

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

平野 充 ・ 山元 啓史 (東京工業大学)

本研究は、モーツァルトが作曲した交響曲と弦楽四重奏曲の和声的特徴の違いを、ピッチクラスセット (PCセット) を用いて明らかにすることを目的とした。PCセットはピッチ (音の高さ) の組み合わせを表現したもので、これを用いることで楽曲の和声の特徴を計量的に分析できる。モーツァルトの交響曲 39 曲と弦楽四重奏曲 23 曲の第 1 楽章を対象に、弦楽器声部の PC セットを小節ごとに集計した。分析の結果、モーツァルトの交響曲は、弦楽四重奏曲に比べて長三和音に対応する PC セット $\{0, 4, 7\}$ を多く含み、長音階に対応する PC セット $\{0, 1, 3, 5, 6, 8, 10\}$ が少ないことがわかった。

Harmonic Analyses for Mozart's Symphonies and String Quartets using Pitch-Class Set

Michiru Hirano / Hilofumi Yamamoto (Tokyo Institute of Technology)

The aim of the present study is to clarify the differences of harmonic features between Mozart's symphonies and string quartets using pitch-class set (PC set). PC sets, which is representation of combinations of pitch, make it possible to analyze harmonic features of musical compositions quantitatively. 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 Mozart's symphonies contain more PC set $\{0, 4, 7\}$, which corresponds to major triad, and less PC set $\{0, 1, 3, 5, 6, 8, 10\}$, which corresponds to major scale, than string quartets.

1 序論

本研究の目的は、モーツァルト (Wolfgang Amadeus Mozart, 1756–1791) が作曲した交響曲と弦楽四重奏曲の和声的特徴の違いを、ピッチクラスセット (以下、PCセット) を用いて明らかにすることである。

交響曲と弦楽四重奏曲は、弦楽器声部の編成 (第1 ヴァイオリン, 第2 ヴァイオリン, ヴィオラ, チェロ) について似通っているが、各声部を演奏する人数が異なる (交響曲は複数人, 弦楽四重奏曲は一人のみ)。こうした外面的な相違に加えて、リズム, 旋律, 和声といった音楽の内的な特徴にも違いがあることが指摘されてい

る (Hickman 1981: 194)。したがって、楽譜に書かれた音符を比較することで、両者の区別ができると考えられている (Hirano and Yamamoto 2017)。

和声に関して、Hickman (1981: 194) では、交響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、弦楽四重奏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、と述べられている。こうした指摘は、音楽の特徴を適確に言い表しているように感じるが、主に印象に基づいたものであり、このような事実は計量的に確かめられていない。

本研究では、楽曲の和声の特徴を計量的に抽

表 1: 分析に用いる材料 (交響曲 39 曲, 弦楽四重奏曲 23 曲). 番号はケッヘル作品目録 (第 6 版) による.

交響曲						弦楽四重奏曲			
K. 16	K. 19	K. 19a	K. 22	K. 45a	K. 43	K. 73f	K. 134a	K. 134b	K. 157
K. 45	K. 48	K. 73	K. 74	K. 75b	K. 112	K. 158	K. 159	K. 159a	K. 168
K. 114	K. 124	K. 128	K. 129	K. 130	K. 132	K. 169	K. 170	K. 171	K. 172
K. 133	K. 134	K. 161a	K. 161b	K. 162	K. 162b	K. 173	K. 387	K. 417b	K. 421b
K. 173dA	K. 173dB	K. 186a	K. 186b	K. 189k	K. 300a	K. 458	K. 464	K. 465	K. 499
K. 318	K. 319	K. 338	K. 385	K. 425	K. 504	K. 575	K. 589	K. 590	
K. 543	K. 550	K. 551							

出すために, ピッチ (音の高さ) の組み合わせを表す PC セットを用いて, 交響曲と弦楽四重奏曲の違いを示す. 具体的には, 各曲の弦楽器声部における小節の PC セットを集計し, それらの出現頻度を和声的な特徴とみなして比較する.

2 方法

2.1 材料

モーツァルトが作曲した 39 の交響曲と 23 の弦楽四重奏曲 (計 62 曲) の第 1 楽章を用いる. モーツァルトは交響曲を 50 曲以上作曲したと伝えられているが, すでに消失したものや, 偽作の疑いがあるものなどがある. また, 序曲やセレナードという, 他のジャンルから転用された交響曲も数に含む場合がある. 本研究では, モーツァルトの作であることが確実な現存作品のうち, はじめから交響曲として構想された 39 曲を材料として用いる (ザスロー・カウデリー 2012: 208-209). 弦楽四重奏曲は, モーツァルトが作曲した 23 曲すべてを用いる. 作品の同定にはケッヘル作品目録 (第 6 版) による番号を用いる. 本研究の材料の一覧を表 1 に示す.

各曲の楽譜は, ベーレンライター社刊行の “新モーツァルト全集” による版を用いる. 楽譜はすべて, MusicXML 形式に変換する. この操作により, 楽譜に書かれた音符等の情報がすべて文字列に置き換えられ, コンピュータプログラムによる処理が可能となる.

2.2 データ構造

PC セットはピッチクラスを表す整数の集合である (Forte 1973: 3). ピッチクラス (以下,

PC) とはオクターブの違いを無視した, 同じ音名を共有するピッチの集合である. 例えば, ある高さの C 音と 1 オクターブ (あるいはそれ以上) 離れた C 音は同じ PC に含まれる. 各 PC に, 1 オクターブ内の 12 種類のピッチに対応した 12 個の数字のうちのいずれかが割り当てられる. PC セットはそれらの数字の組み合わせでたものである. 本稿では, PC セットを波括弧 $\{$ で囲った数字で表現する.

PC セットの取得手順は以下の通りである.

1. 該当箇所に現れた音符の PC を表 2 に示した 0 から 11 の整数に置き換える. これらの重複を削除したものを PC セットの要素とする.
2. PC セットの要素を正規の順序 (normal order) (Forte 1973) に従って並べる. 昇順に並べた PC セットに対して, 最初の要素に 12 を足して末尾に移動した順列を PC セットの要素数の分だけ作成し, それらのうち最初と最後の要素の差が最も小さいものが正規の順序である. この条件によって正規の順序が一つに定まらない場合, 最初と 2 番目の要素の差, 3 番目の要素との差, というように, 最後から一つ前の要素までの差を順に調べ, 最小のものを正規の順序として選択する.
3. PC セット内の各要素から最初の要素を引き, 先頭が 0 となる形に変換する. この形を原型と呼ぶ.

各小節から PC セットを取得するイメージを, 図 1 に示した. この例の第 1 小節では, 第 1 ヴァイオリンと第 2 ヴァイオリンがともに Eb, D, 第 1 ヴィオラが Bb, Bb, G, G, Bb, Bb, G, G, 第 2

Molto Allegro Symphony No.40 g minor K.550 by Mozart

Measure

Names of Pitches within a Measure

{D, Eb, G, Bb} {D, Eb, G, Bb} {D,G, A, Bb} {D, Eb, F, G, Bb} {C, D, Eb, G, A}

↓↓↓ Digitize ↓↓↓

Pitch-Class Set {0,1,5,8} {0,1,5,8} {0,2,3,7} {0,1,3,5,8} {0,2,5,7,8}

図 1: モーツァルトの交響曲ト短調 K.550 の冒頭を例にした, PC セット取得のイメージ図.

ヴィオラが G, G, Bb, Bb, G, G, Bb, Bb, チェロとコントラバスが G の音を奏でており, すべての声部を合わせると 4 つの PC (D, Eb, G, Bb) が用いられている. これらの PC を手順 1 に従って数値化すると, {2, 3, 7, 10} となる. 次に手順 2 に従い, {2, 3, 7, 10} の最初の要素 2 に 12 を足した 14 を末尾に移動した順列 {3, 7, 10, 14}, 同様に処理した {7, 10, 14, 15}, {10, 14, 15, 19} を作成する. この中で, 最初と最後の要素の差が最も小さい順列は {2, 3, 7, 10} と {7, 10, 14, 15} で, さらに最初と 2 番目の要素の差が最も小さい {2, 3, 7, 10} が正規の順序となる. 手順 3 で, {2, 3, 7, 10} の各要素から最初の要素 2 を引いた {0, 1, 5, 8} の形に変換する.

3 結果

交響曲と弦楽四重奏曲を合わせた全楽曲 (62 曲) 中に現れる PC セットのランクと頻度の関係を図 2 に示した. 全 10,353 小節中, 最も多い 1,368 小節に現れた PC セットは {0, 1, 3, 5, 6, 8, 10} である. これは「C, D, E, F, G, A, B」, すなわち長音階を構成する 7 音の音程関係に対応する. 次に多い (1,110 小節) のは {0, 4, 7} で, これは「C, E, G」, すなわち長三和音の音程関係に対応する. これらは調性音楽の最も基本的なパターンである.

次に, 交響曲と弦楽四重奏曲をそれぞれ別々に計測すると, 頻度のランク 5 位までの PC セットは表 3 のようになった. この表から, 全体のランクで最も多い二つの PC セット ({0, 1, 3, 5, 6, 8, 10} と {0, 4, 7}) が交響曲と弦楽四重奏曲のそれぞれのランクで順序が逆になっていることが注目される.

表 2: 各 PC と整数の対応表.

PC	B \sharp	C \sharp	D	D \sharp	E	E \sharp	F \sharp	G	G \sharp	A	A \sharp	B
	C	D \flat		E \flat	F \flat	F	G \flat		A \flat		B \flat	C \flat
整数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

表 3: 交響曲 (39 曲, 6,693 小節), 弦楽四重奏曲 (23 曲, 3,660 小節) のそれぞれにおける, PC セットの出現頻度. ランク 5 位までを示した.

ランク	交響曲		弦楽四重奏曲	
	頻度	PC セット	頻度	PC セット
1	854	{0, 4, 7}	635	{0, 1, 3, 5, 6, 8, 10}
2	733	{0, 1, 3, 5, 6, 8, 10}	308	{0, 1, 3, 5, 6, 8}
3	581	{0, 1, 3, 5, 6, 8}	256	{0, 4, 7}
4	303	{0, 2, 4, 5, 7}	136	{0, 3, 6, 8}
5	284	{0, 3, 6, 8}	104	{0, 2, 4, 5, 7, 9}

表 4: PC セットの項目ごとに, その項目の頻度とそれ以外の項目の頻度の比の分割表に従って χ^2 分析を行なった. 2, 3 列目は各項目の交響曲および弦楽四重奏曲における頻度を, 4, 5 列目は各項目の χ^2 値と p 値をそれぞれ示している. 5 列目に * で示した欄は, p 値が 0.05 以下であることを表している. 全楽曲中のランク 5 位までのものを示す.

PC セット	交響曲	弦楽四重奏曲	χ^2 値	p 値
{0, 1, 3, 5, 6, 8, 10}	733	635	83.90	*
{0, 4, 7}	854	256	81.56	*
{0, 1, 3, 5, 6, 8}	581	308	0.18	0.67
{0, 3, 6, 8}	284	136	1.55	0.21
{0, 2, 4, 5, 7}	303	76	39.60	*

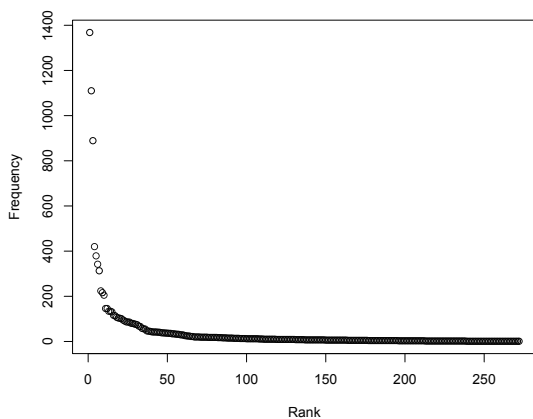


図 2: 交響曲, 弦楽四重奏曲を合わせた全楽曲 (62 曲, 10,353 小節) の PC セットのランク (横軸) と頻度 (縦軸).

交響曲と弦楽四重奏曲における PC セットの頻度の割合に生じる差を調べるために, 各 PC セットの項目ごとに, その項目の頻度とそれ以外の頻度の比の分割表に従って χ^2 分析を行なったところ (表 4), {0, 1, 3, 5, 6, 8, 10} と {0, 4, 7} において大きな χ^2 値を得た. したがって, これらの PC セットは交響曲と弦楽四重奏曲の間の違いに寄与しており, {0, 4, 7} は交響曲に有意に多く, {0, 1, 3, 5, 6, 8, 10} は弦楽四重奏曲に有意に多く現れることがわかった.

図 3 は, これら二つの PC セットが, 各楽曲においてどの程度の割合 (各楽曲の全小節数に対する比) で現れるかを示したものである. 緑と赤で示した楽曲はそれぞれ交響曲と弦楽四重奏曲に対応しており, おおよそ前者が左上に, 後者が右下にそれぞれ集まった.

4 考察

4.1 分析結果について

交響曲は, 弦楽四重奏曲に比べて PC セット {0, 4, 7} を多く含み, PC セット {0, 1, 3, 5, 6, 8, 10} は少ない傾向があることがわかった. これらの PC セットはいずれも調性音楽の基本的なパターンであるが, {0, 4, 7} が長三和音の構成音のみから成っているのに対し, {0, 1, 3, 5, 6, 8, 10} は長音階の構成音をすべて含んでいる分, 複雑である. すなわち, 前者が現れる小節は単純な三和音, あるいはそれに基づいた旋律のみが用いられているのに対し, 後者の小節では, 音階的な旋律が使用されているか, より複雑な和音が用いられていることになる. したがって, 交響曲と弦楽四重奏曲は弦楽器声部の編成が似通っているにもかかわらず, PC セットの出現頻度の観点から, 弦楽四重奏曲の方が和声的により複雑な傾向があると言える.

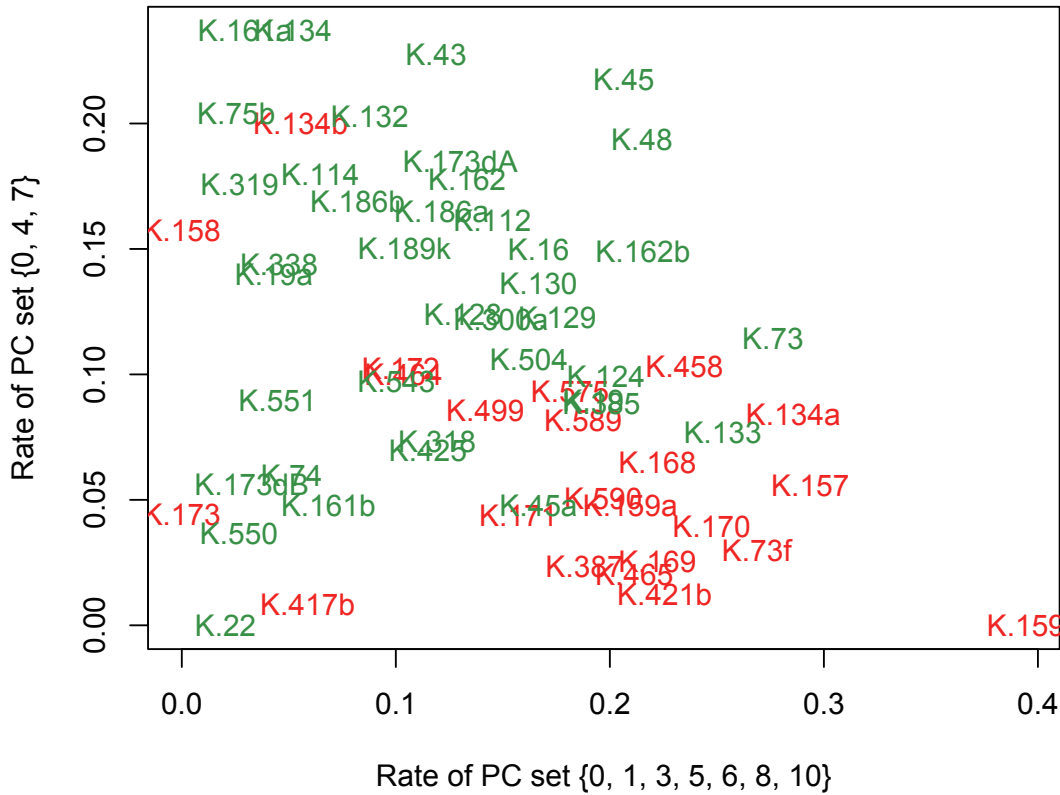


図 3: PC セット {0, 1, 3, 5, 6, 8, 10} (横軸) と PC セット {0, 4, 7} (縦軸) の各曲に含まれる割合。緑と赤で示した楽曲はそれぞれ交響曲と弦楽四重奏曲に対応する。

ただし、弦楽四重奏曲の中でも K.134b, K.158, K.173 といった楽曲は PC セット {0, 1, 3, 5, 6, 8, 10} の割合が小さく、交響曲の特徴により近い。これらは比較的初期 (1772~1773 年) に作曲された楽曲であるため、この時点ではまだ交響曲と弦楽四重奏曲との区別が明白でなかったことを示唆している可能性がある。

4.2 方法について

4.2.1 PC セットによる和声分析の注意点

PC セットの頻度を楽曲の和声的な特徴とみなすことには、以下のことに注意しなくてはならない。

従来、調性音楽の和声进行分析するには、分析対象に和声理論を外から適用させて、その理

論の上で解釈可能か否かが検討されたため、用いる理論や分析者の解釈によって違った結論が得られることがあった。古典的な和声理論は、和声の前後関係や時代の様式といったコンテキストに大きく影響されやすい。

これに対して、PC セットを用いる方法は、調性音楽の理論が適用できない無調音楽を分析するために開発された経緯があり、コンテキストにかかわらず楽譜のみから分析が可能であるため、より客観的に、あらゆる楽曲を一様に分析することができる。

PC セットでは古典的な和声理論が重視する多くの情報を捨てている。§2.2 の手順 1 では異名同音 (F♯ と G♭ など) を同一視し、また同一区間内の PC の時間的前後関係や出現頻度を無視した。手順 2 では和音の転回形を、手順 3 で

は移調関係にあるもの（例えば長三和音「C, E, G」と「D, F \sharp , A」は同じPCセット{0, 4, 7}に還元される）を同一視した。こうした操作により、局所的に厳密な分析を行なう際に必要な情報は失われるが、逆にそのことで、様々な調性や拍子等の楽曲に対して大局的に俯瞰することが可能になる。

和声と旋律の関係についても留意しなくてはならない。もともと旋律とはリズムとピッチの時間的な配置で表現されるもので、ピッチの面で和声と不可分な関係にある。古典的には、旋律のみに固有なピッチを持つ音を、非和声音として和声を構成する和声音と区別してきた。しかし、非和声音の特定方法は曖昧で一意ではない。PCセットでは、和声音と非和声音の区別はせず、出現するすべてのピッチを等しく考慮するため、旋律の要素も含まれている。

4.2.2 小節を単位とすること

本研究では、PCセットを取得する単位を小節とした。音楽の時間的な単位は必ずしも小節とは限らず、2小節や4小節といった小楽節、あるいはもっと長い範囲を考える方が良くてもあれば、1小節内だけで和声が目まぐるしく変わる可能性もあるため、より短い範囲を検討する必要もある。しかし、こうした点については解釈が一樣ではなく、恣意性が入りやすい。小節は楽譜に小節線によって明示されているため、客観的な分析により適していると考え、採用した。

5 結論

本研究は、モーツァルトの交響曲と弦楽四重奏曲の間の和声的な違いについて、弦楽器声部のPCセットを分析したところ、モーツァルトの交響曲は、弦楽四重奏曲に比べて長三和音を表すPCセット{0, 4, 7}を多く含み、長音階を表すPCセット{0, 1, 3, 5, 6, 8, 10}が少ないことがわかった。

参考文献

- Forte, Allen (1973) *The Structure of Atonal Music*: Yale University Press.
- Hickman, Roger (1981) "The Nascent Viennese String Quartet," *The Musical Quarterly*, Vol. 67, No. 2, pp. 193-212, Apr.
- Hirano, Michiru and Hilofumi Yamamoto (2017) "Discriminating between Mozart's Symphonies and String Quartets Based on the Degree of Independency between the String Parts," *Journal of the Japanese Association for Digital Humanities*, Vol. 2, No. 1, pp. 48-59.
- ザスロー, N.・W. カウデリー (編) (2012) 『モーツァルト全作品事典』, 森泰彦監訳, 音楽之友社.