

## 非古典和声を含む楽曲のCCGによる解析

Harmonic Analysis for music including Non-Classical Chords by Using CCG

福成 毅 東条 敏

Takeshi Fukunari Satoshi Tojo

北陸先端科学技術大学院大学

Japan Advanced Institute of Science and Technology

The music theory plays a big role for these technical realization. In this paper, we focus on computational harmony analysis to support musical activities engineeringly and apply it to automatic music transcription. We especially focus on chordal jazz in the bebop style since its harmony and the theory used in it has had a great influence on the current popular music. In our preceding research work, Combinatory Categorical Grammar (CCG) has been applied to jazz harmony analysis. We expand its lexicon to include non-classical harmony, and also we employ Tonal Pitch Space (TPS) to assess the distance in chords, and improve the analysis. Our computer system has obtained the correct results for major scales, however, we need a further improvement for minor scale.

## 1. はじめに

近年、音楽情報科学の産業的な応用が盛んに行われている。自動作曲や作編曲支援などといった音楽家向けの技術だけでなく、音楽情報検索や音楽レコメンドなどエンドユーザが恩恵を受ける技術にも注目が集まっている。これらの技術の実現のために、音楽理論は大きな役割を果たすが、音楽理論を計算機上へ実装させるために、音楽理論を計算機科学の視点から解き直そうとする計算論的音楽理論に関する研究が進められている。これにより音楽理論を上記の技術に応用することができるのではないかと考えられる。

本研究では和声に着目する。和声は調性音楽における最も基本的な要素の一つであり、和声を機能的に分析する和声解析を行うことによって、楽曲中の表現技法や音楽的特徴を構造的・機能的に把握することができる。そのため、和声解析を計算機によって行うことで、作編曲・演奏等を工学的な側面からサポートすることができ、自動採譜などの産業的な応用が可能になるのではないかと考えられている。ここで本研究における和声解析は、楽譜上に与えられたコードネームの列を入力とし、調を推定を行い、機能を出力とする。この機能というものは、和音の役割を表し、楽曲の盛り上がりやどのような編曲を行うかなどの重要な指標の一つとなる。

また、本研究では非古典和声を扱い、特に非古典和声を多く含むジャズに着目する。ここでのジャズとは1950年代におけるビバップの時代まで演奏されてきたものを指すが、そこで用いられた和声や理論が現在流通している商業音楽に大きな影響を与えている。このジャズで用いられている和声理論を和声解析の手法に取り入れることで、より多くの楽曲の機能的解析が可能になるのではないかと考えられる。

ジャズ和声の解析手法として、Granrothらによる組合せ範疇文法 (Combinatory Categorical Grammar(以下 CCG とする))[Steedman 1996] を用いた手法が提案されている [Granroth 2014]。これは音楽における言語起源説の立場から自然言語処理の手法を和声解析に応用したものである。しかしながら次章で述べるようにいくつかの課題点が残されていることから、この手法の改良が必要となる。

以上を踏まえて、本研究では CCG を用いた非古典和声の解析手法の提案、実装、考察を行う。

## 2. CCG を用いた和声解析

CCG [Steedman 1996] は語彙化文法の一つである。これは文法がなすべき役割を句構造規則ではなく、辞書に書き込むべき、という立場の文法である。そのため CCG は多数の語彙項目と少数の組み合わせ規則からなる。また、CCG の構成素として、記号列・カテゴリ・意味表示から成る。記号列となる単語にカテゴリを当てはめて、カテゴリを組み合わせることで統語構造を計算することができる。カテゴリは基本カテゴリと複合カテゴリに大別される。複合カテゴリは  $X/Y$  や  $X \setminus Y$  のような形をとる。 $X/Y$  はカテゴリ  $Y$  が自身の右側に現れたら組み合わせさせて  $X$  になるといったような組み合わせ規則に従ってカテゴリを組み合わせることで、統語構造を計算することができる。また、カテゴリの当てはめは辞書項目を参照する。

[Granroth 2014] では、入力をコードネーム、出力を和音の機能としてジャズ和声などの非古典和声を含んだ和音進行を CCG を用いて解析する手法を提案している。組み合わせ規則は以下の式を用いている。主に与えられたコードネームの根音をカテゴリとして扱い、添字の統語素性は和音の機能 ( $T \cdot D \cdot S$ ) を表している。ここで  $T$  はトニック、 $D$  はドミナント、 $S$  はサブドミナントを意味する。

$$X/Y : f \quad Y - Z : x \rightarrow X - Z : f(x) \quad (>) \quad (1)$$

$$X - Y : x \quad Z \setminus Y : f \rightarrow X - Z : f(x) \quad (<) \quad (2)$$

$$X/Y : f \quad Y/Z : g \rightarrow X/Z : \lambda x.f(g(x)) \quad (> B) \quad (3)$$

$$X \setminus Y : g \quad Z \setminus X : f \rightarrow Z \setminus Y : \lambda x.f(g(x)) \quad (< B) \quad (4)$$

$$X/Y : f \quad Z/Y : g \rightarrow X/Y : f \wedge g \quad (&) \quad (5)$$

$$V - W : f \quad X - Y : g \rightarrow V - Y : f, g \quad (dev) \quad (6)$$

しかしながら、この手法には以下の4つの課題点が存在する。

1. 商業音楽における主要和音の一つであるサブドミナント・マイナーを扱っていない

連絡先: 福成 毅, 北陸先端科学技術大学院大学, 石川県能美市旭台 1-1, ihsekat.iranukuf@gmail.com

- 辞書項目の構造上の問題により、入力されたコードネームについて音楽的に誤った機能を出力として与える恐れがある
- 複数の解釈がなされるべき和音進行に対してただ一つの解釈しか出力できない
- トニックで終わるような和音進行を前提としているため、それ以外の機能で終わるような和音進行を扱うことができない。

### 3. 和声間距離を用いた CCG による和声解析手法の改良

前章で述べた課題点を踏まえて、提案手法の基本方針を述べる。

まず課題点 1・2 に関しては、コードネームを CCG を用いた和声解析の入力としていることが問題であると考えた。そこで次のような解析の流れを提案する。まず入力されたコードネームは、和音間の距離を定量的に求めることができる Tonal Pitch Space (TPS) [Ledahl 2001] を用いた和声解析手法 [Sakamoto 2009] によって調推定を行い、ディグリーネームに変換する。そしてこのディグリーネームを入力として CCG 用いた和声解析を行い、機能を出力とする。以下では提案手法の詳細を述べる。

#### 3.1 辞書項目の改良

前章の課題点 1・2 を解消すべく、[Granroth 2014] で用いられた辞書項目を [Koyama 1980] を参考に図 1, 図 2 のように改訂した。

	Tonic	Sub Dominant	Dominant	Sub Dominant Minor
Major Key	I := T <sup>1</sup>	IV := S <sup>9</sup> /(T   D   SM)	V := D <sup>7</sup> /T	<sup>3</sup> VII <sub>2</sub> := SM <sup>9</sup> /(T   D)
	I <sub>6</sub> := T <sup>16</sup>	IV <sub>6</sub> := S <sup>9</sup> /(T   D   SM)	V <sub>7</sub> := D <sup>7</sup> /T	<sup>3</sup> II <sub>M7</sub> := SM <sup>9</sup> /(T   D)
	I <sub>M7</sub> := T <sup>13</sup>	IV <sub>M7</sub> := S <sup>9</sup> /(T   D   SM)	VII <sup>(b5)</sup> := D <sup>7</sup> /T	<sup>3</sup> VI <sub>1</sub> := SM <sup>9</sup> /(T   D)
	III := T <sup>3</sup>	II := S <sup>4</sup> /(T   D   SM)	VII <sup>(b5)</sup> := D <sup>7</sup> /T	
	III <sub>7</sub> := T <sup>10</sup>	II <sub>7</sub> := S <sup>4</sup> /(T   D   SM)	<sup>3</sup> II := D <sup>7</sup> /T	
	VI := T <sup>6</sup>	IV <sub>7</sub> := S <sup>9</sup> /(T   D   SM)		
	VI <sub>7</sub> := T <sup>13</sup>	VII <sub>7</sub> := S <sup>9</sup> /(T   D   SM)		
	I <sub>7</sub> := T <sup>4</sup>	<sup>3</sup> IV <sup>(b5)</sup> := S <sup>9</sup> /(T   D   SM)		
	<sup>3</sup> IV <sup>(b5)</sup> := T <sup>10</sup>			
Minor Key	I := T <sup>1</sup>	IV := S <sup>9</sup> /(T   D   SM)	V := D <sup>7</sup> /T	IV <sub>7</sub> := SM <sup>9</sup> /(T   D)
	L <sub>6</sub> := T <sup>16</sup>	IV <sub>6</sub> := S <sup>9</sup> /(T   D   SM)	V <sub>7</sub> := D <sup>7</sup> /T	IV <sub>6</sub> := SM <sup>9</sup> /(T   D)
	L <sub>7</sub> := T <sup>13</sup>	IV <sub>7</sub> := S <sup>9</sup> /(T   D   SM)	V <sub>7</sub> := D <sup>7</sup> /T	IV <sub>7</sub> := SM <sup>9</sup> /(T   D)
	I <sub>M7</sub> := T <sup>13</sup>	II := S <sup>4</sup> /(T   D   SM)	VII := D <sup>7</sup> /T	IV <sub>M7</sub> := SM <sup>9</sup> /(T   D)
	<sup>3</sup> III := T <sup>3</sup>	II <sub>7</sub> := S <sup>4</sup> /(T   D   SM)	VII <sup>(b5)</sup> := D <sup>7</sup> /T	II <sup>(b5)</sup> := SM <sup>9</sup> /(T   D)
	<sup>3</sup> III <sub>M7</sub> := T <sup>10</sup>	VII <sub>7</sub> := S <sup>9</sup> /(T   D   SM)	<sup>3</sup> II := D <sup>7</sup> /T	II <sup>(b5)</sup> := SM <sup>9</sup> /(T   D)
	<sup>3</sup> III* := T <sup>10</sup>			<sup>3</sup> VI := SM <sup>9</sup> /(T   D)
	<sup>3</sup> III <sub>M7</sub> := T <sup>13</sup>			<sup>3</sup> VI <sub>M7</sub> := SM <sup>9</sup> /(T   D)
	VI <sup>(b5)</sup> := T <sup>10</sup>			<sup>3</sup> VII := SM <sup>9</sup> /(T   D)
	VI <sup>(b5)</sup> := T <sup>10</sup>			<sup>3</sup> VII <sub>7</sub> := SM <sup>9</sup> /(T   D)
			<sup>3</sup> II <sub>M7</sub> := SM <sup>9</sup> /(T   D)	
			<sup>3</sup> VI <sub>1</sub> := SM <sup>9</sup> /(T   D)	

図 1: 本研究にて提案する辞書項目 (トニック・サブドミナント・ドミナント・サブドミナントマイナー)

ここで、トニック (T), サブドミナント (S), ドミナント (D), サブドミナントマイナー (SM) の四種類の主要和音機能に加えてセカンダリドミナント (SD), リレイテッド・ツーマイナーセブンス (R), パッシングディミニッシュ (PD) といった非古典和声で用いられる和音機能をカテゴリーとして扱う。図 1, 図 2 の青字で示したディグリーネームはジャズを始めとした商業音楽でよく用いられる非調構成音を含む和音 (ノンダイアトニックコード) である。これにより例えば #I V<sub>-7</sub><sup>(b5)</sup> などの特定の和音に関して複数の解釈を認識させるようにした。意味表示に関しては本研究では扱わないものとする。

	Related II <sub>7</sub>	Secondary Dominant	Passing Diminish
Major Key	II <sub>7</sub> := R <sup>1</sup> /D <sup>7</sup> (#F#)	<sup>3</sup> VI <sub>7</sub> := R <sup>1</sup> /D <sup>7</sup> (V#F#)	I <sub>7</sub> := SD <sup>9</sup> /S <sup>9</sup> (#F#)
	III <sub>7</sub> := R <sup>2</sup> /SD <sup>9</sup> (#F#)	<sup>3</sup> VII <sub>7</sub> := R <sup>2</sup> /SD <sup>9</sup> (#F#)	II <sub>7</sub> := SD <sup>9</sup> /D <sup>7</sup> (V#)
	III <sup>(b5)</sup> <sub>7</sub> := R <sup>2</sup> /SD <sup>9</sup> (#F#)	<sup>3</sup> VII <sup>(b5)</sup> <sub>7</sub> := R <sup>2</sup> /SD <sup>9</sup> (#F#)	III <sub>7</sub> := SD <sup>9</sup> /D <sup>7</sup> (V#)
	<sup>3</sup> IV <sub>7</sub> := R <sup>3</sup> /SD <sup>9</sup> (#F#)	L <sub>7</sub> := R <sup>3</sup> /SD <sup>9</sup> (#F#)	VI <sub>7</sub> := SD <sup>9</sup> /S <sup>9</sup> (#F#)
	<sup>3</sup> IV <sup>(b5)</sup> <sub>7</sub> := R <sup>3</sup> /SD <sup>9</sup> (#F#)	I <sup>(b5)</sup> <sub>7</sub> := R <sup>3</sup> /SD <sup>9</sup> (#F#)	VII <sub>7</sub> := SD <sup>9</sup> /T <sup>1</sup> (#F#)
	V <sub>7</sub> := R <sup>4</sup> /SD <sup>9</sup> (#F#)	II <sub>7</sub> := R <sup>4</sup> /SD <sup>9</sup> (#F#)	<sup>3</sup> VII <sub>7</sub> := SD <sup>9</sup> /T <sup>1</sup> (#F#)
	VI <sub>7</sub> := R <sup>5</sup> /SD <sup>9</sup> (#F#)	<sup>3</sup> VII <sub>7</sub> := R <sup>5</sup> /SD <sup>9</sup> (#F#)	VI <sub>7</sub> := SD <sup>9</sup> /D <sup>7</sup> (V#)
	VII <sub>7</sub> := R <sup>6</sup> /SD <sup>9</sup> (#F#)	IV <sub>7</sub> := R <sup>6</sup> /SD <sup>9</sup> (#F#)	<sup>3</sup> VII <sub>7</sub> := SD <sup>9</sup> /T <sup>1</sup> (#F#)
	VII <sup>(b5)</sup> <sub>7</sub> := R <sup>6</sup> /SD <sup>9</sup> (#F#)	<sup>3</sup> IV <sup>(b5)</sup> <sub>7</sub> := R <sup>6</sup> /SD <sup>9</sup> (#F#)	III <sub>7</sub> := SD <sup>9</sup> /S <sup>9</sup> (#F#)
	L <sub>7</sub> := R <sup>6</sup> /SD <sup>9</sup> (#F#)	IV <sub>7</sub> := SD <sup>9</sup> /T <sup>1</sup> (#F#)	IV <sub>7</sub> := SD <sup>9</sup> /T <sup>1</sup> (#F#)
Minor Key	II <sub>7</sub> := R <sup>1</sup> /D <sup>7</sup> (#F#)	<sup>3</sup> VI <sub>7</sub> := R <sup>1</sup> /D <sup>7</sup> (V#F#)	I <sub>7</sub> := SD <sup>9</sup> /(S <sup>9</sup> (#F#)   SM <sup>9</sup> (#F#-#F#-#F#))
	III <sub>7</sub> := R <sup>2</sup> /D <sup>7</sup> (#F#)	<sup>3</sup> VII <sub>7</sub> := R <sup>2</sup> /D <sup>7</sup> (V#F#)	II <sub>7</sub> := SD <sup>9</sup> /D <sup>7</sup> (V#-V#-V#)
	III <sup>(b5)</sup> <sub>7</sub> := R <sup>2</sup> /SD <sup>9</sup> (#F#)	<sup>3</sup> VII <sub>7</sub> := R <sup>2</sup> /SD <sup>9</sup> (#F#)	III <sub>7</sub> := SD <sup>9</sup> /SM <sup>9</sup> (#F#)
	<sup>3</sup> IV <sub>7</sub> := R <sup>3</sup> /SD <sup>9</sup> (#F#)	II <sub>7</sub> := R <sup>3</sup> /SD <sup>9</sup> (#F#)	IV <sub>7</sub> := SD <sup>9</sup> /SM <sup>9</sup> (#F#)
	<sup>3</sup> IV <sup>(b5)</sup> <sub>7</sub> := R <sup>3</sup> /SD <sup>9</sup> (#F#)	I <sup>(b5)</sup> <sub>7</sub> := R <sup>3</sup> /SD <sup>9</sup> (#F#)	VI <sub>7</sub> := SD <sup>9</sup> /S <sup>9</sup> (#F#)
	V <sub>7</sub> := R <sup>4</sup> /SD <sup>9</sup> (#F#)	II <sub>7</sub> := R <sup>4</sup> /SD <sup>9</sup> (#F#)	<sup>3</sup> VII <sub>7</sub> := SD <sup>9</sup> /T <sup>1</sup> (#F#)
	VI <sub>7</sub> := R <sup>5</sup> /SD <sup>9</sup> (#F#)	<sup>3</sup> VII <sub>7</sub> := R <sup>5</sup> /SD <sup>9</sup> (#F#)	<sup>3</sup> VII <sub>7</sub> := SD <sup>9</sup> /T <sup>1</sup> (#F#)
	VII <sub>7</sub> := R <sup>6</sup> /SD <sup>9</sup> (#F#)	IV <sub>7</sub> := R <sup>6</sup> /SD <sup>9</sup> (#F#)	<sup>3</sup> VI <sub>7</sub> := SD <sup>9</sup> /D <sup>7</sup> (V#-V#-V#)
	VII <sup>(b5)</sup> <sub>7</sub> := R <sup>6</sup> /SD <sup>9</sup> (#F#)	<sup>3</sup> IV <sup>(b5)</sup> <sub>7</sub> := R <sup>6</sup> /SD <sup>9</sup> (#F#)	VI <sub>7</sub> := SD <sup>9</sup> /SM <sup>9</sup> (#F#)
	L <sub>7</sub> := R <sup>6</sup> /SD <sup>9</sup> (#F#)	IV <sub>7</sub> := R <sup>6</sup> /SD <sup>9</sup> (#F#)	III <sub>7</sub> := SD <sup>9</sup> /S <sup>9</sup> (#F#)
		III <sub>7</sub> := SD <sup>9</sup> /T <sup>1</sup> (#F#)	

図 2: 本研究で提案する辞書項目 (リレイテッドツーマイナーセブンス・セカンダリドミナント・パッシングディミニッシュ)

また、カテゴリの右肩に添字として表しているのは統語素性である。例えばリレイテッド・ツーマイナーセブンスはそれぞれ直後に必ず特定のセカンダリドミナントないしドミナントへ進行するが、リレイテッド・ツーマイナーセブンスが不適切なセカンダリドミナントへ進行するのを防ぐ役割をもつ。統語素性を持たないカテゴリに関しては、任意の統語素性をもつカテゴリとしてみなすものとする。

以上を踏まえて組み合わせ規則は式 (7)~式 (10) を用いる。なお、パッシングディミニッシュは経過和音のため、カテゴリが PD のときのみ式 (11) を用いる。

$$X/Y \quad Y \rightarrow K \quad (>) \quad (7)$$

$$X/Y \quad Y/Z \rightarrow X/Z \quad (> B) \quad (8)$$

$$X/Y \quad Z/Y \rightarrow X/Y \quad (&) \quad (9)$$

$$K' \quad K'' \rightarrow K \quad (dev) \quad (10)$$

$$X \rightarrow (P) \quad (11)$$

#### 3.2 複数の解釈をもつ和音への対応

前章の課題点 3 への対応として、解析がうまくいくような解析木を全て求めるようにすることで、複数の解釈をもつ和音を認識できるようにプログラムの改良を行った。

その一つに複数の解釈を持つ和音の一つにピボットコードとよばれるものがある。これは転調前と転調後のどちらでも解釈が可能である和音を指し、聴き心地のいい転調を実現する効果がある。これを認識できるようにアルゴリズムを以下に提案する。例として C → D7 → G → A7 → D と進行するようなコードネーム列を入力として説明する。

- 入力された和音進行に対して TPS による和声解析の手法を用いる。例の場合では解析の結果、C, D7, G がト長調で、A7, D がニ長調となった。(図 3)
- 左端の和音から転調後の中で左端に位置する和音に対して CCG による和声解析を行う。つまりこの例では C から A7 に対して解析を行う。ここで、TPS による解析でニ長調だとされている A7 は転調前のト長調の和音であると一時的に見なす。(図 4)
- 解析が失敗したので、解析の範囲を C から G に狭め、再び CCG による和声解析を行う。ここでは解析が成功した

ので解析を行った和音に対してそれぞれ機能を与え、出力部に格納する。

4. 転調前の和音の中で右端に位置する和音から右端の和音に対して CCG による和声解析を行う。つまりこの例では G から D に対して解析を行う。ここで、ト長調とされている G は転調後の二長調の和音であると一時的に見なす。(図 5)
5. 今度は解析が成功したので、解析を行った和音に対してそれぞれ機能を与え、出力部に格納する。(図 6)

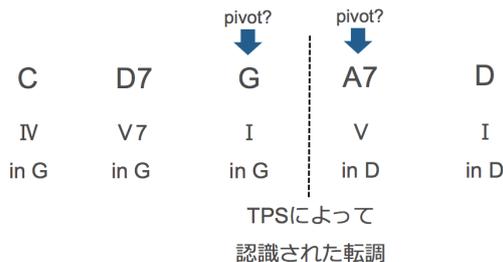


図 3: ピボットコード発見に向けた和声解析アルゴリズム 1

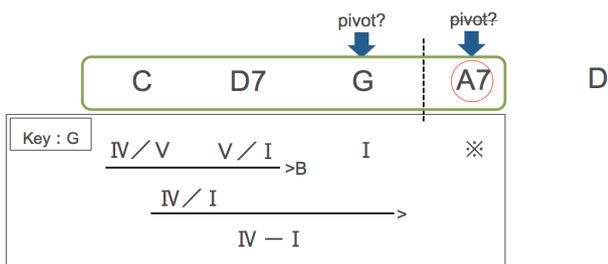


図 4: ピボットコード発見に向けた和声解析アルゴリズム 2

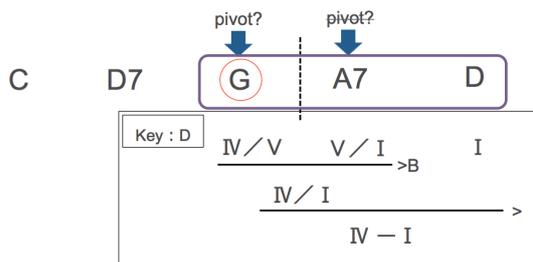


図 5: ピボットコード発見に向けた和声解析アルゴリズム 3

このようなアルゴリズムの結果、G は転調前のト長調におけるトニックであるという出力と、転調後の二長調におけるサブドミナントであるという出力を得る。つまり G はピボットコードであるという解釈を与えることができる。このように TPS による和声解析で明らかになった転調付近の二つの和音に対して、転調前の調であるという仮説と転調後の調であるという仮説を立て、CCG による和声解析でそれらの仮説が正し

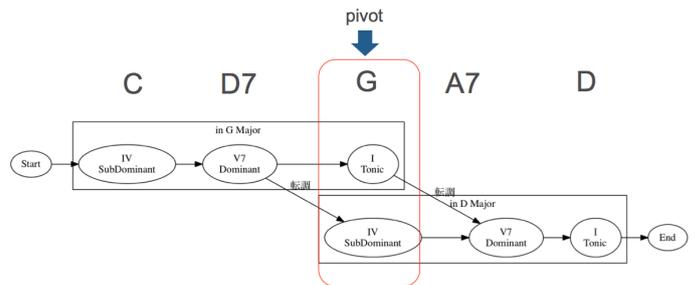


図 6: ピボットコード発見に向けた和声解析アルゴリズム 4

いかどうか検証することで、転調間で隠れているピボットコードを明らかにすることが可能になると考えられる。

### 3.3 トニック以外を終端とする和音進行への対応

本来カデンツの法則より、一つのケーデンスはトニックに解決すべきであるが、トニックに解決しないままケーデンスが終了するような和音進行を用いた楽曲は多く存在する。本研究においてもそのような和音進行に対応させるため、CCG 和声解析部に渡されたディグリーネーム列の終端に付与するカテゴリーが複合カテゴリーの場合に限り、式 (12) を用いる。

$$X/Y \rightarrow X (E) \quad (12)$$

### 3.4 非古典和声に対応した TPS の導入

上で述べたように、CCG による和声解析の前段階として TPS を用いた和声解析の手法を取り入れる。本来 TPS は古典和声のみを対象としているが、本研究では非古典和声を扱う事を前提としているため、非古典和声に対応した TPS の手法 [Yamaguchi 2011] を採用する。[Yamaguchi 2011] では四和音に対して無条件にノンダイアトニックコードであるとみなしているために、転調を含んだ和音進行に対して音楽的直感に基づいた解析結果が得られないことが予備実験により明らかになった。そこで、ダイアトニックコードの定義を満たすものであれば四和音に対してもダイアトニックコードであるとみなすように、手法の改良を行った。また、短調における V と V<sub>7</sub> は、本来自然的の短音階に基づくダイアトニックコードではないが、V や V<sub>7</sub> に含まれる三度音がその調における導音の役割を果たし、主音を含む和音、つまりトニックとなるような和音への進行を強く促すため、本研究におけるダイアトニックコードと位置づける。

## 4. 和声解析システムの実装

提案手法により和声解析システムを Java 言語を用いて構築した。システムは TPS 和声解析部と CCG 和声解析部に分けられる。コードネームを入力すると、TPS 和声解析部によって各コードネームはどのような調を持っているのかといった調解釈を与える。これをもとに CCG 和声解析部によって各和音の詳細な機能の解釈を与え、和声解析システムの結果として出力する。

### 4.1 実験

提案手法の妥当性を調査するために、上で述べたシステムを用いて和音進行に対して和声解析を行った。入力に用いた和音進行は主に [Koyama 1980] から抜粋した。また、ピバップ

時代までのジャズ和声を前提としているため、教会旋法などのモードに基づいた和音進行や、モードの概念に基づくテンションコードは入力の対象外とした。

#### 4.2 実験結果とその考察

実験の結果、長調に基づく和音進行、平行調間の転調を除く転調を含む和音進行に関しては、[Koyama 1980] による解釈と同じ結果が得られたことから正しく解析することができたと考えられる。[Granroth 2014] で扱われなかったサブドミナント・マイナーを始め、リレイテッド・ツーマイナーセブンスやセカンダリー・ドミナントとそれらその裏コード、その他のノンダイアトニックコードを正しく認識することができた。

実験結果の例を図7に示す。図7では入力として与えられた和音進行 G → C → D7 → G → A7 → D に対して3通りの転調パターンを発見し、和音進行全体では4通りの解釈を出力として与えることができた。このように一つの和音進行に対して多様な解釈を計算機によって認識させることができた。

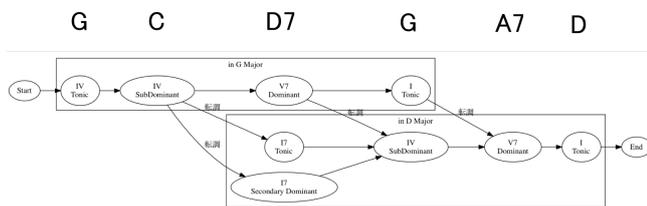


図7: 実験結果の例

一方で、短調の曲や平行調間での転調を想定した和音進行は正しく解析することができなかつた。これはTPSによる調推定が正しく行われなかつたためである。平行調間の転調に関しては、平行調間での調間距離を0としているために転調を認識できなかつたことが原因として考えられる。短音階には自然的短音階、和声的短音階、旋律的短音階の三種類が存在し、短調の曲では3つの短音階のうち一種類のみが用いられることは少なく、三種類の短音階が混在して用いられていることが多い。以上を考えると、長調と平行短調では調性が全く同じであるとは考えにくく、平行調間での調間距離に何らかの値が必要になってくるのではないかと考える。また、和音の五度圏に関しても、図8のように三種類の短音階のダイアトニックコードに属する和音を和音の五度圏上で扱う必要があるのではないかと考えられる。

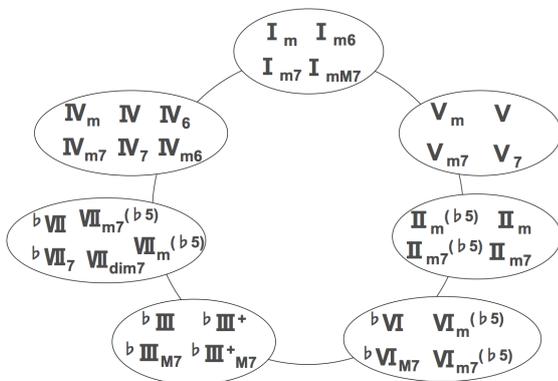


図8: 三種類の短音階に対応した和音の五度圏

## 5. まとめと今後の展望

本研究ではCCGを用いた非古典和声を含む商業音楽の和声解析に際し、[Granroth 2014] に対して手法の提案を行った。[Granroth 2014] に関しては入力をコードネームではなく、予め調の情報を含んだディグリーネームを入力とし、先行研究で扱っていなかつたサブドミナントマイナーやセカンダリードミナントなどの機能を追加しつつ辞書項目の改訂を行った。また、複数の解釈が可能な一例としてピボットコードを用いた転調があるが、このピボットコードを認識できるようにアルゴリズムの改良を行った。

与えられたコードネーム列に対してディグリーネームに変換するためにTPSによる調推定を行う必要が生じたため、[Yamaguchi 2011] の手法をCCGによる解析の前段階として取り入れた。[Yamaguchi 2011] に関しては、ダイアトニックコードの条件を満たした四和音に対してもダイアトニックコードであるとみなし、短調におけるV, V<sub>7</sub>をダイアトニックコードの一つであるとみなした。

上記の提案手法を取り入れることでシステムの実装を行い、いくつかのコードネーム表記による和音進行を入力として実験を行った。実験の結果、長調に関しては正しい解析を行うことができた。また、提案手法により新たに加えた和音機能についても適切な出力を得ることができた。一方で、自然的短音階に基づく短調や平行調間での転調を想定した和音進行に対しては、常に適切な出力を得ることが難しく、特にTPSに関してさらなる改良が必要である。

今後の展望としては、メロディ依存の和音進行や、モード・ジャズへの対応が挙げられる。

## 参考文献

- [Steedman 1996] Steedman, M., *Surface structure and interpretation*, Vol. 30, The MIT press, Cambridge, MA, 1996.
- [Granroth 2014] Mark Granroth-Wilding, Mark Steedman, *Robust Parser-Interpreter for Jazz Chord Sequence*, Journal of New Music Research, Volume 43, Issue 4, 2014.
- [Ledahl 2001] F. Ledahl, *Tonal Pitch Space*, New York, Oxford University Press, 2001, 411p.
- [Sakamoto 2009] 坂本鐘期, 東条敏: 「Tonal Pitch Space を用いた楽曲の和声解析」, 情報処理学会研究報告 (IPSJ2009), Vol.2009-MUS-80 No.9, May 2009.
- [Yamaguchi 2011] 山口直彦, 菅村昇: 「非調構成音を含む和音への対応を目的としたTPS(Tonal Pitch Space)の拡張—ジャズ音楽理論への適用を目指して—」, 情報処理学会研究報告 (IPSJ2011), Vol.2011-MUS-89 No.10, Feb 2011.
- [Koyama 1980] 小山大宣, 『JAZZ THEORY WORKSHOP』, 武蔵野音楽学院出版部, 1980.