

オーケストラ撮影のための楽譜情報トラッキングの試み

三浦 雄文† 赤羽 歩† 佐藤 誠† 小宮山 摂‡ 津田 貴生‡ 下田 茂‡

†東京工業大学 精密工学研究所
‡日本放送協会 放送技術研究所

概要

本研究では、オーケストラ番組の制作を支援するシステムの提案をする。まず、オーケストラ演奏音を音響解析することによって、番組進行状況の認識をコンピュータにより実行するシステムを設計する。そしてこれをロボットカメラと組み合わせ、カメラの操作を全自動化する。将来的には、映像の切替え作業も含め、全自動化を目指している。本稿では、そのためのオーケストラ演奏音の音響解析による進行状況の認識システムの提案をし、その基礎部分である逐次トラッキングシステムについて、一つの試みを検討した。

A Study of Tracking Musical Score for Shooting Orchestra Program Production

Takefumi Miura† Ayumu Akabane† Makoto Sato† Setsu Komiyama‡
Takao Tsuda‡ Shigeru Shimoda‡

†Precision and Intelligence Laboratory, Tokyo Institute of Technology
‡Science & Technical Research Laboratories, Japan Broadcasting Corporation

Abstract

In this study, we focus on the system which supports work of an orchestra program. First, we design a recognition system in the proceeding situation of a program by sound analysis during orchestra performance. And we do semi-automatization of shooting orchestra program productions by combining with a robot camera. In this paper, as a basic recognition part, we examine how to proceed a musical note of orchestra performance using the iterative tracking system, and sufficient examination of the feasibility of our proposal. In the future, we try to do full automatization including the switching work of scenes.

1 はじめに

オーケストラ演奏などのクラシック音楽番組の場合、映像の演出は楽譜と対応づけた台本により行われる。台本には台詞などの手がかりがないため、楽譜を読める音楽的素養がないと、番組の進行状況が把握し難い。そのため、通常は演奏と台本を照合す

る演出補助者がおり、演奏の進行状況を逐次制作スタッフ全員に知らせている。もし、この演奏と楽譜の対応による番組進行状況の検出を自動化することができれば、制作の支援になるばかりではなく、将来的にその情報を用いてロボットカメラの制御や映像切り替えの自動化などを行える可能性がある。そ

ここで、本研究では、演奏されている音楽をリアルタイムで認識することで、音楽進行に従った番組作りを支援するシステムの構築を目指す。

2 現在のオーケストラ撮影

現在のオーケストラ撮影では図1のような構成で番組制作をしている。プログラム・ディレクター(PD)は、前処理作業では、楽譜を用いて各シーンにおけるカメラワークを決定¹し、また、番組制作時には、映像切替え作業をするテクニカル・ディレクター(TD)に対しリアルタイムで切替えタイミングを指定する。

オーケストラ撮影において、すべてのカメラ映像を収録しておき、カメラ映像の切替え作業(編集作業)は撮影後に行う方式も考えられるが、7台程度のハイビジョンクラスのカメラ映像の同期を取りつつ、すべて収録するのは非常に困難であるため、現在ではカメラ切替え後の映像のみを収録している。

3 要求システム

前節の図1より、オーケストラ番組製作が

- 番組進行状況の認識 (PD, サイド)
- カメラの操作 (サイド, カメラマン)
- カメラ出力の切替え (TD)

の部分からなっていることがわかる。ここで、「カメラの操作」および「カメラ出力の切替え」はともに「番組進行状況の認識」部からのタイミング指示を元に動作しており、オーケストラ撮影において「番組進行状況の認識」を行うことが非常に重要になっている。

3.1 番組進行状況の認識

オーケストラ演奏における「番組進行状況の認識」については、大きく以下の2点が考えられる。

- オーケストラの発する音を音響解析して、進行状況を認識する。
- 指揮者の動きをカメラで撮影し、その画像解析より、進行状況を認識する。

¹各シーンは楽譜上で定義され、ほぼフレーズ単位で決定されている。

しかし、後者については、次のような問題点が考えられる。

- 指揮者は個々人で動作がかなり変化し、曲の表情によってもかなり変化する。
- 指揮者は常に拍を刻んでいるのではない。指揮者がほとんど動かないのに音楽が進行していることは、多々ある。

以上のことから、指揮者の画像解析はあまり現実的ではないように思われる。従って、本研究では、オーケストラの発する音を音響解析する手段を用い、番組進行状況の認識するシステムの構築を目指す。

3.2 オーケストラ音の音響解析による進行状況の認識

本研究で対象としているシンフォニーオーケストラは、ジャズ等の演奏と違い、基本的に与えられた楽譜に比較的忠実に演奏を行っている。そのため、進行状況の認識部分には、

- オーケストラの演奏音 (マイクロフォンより入力された音楽音響信号)
- オーケストラの演奏している楽譜

の2つを入力する。また、出力としては最低でも拍レベルのものが必要である。なぜなら、カメラワークは大体フレーズ単位で切替えられることがほとんどなので、これに対応するためには、拍レベルでの精度が要求されるのである。

そこで本研究では、進行状況の認識部として図2のようなシステムを提案する。ここに示されている通り、逐次的に楽譜情報をトラッキングしていく部分を基本としている。それに加え、逐次部分での誤差を修正するため、上位の矯正部分(打楽器の感知、オーケストラ全体としての強弱変化の感知等)も必要と考えられる。こうした機構により、

- リアルタイム性
- フォールトトレランス性
- トラッキング精度

を確保したいと考えている。

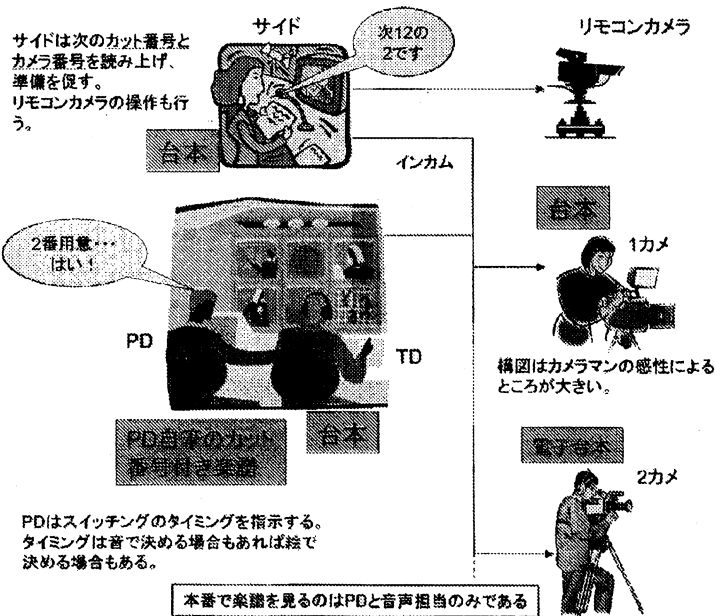


図 1: クラシック番組制作の情報の流れ

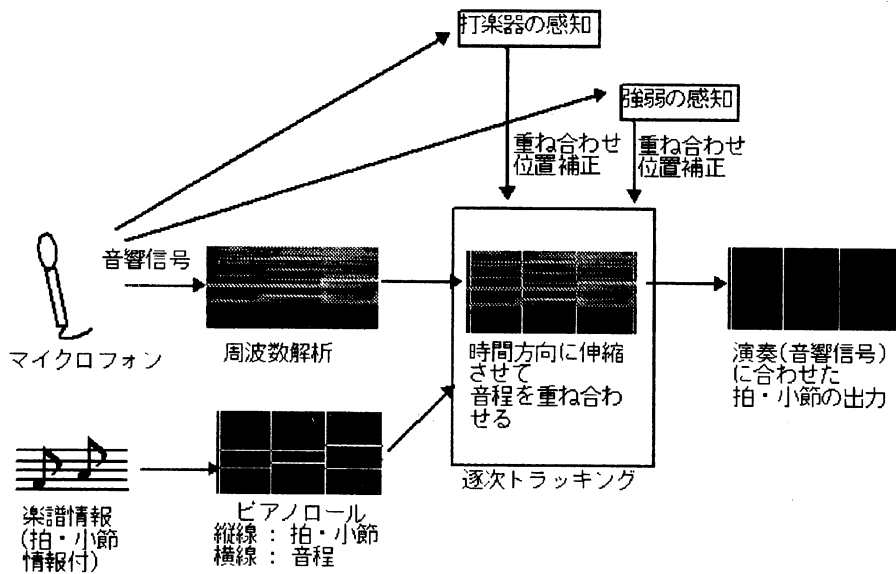
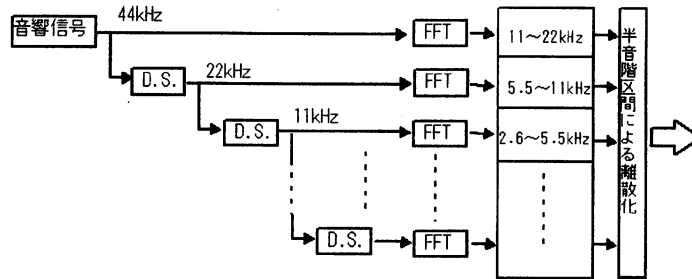


図 2: 音響解析トラッキングシステムの全体



D.S. : ダウンサンプラー
 FFT : 短時間フーリエ変換

図 3: 音響信号の周波数解析

4 逐次トラッキングシステム

4.1 楽音の音響解析手法

進行状況の認識部は、前節の通り、逐次的に楽譜情報をトラッキングしていく部分を基本としている。楽譜には、各楽器の音程の時間変化が記述されており、これをトラッキングしていくには、何らかの手法により、時系列振幅信号から周波数の時系列変化を取得する必要がある。今回は、短時間フーリエ変換により、これを求める。ただし、短時間フーリエ変換では、時系列窓の影響が低音域ほど顕著に現れるため、図 3 のようにダウンサンプリングを用いて、各音域毎に短時間フーリエ変換を行う [1]。また、楽譜と 1 対 1 に対応できるようにするため、各短時間フーリエ変換の出力を、平均律音階における各音の周波数を中央値とする半音階区間に離散化する。

4.2 低音部トラッキング

基本的には、楽譜上に書かれている音符に対応する音をすべて対応させていく。しかし、楽音は倍音構造のため、周波数領域に変換した際、高音部領域には楽譜上の音の他に低音部の倍音が重なり合い、かなり込み入った構造になってしまう。それに対し、低音部領域には元々パート数も少ない上、他音部の部分音も入ってこないの、比較的明瞭な構造になっている。そこで基本的には最低音部のみに注目してトラッキングを行い、それを逐次トラッキングシステムの出力とすることで、合理的にトラッキングを行えると考えられる。

5 逐次トラッキングシステムの実装の試み

音楽音響信号、楽譜情報を入力して、拍情報を出力するシステムを前節で提案した手法により、実装した。

音楽音響信号には、「モーツァルト バセットホルン二重奏 K.487 3 楽章」の演奏音 (CD²より取得) を用いた。音響解析における各短時間フーリエ変換は 128 サンプルを用い、図 3 のシステム全体としての時間解像度は 23.2ms³、音域解像度は、A1~A6 までの 61 半音となっている。

また、楽譜情報には、演奏している楽曲のデータを楽譜清書ソフトである Coda 社 Finale にて入力し、標準 MIDI ファイルとして記録した MIDI ファイルを用いた。

図 4 にシステムの各段階における詳細を示す。図の詳細は以下の通りである。

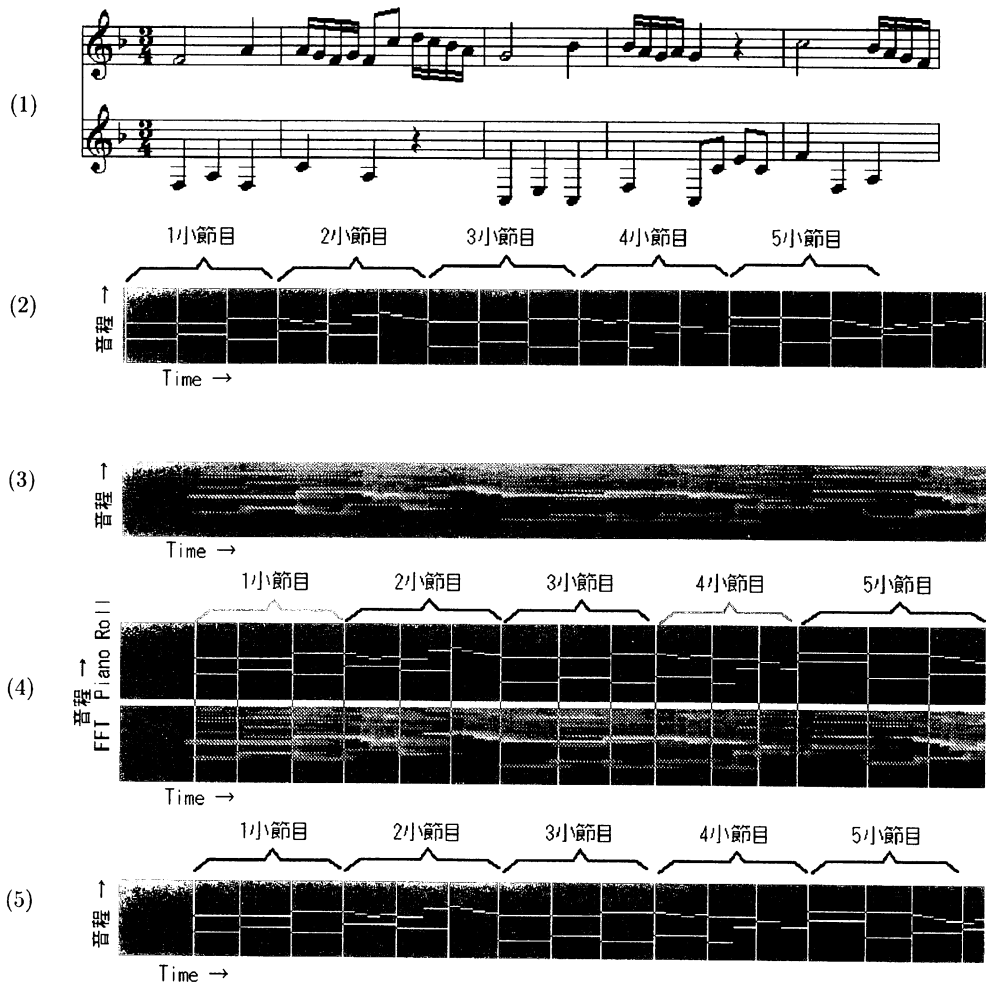
- (1) 演奏している曲の譜例
- (2) 楽譜より生成される理想的なピアノロール
- (3) 実際の演奏音の音響解析の結果
- (4) システムの出力
- (5) 実際の演奏音に合わせたピアノロール⁴

本システムの出力は、図 4(4) のように、「入力された音楽音響信号の周波数解析結果」および「楽曲の

²モーツァルト クラリネットのための断片を含む作品集 (演奏 Karl Leister, Luigi Magistrelli) (カメラータ・トウキョウ CMCD-28022)

³サンプリングレート 44.1kHz (CD) にて、1024 サンプル

⁴バセットホルンの演奏であり、この演奏にピアノロールは存在しないが、人間が音響解析結果を見て、それに合う演奏を行うピアノロールを作成した。



- (1) 楽譜
- (2) 楽譜より生成されるピアノロール
- (3) 音楽音響信号の周波数解析
- (4) システムの出力結果
- (5) 実際の演奏音に合わせたピアノロール

図 4: システムの各段階における詳細

ピアノロール表示」を同期させ、そこに「拍・小節情報」を縦線にて記入する。

本システムでは、トラッキングを行う際、音符の順序だけでなく、音符の長さに従い、次音がトラッキングされるべき位置を過去のトラッキング結果より時間的に推定し、その近傍のみでトラッキングを行われるよう制約を設けている。

本結果では、5小節目1拍目、2拍目において若干の誤差があるもの、概ねうまく拍が検出されていることが示されている。

6 今後の課題

オーケストラの演奏に合わせた進行状況の認識システムに、マイクروفオンからの音声信号を認識するシステムを提案し、その基本機能となる逐次トラッキングシステムについて実装の試みを行った。まずは、今回実装した逐次トラッキングシステムについて十分評価を行いたい。今後は、逐次トラッキングシステム部の改良だけでなく、その上位の補正システムの構築も含め、音響解析による進行状況の認識システム全体の構築を行っていきたい。

参考文献

- [1] 後藤 真孝, " 実世界の音楽音響信号を対象としたメロディーとベースの音高推定", 情報処理学会 音楽情報科学研究会 研究報告 99-MUS-31-16, Vol.99, No.68, August 1999
- [2] Masataka Goto, "An Audio-based Real-time Beat Tracking System for Music With or Without Drum-sounds", Journal of New Music Research, Vol.30, No.2, pp.159-171, June 2001
- [3] 星芝貴行, 堀口 進, " 複数の演奏データを用いた標準的演奏の導出", 日本音響学会音楽音響研究会資料, MA96-13, pp.31-38(1996)
- [4] 柴貞行, 井上亮文, 平石絢子, 重野寛, 岡田謙一, " 楽譜を利用したカメラワーク計画手法の実装と評価", マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO2003) シンポジウム論文集, Vol.2003, No.9, pp.821-824, 2003年6月
- [5] Mutopia Project, <http://www.mutopiaproject.org/>