

## 任意の規則違反を含む四声体を用いた和声法学習支援の試み

安井 希子<sup>\*</sup>, 三浦 雅展<sup>\*\*</sup>

<sup>\*</sup>龍谷大学 大学院 理工学研究科, <sup>\*\*</sup>龍谷大学 理工学部

古典西洋音楽に関する理論体系の一つとして和声法があり、その習得には四声体和声を音楽的に解釈できる能力の獲得が必要であると言われ、その能力は、(a)四声体和声を譜面に基づいて解釈できる能力と、(b)四声体和声の「響き」と呼ばれる特長に基づいて解釈できる能力の2つに分けられる。過去に和声法の学習支援システムが開発され、和声法を手軽に学ぶことができる環境が提案されている。しかし、それらのシステムでは譜面に基づいて解釈できる能力の獲得のみを想定しており、四声体和声の響きに基づいて解釈できる能力の獲得についてはあまり考慮されてこなかった。そこで本研究では、和声法学習における四声体和声をその響きに基づいて解釈できる能力の獲得を支援する学習システムの構築を目指している。

### A support system for learning the theory of harmony using four parts violating several rules

Nozomiko YASUI<sup>\*</sup> and Masanobu MIURA<sup>\*\*</sup>

<sup>\*</sup>Graduate School of Science and Technology, Ryukoku University

<sup>\*\*</sup>Faculty of Science and Technology, Ryukoku University

The theory of harmony is known as a standard of western classical music established in seventeen century, and it requires students to solve given tasks of four parts. Major ways of mastering the theory of harmony are concerning (a) allocating notes on musical score, and (b) listening to four parts in terms of harmonic aesthetics. Though past studies have focused on the way of learning based on only musical score, studies based on listening is also thought as important for learning it. This study aims at realizing a system for self-learning the theory of harmony based on listening, so that an effective way of learning is expected to be realized.

#### 1 はじめに

古典西洋音楽に関する理論体系として和声法がある。和声法の学習では、和声法内で体系的に記述されている規則を習得する必要があり、学習者は教科書や教師から与えられる和声課題を解き、添削を受けて四声体和声に含まれる規則違反を自ら探すことによって和声法を習得する。つまり、このような学習によって、四声体和声を音楽的に解釈できる能力を獲得すると言える。四声体和声を理解する能力は主に2種類に分けられる。1つ目は、四声体和声の譜面を見て解釈できる能力、言い換えるならば、視覚

的に解釈できる能力である。2つ目は、四声体和声の「響き」を聴いて解釈できる能力、言い換えるならば、聴覚的に解釈できる能力である。なお、本研究における「響き」とは、一般的に「響き」と解釈されている即時における音に対する協和的な性質、すなわち、和音における協和性[1]を含み、かつ、系列における音に対する協和的な性質、すなわち、音列の和声学上における「良さ」として考えられる特徴を併せもったものであり、本研究ではこれらを併せて「四声体和声における協和性」と呼ぶことにする。

和声法理論は複雑であり、個人指導を受けにくい

環境であるなどの理由から、和声法の習得は困難であると言われている。そこで、和声法の学習支援システムの構築がこれまで行なわれてきた[2,3]。これらのシステムは、学習者が和声法を手軽に自ら学ぶことのできる環境を提供している。しかし、それらのシステムでは譜面のみを見て和声法を解釈できる能力の獲得のみが想定されており、現実の音楽理論教育で重視されるような四声体和声の協和性、すなわち、聴覚的に解釈できる能力の獲得を目指しているとは言えない。

そこで、本研究では、和声法学習における四声体和声の協和性を解釈できる能力の獲得を、聴覚的訓練によって支援する学習システムの構築を目指している。過去に、その基礎的段階として、聴覚的訓練に必要な任意の規則誤りを含む四声体和声の自動生成について報告したが[4]、本稿では、生成された四声体和声の内、聴覚的訓練に使用可能な四声体和声の選出基準について報告する。

## 2 研究背景

### 2.1 和声法について

和声法は、いわゆる「調性音楽」の規範を体系化したものであり、それが成立した時代の音楽作品の特徴を「禁則」と呼ばれる規則体系としてまとめている。和声法は、17世紀の最初にRameauによって体系化され[5]、世界中に広まっており、日本では島岡らによって書かれた教科書「和声理論と実習」[6]が事実上の標準となっているが、その他にも和声法の教科書は多数存在している。和声法の習得には、和声法内で体系的に記述されている禁則を習得する必要がある。禁則には、「禁ぜられる」などの「禁止規則」と「許される」などの「許容規則」があるため、我々の一連の研究ではそれらをまとめて「規則」と呼ぶことにしている。それらの規則間には、ある規則が他の規則に含まれるという包含関係、及びある規則が適用された場合に他の規則が無効になるという無効化関係が存在し、複雑な規則体系となっており、それらが和声法習得を困難にさせる要因と考えられる。

この規則を習得するために、学習者はバス課題やソプラノ課題と呼ばれている「和声課題」に対してテノール、アルト及びソプラノの上3声、又はバス、テノール及びアルトの下3声を配置し、教師による視覚的及び聴覚的指示によって和声法を習得する。すな

わち和声法学習は、主に学習者本人による音符配置作業によって進められるのが現状である。

### 2.2 先行研究の概要

初期的研究として、知識ベースを用いて任意のバス課題に対する許容解の生成や学習者の回答に対する添削を行なうシステムが構築されている[3]。また、三浦らは、和声法学習における様々な状況下に対応する複数のシステムの構築を行なっており、それらを統合して実現される和声法教育システムの提案を行なっている[2]。具体的には、バス課題及びソプラノ課題の全許容解を求めるシステム“BDS”[7]及び“SDS”[8]、和声課題回答の正誤判定システム“VISAGE”[9]、及び四声体和声の音楽美を評価するシステム“MAESTRO”[10]を構築しており、学習者が教師に習わなくても学習できるような学習環境を提供する和声法教育システムの提案を行なっている。ただし、いずれのシステムも和声課題に対する許容解の生成や、学習者によって生成された回答に対する評価に着目されており、四声体和声の協和性を学習者によって聴覚的に確認する作業については、生成された許容解のMIDIによる再生が実現されている程度にとどまっていた[7]。

## 3 聴覚的訓練による和声法学習支援システムの提案

### 3.1 提案システムの概要

本研究では、聴覚的訓練による和声法学習支援システムの構築を目指しており、その基礎段階として、四声体和声内の規則誤りの有無を、聴覚的に判断するための訓練を行なう。また、それを支援するシステムを提案する。和声法における聴覚的な訓練では、最終的には、四声体和声の「響き」を解釈できる能力の獲得を目指していると言えるが、その能力は長年の和声法学習や、現実の音楽演奏や作・編曲によって培われるものであり、容易に習得できるとは考えにくい。そこで本研究では、基礎的な聴覚訓練として、四声体和声の音列が規則に違反しているか否かを判断する能力の獲得を支援することを最終目標としている。ただし、先行研究で検討された「音楽的な美しさ[10]」を判断する能力については、考慮の対象から外している。

聴覚に基づいた学習プログラムの例としては、これまで、工学系の学生を対象として、音の大きさや高さ、

音色の弁別訓練などを行ない、音に対する感性とそれに関する知識を対応付けてその感性を育てる聴感的訓練として聴能形成[11]が提案され、そのシステム“真耳”が構築されている[12]. 聴感的訓練に基づく点は共通と言えるが、本研究では、四声体和声の協和性評価に関する訓練の基礎的な学習法として位置づけられると考えられる。

### 3.2 聴覚に基づいた和声法学習の狙い

聴覚的訓練は従来の和声法学習においても積極的に用いられている。例えば和声課題に対して学習者が作成した四声体和声を教師がピアノなどで演奏し、それに対して、不適切な音系列があればそれを学習者に何度も聴かせるなどの手段である。これは、教示と聴覚的経験を組み合わせることで、教科書に書かれた和声理論を体得させる過程である。本研究でもそのような学習を実現するが、それには、学習者が四声体和声の特徴を聞き分けることが最低限望まれる。そのために、正しい四声体と間違った四声体を学習者が明確に聞き分けることが最低限必要となる。この訓練の後に、上記で述べた「教示と聴覚体験の組み合わせ」を行なうことで、和声法規則の理解ができるようになると考えられる。

四声体和声の協和性に関する評価実験を行なうには、四声体和声の音列がわずかに異なる四声体和声群に対して、特定の規則誤りの有無を聴覚的に判断させる訓練から始める必要がある。その訓練を実現させるために、ここでは、許容四声体と違反四声体を用いる。許容四声体とは規則誤りを含まない四声体和声であり、違反四声体とは、なんらかの規則誤りを含む四声体和声である。

### 3.3 本研究における規則誤りの有無の判断訓練の流れ

従来の和声法学習では、規則の習得手順は教科書の記述順や教師の指導に強く依存している。そのため、それら多様な和声法学習プログラムを本研究で提案する聴覚的訓練にそのまま用いることは、あまり適切でないと考えられる。言い換えると、和声法規則の整備が必要になる。本研究では効率的に学ぶことを可能にするために、和声法規則を複数のグループに客観的に分類し、分類された規則ごとに学習を行なうこととした。分類によって、各規則をツリー表現に変換し、規則群の体系化を行なうことができ、重点学習や関連学習に応用できると考えられる。規

則の分類については、4. で述べる。

### 3.4 提案する学習システムの流れ

#### (a) 学習者による規則グループの指定

学習者は、最初に、あらかじめ分類されている規則グループの中から自らが習得したいものを指定する。その後、提案システムは、和声課題選出部において、あらかじめ用意されている和声課題のデータベースから指定された規則グループ内の何らかの規則誤りを含ませることができる和声課題を無作為に選出する。そして、許容四声体生成部又は違反四声体生成部において、指定された規則グループに関する四声体和声を生成する。具体的には、指定された和声課題に対して、可能な許容四声体の全パターンと、あらかじめ設定された条件下において、可能な違反四声体を全て生成する。ここで生成する違反四声体は、指定された規則グループの内、なんらかの規則誤りを含むこととなる(許容四声体および違反四声体の生成については5. で述べる)。その後、聴取的訓練に用いられる許容四声体と違反四声体が選出される。

#### (b) 試験音の再生とその評価

選出された四声体和声はMIDI音源によって再生され、学習者は呈示された四声体和声に規則誤りが含まれているか否かを回答する。その後、提案システムは、システムの回答判定部において、その回答に対する正誤を出力する。この流れを繰り返し行なうことにより、学習者は四声体和声を聴覚的に解釈できる能力を獲得してゆく。この流れは、現実の和声法教育で教師が生徒らにピアノなどの実演を通して行なうものと、同等の効果を期待したものである。本研究で提案する和声法学習支援システムの概要をFig. 1に示す。

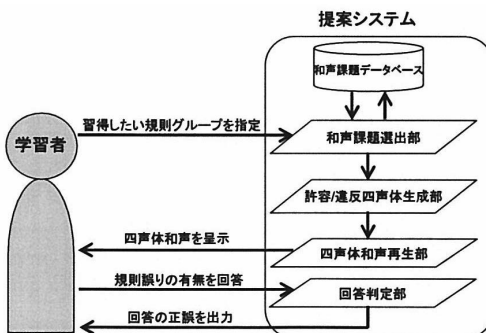


Figure 1 提案する和声法学習支援システムの概要

## 4 和声法規則の分類

### 4.1 和声法規則の分類方法

効率的に学ぶことを可能にするために、和声法規則を複数のグループに分類した。本稿ではいわゆる「芸大和声[6]」のⅢ度及びⅦ度の和音を除く三和音の基本型及び、第1, 第2 転回型までの規則37 個を分類した。それらの規則は、先行研究[2]で用いられていたものであり、各規則には「GR N」というID が割りふられている。分類は、以下 a.~e. の手順で行なった。なお、本稿ではクラスタ分析においてグループ間平均連結法を用いた。

- 文章で記述された規則を、論理記号を用いた表現に書き換えた。
- 規則違反の有無確認において用いられる項目を列挙した。ここでは全79 項目であった。
- 項目に基づいて、各規則を79 次元のベクトルで表現した。
- ベクトル表現された全規則に対してクラスタ分析を行なった。
- 分析結果から各規則を分類した。

### 4.2 和声法規則の分類結果

分類結果を Fig. 2 に示す。GR N は和声法規則の Rule ID を示している。分析の結果、37 個の和声法規則を9 通りのグループに客観的に分類した。Figure 2 より、規則間の構造的関係が確認できる。

## 5 指定された規則誤りを含む四声体の生成

### 5.1 孤立和音に対する上3 声パタンの列挙

最初に、指定された規則グループを和声課題選出部に入力する。和声課題選出部では、あらかじめ用意されている和声課題のデータベースから、指定された規則グループ内の何らかの規則誤りを含ませることができる和声課題を無作為に選出する。本研究では、和声課題として芸大和声[6]に書かれているバス課題を用いる。そして、選出されたバス課題を四声体生成部に入力する。四声体生成部では、許容される和音進行の全パターンを検索し、その後、指定された和音進行における各和音において、可能な上3 声を生成することによって、全ての和音に対する上3 声を生成する。ここで、孤立和音の上3 声を生成する際に、後の計算量を軽減させるため、孤立和音に対する基本的規則(ここでは、Fig.2 内 GR 1-3 の規則)に違反していない上3 声を、孤立和音の上3 声

パターンとし、それらを生成し、出力する。

### 5.2 規則違反の確認に基づく許容/違反四声体の自動生成

孤立和音に対する上3 声を時間方向に連結することで四声体和音が生成される。生成された全四声体和音を先行研究で開発された和声課題回答の正誤判定システム“VISAGE”[8]に入力する。VISAGE では、四声体和音が規則に違反しているか否かが判定し、その結果を出力する。ここで、VISAGE の設定として、確認すべき規則 ID を操作することにより、規則誤りを含まない四声体群と規則誤りを含む四声体群の2 種類に分ける。その後、規則誤りを含む四声体群の内、学習者によって指定された規則グループに含まれる何らかの規則にのみ違反しているか否かを判定し、その規則誤りを含む四声体群とそれ以外の規則誤りを含む四声体群の2 種類に分類する。許容及び違反四声体の生成の流れを Fig.3 に示す。

## 6 違反四声体の選出に関する予備調査

### 6.1 所望の規則に対する誤りを含む違反四声体の必要性

規則誤りの有無を判断するための訓練では、許容四声体と、所望の規則に対する誤りのみを含む違反四声体が必要となる。ここで所望の規則のみに違反しなければならないのは、所望の規則に対する正誤判断において、呈示する四声体和音に他の規則誤りが含まれていた場合、所望の特徴を聞き分けることが困難となるためである。また、なるべく他の特徴を共通にすることで、その規則誤りが顕著に聴取できるためでもある。

### 6.2 違反四声体の選出に関する調査概要

所望の規則に対する誤りを含む違反四声体の生成可能性について調査した。ここでは、多くの和声法の教科書内で共通の規則、連続8 度、1 度及び5 度、並達8 度、1 度及び5 度に関する規則(ここでは、Fig.2 内 GR 4-8 の規則)について取り上げ、いずれかに違反している四声体和音の生成を試み、生成されたパターン数を調査した。用いたバス課題は、V 度の和音からVI 度の和音に進行する連続2 和音のバス課題であり、バス音が2 度上行する2 パターンとした。すなわち、バス音が G3(MIDI ノートナンバー55. 以後同)から A3 に進行する課題と G2 から A2 に進行する課題である。



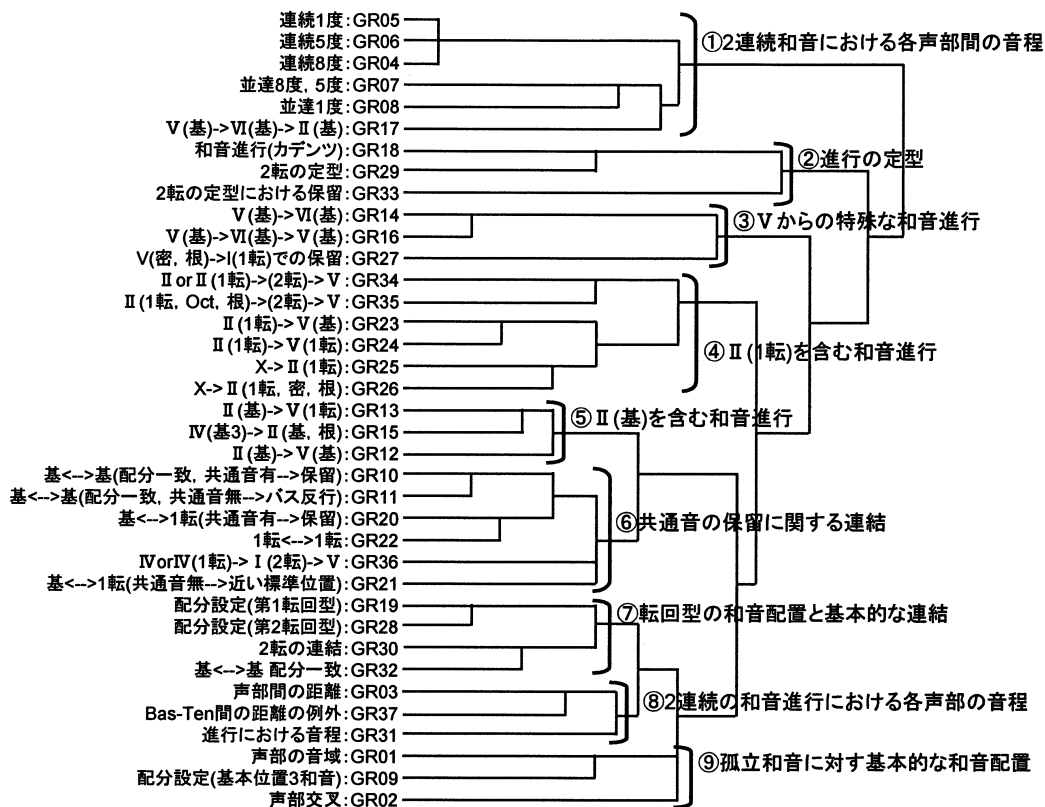


Figure 2 基本三和音の基本, 第1, 第2 転回型までを対象とした和声法規則のクラスタ分析の結果

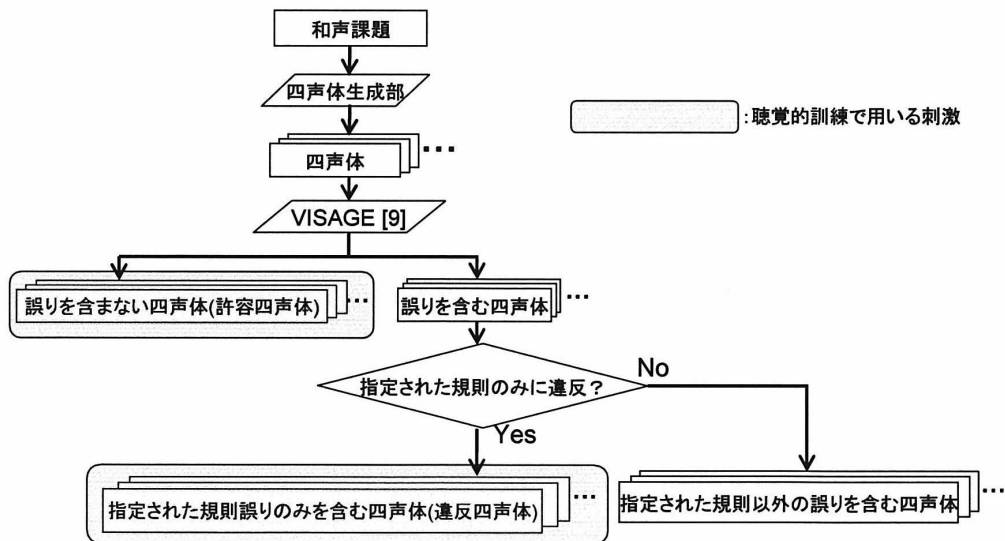


Figure 3 指定された規則誤りを含む四声体和声の生成方法

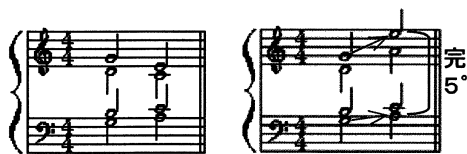
### 6.3 規則誤りを含む違反四声体の数

指定された規則に関する誤りを含んだ四声体和声のパタン数の調査結果を Table 1 に示す。このうち、生成された許容四声体とGR7(並達8度および5度)のみの規則誤りを含む違反四声体の譜例を Fig. 4 に示す。生成された許容四声体は、バス音が G3 から A3 に進行する場合は 20 通り、G2 から A2 に進行する場合は 26 通りであった。Table 1 より、単独の規則誤りのみを含む違反四声体の生成の場合、連続8度 (GR4) または 5 度 (GR6) の規則誤りは生じさせやすいことが確認できる。また、今回用いた和音進行では共通音を持たず、バス音の進行が上行のみだったため、連続1度の規則誤り (GR5) のみを含む違反四声体を生成することができなかったと考えられる。

この結果より、単独の規則誤りのみを含む違反四声体の生成は、和音進行の種類とバス音の進行に依存していると考えられるが、今回は 2 つの連続する和音で行なったため、3 つ以上や、バス課題で一般に用いられる 15~30 の和音から構成されるバス課題では、さらに多くのパタンが生成できると予想される。

Table 1 生成された違反四声体の個数

規則 ID (GR N)		4	5	6	7	8
バス音の進行パタン	G3→A3	11	0	14	4	4
	G2→A2	8	0	10	4	5



(a) 許容四声体の例 (b) 違反四声体の例

Figure 4 生成された四声体和声の譜例

### 7 まとめと今後の課題

本稿では、和声法学習における四声体和声を聴覚的に解釈できる能力を聴覚的訓練によって獲得するための基礎段階として、四声体和声に含まれる規則

違反の有無に関する評価訓練を行なうシステムの提案と、そのサブシステムの構築を行なった。そして、単独の規則誤りのみを含む違反四声体の数を調査し、その生成は和音進行の種類とバス音の進行に依存していると考えられた。

今後、他の和音進行や他の規則誤りのみを含む違反四声体の生成可能な数について調査し、適切な許容四声体と違反四声体のペアの選出基準を調査する予定である。その後、提案システムの評価実験を行ないその有効性を調査する予定である。

謝辞 本研究を進める上で貴重なご意見を頂き、日頃より多方面でご指導いただきました本学理工学部杉田繁治教授に感謝致します。本研究の一部は、文部科学省のハイテク事業による、私学助成を得て行なわれた。

#### 参考文献

- [1]R. Plomp, WJM. Levelt, "Tonal Consonance and Critical Bandwidth", The Journal of the Acoustical Society of America, 38, pp.548-560, 1965.
- [2]三浦, "和声法学習支援システムの構築に関する研究", 同志社大学大学院工学研究科博士論文, 2003.
- [3]矢野ら, "知識工学的手法を応用した和声支援システムの開発", 社団法人映像情報メディア学会, 9, 34, pp.49-56, 1985.
- [4]安井ら, "任意の和声法規則誤りを含む四声体和声の自動生成", 日本音響学会 平成 20 年度秋季研究発表会, 2-9-5, pp.923-924, 2008.
- [5]J.P. Rameau, "Traite de L'harmonie" translated by P.Gossett, Dover, New York 1971.
- [6]島岡ら, "和声 理論と実習", 音楽之友社, 1964.
- [7]三浦ら, "和声学におけるバス課題についての回答確認システムの構築とその評価", 電子情報通信学会論文誌, J84, D-II, 6, pp.936-945, 2005.
- [8]M.MIURA *et al.*, "Evaluation of soprano donnee system for the theory of harmony", Acoustical Science and Technology, 23, 6, pp.328-331, 2002.
- [9]三浦ら, "和声課題回答に対する正誤判定システム "VISAGE"", 情報科学技術フォーラムFIT2003 一般講演論文集第 2 分冊, pp.247-248, 2003.
- [10]三浦ら, "四声体和声の音楽美を評価するシステム "MAESTRO"", 日本音響学会誌, 59, 3, pp.131-140, 2003.
- [11]北村ら, "音の感性を育てる 聴能形成の理論と実際", 音楽之友社, 1996.
- [12]日東紡音響エンジニアリング(株), "聴能形成システム", 日本音響学会誌, 55, 3, pp.225-228, 1999.