

(43) 建設分野における各種計測画像を対象とした 画像特徴複数合成強調・判読支援動画の提案

A multi - feature composite moving image inducing pseudo-rotational visual illusion for image interpretation

広田健一¹・二宮建²・小島尚人³・大和田勇人⁴

Hirota Kenichi, Ninomiya Tatsuru, Kojima Hirohito, and Ohwada Hayato

抄録：本研究開発は、建設分野において利用される各種計測画像の画質改善・判読支援を目的とし、疑似回転錯視を誘発する画像特徴複数合成強調／判読支援動画（a Multi-Feature Composite moving image:MFC image）を提案したものである。MFC image は、テクスチャ特徴に対して8種類のエンボス処理画像を作成し（光の疑似照射方向：8方位）、これらを元画像に重ね合わせ、動画化することによって作成される。本研究では、複数のテクスチャ特徴を合成し、動画エン트로ピーを定義した上で、MFC image の画質について検討した。検討の結果、テクスチャ特徴の合成数が5種類以上になると画質が劣化することが判った。MFC image 上では、「元画像の画質維持・鮮鋭化効果」と「画像特徴複数合成強調効果」が同時に現れ、今までにない発見的な画像判読を展開できることが確認された。

キーワード： 画像合成, 画像特徴, 画像判読, 画質強調, 画質改善, 錯視

Keywords : image fusion, texture features, image interpretation, image enhancement, image quality improvement, visual illusion

1. はじめに

各種計測画像を分析する際には、まず初めに「画像を判読する」ことが基本となる。この時、我々の目は、画像濃度値の違い(濃淡・陰影)を判読のキーとして、計測対象表面のテクスチャを識別する^{1),2)}。このことは、濃淡・陰影情報に基づいて計測対象表面の凹凸感が誘発されるといった「目の錯覚³⁾」、いわゆる「錯視 (Visual illusion)」と言われる現象に基づいて画像を判読していることに相当する。

筆者らは、「疑似回転錯視を誘発する画像特徴合成強調／判読支援動画」を提案するとともに、この動画を用いれば、「元画像の画質維持・鮮鋭化効果」と「目的とする画像特徴の強調効果」を同時に得られることを示した^{4),5)}。

しかし、これまでの研究では、元画像に「単一の画像特徴」を合成した場合の画像特徴強調効果に関する検討にとどまっていた。画像特徴として、コントラスト、辺縁(エッジ)、線構造情報等、様々なものが提案されており、これら複数の画像特徴を元画像に合成すれば、各画像特徴の特性を活かした「画像特徴複数合成強調効果(テクスチャ融合効果)」が得られるのではないかといった新たなニーズが持ち上がってきた。

以上の背景のもと、本研究は、各種画像の画質改善・判読支援を最終目的として、「疑似回転錯視を誘発する画像特徴複数合成強調／判読支援動画(a Multi-Feature Composite moving image:MFC image)」を提案するとともに、その有用性を示したものである。

2. 本研究の特色

(1) 画像強調と画質改善処理に対する要求事項

画像内の辺縁(エッジ)検出、線構造情報の強調・抽出、画像全体にわたる画質改善(鮮鋭化)を目的として、各種フィルタの改良・設計に関する研究は数多い。しかし、これらの研究は、特定のテクスチャ特徴や画像内のエッジ情報そのものの抽出・強調を目的とすることから、元画像の画質が犠牲となってしまう。益々多様化する各種計測画像に対する画像強調と画質改善処理に対するニーズとして、以下の点を挙げることができる。

- ①単一の画像特徴だけでなく、同時に複数の画像特徴を強調し、判読支援につなげたい。
- ②さらに、元画像の画質と画像特徴の関係も同時に判読でき、かつ画像全体にわたる画質を改善(鮮鋭化)したい。

リモートセンシングの分野では、各種センサから取得される観測画像を合成して、画像特徴を抽出・判読しようとする研究報告は古くから見られる。

しかし、上記のニーズに対応できる画像強調・画質改善処理に関する研究は筆者が知る限り見られない。これは「画像特徴の複数合成・強調」と「元画像の画質維持・改善」を同時に実現するといった研究課題そのものの難しさに起因する。

(2) 本研究の新規性

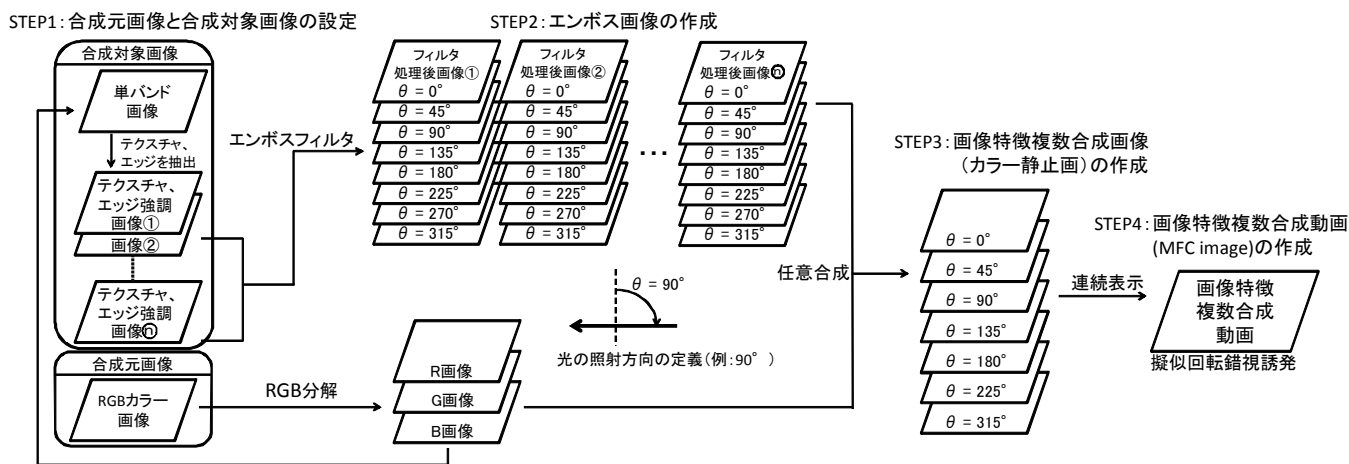
上記の課題に対応するために、本研究では画像特徴

1 : 学生員 学士(工学) 東京理科大学大学院 理工学研究科土木工学専攻
(〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641, Tel :0471-24-1501, E-mail :a7611629@rs.tus.ac.jp)

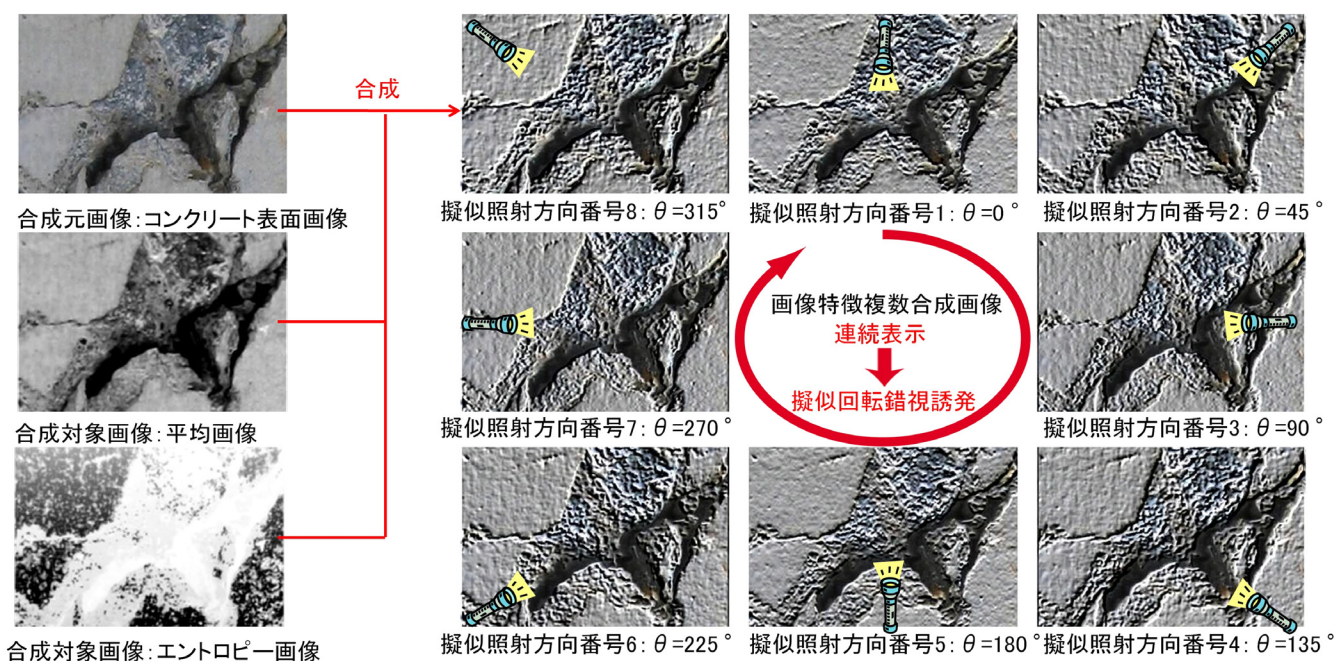
2 : 非会員 学士(工学) 東京理科大学大学院 理工学研究科土木工学専攻

3 : 正会員 博士(工学) 東京理科大学 教授 理工学部土木工学科

4 : 非会員 博士(工学) 東京理科大学 教授 理工学部経営工学科



図－１ 擬似回転錯視を誘発する画像特徴複数合成動画（MFC image）作成アルゴリズム



図－２ 擬似回転錯視を誘発する画像特徴複数合成動画(MFC image)の作成例

複数合成強調／判読支援動画を作成する方法を提示したものである。研究の新規性は、以下の2点にまとめられる。

①元画像に複数の画像特徴を合成した MFC image を提案するとともに、この動画上に表れる「画像特徴の強調効果」について検討した。検討の結果、MFC image 上には「元画像の画質維持・鮮鋭化効果」と「画像特徴複数合成強調効果（テクスチャ融合効果）」が同時に現れ、今までにない発見的な画像判読を展開できることが確認された（4章（1）で記述）。

②MFC image における情報量の定量評価を目的として、「動画エントロピー」を定義し、複数の画像特徴合成時の画質劣化について検討した。検討の結果、動画エントロピーは複数の画像特徴合成時の画質劣化を評価する指標の1つとして利用できることを示した（4章（2）～（3）で記述）。

3. 画像特徴複数合成動画（MFC image）作成アルゴリズム

本研究において提案する「擬似回転錯視を誘発する画像特徴複数合成動画(MFC image)」の作成アルゴリズムを図－1に示す。処理の流れは以下の4ステップから成る。

（1）STEP1：合成元画像と合成対象画像の設定

「合成元画像」は判読対象となる元画像そのもの、「合成対象画像」は、元画像を構成する R,G,B プレーン画像のうち1つのプレーン画像から画像特徴を抽出・強調し作成される画像である。

（2）STEP2：エンボス画像の作成

合成対象画像に対して光の擬似照射方向8方位別 (0° , 45° , 90° , 135° , 180° , 225° , 270° , 315°) にエンボス処理(錯視誘発処理)を施し、「エンボス画像」を作成する。

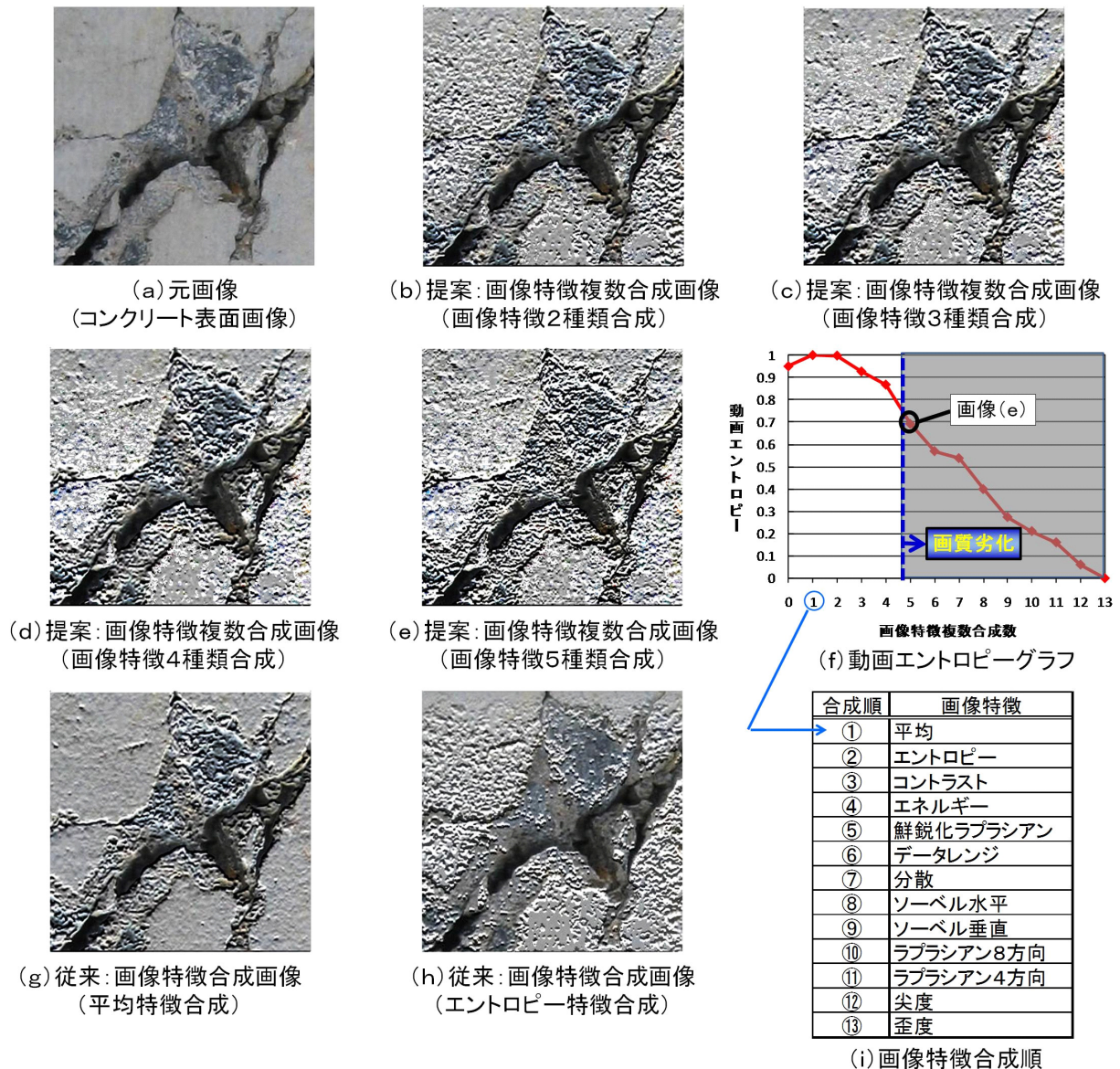


図-3 MFC image の作成事例

(3) STEP3: 画像特徴複数合成画像の作成

作成したエンボス画像を光の擬似照射方向別に合成元画像と合成し、8種類の「画像特徴複数合成画像(カラー静止画)」を作成する。

(4) STEP4: 画像特徴複数合成動画 (MFC image) の作成

光の擬似照射方向8方位別(0°, 45°, 90°, 135°, 180°, 225°, 270°, 315°)に作成した画像特徴複数合成画像を連続表示させれば、「擬似回転錯視を誘発する画像特徴複数合成動画(MFC image)」となる(図-2参照)。

4. 擬似回転錯視を誘発する画像特徴複数合成動画 (MFC image)

(1) 画像特徴複数合成強調効果

本論では、MFC image の適用事例としてコンクリート表面

画像を対象に動画上に表れる画像特徴複数合成強調効果について検討する。図-3にMFC image 作成事例を示す。

図-3(a)に元画像を、図-3(g), (h)に従来法である画像特徴合成画像を示す。図-3(g), (h)はそれぞれ代表的な画像特徴^{6), 7)}である「平均特徴」, 「エントロピー特徴」1種類のみを合成した画像特徴合成画像である。元画像と従来手法を比較すると、図-3(g)では「ひび割れの線構造」や「破砕部の粗さ」が、図-3(h)では「表面の質感」が強調できている。

図-3(b)は、平均特徴とエントロピー特徴の画像特徴2種類を合成した MFC image(提案法)である。元画像と図-3(b)を比較すると、「平均特徴」のみでは強調できていない「表面の質感」と、「エントロピー特徴」のみでは強調できていない「ひび割れの線構造」を同時に強調できることが判る。このように、MFC image 上では、1種類の画像特徴合成のみでは強調できない部分を他の画像特徴が補うよう

に強調でき、画像特徴複数合成強調効果が確認できる。

さらに、MFC image 上では、擬似照射方向の変化に伴う擬似回転錯視が誘発されるとともに、画像が切り替わる際の「残像錯視効果」によって、画像全体にわたる画質改善・鮮鋭化効果が得られる。

(2) 動画エントロピーの定義

図-3 (b) に対してさらに画像特徴合成を繰り返すと、画像特徴合成数が「3」、「4」と増えるにつれ、表面の質感やひび割れが更に強調されていることが判る。図-3 (c), (d) がその結果である。画像特徴複数合成により、元画像の画質維持と同時に複数の画像特徴融合効果が MFC image 上に現れ、今までにない発見的な画像判読を展開できる。しかし、画像特徴合成数が「5」(図-3 (e)) になると、MFC image 上に合成効果が見られなくなり、画質劣化が発生し、判読が困難となった。画像特徴複数合成強調効果の限界と言える。

そこで、MFC image における情報量の定量評価を目的として、動画エントロピーを提案する。動画エントロピー (EM : Entropy of Moving image, 無次元) は、MFC image を構成する8枚の画像に対してそれぞれの画像エントロピーを求め、それらの相加平均値とするものである(式1)(式2)。

$$EM = \frac{1}{8} \sum_{i=1}^8 E_{(R, G, B)_i} \quad \text{式(1)}$$

$$E_{(R, G, B)_i} = - \sum_{r=0}^{255} \sum_{g=0}^{255} \sum_{b=0}^{255} P_{rgb} \log_2 P_{rgb} \quad \text{式(2)}$$

但し、EM:動画エントロピー，i:擬似照射方向番号

$E_{(R, G, B)_i}$:画像特徴複数合成画像のエントロピー

P_{rgb} :画像濃淡レベルの生起確率

rgb :R,G,B プレーン画像それぞれの画像濃淡レベル

(3) 画像特徴合成数と画質の検討

画像特徴として代表的な「1 3 種類」を取り上げ、画像特徴合成数「1 3」まで MFC image を作成した。画像特徴合成数の増加に伴う動画エントロピーの変化を図-3 (f) に示す。図-3 (f) において、横軸に示す画像特徴合成数が「0」とは、元画像のことを示している。本研究では、各画像特徴 1 種類のみを合成した画像特徴合成動画の動画エントロピーを計算し、動画エントロピーが高い画像特徴から元画像に合成して MFC image を作成した。図-3 (i) はその合成順を示している。

図-3 (f) を見ると、画像特徴合成数「1」、「2」の時に元画像よりも動画エントロピーが高くなり、その後動画エントロピーは減少していく。特に、画像特徴合成数が「5」になると、動画エントロピーは元画像と比較して大きく低下している。この時の画像特徴合成数と、4章(2)において MFC image に画質劣化が発生した画像特徴合成数が一致している。このことから、動画エントロピーは複数の画像特徴合成時における画質劣化の判定指標の1つとして利用できると言える。

5. まとめ

本研究は、各種画像の画質改善・判読支援を最終目的として、「擬似回転錯視を誘発する画像特徴複数合成強調／判読支援動画(MFC image)」を提案するとともに、その有用性を示したものである。本研究の内容は、以下の2点にまとめられる。

(1) 画像特徴複数合成動画(MFC image)の提案

画像の「画質」を維持しつつ、「複数の異なる画像特徴を強調・鮮鋭化」といった利用者ニーズに応えるべく、MFC image 作成アルゴリズムを提案した。

MFC image 上には、「元画像の画質維持・鮮鋭化効果」と「画像特徴複数合成強調効果(テクスチャ融合効果)」が同時に現れており、今までにない発見的な画像判読を展開できることが確認された。

(2) 画像特徴合成数と画質の検討

MFC image における情報量の定量評価を目的として、「動画エントロピー」を定義し、画像特徴の限界合成数について検討した。検討の結果、画像特徴の合成数が5種類以上になると画質が劣化することが確認された。今後の課題として、以下の2項目が挙げられる。

①画像特徴合成順序の違いに伴う合成効果と限界合成数に関する検討

②画像特徴合成時に有効な特徴量の組み合わせ事象と画質に関する検討

各種計測画像の空間分解能、スペクトル分解能が向上する中であって、適用分野別に画像強調処理・解析、画質改善に関する要求精度は、おのずと異なってくる。

本研究の内容が各種計測画像の特徴強調・画質改善支援はもとより、この方面の新たな研究の展開に何らかの形で寄与できれば幸いである。

参考文献

- 1) Ramachandran, V.S. : Perception shape from shading, Nature, Vol.331, pp.163-166, 1988.
- 2) Kleffner, D.A., and V.S. Ramachandran : On the perception of shape from shading, Percept Psychophys, No.1/Vol.52, pp.18-36, 1992.
- 3) 後藤倬男, 田中平八 : 錯視の科学ハンドブック, pp.2-3, 東京大学出版会, 2005年2月.
- 4) 永倉佑一, 小島尚人, 大和田勇人 : 擬似回転錯視を誘発する画像特徴合成動画作成システムの構築, 土木情報利用技術論文集, Vol.19, pp.201-212, 2010年10月.
- 5) 小島尚人, 永倉佑一 : 画像特徴合成動画生成装置, 画像特徴合成動画生成方法, 及びプログラム, 特願2008-311278, 2008年12月.
- 6) 小島尚人, 永倉佑一 : 目の錯覚(錯視)を利用した画質改善技術, 表面, Vol.48, pp.8-18, 2010年8月.
- 7) 高木幹雄, 下田陽久 : 新編 画像解析ハンドブック, pp.1215-1265, 東京大学出版会, 2004年9月.