

製品紹介

# 太陽光発電所火災監視カメラシステム 画像解析を用いたソフトウェアの構築

藤沼 肇\*                      北條 義勝\*                      藤沼 亮太\*  
 加藤 慎一\*\*                  瀬下 浩一\*\*\*                  藤澤 保\*\*\*\*  
 水岸 正行\*\*\*\*\*              武田 明大\*\*\*\*\*

## Solar Power Plant Fire Monitoring Camera System Developing software using image analysis

*Hajime Fujinuma, Yoshikatsu Hojo, Ryota Fujinuma, Shinichi Kato, Koichi Seshita,  
 Tamotsu Fujisawa, Masayuki Mizugishi and Akihiro Takeda*

再生可能エネルギー分野において、近年太陽光発電所での設備火災が問題となっている。当社はカメラでの映像監視に付加機能を追加して、赤外線サーマルカメラの温度検知機能と画像解析による、火災監視用ソフトウェアを作成した。本稿では、当社独自のソフトウェアを用いた火災監視システムの詳細について紹介する。

In the renewable energy field, fires at solar power plants have become a problem in recent years. We have developed software for fire monitoring based on a temperature detection function of thermal imaging cameras and image analysis as additional functions for the camera-based video monitoring system. In this paper, we introduce the fire monitoring system using our original software in detail.

### 1. はじめに

太陽光発電所では、設備運用中に太陽光パネルの火災事故が多数発生している。原因としては、パネルを制御するパワーコンディショナーや分電盤、太陽電池モジュールの配線部分での短絡によるものなどが挙げられている。

火災監視システムでは、温度検知機能を搭載した2眼式サーマルカメラを導入することで、24時間365日の火災監視が可能となる。カメラ制御用ソフトウェア(以下、iCam)と、システム総合火災監視用ソフトウェア(以下、dCam)を使用し、設備の温度異常時や火災発生時に、発電所内の電気主任技術者(現場担当者)へのアラーム通知を行うことで、迅速に設備の状況把握が可能となる。

### 2. 概要

本システムは表1に記載の機器から構成され、図1のように配置される。2眼式サーマルカメラは常に24時間自動運転を行っており、撮像された映像を元に、カメラコントローラに搭載されているiCamでカメラ制御・温度解析を行う。IPネットワークで接続された各地点のカメラ映像は、配電所内の火災監視装置に搭載されたdCamにデータ伝送され、カメラ操作卓からアクセスすることで、カメラ操作が可能となる。

監視範囲の測定温度が、iCamで設定された閾値以上、且つ画像処理により火災と判断された場合、アラーム情報をdCamに伝達する。dCamは受信した

表1 太陽光発電所火災監視カメラシステム 機器構成

No.	機器	設置場所
1	2眼式サーマルカメラ	太陽光パネル付近
2	カメラコントローラ	キュービクル
3	火災監視装置	配電所

\* 機器統括部 事業推進部  
 \*\* 機器統括部 生産管理部  
 \*\*\* 管理統括部 総務部  
 \*\*\*\* 中央統括部 中央営業部  
 \*\*\*\*\* 支店統括部 名古屋支店

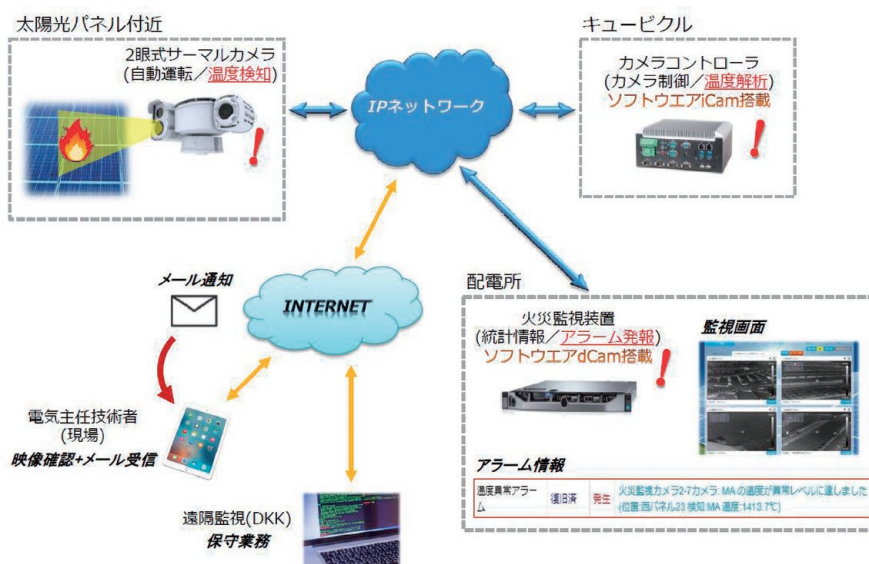


図1 太陽光発電所火災監視カメラシステム 系統図

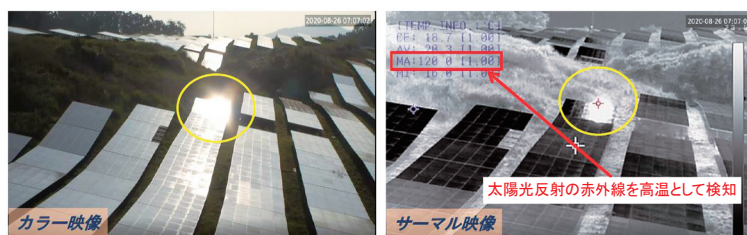


写真1 温度の数値化と太陽光反射

アラーム情報を監視画面に表示し、VPN<sup>\*1</sup> ルータ経由でインターネットに情報を伝達し、監視者へメール通知を行う。

監視者は、VPN 接続をすることで、セキュアな環境を保ちながら現場の状況を確認することが可能となる。

### 3. ソフトウェア iCam の特徴

#### 3.1 太陽光発電所における課題

温度検知機能を搭載した2眼式サーマルカメラは遠赤外線を数値化する。しかし、太陽光発電所では晴天時にパネルからの太陽光反射が発生する為、その赤外線量が余りにも大きく、炎と見なしてしまう(写真1)。

温度閾値だけでのアラーム発報は、火災による異

常なのか判断することが出来ない。従って、火災と反射光を区別するシステムが必要である。その為、炎解析プログラムと反射光解析プログラムの構築を行った。

#### 3.2 画像解析の実証実験

画像解析のアルゴリズムを構築する為、当社工場において実際の炎や反射光を疑似的に発生させ、それぞれ画像データを集めた(写真2)。反射光については、実際にシステムを納品した太陽光発電所においてもデータ収集を行った。

#### 3.3 炎解析プログラムの構築

炎をカラー映像で解析すると、炎の「揺らぎ」による誤検知の発生や、太陽光での逆光による露出の変化で分析精度が落ちるといった懸念があった為、サーマル映像を用いた解析を行う方式とした。

サーマル映像を用いた炎解析では、「揺らぎ」を検出した画像のピクセルの候補をひと纏まりのバイナ

\*1 VPN (Virtual Private Network) : 二つの拠点間に仮想的に直接的な接続を構築すること。



写真2 鹿沼工場および太陽光発電所における炎・反射光の実証実験



写真3 炎画像によるバイナリマスク解析

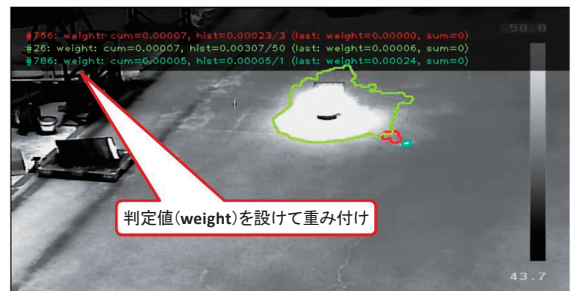


写真4 炎画像による重み付け

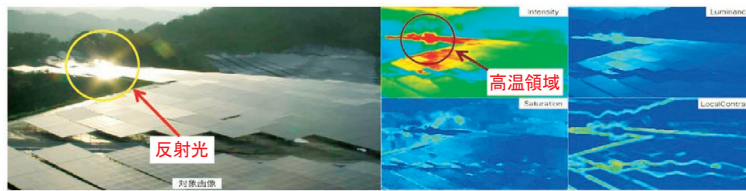


写真5 反射光画像による比較



写真6 反射光画像による記録映像比較

リマスク<sup>\*2</sup>として分析する(写真3)。その後、炎領域の候補を選別する為に判定値を設けて重み付けを行い、炎の広がり具合に対して計算式を用いて数値化する(写真4)。

数値に閾値を設定して判定値(weight)を調整することで、画像処理により炎を適正に判別することが可能となった。

\*2 バイナリマスク：抽出対象領域内と領域外に分けて、対象領域のみを抽出すること。

### 3.4 反射光解析プログラムの構築

反射光解析は、光の変化量やコントラストを用いる為、カラー映像で行う。

検出した画像からルミナンス(輝度Y)、クロマ(色差CbCr)、サチュレーション(彩度)等を数値化し、反射光領域候補の基準を計算する(写真5)。また、反射光は同じ場所に常に留まる事は無い為、記録映像の30分前の映像と比較をして、反射光の有無を判定した(写真6)。

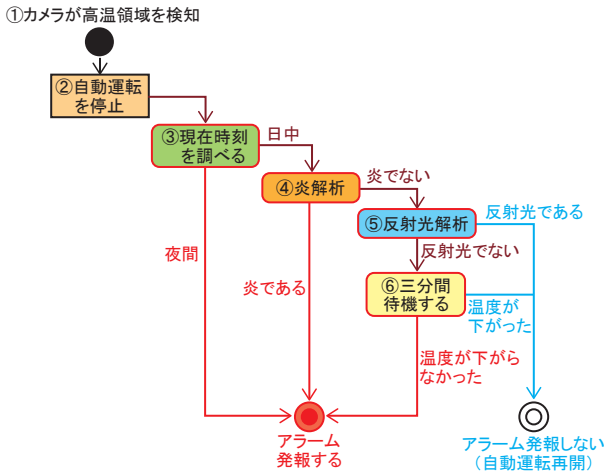


図2 画像解析フローチャート

### 3.5 画像解析フロー

画像解析フローを図2に示す。

- ①カメラが監視範囲で高温を検知する。
- ②カメラの自動運転を停止して解析フローに入る。
- ③iCamにプログラムされている日本国内の日の出・日の入り時間を基に、夜間に温度異常を検知した際は、温度異常アラームを発報する。
- ④日中の時間帯の場合、炎解析フローに入り画像解析を行う。
- ⑤炎解析を行い、【炎でない】と判断した際は反射光解析フローに入る。【反射光である】と認識した際は、アラームを発報せずに自動運転をその地点から再開する。
- ⑥反射光解析フローで【反射光でない】と判断されても、太陽光の性質上、所定の待機時間を設定することで温度が下がった場合は反射光と見なすように設定されている。火災は高温が持続する為、所定時間を過ぎた時のみアラームとして発報する。

### 3.6 解析結果と検知率

上記を踏まえた検知率を表2に示す。試験サイトにカメラを5台設置し、画像解析のデータを1年間取得した結果、炎解析で276回プログラムが動作した。また、反射光解析は炎解析で発報しなかった274回と合わせて1084回の反射光解析が行われた。

アラームとして誤報したものは「草刈機や重機を使用した際のエンジン熱」や「太陽光パネルの架台局部の太陽光反射」が殆どで、運用における誤検知率としては約1%まで抑えることができ、精度の高い火

表2 温度アラーム発生回数と誤検知率例

日時	種別	検知回数	アラーム発報	誤検知率
カメラ1-5 (2019年1月～ 2020年1月)	炎解析	276回	2	0.7%
	反射光解析	274回+ 810回	15	1.3%

災監視システムを構築することが出来た。

## 4. むすび

本システムの構築においては、当社カメラソリューション事業で初となる特許を取得した。(特許第6598962号)

火災監視システムへ画像解析を導入することは、今後「人工知能」や「機械学習」を用いたシステムを製品化していく上での基礎技術となる。当社では、物体検知を使用した拡張システムも構築予定としており、顧客のニーズに合わせた最先端技術を常に提供していきたい。

本製品に関するお問い合わせは、下記にて承ります。

〒100-0005

東京都千代田区丸の内三丁目3番1号 新東京ビル  
電気興業株式会社 中央統括部 中央営業部  
営業二課

TEL：03-3216-9478 FAX：03-3216-1669

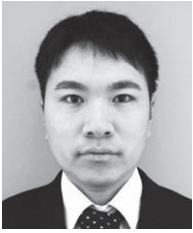
☆☆



**藤沼 肇**  
令和元年入社  
機器統括部 事業推進部  
監視カメラシステムの開発及び設計業務に従事



**北條 義勝**  
平成14年入社  
機器統括部 事業推進部  
監視カメラシステムの開発及び設計業務に従事



**藤沼 亮太**  
令和元年入社  
機器統括部 事業推進部  
監視カメラシステムの開発及び設計業務  
に従事



**藤澤 保**  
昭和 58 年入社  
中央統括部 中央営業部



**加藤 慎一**  
平成 2 年入社  
機器統括部 生産管理部  
監視カメラシステムの開発及び設計業務  
に従事



**水岸 正行**  
平成 2 年入社  
支店統括部 名古屋支店



**瀬下 浩一**  
平成元年入社  
管理統括部 総務部



**武田 明大**  
平成 10 年入社  
支店統括部 名古屋支店