

楽曲のグラフ表現 A Representation of a Musical Composition by Graphs

杉山 幸恵†
Yukie Sugiyama

河合 博之†
Hiroyuki Kawai

1. はじめに

楽曲からその楽曲固有の特徴を抽出することで様々なシステムに利用することができる。例えば、類似アーティスト検索システムや作曲支援システムなどである。これまで特徴抽出手法として、音情報を直接信号処理し、解析する手法などがとられている。本研究では、新たな試みとしてグラフとして表現することを提案する。グラフ理論に基づき楽曲情報をモデル化することで、楽曲の新しい表現方法を見つけることができると考えられる。本研究の目的は楽曲をグラフ化し、グラフ理論の観点からその性質を調査し、楽曲の特徴を発見することである。

楽曲のグラフ化について様々な方法が考えられる。本研究では、楽曲の音高を頂点、音の遷移を有向辺とし有向重み付きグラフ(図1)として楽曲を表現し、そのグラフ的特徴を抽出する。また、グラフ化を行う支援として楽曲をグラフ化するためのシステムを開発した。4人の作曲者の複数の楽曲のグラフ化を行い、各グラフの次数、直径、連結度などのグラフ的性質について調査した。

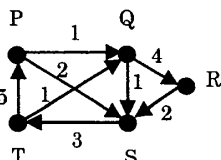


図1. 重み付き有向グラフ

2. 楽曲の特徴とグラフ化

2.1 楽曲の特徴

楽曲構造の要素は key, tempo, pitch, rhythm, harmony, melody から成る。これらの要素から、その楽曲固有の特徴を見つけることができる。本研究では楽譜から楽曲情報を得るため、グラフを作成するのに有用と思われる key, pitch, melody からグラフを作成する。そして、作成したグラフからグラフの性質である次数や直径などについて調べ、楽曲の特徴を調査する。

2.2 楽曲のグラフ化

グラフは頂点集合と辺集合から構成される。楽曲のグラフ化を行う際、頂点に用いることができると考えられるものは、音高、音符、コードなどがあり、辺については、音高・音符の遷移、共通要素などが考えられる。例えば、ドの4分音符、レの8分音符のように音高と音符を組み合わせるとして、次の音への遷移を辺とすればグラフが作成可能である。また、楽譜を小節ごとに区切り部分グラフを構成し、共通な性質を持つ頂点を辺で繋ぐことにより大きなグラフを構成することなども考えられる。このように、楽曲からグラフを作成する様々な方法が考えられ、楽曲情報に関する表現が可能となる。

† 函館工業高等専門学校, Hakodate National College of Technology

3. グラフ作成方法

今回は、最も単純な方法として頂点を音高、辺を音の遷移としグラフの作成を行う。図2は“きらきら星”の例である。同じ辺を通った回数を辺の重みとして付加している。また、楽譜からグラフを構成するために、音高を入力することでグラフが作成できるシステムを開発した。

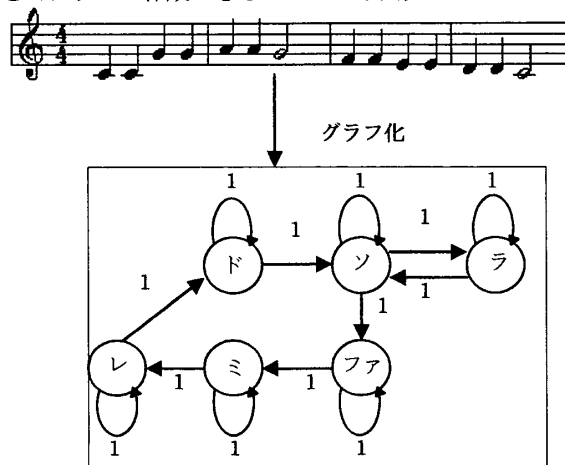


図2. “きらきら星”のグラフ化

4. 作成したグラフの性質

異なる作曲者4人の楽曲各30曲をグラフ化し、解析を行った。ただし、楽曲の始めから終わりではなく、サビの部分のみのグラフ化である。

グラフの性質の中で、次数、強連結性、直径、連結度、彩色数、辺と頂点の比率について調査した。なお、この際に数式処理ソフト Mathematica を利用した [3]。図3から図6は、各作曲者の楽曲の中から一つずつのグラフであり、それらのグラフの性質を表1にまとめた。

表1. グラフの特徴

		図3	図4	図5	図6
重みなし	最大入次数	D(7)	ミ(5)	ミ(6)	ミ(5)
	最大出次数	D(7)	D#(6)	ミ(6)	レ(5)
重みあり	最大入次数	D(23)	レ(31)	D(18)	レ(11)
	最大出次数	D(22)	レ(31)	D(17)	レ(11)
辺の数		32	23	33	23
頂点の数		9	8	11	10
辺数/頂点数		3.556	2.875	3	2.3
強連結		○	○	○	×
直径		3	4	5	-
連結度		1	1	1	0
彩色数		4	3	4	3

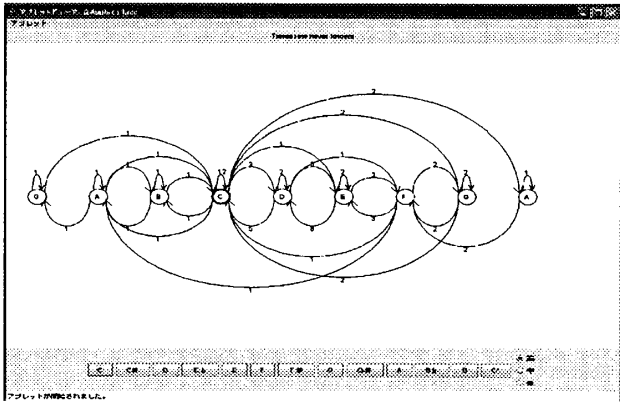


図3. 作曲家1の楽曲のグラフ

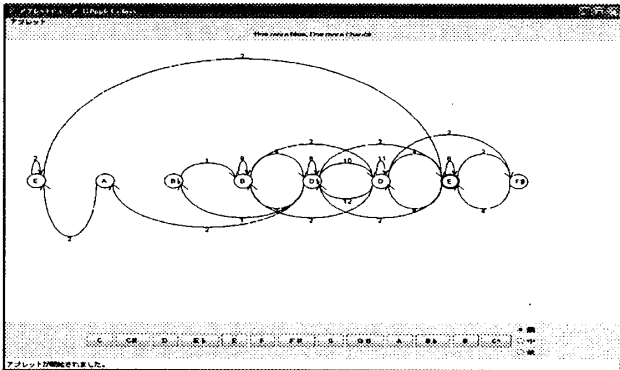


図4. 作曲家2の楽曲のグラフ

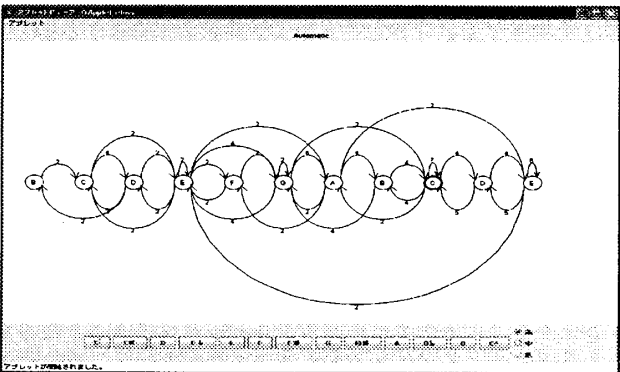


図5. 作曲家3の楽曲のグラフ

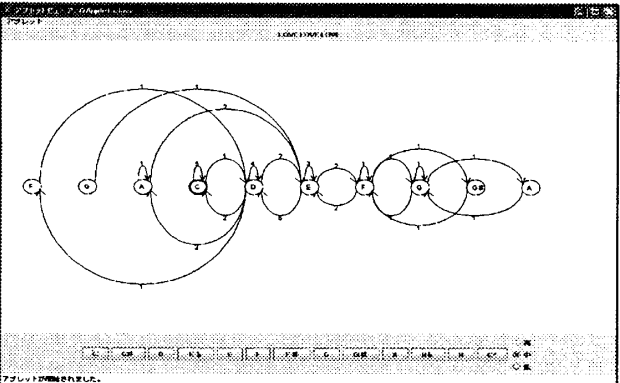


図6. 作曲家4の楽曲のグラフ

5. 考察

それぞれの作曲家別にグラフの性質の平均を求め、比較を行った。結果を表2に示す。また、最大入次数と最大出次数が楽曲の調の主音と一致する割合の作曲家別の平均を表3に示す。

表2. 作曲家の特徴の比較

		作曲家1	作曲家2	作曲家3	作曲家4
重みなし	最大入次数	5.433	4.9	4.917	4.767
	最大出次数	5.6	4.833	5.25	4.633
重みあり	最大入次数	17.5	18.1	20.625	16.233
	最大出次数	17.267	18.1	20.667	16.1
辺の数		27.5	21.433	22.625	21.233
頂点の数		10.433	8.467	8.458	8.3
辺数/頂点数		2.639	2.533	2.643	2.557
強連結[%]		90	86.667	91.667	90
直径		4.767	3.9	3.958	4.033
連結度		0.967	0.9	0.958	1
彩色数		3.467	3.167	3.458	3.267

表3. 作曲家の次数と主音と一致する割合の比較

	主音と一致する割合[%]				全て
	重みなし		重みあり		
	最大入次数	最大出次数	最大入次数	最大出次数	
作曲家1	70	76.667	66.667	66.667	50
作曲家2	60	50	50	50	36.667
作曲家3	45.833	37.5	33.333	33.333	25
作曲家4	73.333	73.333	56.667	50	46.667

6. おわりに

楽曲をグラフ化した際、どの作曲家においても共通な特徴として、高い割合で強連結になることがわかった。また、作曲家によって値に違いが出たことから、この結果を特徴として用いることができることが確認された。

今後の展望として、よりはっきりとした違いを出すために頂点に音符の長さも考慮することで、頂点数を増やし、グラフ化することが考えられる。また、作曲家の数を増やし、固有の特徴を見つけることができれば、類似アーティスト検索システム等に応用することができると考えている。

参考文献

- [1] G. Chartrand and L. Lesniak, "GRAPHS & DIGRAPHS 4th Ed.", CHAPMAN & HALL (2005).
- [2] R. J. ウィルソン, "グラフ理論入門", 近代科学社 (2001).
- [3] S. Pemmaraju and S. Skiena, "Computational Discrete Mathematics Combinatorics and Graph Theory with Mathematica", Cambridge University Press (2003).