

画像認識 AI を用いた RC 部材の
ひび割れ検出の基礎検討

Basic Study on Crack Detection for RC Member
using Image Recognition AI

齊藤 隆典¹⁾, 飯泉 元気²⁾, 高橋 光一²⁾
Takasuke.Saito¹⁾, Genki.Iizumi²⁾, Koichi.Takahashi²⁾

地方独立行政法人北海道立総合研究機構
建築研究本部
北方建築総合研究所

Northern Regional Building Research Institute
Building Research Department

Local Independent Administrative Agency Hokkaido Research Organization

1) 建築研究部建築システムグループ 主査, 2) 建築研究部建築システムグループ 研究職員

1) Chief for Building Maintenance Management of Building Engineering System Group, 2) Researcher of Building Engineering System Group

概要 Abstract

画像認識 AI を用いた RC 部材のひび割れ検出の基礎検討 Basic Study on Crack Detection for RC Member using Image Recognition AI

齊藤 隆典¹⁾, 飯泉 元気²⁾, 高橋 光一²⁾
Takasuke.Saito¹⁾, Genki.Iizumi²⁾, Koichi.Takahashi²⁾

キーワード : 画像認識 AI, 画像検出, コンクリートひび割れ
Keywords : Image recognition AI, Image detection, Concrete cracks

1. 研究概要

1) 研究の背景

- ・ 構造物の長寿命化や安全性確保の観点から、適切な調査診断に基づく維持管理が必須となる。
- ・ 調査診断には、外観観察が欠かせない。経年劣化した構造物は安全性や美観性、使用性、耐久性などの性能が低下する。観察できる変状として、ひび割れ、剥離、剥落等の現象が現れる。
- ・ これらの変状を定量的に把握するため、目視による調査が行われるが、時間や人的労力、コストがかかることから、継続的に実施することが困難となるケースも予想される。
- ・ 長寿命化の実現のためには、効率的な変状調査手法の開発が喫緊の課題である。

2) 研究の目的

- ・ RC 部材のひび割れに着目し、画像認識 AI を用いた変状検出手法に関する基礎検討を行う。

2. 研究内容

1) ひび割れ検出に関する画像認識 AI 構築の検討 (令和元年度～2年度)

- ・ ねらい : 既往の研究により蓄積してある一定条件下で撮影した RC 部材のひび割れ画像を活用し、学習用の教師画像データを作成する。このデータから、明度、輝度等を特徴量とし、ひび割れを検出可能な AI 学習モデルを構築する。また、モデル試験体を用いたひび割れの AI 検出と目視計測の比較から、検出の適合性を検討する。
- ・ 試験項目等 : 教師画像データの作成、画像認識 AI の構築

2) ひび割れの定量的評価のための検出条件・画像解析法に関する検討 (令和元年度～2年度)

- ・ ねらい : 1) のモデル試験体を対象に、環境条件 (表面照度等)、カメラ性能や撮影設定、撮影距離等の影響について検討を行い、適用範囲を明らかにする。また、検出したひび割れの長さ等について、既往の画像解析法を用いた算出手法について検討する。
- ・ 試験項目等 : 適用範囲の検討、画像解析法の検討

3) 実建物への適用に関する基礎検討 (令和2年度)

- ・ ねらい : 1), 2) の結果を受け、調査可能な開放し仕上げの実建物をモデルケースとして、画像補正手法 (オルソ補正, レンズ歪み補正等) の検討を行う。本手法を用いたひび割れ検出を行い、目視計測との比較により適合性の検証を行う。
- ・ 試験項目等 : 画像補正の検討、目視計測との比較

1) 建築研究部建築システムグループ 主査, 2) 建築研究部建築システムグループ 研究職員

1) Chief for Building Maintenance Management of Building Engineering System Group, 2) Researcher of Building Engineering System Group

3. 研究成果

1) ひび割れ検出に関する画像認識AI構築の検討（令和元年度～2年度）

- ・建物調査において撮影したコンクリートひび割れ画像や既往研究で蓄積した RC 部材のひび割れ画像を活用し、AI 学習用の教師画像データセットを約 32,000 セット作成した。
- ・作成した教師画像データセットを用いて、コンクリートひび割れを画像ピクセルレベルで検出可能な AI 学習モデルを構築した。
- ・ひび割れ検出の検証を行うため、模擬的にひび割れを発生させたモデル試験体を作製した。モデル試験体の撮影画像から検出精度の検討を行い、物体検出における評価指標である IoU（Intersection over Union）スコアで 90 % 程度の検出結果が得られた（図 1）。

2) ひび割れの定量的評価のための検出条件・画像解析法に関する検討（令和元年度～2年度）

- ・北総研庁舎バルコニー部に、模擬ひび割れを生じさせたモデル試験体を設置し、撮影条件によるひび割れ検出の検討を行った。設置高さ、撮影距離、カメラ焦点距離をパラメータとした撮影を行い、検出条件を整理した（図 2）。

3) 実建物への適用に関する基礎検討（令和 2 年度）

- ・仰角のある高所撮影時に生じる画像の台形歪みやレンズ歪み補正を行うための画像補正プログラムを作成した。北総研庁舎のコンクリート打放仕上げ外壁をモデルケースとした AI 画像検出を行い、画像補正によるひび割れ検出結果への影響について確認した（図 3）。

< 具体的データ >

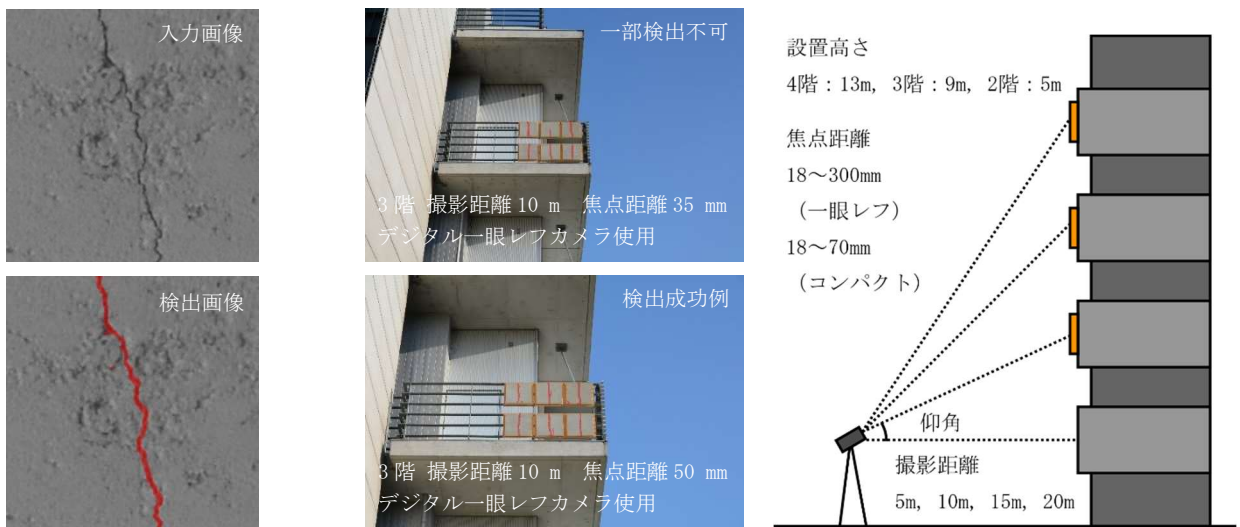


図 1 モデル試験体の検出結果例

図 2 撮影条件をパラメータとしたひび割れ検出

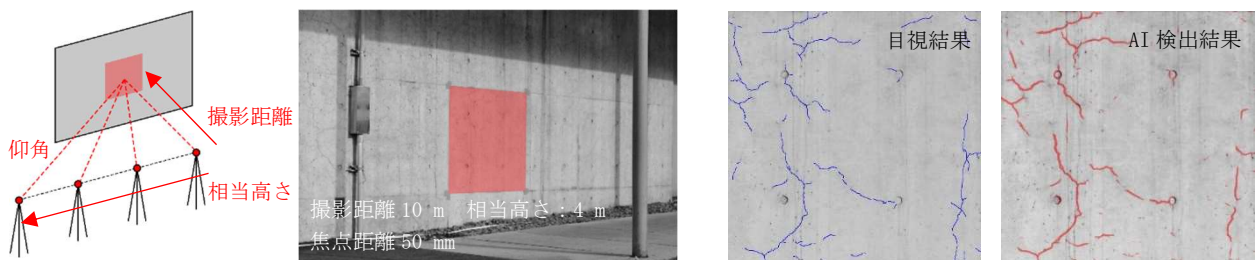


図 3 コンクリート打放し仕上げ外壁を対象としたひび割れ検出

4. 今後の見通し

- ・画像認識 AI の適用範囲を外壁の仕上げ種類や変状種類が異なる建物全般に使用できるよう拡大し、建物の維持管理に必要な調査の合理化や外壁点検への活用の検討を進める。

目 次

1. 研究の背景と目的	1
(1) 背景.....	1
(2) 目的.....	1
(3) 研究項目	1
2. ひび割れ検出に関する画像認識 AI の構築.....	1
(1) 機械学習の概要	1
(2) 教師画像データセットの作成.....	1
(3) ひび割れ検出 AI 学習モデルの作成.....	2
(4) 模擬ひび割れモデル試験体の作成	2
3. モデル試験体を用いた画像認識 AI によるひび割れの検出条件の検討	3
(1) 検出精度の検討	3
(2) 撮影条件が検出結果に及ぼす影響	3
4. 実建物外壁を対象としたひび割れ検出の検討.....	4
(1) 撮影方法	4
(2) 画像補正手法	4
(3) ひび割れ検出結果の検討.....	11
5. まとめ.....	12

1. 研究の背景・目的

(1) 背景

建物の長寿命化や安全性確保の観点から、定期的な点検や適切な調査に基づく維持管理が必須である。経年劣化が生じた構造物では、安全性や美観性、使用性、耐久性などの性能が低下する。外壁には目視により観察できる変状として、ひび割れや剥離、剥落等の現象（図 1-1）が現れる。

建物の調査診断においては、発生した変状を定量的に把握するため、目視による外観調査が行われる。しかしながら、調査に要する人的労力やコストの課題、技術者不足などから、実施困難になるケースも予想される。構造物の長寿命化や安全性の確保を実現するためには、作業の効率化を図ることのできる変状調査の手法が必要であり、この開発が喫緊の課題となっている。

こうした課題に対して、デジタル画像や AI 技術を用いてひび割れ等を自動検出する研究開発が近年盛んになってきており、調査点検の合理化への期待が高まっている現状がある。

(2) 目的

本研究では、構造物に生じる変状のうち、鉄筋コンクリート（以下、RC）部材に発生するひび割れに着目し、画像認識 AI を用いた変状検出手法に関する基礎検討を行うことを目的とする。

(3) 研究項目

本研究では以下に示す 3 項目について実施した。

第 2 章「ひび割れ検出に関する画像認識 AI 構築の検討」では、既往研究において蓄積している一定条件下で撮影した RC 部材のひび割れ画像や建物調査時に撮影したひび割れ画像を活用し、学習用の教師画像データセットを作成する。このデータから、明度や輝度、形状等を特徴量として、ひび割れを検出可能な AI 学習モデルを構築する。

続いて、第 3 章「モデル試験体を用いた画像認識 AI によるひび割れの検出条件の検討」においては、ひび割れを模擬したモデル試験体を作製し、AI 検出と目視計測の比較から、ひび割れ検出の適合性を検



図 1-1 構造物に発生する変状の代表例

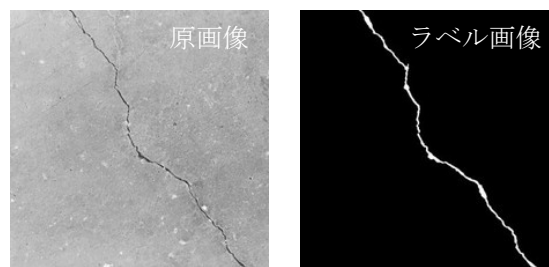


図 2-1 教師画像データセットの例

討する。併せて、モデル試験体を使用し、カメラ性能や撮影設定、撮影距離、環境条件等の影響についての検討を行い、AI 検出の適用範囲を明らかにする。

第 4 章「実建物外壁を対象としたひび割れ検出の検討」では第 2 章、第 3 章の検討を受けて、調査可能な打放し仕上げの実建物をモデルケースとして、画像補正手法の検討および本手法を用いたひび割れ検出と目視計測との比較による適合性の検証を行う。

2. ひび割れ検出に関する画像認識 AI の構築

(1) 機械学習の概要

本研究では、ひび割れ検出が可能な AI 学習モデルを構築するにあたり、画像中の物体分類の手法である、セマンティックセグメンテーション^{注1}を用いる。セマンティックセグメンテーション用のニューラルネットワーク^{注2}としては、SegNet¹⁾を採用し、学習プロセスを実施する方針とする。

また、ImageNet²⁾と呼ばれる大規模画像データベースを使用し、膨大な特徴量を事前学習済みである VGG-16 学習モデル³⁾を使用し、転移学習^{注3}を行う。

注 1：デジタル画像を構成する全画素にラベルやカテゴリを関連付けて分類を行うための機械学習アルゴリズムの一つで、ピクセル単位での物体認識が可能。

注 2：入力情報を他の情報とつなぎ合わせ、ある一定のルールを発見して物事の特徴を見出すことを実現した技術で、人間の脳内の神経回路を模擬した数理モデル（アルゴリズム）。

注 3：別のタスクの学習モデルを検出ターゲットとする学習モデルに転用する機械学習の手法で、学習に必要な大量のデータと時間を削減し、効率的に AI 構築を行うことができる。

(2) 教師画像データセットの作成

セマンティックセグメンテーションによる画像認識では、図 2-1 に示すような教師画像データセットが必要となる。これは AI に認識をさせる対象（本研究においては、コンクリートひび割れ箇所）について、例題となる原画像とその対象箇所の正解値であるラベル画像をセットとしたデータ群である。図に示すように、ラベル画像は原画像を基に、検出ター

ゲットとするひび割れ部を白色 (255), その他の物体や背景部分を黒色 (0) とした二値化画像である。

表 2-1 に教師画像データセットの概要について示す。各画像の解像度は 224 pixel 四方とし、約 32,000 セットの教師画像データセットを作成した。また、データの偏りにより、過学習と呼ばれる不具合が生じることを防ぐ目的で、ひび割れが画像内に存在しないデータセットを全体数の 25 % 含めた。

データセットの作成量は膨大になるため、作成にあたっては別途準備した処理プログラムを使用した。デジタルカメラで撮影した通常サイズの画像上で、ラベル情報の付与を行った後、指定した画像解像度で自動切り出しを行うことで、データセット作成の効率化を図った。

(3) ひび割れ検出 AI 学習モデルの作成

本研究で AI 構築に使用する SegNet の処理プロセスを図 2-2 に示す。これは、Encoder-Decoder 型の完全畳み込みネットワークと呼ばれる機械学習アルゴリズムで、前半の Encoder 側でプーリング処理を行うのと同じ回数だけ、後半の Decoder 側でアップサンプリング処理を行う。プーリング処理の際にピクセル位置を別途記録し、その位置へアップサンプリングを行っていく構造のため、入力画像と同じサイズでセグメンテーション結果を出力表示できるなど、情報の一貫性を保持していることが特徴である。

表 2-2 に学習プロセス時に、学習アルゴリズムの挙動を制御するための条件として設定したハイパーパラメータの一覧を示す。この設定による学習の最大反復回数は 36450 回となった。ハイパーパラメータの決定には、学習プロセスを繰り返し試行し、過学習が生じず、検出精度の向上が確認できた組み合わせを採用した。図 2-3 に示す学習曲線から、設定パラメータによる学習で、反復回数が増加するにつれて、学習時の精度が約 90 % に収束し、損失値が徐々に低下することを確認した。

また、学習時には教師画像データセットを繰り返し入力して処理を行うことになるが、同一の画像情報では、過学習が発生する可能性や未知の情報に対する検出の幅が頭打ちになることが課題となる。そのため、学習プロセスの実行時には、データ拡張を併せて行った。データ拡張では教師画像データを入力する際に、表 2-3 に示す範囲でランダムに水平方向や鉛直方向に移動、画像中心で回転させる処理を複合的に加える。この処理により、準備できるデータセット量が少ない場合でも大幅に学習データ量を増加させることができる。

表 2-1 教師画像データセットの概要

画像解像度	224×224 pixel
データセット数	32,000 セット
検出ラベル対象	ひび割れ (白色 : 255) その他・背景 (黒色 : 0)
データセット内訳	ひび割れ有 : 24,000 セット ひび割れ無 : 8,000 セット

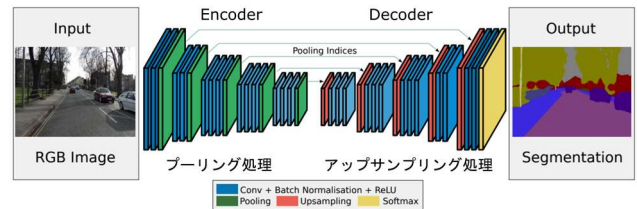


図 2-2 SegNet による処理プロセス 文献 1) 抜粋に加筆

表 2-2 設定したハイパーパラメータの一覧

エポック数	30
ミニバッチサイズ	4
初期学習率	0.01
学習率減衰	0.5 倍 / 5 エポック

表 2-3 データ拡張の概要

水平方向移動量	0-10 pixel (ランダム)
鉛直方向移動量	0-10 pixel (ランダム)
画像回転量	0° - 10° (ランダム)

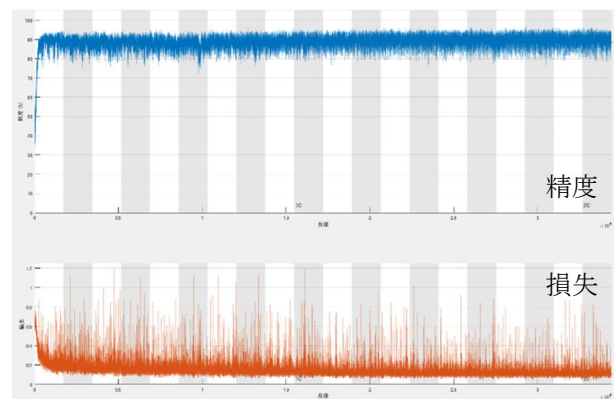


図 2-3 学習曲線の例

(4) 模擬ひび割れモデル試験体の作製

AI によるひび割れ検出精度を確認するため、模擬ひび割れを発生させたモデル試験体を作製した。図 2-4 にモデル試験体の外観と表 2-4 に作製条件を示す。試験体は、人為的にひび割れを生じさせることが容易であることや、次章での検討において、建物



図 2-4 模擬ひび割れモデル試験体

壁面に設置する必要があるために軽量であること等の観点から、厚さ 20 mm、縦横 400 mm サイズのビーズ法ポリスチレンフォーム (EPS) ボードに、モルタルを約 2 mm 厚さで塗り付け作製した。モルタル硬化後に中心位置で割裂させ、表中のひび割れ幅となるよう保持したうえで、土台となるコンクリートパネルボードに接着固定した。モデル試験体のひび割れ幅は、建物の漏水に関する 0.2 mm 幅のひび割れを基準として設定し、計 6 体の試験体を作製した。

3. モデル試験体を用いた画像認識 AI によるひび割れの検出条件の検討

(1) 検出精度の検討

実験室レベルで撮影したモデル試験体の画像から AI 検出精度の基礎検討を行った。撮影画像のうち、ひび割れ発生箇所を選定し、データセット解像度と同じ 224 pixel 四方の範囲を 50 枚、検証用画像として取得した。図 3-1 に検出結果の一例を示す。試験体表面には、検出対象とするひび割れ以外にも、試験体作製時の微細な荒れや汚れが存在しているが、ひび割れ箇所のみを検出できていることがわかる。取得した全ての検証用画像について検討した結果、AI による物体検出における評価指標として一般的に用いられる IoU^{注4}スコアで 90 %程度の検出精度が得られることを確認した。

注4: Intersection(領域の共通部分) over Union(領域の和集合)

の略で、領域がどの程度重なっているかを表す指標。正解領域と予測領域の重なりが大きいほど IoU 値は大きくなり、物体検出の精度が高いことを表す。

(2) 撮影条件が検出結果に及ぼす影響

モデル試験体を用い、撮影条件がひび割れ検出結果に及ぼす影響について検討を行った。図 3-2 に検討に用いるモデル試験体の撮影方法の概要、表 3-1 に撮影条件を示す。北方建築総合研究所庁舎のバル

表 2-4 模擬ひび割れモデル試験体の作製条件

試験体サイズ	L400×W400×D20 mm
試験体主材	EPS ボード
モルタル厚さ	約 2 mm
ひび割れ幅	0.1 mm, 0.2 mm, 0.4 mm, 0.6 mm, 0.8 mm, 1.0 mm

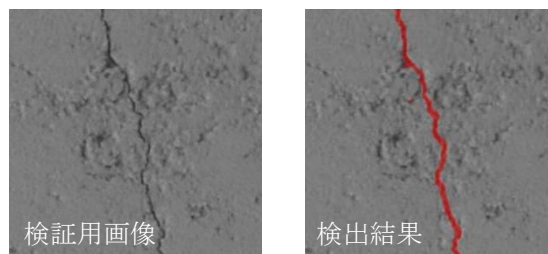


図 3-1 モデル試験体のひび割れ検出結果例

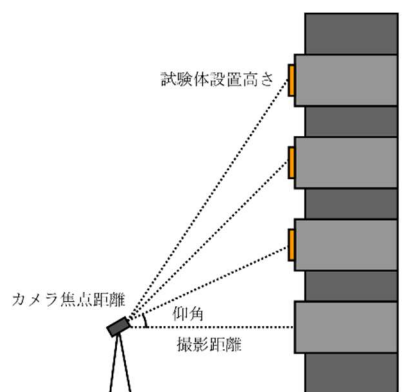


図 3-2 モデル試験体の撮影方法

表 3-1 モデル試験体の撮影条件

設置高さ	5 m (2階), 9 m (3階), 13 m (4階)
撮影距離	5 m, 10 m, 15 m, 20 m
撮影機材	Nikon D7100 (一眼レフ) Nikon Coolpix W300 (コンパクト)
焦点距離	18~105 mm (一眼レフ) 18~70 mm (コンパクト)
画像解像度	6000×4000 pixel (一眼レフ) 4608×3456 pixel (コンパクト)

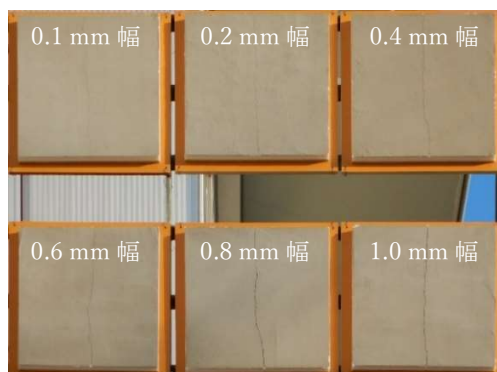


図 3-3 モデル試験体の設置状況

コニー部を利用し、モデル試験体を各階高さに設置して、地上から撮影を行った。試験体の設置高さは2階から4階の3ケースを設定し、建物とカメラ間の撮影距離は、実際の建物調査時で想定される5 mから20 mの4ケースを設定した。撮影カメラは一般的な撮影機材を想定し、デジタル一眼レフカメラとコンパクトデジタルカメラを使用した。それぞれのカメラで撮影可能なレンズ焦点距離を广角から望遠の範囲でパラメータ設定し、モデル試験体の撮影を行った。図 3-3 にモデル試験体の設置状況を示す。ひび割れ幅の異なる試験体を図中に示す並びで配置し、バルコニー手摺部に緊結固定した。

図 3-4 から図 3-9 に各撮影条件で撮影した画像について、AI 検出を行った結果の一覧を示す。図中には、「○：0.2 mm 幅以上検出、△：0.4 mm 幅以上検出、×：検出不可」とした検出の可否を併記している。まず、図 3-4 から図 3-6 のデジタル一眼レフカメラ（画像解像度：6000×4000 pixel）での撮影結果について見ると、2階および3階高さのひび割れは、撮影距離が長くなるにつれ、検出にはレンズ焦点距離を望遠側に設定する必要がある。撮影距離を10 m 確保できる場合には、焦点距離 50 mm 性能のカメラを使用することで検出が可能であることを確認した。また、いずれの撮影距離でも、レンズ焦点距離を適切に設定することで 0.2 mm 幅のひび割れ検出は可能であった。4階高さでは、撮影距離が 5 m と短い場合には撮影仰角による影響が表れ、ひび割れ検出性能が低下する傾向が確認できる。4階高さのひび割れ検出には、撮影距離 10～15 m、レンズ焦点距離 70 mm 以上のカメラ性能が求められる。

次に、図 3-7 から図 3-9 に示したコンパクトデジタルカメラ（画像解像度：4608×3456 pixel）で撮影した結果を見ると、先のデジタル一眼レフカメラに比べて画像解像度が低いことから、検出可能な撮影条件の範囲が狭いものの、2階から3階高さのひび割れはレンズ焦点距離 70 mm 程度を持つカメラであれば、いずれの撮影距離でも 0.2 mm 幅のひび割れ検出は可能であった。4階高さのひび割れについては、0.4 mm 幅以上のひび割れ検出が可能なケースもあるものの、本研究で使用したカメラ性能では 0.2 mm 幅のひび割れ検出はいずれも不可であった。

4. 実建物外壁を対象としたひび割れ検出の検討

(1) 撮影方法

ひび割れ幅等を実測可能な実建物のコンクリート打放し仕上げ外壁として、北方建築総合研究所庁舎



図 4-1 ひび割れ検出の検討用外壁

表 4-1 外壁の撮影条件

撮影対象	打放し仕上げ外壁 1 m 四方
撮影距離	10 m
相当高さ	0 m, 4 m, 8 m, 12 m
焦点距離	18 mm - 105 mm
撮影機器	Nikon D7100 (一眼レフ)
画像解像度	6000×4000 pixel

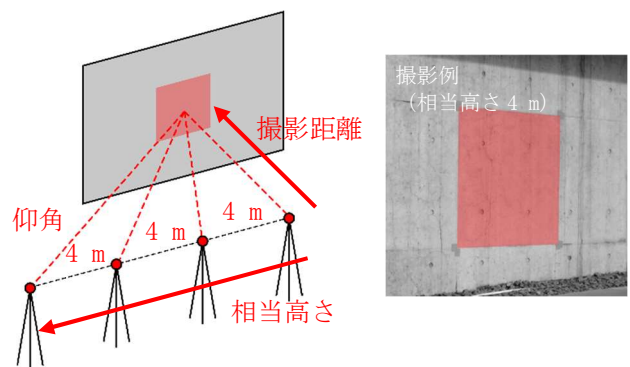
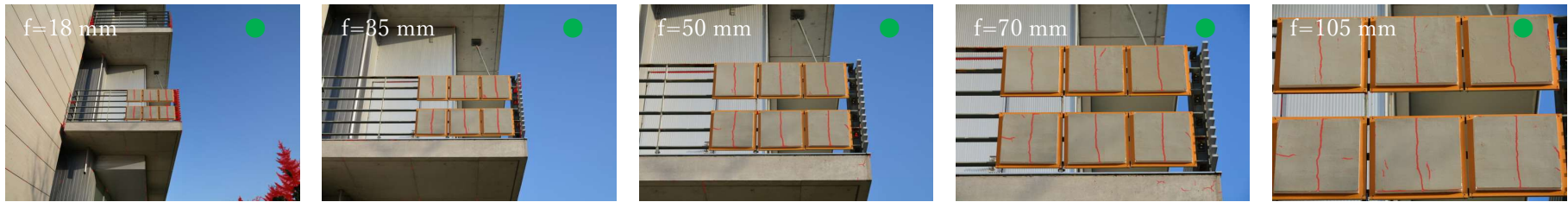


図 4-2 外壁の撮影方法

外壁をモデルケースとした撮影を行った。図 4-1 に検討対象とする外壁を示す。図中の青色でマーキングした 1 m 四方の領域を検討対象とする。この領域についてクラックスケールや針ゲージを用いた目視調査を行い、ひび割れ幅等を実測した。表 4-1 に撮影条件を示す。前章のモデル試験体の検討を踏まえ、撮影距離は 10 m と設定した。カメラの仰角による検出の検討を行うため、図 4-2 に示す撮影方法を用いた。カメラと外壁面の撮影距離を変えずに、カメラ位置を外壁正面位置から図のように一定量で変位させ、仰角をつけた撮影を行った。この際の変位量を相当高さとする。撮影方向は領域中心となるよう設定し、レンズ焦点距離および相当高さをパラメータとした撮影を行った。

(2) 画像補正手法

カメラ位置に対して仰角のある撮影対象の場合、



(a) 撮影距離：5 m



(b) 撮影距離：10 m

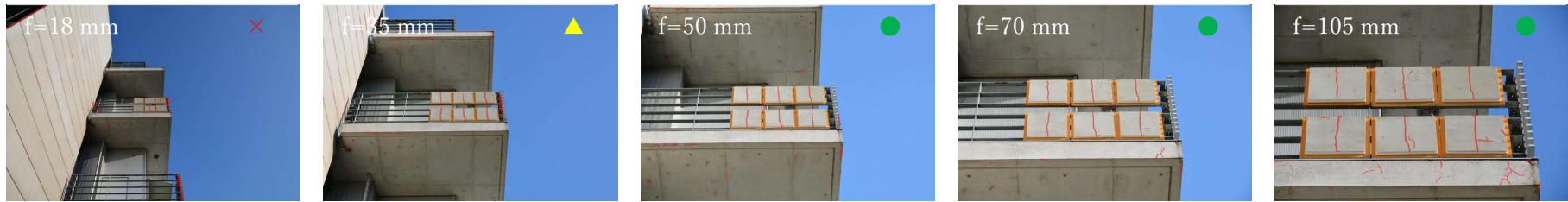


(c) 撮影距離：15 m



(d) 撮影距離：20 m

図 3-4 ひび割れ検出結果（試験体設置位置 2 階，デジタル一眼レフカメラ使用）



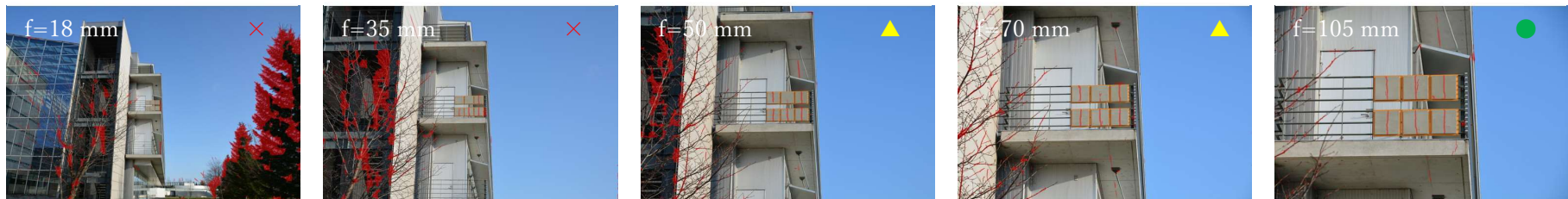
(a) 撮影距離 : 5 m



(b) 撮影距離 : 10 m



(c) 撮影距離 : 15 m



(d) 撮影距離 : 20 m

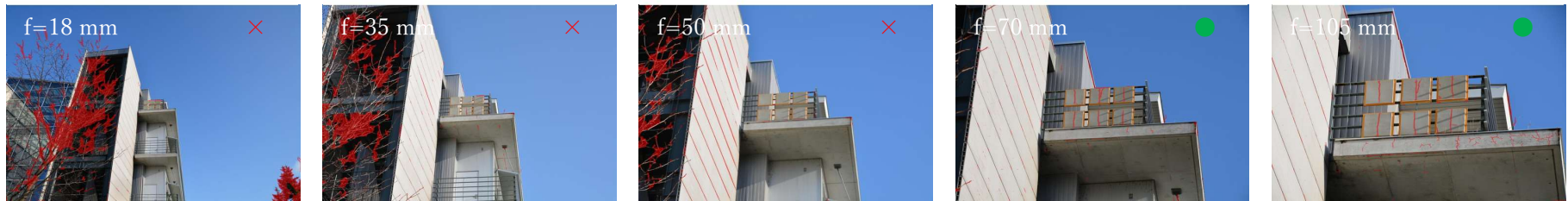
図 3-5 ひび割れ検出結果 (試験体設置位置 3 階, デジタル一眼レフカメラ使用)



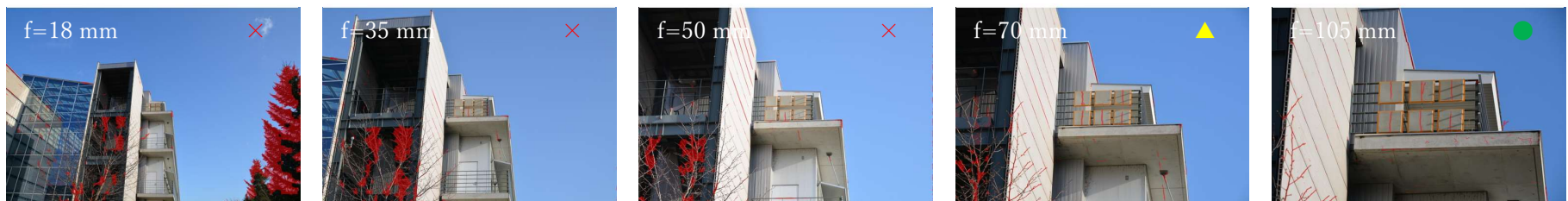
(a) 撮影距離：5 m



(b) 撮影距離：10 m



(c) 撮影距離：15 m



(d) 撮影距離：20 m

図 3-6 ひび割れ検出結果 (試験体設置位置 4 階, デジタル一眼レフカメラ使用)



図 3-7 ひび割れ検出結果 (試験体設置位置 2 階, コンパクトデジタルカメラ使用)



図 3-8 ひび割れ検出結果 (試験体設置位置 3 階, コンパクトデジタルカメラ使用)



図 3-9 ひび割れ検出結果 (試験体設置位置 4 階, コンパクトデジタルカメラ使用)

撮影画像に台形歪みが生じる。この歪みにより、画像上で見かけの長さ変化が生じるため、画像から幅や長さ等を評価する場合には画像補正が必要になる。台形歪みの補正には、オルソ補正（正射変換）と呼ばれる方法が使用される。この補正により、斜め方向から撮影された画像を正対化した画像に変換することができる（図4-3）。本研究では、補正をより簡便に実施するため、代表点座標を入力することで補正が可能な画像処理プログラムを作成し、画像補正を行った。

また、撮影カメラのレンズ特性により、画像にはレンズ歪みと呼ばれる変形が生じる。これは、特に焦点距離を広角に設定した場合、画像端周囲の変形として表れる。使用カメラで事前にキャリブレーションを行い、レンズ固有の補正パラメータを取得することで、画像補正が可能である。

（3）ひび割れ検出結果の検討

図4-4にオルソ補正およびレンズ歪み補正後の対象領域画像のAIひび割れ検出結果を示す。検出結果

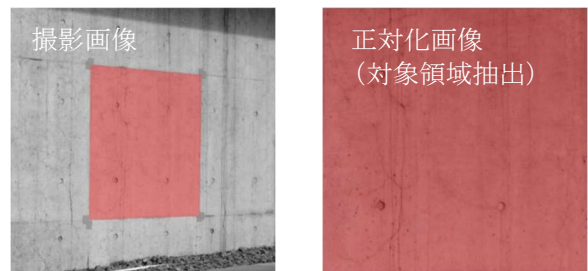


図4-3 オルソ補正による画像の正対化

は焦点距離と相当高さをパラメータに比較表示しており、目視調査により0.2 mm以上のひび割れが発生している箇所を表示した結果も併記している。カメラと検出対象領域が正対している相当高さ0 mの場合には、焦点距離50 mm以上で撮影することで目視調査による結果とほぼ同様な検出結果が得られた。焦点距離の小さい、より広角で撮影した場合には対象領域の解像度が相対的に低くなるため、検出性能に低下が見られた。相当高さが4 mでは、要求される焦点距離が70 mmに増加するものの、補正を行っ

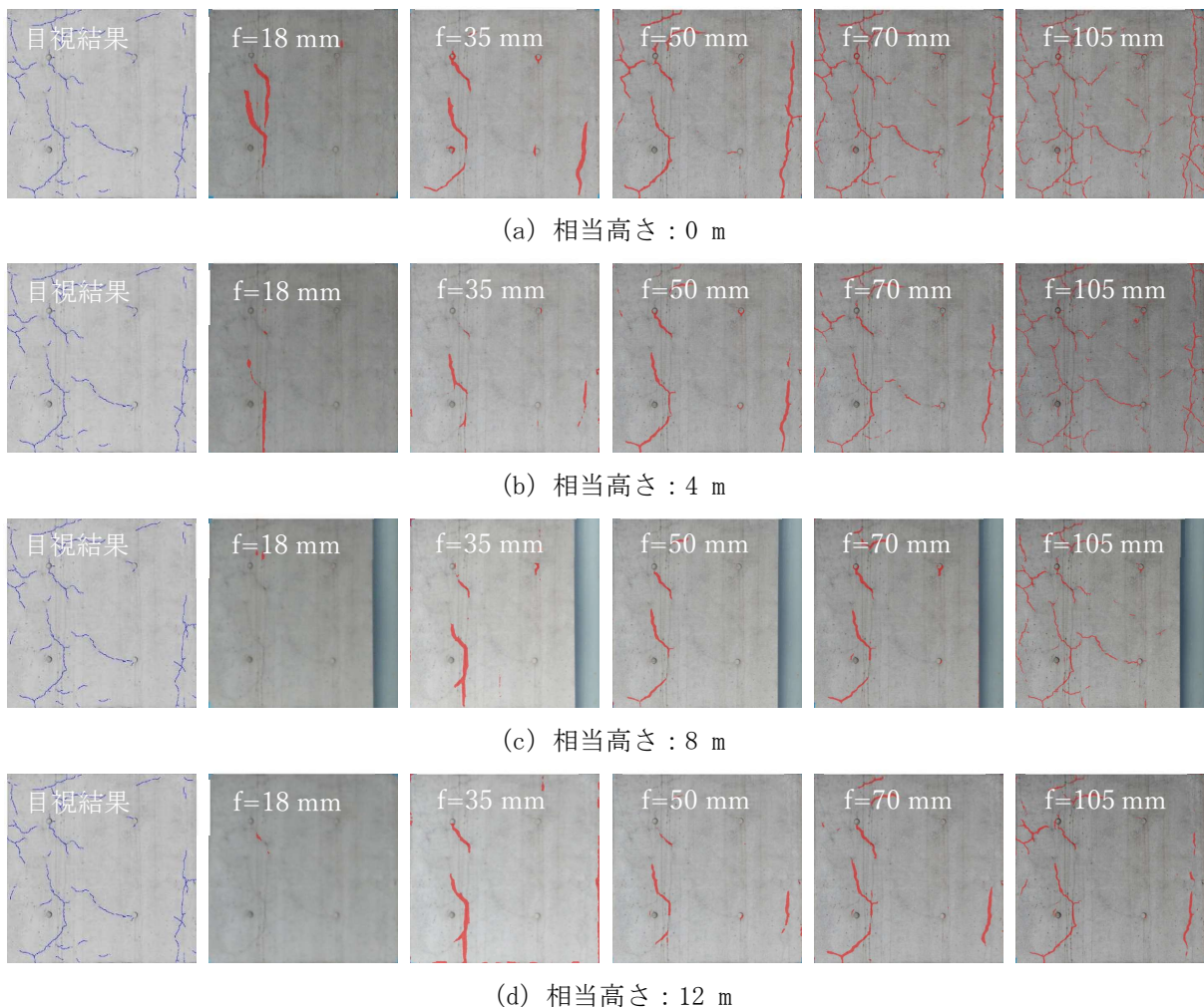


図4-4 補正後画像のAIひび割れ検出結果（撮影距離10 m）

たことによる検出性能への影響は少ないと考えられる。オルソ補正では、台形状の画像を正対画像に変換する際に、より短辺となる側（本結果では画像右側）を拡幅する。拡幅により生じる間隙は近接するピクセル情報から補間が行われるため、この箇所における検出性能の低下が予想されたが、検出結果から大きな差異は認められないことが理由として挙げられる。また、相当高さが 8 m, 12 m と増加するにつれて、検出性能が低下していることが読み取れ、前章でのモデル試験体の検討と同様の傾向があることを確認した。

本研究では、一般的に使用されるカメラを想定した検討を行った。モデル試験体や建物外壁を対象とした検出結果を総合的に考えると、現状で構築した AI では 2 階から 3 階程度の高さに生じたひび割れを検出することが可能であり、今後、点検等に適用していく際には、これらの結果を踏まえた運用が必要である。

5. まとめ

本研究で得られた成果を以下に示す。

- 建物調査において撮影したコンクリート部のひび割れ画像や既往研究で蓄積した RC 部材のひび割れ画像を活用し、AI 学習用の教師画像データセットを約 32,000 セット作成した。
- 教師画像データセットを用いて、コンクリートひび割れを画像ピクセルレベルで検出可能な AI 学習モデルを構築した。
- ひび割れ検出の検証を行うため、模擬ひび割れを意図的に発生させたモデル試験体を作製し、撮影画像から検出精度の検討を行った。検討の結果、物体検出における評価指標である IoU スコアで 90 % 以上の結果が得られたため、ひび割れの検出に十分な精度を有することを確認した。
- 北方建築総合研究所庁舎のバルコニー部に、モデル試験体を設置し、撮影条件によるひび割れ検出の検討を行った。モデル試験体の設置高さ、撮影距離、カメラ焦点距離をパラメータとした撮影を行い、検出条件を明らかにした。
- 仰角のある高所撮影時に生じる画像の台形歪みやレンズ歪み補正を行うための画像補正プログラムを作成した。北方建築総合研究所庁舎のコンクリート打放仕上げ外壁をモデルケースとした AI 画像検出を行い、画像補正によるひび割れ検出結果への影響について検討した。検討の結果、画像補正による検出結果への影響は少ないことを示した。

- 本研究で構築した AI は、焦点距離 70 mm 程度のレンズ性能を持つ一般的なカメラを使用し、3 階程度の高さまでに生じたコンクリートひび割れを撮影する条件下であれば、0.2 mm 幅以上のひび割れの自動検出ができるようになった。

今後は、画像認識 AI の適用範囲を外壁の仕上げ種類や変状種類が異なる建物全般に使用できるよう拡大し、建物の維持管理に必要な調査の合理化や外壁点検への活用の可能性の検討を進める予定である。

[参考文献]

- 1) V. Badrinarayanan, A. Kendall, and R. Cipolla : Segnet: A Deep Convolutional Encoder-Decoder Architecture for Image Segmentation, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.39, pp.2481-2495, (2017)
- 2) Russakovsky, O., Deng, J., Su, H., et al. "ImageNet Large Scale Visual Recognition Challenge.", International Journal of Computer Vision (IJCV) Vol 115, Issue 3, pp.211-252, (2015)
- 3) Simonyan, Karen and Andrew, Zisserman :Very deep convolutional networks for large-scale image recognition, arXiv preprint arXiv:1409.1556, (2014)
- 4) 新編 画像解析ハンドブック : 高木幹雄, 下田陽久, 財団法人 東京大学出版会, 2011 年 11 月 30 日 (第 3 刷)