

(52) コンクリート表面リアルタイム点検システム における表示形態の提案

山下 剛史¹・小島 尚人²・勝尾 伸一³・広田 健一³

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:7616631@ed.tus.ac.jp

² 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)

³ 正会員 日本シビックコンサルタント(株)(〒116-0013 東京都荒川区西日暮里 2-26-2)

本研究は、コンクリート表面のリアルタイム点検支援(現場&室内)を目的として、VIS システムを用いたコンクリート表面観測動画に対する表示形態について検討するとともに「判定支援画像」を提案したものである。判定支援画像は、元動画に「視認性評価動画(Visibility Evaluation moving image: VE 動画)」と判定結果から得た「技術者判定画像」を合成したものである。この「判定支援画像」が、現場あるいは室内でのリアルタイム点検支援業務の流れの中に組み込めるか否かについて検討した。検討の結果、判定支援画像は視認性評価動画合成によって評価項目ごとにコンクリート表面を詳細分析できること、技術者判定画像合成によって危険箇所を探索・発見できること、この両者を容易に実施でき、動画画像を用いた点検業務の効率化に寄与することを示した。

Key Words: concrete surface, fine crack detection, feature composite moving image, texture features, visual illusion, image enhancement and interpretation.

1. はじめに

筆者らは、リアルタイムで動画内の「ひび割れ」とキメや粗さといった「テクスチャ特徴」を強調し、判読支援を担うシステム、いわゆる動画視認性評価システム(VIS システム: VISibility evaluation system of feature composite moving image inducing visual illusion)を開発し、現場点検支援につなげる諸検討を進めている。このシステムは「擬似回転錯視(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: FC 動画)」を作成できる。さらに、FC 動画の見え方を定量化・可視化する「視認性評価動画(Visibility Evaluation moving image: VE 動画)」をリアルタイムで作成し、元動画と並列表示・比較できる点が特色となっており、製品化に至っている¹⁾。

点検支援策のうち、コンクリート表面の状態を判読した後の判定手法については様々なアプローチが提案されている。しかし、リアルタイム性を有した点検システムの運用には、自ずとコストを要する²⁾。VIS システムも、「判読・点検」支援に関してはリアルタイム性を活かした諸々の検討結果を示してきたが、種々の「表示形態」の検討が課題となってきた。

そこで、本研究では、コンクリート表面のリアルタイム診断支援(現場&室内)を目的として、VIS システムを用いたコンクリート表面観測動画に対する表示形態について検討すると

ともに、「判定支援画像」を提案し、その有用性を検討した。

2. 判定に関する諸条件の整理

(1) 判定項目

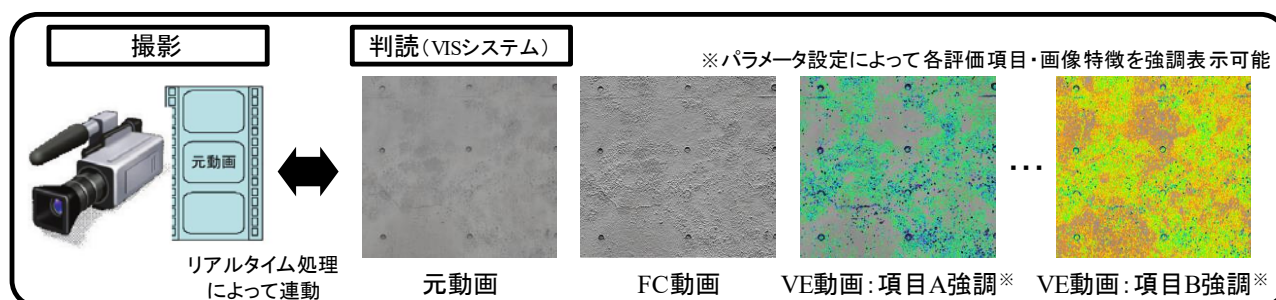
コンクリート表面の評価項目として、①表面色艶・ざらつき、②初期ひび割れ、③表面気泡、④打重ね線、⑤ノロ漏れ、⑥砂すじ、⑦豆板を採用した。これらは耐久性に影響を及ぼす外部劣化因子である。実務では、評価項目別に目視調査を実施し、4 段階区分(健全な順に 4, 3, 2, 1)によって評価する³⁾。本研究では提案表示形態の作成に際し、VIS システムによって FC 動画・VE 動画を作成し、上記の評価項目別に判定した。

(2) 判定結果の表示形態

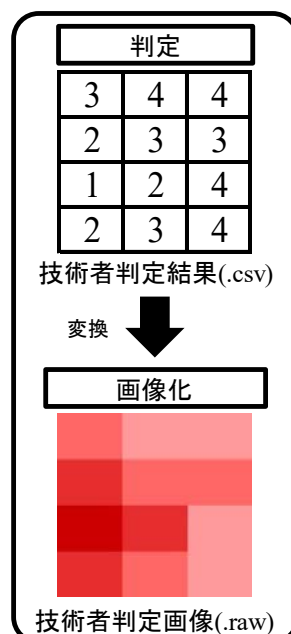
図-1 は、提案表示形態作成の一連の手順のイメージである。提案表示形態作成のため、図-1 Step 2 のように、元動画データの処理・判読結果を「技術者判定結果」としてメッシュ毎に判定した。技術者判定結果を赤色系のグラデーションに対応させた「技術者判定画像」を定義した。

最終的な表示形態は、図-1 Step 3 のように、元動画に VE 動画と技術者判定画像を素材画像として合成した「判定支援画像」として表示した。

Step 1: 観測動画の判読



Step 2: 技術者判定画像の作成



Step 3: 判定支援画像の出力

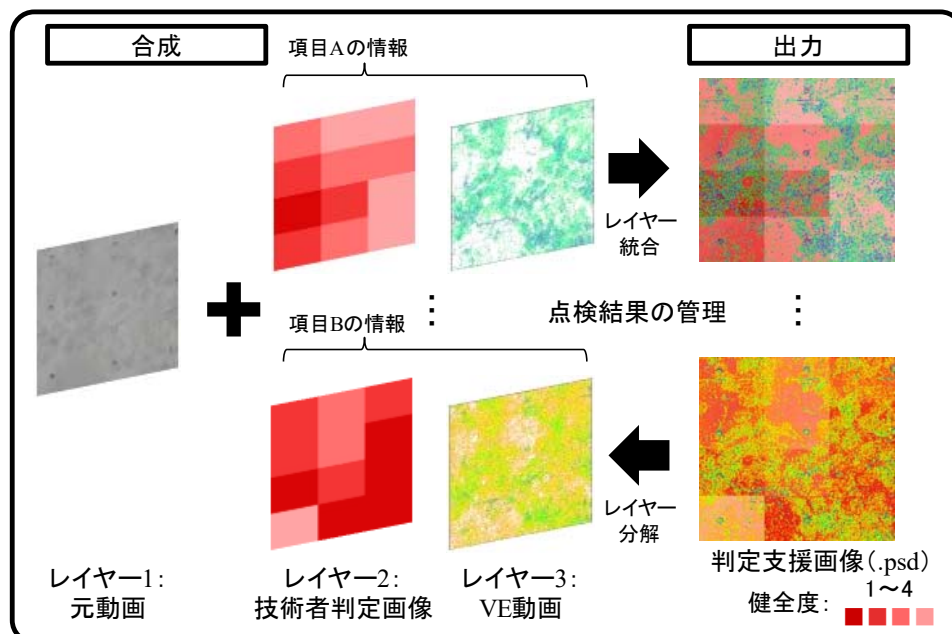


図-1 提案表示形態「判定支援画像」の作成手順のイメージ

3. 提案表示形態「判定支援画像」の作成手順

(1) Step1:観測動画の判読

観測動画の元動画を VIS システムによって処理し、判読する。判定対象の動画データ、すなわち元動画を入手し、モニター上に表示する。VIS システムはモニター上に出力された画像を処理する特徴を持っている。このため、OS 上に存在する画像、WWW 上の動画、各種画像処理・解析システムによる処理結果、UAV に接続したデジタルカメラのリアルタイム映像等、様々な動画を元動画として採用できる。

図-1 Step 1 のように、表示した元動画を VIS システムを用いて処理し、FC 動画・VE 動画を出力・判読する。VIS システムはエンボス係数等のパラメータを調整することによって、判定項目別に VE 動画を作成できる。

なお、VIS システムおよび FC 動画・VE 動画の詳細については、参考文献⁴⁾を参照されたい。

(2) Step2:技術者判定画像の作成

出力・判読した FC 動画・VE 動画を元に、コンクリート表面の評価項目を判定する。判定の際は、図-1 Step 2 のように元動画データを長方形メッシュで区切り、メッシュ毎に判定項目について判読・判定し、技術者判定結果データを csv ファイルで出力する。

技術者判定結果を raw 変換し、画像編集ソフトで取り込み、4 段階の技術者判定結果を 4 段階の赤色系のグラデーション(赤色系:危険「1」、白色系:健全「4」)として対応させた技術者判定画像を作成する。

(3) Step3:判定支援画像の出力

判定支援画像を作成するために、元動画に技術者判定画像と視認性評価動画を素材画像として合成する。「判定支援画像」は複数のレイヤーによって構成される合成画像である。そのため、図-1 Step 3 のようにレイヤーを統合・分解することによって、判定項目や VE 動画等の情報を組み合わせて、あるいは単独で表示できる。場合によっては展開図等、VIS システム外部から得られる情報も判定支援画像の素材画像とし

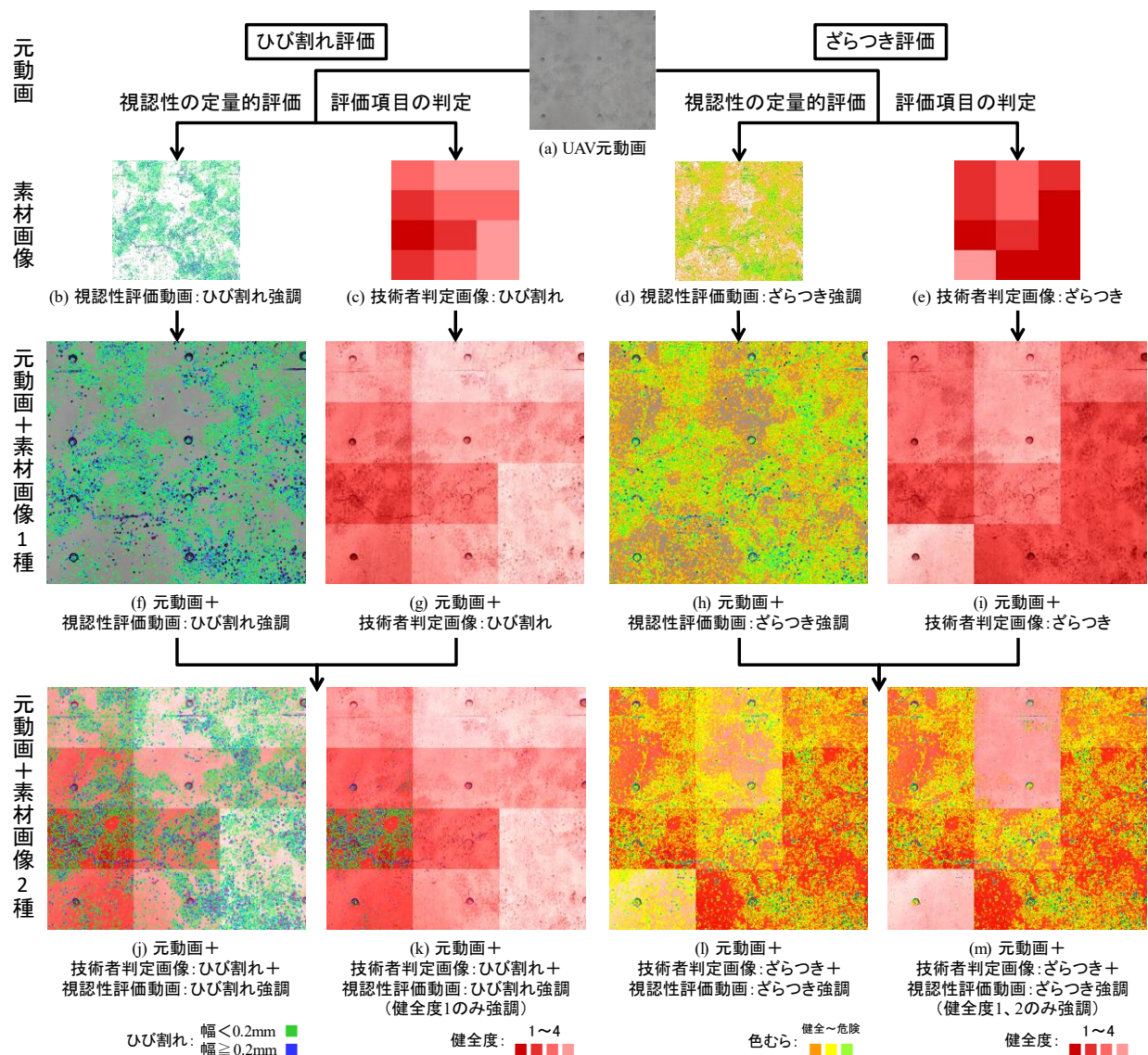


図-2 判定支援画像の出力結果

て取り入れられる。

4. 提案表示形態の出力結果

(1) 判定対象と撮影条件

a) 判定対象

本研究では、コンクリート表面の UAV 観測動画(図-2 (a))を判定対象として、図-2 (b)~(e)のように素材画像を作成した。観測に使用した UAV は、エンルート社製 Zion PG700 型である。観測対象は、東京理科大学野田校舎のコンクリート壁面(幅 8m, 高さ 143m)とした。

b) 撮影条件

本研究では、汎用性を考慮して、市販のビデオカメラを UAV に搭載した。ブレ補正と画質の関係を検討した上で、「空間光学手ブレ補正」機能を有する機種を採用した。このビデオカメラを用いて、対象壁面に対する撮影距離・倍率について検討した。ひび割れやテクスチャ判定ができる画質維持

を前提として、対象壁面との距離は 3~5m, 撮影倍率は 5 倍となった。以上の事前検討を経て、UAV 観測動画を再生し、拡大・縮小しつつ、VIS システムによるリアルタイム処理・判読・判定を試みた。

(2) 素材画像と判定支援画像の出力

図-2 のように、「ひび割れ」と「ざらつき」各々に対する素材画像を出力し、元動画に合成して判定支援画像を作成した。

図-2 の各々の内訳を以下の表-1 に示す。

i) 元動画: 図-2 (a)

ii) 素材画像: 図-2 (b)~(e)

・視認性評価動画: 図-2 (b), (d)

・技術者判定画像: 図-2 (c), (e)

iii) 判定支援画像: 図-2 (f)~(m)

・元動画+素材画像 1 種類合成: 図-2 (f)~(i)

・元動画+素材画像 2 種類合成: 図-2 (j)~(m)

iv) ひび割れ評価: 図-2 (b), (c), (f), (g), (j), (k)

v) ざらつき評価: 図-2 (d), (e), (h), (i), (l), (m)

表-1 判定支援画像に対する素材画像の合成ケース

ケース番号	評価対象	素材画像の合成		素材画像の合成数
		視認性評価動画	技術者判定画像	
(f)	ひび割れ	○	—	1
(g)	ひび割れ	—	○	1
(h)	ざらつき	○	—	1
(i)	ざらつき	—	○	1
(j)	ひび割れ	○	○	2
(k)	ひび割れ	○(条件あり)	○	2
(l)	ざらつき	○	○	2
(m)	ざらつき	○(条件あり)	○	2

合成あり:○ 合成なし:—

本文では紙面の都合上、図-2 上の「ひび割れ」と「ざらつき」の検討結果を取り上げる。

(3) 判定支援画像の検討結果

a) 元動画＋素材画像1種類合成(図-2 (f)～(i))

i) 図-2 (f), (g)は元動画に VE 動画を合成した画像である。

- 元動画と VE 動画(図-2 (f)) を比較すると、VE 動画はひび割れ箇所が緑色・青色系でひび割れ幅の違いによって発色していることが判る。

- 元動画と VE 動画(図-2 (h)) を比較すると、VE 動画は「ひび割れ」とは異なり、黄緑色系・橙色系箇所で「ざらつき」が強調されている。

効率面・情報量の問題で、この表示形態のみを点検支援に用いることには限界が指摘されるため、次の検討へ繋げる。

ii) 図-2 (g), (i)は元動画に技術者判定画像を合成した画像である。技術者判定画像では、安全箇所を白色系、危険箇所を赤色系で示している。VIS システムでは、FC 動画および VE 動画を利用することによって対象項目の判定を現場でリアルタイムに行い、技術者判定画像を効率的に作成できる。

この表示形態は、危険箇所を概略的に把握でき、詳細点検・補修を行うべき箇所を即断できる。また、判定した危険箇所を技術者判定画像として保存し、データベース等に登録することは、点検記録としても有意となりうる。

b) 元動画＋素材画像2種類合成(図-2 (j)～(m))

i) 元画像に 2 種類以上の素材画像を合成することによって、元動画に素材画像を複数合成した判定支援画像を作成できる。図-2 (j), (l)は元動画に VE 動画、技術者判定画像を合成した画像である。この表示形態は、技術者判定画像によって「どのあたりがどれくらい危険なのか」を把握した後、VE 動画の強調・鮮鋭化効果により、「危険箇所の詳細な状況」を分析できる。すなわち、メッシュで区切られた「危険度が高いエリア」のみに対して「どのような危険性があるのか」を見ればよく、点検作業効率の向上が期待できる。

ii) 合成条件を指定することによって、特殊な判定支援画像を作成できる。図-2 (k), (m)は元動画に VE 動画、技術者判定画像を合成した画像である。但し、図-2 (j), (l)とは異なり、

VE 動画を合成する際に画像濃度値に対して閾値を設定することによって、特定の健全度を持つ領域のみに対して VE 動画を合成した。この表示形態は、特定の健全度のみを VE 動画によって強調・判読できるため、危険箇所の発見効率向上がさらに期待できる。

c) 判定支援画像の比較性

上記以外の判定支援画像の特徴として、合成後の画像を比較・検討できる点を挙げる。

判定支援画像は図-1 のように、元動画と素材画像をレイヤーとして合成する表示形態である。ここで、図-2 に出力した画像はすべて、元動画と素材画像のうち、「元動画」＋「評価対象の VE 動画」＋「評価対象の技術者判定画像」の最大 3 種類の画像の組み合わせによって作成されている。この構成により、たとえば図-2 (j)「元動画」＋「技術者判定画像:ひび割れ」＋「視認性評価動画:ひび割れ強調」から図-2 (c)「技術者判定画像:ひび割れ」のレイヤーのみを除去すれば、「元動画」＋「視認性評価動画:ひび割れ強調」の画像が出力される。これは図-2 (f) と同じ条件で合成された画像である。このように、判定支援画像は異条件の合成画像を容易に作成・比較・検討できる。素材画像も、VIS システムを用いることで VE 動画、技術者判定画像ともに多様な条件に対応した画像を出力できる。

なお、FC 動画の錯視誘発効果および素材画像の詳細な検討結果は紙面の都合上、口頭発表時に紹介する。

5. まとめ

本研究の内容は、以下の 2 点にまとめられる。

(a) 元動画に、VE 動画、技術者判定画像を合成して作成される「判定支援画像」を提案した。

(b) 「判定支援画像」を作成するケースとして、元動画に「VE 動画と技術者判定画像」をそれぞれ 1 種類合成するケース、2 種類合成するケースを提示した。「ひび割れ」と「ざらつき」を評価対象とし、いずれのケースの「判定支援画像」も判定支援に寄与することを示した。

元動画に「VE 動画と技術者判定画像」を任意に組み合わせることで「判定支援動画」を作成できることから、現場のコンクリート表面状態に応じた判定支援策のひとつとして寄与できるものと考えている。今後の課題として、VIS システムに「判定支援画像」作成機能を組み込むことを考えている。

参考文献

- 1) 東京理科大学 研究戦略・産学連携センター、<http://www.tus.ac.jp/ura/index.html> (平成 29 年 6 月現在)
- 2) NEXCO 西日本:トンネル覆工点検システムの開発、<http://corp.w-nexco.co.jp/corporate/release/hq/h26/0730b/> (平成 29 年 6 月現在)
- 3) 藤岡彩永佳, 小林 聖, 渡辺賢三, 他 3 名:目視調査に基づくコンクリート構造物の表層品質評価手法, 第 26 回 構造物の診断と補修に関する技術・研究発表会論文集, pp.41-46, 2014.
- 4) 小島尚人, 金子和弘, 二宮建, 広田健一:画質改善画像生成装置, 画像の画質改善方法, 及びプログラム, 特許第 5769295 号, 2015 年 7 月.