

A-025

オーディオ信号における類似性を用いた可逆圧縮についての考察

Loss-less compression that uses similarity

高橋 三四郎†
Sansiro Takahasi伊藤 誠‡
Makoto Itoh

1. はじめに

時系列信号処理, 特にオーディオ信号に対する圧縮手法として, 不可逆だが非常に高い圧縮率をもつ符号化形式が一般化している. ごく最近では, 可逆圧縮を用いた符号化形式も提案されている.

本稿では, オーディオ信号の可逆圧縮において, 相関情報を用いて類似性を検出・処理することで, より高圧縮を実現する手法について考察する.

2. 従来の可逆符号化の基本原則

オーディオ信号は連続的な波を離散的にサンプリングしたものと考えられる.

従来の可逆符号化では, 主に2つの処理を適用する.

2. 1. 予測

オーディオ信号は連続的な波を離散的にサンプリングしたものと考えられる. このときあるサンプルの値は, 前後のサンプル群の値から予測できる.

ある予測関数は数サンプル前の情報を用いて行われる. 単純な線形予測に加え, 線形予測した値を係数として相関を求めるものもある.

2. 2. エントロピー符号化

予測されたサンプル値と実際の値との残差は, 予測が成功していれば小さな値となる. 予測の成功率が高ければ, 残差は小さな値に偏ったデータとなるはずである.

このような偏りを持つデータを, エントロピー符号に置き換える. データの偏り具合に比例して, 全符号長を短くできる.

3. 本稿における考察

本稿では, 予測における処理について, 類似性を検出する相関関数について考察する.

3. 1. 本稿における予測

あるサンプルを予測するとき, 前後のサンプルから予測ができることは, 従来の方法にならうことができる. ここで予測の手法として, 以前に処理したサンプル群との相関を取り上げてみたい.

これから処理すべきサンプルは, 直前までに処理したサンプル群延長である. これより既に処理したサンプル群と類似性が高い可能性が考えられる.

既に処理したサンプル群を窓と見なし, その窓に対して相関関数を処理することで, 類似性の高いサンプル群(類似データ)を検出できる.

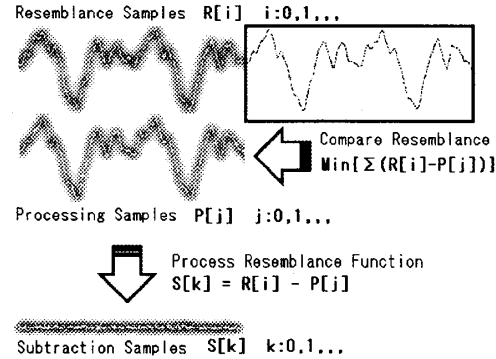


Fig.1.Prediction Method

類似データを発見できたとき, 発見位置への参照および実際のサンプル値との残差が得られる. この残差の偏りを, 従来の予測による残差の偏りと比較することで, よりよい符号化のために本手法による予測が利用できる.

3. 2. 本稿における符号化

本稿のエントロピー符号化においては, 従来の手法にならう. さらに3. 1における手法が有効であるとき, 類似データに対する以下の符号化手法が考えられる.

類似データを処理したとき, それぞれの参照は近い場所になる可能性がある. このような偏りがあれば, 参照位置をエントロピー符号化できる.

それぞれの残差もまた, 類似データとなる可能性がある. このような特性が存在すれば, 参照位置と関連づけた上で残差情報に対して移動窓符号化が適用できる. その上でエントロピー符号を適用できる.

4. 手法の問題点

3で触れた予測・符号化手法において, 問題点を指摘し, 考察する.

4. 1. 予測・符号化における問題点

類似性の高いサンプルを検出するに当たって, 時間と空間のバランスが問題となる.

窓を大きくとり, 符号化する長さを小さくすれば, 類似性は極めて高くなる. 窓が大きければ比較処理の回数が増加し, 時間がかかる. 符号化長が小さければ符号の数が増加し, 空間的効率が落ちる.

窓を小さくとり, 符号化長を大きくすれば, 類似性はあまり高くない. 窓が小さいことにおいては, 時間はかからない. 類似性が低いことは, エントロピー符号の増大につながり, 符号化の効果は期待できない.

4. 2. 問題点の特性

本稿における予測手法は, LZ77系の可逆圧縮手法を基にしている.

†信州大学

‡中京大学

異なる点は、完全一致という点をゆるめ類似性による一致としていること。類似性による一致を補完するための措置を別にとっていることにある。

ここで類似性による文脈と、完全一致すべき文脈の違いは、2つの種類が考えられる。オーディオデータの特性によるもの、オーディオデータの時間的変化によるものである。

前者は、本来耳では聞き分けられない違いの場合である。データ上では完全一致はせず、極めて高い類似性として検出される。

後者は、大きな変化に従って、極小さな範囲では徐々に変化している場合である。このとき、変化している分だけ、一致はせず、類似性の誤差として反映される。

いずれも、類似性を用いることで、符号化の幅を広げる改善を持つ。そして類似性を補完するための誤差による改善を持つ。この特性に着目した符号処理が必要となる。

4. 3. 特性に従った改良・参照符号化

4. 2による特性とは、いわばオーディオデータの変化に対する、誤差である。この誤差は、オーディオデータの変化を表すはずなので、誤差データを連続的に配置することで変化の系列を表すデータとしても解釈できる。

オーディオデータの変化の仕方に何らかの傾向があるとき、変化の系列を表すデータも傾向を持つはずである。極端な例を用いれば、オーディオデータの変化が単調な形するとき、変化の系列も単調な誤差の連続配置として現れるということである。

以上をふまえると、窓による予測に条件を付けることで、類似性に対する誤差に、オーディオデータの傾向を反映させることもできる。

仮に、或る箇所における窓予測の類似性が極めて高い場合。このとき、次のデータ列の符号化は、直前のデータが参照した箇所に連続するように参照することも考えられる。これは直前の極めて高い類似性を示したデータの、符号化長をのばす処理である。

この処理は2つの解釈ができる。単に類似性が高いので、符号化長をのばして高い類似性を維持しようという試みととらえられる。別の解釈として、同じ箇所からの長い符号化は、その類似性に対する誤差は、きわめて類似性の高いオーディオデータの変化を取り出した系列として処理できること、これを期待した処理とも云える。

4. 4. 特性に従った改良・エントロピー符号化

参照による符号化の改良を行ったとき、エントロピー符号化に対する処理の改良も考えられる。

仮にさきのように変化の系列が得られたとき。このときエントロピー符号化をするのは、参照による符号化の利益を活かしているとは云えない。

変化がなんらかの傾向を持つという仮定に対しては、変化の系列の中で再帰的に類似性を探することも可能ではないだろうか。

仮に変化が単調であるとき、変化の系列に現れる変化は、単調の連続である。元のオーディオデータが1次関数のとき、参照符号化による誤差は、一定の値が連続することになる。ただし2次関数では1次関数の誤差が得られる、というような単純な傾向ではない。1次関数から、1次関数の差分をとった値が得られるために、結果として一定の値が並ぶと考えられる。2次関数ならば2次関数の差分をと

った、曲線データが得られるという傾向である。いずれにしても、元となるオーディオデータの変化に傾向があるとき、誤差の変化の系列も傾向を持つのである。

ここで変化の系列に対して、再帰的な参照符号化を行うことは、改悪となる場合もある。これは再帰的な符号化とエントロピー符号化のいずれを行うか、判断が必要ということである。

その処理においてはまず、エントロピー符号化を行う。その上で再帰的な符号化を行い、結果のデータ列がエントロピー符号を超えたとき、中断する。もしエントロピー符号を下回ったとき、更なる再帰処理を継続することで、可能な限り誤差を小さくすることができる。最後に必ずエントロピー符号が行われるので、3で考慮した手法に対して改善が保証される。

4. 5. 特性に従った改良・算術予測

そのほか、エントロピー符号を行う前に、何らかの算術関数との比較も考えられる。これはウェーブレット手法そのものであるが、変化の系列に対して評価することで、特定の算術関数との類似性が高速に得られるのではないだろうか。

貪欲的な処理として、参照による符号化も、ウェーブレット処理による自己相関を考慮することもできる。単に参照よりも、相似的な比較を行う方が類似性の向上は期待できる。

参照が極めて高い類似性を持っているとき、ウェーブレット処理によるオーバーヘッドが問題となるため、ここでも手法を選択するための仕組みが必要となる。それは4. 4の最後に述べた選択と同様の処理でもよい。

5. まとめ

本稿では、相関を用いて、オーディオ信号を類似性の高いデータ列と捉え、可逆符号化を行う手法である。今後この考察を実装するシステムを構築し、更なる改善が可能な点を模索していく。

本稿で考慮する相関は、マルチトラックオーディオにおけるトラック間への適用も考えられる。

本稿で取り上げる繰り返しに着目することで、特定の楽器演奏が主となるオーディオ信号などに対して、より高い圧縮率の実現が期待される。

6. 発展

本稿における圧縮効果が得られるとき、予測値のエントロピーは小さい。この傾向が見られるとき、予測値変換データ再入力して、再圧縮することも考えられる。たとえば既存のオーディオ圧縮手法に対して、効果的な前処理としての位置づけとなる。変換手法としての可能性もある。

このとき、エントロピー符号化は行わない。そうすることで予測値の参照誤差は、変化の系列を維持したままである。別の符号化手法に適していれば、うまくいく。

文献

- [1] http://www.nue.tu-berlin.de/forschung/projekte/lossless/mp4als_d.html
 [2] Mark Nelson, Jean-Loup Gailly : データ圧縮ハンドブック, Pearson Education Japan, 1995.