

超解像任意視点映像生成技術の研究開発 (101703007)

Research and Development of Super-Resolved Free-Viewpoint Image Synthesis

研究代表者

苗村 健 東京大学

Takeshi Naemura The University of Tokyo

研究分担者

高橋 桂太[†]

Keita Takahashi[†]

[†]電気通信大学 (現: 名古屋大学)

[†]The University of Electro-Communications (Currently Nagoya University)

研究期間 平成 22 年度～平成 24 年度

概要

超解像処理と任意視点映像生成処理を融合した新しい映像生成の枠組みを構築し、低解像度の入力多視点映像から、高解像度の任意視点映像を生成することを可能にする技術を開発する。超臨場感通信において本提案の技術を用いることにより、遠隔地に伝送する多視点映像が低解像度であっても、受信側で映像を高解像度化できるようになるため、伝送帯域の実質的な圧縮が可能になる。さらに、多数の視差像(観察者の視線方向に応じた見え方の異なる像)を表示できる三次元・立体ディスプレイへの実写コンテンツの表示手段として、高画質の任意視点映像生成技術が強く望まれており、本提案はそのニーズに応える研究開発である。

1. まえがき

任意視点映像生成とは、複数の視点において撮影された実写映像を入力として、実際には撮影されていない新たな視点から見た映像を自在に合成する技術である。この技術を通信と組み合わせれば、遠隔地の観察者に対して、三次元的な実在感や臨場感を伝えることが可能になる。したがって、任意視点映像生成は、超臨場感通信の発展に不可欠な要素技術である。しかしながら、従来技術による任意視点映像の画質は必ずしも十分に高くなく、特に十分な解像感を得ることができないという限界があった。

そこで本研究開発では、超解像処理と任意視点映像生成処理を融合した新しい映像生成の枠組みを構築し、低解像度の入力多視点映像から、高解像度の任意視点映像を生成する技術の実現を目標として掲げた。超解像処理は、同一の対象を撮影した複数枚の低解像度画像から、より解像度の高い鮮明な画像を得る技術であり、近年、動画の高解像度化などへの応用がなされている。我々の提案は、超解像処理を新たに任意視点映像生成へと適用するものであるが、任意視点映像生成では多視点映像(すなわち、同一対象を撮影した複数枚の画像)が入力として与えられるため、この適用は理にかなっていると考えた。

我々の提案は、任意視点映像生成における従来の枠組みを拡張するものと位置づけられる。ほとんどの従来手法では、入力多視点画像の重み付け和を取ることで、目的とする画像を合成していたため、原理的に解像度の低下を避ける事ができなかった。一方、我々の提案は、この合成における重み付け和処理を適応的に超解像に置き換えることで、入力画像の情報をより効率的に活用するものである。

我々の提案は実用的な側面も持つ。超臨場感通信において本提案の技術を用いれば、遠隔地に伝送する多視点映像が低解像度であっても、受信側で映像を高解像度化できるため、伝送帯域の実質的な圧縮が可能になる。さらに、多数の視差像(観察者の視線方向に応じた見え方の異なる像)を表示できる三次元・立体ディスプレイへの実写コンテンツの表示手段として、高画質の任意視点映像生成技術が必要とされており、本提案はそのニーズにも沿っている。

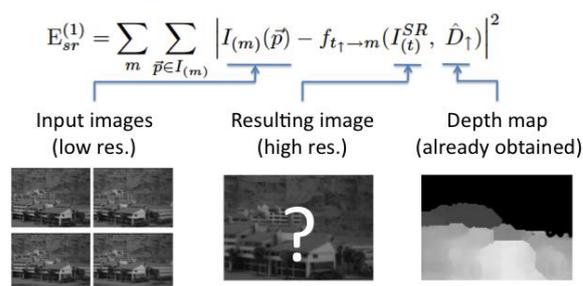


図 1 超解像による自由視点映像生成の概要

2. 研究開発内容及び成果

まず、本研究開発では、再構成型超解像の枠組みを、任意視点映像生成に適用する手法を開発した(誌上発表リスト[1])。任意視点映像生成においては、低解像度画像同士の位置合わせは、奥行き推定と等価になる。この奥行き推定は、サブピクセル精度の位置合わせを可能にする精度で正確に行う必要があるが、被写体の境界部分はオクルージョンの影響を受けて精度が制限される。そこで、本研究では、奥行き情報の信頼度を考慮に入れた再構成型超解像のモデルを立てて、画面内に位置合わせが不正確な部分があっても、安定に問題を解ける手法を開発した。

提案手法の概念図を図 1 に示す。再構成型超解像では、目的とする高解像度画像から低解像度の観測画像が生成されるモデルを考え、そのモデルを満たすような高解像度画像を推定する。この生成モデルでは、高解像度画像と低解像度画像の解像度の違いだけではなく、観測視点位置の違いも考慮しつつ、画像同士のサブピクセル精度での画素の対応関係(位置合わせ)を記述する。提案手法では、画素レベルの奥行き情報を用いることで、この対応を得ている。この生成モデルに加えて、奥行き情報の画素レベルの信頼度情報を考慮した正則化を用いるのが、提案手法のフレームワークである。

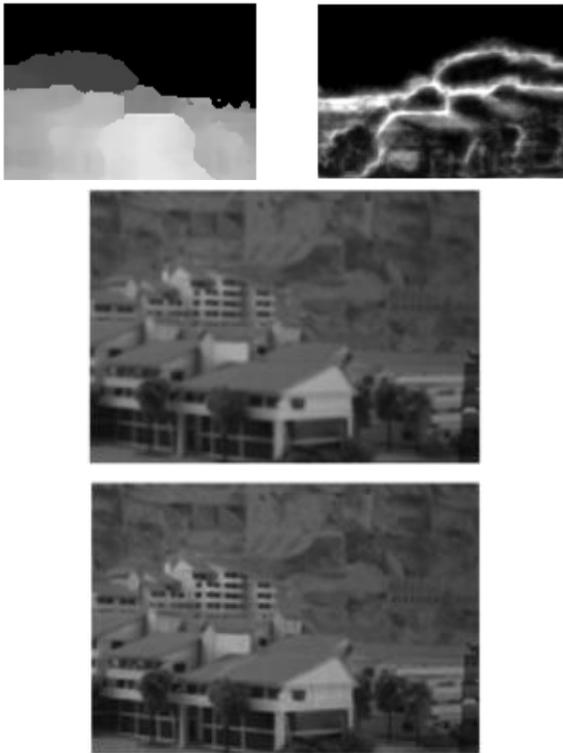


図3 超解像自由視点映像生成の処理例。
左上より、デプスマップ、信頼度マップ、
重み付け和による合成、提案手法による合成

提案手法による処理結果の例を図2に示す。ここに示すのは、正方格子状に配置された4視点で撮影された160×120画素の入力画像をもとに、新しい視点から見た合成画像を320×240画素で生成した結果である。提案手法では、処理の過程で、奥行き情報を表すデプスマップと、その情報の画素毎の確からしさを表す信頼度マップが生成される。信頼度マップでは、輝度が高いほど信頼度が低いことを表しており、図から物体の境界部分で特に信頼度が低いことがわかる。提案手法による最終的な合成結果を、従来手法である、入力画像の重み付け和による合成結果と比較すると、超解像の導入により、画像の鮮明度が大幅に向上していることがわかる。この画質向上は、様々な実験により、定量的にも確認できている。

提案手法では、奥行き推定を高精度に行う必要がある、かつ、再構成演算にも膨大な計算量を必要とする。これらの処理をリアルタイムで行うため、GPGPU（グラフィックスプロセッサを汎用計算の並列高速化に用いる技術）による実装にも取り組んだ(誌上発表リスト[3])。提案手法で行う計算の多くは並列化が可能であるため、GPGPUの適用により、処理の大幅な効率化が達成できた。表1に、GPGPUを適用した場合としない場合との、自由視点映像を1枚合成するために要する計算時間の比較を示す。

Input size	Output size	Processor	Total
160x120	320x240	CPU	3,306 ms
		CPU+GPU	88 ms
320x240	640x480	CPU	13,564 ms
		CPU+GPU	255 ms

表1 CPUとGPUによる処理時間の比較

GPUの活用により約40～50倍の高速化が達成できている。

また、提案手法における超解像処理は、入力カメラのレイアウトにより、その安定性が影響を受けることが明らかになった。本研究開発では、その安定性に関する数理的な解析も合わせて行い、論文として発表した(誌上発表リスト[2])。

3. 今後の研究開発成果の展開及び波及効果創出への取り組み

近年のディスプレイの高画素化に伴い、放送通信分野において、超解像技術は重要なテーマとして認識されつつある。また、三次元ディスプレイ技術の進歩に伴い、実写コンテンツを任意な視点から自在に出力できる任意視点映像生成技術は、不可欠なコア技術となるポテンシャルを持っている。「超解像」と「任意視点映像」を組み合わせる我々のアプローチは、「高画質かつ三次元」を目標に掲げる超臨場感通信の発展のために重要な貢献となり得る。今後も、一層の高みを目ざして継続的に取り組んでいく所存である。また、周辺分野の研究者との連携により、さらなる応用の可能性を探り、波及効果創出に取り組みたい。

本研究開発の成果を踏まえ、具体的には、主に以下の2つの方向へ研究開発を展開している。まず、超解像を組み込んだ任意視点映像生成の実用性を示すため、多眼映像の取得から映像の生成提示までをリアルタイムで行うシステムの開発に取り組んでいる。さらに、本研究開発課題では再構成型超解像のみを対象としたが、超解像のもう一つの代表的アプローチである学習型超解像を任意視点映像生成に組み込む手法についても検討したい。

4. むすび

超臨場感通信において任意視点映像技術が普及するためには、本研究開発で取り組んだ解像度の問題のほかにも、解決すべき課題は多い。より魅力ある三次元映像技術の実現をめざし、さらなる研究開発の継続が必要である。

【誌上発表リスト】

- [1] Keita Takahashi, Takeshi Naemura: "Super-Resolved Free-Viewpoint Image Synthesis Based on View Dependent Depth Estimation," IPSJ Transactions on Computer Vision and Applications (TCVA), Vol. 4, pp. 134-148 (2012.10)
- [2] Ryo Nakashima, Keita Takahashi, Takeshi Naemura: "Theoretical Analysis of Multi-View Camera Arrangement and Light-Field Super-Resolution," IPSJ Transactions on Computer Vision and Applications (TCVA), Vol. 4, pp. 119-133 (2012.10)
- [3] 浜田 宏一、高橋 桂太、苗村 健: "超解像自由視点画像合成の高速化実装", 映像情報メディア学会誌 Vol. 66, No. 10, pp. J385-J394 (2012.10)

【申請特許リスト】

- [1] 苗村 健、浜田 宏一: "超解像方法および装置", 特願 2012-126529、日本 (2012.6.1)

【報道掲載リスト】

- [1] "苗村研究室「超解像自由視点画像合成システム」を開発", 東京大学大学院情報理工学系研究科ニュース、(2013.6.11)
http://www.i.u-tokyo.ac.jp/news/pdf/news_20130611.pdf

【本研究開発課題を掲載したホームページ】

- <http://nae-lab.org/~keita/www/research/srfvs.html>