

# ICOTone ~ 採譜プログラム FSI on PSI

青柳龍也, 田中英彦  
(東京大学 工学部)

2H-2

## 1. はじめに

現在我々は新世代音楽システムICOToneの抽象化ユーティリティ[1]の1つとして、採譜プログラムFSIをPSI上に開発中である。FSIはMIDI-tコードから、楽譜情報及び演奏に関するアーティキュレーションの情報を抽出するユーティリティである。ICOToneシステムでは鍵盤からの入力でも、実演奏(CDなど)からでもMIDI-tコードを得ることができるので、それらのユーティリティと接続することで、あらゆるメディアからの採譜が可能となる。楽譜入力装置の1つとして一般の人間の演奏から採譜行くと、弾き間違いの処理等が必要になる[2]。我々はFSI構築の第一歩が、まずCDやLP等の音楽専門家による模範演奏からの採譜であると考ええる。

本稿では、FSIの位置付け、リズムの検出法に関して現在まで行った実験とそれに関する考察、及びFSIが出力するリズムの情報について述べる。

## 2. FSIの位置付け

我々が通常目にする楽譜は、譜表、音符、休符、拍子、曲想・奏法に関する指示、反復記号等から成るが[8]、FSIは入力されたMIDI-tコードから、これら全ての情報を出力することが最終目標である。これらの情報は2つに大別される：(1) 曲想など(言葉で)抽象的に表される情報と、(2) 音符等それ以外の具体的な情報である。FSIはこの2つの情報を分離して出力する(図1)。

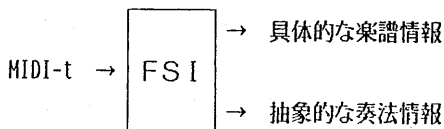


図1. FSIの入出力情報

例えば前者には、*affettuoso*等の発想標語、*Moderate*等速さを言葉で表現した奏法指示、アクセントなど、実際に音を弾く時には演奏者の解釈に委ねられる部分が相当する。後者には、♪や♪等の音符を弾き始めるタイミング、#やbなど演奏する時に曖昧さを含まない部分が対応する。

以下の章ではリズムに関して、この2種類の情報をどうやって分離・抽出するかについて議論する。

## 3. リズムの検出

リズムに関してFSIが出力する具体的な情報は、何分音符がどのように並ぶかということである。リズムに関する抽象的な出力情報としては、例えばAllegroやritardando等がある。各音ごとに何ミリ秒遅れた進んだという情報ではない点に注意されたい。

演奏からリズムを抽出し、どこが拍の先頭であるかを認識するのは非常に難しい[3,4](拍とはリズムの単位となるものである[8])。リズム認識を困難にしている理由は幾つかある：(1) 殆どの音は、楽譜通りに機械的なタイミングで演奏されていない、(2) どの音を聴いてリズムを感じるか、(3) 常にリズムを意識させる音が存在するとは限らない、(4) 音楽のジャンルに合わせて、演奏形態が変化し聴く側も聴き方(注意を向ける部分)が変化する、(5) 人間は拍を検出する為に、リズムだけでなくメロディも利用している等である。

まず我々はリズム認識への第1段階として、テンポの追従法のみを考える。即ち、ある音列を聴いた時、どの音が拍の上にあるかということだけ認識する方法を考える。テンポ追従において考慮すべき点は、タイミングのズレと、どの音を聴くかである。まずタイミングのズレに関して簡単な実験を行ったので以下に報告する。

### 3.1 タイミングのズレに関する実験

ICOToneシステムのユーティリティの1つであるFSIの入力情報は、Ack II、Ack IIIによって楽器ごとに分類されたMIDI-tコード[5]である。従って本実験では、被験者にMIDIキーボード上でハノン1番[6]を $J=60$ 、片手で弾いてもらい、出力されたMIDI-tコードから音のタイミングを測定した。ハノン1番は、音程は異なるが一定間隔の音列がかなり長く続く練習曲である。図2、3にその結果を示す。グラフの横軸は等間隔に1音ずつ弾いて、曲が進行していくことを示し、縦軸はその音の長さを表している。被験者1はピアノ歴21年(音大卒)、被験者2はピアノ歴無しである。

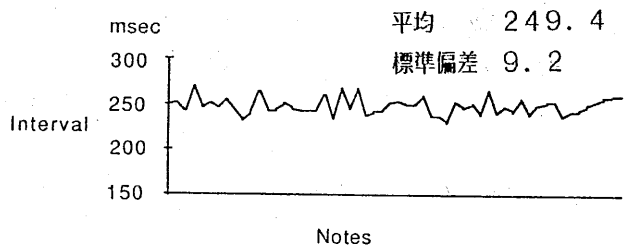


図2. ハノンを弾いた時のタイミングのズレ(被験者1)

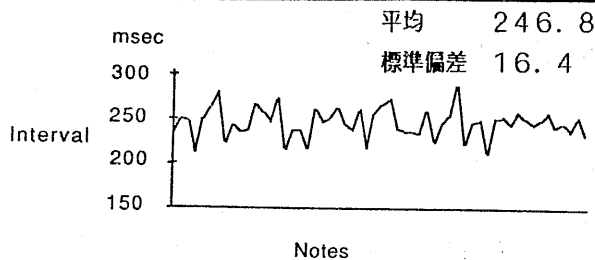


図3. ハノンを弾いた時のタイミングのズレ(被験者2)

被験者1による演奏では、聴感上特にタイミングのゆらぎは感じられなかったが、30ミリ秒以下のズレは生じている。これに対して、被験者2の演奏は聴感上でもタイミングのズレが認められた。従って、FSI が音符を認識する際、ゆらぎが30ミリ秒以下の音は一応同じタイミングで出力しようと意図された音であると見做して良いだろう。但し、後でも述べる様に、リズムに表情をつける為に、30ミリ秒よりも短い時間で音符を故意にズラすことがある。

### 3.2 テンポの追従方法

FSI のテンポ追従は基本的にPLL(Phase Locked Loop)で実現し、それをESP によって記述することを考えている。このPLL に入力されるMIDI-tデータは、予め適当な処理により、テンポ決定に利用される音だけに絞られる。聴き慣れないと、ジャズが全て同じに聞こえてしまうように、音楽の特徴を抽出する部分は重要である。この絞り込みのストラテジは入力音楽のジャンルにより変化する。

テンポの追従を実現する為、従来のPLL より多少動作の異なる部分がある。位相比較器は位相差が存在する時、それに比例する信号を出力しなければならないが、拍が欠けた場合、位相比較器は位相差零の信号を出力する。発振器がロックする周波数は、必ず $f = 40 \sim 300$  の間にある[8]。これは人間が、実際に四分音符を過去の経験より適当な長さに解釈しているのと同じである。またこのように速度に制限を設けることで、テンポ検出のために、聴くべき音を絞り込む操作の手助けともなる。

さらにこのモデルを発展させ、メロディの重心[7]により小節の先頭を検出することも考えている。

## 4. テンポのアーティキュレーションの検出

### 4.1 アーティキュレーション

リズムから、抽象的な奏法情報を抽出することを考える。ここでは音楽に込める感情をアーティキュレーション(articulation)と総称することにする。リズムにも当然アーティキュレーションがあり、強弱、緩急、継切という手法によって表現される[8,9]。

### 4.2 パラメータ

リズムのアーティキュレーションを表現できると思われるパラメータを列挙する。我々は今後これらのパラメータを実際に測定・解析する予定である。

#### (1) Volume

個々の音がどの程度の音量で演奏されているか、アクセント

の位置はどこかを調べる。個々の音量がフレーズ全体、曲全体でどのように変化しているかを収集データから推定し、ルールの形に抽象化しなければならない。

#### (2) Keyon のタイミングのズレ

プロの演奏家は、個々の音のタイミングを譜面そのままの位置でなく、故意に最も効果的な位置にズラして演奏する。このズラし方に、大局的なルールを見出し、パラメータの同定・定量化を行う。この時、特定の共通なリズムパターンが見い出せるかも知れない[10]。

#### (3) Keyoffのタイミング

MIDI-tのKeyon だけでなく、Keyoffのタイミングも重要であり、同様の解析を行う。

これらのパラメータの値と出力情報の関係は、音楽ジャンルによって異なるであろう。

## 5. おわりに

FSI は単なる採譜ツールに限らず、LPC87 のルール生成用、CAI 等にも使用できる。さらに実時間性を備えることで、人間との共演も可能となろう。

リズム検出の次の問題は、複雑な入力への対処であろう。即ち、和音を弾いた場合、合奏した場合、その各音のタイミングはズレているのが普通であり、どの音を選択してテンポを確定すべきか、そしてどのようにズレることで躍動感が生まれるのかを調べねばならない。

本稿では触れなかったが、メロディを利用したリズムの認識、メロディから調性の認識等も今後解決して行く予定である。

### < 参考文献 >

- [1] 平田他, “新世代音楽システムICOTone のユーティリティ体系”, 本大会, 2H-1(1987).
- [2] 青柳他, “ICOTone-採譜プログラムFSI”, 第33回情報学大会5N-9(1986).
- [3] C.Roads, “Research in Music and Artificial Intelligence”, ACM Computing Surveys, Vol.17, No.2, June(1985).
- [4] H.Longuet-Higgins, et al “The perception of musical rhythms”, Perception, Vol.11, pp115-128 (1982).
- [5] 青柳, 小池, “ICOTone-dev/midi0”, 第33回情報学大会5N-6(1986).
- [6] “ハノン”, 全音楽譜出版.
- [7] 石桁, “楽式論”, 音楽之友社(1973).
- [8] 石桁他, “楽典”, 音楽之友社(1985).
- [9] 田口他, “System MUSE for automated music with electronic piano pf15”, Mem. Konan Univ. Sci. Ser. 33(1), pp37-53, Mar. (1986).
- [10] 藤原, “自然な時間型の音楽リズム”, 音楽音響研究会MA-22, 日本音響学界, Nov. (1986).