

# 通奏低音自動リアライズによる 古楽演奏者のための独習支援システムの構築 ・ あなた専属伴奏者 Mein Bach ・

## 1. 背景

今日、数ある西洋音楽の中でもとりわけバロック音楽に対する興味と理解が高まっている。その基礎となっているのが通奏低音である。通奏低音は単なる音楽理論でなく、バロック期のすべての分野の演奏技術の基礎を成す重要な要素となっている。基礎の基礎である通奏低音をリアライズできることにより自動伴奏、自動作曲といった応用が期待できる。しかし、現状では通奏低音をリアライズできる人間がプロ演奏者の中でも少ない。そのため古楽は伴奏者なしで独習されることが多い。そのことが原因で、古楽には数々の名曲があるにもかかわらず、今日では古楽が演奏される機会がとても少ないという問題点がある。

## 2. 目的

本プロジェクトが提案するシステムにより通奏低音の自動リアライズ演奏を実現させることで、古楽演奏者がより楽しくより充実した練習ができるように支援することを本プロジェクトの目的とする。

## 3. 開発の内容

### 3.1 概要

図1に本プロジェクトの入出力ダイアグラムとリアライズ部分のフローチャートを示す。本システムの利用者は、自分が弾きたいと思う楽譜を入手し、その楽譜の伴奏にあたる低音および数字を提案システムに入力する。そして、その入力ファイルをプログラムに処理させることで、伴奏譜および、その演奏ファイルが生成される。利用者は旋律と伴奏を合わせた演奏例を聴いてその音楽を把握することができ、また出力された MIDI ファイルを伴奏として楽器の練習をすることができる。

実現方法としては、各時間における和音の尤度を表す和音コストを定義し、累積和音コストを最小にする和音列を求めことでリアライズを実現した。

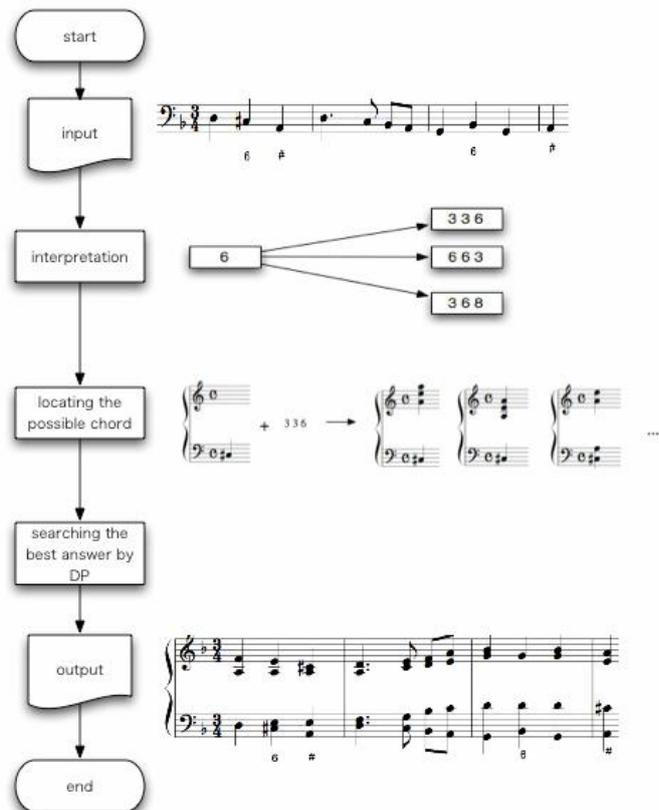


図 1 本プロジェクトのダイアグラム

### 3.2 数字解釈部の実装

通奏低音においては、1つの数字に対して1つの音符が対応すると考えられている。図2は通奏低音と数字の関係を表したものである。低音部の音符からどのくらい離れているかが数字の指標になっているが、図に挙げられた音符だけでなくそのオクターブ上、さらにオクターブ上・・・と、一つの数字につき複数の候補が存在する。



図 2 通奏低音と数字の関係の例(1オクターブ以内の場合)

このとき、通奏低音を4声体でリアライズ、すなわち4つの音符を出力するためには、数字が3つ必要である。従って、与えられた数字が3つ未満である場合には、数字を補う必要がある。この補完方法には一定の規則があるため、著名な通奏低音教本からルールを抽出し、合計46のルールベースで実装した。表1はその一例である。

表 1 数字解釈の一例

figure	interpretation
none	3 5 8
6	3 6 6
6	3 3 6
6	3 6 8
6	3 4 6
7	3 5 7
2 4	2 4 6
2 5	2 5 5

### 3.3 和音配置部の実装

和音の配置部では、数字解釈部によって解釈された数字を受け取り、和音連結部における探索候補となる和音を生成する。ここで、3つの数字が定まっている時に配置し得る和音は1つに限らないが、ソプラノ、アルト、テノール、バスが交叉しないような配置を全て探索候補とする。

例えば、ミという低音部と6という数字から図3のような和音が探索候補として挙がる。(a)はオクターブ配置と呼ばれる和音であり、(b)は開離配置と呼ばれる配置である。このように、

いくつかの和音配置方法があるが、ここでは全ての配置可能な和音を生成し、次の和音連結部で最適な和音列を探索する。

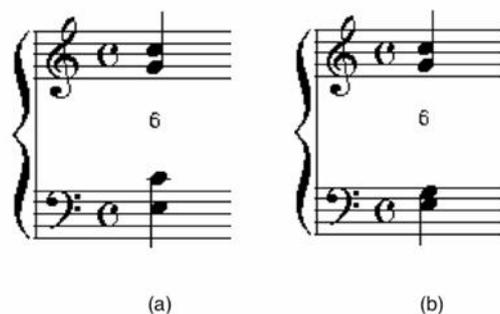


図 3 和音配置の候補の一例

### 3.4 和音連結部の実装

和音配置部までで、ある時間における配置可能な全和音の集合が決定される。ここでは、各時間における「配置可能な全和音集合」を探索候補として、ビームサーチDPによる解探索を行う。ビームサーチDPでは、各和音の尤度を表すコストを決定し、コストの総和が最小となるような経路を探索する。コストはその和音の配置と連結の尤度を表すコストである。

例えば、下記の図 4 の(a)では連続八度と呼ばれる禁則が破られているため、(b)よりも尤度は小さいためコストは大きくなる。



図 4 和音連結の候補の一例

## 4. 従来の技術との相違

これまで、通奏低音をリアライズするという研究は無く、未踏性の高い革新的な成果であるといえる。具体的には以下の点に特徴がある。

1. 数字を解釈することで、転調や複雑な和音を含んだ伴奏を生成可能な点。
2. 和音コストを定義したことで、横の旋律の流れだけでなく、縦の響きも考慮した流麗な伴奏が生成可能であり、コストを変えることで伴奏のスタイルを変えることが可能で

ある点.

3. ビームサーチ DP を用いることで、楽曲の長さに関係なく、同じパフォーマンスで処理をすることができる点.

通奏低音のリアライズは西洋音楽の基礎であるため、本プロジェクトが自動伴奏、自動作曲といった応用の研究の土台となる。このことから音楽情報処理の分野において与える影響は大きく、本プロジェクトによって夢が膨らむといえる。また本プロジェクトの成果をもとに、独習用のインターフェースを充実させるなどして実用レベルになるよう開発を行えば、音楽を練習するということのイメージに大きな変化をもたらし誰もが音楽を楽しめる環境になるという、社会的にも影響を与える研究といえる。

## 5. 期待される効果

近年バロック音楽への関心が高まっているが、実際に演奏しようとなると通奏低音のリアライズが必要となり、そのことがバロック音楽を気軽に演奏できない原因となっていた。そこで、本プロジェクトで作成したソフトウェアは通奏低音のリアライズを自動で行い、伴奏を MIDI ファイルおよび楽譜ファイルで生成する。これにより、通奏低音をリアライズできないために演奏を見送っていた演奏家や、自宅で通奏低音なしで演奏を練習してきた演奏家が、通奏低音をつけて練習および演奏ができるようになるという効果が期待できる。

## 6. 普及の見通し

作成したプログラムは、伴奏生成をすることが主な目的であるが、そのアルゴリズムは自動即興演奏や自動作曲といった新たなプロジェクトの基盤となるものであり、音楽情報処理の様々な分野において応用され得るものである。

現在は、このプロジェクト成果を ICMC2007 で発表した際に知り合ったデンマークの研究者とともにリアルタイムでリコーダーの旋律に通奏低音をつける研究を進めており、より実用的なプログラムへと改良を進めていく予定である。

## 7. 開発者名

新妻 雅弘(慶應義塾大学大学院 理工学研究科)

松原 正樹(慶應義塾大学大学院 理工学研究科)

(参考) <http://www.nak.ics.keio.ac.jp/~niizuma/meinbach/>