

(13) 建設分野における各種検査・計測動画に対するリアルタイム視認性評価策の一提案

重岡 匠¹・岡田 正人²・植原 光俊¹・大和田 勇人³・小島 尚人⁴

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:a7612617@rs.tus.ac.jp

²学生会員 東京理科大学大学院 理工学研究科経営工学専攻 (〒278-8510 千葉県野田市山崎2641)

³正会員 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)

⁴フェロー会員 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)

本研究は、各種検査・計測「動画」に対して作成される画像特徴合成動画 (Feature Composite Moving image inducing visual illusion : FCM image) に対する「リアルタイム視認性評価策」を提案するとともに、動画視認性評価システム (VISibility evaluation system of FCM image:VISシステム)として組み上げたものである。VISシステムでは「動画を構成する静止画の取り込み→テクスチャ特徴画像生成 (14種類対応) →エンボス処理 (光の擬似照射方向 8 方位) →元画像への合成・動画化 (錯視誘発: 画質改善&画像特徴強調) →視認性評価図の生成」といった一連の処理のリアルタイム化を実現している。視認性評価指標の表示レベルを切り換えつつ、視認性評価図をリアルタイムで表示でき、各種画像特徴 (線状構造, エッジ, キメ, 粗さ等) の視認性と探索・判読精度を格段に向上させている。

Key Words : *visibility evaluation, moving image, visual illusion, image feature enhancement, image interpretation, spatial frequency*

1. はじめに

筆者らは、画像特徴の合成・強調と判読支援を目的として、錯視 (Visual illusion)¹⁾を誘発する「画像特徴合成動画 (Feature Composite Moving image inducing visual illusion : FCM image)」を提案し、地球観測画像、医用画像等、各種検査・計測画像に対する適用性について検討を進めている。この画像特徴合成動画上では「元画像の画質維持・鮮鋭化 (残像錯視効果)」と「目的とする画像特徴の合成・強調 (擬似回転錯視効果)」を同時に実現できる点が特色となっている²⁾。

研究の過程において、画像特徴合成動画に対する判読は主観に依存し、動画の見え方、いわゆる「視認性」を客観的 (定量化) に評価できないかといった声があがってきた。画像特徴合成動画の見え方には、動画の濃度値変動が反映されることから、動画の濃度値変動に対する空間周波数成分によって視認性を定量化できるのではないかとこの着想のもとに、さらに本研究を進めることとなった。

この検討では、画像特徴合成動画の濃度値変動 (時間軸方向) に対するパワースペクトルと動画の見え方との関係を分析するとともに、画像特徴合成動画に対する視認性を評価する上での一指標を提示

している。さらに、視認性評価指標を画像化した「視認性評価図」を提案するとともに、この視認性評価図を用いればFCM imageに対する視認性を定量的に分析できることを示すに至っている³⁾。しかし、ここまでの研究は、「静止画」を対象として実施したことから、「動画」に対する「視認性評価」が可能か否かについては、今後の課題として残されていた。

以上の背景のもとに、本研究は、各種検査・計測「動画」に対して作成されるFCM imageに対する「リアルタイム視認性評価策」を提案するとともに、動画視認性評価システム (VISibility evaluation system of FCM image:VISシステム)を構築したものである。

2. 本研究の新規性

(1) 既往の研究

既往の研究において、筆者らは、画像特徴合成動画の画像濃度値変動に対する空間周波数別・パワースペクトルを画素単位で計算し、これを「視認性評価指標」と定義した。画像特徴合成動画の画質と視認性評価指標の関係を分析した結果、視認性を定量的に評価できることを示している。錯視を誘発する画像特徴合成動画は筆者らが提案したものであり、こ

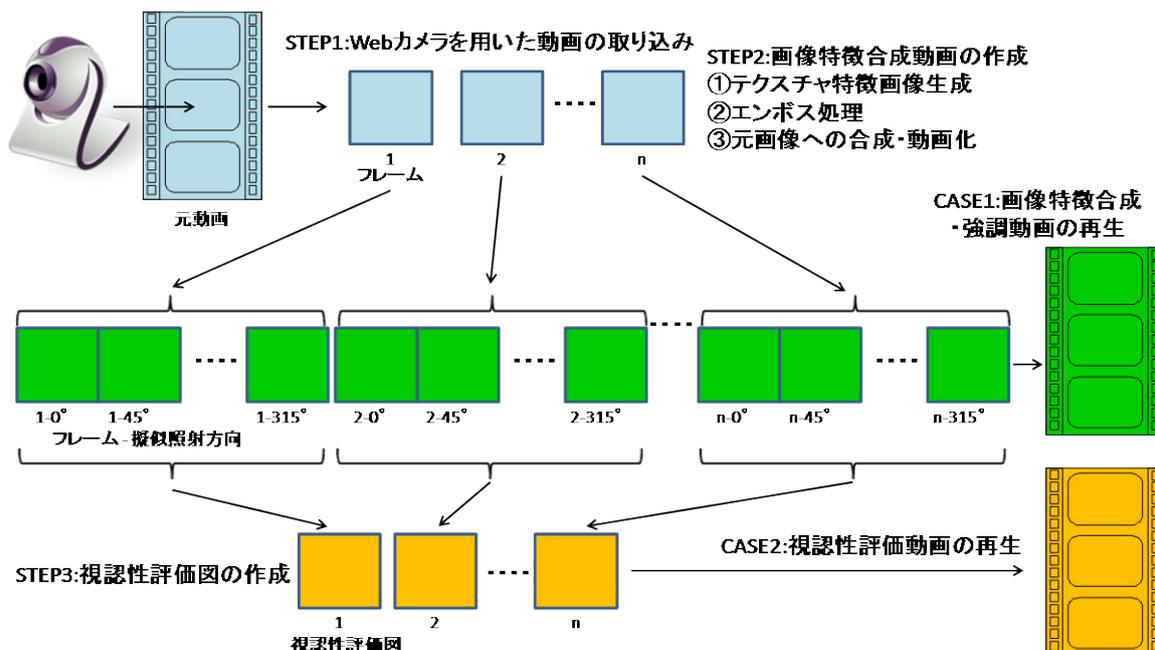


図-1 VISシステムにおける動画処理の流れ

の動画の画像濃度値変動（時間軸方向）に対する空間周波数分析と視認性定量評価の試みは³⁾、既往の研究には見られない新規性の一つでもあった。

しかし、「動画」に対して「視認性評価図」を作成する際には、「動画を構成する静止画の取り込み→テクスチャ特徴画像生成→エンボス処理（光の擬似照射方向8方位）→元画像への合成・動画化（錯視誘発：画質改善&画像特徴強調）→視認性評価図の生成」といった一連の処理が必要となる。これらの処理を現場計測時にリアルタイムで実施できないかといった新たな課題が持ち上がってきた。

(2) 本研究の新規性

上記の課題に対して、VISシステム的设计・開発にあたって、以下の3つの要件を設定した。

(a) 画像特徴合成動画と視認性評価図を現場でリアルタイムに表示・比較参照できること。

(b) 視認性評価指標の表示レベルを切り換えつつ、視認性評価図をリアルタイムで表示できること。

(c) 元動画、画像特徴合成動画、視認性評価図を撮影時間単位で管理・分析できること。

上記3種類の要件に対応する処理機能をVISシステムに実装したことによって、各種画像特徴（線状構造、エッジ、キメ、粗さ等）の視認性と探索・判読精度を格段に向上させている。

3. リアルタイム視認性評価

VISシステムにおける動画処理の流れを図-1に示す。この処理は、以下の3つのステップから成り、画像特徴合成・強調動画と視認性評価動画の2ケースの動画を作成できる。

a) STEP1: Webカメラを用いた動画の取り込み

Webカメラを用いて観測対象を撮影する。Webカ

メラは映像を一枚の静止画（1フレーム）として規定の時間毎に取り込む。画像を取り込む時間の間隔（FPS：Frames Per Second）を調整できる。

b) STEP2: 画像特徴合成動画の作成

動画の錯視処理は、以下の2ケースにおいて実施される。Webカメラから取り込まれた画像に対して画像特徴合成動画を作成する場合とこれに対する視認性評価図の作成である。なお、画像特徴合成動画と視認性評価図の作成については参考文献2)と3)を参照されたい。

CASE1: 画像特徴合成・強調動画を作成する場合は、取り込んだ画像1フレームにつき、新たに8フレーム作成される画像特徴合成動画を連続表示する。

CASE2: 画像特徴合成動画が作成された後に、視認性評価動画の作成へと移行する。VISシステムでは、この処理をリアルタイムに実施できるようになっている。

c) STEP3: 視認性評価図の作成

作成された画像特徴合成動画（8フレーム）につき、新たに1フレームの視認性評価図を作成する。つまり、STEP1において取り込まれる映像1フレームにつき、1フレームの視認性評価図が作成されることになる。これらを連続表示することにより視認性評価動画が作成される。

4. リアルタイム視認性評価とその効果

(1) VISシステム内の動画区分

コンクリート表面を撮影した動画と、それらに対して画像特徴合成・強調動画、視認性評価動画を作成した。作成した各動画から同一時間における3枚の画像をキャプチャして図-2に並べた。画像特徴合成・強調動画は、元動画に対して「目的とする画

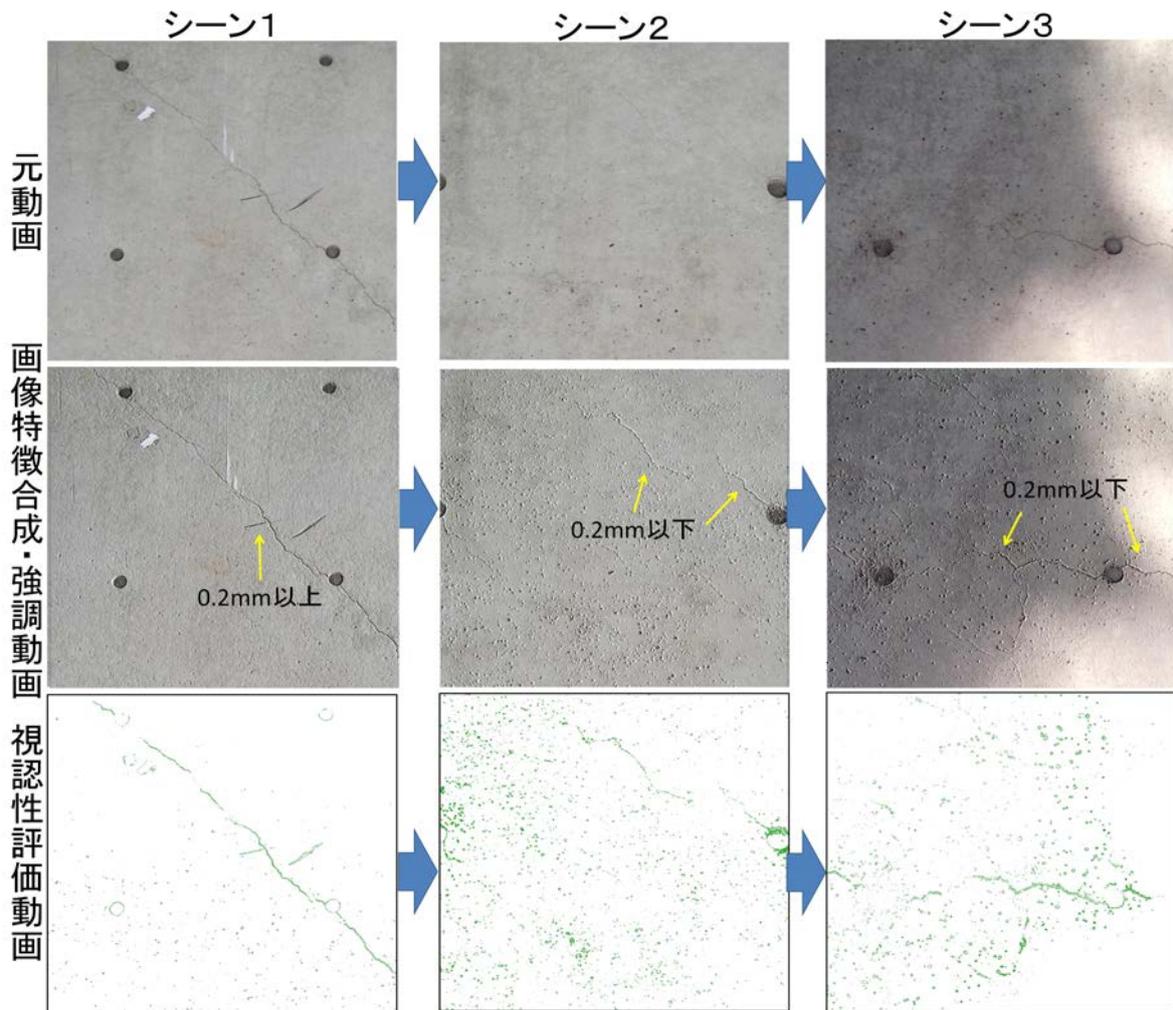


図-2 元動画，画像特徴合成・強調動画，視認性評価図のリアルタイム処理の一例（観測対象：コンクリート表面）

像特徴」を計算し，それを合成・強調した動画である．視認性評価動画は，画像特徴合成・強調動画上で強調される箇所を，強調の度合に応じて色分けして表示される．

(2) コンクリートひび割れに対する判読支援効果

元動画，画像特徴合成・強調動画，視認性評価動画のそれぞれにおいて，コンクリート表面のひび割れに着目して判読支援効果を検討した．

a) 元動画における判読

図-2を見て判るとおり，元動画において，動画を注視すれば，0.2mm以上（管理境界）のひび割れは確認できるが，0.2mm以下のひび割れを視認することは困難である．

b) 画像特徴合成・強調動画における判読

これに対して，画像特徴合成・強調動画上では，0.2mm以下のひび割れが強調・鮮鋭化されている．現場で撮影しながらリアルタイムで0.2mm以下のひび割れを探索・発見できる．画像特徴合成・強調動画の判読支援効果は高いと言える．

c) 視認性評価動画における判読

視認性評価動画を見ると，0.2mm以下のひび割れが抽出できている．このひび割れは，空間周波数成分0.125cycle/pixel，パワーレベル7以上，図-3凡例参照）に対応する．前述した画像特徴合成・強調動

画の視認性を定量化し，観測対象となる画像特徴を動的に図上に表示・探索・特定できる点は，従来までの研究には見られない内容である．

5. VISシステムの処理機能

画像特徴合成・強調動画および視認性評価動画を効率的に参照し，各種画像特徴の判読支援効果を向上させることを目的として，操作性に優れたGUIを設計・開発した．図-3に示す5つの機能を有している．これらの機能を1つの画面上で適宜指定しつつ，リアルタイムで目的とする所用の処理を実施できるようにになっている．以下，それぞれの機能について説明する．

a) 視認性評価動画表示機能

図-3上の①に示すとおり，左側に元動画を表示し，その右に視認性評価動画を表示する．両者を比較することにより，画像特徴の判読支援につなげている．

さらに，画面をクリックすることにより，視認性評価動画を表示する状態から，画像特徴合成・強調動画を表示する状態に切り換えられる．この処理がリアルタイムに実施できる点も特色となる．

b) 動画像の拡大・縮小機能

「①視認性評価動画表示機能」上の左右両方の画面

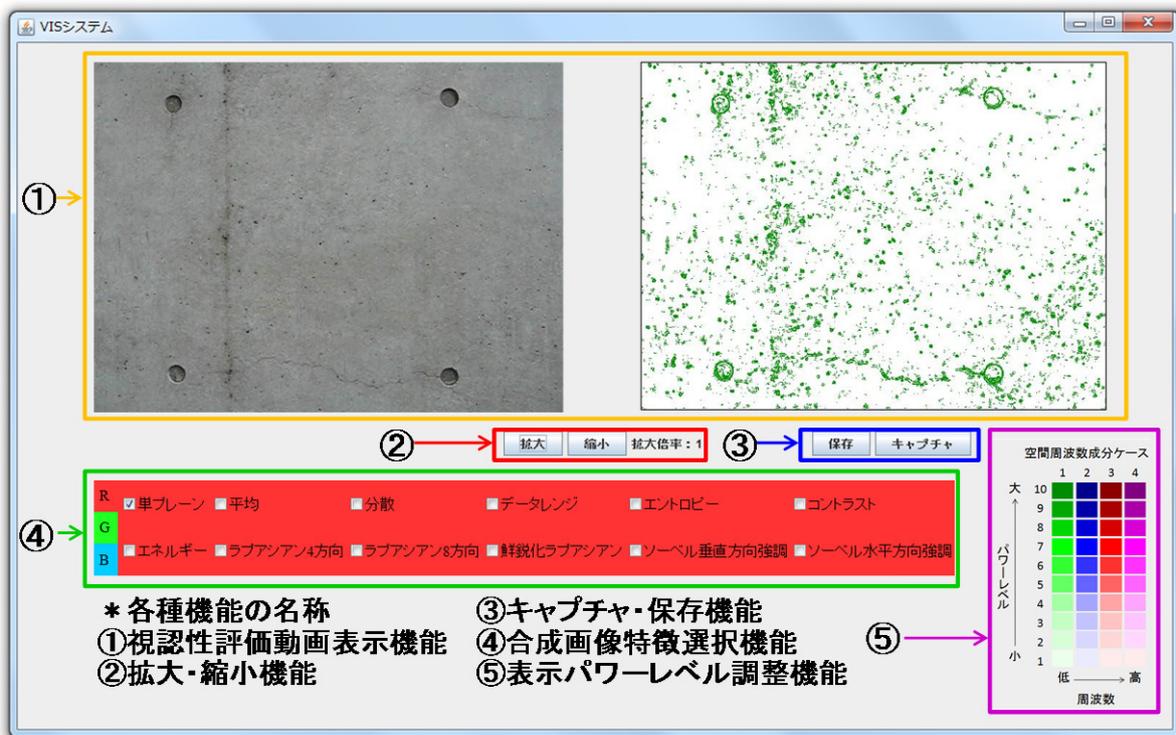


図-3 VIS システムにおける画面内設計の特徴 (現場計測・リアルタイム処理支援)

上の動画を同時に拡大表示させるようにした。図-3上の②に示す拡大ボタンを押すと画面が拡大され、その拡大率がボタンの右に表示される。また、縮小ボタンを押すことにより、拡大した倍率を下げられる。

c) 動画のキャプチャ・保存機能

図-3上の③に示すキャプチャボタンにより、「① 視認性評価動画表示機能」を介して表示される視認性評価図の動的表示を停止できるようになっている。さらに、保存ボタンを押すとキャプチャした画像を画像データとして保存できる。

d) 合成画像特徴選択機能

視認性評価動画上で強調される画像特徴の種類を選択する機能である。図-3上の④に14種類の画像特徴が表記されており、それらの左に位置するチェックボックスにチェックを入れることにより、その画像特徴を強調する視認性評価図の動的表示ができるようになっている。

e) 表示パワーレベル調整機能

視認性評価動画上に表示される振幅パワーレベルのランク数を決定する。図-3上の⑤に示す視認性評価動画の凡例から、画像上に表示するパワーレベルを選択する。これにより、目的とする画像特徴の視認性を向上させ、判読支援に有効な視認性評価図を絞り込むことができる。

6. まとめ

本研究の内容は以下の3項目にまとめられる。

(a) 各種検査・計測「動画」に対して作成される画像特徴合成動画 (Feature Composite Moving image inducing visual illusion : FCM image) に対する「リアルタイム視認性評価策」を提案するとともに、動

画視認性評価システム (Visibility evaluation system of FCM image:VISシステム)を設計・開発した。

(b) VISシステムを用いれば、画像特徴合成動画と視認性評価図を現場でリアルタイムに表示・比較参照できるだけでなく、視認性評価指標の表示レベルを切り換えつつ、視認性評価図をリアルタイムで表示できる。この機能により、各種画像特徴 (線状構造, エッジ, キメ, 粗さ等) の視認性と探索・判読精度の向上が確認された。

(c) さらに元動画, 画像特徴合成動画, 視認性評価図を撮影時間単位で効率的かつ効果的に管理できる操作性に優れた機能を実装した。現場でのリアルタイム視認性評価支援だけでなく、撮影後の各種画像テキスト分析支援にもつながるシステムとなっている。

各種維持管理, 医療分野等で利用されている内視鏡動画は、計測と同時に画像特徴の視認性を評価できることが求められる。このような場面において、VISシステムが寄与できるのではないかと考えている。各種動画に対するVISシステムの適用範囲の拡張が今後の課題となる。

参考文献

- 1) Kleffner, D.A. and Ramachandran, V.S: On the perception of shape from shading, *Percept Psychophys*, Vol.52, No.1, pp.18-36, 1992.
- 2) 広田健一, 二宮建, 小島尚人, 大和田勇人: 画像特徴複数合成強調・判読支援動画作成アルゴリズムの構築とその実用化への一提案, *土木学会論文集 F3 (土木情報学)*, Vol.67, No.2, pp.I_44-I_56, 2012.
- 3) 重岡 匠, 広田健一, 小島尚人, 金子和弘: 錯視を誘発する画像特徴合成動画に対する視認性定量評価の試みとその実用化, *土木学会論文集 F3 (土木情報学)*, Vol.68, No.2, pp.I_9-I_18, 2013.