

高倍率・高精細を実現する 事例ベースの学習型超解像方式

仙田 修司・柴田 剛志・池谷 彰彦

要 旨

「超解像」は、解像度の低い画像から鮮明で解像度の高い画像を復元する手法です。高解像画像に正しく復元するには、低解像画像では失われている高周波成分を何らかの手段で推定する必要があります。本稿では、大量の学習用画像を「パッチ」と呼ばれる小領域に分割し、低解像画像と高解像画像との関係をパッチ単位で蓄積する事例ベースの学習型超解像について述べます。実験結果によって、特に文字や人間の顔など特定の被写体に対して大きな効果があることを示します。

キーワード

●超解像 ●学習 ●事例ベース ●パッチ ●画像復元

1. まえがき

超解像技術は、解像度の低い画像（低解像画像）から、鮮明で解像度の高い画像（高解像画像）に復元する手法であり、カメラで撮影された映像などを高精細化するために広く用いられています。高解像画像に正しく復元するには、低解像画像では失われている高周波成分を何らかの手段で推定する必要がありますが、その手段として、被写体に関する情報をあらかじめ学習しておくことを「学習型超解像」と呼びます。

学習手法には、モデル関数のパラメータを求める回帰ベースの手法と、サンプルをそのままモデルとする事例ベースの手法の2種類があります。回帰ベースの手法は、汎化性が高くさまざまな被写体に対応できるものの、複雑なモデルは扱えないために超解像の拡大率（低解像画像と高解像画像の大きさの比率）を大きくできません。それに対して事例ベースの手法は、大量の学習用画像を「パッチ」と呼ばれる小領域に分割してそのまま利用するため、適用分野をうまく限定できれば、拡大率の非常に大きい超解像が実現できます。

本稿では、文字や人間の顔など特定の被写体に対して、高倍率な高解像画像が復元可能な事例ベースの学習型超解像方式を提案します。本手法の特長は、微小な位置ずれ・ぼけ量のずれにはデータを増やした学習で、微小な変形には重み付き距離・合成でそれぞれ対処するため、効率と性能のバランスが良く、被写体が限定できる場合には大きな効果を発揮します。提案手法によって、例えば、監視カメラに映った低解

像度の車のナンバープレートが判読可能になるなど、従来の超解像処理では難しかった高倍率かつ高精細な画像復元が可能になります。近年、監視カメラの設置台数は増え続けており、記録された膨大な映像をビッグデータとして解析することが求められています。提案する超解像技術は、広域監視を目的とした低解像画像を、機械もしくは人が解析可能な高解像画像に変換する処理として大きく期待されています。

2. 提案手法

提案手法は、高解像画像と低解像画像から切り出したパッチのペアを学習データとして辞書に格納する辞書作成フェーズと、辞書から入力画像に適合するパッチを探索して高解像画像を合成する超解像フェーズから構成されます。

2.1 辞書作成フェーズ

辞書作成フェーズでは、大量にある学習用の高解像画像から、微小な変化によって複数種類の低解像画像を生成し、それぞれから切り出した高解像パッチと低解像パッチのペアを辞書に格納します（図1）。

高解像画像から低解像画像を生成するには、高解像画像を一定量だけぼかした後に、一定間隔おきに画素を取り出します。例えば、3倍の超解像を行う場合、標準偏差1.5画素のガウスぼかしを行った後、3画素おきに画素を取り出すことで1/3

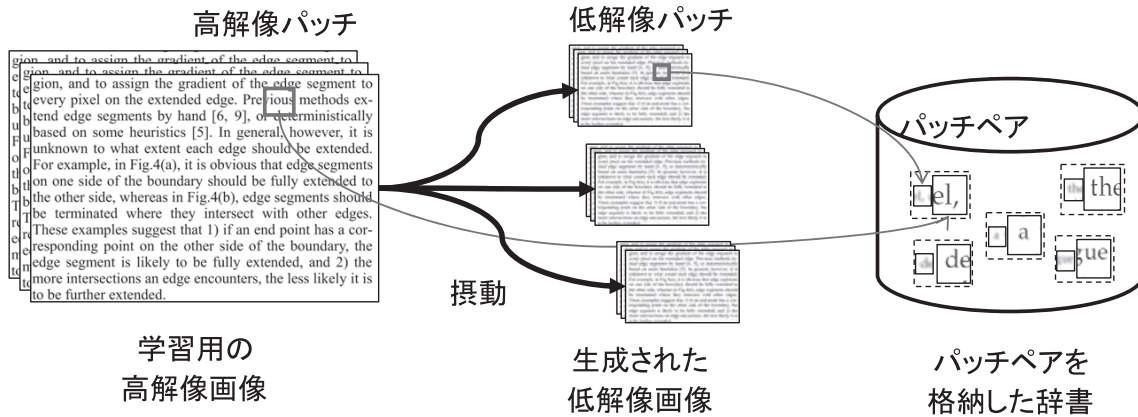


図1 辞書作成フェーズ

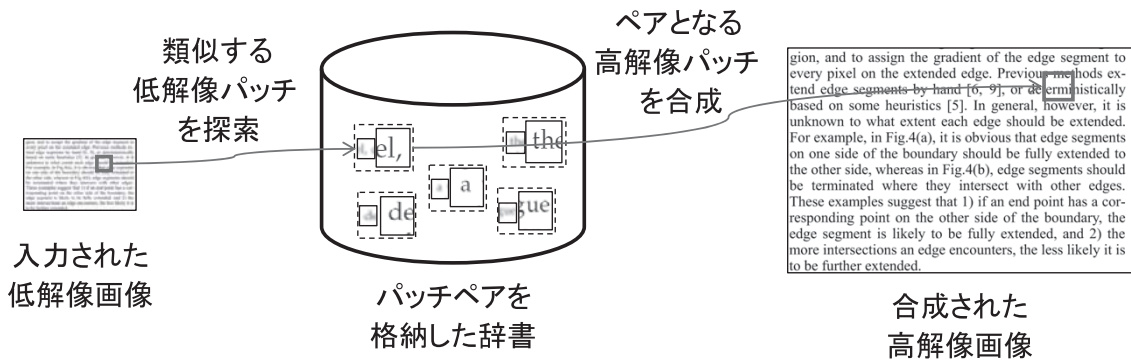


図2 超解像フェーズ

倍の低解像画像が生成されます。ぼかし量はカメラの設定などによって異なるため、1.5画素、1.875画素、2.25画素の3種類にするなどして微小に変化させることで、さまざまな入力画像に対応できるようにしています。また、3画素おきに画素を取り出す際にも、どの位置を基準とするかによって微小な位置ずれが起こるため、例えば縦横2種類で計4種類の微小に異なる位置から取り出しています。これらの微小な変化を組み合わせるため、ぼかし量3種類、ずれ量4種類の例では、1枚の高解像画像から計12枚の低解像画像が生成されます。

パッチペアは、低解像画像から切り出した低解像パッチ（例えば5×5画素）と、それに対応する位置にある高解像パッチ

（3倍拡大の場合15×15画素）を組にしたもので、これをそのまま辞書に格納します。あらゆるパッチペアを格納しようとすると、その数は数百万組以上と膨大になるため、類似したパッチを削除することで辞書サイズの肥大化を抑制しています。

2.2 超解像フェーズ

超解像フェーズでは、入力画像から低解像パッチを切り出し、それに最も類似するパッチを辞書から探索し、探索された高解像パッチを使って高解像画像を合成します（図2）。

低解像パッチの探索では、明るさによる影響を回避するため、

パッチを明度値のベクトルとみなして、そのノルムで割ることで正規化します。また、微小な変形に頑健な比較とするため、パッチ中心から遠くなるほど重みが小さくなるような重み付きユークリッド距離によってパッチ間の距離を計算し、最小距離のものを類似パッチとします。探索したパッチペアの高解像パッチを貼り合わせることによって、高解像画像を合成します。この場合も低解像パッチと同様に、パッチ中心から遠くなるほど重みが小さくなるような重みを付けるとともに、入力画像の低解像パッチの平均値に合わせた明るさ補正を行います。このような低解像パッチの探索と高解像パッチの合成を画素単位で独立して行い、すべての結果を重み付きで合成することで超解像結果である高解像画像が得られます。

なお、辞書に格納したパッチの数が非常に多いため、パッチ探索は時間が掛かります。そこで、あらかじめノルムで正規化して重みをかけた低解像パッチを「k-means tree」と呼ばれるツリー構造に格納しておくことで、高速な近似最近傍探索を行っています。

3. 実験結果

提案手法の有効性を示すため、実際にカメラで撮影した低解像度な文書画像、ナンバープレート画像、顔画像に提案手法を適用した結果を示します。

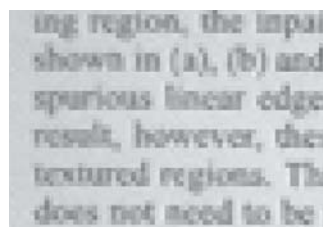
3.1 文書画像

学習用の高解像画像として、フォーマットがおおまかに統一された英文予稿集の50ページ分を用い、PDF形式の電子データを150dpiで画像に変換しました。実験に用いた低解像画像は、同一の予稿集の学習に用いていないページを印刷し、Webカメラで50dpi相当となるように正面から撮影しました。提案手法によって3倍超解像を行った結果を図3に示します。カメラによるノイズやぼけ量が正確には分からない画像であるにもかかわらず、精細かつ正確な復元が実現できています。このように、フォントや文字種類の限定が強い状況においては、提案手法は非常に有効です。

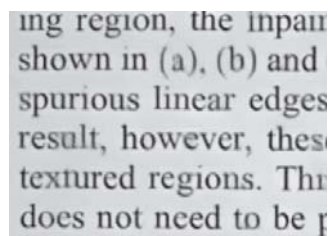
3.2 ナンバープレート画像

次に、車のナンバープレートに適用した結果を示します。

学習用の高解像画像として、2,000枚のナンバープレート画像（大きさを統一）を用いて辞書を作成しました。また、実験に用いた低解像画像はデジタルカメラで遠距離から撮影したものです。提案手法によって8倍超解像を行った結果を図4に示します。原画像は13×7画素しかありませんが、車のナンバープレートであるという知識を辞書として活用することで、4桁の数字部分については正確に復元されています。



原画像

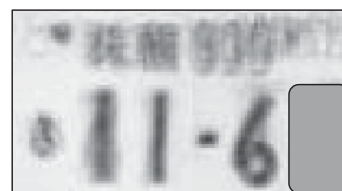


超解像結果(3倍)

図3 文書画像への適用結果



原画像



超解像結果(8倍)

図4 ナンバープレート画像への適用結果



原画像



超解像結果(4倍)

図5 顔画像への適用結果

3.3 顔画像

最後に、顔画像に適用した結果を示します。学習用の高解像画像として、450人分の顔画像（大きさを統一）を用いて辞書を作成しました。また、実験に用いた低解像画像はデジタルカメラで遠距離から撮影したものです。提案手法によって4倍超解像を行った結果を図5に示します。他人の顔画像から学習したパッチを利用しているにもかかわらず、目や口などの微細な部分が復元されていることが分かります。

4. むすび

被写体を限定することで、高倍率な高解像画像に復元可能な、事例ベースの学習型超解像方式を提案しました。提案手法は、微小な変化による学習と重み付き検索・合成に特長があり、文字や顔といった被写体に対しては、効率よく高倍率・高精細な超解像処理が行えます。文書画像、ナンバープレート画像、顔画像のそれぞれに適用した結果から、提案手

法の有効性を示しました。

今後の課題として、未学習データへの対応や処理の更なる効率化などが挙げられます。

参考文献

- 1) 田口安則, 小野利幸, 三田雄志, 井田孝: “画像超解像のための閉ループ学習による代表事例の学習方法,” 電子情報通信学会論文誌D, Vol.J92-D No.6, pp.831-842, 2009.6
- 2) 柴田剛志, 池谷彰彦, 仙田修司: “サブピクセルシフト振動による学習型超解像,” 画像の認識・理解シンポジウム (MIRU2012)

執筆者プロフィール

仙田 修司
中央研究所
C&Cイノベーション推進本部
エキスパート

柴田 剛志
中央研究所
情報・メディアプロセッシング研究所

池谷 彰彦
中央研究所
情報・メディアプロセッシング研究所
主任

関連URL

NEC、広域映像監視を実現する超解像技術を開発:
<http://www.nec.co.jp/press/ja/1112/1401.html>

NEC 技報のご案内

NEC 技報の論文をご覧くださいありがとうございます。
ご興味がありましたら、関連する他の論文もご一読ください。

NEC技報WEBサイトはこちら

NEC技報(日本語)

NEC Technical Journal(英語)

Vol.65 No.2 ビッグデータ活用を支える 基盤技術・ソリューション特集

ビッグデータ活用を支える基盤技術・ソリューション特集よせて
ビッグデータを価値に変えるNECのITインフラ

◇ 特集論文

データ管理/処理基盤

超高速データ分析プラットフォーム [InfoFrame DWH Appliance]
SDN 技術で通信フローを制御する [UNIVERGE PF シリーズ]
大量データをリアルタイムに処理する [InfoFrame Table Access Method]
大量データを高速に処理する [InfoFrame DataBooster]
ビッグデータの活用最適なスケールアウト型新データベース [InfoFrame Relational Store]
高い信頼性と拡張性を実現した Express5800/ スケーラブル HA サーバ
大規模データ処理に対する OSS Hadoop の活用
大容量・高信頼グリッドストレージ iStorage HS シリーズ (HYDRAStor)

データ分析基盤

ファイルサーバのデータ整理・活用を支援する [Information Assessment System]
超大規模バイオメトリック認証システムとその実現
WebSAMの分析技術と応用例～インバリエント分析の特長と適用領域～

データ収集基盤

スマートな社会を実現する M2M とビッグデータ
微小な振動を検知する超高感度振動センサ技術開発とその応用

ビッグデータ処理を支える先進技術

多次元範囲検索を可能とするキーバリューストア [MD-HBase]
高倍率・高精細を実現する事例ベースの学習型超解像方式
ビッグデータ活用のためのテキスト分析技術
ビッグデータ時代の最先端データマイニング
ジオタグ付きデータをクラウドでスケラブルに処理するジオフェンシングシステム
柔軟性と高性能を備えたビッグデータ・ストリーム分析プラットフォーム [Blockmon] とその使用事例

◇ 普通論文

地デジ TV を活用した「まちづくりコミュニティ形成支援システム」

◇ NEC Information

NEWS

スケールアウト型新データベース [InfoFrame Relational Store] が 2 つの賞を受賞



Vol.65 No.2
(2012年9月)

特集TOP