

## 文法発見の問題とは

ことばと音楽には不可分の関係がある。たとえば自然言語は言語によってアクセントを作り出す方法が異なり、音の強弱による方法、高低による方法、長短による方法がある。そして、これら強弱、高低、長短とはまさに音楽の概念である。音楽の起源は言語が未発達な時期でのコミュニケーション法であると言われ、その意味で言語と音楽は同ルーツである<sup>1)</sup>。

音楽を音符が時間軸に沿って並べられたものであるとすれば、自然言語の文字並びと同様なシンボル列だとみなすことができる。もしそのシンボル列に自然言語同様の文法規則を想定できるならば、この文法による構文解析が可能はずである。たとえば遺伝子の中の DNA の配列も同じようにシンボル列であり、自然言語の解析手法が援用されたことがある。実際、Bernstein の「答えのない質問」<sup>2)</sup> においては音楽を Chomsky の変形生成文法<sup>3)</sup> で理解しようとしているが、音楽の中に文・語の単位を設けるのに困難があった。とは言え、言語と音楽が同じ耳と喉を入出力とし、それらのデバイスと直結した脳の部位で処理されるなら共通の構造を仮定するのは自然である。本稿ではまず自然言語の文法理論の根幹をなす Chomsky の理論を導入し、次にそれを応用した事例を紹介する。

## Chomsky の文脈自由文法

Chomsky は文生成能力から形式言語の複雑さの階層をまとめたが、重要なのは次の 2 階層の区別

である。

[type3] 正規文法

[type2] 文脈自由文法

正規文法はいわゆるパターンマッチングに用いられる正規表現によって規定され、有限状態オートマトンで受理可能な文が生成される。これに対して文脈自由文法とは、単語間の依存関係（係り受け関係）が表現でき、1つの文内でこうした係り受け関係のリンクが「交差しない」という特徴を持つ。いまリンクの始点・終点を括弧の開閉と考えると、リンクの非交差は括弧の開閉が正しく対応づけられていることを意味する。この対応をとるためには、括弧を開いたことをスタックに記憶し (push)、括弧を閉じるときスタックからこの記憶を取り出す (pop) 仕組みがあればよい。すると文脈自由文法はプッシュダウンオートマトン（正確には非決定性プッシュダウンオートマトン）によって受理される文を生成することになる。

さて人間の話すことばは、例外も知られているが、ほぼ文脈自由言語であると言われている。すなわち我々の脳にはプッシュダウン・スタックに相当する機能が内在し、耳で聞いた単語が一時的に蓄えられ、いつかそれと係り受けする単語がくることを予測することができる。さて一度このような記憶装置を設ければ、音楽を聴くときにもこれが活用されないということは逆に考えにくい。すなわち人間は音楽を聴くときも、ある楽句の記憶をもとにそれと関連する楽句を予測するような聞き方をしていると考えられる。

## 文法理論の音楽への応用

### ♪ カデンツの文法

カデンツ (Kadenz (独), cadence (英)) とは音楽の終了時に感じる「終わった感じ」を創出する和声進行である。いまローマ数字で音階上の三和音を表す (大文字は長三和音, 小文字は短三和音)。すると, 機能 and 声の理論によれば音楽の開始時と終止時は同じ

調の主和音であるべきで, トニックという機能を持つとされる。したがって長調では I (ドミソ) はトニックの機能を持ち, I から見て完全五度上の和音 V (ソシレ) はドミナントと呼ばれる機能, 完全五度下の和音 IV (ファラド) はサブドミナントという機能を持つ。ドミナントは緊張を導き, トニックへ帰ることによって安心感=終止感を持つ。クラシック音楽に基づく教科書ではトニック (T), サブドミナント (S), ドミナント (D) は次の並びで終止感を持つ。

$T \rightarrow D \rightarrow T$   
 $T \rightarrow S \rightarrow D \rightarrow T$   
 $T \rightarrow S \rightarrow T$

しかし実際の音楽ではサブドミナントとして IV の代わりに ii, ドミナントとして V の代わりに vii など多様な和音が用いられる。また最初 I の和音で始まっても途中ある程度自由な経過句を許容し, 最後に V → I という進行がくれば通常は終止とみなされる。よって音楽のための文法は, このような埋め込み経過句を許容するようなものでなければならない。

V → I という進行は先に述べたように終止感を表すが, この V を導くためにさらに V をあたかもトニックと見立ててこの臨時トニックに対するドミナントを先行させることがある。これは V → I という終止形を再帰的に潜り込ませた二重ドミナントになっている。これはカデンツの中へのカデンツの埋め込みであり, 文脈自由文法で作られた文の中の再帰的な部分文に相当する。よってこのような和声進行を記述するには文脈自由文法を必要とする。

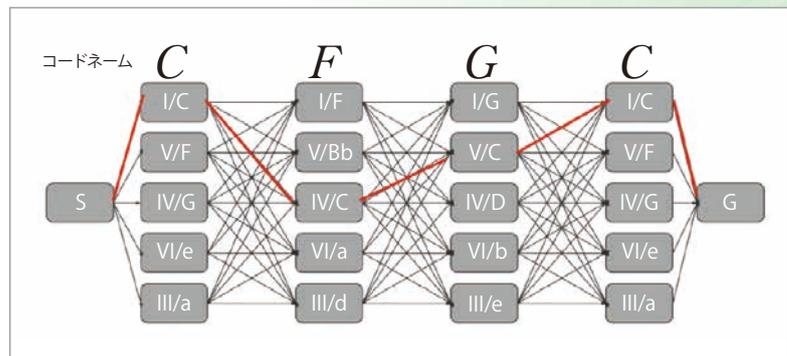


図-1 コードネームからの調推定

このようなカデンツの文法を文脈自由規則で書こうという試みは人工知能研究の黎明期より行われている。文献4) ではいくつかのクラシック音楽の曲について和声解析がなされ, 音列・和音のピッチ情報が入力と渡されると, 調と度数の列が解析されて出力されるプログラムが実装されている。

### ♪ 現代文法理論の応用

楽曲の規則を自然言語の文法理論により表現するためには, より洗練された文法理論が必要になる。たとえば現在では, 文法規則において親カテゴリと子カテゴリの属性共有ができる HPSG (Head-driven Phrase Structure Grammar) による解析<sup>5)</sup> や, 隣接するカテゴリから上位 (親) カテゴリを構築しながらも遠隔のカテゴリ情報を保持できる CCG (Combinatorial Category Grammar) による和声進行規則の記述<sup>6)</sup> などが研究されている。

### ♪ 確率的文法によるメロディ解析

楽曲解析で第一に考えなければならないのは, メロディ進行であり, それに基づいて和声進行が解析される。メロディという単位の局所的な制約を記述するだけなら, N-グラム (N-1 次マルコフモデル) やベイジアンネットワークのほうが有用である。この理由は近年の電子データの蓄積により, 対象とする音楽データに対して確率的なトレーニングによって性能を向上できるからである。図-1 は和音列に対する調と度数の推定であるがこのようなサイズの問題には確率的な方法が優位であると考えられる。

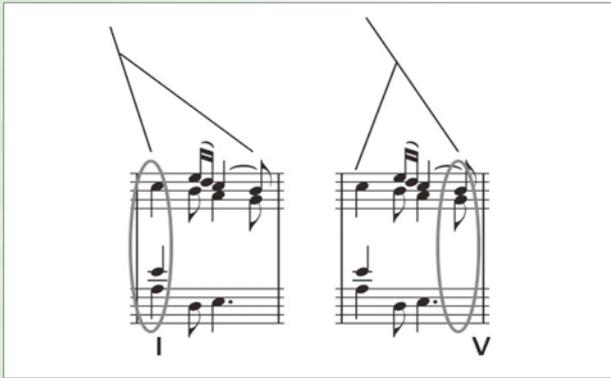


図-2 半終止の認識

しかし遠隔に働くカデンツの構成には開始トニックの記憶が必要である。図-2は局所的に見ればIの和音が優位であるが曲の開始時より見ればVの和音を優位に考えないと半終止が認識できない。

さらには、メロディの繰り返しの認識や、あるいは時間的にもっと長いロンド形式・ソナタ形式の認識にはやはり記憶スタックが必要で、ここに確率のみに頼る方法の困難がある。

### 音楽の文法理論に向けて

本稿では言語と音楽の生物学的類似性から、音楽の音符並びにも自然言語の文法理論が適用できる可

能性を概括した。一方で、音楽のメロディ・和声進行は自然言語の語並びよりはるかに自由であり、解釈の多様性もある。したがって局所的な確率に基づく文法と大域的な文脈自由規則をどのように組み合わせ、どのような構造を解析結果とするかが今後の研究の焦点となる。

#### 参考文献

- 1) Wallin, N. L., Merker, B. and Brown, S. (ed.) : The Origins of Music, The MIT Press (2000).
- 2) Bernstein, L. : The Unanswered Question, Harvard University Press (1981).
- 3) Chomsky, N. : Aspects of the Theory of Syntax, The MIT Press (1965).
- 4) Winograd, T. : Linguistics and the Computer Analysis of Tonal Harmony, Journal of Music Theory 12 (1), pp.2-49 (1968).
- 5) Tojo, S., Oka, Y. and Nishida, M. : Analysis of Chord Progression by HPSG, Proceedings of the 24th IASTED International Conference on Artificial Intelligence and Applications, Innsbruck, Austria, pp.305-310 (2006).
- 6) Granroth-Wilding, M. and Steedman, M. : A Robust Parser Interpreter for Jazz Chord Sequences, Journal of New Music Research, 43, pp.355-374 (2014).

(2016年2月27日受付)

東条 敏 (正会員) tojo@jaist.ac.jp

東京大学工学部計数工学科卒業, 東京大学工学系大学院博士 (工学). 自然言語の意味や知識の表現, エージェント・コミュニケーションの論理を専門とし, 近年では進化言語学の方法を応用して音楽の文法解析の研究に従事.