

(56) CCTV パノラマ画像作成プログラムの検証

今野 新¹・前田 安信²・寺口 敏生³・関谷 浩孝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
(〒305-0804 茨城県つくば市旭 1 番地)

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

²非会員 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)

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
社会資本情報基盤研究室 (〒305-0804 茨城県つくば市旭 1 番地)

日本では地震や風水害などの自然災害が頻発しており、中でも地震は予兆が無く休日及び夜間にも発生し得る。地震発生直後に担当職員が被害状況を俯瞰的に把握し適切な初動判断を行う際、CCTV カメラが撮影可能な広範囲の静止画を合成してパノラマ画像を作成することが必要である。

国土技術政策総合研究所では、初動対応の判断支援に資するよう迅速に被害状況を把握することを目的とし、地震発生直後に大きな揺れを受けた CCTV カメラを選定し、当該カメラを制御してパノラマ画像を作成する技術開発に取り組んでいる。

本稿では、開発した CCTV パノラマ画像作成プログラムの動作確認及びパノラマ画像作成に要する時間を計測することにより、有用性を検証するものである。

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

1. はじめに

(1) 背景

日本では地震や風水害などの自然災害が頻発しており、中でも地震は予兆が無く休日及び夜間にも発生し得る。発生時刻が勤務時間外である場合、国土交通省の担当職員が登庁するまでに時間を要する場合やそもそも登庁が困難となる場合も想定される。そこで、地震発生直後の被害の有無を省内職員で迅速に情報共有し、一次情報に基づき適切な災害対応活動を支援するシステムの構築が必要とされる。

国土交通省では河川や道路などのインフラ監視や災害発生時の被害状況把握のために約 2 万台の CCTV (Closed Circuit Television) カメラを整備し運用している。現場の様子をありのままに映し出すカメラ画像は、災害発生時の被害を把握するために活用している。しかし、地震の規模が大きくなるほど、職員はどこに大きなインフラ被害が発生しているか把握困難であり、CCTV カメラを順次操作することで状況把握に努めている。このような状況下では、映し出されているカメラ画像の周囲ま

で俯瞰して確認する時間的猶予はなく、カメラ画像に映し出されていない周囲に発生している被害を見逃してしまう恐れがある。

俯瞰的に被害状況を把握するには、CCTV カメラが撮影可能な広範囲の静止画を合成してパノラマ画像を作成することが必要である。そこで、国土技術政策総合研究所(以下「国総研」という。)では、初動対応の判断支援に資する俯瞰的な被害状況の情報共有を目的とし、地震発生直後に大きな揺れを受けた CCTV カメラを自動で選定し、当該カメラを制御してパノラマ画像を作成する技術開発に取り組んでいる。

監視カメラなどを対象としたパノラマ画像作成方法については従来より行われている。例えば、屋内の低コストな監視カメラを対象としたパノラマ画像の合成手法¹⁾や、スマートフォンに内蔵されているカメラを対象とし撮影者が撮影範囲を横にずらしてパノラマ画像として合成する手法²⁾が研究されており、後者については「Auto Stitch」というアプリケーションとして公表されている。しかし、本研究で対象とする CCTV カメラの機器仕様は全国で共通して「CCTV カメラ設備機器仕様

書（案）³⁾」に、CCTV カメラへの通信制御は「CCTV 設備制御インターフェース仕様書（案）⁴⁾」に定めている。そこで、上記の従来技術を適用せずに、多様な種類の CCTV カメラを制御してパノラマ画像を作成する技術開発を行っている。

(2) 研究概要

国総研では、気象庁が発表する市町村単位の最大震度情報（行政界震度情報）に基づき、設定震度以上の揺れを受けた市区町村の CCTV カメラリストを自動的に作成する機能を具備する「情報分析・意思決定支援システム」⁵⁾を開発している。

本研究で開発している「カメラ制御・CCTV パノラマ画像作成プログラム（以下「CCTV パノラマ画像作成プログラム」という。）」は、リストアップされた CCTV カメラを「CCTV 設備制御インターフェース仕様書（案）」に基づき巡回させ、巡回中に取得した画像範囲を一定の間隔で切り出した静止画を合成し、パノラマ画像を作成する。以上のデータの流れを図-1 に示す。将来的には、被害を捉えたパノラマ画像を差分抽出技術により自動で抽出し、災害情報を集約し地図上に公表する DiMAPS⁶⁾へ提供する機能を追加する。

現場を俯瞰したパノラマ画像を省内で情報共有し、地震発生直後の初動対応の判断支援に資するには、CCTV パノラマ画像作成システムに要する時間を明らかにする必要がある。

本稿では、開発した CCTV パノラマ画像作成プログラムの動作確認及びパノラマ画像の作成に要する時間を計測することにより、CCTV パノラマ画像作成プログラムの有用性を検証を行うものである。

2. 検証

(1) 検証手順

パノラマ画像作成プログラムのアルゴリズム及びプログラムを作成した後に、動作確認及び 10 台の CCTV カメラが個別にパノラマ画像を作成する際に要する時間の計測を目的とした基礎実験を実施した。

また、夜間では照明や車両のヘッドライトの残像の尾を引いて静止画を切り出すため、隣り合う静止画に共通する特徴点を抽出することが困難となる。改良した CCTV パノラマ画像作成プログラムの動作確認及び 100 台の CCTV カメラが同時にパノラマ画像を作成する際に要する時間の計測を目的とした試験運用実験を実施した。

(2) アルゴリズムの作成



図-1 CCTV パノラマ画像作成プログラムと関連システムとの関係

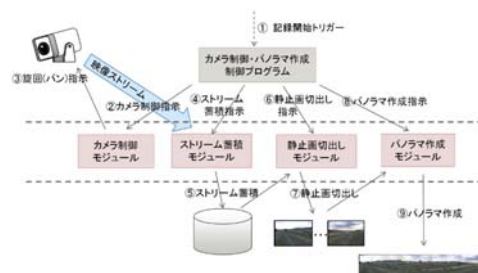


図-2 作成したパノラマ画像作成プログラムの構成

CCTV パノラマ画像作成プログラムが、地震発生のトリガー信号を受けて自動で設定震度以上の揺れを受けた市区町村の CCTV カメラを制御し、パノラマ画像を作成するには、次の動作が必要となる。

- ・ 行政界震度情報からパノラマ画像の作成対象となる CCTV カメラを抽出
- ・ 対象となる CCTV カメラを巡回
- ・ 巡回して得られた画像からパノラマ画像を作成

以下では、各動作における留意事項を示す。

パノラマ画像作成の対象となる CCTV カメラは行政界震度情報により自動で選定することとなるが、検証段階では対象とする CCTV カメラを手動で設定するため、「記録開始トリガー」に置き換えることとした。

また、選定された CCTV カメラは事務所等で運用している職員が任意の画角を映していることから、パノラマ画像を作成開始位置へ移動させる必要がある。同様に、パノラマ画像の終了後は、自動制御前の位置へ戻す必要がある。

パノラマ画像を作成するためには、CCTV カメラを巡回させ複数の画角の画像を取得する必要がある。隣り合う静止画に共通する特徴点を自動的に抽出可能なフリーソフトを利用した結果、動画によるパノラマ画像作成は、入力した動画の全てのフレームを用いてパノラマ画像を作成するため、多くの処理時間を要することを明らかにした。そこで、CCTV カメラを巡回して得られた動画からパノラマ画像の作成に必要な静止画を切り出し、この静止画を用いてパノラマ画像を作成することとした。データ形式は容易に確認可能な jpeg 形式とした。

(3) パノラマ画像作成プログラムの作成

上記のアルゴリズムを満たすパノラマ画像作成プログラムを図-2 のように作成した。プログラムが指示を出すモジュールは、CCTV カメラの制御、旋回して得られた映像ストリームの蓄積、映像ストリームから静止画の切り出し及びパノラマ画像の作成、という4つの役割に応じて作成した。

パノラマ画像作成プログラムは、記録開始トリガーをきっかけとして動作を開始し、カメラ制御モジュールに指示を出すと同時に、ストリーム蓄積モジュールへ旋回して得られた動画を蓄積する指示を出す。パノラマ画像の作成に必要な画像を蓄積した後、静止画切り出しモジュールに指示を出し、最終的にパノラマ作成モジュールで切り出した隣り合う静止画に共通する特徴点を抽出してパノラマ画像を作成する。

(4) 基礎実験

パノラマ画像作成プログラムの動作確認及び作成に要する時間計測を目的とした基礎実験は2016年3月17日(木)に行い、天候は晴れだったため鮮明な画像を撮影可能だった。対象としたCCTVカメラは、京浜河川事務所が管理する鶴見川の1.4～5.8kp(キロポスト)の左右岸に設置された10台CCTVカメラを用いた。

動作確認を行うため、10台のCCTVカメラを対象として個別に180°旋回させ、通信回線に過剰な負荷を与えない条件とした。また、表-1に示すスペックのサーバを用い、京浜河川事務所に設置した。

また、「CCTV 設備制御インターフェース仕様書(木)」では、旋回速度を「低」「中」「高」の3種類規定している。10台のカメラに対して3種類の旋回速度で180°の旋回に要した時間を、表-2の「旋回時間」に示す。

計測の結果、CCTVカメラの種類により旋回時間が異なることを明らかにした。例えば、旋回速度「低」と設定した場合、カメラNo.1では12秒を要するのに対し、カメラNo.3では180秒もの時間を要し、15倍の違いが生じている。

さらに、旋回時間が8秒を下回ると、図-3のように、高速旋回中に大きなインタレース縞が発生し、隣り合う画像との共通する特徴点を抽出することが出来ず、パノラマ画像を作成出来ないことを明らかにした(該当する旋回速度は、表-1で括弧書きとしている)。以上2点より、事務所の導入にあたってはCCTVカメラの種類毎に適切な旋回速度を設定する必要があるという知見が得られた。

次に、各CCTVカメラを最速で旋回させた場合(表-2の下線箇所)の、パノラマ画像の作成に要する時間の計測結果を、表-2の右側に「作成時間」に示す。作成時間とは、記録開始トリガーを入力した時刻を0秒とし、

表-1 用いたサーバスペック

OS	Windows Server 2012R2
CPU	Intel Xeon E3-1226v3 (3.30GHz/4コア)
メモリ	16GB

表-2 10台のCCTVカメラの旋回時間及び作成時間

カメラNo.	旋回時間(秒)			作成時間(秒)
	旋回速度(低)	旋回速度(中)	旋回速度(高)	
1	<u>12</u>	(8)	(4)	32
2	<u>12</u>	(8)	(4)	30
3	180	30	<u>15</u>	53
4	180	45	<u>12</u>	31
5	180	30	<u>15</u>	66
6	170	30	<u>15</u>	51
7	180	30	<u>15</u>	72
8	<u>12</u>	(8)	(4)	29
9	180	45	<u>12</u>	28
10	<u>13</u>	(7)	(4)	28

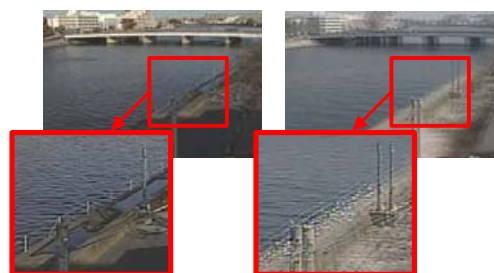


図-3 旋回速度が12秒の場合(左)と4秒の場合(右)の静止画(カメラNo.1を対象)

CCTVカメラの旋回時間、パノラマ画像を作成する時間及びパノラマ画像を出力する時間の和である。計測の結果、作成時間は28秒～72秒の範囲であることを明らかにした。

(5) 試験運用実験

基礎実験でのCCTVカメラに対する旋回方式は、図-4上段で示すように連続的に旋回させる方式であり、照明等に残像が尾を引くため夜間ではパノラマ画像の作成が困難となる。

夜間に対応した新たな旋回方式は、図-4下段で示すようにCCTVカメラを小刻みに旋回・停止しながら静止画を切り出す方式である。

また、基礎実験では京浜河川事務所管内の10台の

CCTV カメラを個別に計測したが、地震発生時の規模が大きい場合には、同時に複数の CCTV カメラを制御することになる。試験運用実験においては 100 台の CCTV カメラを同時に制御することとした。

新たな巡回方式の有効性の確認及び 100 台の CCTV カメラを同時制御した場合の時間計測を目的とした試験運用実験は 2017 年 2 月 9 日（木）に行い、天候は曇り時々雨だったため画像はやや不鮮明であった。計測は、日没に向けて 15:00、15:30、17:30、18:00 の計 4 回行い、サーバは基礎実験と同様、表-1 で示したスペックのものをを用いた。一旦停止時間については、日が残っている 15:00、15:30 では 1 秒とし、日が沈んでいる 17:30、18:00 では 3 秒と設定した。

計測した時刻と CCTV カメラ 100 台のパノラマ画像の作成時間の関係を表-3 に示す。作成時間とは、記録開始トリガーを入力した時刻を 0 秒とし、100 台目の CCTV カメラがパノラマ画像の作成を終了するまでの時間である。

表-3 のとおり、100 台を同時制御した場合の作成時間は 12～15 分であることを明らかにした。処理時間の支配的要因は、CCTV カメラと事務所を繋ぐ通信回線の速度が 100Mbps であることが考えられる。この通信速度で一度に伝送可能なカメラ映像は、10 台分である。

3. まとめ

現場を俯瞰したパノラマ画像を情報共有し、地震発生直後の初動対応の判断支援に資する検証を行うための実験を行った。

パノラマ画像作成プログラムの動作確認及び 10 台の CCTV カメラそれぞれがパノラマ画像作成に要する時間計測を行う基礎実験を行った。10 台の CCTV カメラを 180° 巡回させる時間を「CCTV 設備制御インターフェース仕様書（案）」で規定されている低速、中速、高速の 3 パターンで計測した結果、CCTV カメラの種類に応じて巡回時間が異なることを明らかにした。

さらに、180° 巡回させる時間が 8 秒を下回ると、高速巡回中に大きなインタレース縞が発生し、隣り合う画像との共通する特徴点を抽出することが出来ず、パノラマ画像を作成出来ないことを明らかにした。

以上 2 点より、パノラマ画像作成プログラムを導入する際、CCTV カメラの種類毎に異なる巡回速度を予め設定する必要がある、という知見が得られた。

また、夜間に対応した新たな巡回方式の動作確認及び 100 台同時に制御する際に要する時間計測を行う試験運用実験を行った。この制御方式を用いて一旦停止時間を 1 秒及び 3 秒と設定した場合、パノラマ画像の作成には

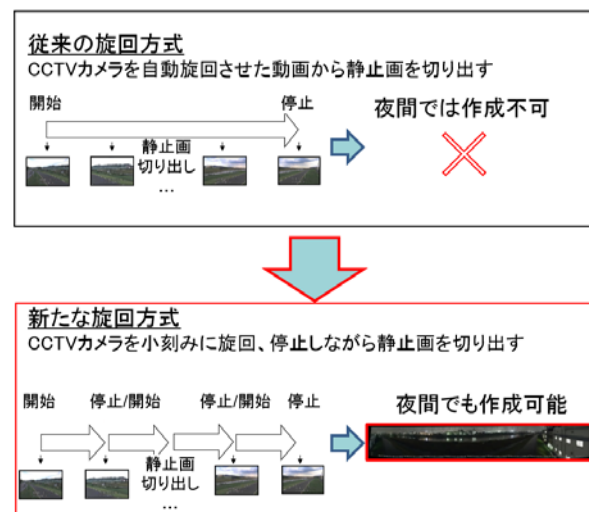


図-4 従来の巡回方式と新たな巡回方式の比較

表-3 試験運用実験を行った時刻及び作成時間

時刻	15:00	15:30	17:30	18:00
一旦停止時間(秒)	1	1	3	3
作成時間	13'30"	12'01"	15'14"	15'07"

12～15 分を要することを明らかにした。今後、他の事務所が管理している CCTV カメラに対して、夜間撮影時に発生する残像の尾を引きずらない最小の一旦停止時間を明らかにしていく。

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」（管理人：JST）によって実施されました。

参考文献

- 1) 磯谷愛，船曳信生，甲本卓也，杉山祐二，尾崎亮，岡本卓爾：最適化手法によるパノラマ画像合成法の提案，スマートインフォメディアシステム研究会技術研究報告，電子情報通信学会，Vol. 104，No. 512，pp.17-24，2004.
- 2) 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.
- 3) 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/touitusiyou_01cctvH2901.pdf>，（入手 2017.6.23）
- 4) 国土交通省：設備制御インターフェース仕様書（案），<http://www.mlit.go.jp/tec/it/denki/kikisiyou/touitusiyou_01cctvH2901.pdf>，pp.別-22-別-24，（入手 2017.6.23）
- 5) 長屋和宏，片岡正次郎，日下部毅明，松本幸司：震後対応における意思決定を支援する即時震害推測システムの開発，土木学会論文集 A1（構造・地震工学）Vol. 72，No. 4，pp. I_966-I_974，2016.5.
- 6) 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 2017.6.23）