

(22) ハイパースペクトルキューブ動画特徴強調処理と分光反射特性のリアルタイム分析支援策

清本 貴哉¹・小島 尚人²・野村 貴律³・酒見 卓也⁴・渡邊 大智⁵

¹学生会員 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)
E-mail: 7617608@ed.tus.ac.jp

²フェロー会員 東京理科大学 理工学部土木工学科(〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641)
E-mail: kojima_h@rs.noda.tus.ac.jp

³非会員 日本システムウェア(株)(〒150-8577 東京都渋谷区桜丘町 31-11)
E-mail: tnomura1@gw.nsw.co.jp

⁴非会員 東京理科大学 研究戦略・産学連携センター(〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641)
E-mail: sakemi_takuya@admin.tus.ac.jp

⁵非会員 東京理科大学 理工学部土木工学科(〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641)

本研究は、ハイパースペクトルキューブ動画(HSC 動画)を対象とした画像特徴強調処理と分光反射特性のリアルタイム分析支援策を提案したものである。筆者らが開発した錯視誘発画像特徴強調・判読支援システム(VIS)を用いて、HSC 動画に対する画像特徴強調と視認性評価効果について検討した。VIS は、元動画と比較しつつ、錯視誘発画像特徴合成動画とそれに対する視認性評価動画をリアルタイムで表示できる。コンクリート供試体表面に対する検討の結果、VIS を介して、画像特徴強調処理を実施しつつ、分光反射特性と対比するといった「空間&波長スケール」での同時分析をリアルタイムで実現できることが確認された。さらに、画像特徴分類のための教師データ選定支援等、「HSC 動画」そのものを新たな製品として提供できることも示した。

Key Words: hyper-spectral cube, spectral reflection characteristics, real time image processing, visual illusion, concrete surface, image feature enhancement, moving image, training data selection

1. はじめに

筆者らは、各種点検・検査計測支援を目的として、撮影される静止画&動画のリアルタイム画質改善、画像特徴強調支援を担う「錯視誘発画像特徴強調・判読支援システム(VIS: Visual Illusion-based image feature enhancement System)」を開発した。VIS は、産学連携・技術移転活動を経て、製品化・提供中にある¹⁾。VIS の特色は、「疑似回転錯視(テクスチャ強調)と残像錯視(ぼけの改善、鮮鋭化)」を誘発する錯視誘発画像特徴合成動画(Feature Composite moving image inducing visual illusion: 以下、FC 動画^{2,4)})と FC 動画の見え方を定量化・画像化した「視認性評価動画(Visibility Evaluation moving image: 以下、VE 動画⁵⁾)」をリアルタイムで生成し、元動画と並列表示・比較できる点にある。

一般に、点検・検査計測時の画像は、デジタルカメラやビデオカメラを介して撮影され、RGB(赤、緑、青)波長域で観測される 3 バンドのデータ構成であるが、近年、ハンディタイプ型やドローン搭載用のハイパースペクトルカメラの活用注目が見られる。

X, Y, Z 軸で構成される 3 次元空間において、画像データの並びを「X, Y」軸に対応させ、観測波長帯を Z 軸に対応させると、3 次元空間でのデータ構成となる。この構成のデータ

群を「ハイパースペクトルキューブデータ(Hyper-Spectral Cube data: 以下、HSC データ)」と言う。HSC データを分析する際には、画質改善あるいは画像特徴強調処理を施して、分光反射特性と対比するといった同時分析(空間&波長スケールの同時分析)のニーズがあるもの、既往研究、市販のソフト等を見ても、これに対処できる処理機能はみあたらない⁵⁾。

この機能は、バンド毎

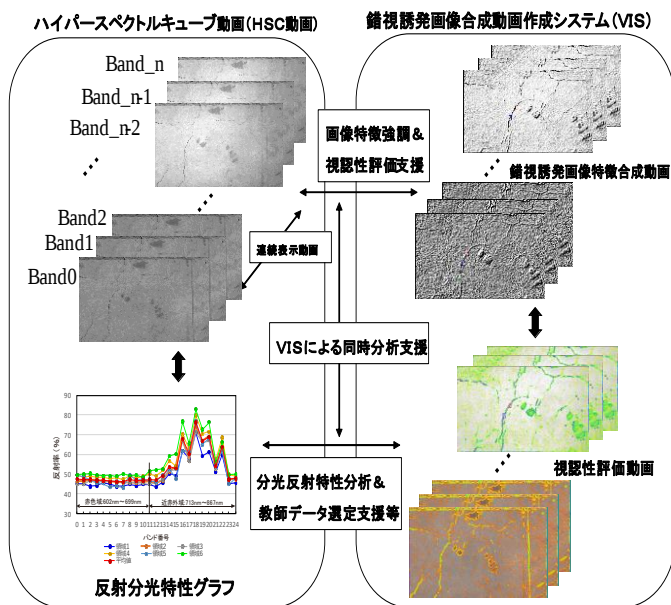


図-1 HSC 動画に対する VIS 導入概念

2. 実験前提条件

(1) 本研究で使用したハイパースペクトルカメラ

本検討では、赤色域～近赤外域を数十バンドで観測できるハイパースペクトルカメラとして、BaySpec 社の OCI-2000 を採用した。スナップショット式で小型・軽量、観測波長帯は約 600nm～1000nm、スペクトル分解能は約 10nm～15nm、画素サイズは 0.3mm/pixel である。

(2) 観測対象

本検討では、RC 梁曲げ・せん断試験後のコンクリート供試体表面を観測対象とし、計 25 バンドのハイパースペクトル画像を撮影した。バンド 0～バンド 11 (602nm～699nm) が赤色波長帯域、バンド 12～バンド 24 (713nm～867nm) が近赤外波長帯域に対応する。本研究では、バンド別の静止画像を連続表示する動画を HSC 動画と呼ぶこととする。VIS を介して、HSC 動画に対してリアルタイムで画像特徴強調処理と分光反射特性分析支援を同時に実現する点において本研究の特色がある。

3. 錯視誘発画像特徴強調・判読支援システム

(1) HSC 動画に対する VIS 導入概念

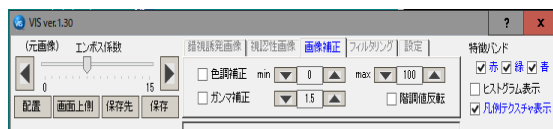
HSC 動画を対象した VIS 導入概念を図-1 に示す。データ利用者は、HSC 画像を計測するとそれに付随する画像処理ソフトを利用して画像を表示し、分光反射特性分析を実施する。VIS は、左側部に表示される画面を取り込んで処理できることから、HSC 画像を表示するソフトには依存しない。既存の

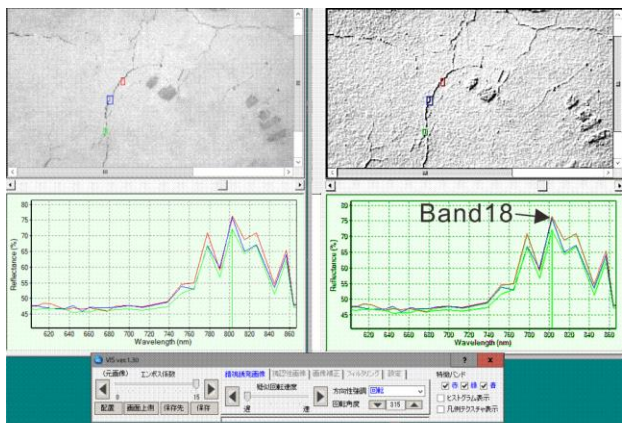


(a) 錯視誘発画像特徴合成動画 (FC動画) の表示メニュー

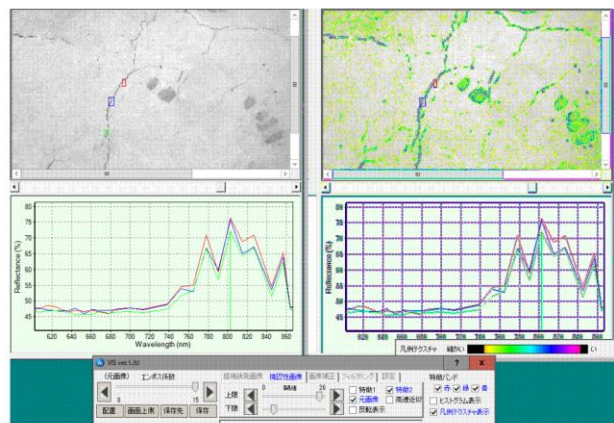


(b) FC動画に対する視認性評価動画 (VE動画) の表示メニュー





(a)右側：錯視誘発画像特徴合成強調動画(FC動画)
左側：元画像Band 18：803nm (Near-infrared)



(b)右側：FC動画に対する視認性評価動画 (VE動画)
左側：元画像Band 18：803nm (Near-infrared)

図-3 ハイパースペクトルキューブ動画に対する画像特徴合成強調処理と分光反射特性のリアルタイム同時分析

光の擬似照射方向は「0°, 45°, 90°, 135°, 180°, 225°, 270°, 315°」, 8方位(0°, 45°, 90°, 135°, 180°, 225°, 270°, 315°)それぞれに対応するエンボスフィルタによって, 8種類のエンボス処理画像を作成する。

合成元画像に 8 種類のエンボス処理画像をオーバーレイし, 「画像特徴合成画像」を 8 種類作成する。これらを連続表示したものが FC 動画となる。図-2(a)のメニューのスライダーによって「エンボス係数」タグの値を大きくすると画像上のエッジ, 線構造の凹凸強調効果が大きくなる。さらに「回転速度」タグの値を大きくすると擬似回転速度が速くなり, 残像錯視効果により, 画像全体の鮮鋭化が顕著となる。

(3) 視認性評価動画

一画素における画像濃度値の変動が FC 動画の「見え方」に反映されていることになる。そこで, 同一画素における「画像濃度値変動」を画素単位で抽出する。抽出した画像濃度値変動に対して離散フーリエ変換を実施し, パワースペクトルを求める。空間周波数成分ケースは以下の 4 種類に大別される⁹⁾。

- ・ケース 1: 1/8(cycle/pixel)
- ・ケース 2: 2/8(cycle/pixel)
- ・ケース 3: 3/8(cycle/pixel)
- ・ケース 4: 4/8(cycle/pixel)

上記ケース別のパワースペクトルを 0~255 の濃度値に正規化し, シュードカラー表示する。これが「ひび割れ検出動画」となる。これまでの検討を通して, VIS では, 支配成分であるケース 1 とケース 2 であったことから, これらを該当するチェックボックス(図-2(b))で切り変えて表示できるようになっている。

それぞれのケースに対して, パワーレベルを 10 クラスに分けたシュードカラー画像が表示される。これが VE 動画であり, FC 動画の見え方(錯視効果)が定量化されて表示されることとなる。FC 動画と VE 動画を切り変えながら, 動的に画像特徴の判読, 視認性評価を実施できるようになっている。

4. 画像特徴強調処理と分光反射特性の同時分析

(1) HSC 動画に対する画像特徴合成動画の有用性

VIS で HSC 画像を取り込んだ画面の状態を図-3 に示す。

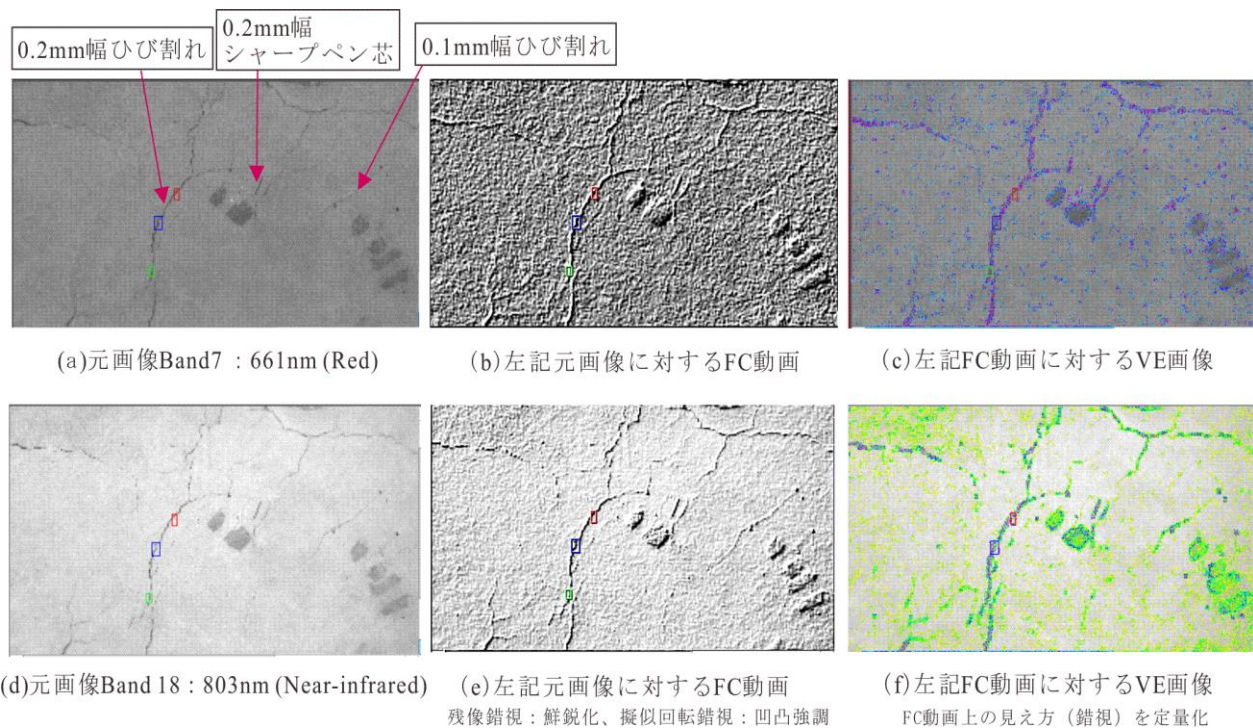


図-4 観測波長帯別・画像特徴強調動画（FC動画）と視認性評価（VE動画）の表示例と教師領域選定支援

(3) 教師データ選定支援

観測波長帯別のFC画像とVE画像を図-4に示す。図-4(a)がバンド 7(661nm, 赤色域)の元画像, これに対する FC 画像が図-4(b), VE 画像が図-4(c)である。図-4(d)がバンド 18の元画像, これに対する FC 画像が図-4(e), VE 画像が図-4(f)である。これらの画像から以下の点が読み取れる。

①バンド 7は全体的に反射率が低く, 暗い画像となっているが, バンド 18は反射率が高く, 明るい画像となっている。図-3に掲載した分光反射特性グラフにこのことが現れている。

②図-4(a)と図-4(d)の元画像上では, 0.2mm 幅ひび割れ, 0.1mm 幅ひび割れともに視認し難い。一方, 図-4(b), 図-4(e)の VE 画像上では, ひび割れが強調され, 視認しやすくなっている。特に反射率の高いバンド 18の VE 画像上(図-4(e))は, 0.1mm のひび割れも強調できている。

③図-4(c)と図-4(f)の視認性評価画像を見ると, バンド7に比べて, バンド18のひび割れ視認性が顕著である。0.1mmのひび割れも検出できている。

このように元画像上で視認しづらい領域であっても, HSC 動画に対する FC 動画と VE 動画を切り替えて, さらに画面を拡大・縮小させつつ, 視認性が良好な領域を示す観測バンド画像を容易に特定できる。VIS による HSC 動画に対するリアルタイム処理効果である。

5. まとめ

本研究の内容は, 以下の3点にまとめられる。

a) ハイパースペクトル画像を連続表示するハイパースペクトルキューブ動画(Hyper-Spectral Cube moving image: 以下, HSC 動画)に対する「画像特徴強調処理と分光反射特性のリアルタイム分析」のニーズを指摘した上で, コンクリート供試体表面を対象として VSI 適用効果について検討した。

b) 検討の結果, HSC 動画に対する FC 動画による画像特徴強調効果は高いことが確認された。

c) さらに, VE 動画による視認性効果も高く, VIS を用いれば, 画像特徴強調処理を実施しつつ, 分光反射特性と対比するといった「空間&波長スケールでの同時分析」をリアルタイムで実現でき, 画像特徴分類のための教師データ選定支援にも寄与できることを示した。

これらの結果のもとに, 4(1)で述べたとおり, 正規化分光反射指数(NDSI)による各種テクスチャ特徴の強調効果に関する検討へと展開することを予定している。

謝辞：ハイパースペクトルカメラによるデータ取得時には, 青柳光洋氏((株)システムズエンジニアリング)にご協力いただきました。記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 東京理科大学 研究戦略・産学連携センター: