

研究報告書

「大規模画像データの潜在情報抽出に基づく画像生成」

研究タイプ: 通常型

研究期間: 平成 20 年 10 月～平成 26 年 3 月

研究者: 島野 美保子

1. 研究のねらい

人間の目に直接は見えないものを見る技術が実現するならば、我々は何を見たいと思うか。見るターゲットは、自ずと、個人で容易に詳細を観察できる物ではなく、関心のある物や遠く離れたあんな場所のこんな状況等になるだろう。ただし、「もっと明るい画を見たい」、「もっとぶれの少ない画を見たい」、「もっと詳細に見たい」等、ユーザの所望する様々な撮影条件における物体の見えを、個人が容易に観測することは難しい。そこで、ユーザ本人による撮影条件の制御はできないけれども、web 上にあるような多様で大量の画像や映像データを利用することにより、大規模標本から情報を抽出し、対象画像の不定性や欠落情報を補完する技術が有効であると考えられる。これらは、従来のように特殊な撮影システムを使用して撮影条件を制御することなく、新たな情報・知識の創出を実現する有用な技術である。本研究では、上記のような非制御下の画像・映像データを利用し、ユーザの所望する元画像・映像の画質を向上させた画像・映像を生成する技術の確立を目指す。

2. 研究成果

(1) 概要

物理モデルと非制御下の画像・映像データの統計的学習の融合により、画質を向上させた画像・映像の生成を実現した。本研究の主な成果は、大きく下記3つに分けられる。

- 1) 高時間分解能化映像の生成
 - 2) 高画質化の統合、および学習辞書の強化
 - 3) 高画質化によって得られる情報の映像圧縮への利用
- 以下にそれぞれの詳細について述べる。

(2) 詳細

研究テーマ A「高時間分解能化映像の生成」

web 上での映像ストリームの増加、個人撮影も簡便になった昨今の状況を鑑み、映像をターゲットにした「映像の高画質化」に着目した。映像の高画質化としては2つの捉え方ができる。即ち、画質を向上させたフレーム画像の連続とみなし、フレーム単位で静止画像ベースに考える方法と、映像固有の画質改善をする方法である。今回はこの映像固有の画質改善を試み、「動きぶれを含む映像から、動きぶれを低減した高時間分解能映像の生成」に取り組んだ。

高フレームレート化には、フレーム補間と高時間分解能化の2種類がある(図1)。フレーム補間は、1フレーム時間よりも短い露光時間で撮影した短露光映像に対し、補間フレームを生

成する従来手法である。十分な光量がある晴れた日等は、このような短露光で動きぶれを少なく撮影することが可能である。一方、曇りや屋内、夜間のシーンでは、光量が少なく、露光時間を長くとした連続露光で撮影するため、どうしても動きぶれを含む映像になる場合が多い。こうした連続露光映像を高フレームレート化するには、1つのフレームを分解して高時間分解能化をする必要がある。従来のフレーム補間方式では実現できない、露光時間を分割するようにフレームを分解することにより、低時間分解能映像から動きぶれを低減した高時間分解能映像を生成するアルゴリズムを提案した。

低時間分解能フレームから高時間分解能フレームへの分解の仕方には、無数の解が存在する。本研究では「高時間分解能映像の動きぶれは、低時間分解能映像の動きぶれと自己相似の関係にある」という点に着目し、この高時間分解能化におけるフレーム分割の不定性を、自己相似性を利用することにより解決することを目指した。まず、異なる時間分解能映像間における自己相似な事例データに基づく事前確率を導入し、且つ、生成した映像と入力映像との整合性がとれるよう、各フレームの露光時間は連続的であるという映像復元条件を課すこととした。このもとに、最大事後確率推定によって高時間分解能映像の復元を実現した。実映像を用いた実験により、提案手法で、元の低時間分解能映像との整合性を崩さずに、動きぶれを低減した高時間分解能映像を復元できること、また従来のフレーム補間手法に比較して精度良く復元することに成功した(図2)。

研究テーマB「高画質化の統合、および学習辞書の強化」

時間方向に加え、同時に空間方向の超解像化をも行う高解像度化を実現した。更に、上記の新しい高時間分解能化および空間高解像度化アルゴリズムに加えて、複数枚の候補パッチを利用した古典的な高解像度化との組み合わせも試行した。これは、自己相似性を利用した高解像度化と古典的な高解像度化の二段階の高解像度化処理を行うことによって、高解像度化の拡大率を数倍向上させることを目的として実装したが、処理時間の増加に比較して格段の精度向上には至らなかった。また、高階調化への拡張も行い、且つ高時間分解能化、空間高解像度化、高階調化という複数の高画質化を同時に行える統合化を実現した。

また、大量の画像や映像を事例データとして利用する場合、データベース量が多くなればなるほど精度の向上も期待できるが処理時間も増加する。上記高画質化アルゴリズムにおいて

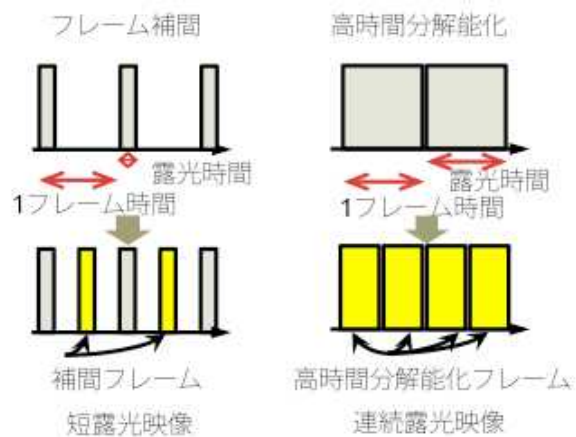


図 1

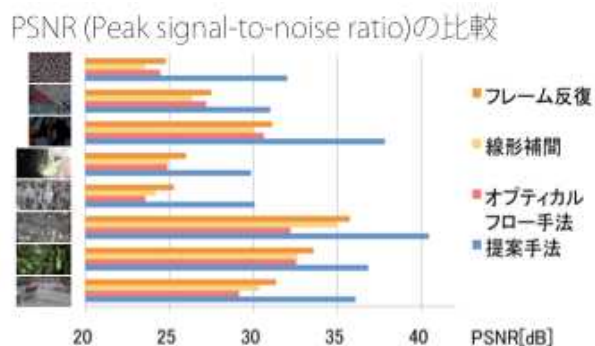


図 2

も、自己相似事例データベースに基づく事前確率を求める際のk最近傍探索として、高速化した近似最近傍探索アルゴリズムを使用する等の工夫を行っている。今回は更に、以下の2項目についてアルゴリズムの改良を行った。1つは、画像の濃淡パターンそのものではなく、特徴量を抽出し利用する処理を、2つめは、学習アルゴリズムとして、基底の疎な線形結合によって表現できるスパースコーディングの導入を行った。これによって、より大量の画像や映像をデータベースとして利用することが可能になり、且つ推定処理において高速化を計ることが可能になった。

研究テーマ C「高画質化によって得られる情報の映像圧縮への利用」

昨今、ユーザがサーバーからビデオストリーミングを受け取り、再生するというネットワークストリーミングが、著しく広がりつつある。このような状況で高時間分解能化を実現する場合、このネットワークストリーミングを担う映像符号化技術の利用は不可欠である。そこで、研究開始当初は考えられていなかった、高時間分解能映像における映像符号化技術の開発も研究課題に追加した。

従来の映像符号化は、元映像と同画質の映像を再生できるよう、画質劣化無く高効率に伝送することを目的とする。本研究提案は、これに対し、元映像が動きぶれを含むような低画質の映像であっても、ユーザ側には元映像よりも高画質の映像を提供するというものであり、初の試みである。伝送量には制限があるため、画質を改善しつつ高効率に伝送できるよう、トレードオフの関係にある符号量と画質を最適化する圧縮方法を提案した。

本研究では、フレーム毎に時間分解能と量子化パラメタ(QP)の最適な組み合わせを最短経路探索問題として求めるという方法を発案した。研究テーマ A で開発した異なる時間分解能映像間の特性である自己相似性を利用した高時間分解能化の技術と映像符号化技術を融合することにより、高い圧縮効率を実現した。更に、時間分解能と QP のコスト単調性に基づいた高速な探索を可能にした。実映像を用いた評価実験により、提案手法が PSNR で、その他の非適応的手法に比べて最大 1.3dB 上回ることを確認した。

3. 今後の展開

高画質化を行う学習アルゴリズムについては、検討の余地が残っている。具体的には、学習を行う際のより高画質化に有効で且つ効率的な特徴抽出方法、学習辞書の拡充方法、オンラインにおける辞書登録方法等があり、今後はこれらによる画質改善技術の性能向上に取り組む予定である。

高時間分解能映像における映像符号化についても、時間分解能によって最適化することの効果を確認できたため、今後はより個別の映像に合わせ、フレーム画像内のブロック単位で符号量と画質特性を最適化する方法について検討していく。また、時空間方向についても適応的に符号量と画質特性を最適化する方向性も有効と考える。今回は高時間分解能映像における映像符号化を提案したが、本研究を映像の画質改善に留まらず、より一般の画像処理や付随情報を利用する方法へと拡張することで、適用範囲が広がると考える。

実社会において、本研究の高画質化映像の生成、および高画質化映像の映像符号化について、例えば、skype 等のインターネットテレビ電話、映像配信(災害時など低容量しか送れな

い状況等)、スマートフォン、監視カメラ、衛星映像等のような応用例が挙げられる。時々刻々と大量のデータのやりとりが行われている現在、本研究は、このような情報の大規模化と限られたハードやネットワーク容量とのせめぎ合いを解決する有効な手段になり得る。更に、上記の技術等によりデータ容量を節約することは、エネルギー資源の節約を考える上でも非常に重要であり、この点においても人類社会の役に立つ有意義な技術になると考える。

4. 評価

(1) 自己評価

映像の高時間分解能化を実現する物理モデルと非制御下の画像・映像データの統計的学習を融合した核となるアルゴリズムを提案できたことから、当初目的を達成したと考える。また、高時間分解能化を発展させ、空間高解像度化、高階調化、およびそれらを組み合わせた高画質化の統合へと拡げることができた。従来考えられていなかった、映像において露光時間を分割するようにフレーム画像を分解するという新しい問題に取り組んだ本研究が評価され、コンピュータビジョン分野の最新技術を集約した本”Advanced Topics in Computer Vision”(Springer)に掲載されるに至った。

アドバイザーの先生や領域メンバーとの交流を通じ、専門分野外にまで視野を広げられたことで、当初目標にとどまらず、画質改善映像の符号化という発展形へと進めることができた。本研究の映像符号化分野における新しい着想も認められ、主要国際会議での採択に至った。

高時間分解能映像の生成、及びそれらの映像符号化のどちらも、提案技術のみでなく、新たなパラダイムを創出したという着眼点も評価された点は満足している。今後も本研究によって得られた問題点を解決すべく、他研究分野との交流の継続により様々な観点から考えつつ、研究を続けていく所存である。

(2) 研究総括評価(本研究課題について、研究期間中に実施された、年2回の領域会議での評価フィードバックを踏まえつつ、以下の通り、事後評価を行った)。

大規模画像データを使った物理・統計的画像モデリングと個別の静止画像から得られる情報とを組み合わせ、「反射モデル技術を用いた画像認識」という独自の技術に基づき、少数の画像から任意の状況下での画像合成技術を提案していた。

物理モデルと非制御下の画像・映像データの統計的学習の融合により、高時間分解能化映像の生成、高画質化の統合と学習辞書の強化、高画質化によって得られる情報の映像圧縮への利用の面で、画質を向上させた画像・映像の生成を実現している。

さきがけ期間を通じ、映像において露光時間を分割するようにフレーム画像を分解するという独自の技術を磨き上げ、コンピュータビジョン分野の最新技術を集約した書籍への記事掲載、国際会議での採択等に至ったことは評価できる。

5. 主な研究成果リスト

(1) 論文(原著論文)発表

1. Mihoko Shimano, Takahiro Okabe, Imari Sato, and Yoichi Sato, “Video temporal

super-resolution based on self-similarity”, Proc. ACCV 2010 (LNCS 6492), pp.93-106, 2010.

2. 島野美保子, 岡部孝弘, 佐藤いまり, 佐藤洋一, “自己相似性に基づく高時間分解能映像の生成”, 電子情報通信学会論文誌 D, Vol.J94-D, No.8, pp.1376-1386, 2011.

3. Mihoko Shimano, Gene Cheung, and Imari Sato, “Adaptive Frame and QP Selection for Temporally Super-Resolved Full-Exposure-Time Video”, Proc. ICIP 2011, pp.2253-2256, 2011.

4. 島野美保子, 岡部孝弘, 佐藤いまり, 佐藤洋一, “自己相似性に基づく高時間分解能映像の生成”, 画像の認識・理解シンポジウム(MIRU2010) 論文集, pp.699-706, 2010.

5. Mihoko Shimano, Gene Cheung, and Imari Sato, “Compression using Self-similaritybased Temporal Super-resolution for Full-exposure-time Video”, Proc. ICASSP 2011, pp.1053-1056, 2011.

(2)特許出願

研究期間累積件数: 1件

1.

発明者: 島野美保子、佐藤洋一、岡部孝弘、佐藤いまり

発明の名称: 高時間分解能映像の生成方法及び装置

出願人: 東京大学、国立情報学研究所

出願日: 2010/11/5

出願番号: P2010-248157

(3)その他の成果(主要な学会発表、受賞、著作物、プレスリリース等)

著書

1. Mihoko Shimano, Takahiro Okabe, Imari Sato, and Yoichi Sato, “Video temporal super-resolution based on self-similarity”, invited book chapter in Advanced Topics in Computer Vision, Springer, 2013.

その他の学会発表

2. 島野美保子, チョンジーン, 佐藤いまり, “自己相似性を用いた適応的な時間分解能選択に基づく映像符号化”, 画像の認識・理解シンポジウム(MIRU2011) 論文集, pp.1629-1636, 2011.

3. 島野美保子、岡部孝弘、佐藤いまり、佐藤洋一、“事例に基づく高時間分解能映像の生成”, 画像の認識・理解シンポジウム(MIRU2009) 論文集, pp. 1103-1109, July 2009.