

画像サイズの縮小と拡大を組み合わせた映像圧縮 Video compression combined contraction and expansion of the image size

植山康平[†]
Kohei Ueyama

土野裕馬[†]
Yuma Tsuchino

吉留健[†]
Takeshi Yoshitome

三柴数[†]
Kazu Mishiba

1. はじめに

現在、映像データを伝送・蓄積する場合、圧縮しても画質の劣化が少ない、符号化効率の高い圧縮方法が求められている。そこで本研究では、入力画像を符号化前にサイズ縮小することで符号化時の圧縮率を低くし、符号化による画質劣化低減を目指す。評価実験の前に、提案手法におけるサイズ変換の補間の補間方式と縮小方向について検討する必要がある。そのため予備実験として、四つの代表的な補間方式と、異なる三つの縮小方向で段階的に符号化を行い、符号化効率の高い補間方式と縮小方向を決定し評価実験に使用する。評価実験では従来手法と提案手法の符号化効率を比較することで、提案手法の有効性を評価する。

2. 提案手法

従来手法と提案手法を図1に示す。従来手法では入力画像のサイズ変換を行わずに MPEG-2 符号化方式 [1] で符号化を行いビットストリームを作成する。このビットストリームを伝送し、映像の再生時に復号化し出力映像を表示する。それに対し提案手法では、符号化前に全ての入力画像を小さいサイズに縮小してから MPEG-2 符号化を行いビットストリームを作成する従来手法よりも少ないビットストリーム情報で伝送を行い、映像の再生時に復号化し原画像サイズまで拡大表示する。符号化前に入力映像を縮小することにより、従来手法よりも画素数を少なくすることで情報を削減し、その削除分だけ符号化時の圧縮率を抑えることができる。1画素あたりに割り当てる符号量が増加するため符号化効率の向上が期待できる。ただし、サイズ変換は縮小率によって画質劣化が予想される。この縮小率による画質劣化を明確にするため、縮小率を面積の 75%、50% と可変してサイズ変換を行う。

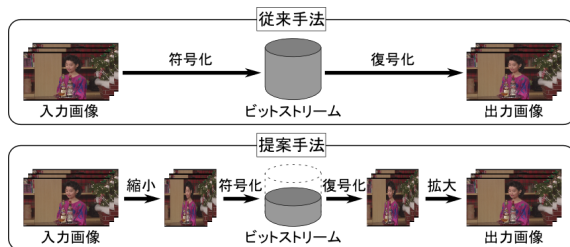


図 1: 従来手法と提案手法

3. 予備実験

3.1. 補間方式の決定 (予備実験 1)

本提案手法で使用するサイズ変換の補間方式を決定するため予備実験 1 を行った。補間方式の代表的な方式 [2][3] として、最近傍法、バイリニア法、バイキュービック法、Lanczos 法が挙げられる。どの補間方式も補間画素周辺の局所的な画素の画素値から補間画素の画素値を求めるものである。以下に各補間方式の特徴を示す。

- ・最近傍法 (図 2): 原画像の画素を自然数倍して補間
- ・バイリニア法 (図 3): 周囲 2×2 から線形近似により算出
- ・バイキュービック法 (図 4): 周囲 4×4 から三次補間関数により算出
- ・Lanczos 法 (図 5): 周囲 6×6 から Lanczos 関数により算出



図 2: 最近傍法



図 3: バイリニア法



図 4: バイキュービック法



図 5: Lanczos 法

これら四つの補間方式でそれぞれ縮小拡大を行い提案手法を行い、RD 曲線を用いて符号化効率を比較した。入力画像 [4] は Cognac and Fruit (1920×1080 画素) とし、面積が 75%、50% になるように水平方向に縮小して実験を行った。得られた RD 曲線を図 6, 7 に示す。縮小率 75%、50% の双方で、Lanczos 法、バイキュービック法、バイリニア法、最近傍法の順で符号化効率が高いことがわかる。これは最近傍法から Lanczos 法の順で、補間に使用する画素が増えたためだと考えられる。補間に使用する画素が増えるため、ノイズの少ないなめらかな画像が得られやすい。また Lanczos 法とバイキュービック法は、鮮鋭化効果が高いため画質が向上したと考えられる。低ビットレートになるに連れて、補間方式の差が小さくなった。これは符号化時の劣化が高圧縮のために大きくなったためだと考えられる。拡大前の画像の画質が悪いため、どの補間方式を用いて拡大しても出力画像の画質は悪いままである。そのため、低ビットレート域では差が現れにくかった。以上の結果より、評価実験に用いる縮小拡大の補間方式は Lanczos 法を使用する。

3.2. 縮小方向の決定 (予備実験 2)

提案手法の縮小方向を決定するため、水平方向の縮小及び垂直方向の縮小、アスペクト比を維持した縮小でそれぞれ縮小拡大を行い実験を行った。入力画像 [4] は予備実験 1 と同様に Cognac and Fruit (1920×1080 画素) とし、3種類の縮小方向で面積が 75% および 50% になるように縮小し実験を行った。得られた RD 曲線を図 8, 9 に示す。縮小率 75% 及び 50% のどちらにおいても水平方向の縮小を用いた場合にもっとも高い結果が得られた。これは入力画像が横長の画像であるため、画素数の少ない垂直方向に縮小するより、画素数の多い水平方向に縮小

[†]鳥取大学 大学院 工学研究科

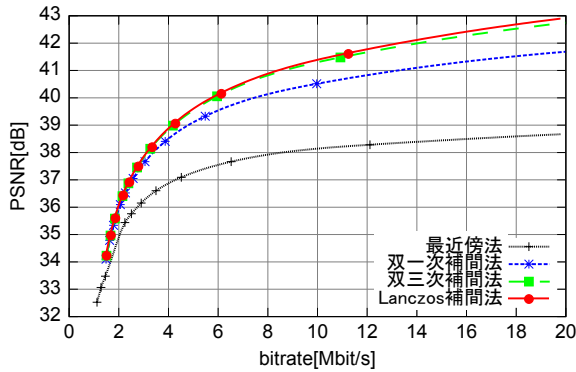


図 6: 四つの補間方式による RD 曲線 (縮小サイズ 75%)

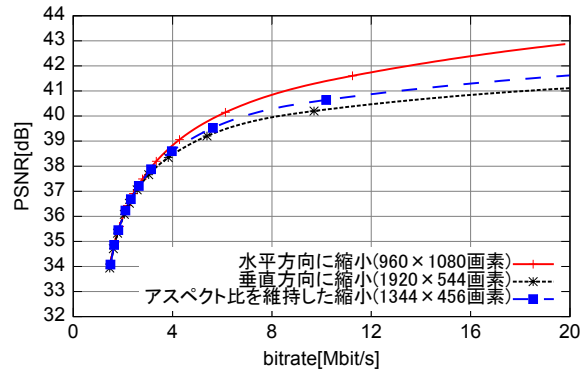


図 8: 三つの縮小方向による RD 曲線 (縮小サイズ 75%)

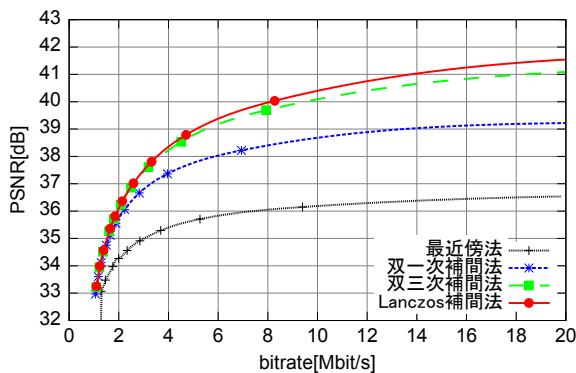


図 7: 四つの補間方式による RD 曲線 (縮小サイズ 50%)

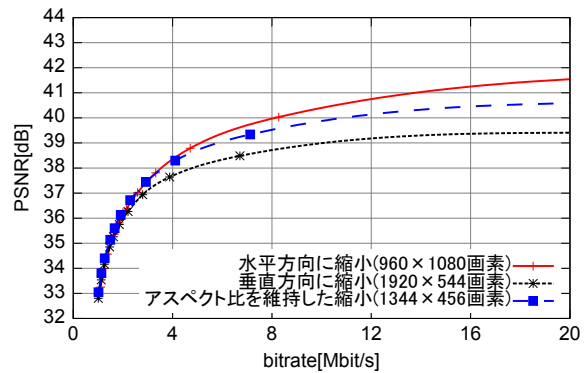


図 9: 三つの縮小方向による RD 曲線 (縮小サイズ 50%)

した方が画質劣化が少ないためであると考えられる。ビットレートが 16Mbit/s のとき PSNR を RD 曲線を用いて比較する。縮小率 75% では、水平方向に縮小したときと垂直方向に縮小したときの差が約 1.4dB であるのに対し、縮小率 50% では差が約 1.8dB であった。つまり、縮小率を小さくするほど垂直方向の画質劣化が水平方向の画質劣化よりも大きくなることを示している。また水平方向に縮小したときとアスペクト比を維持して縮小したときの差は、縮小率が 75% では約 1.2dB であるのに対し、縮小率 50% では約 0.8dB であった。すなわち、縮小率を小さくするほど水平方向の縮小とアスペクト比を維持した縮小による PSNR の差は小さくなり、あるサイズを境に優劣が逆転すると考えられる。実験結果より、評価実験に使用する縮小方向は水平方向を選択した。

4. 評価実験

4.1. 実験概要

提案手法の有効性を明らかにするため、従来手法と提案手法の符号化効率を比較する評価実験を行った。映像の動きの大小による提案手法への影響を検証するため、テスト映像 [4] として Cognac and Fruit (動きの小さい映像)、Skyscrapers (動きの大きい映像) を用いた。また、使用した入力画像は全てインタレース方式の画像である。提案手法は、1920×1080 画素の入力映像を 1440×1080 画素 (縮小率 75%) 及び 960×1080 画素 (縮小率 50%) に縮小して評価した。サイズ変換の補間方式と縮小方向は予備実験 1, 2 で決定した Lanczos 法、水平方向の縮小を用いた。また I ピクチャのみと、P, B ピクチャを用いた場合の GOP 構造で段階的に実験を行うことで、各ピクチャ

の提案手法の影響を評価した。詳しい実験条件を表 1 に示す。

表 1: 実験条件

テスト映像	Cognac and Fruit (動きが小さい) Skyscrapers (動きが大きい)
フレーム数	30 枚
量子化ステップ	2,4,8,12,16,20,24,28,32,40,48,60
補間方式	Lanczos 法
原画像サイズ	1920×1080 画素
縮小サイズ (縮小率 75%, 50%)	1440×1080 画素 960×1080 画素
GOP 構造	評価実験 1, (N,M)=(1,1) 評価実験 2, (N,M)=(15,1) 評価実験 3, (N,M)=(15,3)

4.2. 評価実験 1 (I ピクチャのみの場合)

空間圧縮のみを行う I ピクチャを用いて実験を行った。図 10, 11 に二つのテスト映像の実験結果を示す。実験結果より高ビットレートでは従来手法の方が符号化効率が高いが、あるビットレートを境に符号化効率の優劣が逆転することがわかった。(表 2) Cognac and Fruit ではビットレートが約 49Mbit/s のとき、Skyscrapers でのビットレートが約 73Mbit/s 以下のとき提案手法が優った。二つのテスト映像で提案手法の有効範囲に違いが現れた。これは各テスト映像の絵柄の違いであると考えられる。Skyscrapers

はフレーム全体が滑らかな画像であるため、圧縮が行われ易かったと考えられる。ただしこれは提案手法だけでなく従来手法においても同様の特性が現れるため、MPEG-2の特性であると考えられる。実験結果を縮小率で比較すると、縮小率が低いときの方がより低ビットレートで符号化効率が高いが、有効なビットレート帯域が狭いことがわかった。また縮小率が大きいときの方が、有効なビットレート帯域は広がるが、低ビットレートにおける符号化効率は縮小率が小さいときよりも低い結果が現れた。

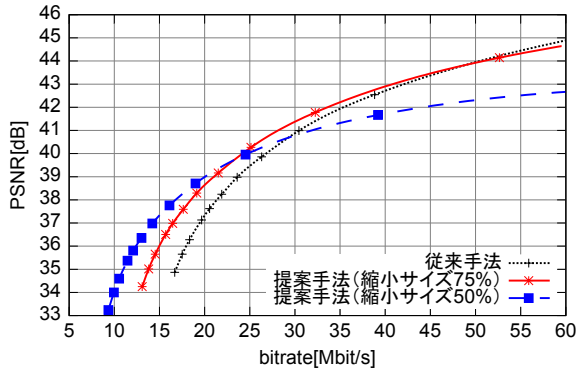


図 10: 評価実験 1 (Cognac and Fruit)

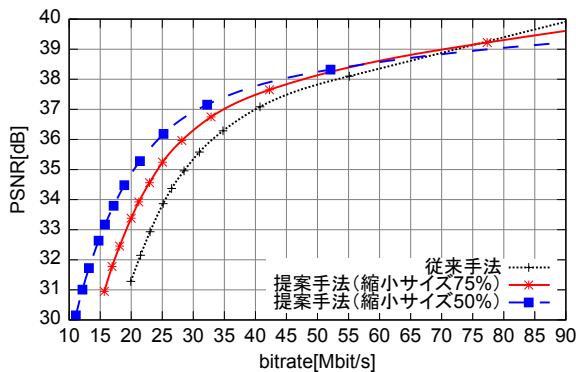


図 11: 評価実験 1 (Skyscrapers)

表 2: 優劣が逆転するビットレート (評価実験 1)

テスト映像	ビットレート [Mbit/s]	
	縮小率 75 %	縮小率 50 %
Cognac and Fruit	49	29
Skyscrapers	73	65

4.3. 評価実験 2 (P ピクチャを用いる場合)

GOP 構造を順方向動き補償予測を行う P ピクチャの含まれる構造 (N,M)=(15,1) に設定し評価実験を行った。実験結果を図 12, 13 に示す。評価実験 2 においても実験した全ての実験結果において高ビットレートでは従来手法の方が符号化効率が高く、あるビットレートを境に符号化効率の優劣が逆転する特性が得られた。(表 3) Cognac and Fruit では 4.2Mbit/s, Skyscrapers では 59Mbit/s と優劣の逆転するビットレートに大きな違いが現れた。特に Cognac and Fruit は提案手法の有効範囲が極端に狭かった。これは MPEG-2 符号化方式において使用されるマク

ロブロック (MB) の一つであるスキップ MB が原因であると考えられる。各テスト映像の従来手法における P ピクチャの MB タイプの使用率を表 4 に示す。Cognac and Fruit はスキップ MB の割合が多いことがわかる。このため、従来手法の符号化効率が高くなり画像縮小による情報量削減の効果が得られにくかったと考えられる。そのため Cognac and Fruit のような動きの小さい映像では提案手法は適用しにくいと言える。逆に Skyscrapers のような動きの大きい映像ではスキップ MB の数が少なく、従来手法での符号化効率が悪いいため、提案手法による符号化効率改善が期待できる。

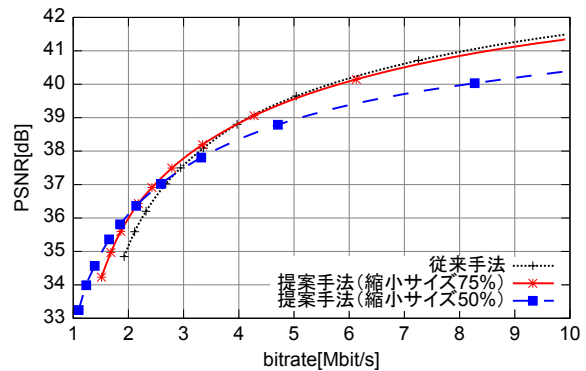


図 12: 評価実験 2 (Cognac and Fruit)

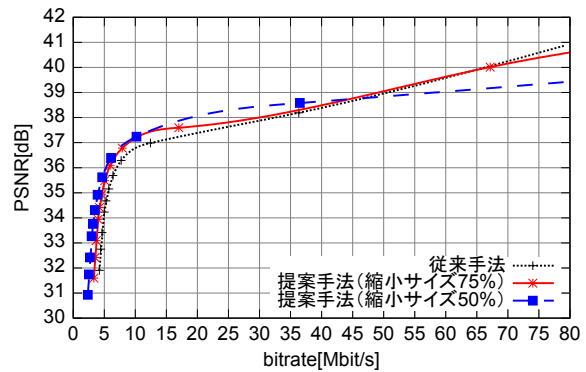


図 13: 評価実験 2 (Skyscrapers)

表 3: 優劣が逆転するビットレート (評価実験 2)

テスト映像	ビットレート [Mbit/s]	
	縮小率 75 %	縮小率 50 %
Cognac and Fruit	4.2	2.8
Skyscrapers	59	46

表 4: P ピクチャの MB タイプ (量子化ステップ 12)

テスト映像	スキップ MB [%]	順方向 MB [%]	ノン MC MB [%]
Cognac and Fruit	59.3	16.4	21.4
Skyscrapers	6.4	82.8	10.9

4.4. 評価実験3 (Bピクチャを用いる場合)

双方向動き補償予測を行うBピクチャを含むGOP構造(N,M)=(15,3)に設定して評価実験を行った。図14, 15に実験結果を示す。評価実験1, 2と同様に高ビットレートでは従来手法の符号化効率が高く、あるビットレートを境に提案手法が上回った。(表5) 評価実験2において提案手法の効果が低かったCognac and Fruitの提案手法の有効範囲が4.2Mbit/sから18Mbit/sへ広がったのがわかる。これはBピクチャの動き補償予測に関係があると考えられる。BピクチャはPピクチャよりもさらに情報を圧縮する双方向の動き補償予測が行える。またBピクチャのスキップMBの選択条件は、一つ前のMBと予測方向(順方向, 後方向, 双方向)と動きベクトルが同じ符号化不要のMBである。そのためBピクチャはPピクチャに比べスキップMBが選択されにくい。各テスト映像の従来手法におけるBピクチャのMBタイプ使用率を表6に示す。さらに評価実験3ではGOP構造(N,M)=(15,3)とBピクチャが多いため、評価実験2で提案手法の効果が低かったCognac and Fruitの符号化効率が改善されたと考えられる。それに対しSkyscrapersは評価実験2より提案手法の有効範囲が狭かった。これはBピクチャを含めて実験を行ったため従来手法の符号化効率が高まり、提案手法の有効範囲が狭くなったと考えられる。

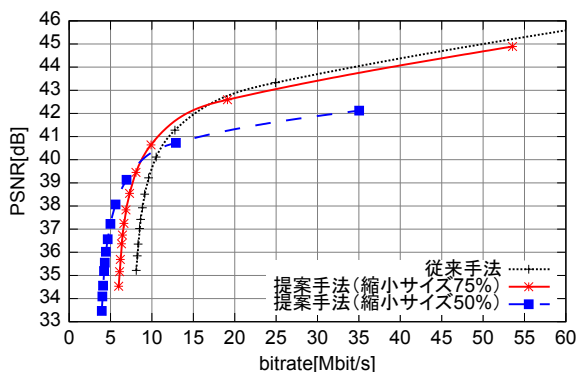


図14: 評価実験3 (Cognac and Fruit)

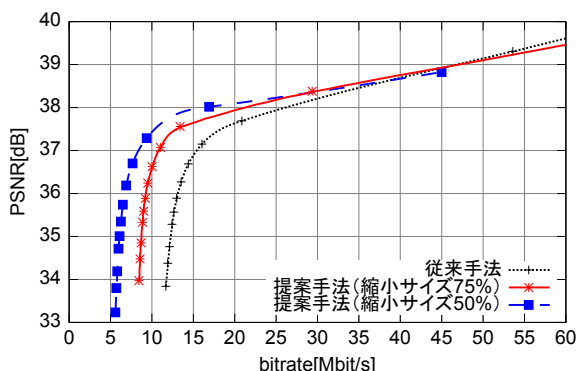


図15: 評価実験3 (Skyscrapers)

表5: 優劣が逆転するビットレート (評価実験3)

テスト映像	ビットレート [Mbit/s]	
	縮小率 75 %	縮小率 50 %
Cognac and Fruit	18	11
Skyscrapers	48	40

表6: BピクチャのMBタイプ (量子化ステップ12)

テスト映像	スキップMB[%]	順方向MB[%]	逆方向MB[%]	双方向MB[%]
Cognac and Fruit	0.6	18.5	33.1	47.4
Skyscrapers	1.0	12.1	18.5	68.4

5. 考察と検討

評価実験1ではIピクチャのみの実験であった。Iピクチャはフレーム間予測を行わないため、スキップ

MBが存在しない。そのため、実験した全てのシーケンスにおいて、高ビットレートで従来手法を上回る符号化効率を得た。評価実験2では順方向動き補償予測のみを行うPピクチャを含めて評価実験を行った。Pピクチャでは背景のような動きのない領域はスキップMBを選択するため、その領域は符号量が0となる。そのため全体的に動きの多いテスト映像では提案手法が有効であったが、動きの少ないテスト映像では情報を削減できるMBが少なく、提案手法による符号化効率改善は低ビットレート帯域でしか行われなかった。評価実験3ではBピクチャを取り入れたGOP構造で評価実験を行った。BピクチャはPピクチャと比べ、スキップMB以外で情報量圧縮を行うためスキップMBが選ばれにくい。そのため、提案手法では実験2において有効性の低かった動きの少ない映像での符号化効率が改善された。また縮小率と提案手法の有効性の関係を見ると、今回実験した全ての結果において縮小率を小さくするほど低ビットレートで有効であった。縮小率を小さくし情報を削減するほど縮小による画質劣化が生じるが、その分符号化による圧縮率を低減することができるため、本手法は低ビットレートになるほど効果が高いと考えられる。

6. おわりに

本研究では、MPEG-2符号化方式における画像サイズの縮小と拡大を組み合わせた映像圧縮による性能改善手法を提案した。評価実験より低ビットレートで従来手法を上回る符号化効率を得た。今後の課題として、各ビットレート帯域に合わせた最適な縮小率の検討、テスト映像の特徴を考慮した縮小率の決定が挙げられる。またH.264やHEVCへの本提案手法の適応と比較が考えられる。なお本研究はJSPS科研費24560460の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] MPEG Software Simulation Group(MSSG)
- [2] 増田将宣, 等高線表現に基づく画像の補間, 北陸先端科学技術大学院大学, 修士論文, 2001
- [3] 福井大樹, 特性可変な2次フルーエンシDA函数による画像高解像度化手法についての研究, 筑波大学, 修士論文, 2011
- [4] 映像情報メディア学会「ハイビジョン・システム評価用標準動画」