

3N-5

指揮棒を用いた演奏制御

原田 勉* 森田秀之* 大照 完* 橋本周司**
 *早稲田大学理工学部 **東邦大学理学部

1. はじめに

当研究室では先に、指揮棒の動きにより電子楽器を実時間で制御するシステムを開発した¹⁾。本システムは、右手の指揮棒の動き(図1)の解析がカメラ1台で済むため、差分などデータ処理が高速かつ容易に行える特長がある。今回、指揮の先生の指導により、より安定かつ高い追従性を実現するアルゴリズムが得られたので報告する。

2. 解析アルゴリズム

2.1. 指揮者の使用実験

指揮の先生に、本システムの使用を依頼し、制御アルゴリズムの検討及び指揮データの収集を行った。使用した曲は、ドビュッシー「月の光」、チャイコフスキー「花のワルツ」他である。収集したデータを画面上にコンピュータグラフィックスで表示し、指揮者の意図する拍点²⁾の時刻をこれに重ね合わせて入力した結果、拍点を正確に捕らえていることが判明した(図2)。そこで、拍点から指揮者の音楽的意図を認識するアルゴリズムを以下のように改良した。

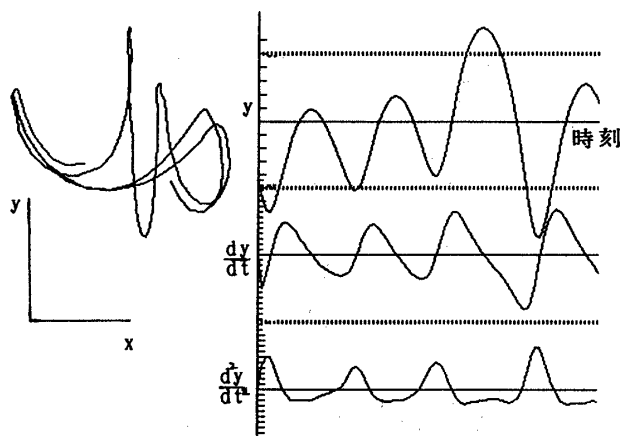
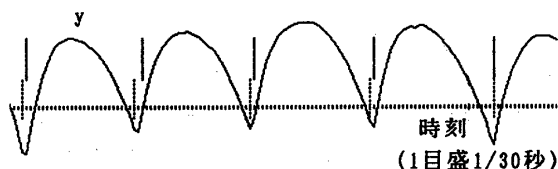


図1. 指揮棒の動き



縦実線：指揮者の示した拍点時刻
 縦点線：検出された拍点時刻
 図2. 拍点検出結果

2.2. テンポ予測に対する補正

テンポの予測は、現システムでは指揮棒の鉛直方向の加速度、すなわち、拍点での加速度 α_j と前の拍点での加速度 α_{j-1} との比および、拍間時間 T (周期)から、予測する拍間時間 T' を次式で与える。

$$T' = \sqrt{\frac{\alpha_{j-1}}{\alpha_j}} T \quad (1)$$

この方法は、拍点での急激なテンポ変化にも追従できる利点がある反面、変化が大きくなりすぎることがある。そこで、次式のように予測値 T' に対して修正重み e を用いて、 T'' を修正後の予測値とする。

$$T'' = (1 - e) T' + e T \quad (2)$$

e を、加速度の変化の度合によって決まる非線形関数(例えば図3)で与えると、安定性、追従性とも非常によい結果が得られた。これは、人間がテンポに極端な変化をつけようとする場合に、より大きな変化を提示するためと考えられる。

2.3. 滑らかさの検出

指揮棒の動作から、演奏に付加するパラメータの一つである、滑らかさを検出する。指揮法では拍点での指揮棒の「叩き」の鋭さに

よって、演奏に加える表情を指示させる。これを、拍点における加速度のピークの鋭さQ（次式）から抽出するものである（図4）。

$$Q = \Delta^2 y_0 / 2 \Delta t_0 \quad (3)$$

($\Delta^2 y_0$:ピーク加速度, Δt_0 :加速度0からピークまでの時間)

2.4. 拍子認識

指揮法では、1小節をいくつに分けて振るかで指揮棒の描く図形を区別する²⁾³⁾。現在何拍子で振られているかを、拍点の空間上の座標をN個前の拍点と対応させ、相互の距離の総和D(N)を用いる（図5）。

$$D(N) = \sum_{i=1}^N |P_i - P_{i-N}| \quad (4)$$

(P_i : i番目の拍点)

Nを1から4まで変化させ、D(N)の平均よりしきい値を決定する。分散がこのしきい値より大きいときには、D(N)の最小値を与えるNを拍子として認識し、分散の小さいときは、1つ振りとして認識する。

この方法は拍点を用いているために、テンポの変化、指揮図形の拡大縮小の影響が極めて小さい。このNにより、画面上の軌跡表示の周期を決める。

2.5. 振り出しの認識

指揮棒が静止した状態から最初に振り下ろされるまでにテンポの初期値を決定する。これにより、実際の指揮と同じ開始が可能となる。指揮棒の静止は、指揮棒の速度に対してしきい値を設け、その値を越えた時点から拍点の認識、自動演奏の出力を開始する。拍間時間Tの初期値は、最初の裏拍から拍点までの時間の2倍とする。

3. むすび

以上、いくつかの補正、改良により、追従性、安定性を改善するアルゴリズムを得ることが出来た。これにより、例えば予備拍を用いて使用者の特性を考慮するプロセスからも解放され、振り初めの瞬間から演奏を開始することが可能になった。

現在、拍子を含めた認識結果を処理に反映し、システムの出力を多元化する他、教育現

場への適用を検討している。

<謝辞>

本研究に当たり、システム試用ならびにデータ収集に御協力くださった、東京芸術大学の小田野宏之先生に感謝致します。

<参考文献>

- 1) 森田、大照他: International Computer Music Conference Proceedings 1990 pp. 332-335.
- 2) Rudolf, M: 指揮法, 音楽の友社, 1968.
- 3) 高階正光: 指揮法入門, 音楽の友社, 1979.

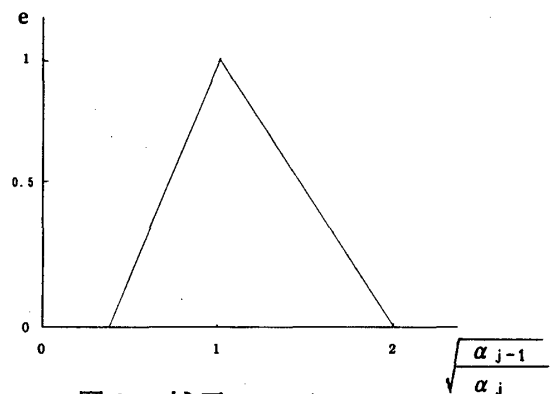


図3. 補正テーブル

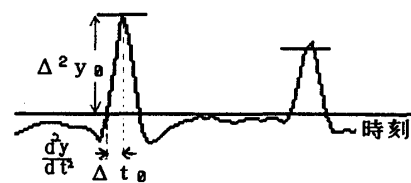


図4. 滑らかさの抽出

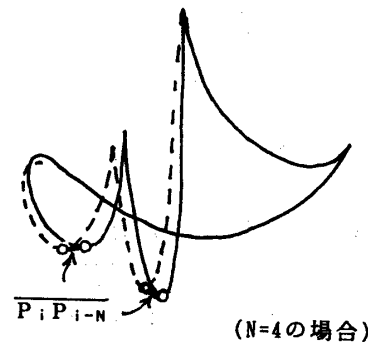


図5. 拍子認識