

拍長の周期的変動を考慮した楽音符号への情報ハイディング

An Information Hiding Technique to Music Code with Adaptation in Cyclic Change of Tempo

山本 紘太郎* 岩切 宗利*
防衛大学校 情報工学科

1. はじめに

電子楽器の楽音符号に対する情報ハイディングとして、符号の等価構造を用いる方式と、演奏情報を直接操作する方式が提案されている [1, 2]。演奏情報を直接操作する方式を拡張し、これまでに演奏の表情付けを考慮した手法を検討してきた。それらは音強推移に適應する手法、音長に表情付けを施しつつ情報を埋め込む手法である [3, 4]。

本報告では、楽曲の拍子の周期的変動に表情を付加しつつ情報を埋め込む手法を提案する。

2. MIDI と演奏の表情付け

2.1 MIDI 規格と SMF

MIDI 規格 (Musical Instrument Digital Interface) とは、電子楽器を制御するための規格である [5]。楽器の制御には 2~3byte の制御符号 (MIDI メッセージ) を用いる。この演奏情報記録の一方式として SMF (Standard MIDI File) がある。これは、MIDI の制御符号を、発行するタイミング情報とともに記録するものである。

本報告においては、SMF を埋め込み対象とした。

2.2 演奏の表情付け

2.2.1 テンポにおける表情付け

人間による楽曲演奏の場合、そのテンポは一定とならず、常に変動し続ける。この変動は、楽譜に記載された演奏符号等を演奏者が解釈し、表情豊かに演奏することによって生じる。また、テンポの連続的変化とは別に、拍子による強弱の変化も観察できる。

2.2.2 拍子の周期的変動

拍子とは、一定時間で刻まれる拍に対して、何拍ごとに心理的な強点を周期的に設定して、拍の進行を整理、統合するものである。例えば、4分の3拍子であれば、4分音符の音の長さを拍として3拍で周期を感じることができる。これを通常1小節とする。

また、楽曲によっては拍子の中の特定拍を意識的に短くしたり長くするものがある。これは楽曲の種類によって演奏作法として認識されている。たとえば、ウイナワルツでは1拍目を短く演奏する [6]。提案方式ではこの拍長の周期的変動を利用する。

3. 提案方式

小節単位で拍長を周期的に操作する埋め込み法を提案する。これは、拍子の中で短く(長く)演奏する拍に情報を埋め込むものである。ただし小節中での拍のバランスを操作するものとする。情報埋め込みの手順を示す(図1参照)。

step.1 SMF から分解能、拍及び拍子を取得し、それぞれ

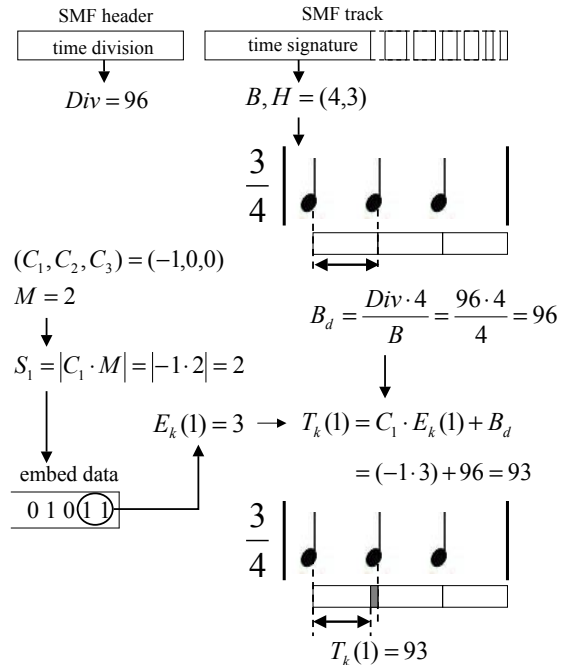


図1 拍長埋め込み法の埋込みイメージ

れ Div, B, H とする。基準となる拍当たりの分解能

$$B_d = \frac{Div \cdot 4}{B} \quad (1)$$

を求める。

step.2 n 拍目の表情付け情報 C_n を定める。

$$C_n = \begin{cases} 1 & \text{拍長を長くする場合} \\ 0 & \text{拍長を変化させない場合} \\ -1 & \text{拍長を短くする場合} \end{cases} \quad (2)$$

ウイナワルツでは4分の3拍子であり、1拍目を短くするので、 $(C_1, C_2, C_3) = (-1, 0, 0)$ とする。

step.3 k 小節目に情報を埋め込むとき、 k 小節 i 拍目の拍長を $T_k(i)$ とする。埋め込み強度 M と C_i から埋め込み情報量

$$S_i = |C_i \cdot M| \quad (3)$$

を決定する。 S_i から埋め込み情報 $E_k(i)$ を抽出して拍長

$$T_k(i) = C_i \cdot E_k(i) + B_d \quad (4)$$

を求める。

step.4 小節内の全拍に対して step.3 を繰り返す。

step.5 小節全体の長さを保つため、埋め込みによる増加分(減少分)を、 $C_n = 0$ の拍に配分して減少(増加)させる。

*Kotaro Yamamoto, Munetoshi Iwakiri, Dept. of Computer Science, National Defense Academy

step.6 得られた $T_k(i)$ を用いて，区間内の演奏情報を新しい拍長に変更する．

本手法は，小節内の拍長バランスを操作することにより，楽曲に対し，周期的に表情を付与しながら情報を埋込む特長がある．

4. システムの評価

4.1 実験法

本報告では，ウイナワルツの中から「美しく青きドナウ (Donau)」「春の声 (Spring)」の2曲を選択した．これらの冒頭15小節をピアノ楽譜から入力し(表1)，拍長埋め込み法によって情報を埋め込んだ(表2)．

埋め込み処理が再生音質に及ぼした影響について調べた．本実験では，音質の評価法として，20代の被験者7名の主観的絶対値によるオピニオン評価を用いた．これは，提示した演奏音の品質を5段階評価させ，得られた評価値から平均オピニオン値(MOS: Mean Opinion Score)を求めるものである．原曲と同等の品質を基準の「3」とし，評価項目の印象が強まっているものを「5」，弱まっているものを「1」とした．

評価項目は次の5項目とした．

- (1) リズムの感覚の良さ (rhythmic sense)
- (2) 拍子の明確さ (clearness of meter)
- (3) ゆるやかさ (softness)
- (4) メロディの流れの良さ (flow of melody)
- (5) 総合評価 (total quality)

評価の際には，埋め込みなしの原曲を試聴させた後，埋め込みを施した演奏 ($M=1, 2, 3, 4, 5$) および埋め込みのない演奏 (ori.) を外見的な区別ができないように被験者に提示した．

4.2 実験結果と考察

実験の結果，表3の評価値が得られた．この結果から，次の考察が得られた．

- (1) 埋め込み強度が4を超えると全ての項目において評価が著しく低下する．
- (2) 各項目では，リズム，拍子については埋め込みを施すことにより一定のサンプルでその印象が強められている．反面，ゆるやかさ，メロディの流れについては全体の傾向として印象が弱められている．総合的には原曲よりも質感が低下している．
- (3) 被験者からは，特に「演奏のもたつきが気になる」というコメントを得た．これは，小節単位で拍のバラ

表1 実験用MIDIデータ

| Name | Time [sec] | Size [Byte] | Division [tick] | Tick time [ms] |
|--------|------------|-------------|-----------------|----------------|
| Donau | 23 | 1058 | 192 | 6 |
| Spring | 23 | 955 | 192 | 6 |

表2 拍長埋め込み法の埋め込み情報ビット量 [bit]

| M | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--------|----|----|----|----|----|
| Donau | 15 | 30 | 45 | 60 | 75 |
| Spring | 15 | 30 | 45 | 60 | 75 |

表3 拍長埋め込み法のMOS

| M | | 0(ori.) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--------------------|--------|---------|------|------|------|------|------|
| rhythmic sense | Donau | 2.71 | 3.14 | 3.14 | 2.50 | 2.00 | 1.29 |
| | Spring | 3.29 | 3.43 | 3.71 | 3.57 | 3.00 | 2.00 |
| clearness of meter | Donau | 3.43 | 3.14 | 3.71 | 2.93 | 3.14 | 1.64 |
| | Spring | 3.29 | 3.14 | 3.43 | 3.43 | 3.29 | 2.43 |
| softness | Donau | 2.86 | 2.86 | 2.86 | 3.14 | 2.29 | 1.71 |
| | Spring | 3.29 | 3.57 | 3.43 | 3.43 | 3.57 | 2.00 |
| flow of melody | Donau | 3.00 | 2.86 | 3.43 | 2.71 | 2.43 | 1.57 |
| | Spring | 3.71 | 3.57 | 3.57 | 3.43 | 3.43 | 2.00 |
| total quality | Donau | 2.89 | 2.97 | 3.07 | 2.79 | 2.14 | 1.14 |
| | Spring | 3.43 | 3.50 | 3.36 | 3.00 | 3.21 | 1.71 |

ンスだけを操作しているために生じていると考えられる．SpringとDonauをゆるやかさで比較してみると，Springはわずかに評価が向上しているのに対し，Donauでは評価が低下している．これは小節の境界において拍長のバランスが狂い，ゆるやかさとメロディの流れを阻害したためであると考えられる．そのことが総合評価，演奏のもたつきにも影響を及ぼしている．

これらの考察から，小節内のバランスではなく，拍長の即値を扱い，小節間のバランスを整えながら操作することが必要であるという結論を得た．

5. おわりに

本研究では，ウイナワルツを用い，拍子の操作による情報埋め込み法について提案し，評価した．小節単位での操作により，リズム，拍子の明確さの向上および情報埋め込みを同時に実現できた．

しかし，旋律として捉えた場合に「もたつき」が強く感知され，それが総合的な品質を低下させることも分かった．

今後の検討事項として，小節内での表情付け手法の向上，演奏の「もたつき感」を解消しつつ情報を埋め込む手法の検討，速度記号を考慮した表情付けと情報埋め込みの同時実現が挙げられる．これらの検討課題を解消すれば，楽音符への表情付けにより質感を向上しつつ情報を埋め込むシステムを実現できると考えられる．

参考文献

- [1] 松本勉，井上大介，北林創太：演奏データファイルSMFへの情報ハイディング方式，2000年暗号と情報セキュリティシンポジウム，SCIS2000-C03(2000)．
- [2] 岩切宗利，山本紘太郎，関根健一郎，松井甲子雄：電子演奏の半雑音化と音源符号への電子透かし，情報処理学会論文誌，Vol. 43, No. 2 pp.225-233(2002)．
- [3] 山本紘太郎，岩切宗利：表情付けを考慮した楽音符への情報ハイディング，2005年情報科学フォーラム，FIT2005-M007(2005)．
- [4] 山本紘太郎，岩切宗利：発音の接続性を考慮した楽音符への情報ハイディング，コンピュータセキュリティシンポジウム2005論文集，pp.565-570(2005)．
- [5] 社団法人音楽電子事業協会：MIDI 1.0規格書，リットーミュージック(1998)．
- [6] 五十嵐滋：演奏を科学する，ヤマハミュージックメディア(2000)．