

## 暗意実現モデルにおける 連鎖構造を用いたメロディ構造分析

○矢澤櫻子<sup>†</sup> 寺澤洋子<sup>††</sup>  
平田圭二<sup>††</sup> 東条敏<sup>†††</sup> 浜中雅俊<sup>†</sup>

本稿では Eugene Narmour が提唱した暗意実現モデルを用いたメロディ構造分析と、その結果について報告する。暗意実現モデルではある音列とある音列同士の関係を連鎖構造と定義されている。我々は与えられたメロディから連鎖構造を抽出するシステムを実装し、実際に暗意実現モデルにおいて定義されている連鎖構造が発生するかを確認した。

## Analysis the chain structures of Implication-Realization Model in a melody

○Sakurako Yazawa<sup>†</sup> Hiroko Terasawa<sup>†,††</sup>  
Keiji Hirata<sup>†††</sup> Satoshi Tojo<sup>††††</sup> Masatoshi Hamanaka<sup>†,††</sup>

This paper describes a melody analysis based on Implication-Realization Model(IRM), which was proposed by Eugene Narmour. In IRM, The relation between a tone series and some tone series is defined as chain structure. We mounted the system which extracts chain structure from the given melody, and checked whether the chain structure actually defined in IRM would occur.

### 1. はじめに

本稿では Eugene Narmour が 1992 年に提唱したメロディに関する音楽理論「暗意実現モデル」(Implication-Realization Model)[1,2]中で定義されている連鎖構造を用いたメロディ解析について述べる。連鎖構造とは暗意実現モデルによる分析の結果、5 音以上の音列に発生する構造である。連鎖構造では、ある構造の次に来やすい構造とそうでない構造が分かっているため、メロディ予測への利用が期待される。

本研究の最終的な目的は、音楽的知識に乏しいユーザに対して新たにメロディを生成し提示する形の作曲支援を行うシステムの構築をすることである。例えば音楽初心者には作曲中にしばしば次のメロディが浮かばない状況に陥ることがある。このとき作曲支援システムが適切な後続のメロディを生成し提示できればユーザの作曲を支援することができるであろう。目指すシステムの概要図を図 1 に示す。

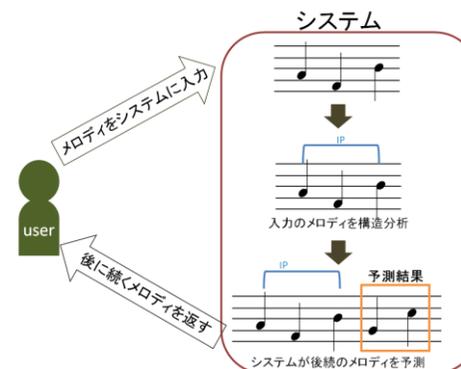


図 1, 目指すシステム

現在までメロディ予測には音楽理論に基づくものと基づかないもの[3-6]が研究されてきた。我々は 1992 年に Narmour が提唱した暗意実現モデルというメロディに関する音楽理論に基づくメロディ予測に注目をしている。メロディ予測に関してこの理論に注目した理由は以下の 3 点である。

<sup>†</sup> 筑波大学  
University of Tsukuba  
<sup>††</sup> JST さきがけ  
JST-PRESTO  
<sup>†††</sup> はこだて未来大学  
Future University Hakodate  
<sup>††††</sup> 北陸先端科学技術大学院大学  
Japan Advance Institute of Science and Technology

① 暗意-実現の考え方

この理論はそもそも、人間があるメロディを聴いたとき意識的もしくは無意識的に続きのメロディを予測しながら聴いているという仮定に基づいて構築された理論であるためメロディ予測への利用が期待できる。

② 階層的な構造

暗意実現モデルによってメロディは階層的に表現される。音と音との関係を基本類型と呼ばれるもので記述し、その基本類型同士の関係を連鎖構造と呼ばれるもので記述する。連鎖構造に含まれる基本類型の組み合わせは47種類のみであるため、これを使いメロディ予測が可能になることが期待される。

③ メロディの抽象化

メロディを予測する際に現在までのメロディを適切に抽象化してメロディを学習させ予測のためのデータベースを作る必要がある。暗意実現モデルではメロディを8種類の抽象化された基本類型に分類できる。

現在まで我々はメロディから暗意実現モデルにおける最も基本的な構造を抽出するシステムを構築してきた[7].

以下2章では暗意実現モデルについて、3・4章では実験とその結果について延べ、5・6章ではまとめと今後の展望を述べる。

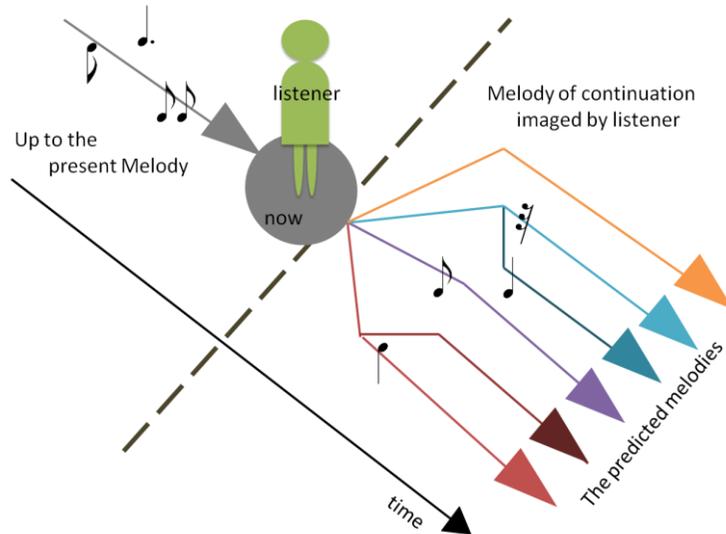


図2, Narmour の考えるメロディの聴き方

2. 暗意実現モデルとは

暗意実現モデルとは1990年にEugene Narmourが提唱したメロディに関する音楽理論である。この理論は音の動きの特徴を表した基本類型、例外型、連鎖構造と呼ばれる記号でメロディ構造を記述する理論である。下記図3にその概要を示す。



図3, 暗意実現モデルによるメロディ解析

基本類型は楽譜上ではブラケットと呼ばれる括弧を用いて記述される。ブラケット内の音が3音の組であれば基本類型、そうでなければ例外型を当てはめることで分析が行われる。そして基本類型が続いている場合、連鎖構造という構造で記述が可能となる。図3において紫で示されているものがブラケットである。そのブラケットによって区切られた音の特徴から図中では青で示されているように基本類型が割り振られる。さらに基本類型が連続している部分には図中赤で示されるように連鎖構造が割り振られる。またブラケットによって区切られなかった音には、図3においてMと示されている例外型が割り降られる。基本類型と連鎖構造の関係は図4に示される。ある基本類型に対してまたある基本類型が暗意（予測）される。

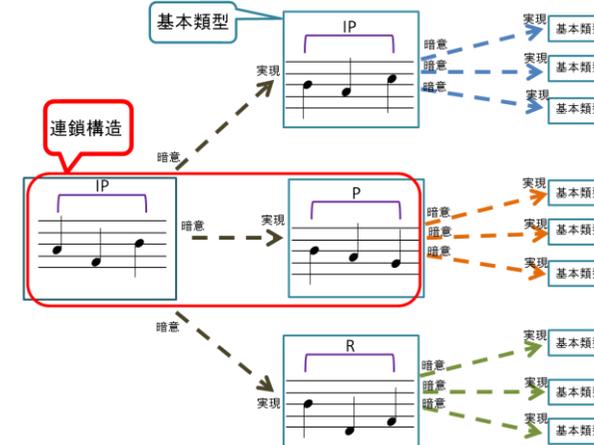


図4, 基本類型と連鎖構造の関係

## 2.1 基本類型と例外型とは

基本類型は 8 種類、例外型は 2 種類存在する。基本類型とはブラケット内の 3 つの音が存在する場合で、例外型というのはブラケット内に 2 音存在する場合もしくは単音でブラケットによる区切りが行えなかった場合を指す。

3 音で一つの型を作る基本類型は全部で 8 種類存在する。

P(process), IP(intervallic process), VP(registral process),

D(duplication), ID(intervallic duplication), R(reversal),

IR(intervallic reversal), VR(registral reversal) の 8 種類が存在する。

例外型は 2 音で型を作る **dyad**, 単音の **monad** という 2 種類が存在する。

- P は 3 度以下の音程で上がり続けるもしくは下がり続ける型である。
- IP は 3 度以下の音程で一旦上がって下がる、もしくは一旦下がって上がる型である。
- VP は上がり続けるもしくは下がり続けるが 3 度以下の音程と 5 度以下の音程の組み合わせの変化を表す型である。
- D は音程の変化が無い方である。
- ID はある音から違う音にとび、初めの音に戻ってくるという型である。
- R は 5 度以上の音程で上がり 3 度以下の音程で下がる、もしくは 5 度以上の音程で下がり 3 度以下の音程で上がるという型である。
- IR は 5 度以上の音程で上がりさらに 3 度以上の音程で上がる、もしくは 5 度以上の音程で下がりさらに 3 度以下の音程で下がる型である。
- VR は 3 度以下の音程で下がり 5 度以上の音程で上がる、もしくは 3 度以下の音程で上がり 5 度以上の音程で下がる型である。

これら基本類型がメロディ中で続く時に発生するのが連鎖構造である。

## 2.2 連鎖構造とは

連鎖構造とは基本類型が続く限り現れる構造である。その一覧を下記表に示す。基本類型が続く場合というのはメロディが **non-closual** であるときである。ここでの **non-closual** とは一般的な音楽におけるクロージャではなく **Narmour** によって定義されたクロージャである。これは「低レベルクロージャ」と言われており、例えば音価が変化した場合や休符があった場合を示している。また、音価が変化した休符が挟まれたりすると基本類型を作るブラケットが一回切れる。メロディ内で低レベルクロージャが発生しない限り基本類型は続き、連鎖構造が発生する。

連鎖構造は全部で 47 種類定義されている。下記表にその一覧を示す。例えば **VR/IP** という連鎖構造は **Various Reversals Joined to Various Process and Various Duplication** と呼ばれるグループに属する。**VRIP** とは基本類型の **VR** と **IP** が続くような構造である。

表 1 で示した構造は原則的にメロディ中に現れることができるとされている。しかし暗意実現モデルの中で **DIR, IRD, DVR, VRD, PP, DD, PD, DP, DR, DIR, IDID, DID, IDD** はメロディ中にあまり出現しない構造とされている。反対に **PID, PIP, IPID, IPIP, RR, VRVR, RVR, VRR, VPVP** はメロディ上によく現れる構造と暗意実現モデルの中で定義されている。

## 2.3 基本類型及び連鎖構造の抽出

連鎖構造の抽出の手順は以下に示す通りである。

図 5 の①のようなメロディがあったときの解析手順を記す。

1. 連続する 3 音の組を作り②のようにブラケットで区切る。
2. ブラケット内の音列の特徴から③のように基本類型を割り振る。  
また、3 音組を作れなかった後の音に対して例外型を割り振る。ここでは **monad**(図中では **M**)が割り振られている
3. ブラケットが切れている部分、つまり音長が変化する低レベルクロージャが発生している部分を検出する。④では※の部分に当たる。
4. ※の部分から休符までブラケットが切れていないので、その間にある 2 つのブラケットを⑤のようにひとまとめにする。
5. 連鎖構造 **VRIP** を割り振る。図中では赤で囲まれている部分である。  
このような手順で連鎖構造をメロディ中から抽出する。

表 1, 連鎖構造一覧

名称	属する連鎖構造
Process Reversed	P/R
Process Registrally Reversed	P/VR
Duplication Registrally Reversed	D/VR
Process Intervallically Reversed	P/IR
Closural Reversal of Intevallic Process	IP/R , IP/VP , IP/IR
Intervallic Duplication	ID/R , ID/VR
Registral Process	VP/R , VP/VR , VR/IR
Various Reversals Joined to Various Process and Various Duplication	R/P , R/VP , R/IP , R/D , R/ID , IR/P , IR/VP , IR/IP , IR/ID , VR/P , VR/IP , VR/ID
Process and Duplication Combined with Intervallic Duplication and Intervallic Process	P/ID , P/IP , IP/ID , D/IP , VP/ID , VP/IP
Intervallic Process and Intervallic Duplication Combined with Process and Registral Process	IP/P , ID/P , IP/VP , ID/VP
Process Combined with Registral Process	P/VP , VP/P
Intervallic Process Combined with Itself	IP/IP
Same Parentage Combinations of Reversal Intervallic Reversal , Registral Reversal	VP/R , R/VR , VR/IR , IR/VR , R/IR , IR/R , R/IR/IR , VR/VR

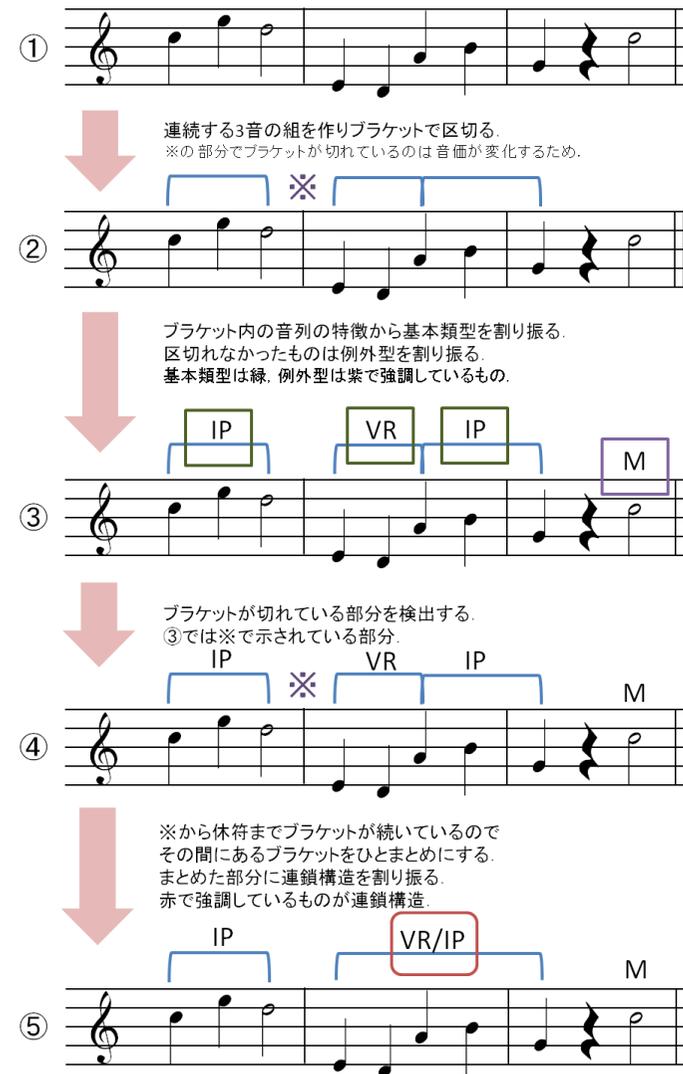


図 5, 暗意実現モデルによる解析手順

### 3. 実験

120 曲のメロディの解析を行った。解析ではメロディから暗意実現モデルにおける基本類型及び連鎖構造の抽出を試みた。解析対象のメロディはクラシック曲から 8 小節を切り出したものである。

システムにメロディを入力し、そのメロディ基本類型および連鎖構造の抽出を試みた。この実験の目的は Narmour によって示された連鎖構造以外の構造が出現しないことを確認することと、出現しやすい連鎖構造があるかを確認することである。

### 4. 実験結果

120 曲の楽曲から基本類型及び連鎖構造の抽出が確認された。抽出された連鎖構造は総数 1168 個である。実験結果より基本類型が続き限り連鎖構造から外れるということはないという結果が得られた。抽出結果は例えば

P VR VR IR P IP P IP P IP P

というようなものである。このような基本類型群に対して基本類型 2 つ分の連鎖構造の抽出を行うと P/VR, VR/VR, VR/IR, IR/P, P/IP, IP/P のように連鎖構造が抽出される。

連鎖構造の出現頻度は下記のグラフ及び表 2 に示す通りである。出現頻度が 0% の構造であった P/VR, D/VR, IP/R, ID/R, ID/VR, R/D, RI/D, IR/ID, VR/ID, PI/D, IR/ID, VR/ID, PI/D, IP/ID, D/IP, VP/ID, ID/P, VP/ID, ID/P, ID/VP, RI/R, IR/R, IR/IR は表に載せていない。抽出結果より IP/IP, P/IP, IP/P, R/P, RI/P, P/R, VR/IP, VP/P の連鎖構造が全体の 8 割を占めていることがわかった。上位を占める連鎖構造の例を図 7 に示す。

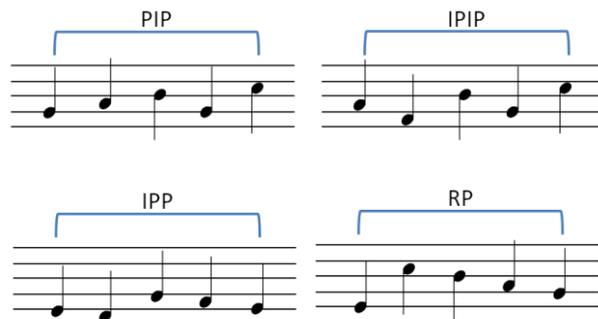


図 7, 出現頻度上位を占めた連鎖構造例

表 2, 連鎖構造出現頻度

連鎖構造	出現頻度[%]
IP/IP	26.0274
P/IP	18.32192
IP/P	15.92466
R/P	8.219178
R/IP	5.821918
P/R	5.308219
VR/IP	3.59589
VP/P	2.568493
VR/P	1.883562
P/VP	1.369863
R/R	1.369863
P/IR	1.19863
VR/IR	1.027397
IP/VP, IR/VP, IR/IP, IPVP	0.856164
VP/R, R/VP, IR/P, VP/R, R/VR, IR/VR, VR/VR	0.342466
IP/IR, VP/VR, VP/IP	0.171233

また暗意実現モデル中であまり出現しないとされている連鎖構造はメロディ中に出現していないことが確認できた。これより、暗意実現モデルの連鎖構造にである限り音楽的観点から不自然なメロディとはならないと考えられる。また今回解析した楽曲のジャンルがクラシックであったことから、上記の連鎖構造はクラシック曲に多く見られると考えられる。これより学習データベースを構築する上で曲のジャンルごとに連鎖構造を抽出する必要がある。また今回の実験では8小節の短いメロディに対して解析を行った。今後は8小節以上の楽曲に対してもデータベースを作る上では実験を行う必要があると考えられる。

## 5. まとめ

実験結果からメロディ中で連鎖構造が発生することが確認できた。またクラシックの楽曲の場合 IP/IP, P/IP, IP/P, R/P, RI/P, P/R, VR/IP, VP/P という連鎖構造がおきやすいことがわかった。これより学習データベースを作る際にはクラシック以外のジャンルに対しても解析を行い、学習データを作成する必要があると考えられる。

今後、連鎖構造の結果より予測のための学習データベースを構築していく。連鎖構造から基本類型同士の繋がりがやすさが判定できるためである。また本実験で解析したクラシック以外のジャンルの楽曲に対しても連鎖構造を抽出していくことにより、多様なジャンルの楽曲の学習データがあることにより、より多様なメロディ予測が可能になると考えられる。

## 参考文献

- 1) Eugene Narmour 著 “The Analysis and Cognition of Basic Melodic Structures” ,The university of Chicago press,1990
- 2) Eugene Narmour 著 “The Analysis and Cognition of Melodic Complexity” The university of Chicago press,1992
- 3) 松尾聡子, 片寄晴弘, 井口征士: 旋律予測のコンピュータシミュレーションモデルに関する一検討, 情報処理学会論文誌, Vol.41 No.6, pp.498-508(2000).
- 4) 斎藤直樹, 中井満, 下平博, 嵯峨山茂雄: 隠れマルコフモデルによる音楽演奏からの音列推定, 情報処理学会 音楽情報処理科学研究会, Vol.99 No.106, pp27-32, Dec. 11-12, 1999
- 5) 深山寛, 中妻啓, 米林裕一郎, 酒向慎司, 西本卓也, 小野順貴, 嵯峨山茂樹: Orpheus:歌詞の韻律に基づいた自動作曲システム, 情報処理学会 音楽情報処理科学研究会, 2008-MUS-76-30, pp.179-184, Aug.,2008.
- 6) 石田克久, 北原鉄朗, 武田正之: N-gram による旋律の音楽的適否判定に基づいた即興演奏支援システム, 情報処理学会論文誌, Vol46 No.7, pp1548-1559(2005)
- 7) 矢澤櫻子, 寺澤洋子, 平田圭二, 東条敏, 浜中雅俊: 暗意実現モデルにおける基本類型を用いたメロディ構造分析, 情報処理学会 音楽情報処理科学研究会, 2010-MUS-87, No.1, Oct 2010.