

深層学習を利用した色差予測に基づく Quad Bayer 配列 CFA 画像のデモザイキング

李 秋煜[†] 入山 太嗣[†] 小室 孝[†]

埼玉大学 理工学研究科[†]

概要

Quad Bayer 配列は通常の Bayer 配列と比べて、各波長におけるサンプリング間隔が広く、高空間周波数領域の復元において補間誤差や視覚的アーティファクトが増加する傾向がある。本研究では、Quad Bayer 配列を持つ CFA 画像に対する画素補間において、深層学習による色差予測に基づくデモザイキング手法を提案する。本手法では、画像の高空間周波数領域における色の変化が、RGB 空間よりも色差空間のほうが滑らかであることに着目し、Quad Bayer 画像の RGB 値を直接予測する代わりに、色差を予測し、予測した色差に基づいてカラー画像を再構成する。実験では、ベースラインモデルおよび既存手法との比較により、提案手法が客観および主観的に優れた精度を達成することを示した。

1. はじめに

カラー画像は、カラーフィルターアレイ (CFA) を備えたイメージセンサーを通じて光を電気信号に変換することによって取得される。取得された不完全なカラーサンプルから、カラー画像を再構成するためのデジタル画像処理はデモザイキングと呼ばれる。

近年のデジタルカメラでは、さまざまなシーンの要求に応えるために、Quad Bayer、Nona Bayer、QxQ Bayer などの非 Bayer 配列が採用されている。これらの非 Bayer 配列は通常の Bayer 配列と比べて、各波長におけるサンプリング間隔が広く、高空間周波数領域の復元において補間誤差および視覚的アーティファクトが増加する傾向がある。

本研究では、Quad Bayer 配列を持つ CFA 画像に対する画素補間において、深層学習による色差予測に基づくデモザイキング手法を提案する。

画像の高空間周波数領域における色の変化が、RGB 空間よりも色差空間のほうが滑らかであることに着目し、Quad Bayer 画像の RGB 値を直接予測する代わりに、色差を予測し、予測した色差に基づいてカラー画像を再構成する。実験では、ベースラインモデルおよび既存手法との比較により、提案手法が客観および主観的に優れた精度を達成することを示した。

2. 提案手法

提案手法では、Quad Bayer 配列における色差 G-R および G-B を DNN を利用して直接予測し、予測した色差に基づいて RGB 画像を再構成することで、Quad Bayer 配列に対するデモザイキングの課題であるチャンネル間のずれやエイリアシングに起因するアーティファクトを抑制する。提案するネットワークは、図 1 に示すように、特徴抽出、深層特徴学習、色差推定、画像再構成のプロセスで構成されている。

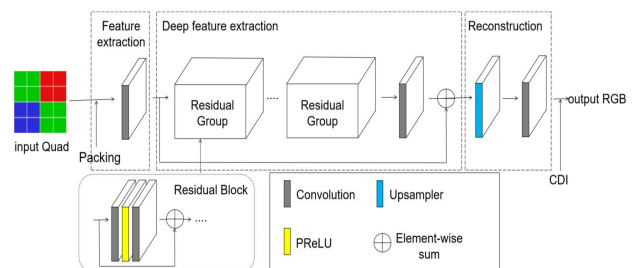


図 1: 提案するネットワークのアーキテクチャ

パッキングは、入力 of Quad 画像を 4 つのチャンネル画像にパックする。パッキングにより、入力画像の空間解像度が向上する。特徴抽出は、入力 Quad 画像の特徴を抽出して、後続の深層学習モデルに適切な初期入力を提供する。深層特徴学習部分は、複数の残差グループで構成され、各残差グループには複数の残差ブロックが含まれる。残差グループを通じて、入力画像の深層特徴を学習する。次に、畳み込み層によってアップスケールされた特徴から色差画像を予測する。最後に、色差予測値と入力 Quad 画像との加

Demosaicking for Quad Bayer array CFA images based on color difference prediction using deep learning
QIUYU LI · Saitama University
TAISHI IRIYAMA · Saitama University
TAKASHI KOMURO · Saitama University

減算演算を使用して、Quad Bayer 形式を RGB 形式にマッピングすることによって最終的な RGB 画像が出力される。

3. 実験

トレーニングには、4744 枚のカラー画像で構成される Waterloo Exploration Database (WED) データセット [2] を使用した。WED データセットは、95%をトレーニング、5%を検証として使用した。テストには、デモザイクのベンチマーク用のデータセットである Kodak、McMaster、および Urban100 を使用した。提案手法は、色差推定せずに RGB 値を直接予測するモデル (Direct) および PyNet で使用されたモデル [3] と比較された。

客観的な評価として、各データセットに対する比較手法と提案手法によるピーク信号対雑音比 (PSNR) と構造類似性 (SSIM) の結果を表 I に示す。表に示されているように、提案手法は直接予測および他のデモザイク方法と比較して優れた精度を提供した。

表 I : 提案手法と比較手法の PSNR と SSIM 値

PSNR	Kodak	McM	Urban100
PyNet	36.49	34.17	32.72
Direct	39.61	36.87	36.58
Ours	40.30	37.33	37.93
SSIM	Kodak	McM	Urban100
PyNet	0.9727	0.9419	0.9561
Direct	0.9846	0.9621	0.9757
Ours	0.9858	0.9645	0.9798

主観的な評価として、Urban100 データセットに対する比較手法と提案手法によるデモザイク結果の一部を図 2 に示す。Urban100 データセットの画像として、「img62」に対する結果では、従来の手法では対応できなかった偽色などのデモザイクアーチファクトが大幅に軽減された。「img24」に対する結果では、比較手法の不自然なゴーストなどの視覚的アーチファクトが大幅に軽減された。

4. おわりに

本研究では、Quad Bayer 配列を持つ CFA 画像に対する画素補間において、深層学習による色差予測に基づくデモザイク手法を提案した。DNN を適用して色差を予測し、色差を利用してカラー画像を再構成することで、RGB チャネル

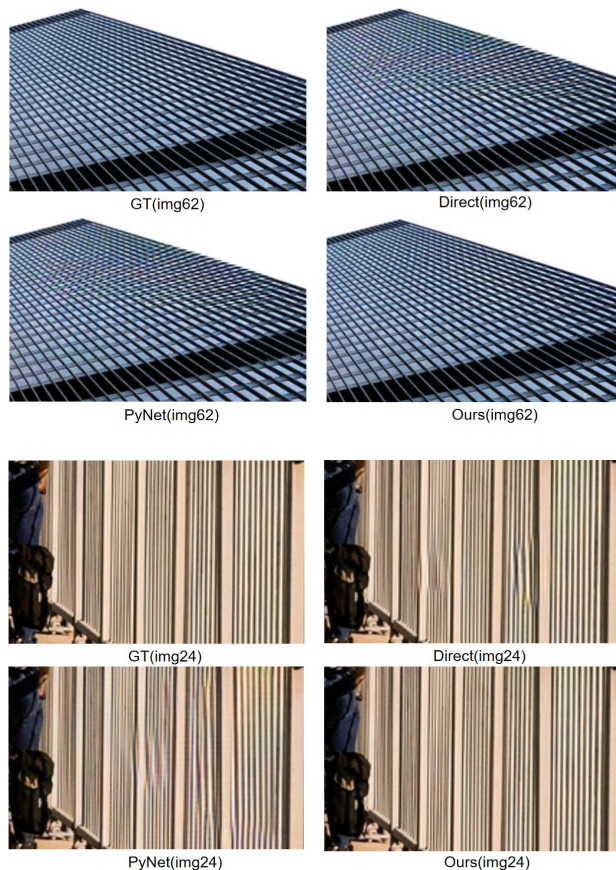


図 2: Urban100 データセットに対する復元結果

間の相関関係を利用したデモザイクを実現する。実験では、提案手法がいくつかの評価指標において他の従来の手法よりも優れていることが客観的に示された。主観評価では、提案手法により偽色などの視覚的アーチファクトが低減されることが確認された。

参考文献

- [1] Zhang, Yulun, et al. "Image super-resolution using very deep residual channel attention networks." Proceedings of the European conference on computer vision (ECCV). 2018.
- [2] Ma, Kede, et al. "Waterloo exploration database: New challenges for image quality assessment models." IEEE Transactions on Image Processing 26.2 (2016): 1004-1016.
- [3] Cho, Minhyeok, et al. "Pynet-qxq: A distilled pynet for qxq bayer pattern demosaicing in cmos image sensor." arXiv e-prints (2022): arXiv-2203.