Vol.2016-CG-164 No.5
2016/9/21

“Band-Sifting Decomposition for Image-Based Material Editing” の実装報告

藤堂 英樹[1,a)]

概要：本稿では，SIGGRAPH 2016 で発表された論文 “Band-Sifting Decomposition for Image-Based Material Editing”[1] を実装し，その手法の特徴を分析する．この論文では，多重解像度分解した画像特徴を目的の質感に応じて強調（減衰）することで，画像にほとんど依存しないパラメータで質感制御する手法を提案している．

キーワード：質感編集，多重解像度分解，Bilateral Filter

1. 手法概要

“Band-Sifting Decomposition for Image-Based Material Editing”[1] の著者ページでは，提案手法のデモ動画や実験用の画像データセットが公開されている．論文内には疑似コードも記載されており，手法もシンプルな画像処理で実装しやすい．また，論文に実際に使われた画像を使って実験することができるため，追実験に適した論文対象であると言える．

この論文で提案された質感編集手法は，主に多重解像度分解，多重解像度特徴のグループ化，Band-Sift 処理の 3 つのステップにより構成される．以下では，各ステップの要素技術について簡単に紹介する．

1.1 多重解像度分解

まず，質感編集に必要な画像特徴を得るため，多重解像度分解を行う．

初期段階において，著者らは多重解像度分解で一般的な Laplacian Pyramid も実験したが，色の類似性を考慮しない Filter では質感境界部分でアーティファクトが出てしまうことが分かった．

そこで，この論文では，エッジ保存型のフィルタにより，質感境界部分のアーティファクトを軽減している．エッジ保存型フィルタとして代表的な Bilateral Filter を適用した所，質感編集としては問題ない結果が得られた．しかし，Bilateral Filter では，空間カーネルサイズに依存して計算時間がかかるため，カーネルサイズを徐々に大きくする必要がある多重解像度分解では計算速度が課題となる．

そこで，この論文では，空間カーネルサイズに計算速度が依存しない高速なエッジ保存型フィルタ Guided Filter[2] を採用し，Bilateral Filter 処理を置き換えて多重解像度分解を行っている．

1.2 多重解像度特徴のグループ化

提案された質感制御処理では，質感に関わる多重解像度特徴を適切に選択し，その信号強度を強めたり，弱めたりする（Band-Sift 処理）ことで質感の変更が可能となっている．

この論文では，経験的な分析により，多重解像度特徴の中から質感編集に関わる特徴をグループ化し，Band-Sift 処理を行う際の冗長性をなくしている．

特に，考慮されている点は以下の amplitude, frequency, sign の 3 つの指標である．

- amplitude: 信号強度が強いか弱いか？
  - {high (H), low (L), all (A)}
- frequency: 高周波特徴か低周波特徴か？
  - {high (H), low (L), all (A)}
- sign: 正か負か？
  - {positive(P), negative(N), all(A)}

以上の指標に基づき，(amplitude, frequency, sign) を (H, H, P) や (H, H, N) のようにグループ化すると，テカりや肌荒れといった質感に関連した特徴を分類できるようになる．

1 東京工科大学 メディア学部
〒 192–0982 東京都八王子市片倉町 1404–1 研究棟 C501
a) toudouhk@stf.teu.ac.jp

© 2016 Information Processing Society of Japan

1.3 Band-Sift 処理

Band-Sift 処理では，グループ化した多重解像度特徴を基に，選択グループ特徴の信号強度を強めたり，弱めたりすることにより，質感編集を行う．大きく分けて {boost (B), reduce (R)} の Band-Sift 処理を (amplitude, frequency, sign) の 3 つの指標に応じて適用することになる．

特徴選択のための関数は信号強度に関して滑らかに変化するように設計されており，周辺画素との間でアーティファクトが出ないよう工夫されている．また，信号強度の標準偏差を利用して閾値を設定することにより，異なる画像間の特徴の違いを吸収している．

表 1 に，選択された多重解像度特徴と Band-Sift 処理による質感編集効果をまとめる．

表 1 多重解像度特徴の選択と Band-Sift 処理による質感編集効果

(amplitude, frequency, sign, band-sift)	effect
(H, H, P, B)	shiny, wet, oily
(H, H, P, R)	dry, dull, matte
(H, H, N, B)	shadows
(H, H, N, R)	smooth, polished
(L, H, A, B)	stained, bumpy
(A, L, A, B)	shiny, glossy

論文中でも Table I に質感編集後の画像付きで各特徴と Band-Sift 処理の関連がまとめられており，実験する時の参考にすることができる．

2. 実装実験

前章で紹介した質感制御処理を実装し，画像の質感を編集する実験を行った．

2.1 実装概要

実験環境は，CPU が Intel Core i7-6600U 2.81GHz（メモリ 16GB）の PC である．開発環境は，Python + OpenCV を用い，全て CPU 処理で計算を行っている．

実装にあたっては，論文巻末 Algorithm 1-3 において疑似コードが掲載されており，それを参考にして実装することが可能である．

また，多重解像度分解で必要となるエッジ保存型フィルタの Guided Filter[2] は，OpenCV で既に実装されているため，そのまま利用する形で実装した．

2.2 実験概要

まず，実験データとして，元論文の著者らが Web 上で公開している画像データセットを用いて検証を行った．初期実験の段階では，画像間の誤差やパラメータの一致度合いまでは検証できていないが，見た目としては論文中に掲載されている結果とほぼ同じ質感編集結果を再現できている．

その他の入力画像として，Web 上から一般的に検索できる写真についても本手法による質感編集を実験してみた．人物の顔や金属製の物，花のような対象において論文と同様の編集結果を得ることができた．また，既存の動画についても本手法を適用し，実験を行ってみた．本手法の特徴として，動画を対象とした場合でも共通のパラメータで質感を調整することができ，時間的な方向の変化に関しても目立ったアーティファクトは見られなかった．

一方で，写真に含まれるノイズが質感編集結果に影響することも分かった．Web カメラのように品質の低い写真では，ノイズが強調されるアーティファクトが出てしまう．この欠点については，論文中でも議論されており，supplemental material に JPEG ノイズによるアーティファクトの様子がまとめられている．

また，本手法をイラスト画像のような自然画像でない対象に適用すると，多重解像度分解では質感編集に必要な画像特徴が得られず，質感制御処理を上手く行うことができなかった．

3. まとめと今後の課題

今回紹介した “Band-Sifting Decomposition for Image-Based Material Editing”[1] の質感制御処理では，統一されたパラメータにより，異なる画像間でも同じ質感編集効果を安定して適用することができる．しかし，より一般的な質感編集を行う上ではいくつか課題が残っている．

まず，この手法はあくまで画像特徴に基づいて質感編集を行う物であり，元々存在しない特徴を強調することはできない．例えば，3D プリンターで出力されたリンゴに対し，本手法を適用したとしても実物のようにみずみずしく変換することはできない．

また，本手法で編集できる質感は限られており，テカりや影，ニキビといった反射や細かい凹凸に関する質感は編集できても，表面下散乱のような透過光を扱うような表現は実現することができない．

今後は，本手法を拡張し，上記課題を解決するような質感編集の枠組みの研究に取り組みたいと考えている．

参考文献

[1] Boyadzhiev, I., Bala, K., Paris, S. and Adelson, E.: Band-Sifting Decomposition for Image-Based Material Editing, *ACM Transactions on Graphics*, Vol. 34, No. 5, pp. 163:1–163:16 (2015).

[2] He, K., Sun, J. and Tang, X.: Guided image filtering, Vol. 35, No. 6, IEEE, pp. 1397–1409 (2013).

© 2016 Information Processing Society of Japan