

# 映像の失われた質感をリアルに復元する 質感復元技術

Texture Restoration Technology to Restore Degraded Texture in Images

齊藤 佳奈子

金子 敏充

窪田 進

■ SAITOH Kanako

■ KANEKO Toshimitsu

■ KUBOTA Susumu

東芝は、2011年12月にQFHD (Quad Full High Definition) 解像度の4K2K (3,840×2,160画素) テレビを商品化した。4K2Kは、フルHD (1,920×1,080画素) の4倍の画素数を持ち、これまで以上に高精細な映像を楽しむことができる。このように映像表示デバイスの高解像度化が進む一方で、コンテンツの解像度はフルHDが主流であり、4K2K解像度のコンテンツは現在まだ普及していない。このため、表示デバイスの解像度に満たないコンテンツであっても、高解像度の映像で楽しみたい、というユーザーの要求が高まっている。

当社は、このような要求に応えるため、新たな高画質化技術として映像の微細なテクスチャパターンを復元する“質感復元技術”を開発した。映像の失われた質感を復元することで、4K2Kパネルの表現能力を最大限に発揮できる。

Toshiba developed and commercialized 4K2K ultrahigh-definition TVs equipped with a quad full high-definition (3,840 × 2,160 pixels) liquid crystal display (LCD) in December 2011. These 4K2K TVs opened up the possibility of providing users with higher resolution images than ever before. However, the mainstream resolution of contents still remains at the full high-definition (Full-HD) level.

With this as a background, we have developed a new texture restoration technology to restore normal contents to high-frequency texture patterns. This technology makes it possible to restore degraded original texture in images, so as to take full advantage of 4K2K TVs.

## 1 まえがき

東芝は、世界初<sup>(注1)</sup>の民生市場向け4K2Kテレビ レグザ55X3を2011年12月に商品化した。55X3は、4K2Kの2D (平面視) 映像と専用眼鏡を使わない3D (立体視) 映像 (1,280×720画素の9視差映像) を切り替えて表示できる機能を持つ。精細な映像美を楽しみたいときには4K2Kの2D映像を、迫力の臨場感を味わいたいときには専用眼鏡を使わない3D映像を、それぞれ好みに応じて楽しむことができる。また、2Dの4K2K映像表示機能に特化したレグザ55XS5も2012年6月に商品化した。

4K2Kは、フルHDの4倍の画素数となる約829万画素の解像度を持ち、現在主流であるフルHD解像度のテレビと比較するとその精細感の違いは歴然である。このような映像表示デバイスの高解像度化に伴い、コンテンツが持つ質感までも表現できるようになったが、コンテンツ自身の解像度はフルHDが主流である。

このため、表示デバイスの解像度に満たないコンテンツであっても、高解像度の映像で楽しみたい、というユーザーの要求が高まっている。この要求に応えるためには、表示パネルの解像度に満たないコンテンツを精度よく高解像度化する技術が不可欠になる。

(注1) 2011年12月時点、民生市場向けテレビにおいて、当社調べ。

当社は超解像技術<sup>(1)</sup>を既に開発しているが、超解像技術では復元困難な微細なテクスチャも復元することで、より解像度の高い映像を得ることができる。ここでは、当社が新たに開発した、微細なテクスチャパターンを復元する“質感復元技術<sup>(2)</sup>”の原理と、その効果を実験で検証した結果について述べる。

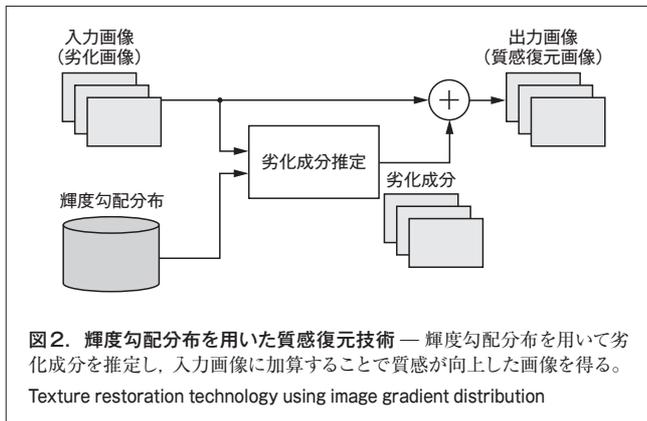
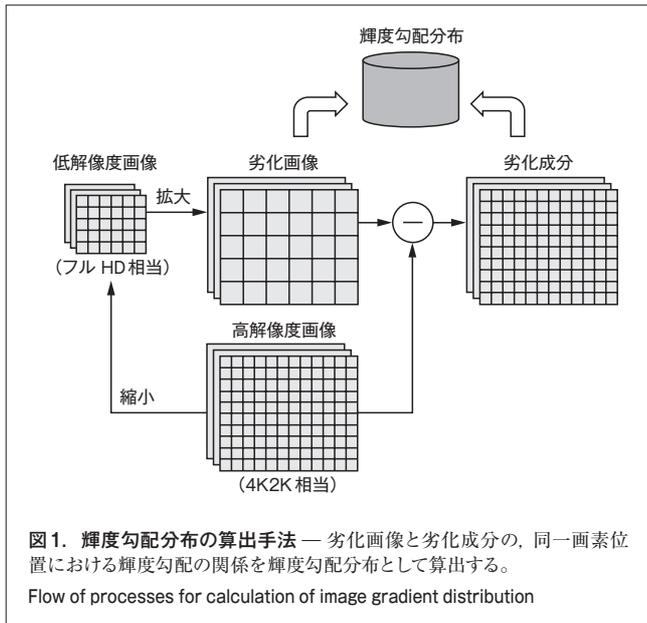
## 2 質感復元技術の原理

質感復元技術は、入力映像にフルHD相当のコンテンツ (以下、低解像度画像と呼ぶ) を想定し、既存の拡大手法によって4K2K相当に拡大された映像 (以下、劣化画像と呼ぶ) に付加する微細テクスチャパターン (以下、劣化成分と呼ぶ) を推定する。具体的には、あらかじめ4K2K相当の高解像度画像を複数枚用意して、それらを劣化させて作成した劣化画像との勾配の相関関係をモデル化しておく。このモデルに従って劣化画像から劣化成分を推定するものである。処理方法の詳細を、以下に述べる。

### 2.1 処理の流れ

劣化画像と劣化成分の勾配の関係を表す輝度勾配分布の算出手法を図1に、劣化画像である入力画像から質感復元画像である出力画像を生成する処理の流れを図2に示す。

まず、輝度勾配分布の算出手法について述べる。これは質感復元処理の前に行う処理である。4K2K相当の高解像度画像を複数枚用意し、フルHD相当の解像度に縮小処理して、

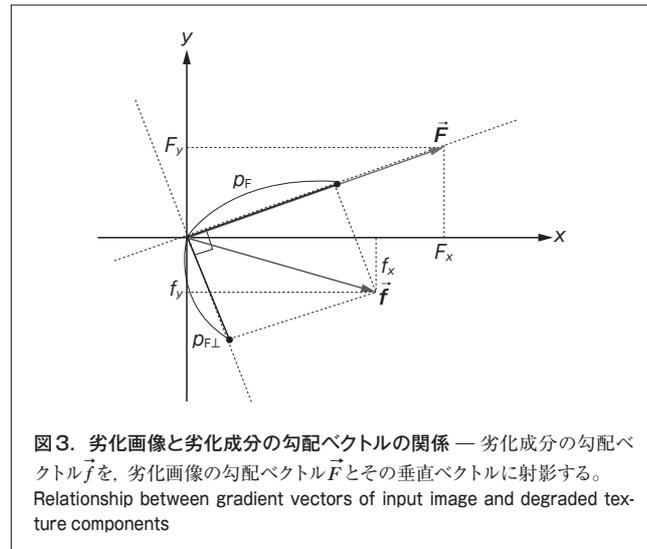


それぞれの画像に対応する低解像度画像を作成する。次に、低解像度画像を線形フィルタで拡大して生成した劣化画像と、高解像度画像との差分を求め、これを劣化成分とする。劣化成分は、ゼロに近い値を中心にプラス方向及びマイナス方向への振幅を持つ振動成分となる。劣化画像と劣化成分の、同一画素位置における輝度勾配の関係を輝度勾配分布として保存する。輝度勾配分布の詳細な算出手法については、2.2節で述べる。

続いて質感復元処理(図2)では、前記の処理で求めた輝度勾配分布を基に、入力画像から劣化成分を推定する。詳細な推定手法については、2.3節で述べる。入力画像に推定した劣化成分を加算することで出力画像を得る。劣化成分は微細な振動成分から成り、この成分を加算することにより質感を向上できる。

## 2.2 輝度勾配分布の算出手法

ここでは、輝度勾配分布の算出手法について述べる。輝度勾配分布とは、劣化画像の勾配に対する劣化成分の勾配のば



らつきを分布として捉えたものである。

劣化画像の各画素における勾配ベクトル  $\vec{F} = (F_x, F_y)$ 、及び劣化成分の各画素における勾配ベクトル  $\vec{f} = (f_x, f_y)$  は、 $x$  方向と  $y$  方向の勾配検出フィルタ(微分フィルタ)によって求める。

劣化画像の勾配ベクトル  $\vec{F}$  と劣化成分の勾配ベクトル  $\vec{f}$  の関係を図3に示す。劣化成分の勾配ベクトル  $\vec{f}$  を、劣化画像の勾配ベクトル  $\vec{F}$  へ正射影したベクトルの大きさを  $p_F$ 、劣化成分の勾配ベクトル  $\vec{f}$  を、劣化画像の勾配ベクトル  $\vec{F}$  と垂直なベクトルへ正射影したベクトルの大きさを  $p_{F\perp}$  とする。このとき  $p_F$  及び  $p_{F\perp}$  は、それぞれ式(1)で算出される。

$$p_F = f_x \frac{F_x}{|\vec{F}|} + f_y \frac{F_y}{|\vec{F}|}$$

$$p_{F\perp} = f_x \frac{F_y}{|\vec{F}|} - f_y \frac{F_x}{|\vec{F}|}$$

(1)

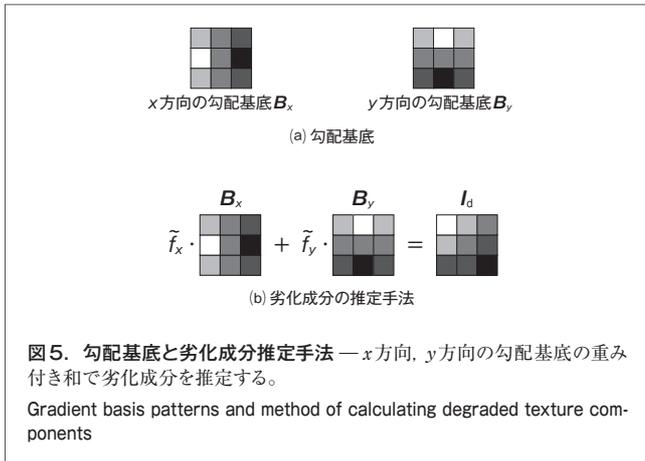
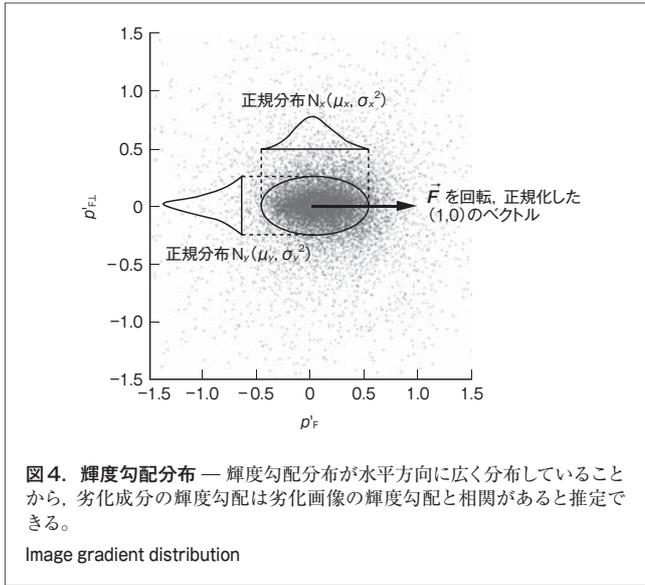
劣化成分から算出した  $p_F$  及び  $p_{F\perp}$  をそれぞれ  $|\vec{F}| = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$  で正規化したものを、 $p'_F$  及び  $p'_{F\perp}$  とする。あらかじめ用意した劣化成分に対して求めた  $p'_F$  及び  $p'_{F\perp}$  を、劣化画像の勾配ベクトル  $\vec{F}$  の方向を横軸にとり、プロットした結果を図4に示す。プロットされた点を2次元正規分布で近似し、 $x$  軸方向、 $y$  軸方向の周辺分布をそれぞれ1次元正規分布  $N_x(\mu_x, \sigma_x^2)$  及び  $N_y(\mu_y, \sigma_y^2)$  で示している。ここで、 $\mu_x$  及び  $\mu_y$  は平均、 $\sigma_x$  及び  $\sigma_y$  は標準偏差である。図4では輝度勾配分布が水平方向に広く分布している。水平方向は劣化画像の勾配ベクトル  $\vec{F}$  の方向である。このことから、劣化成分の輝度勾配は劣化画像の輝度勾配と相関があると推定できる。

今回開発した手法は、この輝度勾配分布を復元することで、劣化成分を推定するものである。

## 2.3 劣化成分の推定手法

次に、2.2節で求めた輝度勾配分布を用いて、劣化している入力画像から劣化成分を推定し、出力画像を出力する。

入力画像の輝度勾配を  $\vec{F}_L = (\vec{F}_{Lx}, \vec{F}_{Ly})$  とし、正規分布  $N_x$  に



従う確率変数の実現値を  $\tilde{p}'_F$ 、正規分布  $N_y$  に従う確率変数の実現値を  $\tilde{p}'_{F\perp}$  とすると、劣化成分の  $x$  方向の輝度勾配強度  $\tilde{f}_x$  及び  $y$  方向の輝度勾配強度  $\tilde{f}_y$  は式(2)で算出される。

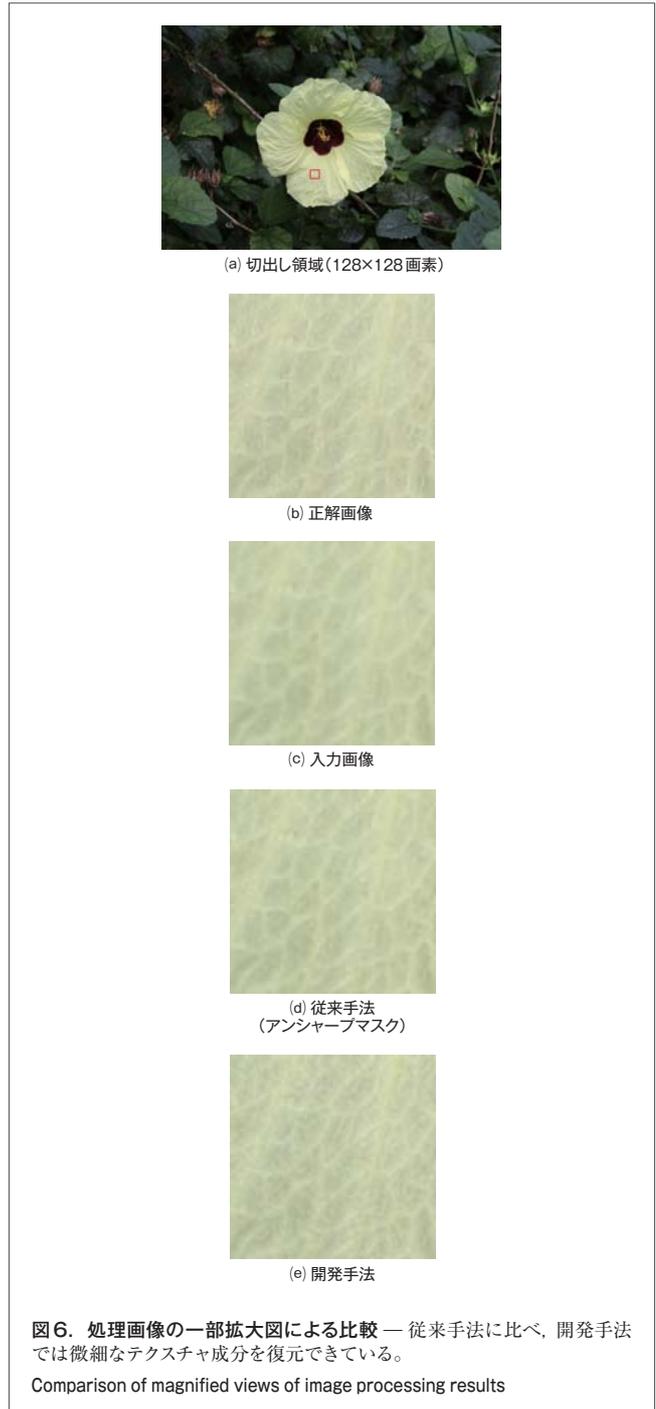
$$\begin{aligned} \tilde{f}_x &= \tilde{p}'_F \tilde{F}_x + \tilde{p}'_{F\perp} \tilde{F}_y \\ \tilde{f}_y &= \tilde{p}'_F \tilde{F}_y - \tilde{p}'_{F\perp} \tilde{F}_x \end{aligned} \quad (2)$$

$\tilde{f}_x$  及び  $\tilde{f}_y$  を、図5に示すような  $x$  方向、 $y$  方向の勾配基底  $B_x$  及び  $B_y$  の重みとし、それらの重み付き和で劣化成分  $I_d$  を推定する。

### 3 実験による効果の検証

#### 3.1 実験方法

実験に使用した画像は、デジタル一眼レフカメラを用いて約800万画素 (3,504 × 2,336画素) の解像度で撮影された非圧縮データである。原画像を正解データとし、縦横1/2に縮小した後で縦横2倍に拡大して劣化させた画像を入力画像とした。

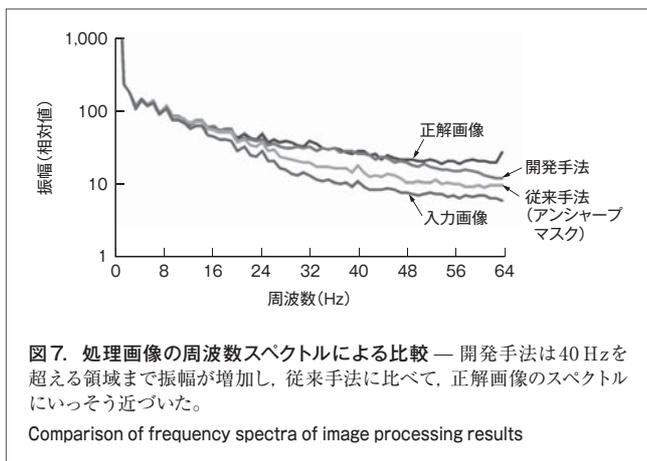


入力画像に対して、開発手法と従来手法それぞれを用いて高画質化処理を行い、処理結果を比較した。従来手法としては、解像度を変換しない画像高画質化処理として広く用いられているアンシャープマスク<sup>(3)</sup>を用いた。

開発手法、従来手法とも、入力画像の色成分はあらかじめ分離し、輝度成分だけを処理対象とした。最後に、分離した色成分を合成して出力画像とした。

#### 3.2 効果の検証

処理画像の視覚的な評価結果を図6に示す。実験に使用



した画像が(a)である。赤枠で示した128×128画素の部分領域を(b)から(e)に示す。原画像から切り出した正解画像が(b)であり、入力画像が(c)、従来手法の処理結果が(d)、開発手法の処理結果が(e)である。

入力画像と開発手法の処理結果を比較すると、入力画像はぼけて微細なテクスチャを視認できないのに対し、開発手法の処理結果では微細なテクスチャが視認でき、花表面の微小な凹凸を感じることができる。一方、従来手法の処理結果では、鮮鋭感の向上は確認できるが、正解画像に含まれるような微細なテクスチャは復元できていない。正解画像と比較しても、従来手法より開発手法のほうが画像をよく復元できていることがわかる。

次に、処理画像の周波数スペクトルによる評価結果を図7に示す。横軸は周波数であり、縦軸はフーリエ変換で算出したそれぞれの周波数に対する画像信号成分の振幅である。正解画像と比較すると、入力画像は約12 Hzを超える中域から高域の周波数帯域で劣化していることがわかる。また、従来手法はスペクトルの波形はそのまま振幅だけを上げる処理となっているため、劣化している中域と高域の成分だけを上げることはできない。これに対し、開発手法は50 Hzを超える領域まで振幅が増加し、従来手法と比較して、正解画像の波形に近づいた。

#### 4 あとがき

微細なテクスチャパターンを劣化画像から推定し加算することで画像の質感を復元する、新たな高画質化技術である質感復元技術について述べた。

この技術により、映像表示デバイスの解像度に満たないコンテンツであってもよりオリジナルに近い質感を復元し、映像表示デバイスの解像度を十分に生かすことができる。また、この技術は解像度変換を行う超解像との組合せも可能であり、これにより、いっそうの高画質化が可能である。この技術はテレビだけでなく、パソコンやタブレットでの静止画、動画再生時にも適用できる技術である。

ディスプレイの高精細化は今後進むと考えられ、これからも当社は、解像度の低いコンテンツを高精細化する高画質化技術を開発していく。

#### 文献

- (1) 松本信幸 他. 画像のエッジ部の自己合同性を利用した再構成型超解像. 電子情報通信学会論文誌D. J93-D, 2, 2010, p.118-126.
- (2) 齊藤佳奈子 他. “輝度勾配分布の復元による画像の質感改善技術”. 第11回情報科単技術フォーラム (FIT2012) 講演論文集. 東京, 2012-09, 電子情報通信学会及び情報処理学会. 2012, p.253-256.
- (3) 高木幹雄 他. 画像解析ハンドブック. 東京, 東京大学出版会, 1991, 775p.



齊藤 佳奈子 SAITOH Kanako, Ph.D.

研究開発センター マルチメディアラボラトリー, 博士 (工学)。映像の高画質化に関する研究・開発に従事。電子情報通信学会会員。  
Multimedia Lab.



金子 敏充 KANEKO Toshimitsu, Ph.D.

研究開発センター マルチメディアラボラトリー研究主幹, 博士 (工学)。画像高画質化技術の研究・開発に従事。電子情報通信学会会員。  
Multimedia Lab.



窪田 進 KUBOTA Susumu

研究開発センター インタラクティブメディアラボラトリー主任研究員。画像処理, パターン認識の研究・開発に従事。  
Interactive Media Lab.