

I-23 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

A web-based system for producing feature composite moving images inducing pseudo-rotational visual illusion for image interpretation

永倉佑一¹・小島尚人²・大和田勇人³

Yuichi NAGAKURA, Hirohito KOJIMA and Hayato OHWADA

抄録: 本研究開発は、建設分野において利用される様々な観測画像の画像特徴の強調・判読支援策として、インターネット環境下で稼働する画像特徴合成動画作成システム (FCM-Web) を構築したものである。画像特徴合成動画の特徴は、「元画像の画質の維持・鮮鋭化」と「目的とするテクスチャ特徴」の強調効果を同時に得ることができ、画像判読・分析支援策の一つとして寄与できる点にある。この画像特徴合成動画の作成を支援する GUI (Graphical User Interface) を設計・開発するとともに、画像特徴合成動画をデータセット化し、管理・共有できるトータルシステムを実現している。さらに、医療画像、顕微鏡画像、検査計測画像、リモートセンシング画像等、観測対象が異なる画像に対して、画像特徴の合成・強調効果を確認し、FCM-Web の実用性を示している。

Abstract: For better image enhancement and interpretation, a Feature Composite Moving image (termed “FCM image”) inducing pseudo-rotational visual illusion had been proposed. We confirmed FCM image inducing pseudo-rotational visual illusion is effective for enhancing various kinds of image features as well as for maintaining the quality of original image. As for the subsequent subjects, we have tackled to design and develop a web-based system (i.e., “FCM-Web”) for producing the FCM images efficiently. FCM-Web consists of the following functions for: i) pre-processing, ii) producing color emboss images and iii) the FCM images. Under the internet-environment, FCM-Web has materialized to manage many intermediate files in producing the FCM images, which contributes to support image interpretation for remote sensing data, as well as various kinds of digital images.

キーワード: 画像強調, 画像合成, テクスチャ, 画像判読, 錯視, ユーザインターフェイス, インターネット環境

Keywords: image enhancement, image composite, texture, image interpretation, visual illusion, user-interface, internet environment

1. はじめに

衛星画像をはじめ、医療画像、実験計測画像等の各種デジタル画像が多様化、高分解能化する状況にあつて、画像判読支援(画質改善含む)、画像特徴(テクスチャ(きめ、あざ、コントラスト等)、画像エッジ)の強調を目的とした研究報告は枚挙にいとまがない。代表的な画像特徴としては、画像テクスチャ特徴の「分散、平均、コントラスト等」、画像エッジ特徴の「ゾーベル、プレウィット、ラプラシアン等」が挙げられる¹⁾。これらの画像特徴は空間フィルタリング処理を施すことによって強調される。分散フィルタであれば、分散値の高い箇所と低い箇所を二値化したかのようにテクスチャを強調でき、ゾーベルフィルタを用いれば、線構造の方向性を強調できる。建設分野においては、コンクリートの色むら・剥離面積の評価、斜面崩壊箇所や液状化発生地等の判読支援策として広く利用されている。

特定のテクスチャ特徴や方向性を有する画像エッジそのものの抽出を目的とした従来の強調処理では、手法毎に強調される画像特徴が限定され、対象以外の画像特徴(色調情報等)が消えてしまう。元画像の画質を犠牲にしてしまうため

に、テクスチャ特徴と元画像の画質との関係を判読する上で限界がある。衛星データのみならず、各種計測画像を利用する際には、元画像の画質と特定のテクスチャ特徴を同時に、かつ効果的に判読・分析したいという要求は高い。これらの課題に対する一対策として、筆者らは、擬似回転錯視を誘発する「画像特徴合成動画」を提案するとともに、その有用性を示した。この画像特徴合成動画とその作成方法は特許出願に至っている²⁾。

しかし、処理過程で派生する中間ファイルの取扱い、各種パラメータの設定等、画像特徴合成動画を作成する上での効率化の問題が残されていた³⁾。また、場所や時間に制約を受けることなく、インターネット環境下で稼働でき、JOB 単位で中間ファイルや画像特徴合成動画を管理できないかといった課題がある。

以上の背景のもとに、本研究開発では、画像特徴合成動画の作成・管理支援を目的として、操作性に優れた GUI (Graphical User Interface) を備えたシステムを設計するとともに、画像特徴合成動画をデータセット化し、共有・管理できるトータルシステム(以下、FCM-Web: A Web-based system for producing Feature Composite

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 地球環境工学研究室

2 : 正会員 博士(工学) 東京理科大学 教授 理工学部土木工学科 (〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641)

3 : 非会員 博士(工学) 東京理科大学 教授 理工学部経営工学科 (〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641)

Moving images inducing pseudo-rotational visual illusion for image interpretation) の設計・開発に着手した。

2. 本研究開発の経緯と特色

(1) 本研究開発の経緯

前述したとおり、従来の画像特徴強調処理手法では、画像エッジ、画像テクスチャ(きめ,粗さ)等、特定の画像特徴を強調することを目的とし、元画像の情報を犠牲にする。

筆者らは、この問題に対して、画像特徴合成動画作成アルゴリズムを提案し、東京理科大学・承認 TLO を通して、特許申請するに至った。このアルゴリズムの特徴は、「元画像の画質の維持・鮮鋭化」と「目的とするテクスチャ特徴」の強調効果を同時に得られる点にある。

しかし、ここまでの検討では、処理アルゴリズムに関する開発・適用が先行課題となっていたことから、インターネット環境下で操作性に優れた GUI (Graphical User Interface) を設計・開発することは今後の課題として残されていた。画像特徴合成動画作成時の効率を高める上で、避けては通れない課題となる。

システム構成や装備する機能構成はもとより、画面遷移・画面内設計、データ構造設計等、多くの検討課題がある。本研究におけるアプローチは、技術系処理解析システムの開発戦略事例としての意義もあると考えている。

(2) 本研究開発の特色

FCM-Web の特色は、以下の4点にまとめられる。

a) 画像特徴(テクスチャ,エッジ等)の判読支援

画像特徴(テクスチャ, エッジ等)をシステムに組み込み画像解析を目指した研究開発は、国内外含め、多く見られる。しかし、いずれも画像特徴そのものの抽出・強調処理を行った後、処理後の画像と元画像を比較しながら各種画像解析・判読を実施するシステムである。FCM-Web はこれらの諸システムでは取り扱われていない「元画像と画像特徴の合成強調処理」を担う。

画像特徴合成動画を作成する際には、中間ファイルや各種パラメータの入力等、処理効率の問題が残されている。本研究では、以下のシステム開発要件を設定して FCM-Web の設計・開発を進めた。

①画像特徴合成動画作成システムの利便性向上
(インターネット環境下)

②画像特徴合成動画作成上の効率性向上
(操作性に優れた GUI の装備)

近年、インターネット環境下で稼働する技術系の処理解析システムの設計開発に注目が寄せられている。本研究で対象とする画像特徴強調・判読においてもインターネット環境下で実施できるだけでなく、画像特徴合成動画をデータセットとして蓄積・共有できるトータルシステムの構築が求められる。FCM-Web の開発によって、画像特徴合成動画作成の効率化を実現するとともに、実務での画像判

読支援につなげている。

b) 処理効率向上を支援する GUI 設計上の工夫

FCM-Web はインターネット環境下で稼働するため、「システム間の遷移が容易である」、「画面内部の GUI が操作性に優れている」、「ユーザのプラットフォームへの依存回避」等、ユーザフレンドリーなシステムでなければならないことは言うまでもない。

FCM-Web では、「前処理、画像特徴合成動画作成、データセット蓄積&参照」といった3つのサブシステムに分けた上で、画像特徴合成動画作成に関わる一連の処理手順に対応するように「画面遷移設計」と「画面内設計」を並行して進めた。各サブシステム内のコントロールパネルにはマウス操作による「ドラッグ&ドロップインターフェース⁴⁾」を採用するとともに、操作に伴う出力時のファイル名の問題点も解決した。画像処理に精通していないユーザであっても、画像特徴合成動画に関わる一連の作業を効率的に実施でき、画像特徴合成動画の作成時間短縮と管理効率の向上に寄与している。

c) 画像特徴合成動画の提供・管理支援

画像特徴合成動画を利用する際、画像種別単位(医療画像・検査計測画像・リモートセンシング画像等)で各画像特徴(画像エッジ, 画像テクスチャ等)を相互に比較・参照することがほとんどである(7章(2)節 図-13参照)。また、画像特徴合成動画と作成時における中間ファイルをユーザ側が自由に追加、共有し、さらに、ダウンロードできないかといったニーズもある。

FCM-Web では、これらの要求を満たすために、適宜、JOB 単位でデータセットとして一元管理し、蓄積・参照できるデータセット管理システムを実現している。FCM-Web のデータセット管理システムは、建設分野やリモートセンシング分野に限らず、画像判読・解析に関わる様々な分野にわたって、各種情報の発信・提供を促しており、本研究開発の特色の一つとなっている。

d) 本研究開発と特許戦略への展開

ソフトウェアが知的財産として特許申請・保護されるようになって久しいが、研究開発を通して、提案される新たな画像処理アルゴリズムを特許申請し、さらにシステム化した上で市場へ展開するといったアプローチは、諸外国に比べて我が国は立ち遅れていると言っても過言ではない。

筆者らは、既に情報利用技術分野における知財運用のあり方について一つの方向性について検討、報告しているが、特許と論文の位置付けと公開のあり方(知財運用)について議論し、具体的な取り組み事例と問題点を提示しない限り、情報利用技術分野における研究の継続・拡張と発展的展開は期待できない。

各種画像処理アルゴリズムに関わる特許申請を経て、さらに、システムの全体・詳細設計と開発に至る本研究の一連のプロセスは、インターネット環境下で稼働する専門性の高い各種画像処理・解析システムの開発・運用指針の

表-1 FCM-Web の機能一覧

システム構成区分	処理機能	出力ファイル
ドラッグ&ドロップ前処理システム	画像切り出し機能	切り出し画像ファイル
	RGBチャンネル分解機能	RGBチャンネル別画像ファイル
	合成対象画像作成機能	画像特徴強調画像ファイル(13種)
画像特徴合成動画作成システム	対話型バッチ処理 画像特徴合成画像(静止画) 作成機能	画像特徴合成画像ファイル (方位別:8枚) 中間ファイル
	動画化機能	画像特徴合成動画ファイル
	ドラッグ&ドロップ 画像特徴合成動画作成機能	画像特徴合成動画ファイル 中間ファイル
データセット蓄積&参照システム	データセットの選択	
	データセットの参照	
	データセットの追加	
	データセットのダウンロード	

一つとして寄与するものと考えている。

3. FCM-Web の全体設計

(1) FCM-Web の運用環境

FCM-Web はインターネット上に接続された PC で稼働する。特別な稼働環境を整備する必要はなく、時間と場所の制約なく、即時導入稼働できる。

a) システム利用者(クライアント側)

本システムは Java アプレットをクライアント側にダウンロードして、ユーザの手元で処理を実施する運用形態をとる。ユーザの手元に用意した判読対象の画像ファイルを用いて画像特徴合成動画を作成する。

b) システム管理者(サーバ側)

システム管理者側では、ユーザマニュアル、実行形式ファイル、プログラムソース、データセットを管理する。利用者との間でシステム使用契約を結んだ後に、パスワードを配布、FCM-Web の運用・管理体制を敷く。さらに、利用者が許可するデータセットを受信・登録し、データセット蓄積&参照システムで画像特徴合成動画に関する一連の情報提供・管理支援を担う。

(2) FCM-Web のシステム構成

FCM-Web のシステム構成を図-1に示す。FCM-Web は「前処理、画像特徴合成動画作成、データセット蓄積&参照」の3つのサブシステムから成る。FCM-Web の機能一覧を表-1に示す。以下、順を追ってシステムの特徴について述べる。

a) 前処理システム

前処理システムには、画像特徴合成動画作成時に必要な合成元画像ファイルと合成対象画像ファイルを作成できる機能を装備した。「画像の切り出し」、「RGB チャンネル分解」、「合成対象画像の作成」を1つのコントロールパネル内でドラッグ&ドロップ操作を用いて効率的に実施でき

表-2 FCM-Web のターンアラウンドタイム(単位: min)

		汎用画像処理ソフト	FCM-Web
STEP1	画像切り出し	5	0.5
	RGBチャンネル分解	3	0.5
	合成対象画像作成 (13種類作成)	30	0.5
STEP2	エンボス、エッジ強調処理	30	2
	オーバーレイ処理	30	
	カラー合成処理	20	
STEP3	連続表示による 動画化処理	10	
計(ターンアラウンドタイム)		128	3.5

るよう設計上の工夫が成されている。

b) 画像特徴合成動画作成システム

前処理システムで作成した合成元画像ファイルと合成対象画像ファイルから画像特徴合成画像(方位別:8枚)を作成し、連続表示、動画ファイルとして保存出力する機能を実装している。システム内の各機能はバッチ処理、ドラッグ&ドロップ操作に対応しており、画像特徴合成動画作成に関わる一連の処理を効率的に実施できるように設計した。

特に、「ドラッグ&ドロップ・画像特徴合成動画作成機能」では、コントロールパネル内に対象画像ファイルをドラッグ&ドロップするだけで、パラメータ入力等の煩わしい制約を受けることなく、瞬時に画像特徴合成動画と中間ファイルを生成できる。画像処理に精通していないユーザであっても容易に作成作業を実施でき、従来の研究開発には見られない特色となっている。

c) データセット蓄積&参照システム

このシステムでは、前処理、画像特徴合成動画作成システムから作成される複数の画像ファイルを「画像種別単位&画像特徴種別&JOB 単位」でデータセットとして共有・管理できる。

ユーザが作成した画像特徴合成動画、合成元画像、合成対象画像ファイルをデータセットに追加し、それを参照・ダウンロードできるシステムとした。追加機能にはバッチ型ドラッグ&ドロップユーザインターフェースを実装し、画像種別・画像特徴別での追加処理を実現した。

(3) 処理効率の向上

インターネット環境下で稼働する技術系システムを運用する際には、システムの処理効率を明示しておくことが必要条件となる。本研究では、本システムを利用せず汎用画像処理ソフトウェアを用いて画像特徴合成動画を作成した場合の実際の作業時間を計測し、本システムを利用した場合のそれと比較した。表-2に実際の作業時間の比較を示す。

作業効率の向上を目的とした操作性に優れた GUI や出力構成の設計上の工夫により、本システムを用いた際の作業時間が大幅に短縮されていることが判る。特に、「エ

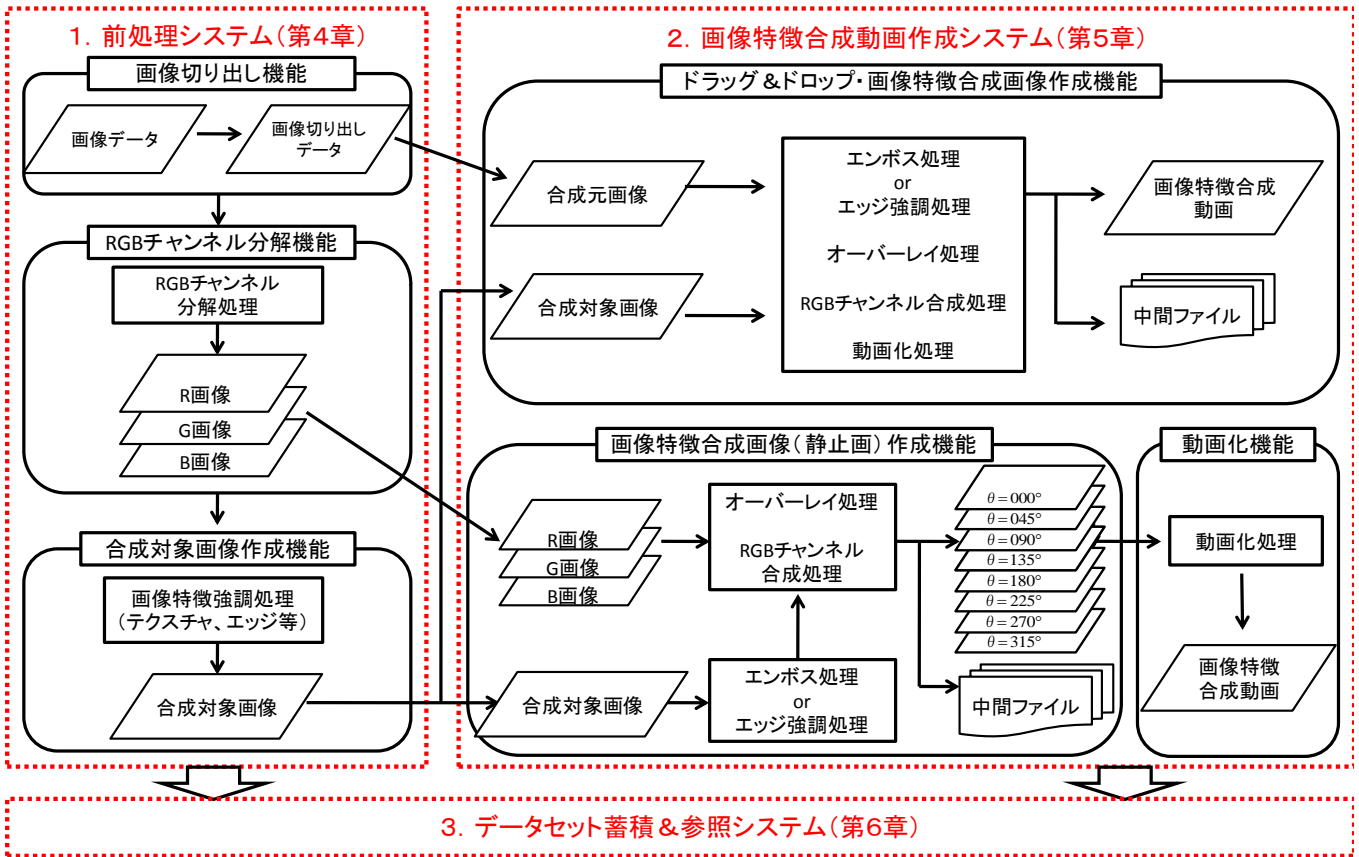


図-1 画像特徴合成動画作成システムの全体構成図(処理の流れに対応)

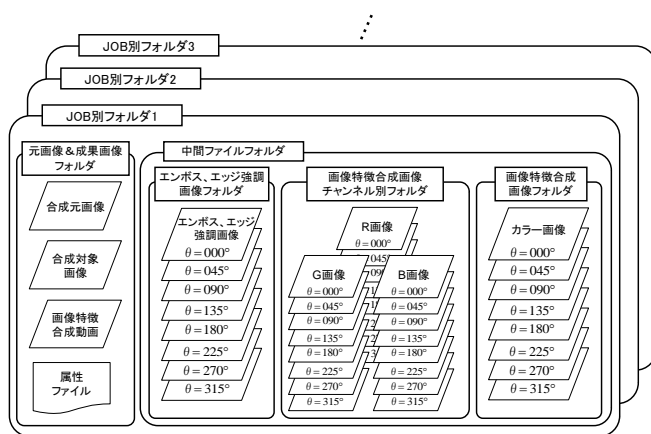


図-2 データセット構造(JOB単位による一元管理)

※画像特徴合成動画作成システムによって自動出力

ンボス, エッジ強調処理」, 「オーバーレイ処理」, 「カラー合成処理」の一括処理によってもたらされる時間短縮は特筆すべき点である。インターネットや社内イントラネットを用いた運用によって, 画像処理に精通している技術者でなくとも, 効率的に画像特徴合成動画の作成作業を実施できる。

(4) データセット構造

本システムを利用するにあたり, ユーザは多数の中間ファイルの生成を強いられる。数多い中間ファイルを欠落することなく管理する方法を検討することは, FCM-Web に必要不可欠な課題となった。検討内容は以下の3点である。

a) フォルダ構成

FCM-Web では, 図-2のように処理における一連のファイルを JOB 別フォルダにおいて管理する⁵⁾。本提案の特徴として, 作成された成果物ファイルを JOB 別フォルダ直下に保存することが挙げられる。これにより, 作成作業がどの段階まで進行しているか, ユーザが瞬時に把握できる。

また, 中間ファイルフォルダも JOB 別フォルダの下部に設置し, 処理過程で派生する中間ファイル群をまとめて保存する。さらに, 中間ファイルフォルダ内にて, 処理段階別に各処理出力ファイルフォルダを設けている。実際に中間ファイルを参照する際の指針として寄与できる。

b) 内部ファイルの設計

各処理出力ファイルの名称は FCM-Web によって固定し, 自動生成される。具体的には, エンボス, エッジ強調処理時の光の照射方向によって000~315のように付す。また, 出力ファイルが単チャンネルのグレースケール画像である場合には, 数字の後に「_R」, 「_G」, 「_B」という名称を追加して出力する。ファイル名をシステム内部において自動的に確定する設計は, 本システムにおいて入念に設計した点でもある。

c) 属性ファイルの設計

画像特徴合成動画作成時のパラメータを保存・参照できる環境を整えることは画像特徴合成動画を管理する上で重要なウェイトを占める。FCM-Web は入力パラメータを属

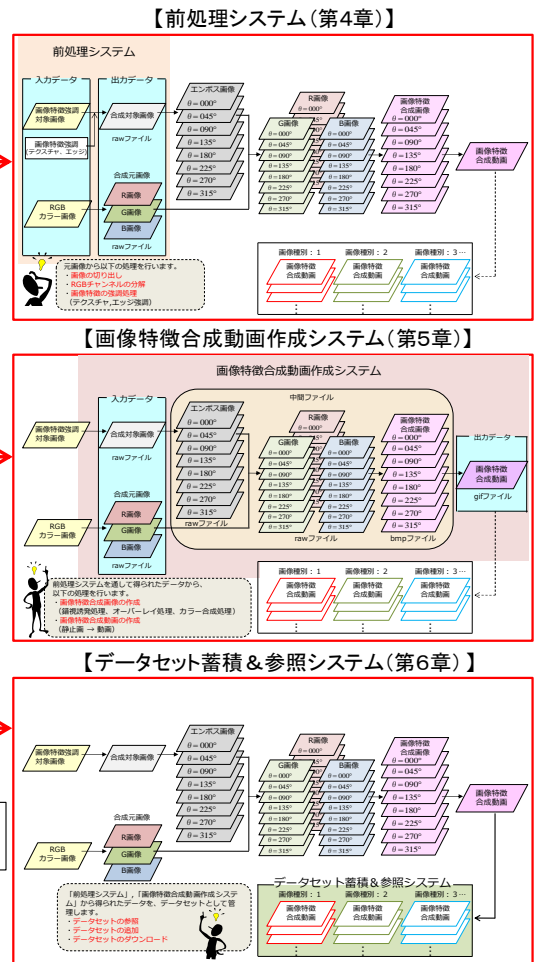
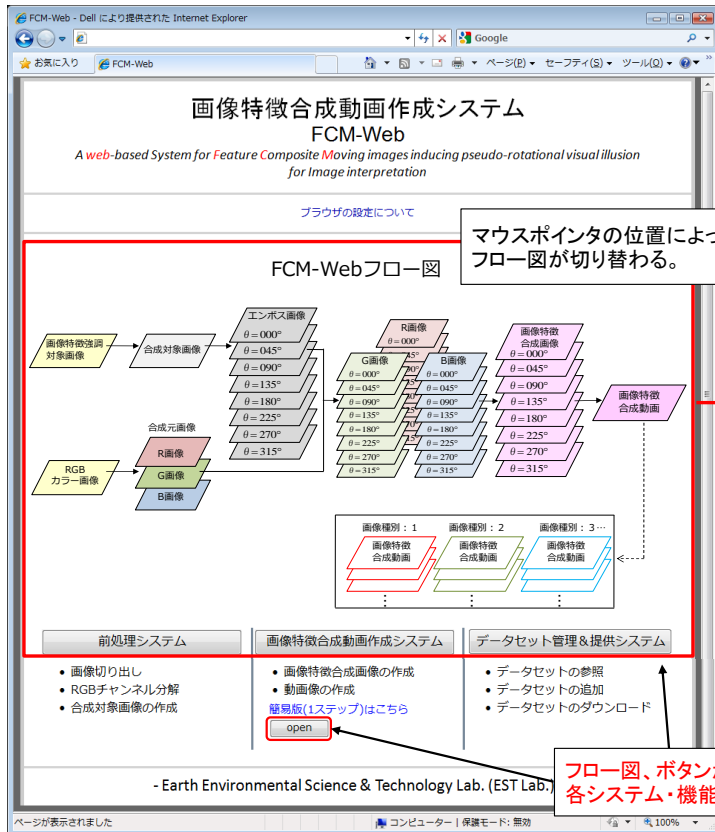


図-3 FCM-Web のメインメニュー

性ファイルとして自動的に保存出力する。これにより、ユーザは意識することなく、パラメータを随時参照できる。

4. メインメニューと前処理システム

(1) FCM-Web のメインメニューの工夫

ユーザが Web ブラウザを介して本システムを起動させると、図-3に示す画像特徴合成動画作成システム (FCM-Web) のメインメニューが表示される。メインメニューは3つのサブシステム(前処理、画像特徴合成動画作成、データセット蓄積&参照)によって構成されており、利用者はフロー図、もしくはボタンから各システム・機能を起動し、画像特徴合成動画作成に関する一連の処理を実施できる。フロー図には JavaScript を導入し、マウスポインタの位置によって処理フロー図が切り替わる。これにより、利用者は直感的に目的のシステム・機能を選択でき、実施したい処理を効率的に進めることができる。

(2) 前処理システム

「前処理システム」のコントロールパネルを図-4に示す。前処理システムでは、ドラッグ&ドロップ操作を用いて、画像特徴合成動画作成時に必要となる「合成元画像」、「合成対象画像」ファイルを作成する。一連の処理を効率的に

実施できるように、システムのコントロールパネル下部に各機能の切り替えボタンを配置している。さらに、ファイル操作に伴い、図中に示すように、出力ファイル名を自動で付すよう設計されている。画像処理に精通していないシステム利用者であっても極めて簡易な操作で前処理を効率的に実施できるように配慮されている。以下、順を追って各機能について説明する。

a) 画像切り出し機能(STEP1)

図-4のコントロールパネルに判読対象画像をドラッグ&ドロップすると、図-5のような画面が表示される。切り出す領域をドラッグ範囲選択することにより、処理を実施する。また、画面下部には縮小・拡大ボタンを配置し、画像を縮小・拡大できる。さらに、切り出し座標値、切り出し後の画像サイズを一目で把握できる画面設計となっている。マウスを用いた簡易な操作のみで効率的に切り出し作業を実施できる。

b) RGB チャンネル分解機能(STEP2)

本機能では、1ステップの操作によって、カラー合成画像ファイルから「R」、「G」、「B」各チャンネルに分解された256階調のグレースケール画像 (raw ファイル) を作成する。出力ファイル名は、入力ファイル名を元に自動で付加・保存される設計とした。さらに、コントロールパネルに対し、同

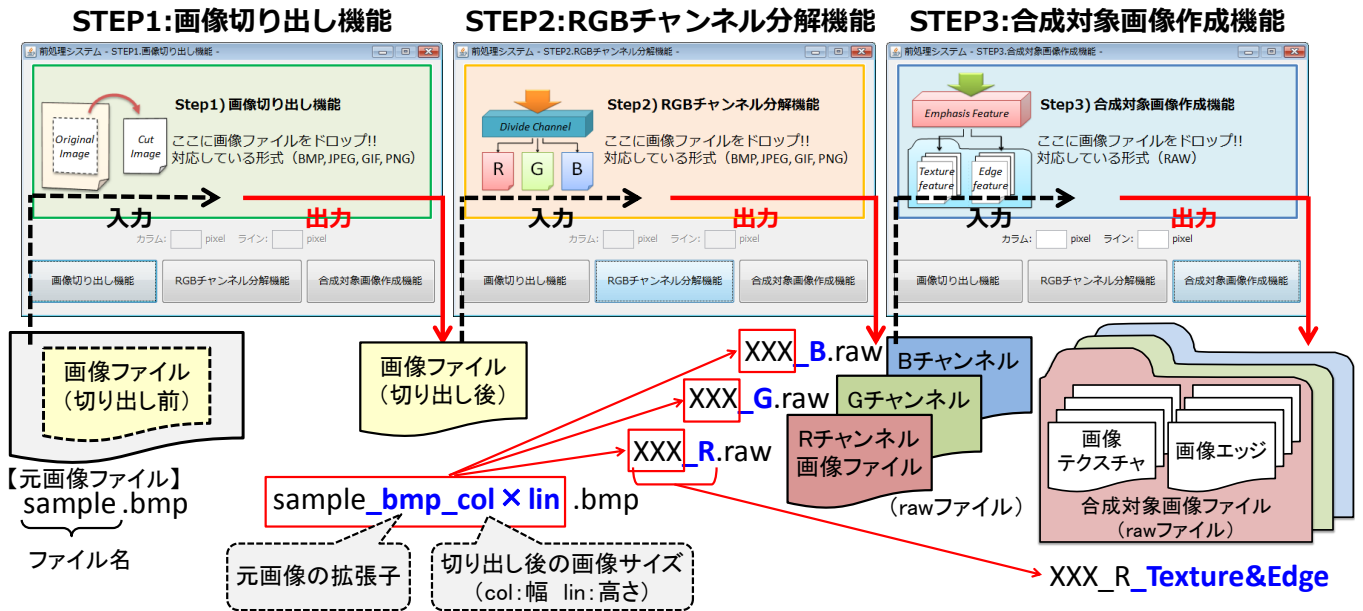


図-4 前処理システム



図-5 画像切り出し機能の画面設計

時に複数の画像ファイルを入力することも可能であり、従来の汎用画像処理ソフトウェアを用いたファイル操作では成し得ない操作性向上を実現している。

c) 合成対象画像作成機能(STEP3)

画像特徴合成動画作成時に必要な合成対象画像 (raw ファイル) を作成する。「RGB チャンネル分解機能」において作成されたグレースケール画像から、ドラッグ&ドロップ操作によって、「画像テクスチャ特徴:8種類」、「画像エッジ特徴:5種類」、合計13種類の画像特徴強調画像 (合成対象画像) を新たに生成されるフォルダ内に出力する。今後、ニーズに応じて、画像特徴を柔軟に追加でき、拡張性を考慮している。本研究開発の特色の一つでもある。

これらの画像ファイルは汎用ソフトウェアを用いても作成できるが、多くの時間と手間を要するだけでなく、ソフトウェア導入時のコストも高価であることは否めない。本機能を

用いることによって、このような制約を受けることなく、効率的に合成対象画像を作成できる。ドラッグ&ドロップ操作のみで複数の画像特徴抽出・強調画像を瞬時に作成することのできる本機能は、FCM-Web に限らず、画像判読・解析を対象とした様々な研究分野に寄与できる。

5. 画像特徴合成動画作成システム

(1) 画像特徴合成動画作成の流れ

画像特徴合成動画作成システムでは、合成の元となる「合成元画像」と画像特徴強調の対象となる「合成対象画像」を設定した上で、以下に説明する3つの処理 (図-6 参照) を実施する。

①エンボス画像 or エッジ強調画像の作成

合成対象画像の保持する画像特徴の凹凸を強調するために、合成対象画像に対し、空間フィルタ (Emboss, Robinson, Prewitt, Kirsch) を用いた錯視誘発処理を施し、「エンボス画像」または「エッジ強調画像」を作成する⁶⁾。これらの画像は、擬似照射 (エンボス、エッジ強調処理) 方向別に8枚作成され、照射方向によって凹凸視認状況が大きく異なる (錯視⁷⁾)。

②画像特徴合成画像 (静止画) の作成

①において作成された画像を合成元画像の各チャンネルに対し、オーバーレイ処理 (重ね合わせ処理)、カラー合成処理を施すことにより、「画像特徴合成画像」を作成する。作成された画像特徴合成画像は、合成元画像の色調を維持しつつ、同時に合成対象画像の保持する画像特徴の凹凸強調効果を得られる。

③画像特徴合成動画の作成

②の画像特徴合成画像 (静止画像) 8枚を連続表示させ、「画像特徴合成動画」を作成する。擬似照射方向の変

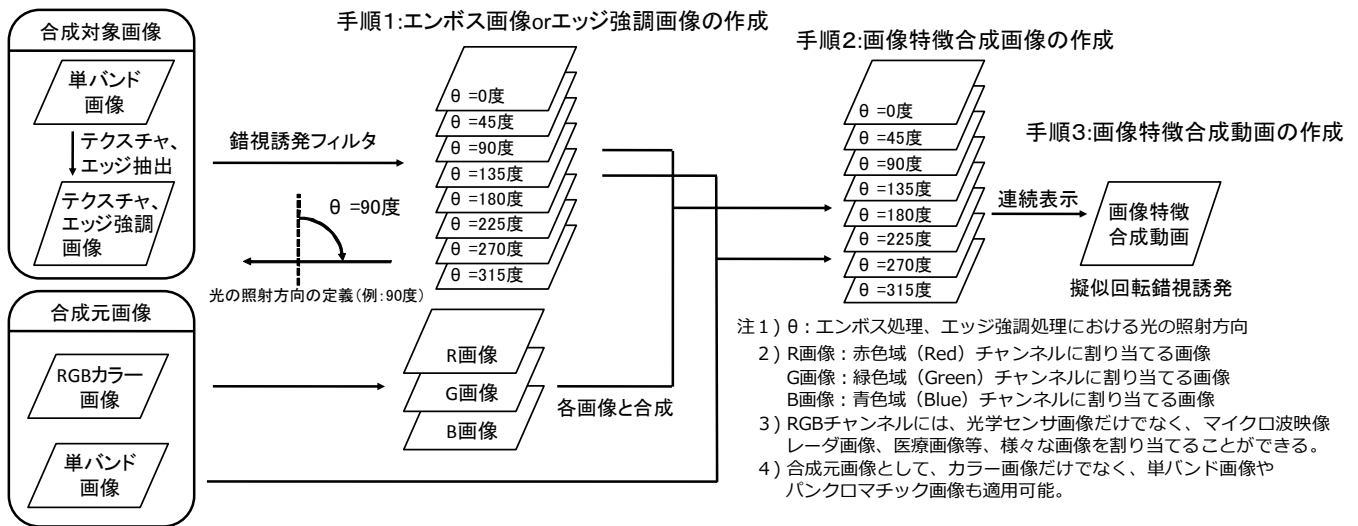


図-6 画像特徴合成動画作成アルゴリズム

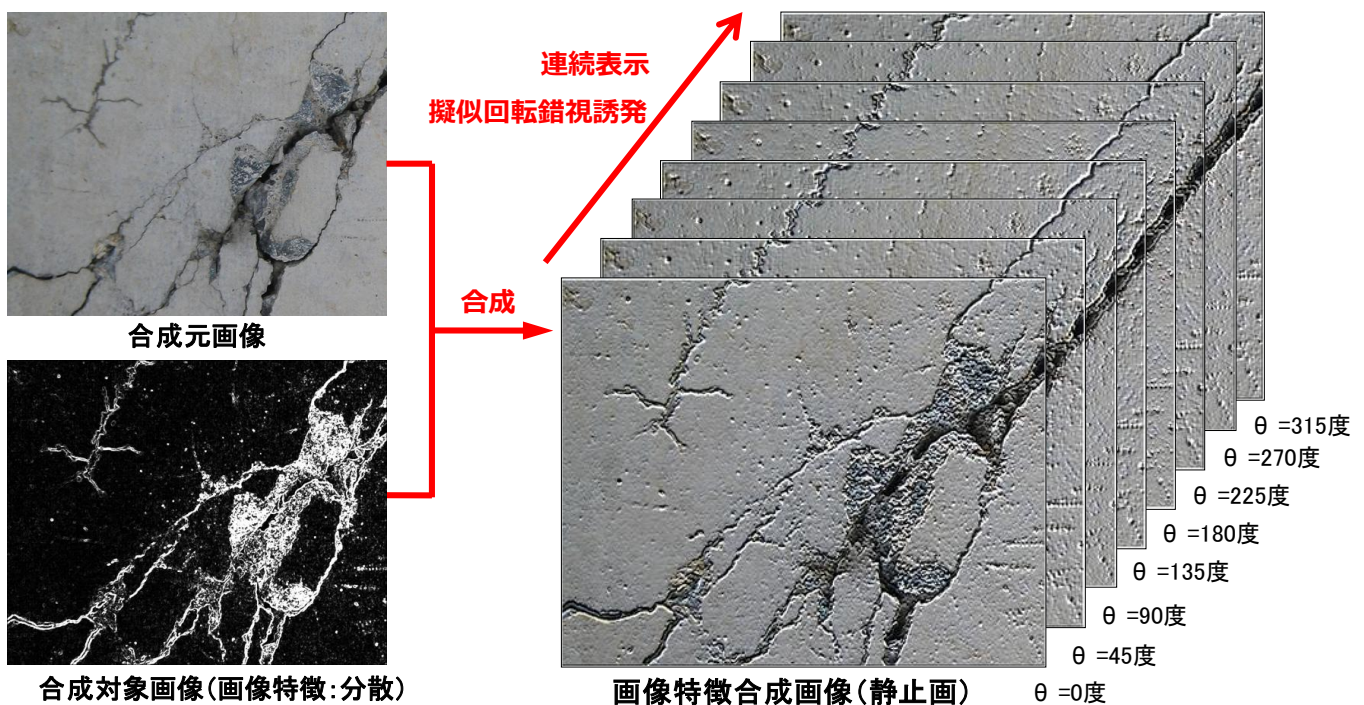


図-7 画像特徴合成動画(合成例:コンクリート表面)

化に伴う錯視(擬似回転錯視)を誘発し、従来の画像処理結果には見られない画像特徴の強調・鮮鋭化効果が得られる(図-7参照)。

(2) 画像特徴合成画像作成機能(STEP1)

処理手順①、②の処理を実施し、画像特徴合成画像を作成する機能を実装した。図-8にコントロールパネルを示す。パネル内の「パラメータ入力&変更」ボタンをクリックすることによって、「パラメータ入力ダイアログ」を呼び出す。前処理システムにおいて作成された「合成元画像ファイル」、「合成対象画像ファイル」を入力データとして、このダイアログ内に、各種パラメータを入力する。具体的には、以下のパラメータを入力する。

①画像サイズ入力欄

合成元画像と合成対象画像を raw ファイルとして読み込む。ここでは、raw ファイルのカラムとラインを指定する。

②合成対象画像ファイルの選択

画像特徴強調を対象となる合成対象画像を選択する。「参照」ボタンをクリックすると、ファイル選択ダイアログが表示され、任意の raw ファイルを選択する。

③錯視誘発フィルタの設定

前述のエンボス、エッジ強調処理を実施する際のフィルタを設定する¹⁾。「Emboss」、「Robinson」、「Prewitt」、「Kirsch」フィルタのモード図を配置し、視覚的に選択できるように配慮した。今後のニーズに応じ、前述のフィルタ以外の空間フィ

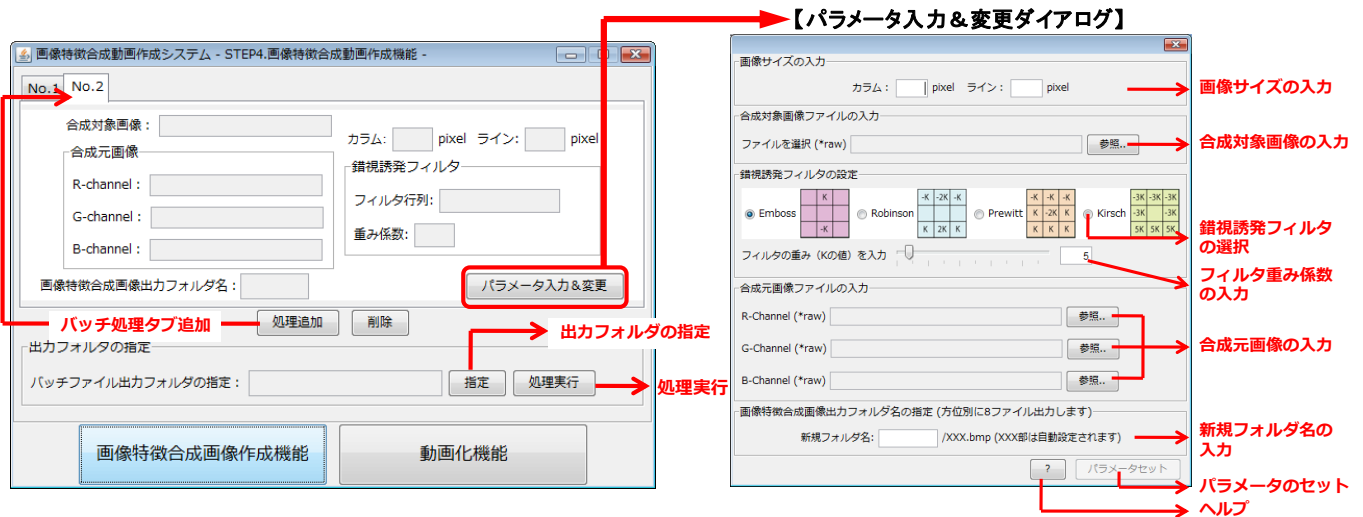


図-8 画像特徴合成動画作成システム:画像特徴合成画像(静止画)作成機能

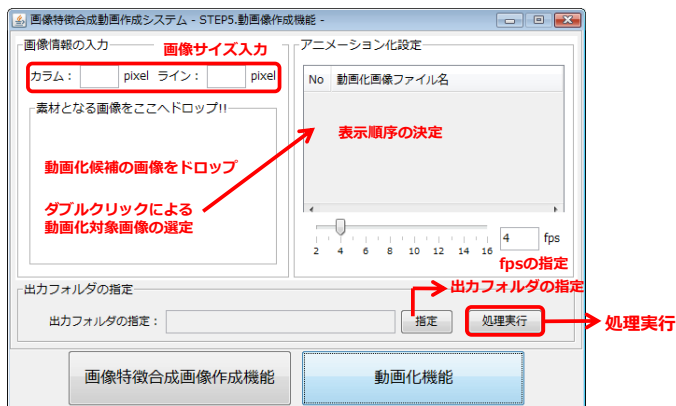


図-9 画像特徴合成動画作成システム:動画化機能

ルタを錯視誘発フィルタとして追加・拡張できる。

④フィルタ係数入力欄

錯視誘発フィルタの重み係数をスライダーを用いることにより、1～50の整数値で指定する。

⑤合成元画像ファイルの選択

合成元画像として、R、G、B各チャンネルのrawファイルをそれぞれ指定する。これによって、各チャンネルを入れ替えた異なるカラー合成を実施した画像特徴合成画像を効率的に作成できる。

⑥新規出力フォルダ名入力欄

新規フォルダ名を入力することによって、後述のバッチファイルフォルダ内に新規にフォルダを作成し、その内部に画像特徴合成画像(方位別:1枚)と中間ファイルを出力する。

さらに、本機能はバッチ処理にも対応している。コントロールパネル内の「処理追加」ボタンをクリックすることによって、バッチ処理タブを追加する。バッチファイル出力フォルダ内に複数の画像ファイルを同時に一元処理し、バッチ数に応じて新規フォルダを出力する。作業時間の大幅な短縮に貢献でき、パラメータ検討や異種画像間の合成等、様々な検討を効率的に実施できる機能を実装した。

(3)動画化機能(STEP2)

STEP1において作成された「画像特徴合成画像」を入力データとし、**処理手順③**の連続表示処理を実施、画像特徴合成動画を作成する。コントロールパネルを図-9に示す。連続表示・保存の対象となる画像をコントロールパネルにドラッグ&ドロップし、表示順序をダブルクリックによって決定する。連続表示速度(fps⁸⁾: frame per second)はスライダーによって2～16(fps)まで設定できる。

このような極めて簡易な操作によって、0度～315度の右回転表示だけでなく、「左回転、上下、左右、斜め交互表示」等の検討が可能になる。さらに、入力データには画像特徴合成画像のみならず、エンボス画像、エッジ強調画像等の処理過程で派生する中間ファイルの動画化もでき、汎用性を実現している。

(4)ドラッグ&ドロップ画像特徴合成動画作成機能

処理手順①～③を一括して実施し、パラメータ入力を省略、瞬時に画像特徴合成動画を作成できる機能を設計・開発した。コントロールパネルを図-10に示す。

「合成元画像ファイル」、「合成対象画像ファイル」をそれぞれパネル内の指定領域にドラッグ&ドロップするだけで、デフォルトパラメータから、「画像特徴合成動画」および一連の「中間ファイル」を作成できる。

デフォルトパラメータを変更したい場合、「パラメータ変更」ボタンから3種のパラメータ(錯視誘発フィルタ、フィルタの重み係数、fps)を変更できる。

また、合成元画像と合成対象画像をそれぞれ設定できることから、画像サイズを統一していれば、種類の異なる画像の合成(異種画像合成)も容易に実施できる。

以上のように、一つの画面内にて画像特徴合成動画作成に関わる一連の処理を実施できるように配慮している。近年、GUIそのものの設計手法に関わる研究や書籍等が数多く見られる¹⁰⁾。本研究開発を通じ、ドラッグ&ドロップユーザインターフェースを実装し、これを応用したGUI設

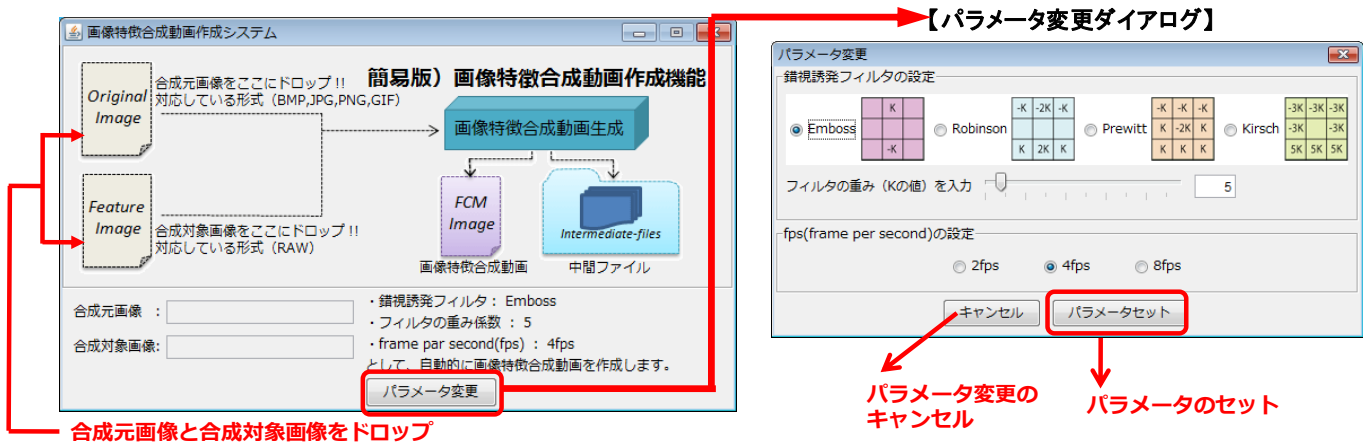


図-10 画像特徴合成動画作成システム：ドラッグ&ドロップ画像特徴合成動画作成機能

計は、専門性の高い技術系の各種処理・解析システムにおける処理の効率化に寄与できるものと考えている。

(5) データセットの出力構成

本システムにおいて以下の5種類のファイルを出力する。

- ①エンボス画像またはエッジ強調画像ファイル(8枚)
- ②画像特徴合成画像チャンネル別ファイル(8枚×3チャンネル=24枚)
- ③画像特徴合成画像カラーファイル(8枚)
- ④画像特徴合成動画ファイル
- ⑤属性ファイル

上記のうち、①、②が256階調グレースケールの raw ファイル、③はフルカラー1677万色の BMP ファイル、④は GIF ファイル、⑤はテキスト形式のファイルである。

処理過程で派生される中間ファイル(①、②、③)は図-2の設計に倣い、成果物である画像特徴合成動画とは別の「中間ファイルフォルダ」内に自動出力・保存する。フォルダ階層構造を利用したファイル管理ができる。

属性ファイル(⑤)には、画像特徴合成動画作成に用いたパラメータや作成日時を後日参照できるように、表-3の内容を出力する。作成後の管理効率向上にも寄与する。

6. データセット蓄積&参照システム

FCM-Webのデータセット蓄積&参照システムでは、前処理システム、画像特徴合成動画作成システムにおいて作成された成果物(合成元画像、合成対象画像、画像特徴合成動画、属性ファイル)を「画像種別単位&JOB単位」でデータセットとして一元管理する。これらの情報が散逸することなく、継続的的なデータの管理ができることは、システム要件として不可欠である。インターネット環境下でこれらの画像データを利用者が効率的に蓄積・参照、ダウンロードできるようなシステムとなっている。

(1) データセットの検索・参照

図-11にデータセット参照の流れを示す。Webブラウザからサーバに HTTP リクエストをかけると、メインメニューが表示される(STEP1)。医療画像、地球観測画像、検査・計

表-3 属性ファイルの内容

項目	内容
作成日時	画像特徴合成動画作成の日時
画像サイズ	画像データのサイズ (カラム×ライン(pixel))
合成元画像ファイル名	合成元画像ファイル名とパス名
合成対象画像ファイル名	合成対象画像ファイル名とパス名
錯視誘発フィルタ	エンボス、エッジ強調処理におけるフィルタ名
フィルタの重み	錯視誘発フィルタの重み
画像特徴合成動画連続表示速度	画像特徴合成動画の連続表示速度(fps)

測画像等の画像種別カテゴリーを指定する。さらに、カテゴリー内の画像タイトル(例:眼球)を選択すると、STEP2のような画像特徴別のリスト画面が表示される。リストから閲覧したい内容を選択すると、STEP3のデータセット参照画面に移行する。

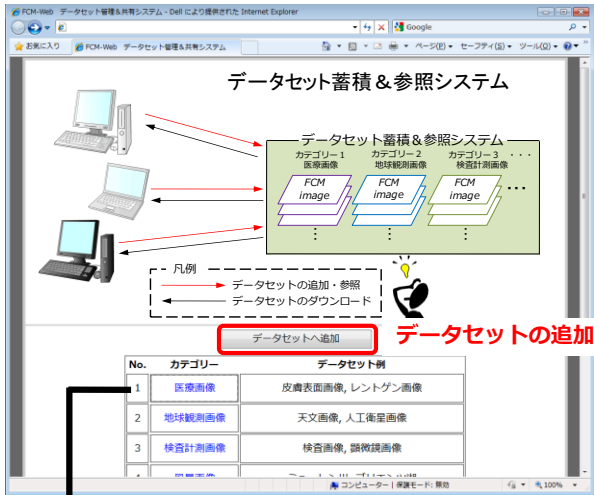
画面内には、合成元画像、合成対象画像、画像特徴合成動画を配置し、相互に比較・参照できるように配慮している。また、システム利用者がこれらの画像をダウンロードしたい場合、画面内下部の「ダウンロード」ボタンをクリックすることによって、任意の指定先にダウンロード用の「zip」フォルダを自動生成し、フォルダ内に複数の画像ファイルを一括ダウンロードできる。利用者が画面遷移・画面内設計に戸惑うことなく、直感的に画像特徴合成動画を参照・ダウンロードできる機能を備えたシステムとなっている。

(2) データセットの蓄積支援

本システムでは、利用者が効率的に成果物ファイル(合成元画像、合成対象画像、画像特徴合成動画)をデータセットに追加し、蓄積・参照できる機能を実装している。メインメニューに配置された「データセット追加」ボタンをクリックすると、図-12のコントロールパネルが表示される。

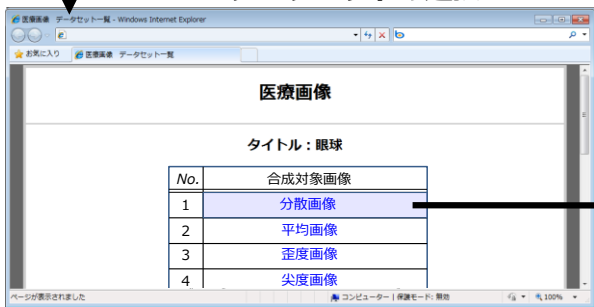
パネル内に諸元情報として必要なパラメータを入力し、画像特徴合成動画作成システムにて自動生成された「成果物フォルダ」をドラッグ&ドロップすることによって、データセットの追加を実現している。さらに、バッチ追加処理に

STEP1:データセットのカテゴリー検索



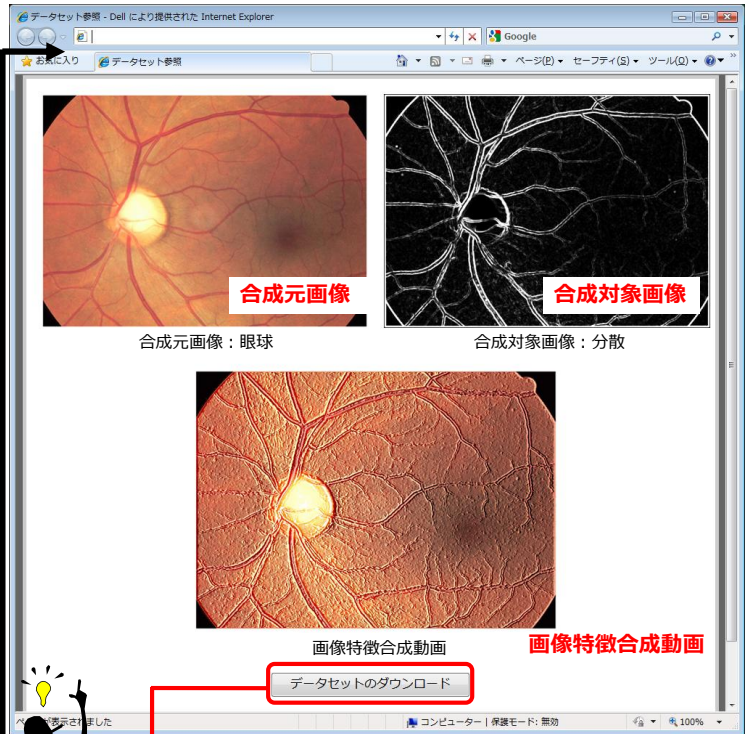
メインメニュー (カテゴリー区分表示)

STEP2:データセットの選択



データセット選択画面

STEP3:データセットの参照



データセット参照・ダウンロード画面

- データセットのダウンロード
- ・合成対象画像ファイル
 - ・合成元画像ファイル
 - ・画像特徴合成動画ファイル

図-11 データセット蓄積&参照システム

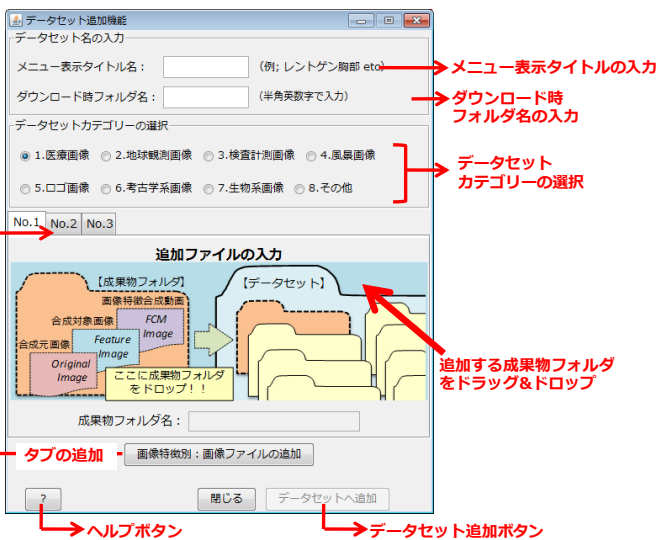


図-12 ドラッグ&ドロップ・データセット追加機能

も対応しており、タブの追加によって、画像特徴別に成果物ファイルを追加できる。

データセットに追加されたこれらの成果物は、インターネット環境下で管理され、Web ブラウザを介し、管理者のみならず、他の利用者も参照・ダウンロードできる。

インターネットや社内イントラネットを用いた運用によって、実務上の要求に対応できるデータセットの蓄積・参照支援

を実現したことは言うまでもなく、インターネット環境下で効率的に画像特徴合成動画を作成・管理できるトータルシステムを実現している。

7. 画像特徴合成動画適用分野の検討

(1)元画像の画質を維持した画像特徴強調合成

画像特徴合成動画を構成する静止画像は、合成対象画像の保持する画像特徴を、錯視誘発に伴い鮮鋭化、合成元画像の情報が欠落することなく、合成強調できている。

図-7に示したように、元画像上では判読が困難であったコンクリート表面の「きめ、粗さ」といったテクスチャ特徴が強調されていることが判る。さらに、動画上では、擬似照射方向を固定した静止画像では判読が困難なひび割れ線の輪郭等も擬似回転錯視誘発(連続表示)に伴って浮かび上がり効果が確認できる。コールドジョイント等の判読支援に寄与できると考えられる。

建設分野において、各種計測画像を利用する際には、元画像の画質と特定のテクスチャ特徴を同時に、かつ効果的に判読・分析したいという要求は高いが、その一対策として、本研究で提案する画像特徴合成動画の適用効果は高く、画像特徴の強調・合成だけでなく、画像判読支援策の一つ

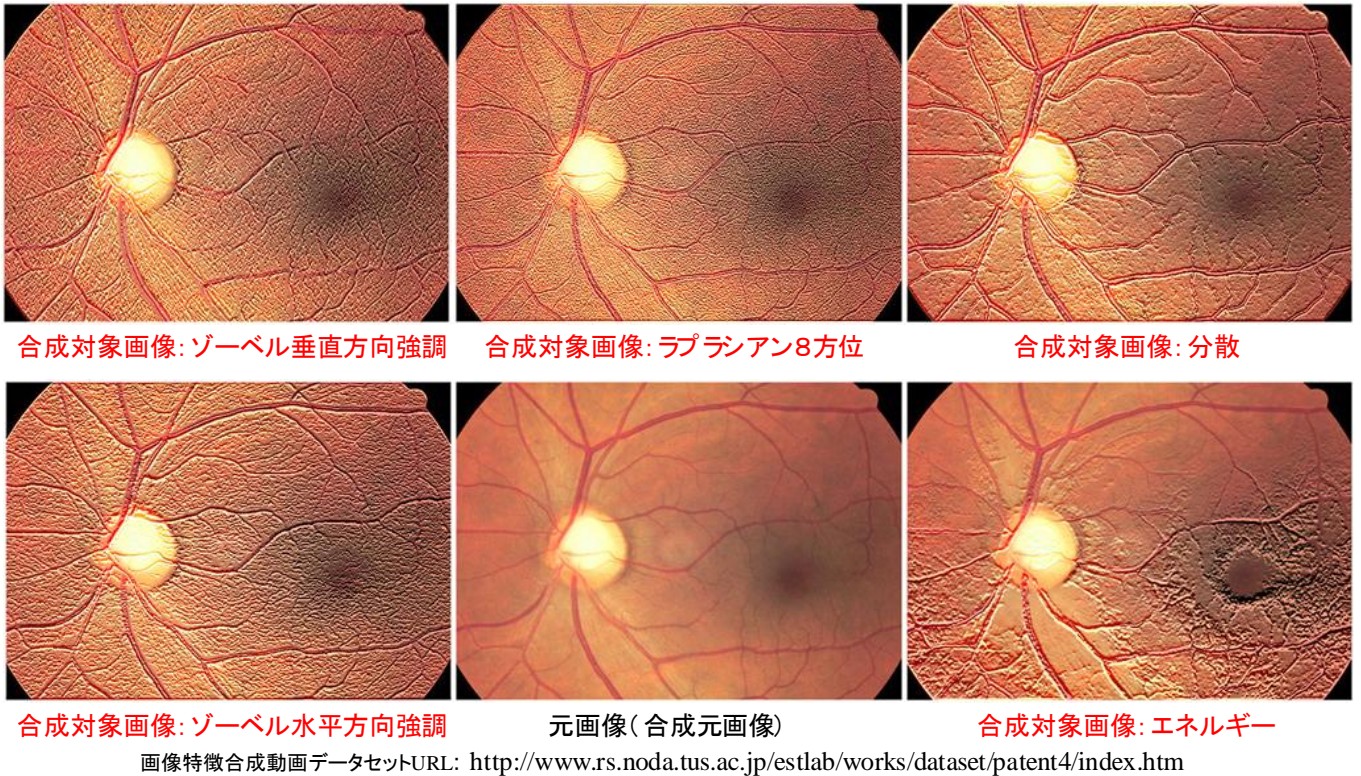


図-13 医療画像に対する画像特徴合成動画の適用例(判読対象:眼底, 擬似照射方向:0度)

表-4 画像特徴合成・強調効果の比較・検討(画像種別&画像特徴別)

		画像テクスチャ特徴					画像エッジ特徴				
		分散	平均	エントロピー	エネルギー	コントラスト	データレンジ	ゾーベル垂直	ゾーベル水平	ラプラシアン4方位	ラプラシアン8方位
各種画像	コンクリート	◎	○	△	○	○	○	○	○	○	○
	眼底	○	○	○	◎	○	○	◎	◎	△	△
	胸(レントゲン)	◎	△	△	○	○	○	○	○	○	○
	肌	△	○	△	◎	△	○	◎	◎	○	○
	ミジンコ(顕微鏡)	◎	△	△	○	○	○	○	○	△	△
衛星画像	農用地	○	◎	△	△	△	○	○	△	○	○
	山岳地	◎	◎	△	△	○	○	△	△	○	○
	都市域	◎	○	△	△	△	○	△	△	○	○
	海域	◎	○	△	△	○	○	◎	○	○	○
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

【凡例】 ◎:適用効果(高) ○:適用効果(中) △:適用効果(低)

として寄与できるといえる。

(2) 画像特徴合成動画の拡張性

画像特徴合成動画に関する研究は、当初、建設分野における検査・計測画像や衛星リモートセンシングデータの画像特徴判読支援策として進められてきた。しかし、建設分野のみならず、様々な分野において撮影されるデジタルカメラや顕微鏡、X線等の画像データに対し、適用性を検討することも課題として残されてきた。

そこで、医療画像(判読対象:眼底画像)を対象として、画像特徴合成動画作成を試みた。図-13に眼底画像と画像特徴合成画像(画像特徴別:5種)を示す。一見して判るように、元画像からでは判読できない画像特徴の鮮鋭化・強調効果が確認できる。例えば、「画像特徴:ゾーベル水平・垂直方向強調」に着目すると、血管等の線構造におい

て顕著な強調効果が得られている。特に、「画像特徴:エネルギー」に着目すると、眼底内テクスチャ(キメ、粗さ)や線情報が浮き上がって見え、興味深い結果を示している。

さらに、本システムを用いて作成された画像特徴合成動画の適用効果を検証するため、表-4のように、画像種別・画像特徴別に整理した。各画像において鮮鋭化・強調すべき箇所(コンクリート画像であれば、骨材のきめ、ひび割れ線等)に着目、元画像との画質関係を考慮し、客観的に見た場合、特に画像特徴合成・強調効果が高かったケースを◎で示してある。各分野における専門家の知見・解釈については、特定の分野においても画像判読時のニーズが多岐に渡り、一意に評価することが困難であるため、今後の課題としたい。

この検討結果から、観測対象にかかわらず、画像全体

にわたる「キメや粗さ」といったテクスチャの強調において「分散」の適用効果が高いことが判る。また、「画像エネルギー」は、その定義から^{付録}、画像特徴合成動画上において特定の画像濃度値を示す画素群を強調・鮮鋭化でき、前述したとおり、コンクリート表面撮影画像、医療画像等、画像濃度値のレンジが狭い画像の鮮鋭化効果が高いことを裏付けている。画像内のエッジを強調する際には、ゾーベルフィルタの適用効果が高く、擬似回転錯視の誘発効果によって、特定のエッジ方向の判読支援に効果があると言える。その他の画像特徴強調フィルタについては今後の課題とするが、この検討においても本研究で開発したFCM-Webが寄与できると考えている。

8. まとめ

本研究開発は、建設分野において利用される様々な観測画像、検査・計測画像の判読支援を目的として、インターネット環境下で稼働する画像特徴合成動画作成システム(FCM-Web)を構築したものである。

(1) 画像特徴合成動画作成システムの構築

元画像の画質と特定のテクスチャ特徴を同時に判読・分析するといった画像特徴の判読支援策に関する研究が意外にも見逃されている点を指摘した上で、錯視を誘発する「画像特徴合成動画」を効率的に作成できるシステム(FCM-Web)を構築した。FCM-Webは、インターネット環境下で「画像特徴合成動画」を効率的に作成、共有・管理できることから、実務での利用はもとより、画像特徴合成動画の利用普及とともに、各種画像処理・解析分野への研究展開にも寄与する。

(2) 画像特徴合成動画作成作業の効率化

さらに、画像特徴合成動画作成時の煩わしいパラメータ入力を極力避けるべく、システム内のコントロールパネルにマウス操作を用いたドラッグ&ドロップを採用し、操作性に優れたGUI(Graphical User Interface)を設計開発した。これにより、画像処理に精通していないシステム利用者であっても、画像特徴合成動画に関わる一連の作業を効率的に実施でき、画像特徴合成動画の作成時間の大幅な短縮と管理効率の向上に寄与できることを示した。

(3) 画像特徴合成動画のデータセット化と共有・管理

画像特徴合成動画の共有・管理を目的として、操作性に優れたGUIを備えたデータセット管理システム(DSMS: Data Set Management System)を開発した。これにより、JOB単位で作成される画像判読支援動画を効率的にデータセット化でき、画像特徴判読支援に関わる各種情報の発信・提供を実現した。

(4) 情報利用技術分野における知財運用への一提言

情報利用技術における知財運用のあり方についても言及し、インターネット環境下で稼働する専門性の高い各種画像処理・解析システム開発時の指針の一つとして提示した(2章)。

今後の課題として、他の空間フィルタを用い、合成対象画像作成機能の拡充を予定している。

デジタル画像の種類が益々多様化する状況にあつて、画像特徴の判読支援策は考えることは、避けては通れない検討課題になるはずである。本研究内容が、この点に関する問題提起の一つになるとともに、専門性の高い各種画像処理・解析システムの開発・運用指針の一つとして何らかの形で寄与できれば幸いである。

付録

1) 画像特徴としての「画像エネルギー」の定義

画像エネルギーは、空間フィルタリング処理を用いて以下の式によって計算される。特定の濃淡レベルに画素が集中しているほど大きな値となる。画像特徴合成動画上では、擬似回転錯視誘発効果に伴い、この部分がさらに鮮鋭化・強調される。

$$EGY = \sum_{i=0}^{255} P^2(i)$$

但し、 $P(i)$: 画像濃淡レベルの生起確率

i : 画像濃度レベル

2) 画像特徴合成動画適用例

<http://www.rs.noda.tus.ac.jp/estlab/works/dataset/patent4/>

参考文献

- 1) 高木幹雄、下田陽久 監修:新編画像解析ハンドブック、東京大学出版会、pp.1227~1236、2004年9月。
- 2) 小島尚人、永倉佑一:画像特徴合成動画生成方法、プログラム、及び画像特徴合成動画生成装置、特願 2008-311278、2008年12月。
- 3) 小島尚人、永倉佑一:擬似回転錯視を誘発する画像特徴合成動画の提案、日本リモートセンシング学会、第46回学術講演会論文集、pp.23-24、2009年5月。
- 4) 小川徹、田中二郎:ドラッグ&ドロップを用いたビジュアルプログラミングシステム、情報処理学会論文誌、Vol.43、No.SIG1(PRO13)、PP.36-47、2002年1月。
- 5) 大林成行、建石隆太郎、小島尚人:ネットワーク環境下での公開を前提とした地球観測情報データセットの整備と管理・運用についての具体的な提言、土木情報システム論文集、Vol.7、pp.17-24、1998年10月。
- 6) 後藤倬男、田中平八:錯視の科学ハンドブック、東京大学出版会、A5版、全599頁、2005年2月。
- 7) Ramachandran, V.S: Perception shape from shading, *Nature*, Vol.331, pp.163-166, 1988.1.
- 8) テレビジョン学会編:テレビジョン・画像情報工学ハンドブック、オーム社、B5版、全1170頁、1990年11月。
- 9) 伊藤潤:ユーザインターフェース設計における操作フロー図作成支援ツール、ヒューマンインターフェースシンポジウム論文集、Vol.12、pp.515-518、1996年。

(2010.5.11 受付)