重回帰分析〔multiple regression analysis〕
- 因子分析〔factor analysis〕
- クラスタ分析〔cluster analysis〕
- 多次元尺度構成法〔multidimensional scaling〕
- 林数量化理論第I～IV類

これらの手法そのものは、ある条件を満たすデータを入力すれば自動的に出力結果が得られ、この意味では一種の関数あるいはブラックボックスといえる。従って入力データの吟味と、出力結果の解釈・評価を適切に行う必要がある。

2. 旋律の特性の数量化

本研究は旋律の音高変化に着目し、音高変化の特性を統計的に数量化し、あるひとつの旋律を代表するデータを得、このデータに基づいて考察を行う。この数量化は、次のような手続きを経ることによって行う（譜例2.1参照）。

- (1) あるひとつの旋律を、音価を無視して各音が均質に並んだものとみなす。
- (2) 構成音を12平均律に近似させた数値に変換する。
- (3) 継起する2音間の音程を、(2)で変換された数値の差、すなわち半音何個に相当するかによって表現する。また、上行は正(+), 下行は負(-)で表示する。

この段階で、旋律は音高による表現から、音程変化の表現に変換される。

- (4) 任意の数の音程からなるパターンを冒頭より抽出し、同一のパターンが2回以上出現する場合はその頻度を記録する。
- (5) 出現頻度の多いものから順にソートし、作表する。

表2.1は、譜例2.1の旋律について、2音間の音程パターンを集計したものである。長2度上行(+2)

譜例 2.1 旋律の数値化と音程の算出



表 2.1 譜例 2.1 の旋律に出現する音程 (2 音間)

TOTAL 7 PATTERNS.

+ 2	3	(30.0 %)	3	(30.0 %)
+ 1	2	(20.0 %)	5	(50.0 %)
+ 5	1	(10.0 %)	6	(60.0 %)
+ 7	1	(10.0 %)	7	(70.0 %)
- 4	1	(10.0 %)	8	(80.0 %)
- 3	1	(10.0 %)	9	(90.0 %)
- 1	1	(10.0 %)	10	(100.0 %)

TOTAL	7 PATTERNS		10	

表 2.2 譜例 2.1 の旋律に出現する音程パターン (3 音間)

TOTAL 9 PATTERNS.

+ 2 + 2	1	(11.1 %)	1	(11.1 %)
- 1 + 1	1	(11.1 %)	2	(22.2 %)
+ 5 - 1	1	(11.1 %)	3	(33.3 %)
+ 7 + 5	1	(11.1 %)	4	(44.4 %)
- 4 + 7	1	(11.1 %)	5	(55.5 %)
+ 2 - 4	1	(11.1 %)	6	(66.6 %)
- 3 + 2	1	(11.1 %)	7	(77.7 %)
+ 1 - 3	1	(11.1 %)	8	(88.8 %)
+ 2 + 1	1	(11.1 %)	9	(100.0 %)

TOTAL	9 PATTERNS		9	

が 3 回出現していることがわかる。また表 2.2 は同じ旋律について 3 音間の音程パターンを集計したものであるが、ここでは重複がない。

この分析方法では、c-d の長 2 度も d-e の長 2 度も +2 として同一視するため、集計結果は元の旋律に 1 対 1 の対応をするものではない。すなわち、集計結果からもとの旋律を復元することはできない。従ってこの集計結果は当該旋律について、ある基準尺度で測定した一種の〈測定値〉と言える。(この手続きは単純かつ機械的であるので、プログラムを作成しパーソナルコンピュータによって行った。)^{注3)}

なお、前述のように本研究では旋律を 12 平均律で近似させ、2 音間の音程は半音何個に相当するかで表示することが多い。これは、通常の「短 2 度上行」、「完全 5 度下行」といった表現が冗長であり、特に 3 音からなるパターン (2 音程) を表示する際に繁雑だからである。短 2 度と増 1 度、増 4 度と減 5 度などが区別されないという欠点があるが、かえってこのような音程を同一視することによって旋律情報を圧縮できるという点を考慮するならば、この単純化によって失うものは許容し得ると筆者は考える。

以下に半音数と音程の対応をあげる。

半音数	音程 (特殊な音程は省略)
1	短 2 度, 増 1 度
2	長 2 度
3	短 3 度
4	長 3 度
5	完全 4 度
6	増 4 度, 減 5 度
7	完全 5 度
8	短 6 度
9	長 6 度, 減 7 度
10	短 7 度
11	長 7 度
12	完全 8 度
13	短 9 度, 増 8 度

14	長9度
15	短10度
16	長10度

3. 基本統計量による考察

3.1 旋律データ

本研究では、時代による旋律様式の音程面での相違を明らかにすることを主眼とし、大局的な比較検討を行うため次の4グループの楽曲から旋律を取り出した。

1. グレゴリオ聖歌 (表3.1)

Davison, Apel: *Historical Anthology of Music* 注4) (以下 HAM と略す) の No. 12~16 より7曲、および、W. Apel: *Gregorian Chant* の第2部第3章で旋法の標準的音域を満たしている例としてあげられているものの中から各旋法2曲ずつ、計16曲を *Liber Usualis* 注5) (以下 LU と略す) より選んだ。200音符以上の長大な曲については段落点を考慮しつつ、冒頭から120~160音符相当を取り出した。(表3.1のカッコ内はページ、HAMは番号、LUは所収数を示す。)

2. 単旋律世俗歌曲 (表3.2)

HAM No. 18~24から18曲を選んだ。トゥルバドゥール、トゥルヴェール、ミンネジガー、マイスタージガーの歌曲、およびラウダ、カンティガ、イギリスの世俗歌曲を含む。

3. バッハ：2声インヴェンションの上声 (表3.3)

《インヴェンション》注6) 第1~10番の上声部の冒頭より約100音符を取り出した。トリル、モルデントなどの装飾記号によって生じる音は省略した。(ごく短い時間に反復されるトリル、モルデントは旋律の音程変化としてとらえる必要がないと判断した。)

4. シューベルト：《冬の旅》の独唱声部 (表3.4)

第1曲から第10曲注7) までの、独唱声部の冒頭から約100音符を取り出した。この場合は装飾音も含めた。(《インヴェンション》のトリル、モルデントとは異なり、旋律の変化ととらえられる装飾音であると判断した。)

以上の4グループの旋律について、同音反復を無視して分析を行った。

なお、グレゴリオ聖歌と単旋律世俗歌曲については半音変化、*musica ficta* の問題があるが、今回は、グレゴリオ聖歌については HAM (表3.1のNo.1~7) と LU (表3.1のNo.8~23) の通常の解釈に従い、単旋律世俗歌曲については HAM に従った。

表 3.1 グレゴリオ聖歌

1. Haec dies (HAM 12)
2. Alleluia: Angelus Domini (HAM 13)
3. Libera me (HAM 14)
4. Kyrie IV: Cunctipotens (HAM 15a)
5. Alleluia: Dominus in Sina, with Sequence: Christus hunc diem (HAM 16a)
6. Victimae paschali laudes (HAM 16b)
7. Jubilemus Salvatori (HAM 16c)
8. Apertis thesauris (LU 463)

9. Alleluia: Laudem Domini (LU 448)
10. Ante luciferum (LU 463)
11. Veni et ostende (LU 343)
12. Adjutor (LU 498)
13. Alleluia: Cognoverunt (LU 817)
14. Reminiscere (LU 545)
15. Quem vidistis (LU 377)
16. Loquebar (LU 1215)
17. Expectans (LU 1043)
18. Esto mihi (LU 511)
19. Domine in auxilium (LU 1046)
20. Puer natus est (LU 408)
21. Benedictus Dominus (LU 478)
22. Ad te levavi (LU 318)
23. Alleluia: Exivi (LU 831)

表 3.2 単旋律世俗歌曲

Troubadours:

1. Pax in nomine (HAM 18a)
2. Be m'an perdut (HAM 18b)
3. Reis glorios (HAM 18c)

Trouvères:

4. Ja nuns hons pris (HAM 19a)
5. Quant voi (HAM 19b)
6. E, dame jolie (HAM 19g)

Minnesingers:

7. Swa eyn vriund (HAM 20a)
8. Nu al'erst (HAM 20b)
9. Winder wie ist (HAM 20d)

Laude:

10. Gloria in cielo (HAM 21a)
11. A tutta gente (HAM 21b)
12. Santo Lorenzo (HAM 21c)

Cantigas:

13. A madre (HAM 22a)
14. Mais nos faz (HAM 22b)
15. Aque serven (HAM 22c)

English Songs:

16. Sainte Marie (HAM 23a)
17. Worldes blis (HAM 23b)

Mastersingers:

18. Der Gilden Ton (HAM 24)

表 3.3 バッハ:《インヴェンション》

1. J.S.Bach: Invention Nr.1. C-dur BWV 772
2. Nr.2. c-moll BWV 773
3. Nr.3. D-dur BWV 774
4. Nr.4. d-moll BWV 775
5. Nr.5. Es-dur BWV 776
6. Nr.6. E-dur BWV 777
7. Nr.7. e-moll BWV 778
8. Nr.8. F-dur BWV 779
9. Nr.9. f-moll BWV 780
10. Nr.10. G-dur BWV 781

表 3.4 シューベルト:《冬の旅》

F. Schubert: Winterreise, D911 Op.89

1. Gute Nacht
2. Die Wetterfahne
3. Gefrorne Tränen
4. Erstarrung
5. Der Lindenbaum
6. Wasserflut
7. Auf dem Flusse
8. Rückblick
9. Irrlicht
10. Rast

3.2 2音間の音程

表3.5は、同音反復を除いた音程の出現率を示したものである。この表は次のような全体的傾向を示している。

表 3.5 今回分析した旋律に出現する音程

順位	音程	頻度	%
(1)	- 2	1388	(26.15)
(2)	+ 2	1235	(23.27)
(3)	- 1	644	(12.13)
(4)	+ 1	483	(9.10)
(5)	+ 3	361	(6.80)
(6)	- 3	340	(6.41)
(7)	- 4	206	(3.88)
(8)	+ 5	138	(2.60)
(9)	+ 4	128	(2.41)
(10)	- 5	100	(1.88)
(11)	+ 7	66	(1.24)
(12)	- 7	39	(0.73)
(13)	+ 8	28	(0.53)
(14)	-12	21	(0.40)
(15)	+ 9	20	(0.38)
(16)	+12	20	(0.38)
(17)	+10	16	(0.30)
(18)	- 8	13	(0.24)
(19)	-10	13	(0.24)
(20)	+ 6	13	(0.24)
(21)	- 6	10	(0.19)
(22)	- 9	9	(0.17)
(23)	+15	8	(0.15)
(24)	-11	6	(0.11)
(25)	+15	2	(0.04)
(26)	+11	1	(0.02)

5308

表 3.6A グループ別音程出現率 (%) (1)

	1.	2.	3.	4.	TOTAL
+1	6.34	8.88	10.79	13.62	9.10
-1	8.17	15.05	13.89	14.59	12.13
+2	28.96	25.55	16.78	14.49	23.27
-2	26.98	34.29	22.88	15.89	26.15
+3	9.31	5.36	4.00	6.49	6.80
-3	7.67	2.64	8.79	6.59	6.41
+4	2.48	1.47	2.60	3.46	2.41
-4	4.36	2.13	4.30	4.97	3.88
+5	2.03	1.47	4.00	4.00	2.60
-5	1.98	1.03	1.80	3.03	1.88
+6	-	-	0.40	0.97	0.24
-6	-	-	0.30	0.76	0.19
+7	0.99	0.95	1.60	1.84	1.24
-7	0.69	0.37	0.70	1.41	0.73
+8	-	0.37	0.90	1.51	0.53
-8	-	-	0.50	0.86	0.24
+9	-	-	1.60	0.43	0.38
-9	0.05	-	0.40	0.43	0.17
+10	-	0.15	0.90	0.54	0.30
-10	-	-	0.90	0.43	0.24
+11	-	-	0.10	-	0.02
-11	-	-	0.40	0.22	0.11
+12	-	0.29	0.90	0.76	0.38
-12	-	-	0.30	1.95	0.40
+13	-	-	-	-	-
-13	-	-	-	-	-

* 次ページへ続く

表 3.6A (続き)

+14	-	-	-	-	-
-14	-	-	-	-	-
+15	-	-	0.20	0.65	0.15
-15	-	-	-	-	-
+16	-	-	0.10	0.11	0.04
-16	-	-	-	-	-

1. グレゴリオ聖歌 2. 単旋律世俗歌曲
3. 《インヴェンション》 4. 《冬の旅》

表 3.6B グループ別音程出現率 (%) (2)

	1.	2.	3.	4.	TOTAL
+1/-1	14.51	23.93	24.67	28.21	21.23
+2/-2	55.94	59.84	39.66	30.38	49.42
+3/-3	16.98	8.00	12.79	13.08	13.21
+4/-4	6.84	3.60	6.90	8.43	6.29
+5/-5	4.01	2.50	5.80	7.03	4.48
+6/-6	-	-	0.70	1.73	0.43
+7/-7	1.68	1.32	2.30	3.25	1.97
TOTAL	99.96	99.19	92.82	92.11	97.03

(1) 順次進行が61%を占める。最も多いのは長2度下行(-2)で26%を占め、長2度上行(+2)と合わせて長2度進行は49%を占める。さらに短2度進行(+1, -1)を加えれば、累計61%が、長2度あるいは短2度進行である。

(2) 短3度進行は長3度進行よりも優勢である。短3度進行(+3, -3)は13%, 長3度進行(+4, -4)は6%であり、2対1の比となっている。

(3) 完全4度までの音程進行が約95%を占める。この表の10位までは短2度から完全4度(±1~±5)で、累計は94.6%となる。

表3.6A, Bは各グループ別の音程出現率を示し、図3.1は表3.6をグラフ化したものである。このグラフは大まかではあるが、時系列データと見ることもできる。すなわちもし仮に、グレゴリオ聖歌は最も古いグループ、世俗歌曲は12~14世紀の楽曲が主のグループ、《インヴェンション》は18世紀、《冬の旅》は19世紀のグループとみなすならば、このグラフは時系列的には次のような傾向を示す。

- (1) 短2度進行(±1)は時代が下るに従って増加し、逆に長2度進行(±2)は減少する。
- (2) 短6度以上の跳躍進行は時代が下るに従って増加する。
- (3) 短3度進行はグレゴリオ聖歌に多く、他の3グループではやや少ない。

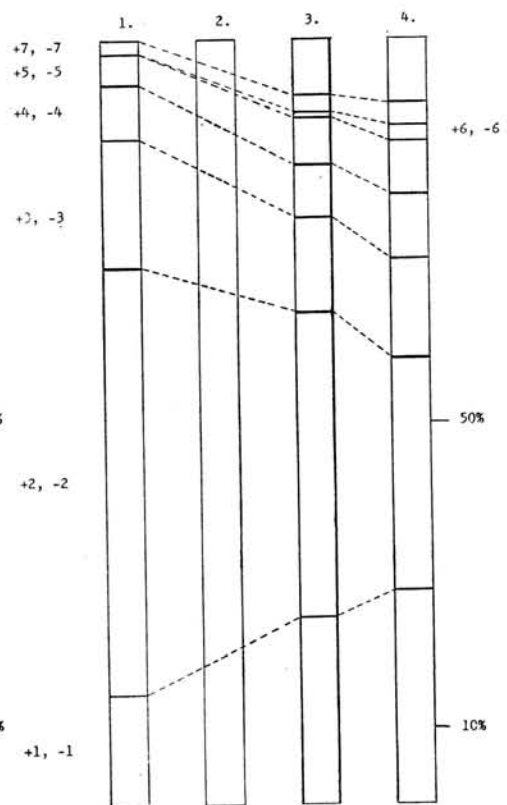
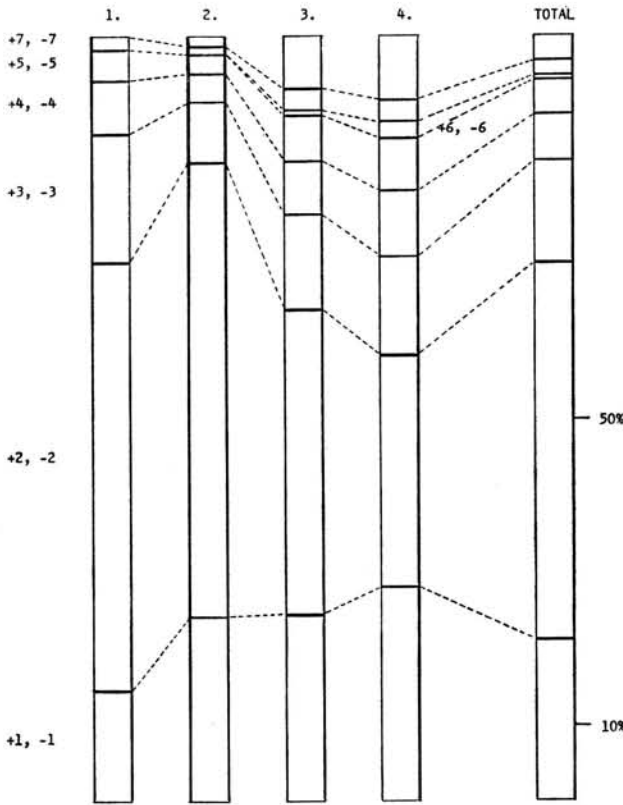
言うまでもなくこの4グループのうち、《インヴェンション》は器楽であり、しかも対位法様式の優勢な楽曲であるため、他の声楽の旋律と同等に論ずることはできないが、逆に大局的に見れば、出現率に細かい差はあるものの、《インヴェンション》も他の3グループと大差ない分布パターンを示している点は興味深い。

むしろこの図3.1で特異な分布パターンを示しているのは世俗歌曲のグループである。グレゴリオ聖歌から世俗歌曲への変化を見ると、長2度進行(±2)の出現率はほとんど変化しておらず、短2度進行(±1)の増分は、長・短3度進行(±3, ±4)の減少によってバランスをとっている。このような分布

変化の挙動はやや変則的に思われたので、世俗歌曲をバイパスして作図したのが図3.2である。このグラフでは年代が下るに従って次の変化が進行すると考えられる。

図 3.1 グループ別音程出現率 (1)

図 3.2 グループ別音程出現率 (2)
(世俗歌曲を除く)



1. グレゴリオ聖歌
2. 世俗歌曲
3. 《インヴェンション》
4. 《冬の旅》

- (1) 短2度進行が増加する。
- (2) 短6度以上の跳躍進行が増加する。
- (3) (1)(2)の増分は長2度進行の出現率を圧迫するが、長・短3度、完全4度、完全5度進行は目立った変化を見せない。
- (4) 増4度または減5度進行は、出現率は小さいが、増加する。

次に、この4グループの類似性はどのようにとらえられるであろうか。各グループにおいて出現率が50%以上を占める短2度、長2度進行(±1, ±2)に着目するならば、グレゴリオ聖歌と世俗歌曲は長2度進行が優勢である点で類似しており、《インヴェンション》と《冬の旅》は短2度進行(±1)と長2度進行(±2)の出現率の差が小さいという点で類似していると考えられる。図3.3は、この問題を検討するため、表3.6Bのデータにより、ユークリッド距離と個体間相関係数を算出し、クラスター分析を行ったものである。

図3.3Aは、表3.6Bの7変量より、式3.1で定義されるユークリッド距離を算出し、距離行列を作り、

式 3.2 によって類似度に変換した後、クラスタリングを行ったものである。

$$\text{式 3.1} \quad d_{ij}^2 = \sum_{k=1}^p (x_{ik} - x_{jk})^2$$

$$\text{式 3.2} \quad \text{類似度} = 1 - \frac{\text{距離}}{\text{距離の最大値}}$$

表 3.3 から得られる距離は、幾何学的には 7 次元のユークリッド空間での距離である。各変量には重みづけを行わないため、数値の小さい変量は距離に寄与する率が少なくなるという性質を持つ。

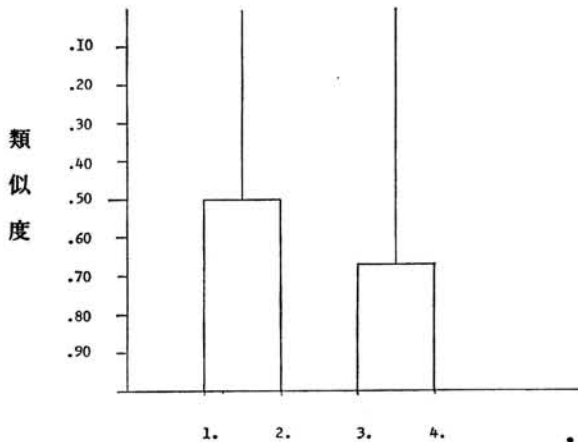
図 3.3 は同じデータから、式 3.3 で定義される個体間相関係数 r を算出し、類似度行列を作りクラスタリングを行ったものである。^{注8)}

$$\text{式 3.3} \quad r_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^p (x_{ik} - \bar{x}_i)(x_{jk} - \bar{x}_j)}{\sqrt{\sum_{k=1}^p (x_{ik} - \bar{x}_i)^2 \sum_{k=1}^p (x_{jk} - \bar{x}_j)^2}}$$

この場合は変量ごとに平均と分散による規準化を行うため、数値の小さい変量の差も類似度に大きく寄与する。

図 3.3 A, B ともにグレゴリオ聖歌と世俗歌曲を一群に、《インヴェンション》と《冬の旅》を一群にクラスタリングしているが、図 3.3 A では、後者の類似性がやや強いという結果が示されている。一方、図 3.3 B では、クラスタリングそのものはグレゴリオ聖歌と世俗歌曲のグループと、《インヴェンション》と《冬の旅》のグループの 2 群となっているものの、極めて高い類似度を示している。これは、変量を規準化すると、各グループの差異が少なくなることを意味する。従って、この 4 グループは着眼点によっては〈ある程度異なる〉といえ、また別の角度から見れば〈かなり似ている〉といえることになる。

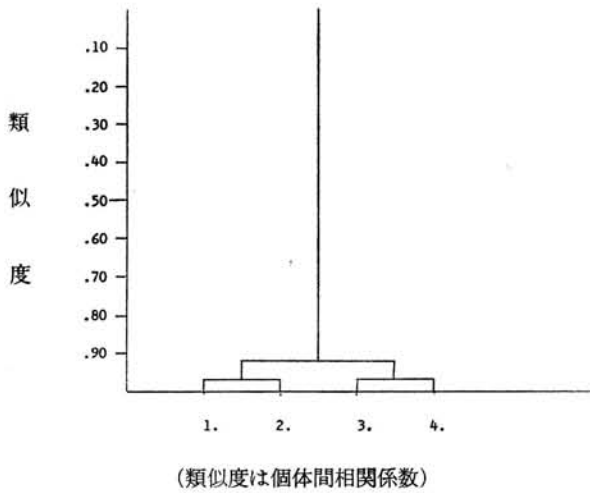
図 3.3A 4 グループのクラスタリング (群平均法)



1. グレゴリオ聖歌
2. 世俗歌曲
3. 《インヴェンション》
4. 《冬の旅》

(類似度はユークリッド距離から導いた。)

図 3.3B 4グループのクラスタリング (群平均法)



3.3 3音間の音程

表 3.5 に示されているように、今回取り上げた旋律には26種類の音程進行が出現する。では継起する3音のパターンでは、これらの音程進行はどのように組み合わせられているであろうか。可能な組み合わせは、 $26^2 = 676$ となるが、実際に集計した結果、255種のパターンが確認された。

図 3.1 に示されているように、2音間の音程進行で最も多いのは長2度進行(±2)であるから、必然的に3音間の音程進行でも、長2度進行を含むものが多いと推測される。全体で最も出現率が高いのは長2度進行の組み合わせであり、28.8%を占めている。

+2+2	5.64%	+2-2	7.62%
-2-2	7.20%	-2+2	8.31%

この4種を含めて、1%以上の出現率を有するパターンは23種に過ぎず、これらは短2度から長3度までの音程進行(±1~±4)の組み合わせである。図 3.4a~d は、この23種の中から、次の10種のパターンを選び、グラフ化したものである。

- +1-1 短2度上行-短2度下行
- 1+1 短2度下行-短2度上行
- +2-2 長2度上行-長2度下行
- 2+2 長2度下行-長2度上行
- +2+2 長2度上行-長2度上行
- 2-2 長2度下行-長2度下行
- 2-1 長2度下行-短2度下行
- +2+1 長2度上行-短2度上行

グレゴリオ聖歌(図 3.4a)では、+2-2、-2+2が最も多く、次いで、+2+2、-2-2が多いのに対し、世俗歌曲(図 3.4b)では-2-2、-2-1、-1-1が多いためにグラフの形状がグレゴリオ聖歌とは異なっている。《インヴェンション》(図 3.4c)と《冬の旅》(図 3.4d)は多角形が小さくなっているが、これは順次進行の出現率が全体的に低いことを示している。

前述したように、グレゴリオ聖歌と世俗歌曲は、いずれも長2度進行が短2度進行よりも優勢であるという点では大きな差はない。しかし、長2度進行と短2度進行が連続したパターンに着目した場合にはその差がひろがる、ということが、図 3.4a と図 3.4b に示されている。

図3, 4a 音程パターン出現率
(グレゴリオ聖歌)

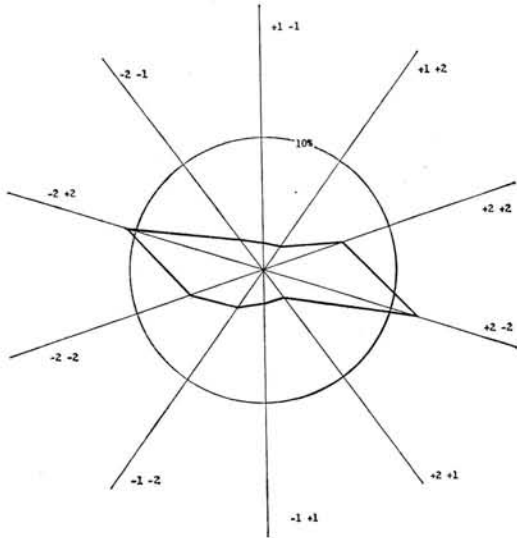


図3, 4b 音程パターン出現率
(世俗歌曲)

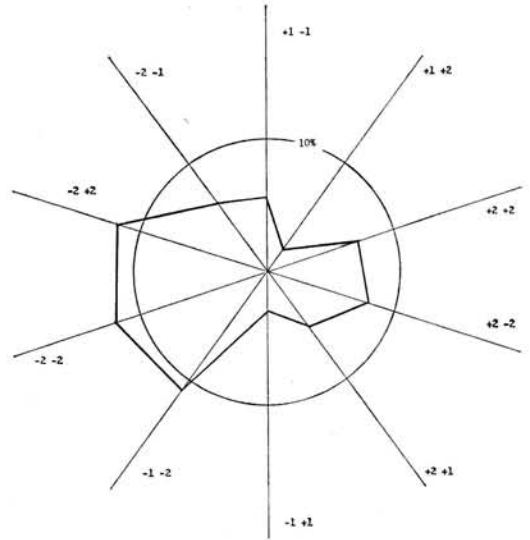


図3, 4c 音程パターン出現率
(《インヴェンション》)

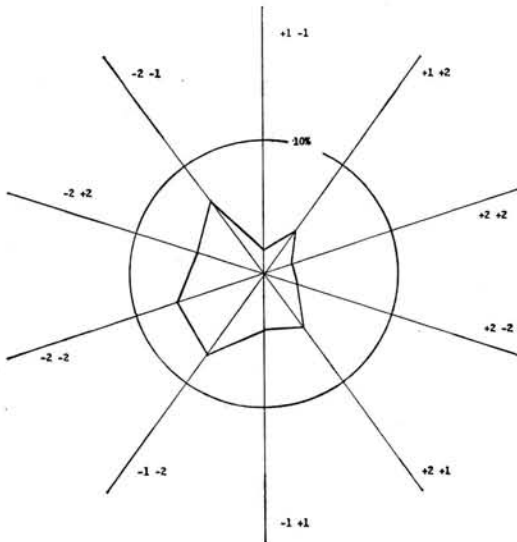
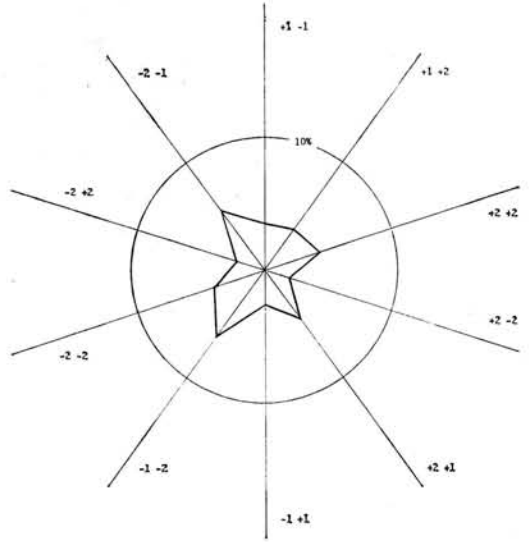


図3, 4d 音程パターン出現率
(《冬の旅》)



4. 判別分析

4.1 判別分析の概要

はじめに判別分析の概要について、渡正堯/岸学 (1981) より引用する。

「判別分析(discriminant analysis) とは、全サンプルをグループ1とグループ2の2つに分ける方法で

ある。いまm個のサンプルについてn個の変数に関するデータ (m×n) があったとする。サンプルの各々はあらかじめ、それがああるカテゴリー (仮にAと呼ぶ) に属するか、属さないかがわかっているとす。このとき、この手法は、本来Aに属するサンプルを非Aと誤って判断する確率P(a/Ā) やその逆の確率P(ā/A) を最少にするように、各変数に適当な重みをかけ、それを合成することによって判別関数の値を求めるものである。この関数は、

$$Z = X'S^{-1}(\mu_1 - \mu_2) - \frac{1}{2}(\mu_1 - \mu_2)' S^{-1}(\mu_1 - \mu_2)$$

という形で表現される。ただし $\mu_1 - \mu_2$ はグループ1のサンプルとグループ2のサンプルの各変数に関する平均値の差で、Sは全サンプルに関する分散共分散行列である。右辺の後半の項は判別基準の値を0にするための定数項である。[注9]

本研究では2音間の音程進行と3音間の音程進行を変量として、以下の組み合わせについて判別分析を行った。[注10]

表 4.1 グレゴリオ聖歌と世俗歌曲の判別 (1)

RESULT OF THE DISCRIMINATION			
RANK	NO.	GROUP 1 FUNCTION VALUE	GROUP 2 FUNCTION VALUE
1	11	-2.50724(0.265)	
2	16	-2.52591(0.246)	
3	4	-2.56208(0.210)	
4	22	-2.56379(0.208)	
5	1	-2.57610(0.196)	
6	9	-2.57979(0.192)	
7	18	-2.58971(0.183)	
8	12	-2.60405(0.168)	
9	17	-2.61047(0.162)	
10	5	-2.62800(0.144)	
11	10	-2.64571(0.127)	
12	21	-2.65012(0.122)	
13	3	-2.66973(0.103)	
14	20	-2.67131(0.101)	
15			32 -2.67627(0.096)
16	19	-2.68693(0.085)	
17	7	-2.69261(0.080)	
18	14	-2.69702(0.075)	
19	6	-2.70789(0.064)	
20	2	-2.70939(0.063)	
21	15	-2.73277(0.039)	
22	13	-2.75522(0.017)	
23	23	-2.75611(0.016)	
24	8	-2.78539(-0.013)	
25			29 -2.79236(-0.020)
26			37 -2.79334(-0.021)
27			26 -2.84359(-0.071)
28			28 -2.85632(-0.094)
29			24 -2.87179(-0.100)
30			39 -2.88479(-0.113)
31			31 -2.88537(-0.113)
32			36 -2.89273(-0.120)
33			40 -2.91387(-0.142)
34			27 -2.92841(-0.156)
35			33 -2.93567(-0.163)
36			34 -2.94258(-0.170)
37			38 -2.95068(-0.178)
38			41 -2.96321(-0.191)
39			30 -2.98105(-0.209)
40			25 -2.99112(-0.219)
41			35 -3.02081(-0.249)
MEAN		-2.64814(0.124)	-2.89633(-0.124)
S. D.		0.07509(0.075)	0.08114(0.081)
CRITERION			-2.77224

No.1~23 グレゴリオ聖歌

No.24~41 世俗歌曲

表 4.2 グレゴリオ聖歌と世俗歌曲の判別 (2)

RESULT OF THE DISCRIMINATION				
RANK	GROUP 1		GROUP 2	
	NO.	FUNCTION VALUE	NO.	FUNCTION VALUE
1	17	0.06562(0.219)		
2	22	0.05297(0.207)		
3	12	0.03897(0.193)		
4	1	0.03372(0.187)		
5	16	0.01210(0.166)		
6	11	0.01135(0.165)		
7	18	-0.00768(0.146)		
8	19	-0.02140(0.132)		
9	2	-0.02166(0.132)		
10	9	-0.03327(0.120)		
11	10	-0.03436(0.119)		
12	5	-0.04983(0.104)		
13	4	-0.06592(0.088)		
14	21	-0.07058(0.083)		
15	20	-0.07235(0.081)		
16	8	-0.08120(0.072)		
17	13	-0.08642(0.067)		
18	15	-0.08799(0.066)		
19	23	-0.12593(0.028)		
20	3	-0.12717(0.026)		
21			29	-0.12960(0.024)
22	6	-0.13714(0.016)		
23	14	-0.13791(0.016)		
24			39	-0.17690(-0.023)
25			30	-0.18714(-0.034)
26			40	-0.20230(-0.049)
27			24	-0.20361(-0.050)
28			33	-0.20543(-0.052)
29			27	-0.20991(-0.056)
30			36	-0.22016(-0.067)
31	7	-0.22846(-0.075)		
32			41	-0.25062(-0.097)
33			37	-0.25252(-0.099)
34			38	-0.25469(-0.101)
35			34	-0.25981(-0.106)
36			32	-0.28647(-0.133)
37			26	-0.31483(-0.161)
38			31	-0.34072(-0.187)
39			28	-0.35815(-0.205)
40			35	-0.37174(-0.218)
41			25	-0.38559(-0.232)
MEAN		-0.05107(0.103)		-0.25612(-0.103)
S. D.		0.07048(0.070)		0.07103(0.071)
CRITERION				-0.15359

4.2 グレゴリオ聖歌と世俗歌曲の判別

表4.1は、表3.1のグレゴリオ聖歌23曲と表3.2の世俗歌曲18曲について、2音間の音程進行を変数として判別分析を行った結果である。サンプル No. 1~23 はグレゴリオ聖歌、No. 24~41 は世俗歌曲で、各グループ内での楽曲の順序は表 3.1 に対応している。使用した変数は次の12種類の音程進行の出現率である。

$$+1, -1, +2, -2, +3, -3, +4, -4, +5, -5, +7, -7$$

表 4.1 の左列 (RANK) は判別関数値の序列を示す。次の列 (NO.) はサンプル番号を示し、それに続く 6 桁の数値が規準化されない判別関数値を示し、カッコ内が規準化された判別関数値を示す。規準化された判別関数値では判別基準は 0 となり、各サンプルは値が正であればグループ 1 に、負であればグループ 2 に属することになる。また、今回使用した計算機プログラムでは、判別が成功した場合にはグループ 1 に属するサンプルは左上に、グループ 2 に属するサンプルは右下にまとまるように工夫されている。表の下 3 行は、各グループの判別関数値の平均 (MEAN) と、標準偏差 (S.D.)、及び判別基準 (CRITERION) を示している。

この表 4.1 の結果を見ると、外的基準による区別と、音程進行による区別がほぼ一致していると言える。例外はグループ 1 の No. 8 とグループ 2 の No. 32 であるが、これはグレゴリオ聖歌 *Apertis thesaulis* (LU 463) が世俗歌曲のグループに属し、ミンネジガーの歌曲 *Winder wie ist* (HAM 20d) がグレゴリ

オ聖歌のグループに属することを示している。No. 8 Apertis の方は判別基準の境界付近に位置しているので、両グループの中間的性格を有するとも解釈できるが、No. 32 Winder…はかなりグレゴリオ聖歌寄りとなっている。これが誤判別であるのか、あるいは実際にこの曲がグレゴリオ聖歌に似ているかは別の角度からの検討を必要とする。しかし、この2つのグループの差はF検定によって有意（有意水準1%）であるので、全体的には、判別は成功していると言える。

表4.2は、同一の楽曲について、3音の音程パターンを変数として判別分析を行った結果であり、使用した変数は次の9種類の音程パターンの出現率である。

+2-2, +3-3, -3+3, -2-3, -3+2, -4+2, +2, +1, -2-2, -2-1

今度は No. 7 Jubilemus salvatori と、No. 29 E, Dame jolie (トゥルヴェール) が属するグループを変えている。No. 29 は、表4.1でも判別基準の境界に位置していたので、両グループの中間的性格を有すると解釈できる。しかし、正しく判別されたサンプルを表4.1と表4.2で比較してみると、グループ内でもかなり変動のあることがわかる。なお、表4.2の2グループの差も、F検定によって有意（有意水準1%）である。

以上のことから、グレゴリオ聖歌と世俗歌曲は、前述の2音または3音の音程進行の出現率によってほぼ判別できる。逆に言えば、前述の音程進行の出現率を合成したものが、グレゴリオ聖歌と世俗歌曲では異なると言える。

4.3 《インヴェンション》と《冬の旅》の判別

《インヴェンション》は器楽であり、同時に対位法様式が優勢であるから、その上声部の旋律が、歌曲である《冬の旅》とは異質なものであることは言うまでもない。表4.3は、以下の9種類の音程進行出現率を変数として判別分析を行った結果で、No. 1~10が《インヴェンション》(表2.3) No. 11~20が《冬の旅》(表3.4)である。

+1, -2, +2, +3, -3, +4, -4, -5, +9

表 4.3 《インヴェンション》と《冬の旅》の判別

RESULT OF THE DISCRIMINATION					
RANK	GROUP 1			GROUP 2	
	NO.	FUNCTION VALUE		NO.	FUNCTION VALUE
1	4	0.52719	(0.730)		
2	1	0.39506	(0.599)		
3	9	0.28485	(0.488)		
4	7	0.24492	(0.448)		
5	3	0.22637	(0.429)		
6	10	0.16713	(0.370)		
7	8	0.06534	(0.268)		
8	2	0.04419	(0.247)		
9	6	0.02385	(0.227)		
10	5	-0.14496	(0.058)		
11				15	-0.30050 (-0.097)
12				12	-0.35968 (-0.157)
13				18	-0.37672 (-0.174)
14				19	-0.48675 (-0.284)
15				16	-0.53472 (-0.332)
16				13	-0.55628 (-0.353)
17				11	-0.70694 (-0.504)
18				20	-0.83587 (-0.633)
19				17	-0.86598 (-0.663)
20				14	-0.87165 (-0.669)
MEAN		0.18349	(0.387)		-0.58951 (-0.387)
S. D.		0.18506	(0.185)		0.20659 (0.207)
CRITERION					-0.20301

No. 1~10 《インヴェンション》

No. 11~20 《冬の旅》

判別は成功しているが、このことは、この2グループの旋律が音価、リズムを捨象して比較しても異なっているということの意味する。

他方、同じ楽曲について3音のパターンによる判別を試みたが、グループの差はF検定によって有意とならなかった。これは、3音のパターンに着目した場合、楽曲の個別差が様式上の一般的性格よりも強く影響することに起因すると推測される。

4.4 世俗歌曲と《冬の旅》の判別

表3.2の世俗歌曲中、No.7,8,9はミンネジンガー、No.18はマイスタージンガーの歌曲であり、歌詞の言語から見ればドイツ=ゲルマン系とみなせるが、他の14曲はフランス、スペイン、イタリア、イギリスの音楽と言える。他方、《冬の旅》は19世紀ドイツの音楽である。そこで、判別カテゴリーをドイツと非ドイツの2群として世俗歌曲と《冬の旅》の判別を行うことにした。表4.4はその結果である。サンプルNo.1~6, 10~17がグループ1、No.7~9, 18~28がグループ2である。使用した変量は以下の7種の音程進行の出現率である。

+1, +2, -2, -3, +4, -5, +7

ミンネジンガーの歌曲No.7,8,9は、グループ2に属しているものの、グループ1に近い位置にある。サンプル数が少いため一般化はできないが、この2グループの差がF検定によって有意(有意水準1%)であることも考慮すれば、ミンネジンガー、マイスタージンガーの旋律は、トゥルヴェール、トゥルバドゥールなどの旋律よりも、《冬の旅》に類似した特徴を有していると推測される。

表 4.4 世俗歌曲と《冬の旅》の判別

RESULT OF THE DISCRIMINATION					
RANK	GROUP 1		GROUP 2		CRITERION
	NO.	FUNCTION VALUE	NO.	FUNCTION VALUE	
1	15	0.32976(0.524)			
2	5	0.28479(0.479)			
3	17	0.25395(0.449)			
4	2	0.21964(0.414)			
5	10	0.20119(0.396)			
6	16	0.15861(0.353)			
7	6	0.10206(0.297)			
8	11	0.04126(0.236)			
9	1	0.00291(0.197)			
10	4	-0.03691(0.158)			
11	3	-0.05155(0.143)			
12	14	-0.06324(0.131)			
13	12	-0.06597(0.129)			
14	13	-0.07061(0.124)			
15			8	-0.12523(0.069)	
16			9	-0.35981(-0.165)	
17			21	-0.39433(-0.200)	
18			23	-0.39503(-0.200)	
19			7	-0.44363(-0.249)	
20			22	-0.46787(-0.273)	
21			25	-0.47663(-0.282)	
22			28	-0.49330(-0.299)	
23			20	-0.51035(-0.316)	
24			18	-0.52785(-0.333)	
25			27	-0.53738(-0.343)	
26			19	-0.60657(-0.412)	
27			26	-0.61614(-0.422)	
28			24	-0.79987(-0.605)	
MEAN		0.09328(0.288)		-0.48243(-0.288)	
S. D.		0.14038(0.140)		0.14634(0.146)	
CRITERION					-0.19458

No.1~18 世俗歌曲

No.19~28 《冬の旅》

4.5 判別分析の解釈

判別分析は、あらかじめ外的基準によってサンプルの属するグループを決定する。従ってこのグループ分けがどのような意味を持つかが十分に明らかにしておく必要がある。判別が成功しなかった場合には、次の諸点を検討しなければならない。

- (1) グループ分けが適切か。
- (2) 変量の選択が適切か。
- (3) そもそもグループ分けができないサンプルを判別しようとしていないか。

本研究では、(1)については大局的にとらえたため、4.4の判別以外は一応問題ないと思われる。しかし、グレゴリオ聖歌と世俗歌曲については成立事情を考慮しなかったため、たとえばグレゴリオ聖歌を変形した世俗歌曲が存在するというような可能性もあり、その場合はグループ分けは適切と言えなくなる。

次に(2)の変量の選択であるが、これは4～5通りの変量の組み合わせを実施した。一般に変量の多い方が判別は成功するが、使用する変量によって結果はかなり相違する。(3)の問題は、F検定によって確認することができる。

以上のことから、2音あるいは3音の音程進行の出現率による判別分析がほぼ成功したということは、これらの音程進行が各グループの特徴を反映する〈基準尺度〉とみなせるということの意味し、また各グループ内での相対関係を明らかにする上でも有効な資料となることが期待される。

5. 結 語

旋律中に出現する音程進行の類型とその出現率は、ある特定のグループに属する旋律の一般的性格を反映する基準尺度と考えられる。特に、一見どのような旋律にも認められる音程進行(たとえば長2度上行、短2度上行、およびこれらの連続したもの)の出現率に差異のあることが多い。

楽曲は本来全て独自のものであり、厳密にはみな異っている。しかしまた、旋律Aは旋律Bよりも旋律Cに似ている、と感じられることもある。このような場合の類似性、非類似性はリズム、音色など様々な要因から導かれるが、その中でも音程進行は重要な位置を占めると考えられる。

今回の研究結果は西洋音楽の旋律のごく限定された一側面を明らかにしたに過ぎないが、このような基礎的研究を積み重ねることによって、従来漠然ととらえられていた時代様式、個人様式等を明らかにできると考えられる。今後は旋律データを拡大し、各楽曲の成立事情を考慮してより詳細な比較検討を行いたいと考えている。

注

- 1) 文献(3) p.6
- 2) 文献(2)
- 3) このプログラムは2つのモジュールから構成され、いずれも BASIC により記述されている。モジュール(1)はプログラム本体約16キロバイト、実行時には約32キロバイトを占有し、モジュール(2)はプログラム本体約19キロバイト、実行時には約38キロバイトを占有する。(なお、本研究で使用した計算機プログラムはすべて、8ビット・マイクロプロセッサと BASIC インタプリタによって実行される。)
- 4) 文献(10)
- 5) 文献(11)
- 6) 文献(9)
- 7) 文献(12)
- 8) ユークリッド距離および個体間相関係数を求める計算機プログラムは筆者が作製した。(プログラム本体約7キロバイト、実行時には約24キロバイトを占有する。)クラスター分析は、文献(8) pp.7-9~7-10記載のプログラムを使用した。(プログラム本体約6キロバイト、20サンプルの場合、実行時には約9キロバイトを占有する。)

- 9) 文献(8) p.6-1
10) プログラムは文献(8)po.6-13~6-14 記載のものを使用した。(プログラム本体約6キロバイト, 実行時の占有主記憶容量はサンプル数と変数数によって増減する。)

参考文献

- (1) 分析研究会: 分析と総合・コンピューターによる形式分析, 「音楽芸術」第29巻1, 2号, 1971
- (2) クレイン, F 他: 音楽様式を比較する数値的な方法, リンカーン編: コンピューターと音楽, 柴田南雄他訳, 東京, カワイ楽譜, 昭和47年(1972), pp.216~213
- (3) 柳井晴夫, 岩坪秀一: 複雑さに挑む科学, 東京, 講談社, 昭和51年(1976) (ブルー・ボックス)
- (4) 中村正一: (例解) 多変量解析入門, 東京, 日刊工業新聞社, 昭和54年(1979)
- (5) Sneath, P.H.E., Socal, R.R.: Numerical Taxonomy, Freeman, ©1973
- (6) 梅本堯夫: 音楽心理学, 東京, 誠信書房, 昭和41年(1966)
- (7) 脇本和昌他: 多変量グラフ解析法, 東京, 朝倉書店, 昭和54年(1979)
- (8) 渡正堯, 岸学: 多変量解析プログラム集, 東京, 工学図書, 昭和56年(1981)

楽譜

- (9) Bach, J.S.: Invention und Sinfonien. Hrsg. von R. Steglich. München: Henle, 1954.
- (10) Davison, A.T., Apel, W.: Historical Anthology of Music - Oriental, Medieval, and Renaissance Music. Cambridge: Harvard University Press. [© 1946 and 1949]
- (11) Liber Usualis Missae et Officii. Descée & Socii, [1964]
- (12) シューベルト, F: 冬の旅 op.89. 東京, 全音楽譜出版社, 昭和54年(1979) (ペーレンライター原典版1002)

さかざきおさむ
坂崎 紀

1952(昭和27)年生。

1978(昭和53)年, 東京芸術大学大学院修士課程修了。西洋音楽史専攻。東京芸術大学非常勤助手を経て, 現在, 尚美高等音楽学院非常勤講師。

現住所: 〒160 新宿区大久保1-15-15 秋山ビル508

TEL 03(200)3954