

プラント・インフラ点検作業を省力化する 点検情報管理 AI 技術

Inspection Information Management Artificial Intelligence Technology for Labor Saving Efforts in Plant and Infrastructure Inspection

佐野 雄磨 SANO Yuma 野田 玲子 NODA Reiko 濱向 洸生 HAMAMUKI Kousei

インフラ設備の巡視・保守点検作業は、設備や機器などの撮影や、撮影位置の記録など多くの作業を点検員が手作業で行っており、大きな負担になっている。

東芝グループは、保守点検作業の自動化・省力化を目指し、一般のカメラで撮影した1枚の画像から、画像と図面上の位置とを対応付ける位置認識AIと、異常や異常につながる変状箇所を高精度に検出する不特定変状検知AIとを組み合わせ、画像、撮影位置、及びひび割れなどの変状を一括管理できる点検情報管理AIを開発した。更に、点検情報管理AIの実証環境をクラウドシステム上に構築し、様々な現場で点検情報管理AIの有効性を手軽に確認できるようにした。

Inspection staff are responsible for a large burden of tasks including making rounds of and maintaining infrastructure, photographing facilities and equipment, recording the location they were photographed, etc.

The Toshiba Group has developed an inspection information management artificial intelligence (AI) system to help automate and introduce labor saving processes in maintenance and inspection tasks. The system uses location recognition AI which matches images from general-purpose cameras with locations on drawings in combination with unspecified anomaly detection AI which detects anomalies and locations linked to anomalies with a high level of precision. It then collectively manages images, the shooting location, and anomalies such as cracks. The inspection information management AI demonstration environment is cloud based, making it easy to confirm its efficacy in a variety of real-world sites.

1. まえがき

我が国では、人口の減少や高齢化などにより労働人口の減少が深刻化している。プラント・インフラ設備の巡視・保守点検では、設備や機器などの撮影や、撮影位置の記録など多くの作業を点検員が手作業で行っており、人手不足の中で大きな負担になっている。これを解決するため、AIの活用による、巡視・保守点検作業の自動化・省力化が期待されている。

そこで東芝グループは、画像、撮影位置、及びひび割れなどの変状を一括管理できる点検情報管理AIを開発した。点検情報管理AIは、一般のカメラを使用するため、新たに特殊な設備を増設しなくても、点検現場での巡視・保守点検作業を効率化できる。また、点検情報管理AIを社内内外の様々な現場で活用するために、実証環境をクラウドシステム上に構築した。更に、現場で撮影した画像に対して実証環境を用いて、点検情報管理AIの有効性を確認した。

ここでは、点検情報管理AIの概要、実証環境、及び実証の結果について述べる。

2. 点検情報管理AIの概要

点検情報管理AIは、位置認識AI⁽¹⁾と不特定変状検知

AI⁽²⁾から構成される(図1)。位置認識AIは、1枚の画像から撮影位置を推定できる。不特定変状検知AIは、事前に撮影した数枚の正常画像と1枚の点検画像から、異常や異常につながる変状箇所を高精度に検出する。

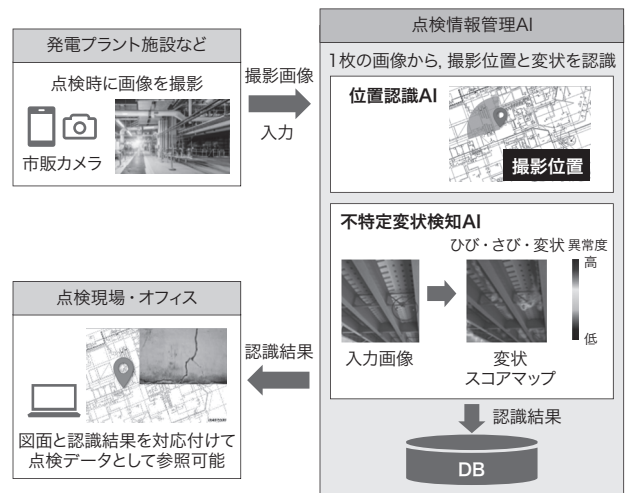


図1. 点検情報管理AIの概要

点検現場で撮影した画像を1枚アップロードするだけで、撮影位置やひび割れなどの変状を認識し、一括管理できる。

Overview of inspection information management AI

2.1 位置認識AI

位置認識AIの概要を図2に示す。まず、点検対象の施設を網羅的に撮影した画像と、フロアマップ上の撮影位置とを対応付けた位置データベース(DB)を作成しておく。次に、点検時に撮影した点検画像から、独自に学習した深層モデルで特徴量を抽出し、位置DB内にある画像の特徴量と比較して、類似画像を特定する。更に、点検画像と類似画像の各画素の対応関係から、点検画像の撮影位置と向きを幾何的に算出する。これにより、GPS(全地球測位システム)が使用できない屋内でも画像の撮影位置を推定できる。

2.2 不特定変状検知AI

不特定変状検知AIの概要を、図3に示す。まず、点検対象の正常時の画像を複数枚、比較対象として正常画像DBに登録する。次に、点検したい箇所を撮影する。そして、正常画像DBの画像と点検画像に対して、大量の画像で学習済みの一般公開されている深層モデルを用いて、深層特徴量を導出したのち、点検画像の特徴量と近い正常画像を選択する。選択された数枚の正常画像と、点検画像の深層特徴量を比較し差分を取ることで、正常画像として登

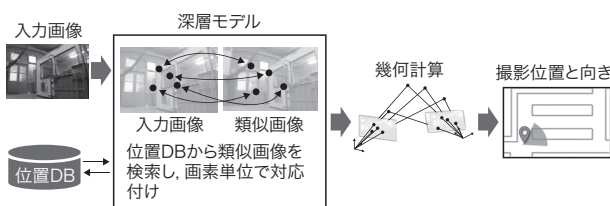


図2. 位置認識AIの概要

深層モデルは汎用的であり、どのような現場にも使用できる。位置DBは現場ごとに作成する必要がある。

Overview of location recognition AI

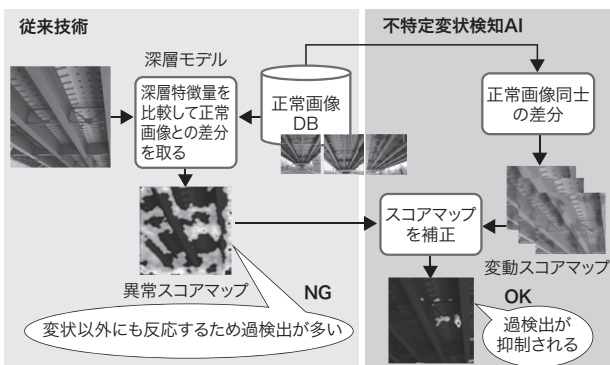


図3. 不特定変状検知AIの概要

事前に変状の画像を集めて深層モデルを学習する必要がない。数枚の正常画像データがあれば入力画像の変状を検知できる。

Overview of unspecified anomaly detection AI

録された画像に対し、変状がある部分に強い反応を示す異常スコアマップを得る。

深層特徴量を利用した異常スコアマップによる画像異常検出手法の従来技術³⁾では、正常画像と点検画像で撮影アングルが異なることが原因で、正常であっても深層特徴量に差が生じ、異常として過検出する問題があった。これに対して、不特定変状検知AIでは、従来技術で計算した異常スコアマップに対し、数枚の正常画像同士の差分を計算した変動スコアマップを生成し、異常スコアマップから差し引くことで、異常箇所の過検出を抑制する。

3. 実証環境の構築

点検情報管理AIの実証環境を、東芝デジタルソリューションズ(株)が提供する東芝アナリティクスAI“SATLYS(サトリス)”のプラットフォームであるSATLYS AI共通基盤⁴⁾上に構築した。SATLYS AI共通基盤は、クラウドシステム上に実装され、学習や推論など、AI運用の標準的な機能を、REST(Representational State Transfer)API(Application Programming Interface)で提供する。また、コンテナ技術をベースにしたシステムアーキテクチャーを採用する。このため、短期間でAIシステムを構築でき、外部のシステムとの連携や機能の入れ替えなども容易である。

SATLYS AI共通基盤の主なAI処理機能として、学習・バッチ推論・オンライン推論がある。特徴を以下に示す。

- (1) 学習 ニューラルネットワークのモデルデータのパラメーターを最適化する機能である。学習ジョブが発行されたタイミングでクラウドシステム上のコンテナが起動し、ジョブプロセスが完了すると停止する。学習済みのモデルデータを更新する追加学習も可能である。
- (2) バッチ推論 複数のデータに対してまとめて推論する機能である。学習と同様に、ジョブプロセス間だけコンテナが起動する。
- (3) オンライン推論 単体のデータを基に推論する機能である。起動操作後、常駐状態となるコンテナに対しデータを送信する。バッチ推論と比較して、よりリアルタイムな応答ができ、冗長性や要求性能に合わせて起動コンテナ数の調整も可能である。

3.1 全体アーキテクチャー設計

図4に、点検情報管理AI全体のアーキテクチャーを示す。位置認識AIと不特定変状検知AIは、それぞれGUI(Graphical User Interface)、DB、及びAI処理部から構成される。GUIとDBを今回新規に作成した点検情報管理AIのUI用コンテナに、AI処理部をSATLYS AI共通基盤の推論・学習コンテナに、搭載する。コンテナ間の通信は外

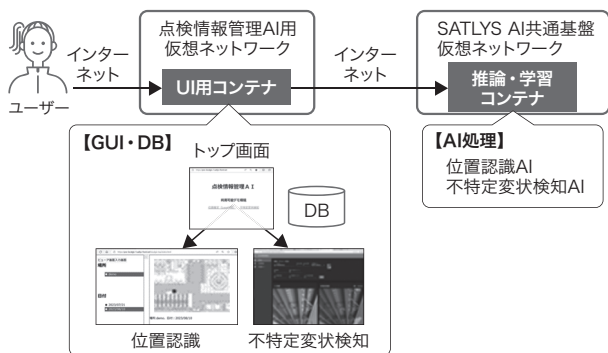


図4. 全体のアーキテクチャー

AIのコアエンジンはSATLYS AI共通基盤上に、AIの実行に必要なDBやGUIは別のコンテナに、実装される。

Overall architecture

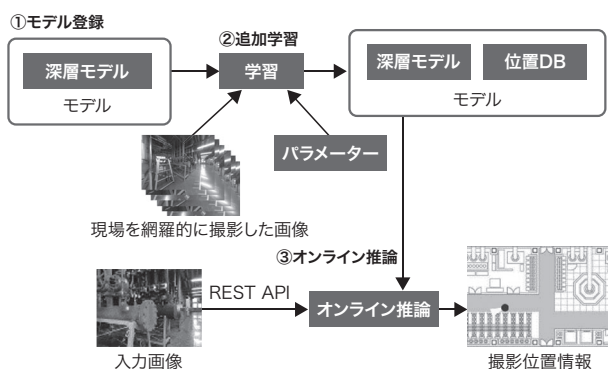


図5. 位置認識AIの実行手順

SATLYS AI共通基盤の追加学習機能を使用して位置DBを作成し、深層モデルと合わせてモデルとして登録して、オンラインで推論する。

Position recognition AI execution procedures

部インターネットを利用し、それぞれ独立した構造とした。

3.2 SATLYS AI共通基盤での点検情報管理AI動作方法

3.2.1 位置認識AIの実行手順

モデルデータに対して画像と位置情報をひも付けたDBの作成が必要であるため、追加学習機能を利用する。図5に、実行手順①～③を示す。

- ① モデル登録 SATLYS AI共通基盤に特徴量抽出深層モデルと画素マッチング深層モデルを、モデルデータとして登録
- ② 追加学習 現場画像群と対応する位置情報を、位置DBに登録
- ③ オンライン推論 ②のデータを利用して入力画像の位置情報を推論

3.2.2 不特定変状検知AIの実行手順

ジョブプロセス間だけコンテナが起動するバッチ推論機能

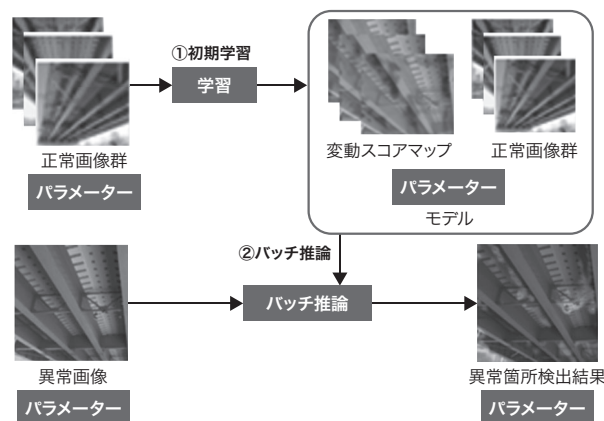


図6. 不特定変状検知AIの実行手順

SATLYS AI共通基盤の初期学習機能を使用して、正常画像とその変動スコアマップをモデルとして登録し、バッチ推論する。

Unspecified anomaly detection AI execution procedures

を利用する。図6に、実行手順①～②を示す。

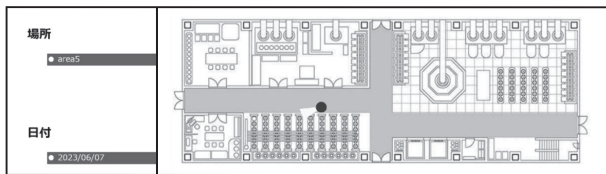
- ① 初期学習 正常画像群とパラメーターを用いて変動スコアマップを計算し、モデルデータを作成
- ② バッチ推論 ①で作成したモデルデータと、異常画像・パラメーターを用いて異常箇所を検出

4. 点検情報管理AIの有効性実証

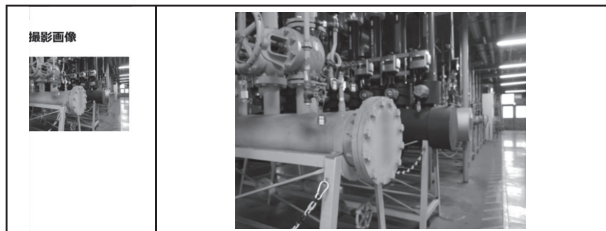
SATLYS AI共通基盤に実装した実証環境のGUIにWebブラウザからアクセスして、現場で撮影した画像を用いて位置認識AIと不特定変状検知AIを実行した(図7, 図8)。

位置認識AIのGUIでは、位置認識に必要な位置DBの作成や、位置DBを使用した入力画像の撮影位置と方向の推定が可能である。位置認識では、GUIから入力画像を指定してアップロードすると、画像の撮影位置が自動的に認識され、撮影された場所と日付にひも付けて、撮影現場のフロアマップ上に撮影位置と向きがアイコンで表示される(図7(a))。フロアマップ上に表示されたアイコンをクリックすると、図7(b)のようにその位置で撮影された画像が表示される。図7では、入力画像が撮影された位置と向きが、フロアマップ上に適切に表示されている。

不特定変状検知AIのGUIでは、正常画像の登録や、登録した正常画像を用いた入力画像中の変状検知が可能である。表示画面では、入力画像の変状を検知した結果を表示する(図8(a))。図8の入力画像は道路橋を撮影したもので、高架下に異物が下がっている。従来技術では、異物の検出のほかに正常な部分に過検出が多く見られるが、不特定変状検知AIでは、異物を適切に検出しながら過検出は大幅に抑えられている(図8(b))。図8(a)の表示画面では、図8



(a) フロアマップ上に表示された画像の撮影位置

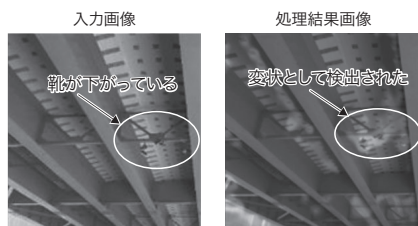


(b) フロアマップ上のアイコンをクリックすると表示される撮影画像

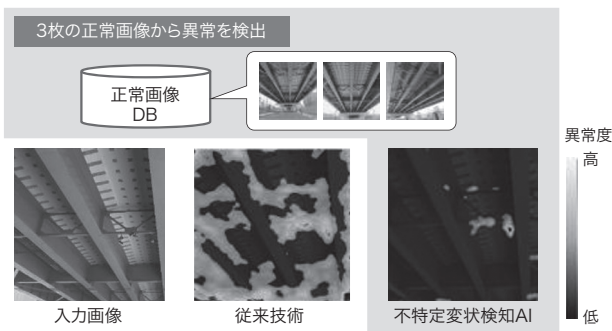
図7. 位置認識の結果

撮影位置と撮影方向がアイコンとしてマップ上に表示される。フロアマップのアイコンをクリックすると、撮影画像が表示される。

Position estimation results



(a) 不特定変状検知AIによる処理結果の画面表示



(b) 従来技術と不特定変状検知AIによる異常スコアマップの比較

図8. 不特定変状検知の結果

正常画像が2枚以上あれば変動スコアマップを作成できるので、従来技術に比べて過検出を抑制した変状検知が可能である。

Unspecified anomaly detection results

(b)に示した変状の検出結果と入力画像が重畳表示されて処理結果画像として表示されている。

このように、今回構築した実証環境によって、位置認識AIと不特定変状検知AIの有効性を確認した。実証環境はクラウドサービスとして、東芝グループ内だけでなく社外からも利用できるため、今後は社内外の点検現場で点検情報管

理AIの実証に活用できる。

5. あとがき

1枚の点検画像から、撮影位置、及びびび割れなどの変状を認識し、それらの情報をひも付けて一括管理できる点検情報管理AIを開発した。また、クラウドシステム上に点検情報管理AIの実証環境を構築し、現場の画像を用いて、撮影位置認識と不特定変状検知の有効性を確認した。

今後は、実証を重ね、点検情報管理AIのソリューションとしての完成度を高めて、早期の実用化を目指す。

文献

- (1) Nakashima, R.; Seki, A. "SIR-Net: Scene-Independent End-to-End Trainable Visual Relocalizer". International Conference on 3D Vision (3DV). Quebec City, Canada, 2019-09. IEEE, 2019, p.472-481. <<https://ieeexplore.ieee.org/document/8885500>>, (accessed 2023-09-01).
- (2) Kawamura, N. "Unsupervised Anomaly Localization Using Locally Adaptive Query-Dependent Scores". International Conference on Image Analysis and Processing (ICIAP 2022) Conference paper. Lecce, Italy, 2022-05. Springer, 2022, p.300-311. <https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-06430-2_25>, (accessed 2023-09-01).
- (3) Cohen, N.; Hoshen, Y. "Sub-Image Anomaly Detection with Deep Pyramid Correspondences". Computer Vision and Pattern Recognition, 2021, arXiv:2005.02357v3. <<https://arxiv.org/abs/2005.02357>>, (accessed 2023-09-01).
- (4) 林 崇典, ほか. マネージドサービスでAIサービスを構築するSATLYS AI 共通基盤. 東芝レビュー. 2021, 76, 5, p.10-13. <<https://www.global.toshiba/content/dam/toshiba/jp/technology/corporate/review/2021/05/a04.pdf>>, (参照 2023-09-01).



佐野 雄磨 SANO Yuma
東芝デジタルソリューションズ(株)
ソフトウェア&AIテクノロジーセンター
Toshiba Digital Solutions Corp.



野田 玲子 NODA Reiko
研究開発センター
知能化システム研究所 メディアAIラボラトリー
情報処理学会会員
Media AI Lab.



濱向 洗生 HAMAMUKI Kousei
東芝デジタルソリューションズ(株)
デジタルエンジニアリングセンター AI・自動化技術サービス部
Toshiba Digital Solutions Corp.