

(30) CCTV カメラの旋回機能を利用しパノラマ画像を夜間に生成する手法の提案

今野 新¹・関谷 浩孝²・蘆屋 秀幸³

¹ 正会員 国土交通省 国土技術政策総合研究所 社会資本マネジメント研究センター
社会資本情報基盤研究室 (〒305-0804 茨城県つくば市旭 1 番地)

E-mail: konno-a85aa@mlit.go.jp

² 正会員 国土交通省 国土技術政策総合研究所 社会資本マネジメント研究センター
社会資本情報基盤研究室 (〒305-0804 茨城県つくば市旭 1 番地)

E-mail: sekiya-h92tb@mlit.go.jp

³ 正会員 国土交通省 国土技術政策総合研究所 社会資本マネジメント研究センター
(〒305-0804 茨城県つくば市旭 1 番地)

E-mail: ashiya-h82ac@mlit.go.jp

行政機関は地震による被害状況を迅速に把握する必要がある。国土技術政策総合研究所では、国土交通省が管理するインフラに設置した CCTV カメラを地震発生後に自動で水平旋回し、俯瞰的に状況を把握可能なパノラマ画像を生成し初動対応を支援する研究を行っている。

照明条件が劣悪な夜間に地震が発生する場合、CCTV カメラの電子感度を上げる機能により残像の尾が旋回中の動画に発生する。残像の尾はパノラマ画像を生成する際のノイズとなる。そこで CCTV カメラを小刻みに旋回、停止しながら水平旋回する手法を提案する。

本手法の有用性は、パノラマ画像を地震発生直後に生成する必要があるため、残像の尾を除去可能な停止時間の短さで評価した。全国 14 台の CCTV カメラを対象に検証した結果では、停止時間は長くても 3 秒程度確保すれば十分という知見を得た。

Key Words: support of the early stage after earthquake, camera image, CCTV, residual image, panoramic image

1. はじめに

日本では地震や風水害等の自然災害が頻発しており、中でも地震は予兆がなく夜間にも発生し得る。地震発生時には、行政機関は被害状況を迅速に把握する必要がある。国土交通省では管理する河川や道路等に CCTV (Closed Circuit Television) カメラを設置し、地震発生時には CCTV カメラで撮影する画像から被害状況の把握を行っている。しかし、地震の規模が大きく被害の可能性のある地域の CCTV カメラの台数が多くなるほど、カメラを 1 台ずつ旋回し周囲の状況を確認する時間は長くなる。

そこで国土技術政策総合研究所 (以下、国総研という) では、設定震度以上の市区町村内に位置する CCTV カメラを自動的に水平旋回し、旋回中に得られる動画からパノラマ画像を生成し初動対応を支援する研

究を行っている。生成し終えたパノラマ画像は「統合災害情報システム: DiMAPS¹⁾」へ提供し、担当職員で共有する。DiMAPS とは、地震や風水害等の自然災害発生時に、いち早く現場から災害情報を収集して、地図上にわかりやすく表示するシステムである。本研究におけるデータの流れを図-1 に示す。

パノラマ画像は、水平旋回中に得られる動画から静止画像 (以下、静止画という) を切り出し、隣り合う静止画に共通する特徴点を元に繋ぎ合わせて生成される。ここで特徴点とは、周囲の画素との差異が際立っている点 (例えば、構造物の角や照明柱の端点) をいう。パノラマ画像を生成するには、隣り合う静止画に共通する特徴点は少なくとも 4 点必要であることが知られている²⁾。

しかし、照明条件が劣悪な夜間では、抽出する特徴点を十分に確保することは容易ではない。抽出精度に

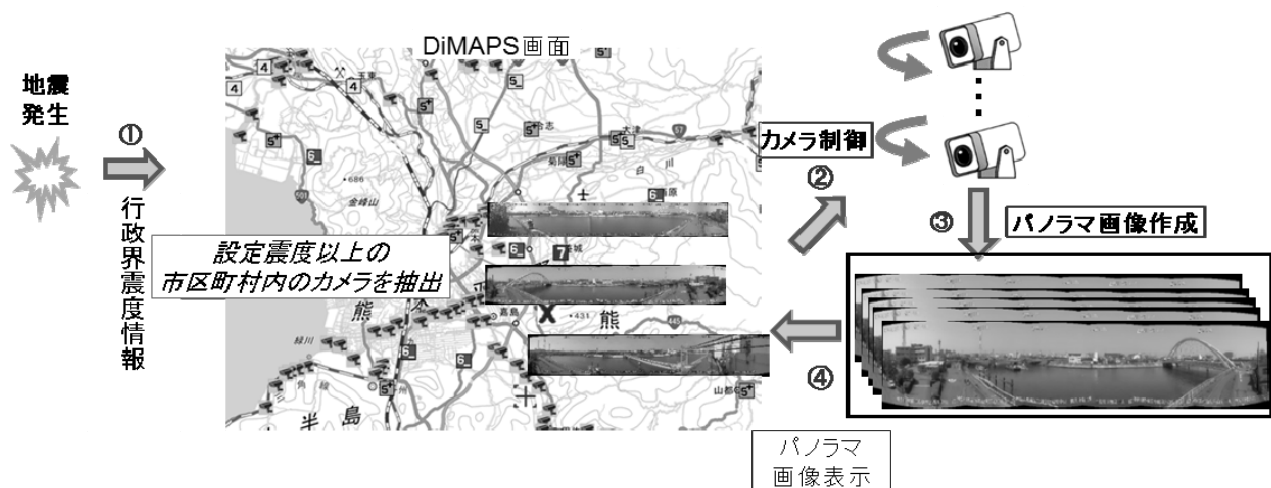


図-1 本研究におけるデータの流れ

影響を与える要因は、抽出するアルゴリズムと静止画の品質に分けられる。

夜間の画像から特徴点を抽出するアルゴリズムは幾つか提案されているが、パノラマ画像を生成するまでの検証は行われていない。例えば、清水ら³⁾は、昼間に撮影した画像を夜間に撮影した画像に幾何学的に重ね合わせることで特徴点を抽出する手法を提案している。安倍ら⁴⁾は、照明条件に依存しない車両の特徴点を抽出するアルゴリズムを提案している。

また、CCTVカメラの種類に固有な機能として、夜間に光量を確保するために電子感度を上げるものがある⁵⁾。一般に、CCTVカメラで撮影する動画には1秒あたり29.97枚のフレームが含まれる⁶⁾。本機能により、複数枚のフレームが加算され明るい画像を作成する。水平旋回中には、移動している複数のフレームが加算されるため残像の尾（光の帯）が発生する。残像の尾を含む静止画からは、特徴点を正しく抽出することが困難と考えられる。

ノイズとなる残像の尾を除去可能なカメラが一部開発されているが、国土交通省では標準的な仕様⁵⁾を満たす多様な種類のCCTVカメラを設置し運用している。例えば三橋ら⁷⁾は、残像の尾の発生を軽減させるために、カメラの撮影素子を構成する回路を改良している。しかし、CCTVカメラは一般的な撮影素子であるCCD（Charge Coupled Device）で構成されている⁵⁾。

そこで多様な種類の既設CCTVカメラからへ共通的に適用可能な旋回方法に着目し、CCTVカメラを小刻みに旋回、停止しながら水平旋回しパノラマ画像を生成する手法（以下、一旦停止法という）を提案する。

パノラマ画像を地震発生の直後に生成することが本研究の目的であるため、一旦停止する時間は最短にす

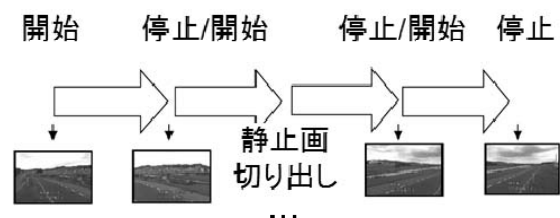


図-2 一旦停止法による静止画の切り出し方法

る必要がある。既設CCTVカメラへ一旦停止法を適用し有用性を検証する際には、残像の尾を除去可能な停止時間の短さで評価する。

本稿では全国14台のCCTVカメラを対象に一旦停止法を適用し、最短の停止時間について得られた知見を報告する。

2. 夜間にパノラマ画像を生成する一旦停止法

CCTVカメラを小刻みに旋回、停止しながら水平旋回する一旦停止法で、パノラマ画像を夜間に生成する方法を示す。まず旋回対象であるCCTVカメラを図-2に示すように遠隔で小刻みに旋回、停止する。次に、一旦停止する度に静止画を切り出す。最後に、隣り合う静止画に共通する特徴点を元にパノラマ画像を生成する。本章では、これらの処理それぞれについて述べる。

(1) 既設CCTVカメラの制御方法

国土交通省で管理しているCCTVカメラの制御方法を定めた「CCTV設備制御インターフェース仕様書（案）

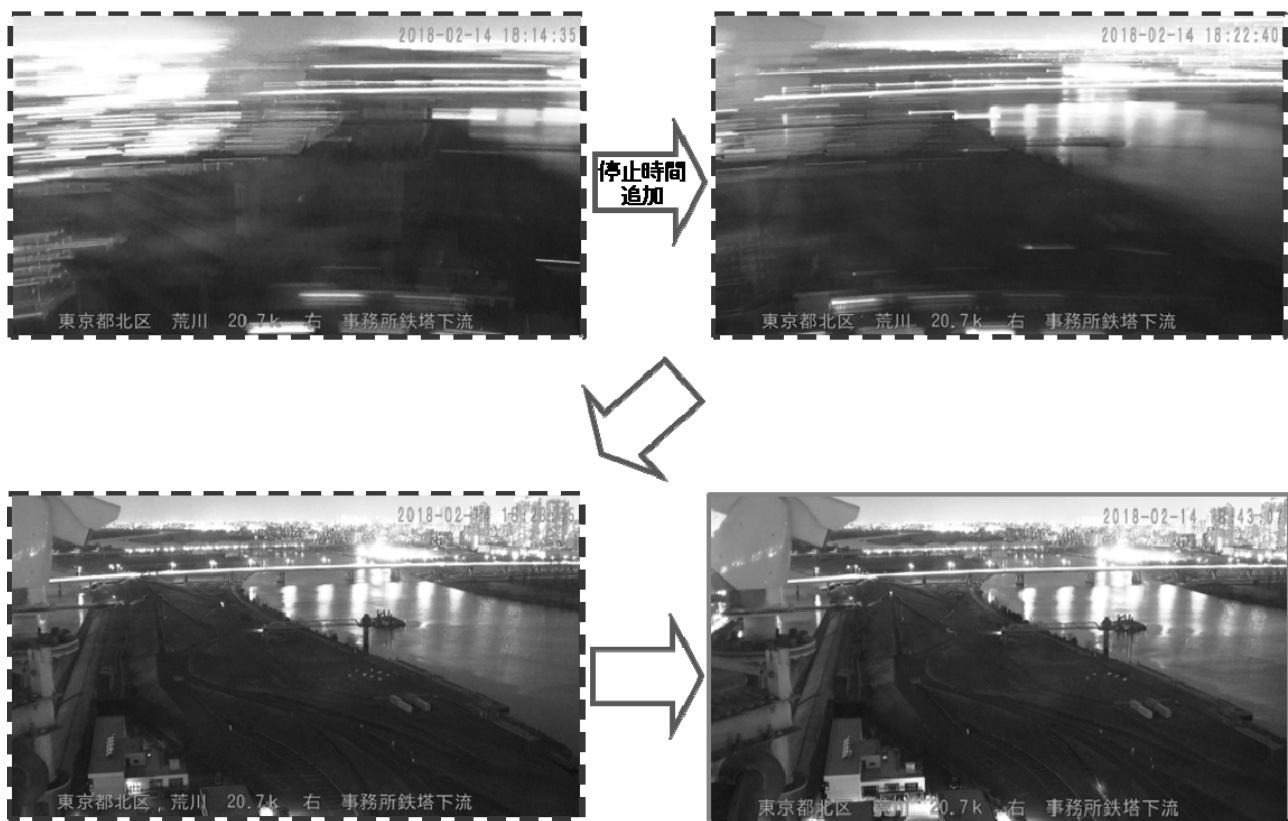


図-3 停止時間が(左上)0秒、(右上)1秒、(左下)2秒、(右下)3秒の場合に切り出した静止画の一部

⁸⁾」に従う制御信号で、旋回や停止を指示する。CCTVカメラの機器仕様は「CCTVカメラ設備機器仕様書(案)⁵⁾」に定められており、仕様を満たす多様なCCTVカメラを設置している。このため、インターフェース仕様書(案)に定められている3段階(低速、中速、高速)の旋回速度は、CCTVカメラの種類により異なると考えられる。旋回速度が高過ぎると水平旋回中に得られる動画にインタレース縞が発生する(画像がぶれる)。隣り合う静止画に共通する特徴点を正しく抽出するため、既報⁹⁾により $22.5 [^\circ/\text{秒}]$ より大きくない角速度で (180° の旋回に費やす時間を8秒以下とならないように) 制御する。

(2) 静止画の切り出し

電子感度を上げる機能により、水平旋回中には複数枚のフレームが加算される。旋回を一旦停止している最中に、移動している複数のフレームが加算されなくなった静止画を切り出す。停止する度にこの切り出しを繰り返す。

パノラマ画像を地震発生の直後に生成するため、一旦停止する時間は最短にする必要がある。フレームが加算されなくなるまでの停止時間は、CCTVカメラの種類により異なると考えられる。停止時間を評価する際、

複数の既設 CCTV カメラを対象に適用する必要がある。詳細の検証方法は次章に示す。

隣り合う静止画に共通する面積は、二つ隣の静止画と重複しないように3~5割程度とする。静止画の移動量は位相限定相関¹⁰⁾により計算する。

(3) パノラマ画像の生成

三枚以上の静止画からパノラマ画像を生成可能な autostitch¹¹⁾ の方法を用いる。この方法では、一旦停止中に切り出した静止画から抽出する特徴点として SIFT (Scale Invariant Feature Transform)¹²⁾ を採用し、隣り合う静止画との類似度は kd - tree 法 (k - dimensional tree method)¹³⁾ で計算する。また、対応する点を求める際には誤った対応(アウトライヤ)が多数含まれることが知られている¹⁴⁾。そこでアウトライヤを含むデータから、正しく変換された対応点(インライヤ)に基づいて射影変換のパラメータを求める RANSAC¹⁵⁾ と呼ばれる方法を用いる。次に、インライヤとアウトライヤを2値変数 $m \in \{0, 1\}$ で表現し、ベイズの定理を用いた確率モデルにより対応点を検証する。

次に、幾何学的に整合のとれた静止画を用いて、カメラパラメータを連結するバンドル調整¹⁶⁾を行う。この際、画像中央から四隅に向かうにつれ輝度が小さくなるビネット効果や、膨らんだように見える歪曲収差

等のモデル化されない要因を取り除くため、Multi-band Blending⁴⁷⁾ の手法を用いてパノラマ画像を生成する。

3. 既設 CCTV カメラへの適用例

パノラマ画像を地震発生の直後に生成するため、一旦停止する時間は最短にする必要がある。この停止時間はCCTVカメラの種類により異なると考えられる。

そこで平成 30 年 2 月に国土交通省が管理する庁舎の鉄塔等に設置した全国の CCTV カメラ 14 台を対象に、最適な旋回速度を設定した上で、一旦停止時間を 0 秒から 5 秒まで 1 秒単位の 6 パターンでパノラマ画像を夜間に生成可能かどうかを検証した。

停止中に切り出した静止画の例を図-3 に示す。この CCTV カメラでは、停止時間が 0 秒の場合には残像の尾が発生するが、停止時間が 2 秒以上の場合には残像の尾が消滅した。パノラマ画像は 3 秒以上の場合に生成された。

全国 14 台の CCTV カメラを対象に検証した結果では、停止時間は長くても 3 秒程度確保すれば十分である、という知見を得た。

4. おわりに

本研究ではパノラマ画像を夜間に生成するため、ノイズとなる残像の尾を除去する一旦停止法を提案した。パノラマ画像が地震発生の直後に生成可能か検証するため、本手法の有用性は一旦停止する時間で評価した。全国 14 台の CCTV カメラを対象に検証した結果では、停止時間は長くても 3 秒程度確保すれば十分であるという知見を得た。

しかし、残像の尾は電子感度を上げる機能により発生するため、CCTV カメラの種類により異なる。今回の検証は全国 14 台に限られたものであったため、今後も国土交通本省や地方支分部局と調整を継続し、別の種類の CCTV カメラも対象に追加検証する必要がある。

謝辞：本研究は、内閣府総合科学技術・イノベーション会議の戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）「レジリエントな防災・減災機能の強化」（管理法入：JST）によって実施されました。

参考文献

- 1) 国土交通省：統合災害情報システム Dimaps, <<http://www.mlit.go.jp/saigai/dimaps/>>, (入手 2018.6.3.)
- 2) CG-ARTS 協会：デジタル画像処理, CG-ARTS 協

- 会, p.174, 2008.
- 3) 清水諒, 北原格, 亀田能成, 大田友一：夜間における景観の複合現実感型表示, ヒューマンコミュニケーショングループシンポジウム, 電子情報通信学会, Vol. 2005, No. 89, pp.241-248, 2014.
- 4) 安部満, 小沢慎治：特徴点群抽出とグラフ分割を用いた車両追跡法, 情報処理学会技術研究報告, 情報処理学会, Vol. 105, No. 259, pp.7-12, 2005.
- 5) 国土交通省：CCTVカメラ設備機器仕様書（案）, <http://www.mlit.go.jp/tec/it/denki/kikisiyou/toutusiyou_01cctvH2901.pdf>, (入手 2018.6.3.)
- 6) 国土交通省：IP映像装置機器仕様書（案）, <http://www.mlit.go.jp/tec/it/denki/kikisiyou/toutusiyou_07ipeizouH2901.pdf>, (入手 2018.6.3.)
- 7) 三橋政次, 水野到, 斉田有宏, 宮崎正之, 渭原常夫, 蛭間 位吉, 山崎 順一, 吉川 和雄, 鈴木 拓弥：ノイズ軽減機能内蔵 IR 対応 HDTV 超高感度ハンディカメラ, 映像情報メディア学会誌, 映像情報メディア学会, Vol.60, No.3, pp.378-383, 2006.
- 8) 国土交通省：設備制御インタフェース仕様書（案）, <http://www.mlit.go.jp/tec/it/denki/kikisiyou/toutusiyou_01cctvH2901.pdf>, p.別-7, (入手 2018.6.3.)
- 9) 今野新, 前田安信, 寺口敏生, 関谷浩孝, 小林亘：CCTV カメラの機能を利用しパノラマ画像を生成する最適な旋回時間の検証, 土木学会論文集 F3（土木情報学）, 土木学会, Vol. 73, No. 2, pp. I_279-I_288, 2017.
- 10) C. D. Kuglin and D.C. Hines : The Phase Correlation Image Alignment Method, *Proceedings of the International Conference on Cybernetics and Society*, pp.163-165, 1975.
- 11) M. Brown and D. Lowe : Automatic Panoramic Image Stitching using Invariant Features, *International Journal of Computer Vision*, Vol. 74, No. 1, pp.59-73, 2007.
- 12) D. Lowe : Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints, *International Journal of Computer Vision*, Vol.60, No.2, pp.91-110, 2004.
- 13) J. Beis and D. Lowe : Shape indexing using approximate nearest-neighbor search in high-dimensional spaces, *Proceedings of the International Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR97)*, pp.1000-1006, 1997.
- 14) CG-ARTS 協会：デジタル画像処理, CG-ARTS 協会, p.175, 2008.
- 15) M. Fischler and R. Bolles : Random Sample Consensus : A Paradigm for Model Fitting with Applications to Image Analysis and Automated Cartography, *Communications of the ACM*, Vol. 24, No. 6, pp.381-395, 1981.
- 16) W. Triggs, P. McLauchlan, R. Hartley and A. Fitzgibbon : Bundle Adjustment : A modern synthesis, *Vision Algorithms : Theory and Practice*, No.1883, pp.298-373, 1999.
- 17) P. Burt and E. Adelson : A multiresolution spline with application to image mosaics, *ACM Transactions on Graphics*, Vol.2, No.4, pp.217-236, 1983.