

バンドパスフィルタ群によるピアノ音認識

1 N-5

菊池 健

ヤマハ株式会社 応用研究所

1. はじめに

ピアノ演奏のオーディオ信号から、音程と音量の情報を抽出し、電子楽器の鍵盤のオン・オフを制御するMIDIコードへ変換する一手法を紹介し、その実験結果を報告する。

今回報告する方法は、特にピアノ音に限ったものである。それは、今回の方法が、次のようなピアノの特性に基づいているからである。

- ・管楽器と違って離散的な周波数を発し、発音時は周波数のゆれが少ない。
- ・打鍵時における波形の包絡線(エンベロープ)は、独特の減衰曲線を描き、その形は、基音とその倍音では異なっている。

まず、第一の性質を利用して、ピアノの各鍵盤の周波数を受理するバンドパスフィルタ(BPF)群にピアノ演奏を通し、各鍵盤における発音状態を見ることが出来る。しかし、これには基音からの倍音も含まれている。そこで、第二の性質を利用して、基音の検出を行なう。これは、あらかじめ用意した各鍵盤の打鍵時における基音の波形の包絡線の形と比較することによって行なわれる。

以下に、バイエルを演奏曲例にして、実験結果を見ながら説明していく。図1が元の演奏をグラフ化したものである。矩形の左端が打鍵時刻、右端が離鍵時刻、そして、矩形の縦幅が打鍵の強さを示している。

2. エンベロープ・マップの作成

$N =$ 最低音の鍵盤番号～最高音の鍵盤番号に対して、以下の処理を並列に行なう。

鍵盤 N の周波数近傍を通過域とするBPFに演奏を入力して、出力波形の包絡線をとる。

これによって得られた全鍵盤の包絡線をつきまとめたものが、エンベロープ・マップ(図2)である。縦軸が時間、横軸が音高にとってある。

3. 基音打鍵マップの作成

エンベロープ・マップの基音と倍音の区別を行なうために、あらかじめ用意した打鍵時の基音の波形とエンベロープ・マップの波形の相互相関をとることによって、基音の波形を検出する。

テンプレートの準備

$N =$ 最低音の鍵盤番号～最高音の鍵盤番号に対して、以下の処理をあらかじめ行なっておく。

鍵盤 N を打鍵し、エンベロープ・マップを作成した時と同様に、鍵盤 N の周波数近傍を通過域とするBPFにその波形を入力して、出力波形の包絡線をとって、差分フィルタに入力する。この出力波形をテンプレート N とする。

相互相関による比較

$N =$ 最低音の鍵盤番号～最高音の鍵盤番号に対して、以下の処理を並列に行なう。

鍵盤 N の包絡線波形を差分フィルタに入力して、出力波形とテンプレート N の相互相関を計算する。

これによって得られた全鍵盤の相互相関において、ある閾値(この場合0.9)を越えたところを示したものが基音打鍵マップ(図3)である。

4. MIDIコードへの変換

エンベロープ・マップと基音打鍵マップから、各鍵盤の打鍵時刻と打鍵の強さ、そして、離鍵時刻の情報を抽出して、演奏を再現するようなMIDIコードへ変換する。

相関値が十分に高く、かつ、その直後に現れるエンベロープのピークが十分に高いとき、前者の時刻を打鍵時刻とし、エンベロープのピークに比例した値を打鍵の強さとする。その後、エンベロープ値がある閾値を下まわった時刻、あるいは、閾値を下まわらないときは次の打鍵時の直前を離鍵時刻とする。

図4に図2と図3から変換されたMIDIコードをグラフ化したものを示している。

5. おわりに

実験は、計算機によるシミュレーションであったが、全鍵盤ごとの処理が並列化可能であり、ハードウェア化すればかなりのリアルタイム性が期待できる。

しかし、以下のような課題が残されている。

- ・本来、生ピアノではエンベロープ波形の形状は打鍵の強さに依存すると考えられるが、今回の実験は電子ピアノで行なっているために、その点が考慮されていない。
- ・離鍵時刻の決定が波形の特徴を利用しておらず、正しく認識されていない。
- ・ペダル操作を考慮していない。

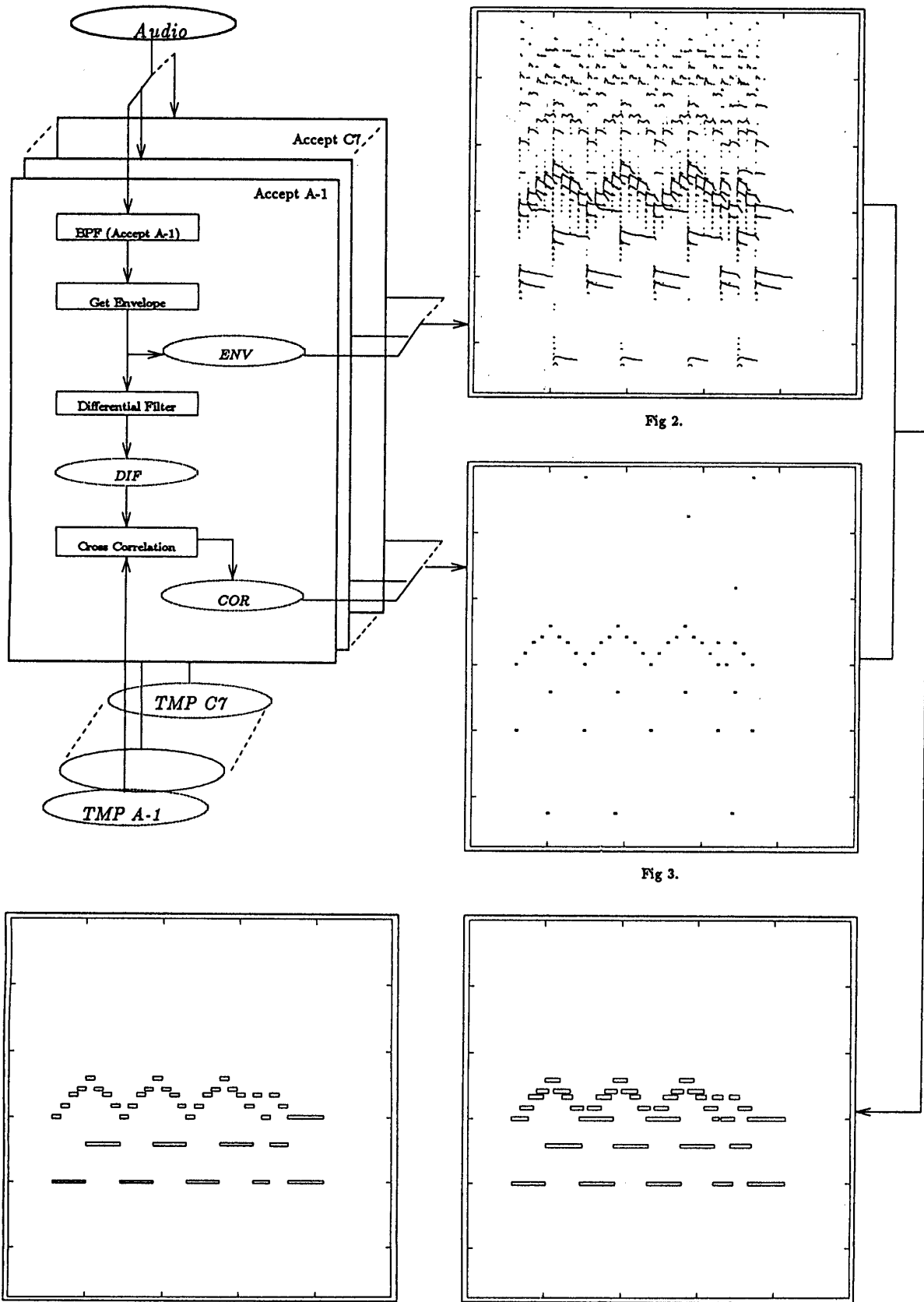


Fig 1.

Fig 4.

Fig 2.

Fig 3.