

IoT とエッジコンピューティングを用いた画像計測による 災害監視に対応した自律型高性能カメラの開発

株式会社ブレインズ

○井深真治・肥後明豪・福田昌宏

本工営株式会社

五十嵐和秀・水谷佑・松本定一・池島剛

1. 緒論

土砂災害や水害などの災害監視において、CCTV カメラによる監視は広く一般的な手法として取り入れられているが、その多くはセキュリティ監視用カメラを流用したものであり、砂防分野における災害監視に特化したものではない⁽¹⁾。砂防分野での災害監視では環境温度や電源、通信手段確保などの設置環境上の問題や、災害発生時には降雨、降雪、霧などの自然現象を伴うことが多く、一般的な CCTV カメラでは画像取得自体が困難な場合も多い。

一方、民生用デジタルカメラ、スマートフォンなどの携帯端末に搭載されるカメラ素子は、高解像度化、高感度化が進み、一般的な CCTV カメラを凌ぐ性能のデバイスも安価で入手できる環境となっている。さらに、自動車の自動運転技術開発や家電機器のインテリジェント化の需要により、組み込み機器レベルの低消費電力 CPU の性能向上には目を見張る物があり、計算量の多いディープラーニング技術の利用も可能なレベルに到達している。これらの CPU を使用することにより、カメラ機器自体に画像計測、画像処理機能を持たせることも可能となっており、多数のカメラ機器とクラウドサーバによる IoT を利用した災害監視網の構想も立ち上がっている⁽²⁾。

これらの背景のもと、筆者らは、画像計測による災害監視に特化した高性能カメラの開発を行っている。本稿ではこれまでのカメラ開発状況を実フィールドでの検証実験結果を中心に報告し、現在の開発レベル、今後の課題などについて検討を行った。

2. 装置概要

本稿で開発したカメラ装置の特徴を以下に挙げる。

- ・小型軽量（5kg 以下）でありながら太陽電池、バッテリーも内蔵したオールインワン設計
- ・太陽電池とバッテリーによる完全自律動作が可能で、電源確保が不要で設置場所を選ばない
- ・防水、防塵に加え、 $-30^{\circ}\text{C}\sim 50^{\circ}\text{C}$ の広い動作温度範囲を実現
- ・800 万画素の撮像素子を使用し、動画、静止画に両対応。10 秒までの長時間露光にも対応
- ・4 コア高性能 ARM プロセッサ内蔵で、各種画像処理機能を搭載可能
- ・エアワイパー、画像鮮明化処理など夜間や悪天候条件下にも鮮明な画像取得が可能
- ・3G/LTE 通信モジュールを内蔵し、クラウド型システムにも対応

3. 危機管理型水位計としてのフィールド実験

本カメラ装置を国土交通省革新的河川技術プロジェクト（危機管理型水位計）として利用し、現場実証サイト（神奈川県鳥山川、山形県和田川）で実証実験を行っている⁽²⁾。本装置はエッジコンピューティングに対応したカメラ装置であり、撮影した画像から画像計測を用いて実際の水位算出を行っている。

水位観測には夜間監視も必須となることから、赤外線再帰性反射材を用いた独自の量水標を使用することで、微弱な赤外線照明による夜間監視を実現している⁽³⁾。水位計測アルゴリズムの概略を図 1 に示す。

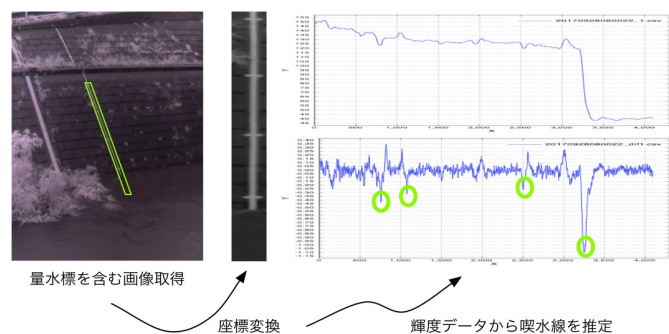


図 1. 水位計測アルゴリズム

赤外線再帰性反射材を使用しているため、図 2 に示すように昼夜間を問わず安定した水位計測画像取得が可能になっている。実際に画像計測により取得した水位と、圧力型水位計による水位を比較したデータを図 3 に示す。データは、2017/10/22 の台風 21 号時に鳥山川で取得したものである。図から明らかなように、圧力式水位計との顕著な誤差はなく、昼夜を問わず、±5% の範囲に収まっている。



図 2. 日中・夜間の撮影画像例

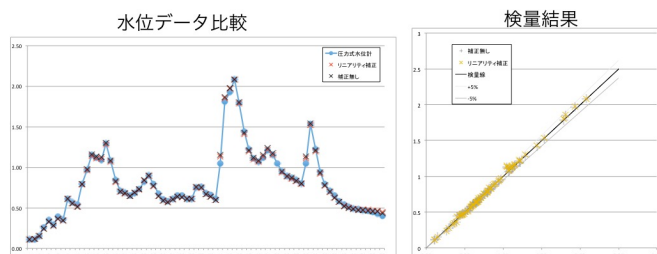


図 3. 圧力式水位計との比較

4. 砂防堰堤監視のフィールド実験

図 4 は、三重大学山田孝先生（現北海道大学教授）のご協力により西之貝戸川第 6 号堰堤の監視実験を行った際に得られた夜間撮影画像である。一般的な CCTV で採用されている自動露光制御を用いた場合、画像取得自体が困難な状況であるが、長時間露光が可能な本カメラ装置では、ある程度まで視認可能な映像が得られている。さらに、画像鮮明化処理を施すことで、砂防堰堤放水管からの出水も明瞭に視認可能な映像が得られている。これは、jpeg などの画像圧縮前の情報量の多い RAW 画像に対してフレーム重畳による多ビット化技術を取り入れた画像鮮明化技術によるところが多く、カメラからの RAW データを容易に処理可能なエッジコンピューティング技術の成果であると言える。



図 4. 画像鮮明化処理

5. 結論と課題

本研究で開発した災害監視に対応した自律型高機能カメラ装置について、画像処理型水位計への応用、夜間を含めた悪環境下における画像監視応用の 2 例を取り上げて、その実験結果を示し、以下の結論を得た。

- ① 太陽電池による電力供給で長期間、安定した自立駆動が可能であることを確認した
- ② 高解像度撮像素子の採用と独自の撮影条件制御により、圧力式水位計と遜色のない画像処理型水位計としての利用可能性を確認した
- ③ エッジコンピューティングの画像鮮明化技術を取り入れることで、特に夜間・降雨など悪条件下における画像監視の可能性を示した

今後の課題としては、土砂移動監視や溪流部流況監視などに利用できる画像処理手法の実装、検証などを行って、災害監視の自動化実現へ向けて開発を進める予定である。

【参考文献】

- 1) 井深ら：画像解析による動体追跡技術の土砂移動検知への適用，平成 28 年度砂防学会研究発表会，A-290-291，2016
- 2) 水管理・国土保全局 革新的河川管理プロジェクト（第 1 弾） ホームページ
http://www.mlit.go.jp/river/gijutsu/innovative_project/project1.html
- 3) 井深ら：高コントラスト被写体を用いた単眼カメラ画像解析による高精度距離計測，平成 29 年度砂防学会研究発表会，B-724-725，2017