

モーツァルトの交響曲と弦楽四重奏曲における 構造的な違いに関する研究

平野 充^{1,a)} 山元 啓史^{1,b)}

概要: クラシック音楽における複数人による演奏形態のうち、多人数によるオーケストラ曲と少人数による室内楽曲の間で、多くの場合に弦楽器声部が共通していることに着目し、楽譜を計量的に分析することによってこれらの構造上の違いを明らかにすることを目的とした。具体的には、モーツァルトの交響曲（オーケストラ曲）と弦楽四重奏曲（室内楽曲）を対象として、音の高さをパターン化したピッチクラスセット（PCセット）を用いて比較した。分析の結果、それぞれにおいてPCセットの頻度の割合に違いがあることが明らかになった。したがって、オーケストラ曲と室内楽曲の間には弦楽器声部におけるメロディーあるいはハーモニーの作り方に違いがある可能性がある。

キーワード: 計量音楽分析, モーツァルト, 交響曲, 弦楽四重奏曲, ピッチクラスセット

A Study of Constructional Differences between Symphonies and String Quartets by W. A. Mozart

Abstract: The aim of the present study is to clarify the differences in the usage of pitch-class set (PC set) between Mozart's symphonies and string quartets. PC sets, which is representation of combinations of pitch classes, make it possible to quantitatively analyze melodic and harmonic features of musical compositions. We employed 39 symphonies and 23 string quartets composed by Mozart and collected PC sets of string section within a measure. The results indicated that the proportion of frequencies of PC sets appearing in the symphonies is significantly different from that in the string quartets. There is, consequently, possibility that orchestral works are constructionally different from chamber works in terms of melodic or harmonic features.

Keywords: Quantitative Musicology, Mozart, Symphony, String Quartet, Pitch-Class Set

1. はじめに

クラシック音楽において、複数人による演奏形態による楽曲には多くの種類があるが、主に多人数によるオーケストラ曲と少人数による室内楽曲に分類される。この区分は、演奏人数、楽器編成、作曲目的、演奏主体、演奏環境、聴衆等のさまざまな観点によるものであるが、演奏に使用する楽譜に書かれた音符情報（すなわち作曲書法）のみを比べた場合に、両者に明確な違いがあるかどうかはわかっていない。それにもかかわらず、作曲書法に関してオーケ

ストラ曲と室内楽曲は対照的であると言及されることはしばしばあり、例えばハーモニーに関して、オーケストラ曲の場合は全体的にシンプルで不協和音がたまにしか使われないのに対して、室内楽曲の場合はより多くの不協和音が用いられ、より大胆な和声進行をする [2]、といった指摘があるが、これには明確な根拠がない。

本研究では、オーケストラ曲と室内楽曲の構造的な違いを客観的に明らかにすることを目的として、両者の古典的な作品例であるモーツァルトの交響曲（オーケストラ曲）と弦楽四重奏曲（室内楽曲）を対象とした計量分析を行なう。分析に用いる特徴量として、音の高さ（音高）をパターン化したピッチクラスセット（以下、PCセット）を用いる。PCセットは特定の範囲に現れる音符のピッチク

¹ 東京工業大学
Tokyo Institute of Technology, Meguro, Tokyo 152-0033, Japan

a) hirano.m.ac@m.titech.ac.jp

b) yamamoto.h.al@m.titech.ac.jp

ラス*1を組み合わせたパターンで、0から11の整数の集合として表現される [1]。音楽の3要素（リズム、メロディ、ハーモニー）のうち、音高に関わるメロディとハーモニーを機械的に縮約したPCセットは、分析者による主観が含まれないため、これを用いることで対象楽曲を同一基準で網羅的に分析することが可能である。比較にあたって、交響曲と弦楽四重奏曲で共通する弦楽器声部のみで用いられるピッチクラスによるPCセットを分析に用いる。

2. 方法

2.1 材料

文献 [4]と同様に、モーツァルトが全生涯に作曲した39の交響曲と23の弦楽四重奏曲（計62曲）の第1楽章を対象として用いる。MusicXML形式に変換したのち、各小節における音高の情報をコンピュータプログラムで抽出し、PCセットを取得する。

2.2 PCセットの定義

PCセットは、構成要素となるピッチクラスが特定の手順に従って変換された数値で表現される。本研究では、構成要素の数値を波括弧 {} で囲って表記する。ピッチクラスを数値へ変換する手順は、文献 [1] を基に改定した文献 [4] で用いられているものに従う。本研究では、1つのPCセットを取得する範囲を全楽曲で一律に1小節と定める。

3. 結果

3.1 PCセットの出現頻度と出現頻度順位

交響曲、弦楽四重奏曲を合わせた全楽曲（62曲、10,353小節）中に現れるPCセットの出現頻度（Frequency; 縦軸）と出現頻度順位（Rank; 横軸）の関係については文献 [3] で明らかにされている（図1）。表1はその一部についてPCセットの種類、構成音の例を具体的に示し、特徴的なものは備考欄に記した。本稿の以下の部分では、出現頻度順位が i のPCセットを P_i と表記する。

図1から、プロットがL字型であること、つまり、出現頻度が高いものの種類は少なく、出現頻度が低いものの種類は多いということがわかる。

全10,353小節中、最も多い1,368小節（13.2%）に現れたPCセット (P_1) は {0, 1, 3, 5, 6, 8, 10} である。このPCセットは、7つのピッチクラス {B, C, D, E, F, G, A} を変換したものと一致する*2。このほか、これらの7音のうちの5音または6音を構成するPCセット ($P_3, P_5, P_6, P_7, P_8, P_{11}$)

*1 オクターブの違いを無視した、同じ音名を共有する音高（ピッチ）の集合。例えば、ピッチクラスCにはオクターブの異なるさまざまな高さのC（ド）の音が含まれる。

*2 PCセットは、ピッチクラスの相対的な位置関係のみに基づいて生成されるので、1つのPCセットの変換元となるピッチクラスの組み合わせは何通りもありうるが、以下では可能な限りピアノの白鍵に対応するピッチクラスを用いた組み合わせを代表させる。

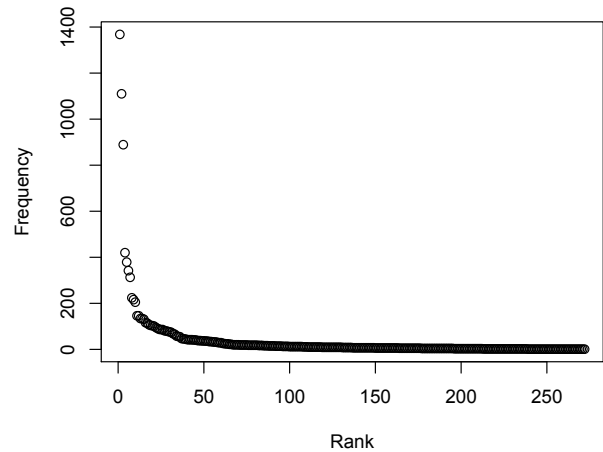


図1 交響曲、弦楽四重奏曲を合わせた全楽曲（62曲、10,353小節）中に現れるPCセットの出現頻度（縦軸）と出現頻度順位（横軸）のプロット（文献 [3] 中の図2を転載）。

Fig. 1 The relationship between the rank and the frequency of PC sets of the all materials (62 works, 10,353 measures). (Reproduction of Fig. 2 in the previous study [3]).

が上位に含まれた。

第2位（1,110小節、10.7%）の P_2 は {0, 4, 7} で、3つのピッチクラス {C, E, G} に対応する。これは長三和音の音程関係である。一方、短三和音の音程関係（{A, C, E}等）に対応するPCセット {0, 3, 7} は第9位（212小節）の P_9 であった*3。

第4位（420小節、4.1%）の P_4 は {0, 3, 6, 8} で、これは {B, D, F, G}、すなわち属七の和音の音程関係に対応する。 P_{10} の {0} は単音に、 P_{12} の {0, 4} は長三度（または短六度）に、それぞれ対応する。

出現頻度順位が大きくなると、プロットの下降はだんだんだらかになっていき、複数のパターンが同じ頻度で出現するようになる。頻度が1のパターンは P_{239} から P_{272} まで34種類である。その中には、 P_{239} の {0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7} といった半音階のパターンが見られた。

3.2 PCセットの累積相対頻度

図2は、すべてのPCセットの全出現回数（10,353回）に対する各PCセットの出現頻度の割合（相対度数）を出現頻度順位にしたがって累積したグラフである。これによると、第1位から第9位のPCセットの出現頻度の総和が全体の50.8%となり、過半数を占める。すなわち、モーツァルトは交響曲と弦楽四重奏曲の全体の半分以上の小節

*3 長三和音と短三和音は、どちらも最低音（根音）の上にそれぞれ三度の音程で2つの音が重なった3音による和音という点で共通しているが、長三和音は根音に対して長三度、短三度の順で、短三和音は逆に短三度、長三度の順で2音が重なる点で異なっている。

表 1 交響曲、弦楽四重奏曲を合わせた全楽曲（62 曲、10,353 小節）中に現れる PC セットの出現頻度順位、出現頻度、構成音の例。構成音が特徴的なものは備考欄に記した。

Table 1 The rank, the frequency and the example of compositional pitches of PC sets of the all materials.

出現頻度順位	出現頻度	PC セット	構成音の例	備考
1	1,368	{0, 1, 3, 5, 6, 8, 10}	B, C, D, E, F, G, A	長音階など
2	1,110	{0, 4, 7}	C, E, G	長三和音
3	889	{0, 1, 3, 5, 6, 8}	B, C, D, E, F, G	
4	420	{0, 3, 6, 8}	B, D, F, G	属七の和音
5	379	{0, 2, 4, 5, 7}	C, D, E, F, G	
6	342	{0, 1, 3, 5, 8}	B, C, D, E, G	
7	313	{0, 2, 4, 5, 7, 9}	C, D, E, F, G, A	
8	224	{0, 2, 4, 6, 7, 9}	B, C, D, F, G, A	
9	216	{0, 3, 7}	A, C, E	短三和音
10	205	{0}	C	単音
11	146	{0, 1, 3, 5, 7, 8}	E, F, G, A, B, C	
12	146	{0, 4}	C, E	長三度・短六度
⋮	⋮	⋮		
238	2	{0, 2, 4, 5, 8}	G, A, B, C, Eb	
239	1	{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7}	C, C#, D, D#, E, F, F#, G	
⋮	⋮	⋮		
268	1	{0, 2, 5, 6, 8}	A, B, D, Eb, F	
269	1	{0, 3, 4, 5, 6, 7, 8}	A, C, C#, D, D#, E, F	
270	1	{0, 3, 4, 5, 8}	B, D, Eb, E, G	
271	1	{0, 3, 4, 6}	B, D, Eb, F	
272	1	{0, 3, 4, 7, 8}	A, C, C#, E, F	

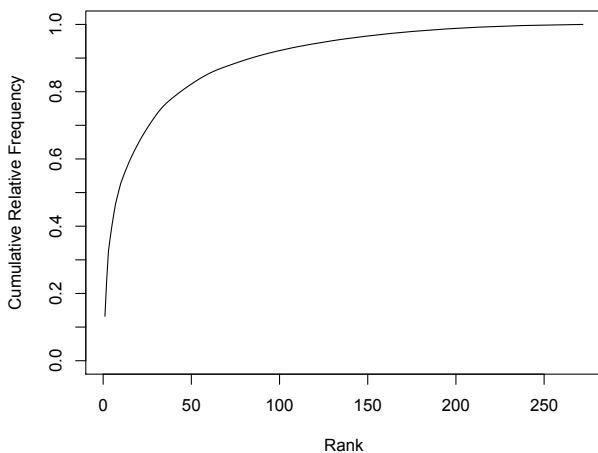


図 2 各 PC セットの出現頻度順位（横軸）にしたがった累積相対頻度（縦軸）。

Fig. 2 The cumulative relative frequency of PC sets according to their ranks.

において、 $P_1 \sim P_9$ の PC セットを用いており、これらは特に主要な PC セットとみなせる。以下ではこれら 9 種の PC セットを「上位 PC セット」と呼称することとする。

3.3 上位 PC セットの交響曲・弦楽四重奏曲間比較

3.2 節で定めた「上位 PC セット」の、交響曲と弦楽四重奏曲のそれぞれにおける出現頻度を表 2 にまとめた。交響曲と弦楽四重奏曲の間で、上位 PC セットの出現頻度の割合が異なるかどうかを調べるため、 χ^2 分析を行なったところ、 χ^2 値が 216.62 ($p < 0.05$) となり、有意水準 0.05 のもとでこの割合には有意な差があることがわかった。

次に、交響曲と弦楽四重奏曲の間にある上位 PC セットの割合の差について、具体的にどの PC セットの割合がその差に寄与しているかについて調べるため、 χ^2 分析の結果に基づいて残差分析を行なった。その結果、交響曲の P_2, P_5, P_6, P_9 および弦楽四重奏曲の P_1 が、他方に比べて有意に大きな割合で出現していることがわかった（これらの出現頻度を表 2 内で太字・下線で示した）。

4. 考察

3.3 節の結果より、交響曲と弦楽四重奏曲のそれぞれにおいて有意に大きな割合で出現する上位 PC セットがあることがわかった。交響曲で有意に大きな割合で出現する PC セットのうち、 P_2 と P_9 は調性音楽において特に重要な 2 つの三和音*4である長三和音と短三和音に対応する。

*4 最低音（根音）の上にそれぞれ三度の音程で 2 つの音を積み重ねた 3 音による和音。

表 2 交響曲、弦楽四重奏曲のそれぞれにおける、上位 PC セットの出現頻度。残差分析によって有意に大きい頻度を太字・下線で示した。

Table 2 The frequencies of top 9 PC sets appearing in the symphonies and string quartets, respectively. The emphasized figures are the frequencies which are significantly higher than the other, based on the results of the residual analysis.

	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8	P_9
交響曲	733	854	581	284	303	258	209	144	170
弦楽四重奏曲	635	256	308	136	76	84	104	80	46

PC セットは 1 小節ごとに現れる音高を集約して構成されるため、これらの PC セットが出現する小節では長三和音または短三和音を構成する 3 つのピッチクラスしか現れないということであり、このように非常にシンプルな小節が交響曲では弦楽四重奏曲に比べて有意に多く存在すると言える。また、同様に交響曲での出現頻度が有意に高かった P_5 と P_6 はどちらも 5 つのピッチクラスで構成される PC セットである。 P_5 は長音階の最初の 5 音 {C, D, E, F, G} に相当するので、音階状に連続したパターンがこの PC セットとして現れた可能性がある。一方、 P_6 は 2 つの長三和音 {C, E, G} と {G, B, D} の組み合わせで得られた可能性がある。これらは主和音 ({C, E, G}) と属和音 ({G, B, D}) の関係があり、和声の連結 (カデンツ) として最も基本的なものである。

弦楽四重奏曲において有意に大きな割合で出現する P_1 は、長音階または短音階を構成する 7 つの PC セットすべてが 1 小節内に現れたときに得られる。これには、7 つのピッチクラスを用いた音階上のパターンか、3 つ以上の和音の連続、例えば {F, A, C}, {G, B, D}, {C, E, G} を用いている場合を想定できる。この和音の連結例は、下屬和音 ({F, A, C}) → 属和音 ({G, B, D}) → 主和音 ({C, E, G}) という典型的なパターンである。いずれにせよ、弦楽四重奏曲における P_1 の使用の多さは、交響曲の場合に比べて 1 小節内でいくらか複雑なパターンを用いていることから生じていると想定できる。

5. おわりに

本研究では、オーケストラ曲と室内楽曲における弦楽器声部の書法の違いを調べるために、モーツァルトの交響曲と弦楽四重奏曲を対象として、PC セットを用いた比較分析を行なった。その結果、(1) 対象楽曲の全小節数の過半数を出現頻度で上位 9 つの PC セットが占めること、(2) その上位 PC セットの出現頻度の割合が、交響曲と弦楽四重奏曲の間で有意に異なること、(3) とりわけ交響曲では 3 つのピッチクラスから構成される P_2 ({0, 4, 7}) と P_9 ({0, 3, 7}) および 5 つのピッチクラスから構成される

P_5 ({0, 2, 4, 5, 7}) と P_6 ({0, 1, 3, 5, 8}) の出現頻度の割合が有意に高く、弦楽四重奏曲では 7 つのピッチクラスから構成される P_1 ({0, 1, 3, 5, 6, 8, 10}) の出現頻度の割合が有意に高いことがわかった。

参考文献

- [1] Forte, A.: *The Structure of Atonal Music*, Yale University Press (1973).
- [2] Hickman, R.: The Nascent Viennese String Quartet, *The Musical Quarterly*, Vol. 67, No. 2, pp. 193–212 (1981).
- [3] 平野 充, 山元啓史: モーツァルトの交響曲と弦楽四重奏曲のピッチクラスセットを用いた和声分析, *じんもんこん 2017 論文集*, pp. 83–88 (2017).
- [4] 平野 充, 山元啓史: 低頻度ピッチクラスセットの 2-gram パターンを用いたモーツァルトの交響曲と弦楽四重奏曲の比較分析, *じんもんこん 2018 論文集*, pp. 187–192 (2018).