

非因果的内挿予測による B ピクチャ符号化方式の検討 Non-causal Interpolative Prediction for B picture encoding

原部 智哉† 久保田 彰† 羽鳥好律†
Tomoya Harabe Akira Kubota Yoshinori Hatrori

1. はじめに

動画像符号化の主となっている技術の中に、予測符号化がある。これは、隣接している画素やフレームには相関があることを用いて、予測対象画素(フレーム)と参照画素(フレーム)の差分を符号化することによりデータ量を削減している。一般的に知られている DPCM(Differential Pulse Code Modulation)は外挿予測符号化であり、既に符号化された画素値を用いて対象画素の値を予測するという方法である。フレーム間の予測符号化に関しても、時間的に離れた符号化済みの I フレームまたは P フレーム間の内挿予測(双方向予測)が用いられている。符号化効率を上げるためには、最近接フレームの画素を用いた内挿予測符号化をすることが望ましいが、既存の標準方式においては参照するフレーム間隔を減少させることは総合的な符号化効率の向上にはつながらない。

本研究では、予測符号化において未だ符号化されていない画素を予測に用いる、「非因果的内挿予測」を双方向参照ピクチャ(Bピクチャ)に用いた符号化方式を検討し、3次元内挿予測を目指す。前任者の研究により「2次元非因果的内挿予測」の改善を行った。本稿では、内挿符号化を時間方向に拡張した際の優位性を示す。

2. 研究概要

2.1 符号化におけるピクチャ構造

フレーム間予測は、時間的に前後のフレームの相関を利用し符号化を行う。フレーム間の差分を符号化すればよいので、非常に高い圧縮率を達成できる。予測に用いられるピクチャは、I・P・Bの3種類あり、図2.1にその略図を示す。

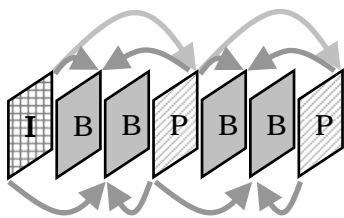


図2.1 符号化におけるピクチャ構造

- ・Iピクチャ：前後の画面とは関係なくその画面内だけで独立して符号化することにより得られる
 - ・Pピクチャ：I・Pピクチャを参照画像とし、フレーム間予測を用いて符号化する。しかし、予測に用いることができるのは時間的に以前のフレームである。
 - ・Bピクチャ：I・Pピクチャを予測画像とし、過去と未来の双方向予測によって得られるピクチャ。生成されるピクチャの中で最も符号化効率が高いため、多く利用することで符号量を抑えることができる。
- しかし、枚数を多くしてしまうと、参照画像(I・Pピクチャ)

†東京工業大学 大学院 総合理工学研究科
物理情報システム専攻羽鳥研究室

ャ)からの距離が離れてしまい、予測誤差が増大してしまうという欠点がある。

この問題を解決するために非因果的内挿予測を適用する。

2.2 非因果的内挿予測

非因果的内挿予測は注目画素と近傍画素の相関を利用し、差分を符号化する。処理はブロック単位で行われる。5画素×4ラインのブロックを取上げ、図2.2に示す。

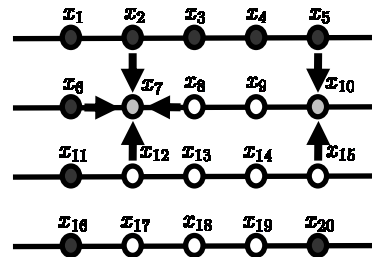


図2.2 非因果的内挿予測の例

例えば、画素 x_7 、 x_{10} を符号化対象画素とすると、予測誤差ベクトル y_7 、 y_{10} は

$$y_7 = x_7 - \frac{1}{4}(x_2 + x_6 + x_8 + x_{12}) \quad (1)$$

$$y_{10} = x_{10} - \frac{1}{2}(x_5 + x_{15}) \quad (2)$$

と表せる。(1)は2次元内挿予測で、(2)は1次元内挿予測である。ただし、各係数は内挿予測関数に基づき、演算の容易さを考慮した値である。すべての対象画素について内挿予測を行い、それらを行列表現すると

$$\mathbf{y} = \mathbf{C}\mathbf{x} \quad (3)$$

と表せる。 \mathbf{y} は予測誤差ベクトル、 \mathbf{x} は対象画素ベクトル、 \mathbf{C} は符号化行列である。非因果的内挿予測の課題は、予測誤差 \mathbf{y} を量子化した際に発生する量子化誤差が増大してしまうことと、対象画素数が増えることで、符号化行列が大きくなると、復号時の逆行列 \mathbf{C}^{-1} を生成することができるか、という問題がある。

2.3 提案方式

本稿では、非因果的内挿予測を時間方向に応用し B ピクチャ符号化方式の予測誤差を削減する。今回は時間方向の「1次元内挿予測」と考え、符号化対象フレームのあるブロックに対し、その前後のフレームで同じ場所のブロックを取得する。そして、非因果内挿予測を用いブロックごとに差分を求める。例えば、符号化対象フレームのブロックの画素を $x_{1,0}$ 、その前後のフレームのブロック内参照画素を $x_{0,0}$ 、 $x_{2,0}$ とし、予測誤差 $y_{0,0}$ を求めるとすると、

$$y_{0,0} = x_{1,0} - \frac{1}{2}(x_{0,0} + x_{2,0}) \quad (4)$$

と表すことができる。

この処理をすべての符号化対象画素に対して行う。ブロックサイズを 8×8 画素とした場合の符号化行列の表現例を図 2.3 に示す。また、符号化行列 C の逆行列を求めるアルゴリズムは LU 分解法を使用した。

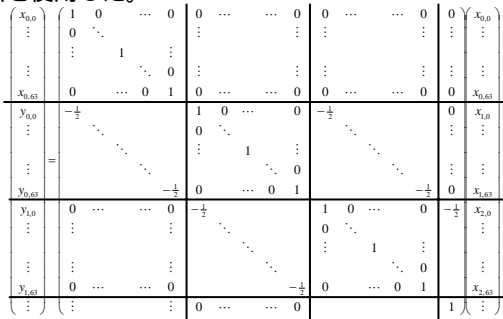


図 2.3 符号化行列の例

3. シミュレーション結果

用いた画像は、映像情報メディア学会の標準テレビジョン方式・システム評価用標準動画画像である。シーケンスは Whale Show を使用し、ブロック内に物体の動きがあるものを使用した。ブロックサイズは 8×8 画素、フレーム枚数は 5 枚とし、両端のフレームは真値を用いた。また、動き補償を使用せず、フレーム内のブロックの位置を固定して内挿予測符号化を行った結果を以下に示す。また、今回の符号化行列 C は 320×320 の行列を扱う。

3.1 予測誤差

従来方式と、内挿予測を用いた場合の予測誤差、エントロピーの比較を行った。

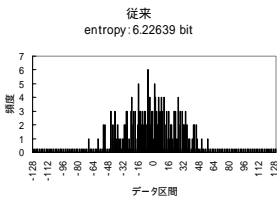


図 3.1(a) 従来方式による予測誤差分布

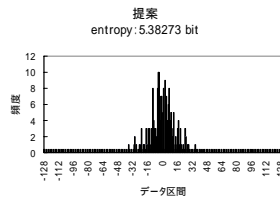


図 3.1(b) 提案方式による予測誤差分布

図 3.1 は、符号化対象ブロック内に物体の動きがある時の、予測誤差のヒストグラムである。図 3.1(a) に比べ図 3.1 (b) のほうが、ヒストグラムが中央に集中し、予測誤差を抑える事ができていると言える。また、図 3.1 (a) のエントロピーは 6.22639 bit に対し、図 3.1(b) は 5.38273 bit と符号量も削減できた。これらの結果より、内挿符号化をフレーム間に用いても、予測誤差は削減できると言える。

3.2 PSNR とエントロピー

次に、3.1 で得られた結果を QP の値を 3 ~ 30 まで 3 ずつ変化させ量子化し、復号化した際の PSNR とエントロピーの比較を行った結果を図 3.2 に示す。

図 3.2(a) より、提案方式は従来方式に比べ PSNR の値が平均して 6.2db 低下しているが、図 3.2(b) よりエントロピーは平均して 0.6bit/pixel 削減できている。PSNR について

は内挿予測符号化の課題である、量子化誤差が画像全体に伝播してしまったからであると考えられる。したがって、前任者の帰還差分量子化を適応することで、PSNR が向上すると考えられる。

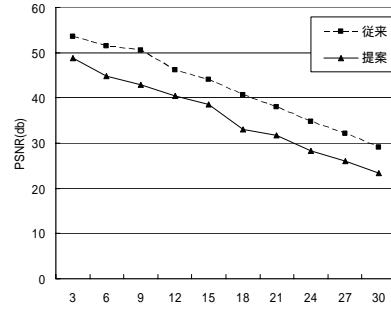


図 3.2(a) PSNR 比較

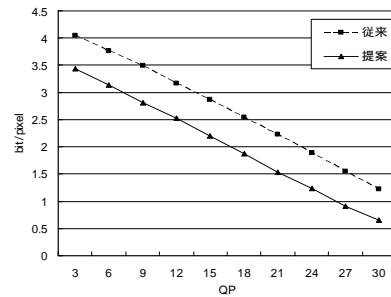


図 3.2(b) エントロピー比較

4. まとめ

本稿では、「非因果的内挿」を時間方向に拡張した場合の優位性を、画像評価により示した。また、本研究の課題の 1 つである復号時の逆行列 C^{-1} は、今回のシミュレーションでは LU 分解により求めることができた。しかし LU 分解法はオーダー N^6 の乗除算を必要するとされている。そのため、符号化対象画素数が増加した場合、逆行列を高速に解くアルゴリズムを検討する必要がある。

今後は、帰還差分量子化を適用し PSNR の向上を図る。また、動きベクトルを考慮し、逆行列を高速に解くアルゴリズムを検討し、最終的にはフレーム内符号化も用い 3 次元内挿予測を行う事で、符号量の削減を目指す。

参考文献

- [1] 藤田尚宏, 久保田彰, 羽鳥好律, “内挿予測符号化における予測誤差を用いた帰還差分量子化の適応制御,” 第 21 回画像符号化シンポジウム, No. P-5.20, pp. 125-126, Nov. 2006.
- [2] 町澤明彦, 田中衛, “領域分割による内挿 DPCM に基づく画像データ圧縮法,” 電子通信学会論文誌(D), vol. J69-D, no.3, pp. 375-382, March 1986.