

小型全方位カメラを用いた環境計測デバイスの開発 ～ 里地里山 SALLY プロジェクト ～

本田 義典* 村上 力丸* 行平 将望* 伍賀 正典* 重廣 剛**

Development of Environmental Measurement Devices using Omnidirectional Camera
- Satochi-Satoyama SALLY Project -

Yoshinori HONDA*, Rikimaru MURAKAMI*, Masami YUKIHIRA*,
Masanori GOKA*, Tsuyoshi SHIGEHIRO**

ABSTRACT

In recent years, the damage caused by birds and beasts in Satoyama landscape has increased, and as a countermeasure, we have proposed an environment measurement device using an omnidirectional camera that can acquire 360° images. In this research, we evaluate the improved device and perform recording experiments.

キーワード：里地里山，環境計測デバイス，全方位カメラ

Keywords: Satochi-Satoyama, Environmental Measurement Devices, Omnidirectional Camera

1. 緒言

近年，里地里山での鳥獣被害は増加傾向にあり，農林水産省によると2019年の農作物の被害額は，全国で160億円，広島県においては4.8億円にもなる。現在，鳥獣被害の対策として一般的に用いられる罠や電柵などは，導入コストや設置の労働コストが大きく容易に設置できない。そのために安価で容易に設置でき，鳥獣被害の対策のできる全方位カメラを用いた環境情報収集デバイスの開発を提案している。このデバイスを活用し，里地における人と自然の共存するラインを探るためのシステムとして発展させていくことを目指している。

ここで提案しているデバイスはワンボードマイコン (Raspberry Pi3 Model B) のカメラ機能と切削した半球ミラーを使用し，360°を一度に見ることが可能な全方位カメラを搭載している。また，収集したデータはRaspberry Piの内部ストレージ及び外部ストレージに保存可能である。本研究では，鳥獣被害の対策のために，24時間監視が可能な安価で容易に設置のできる環境計測デバイスとして発展させ，実用的なシステムとして実現させるための性能評価試験を行い，実際に運用するためのデバイスとして開発することを目指した。このプロジェクトコンセプトをFig.1に示す。

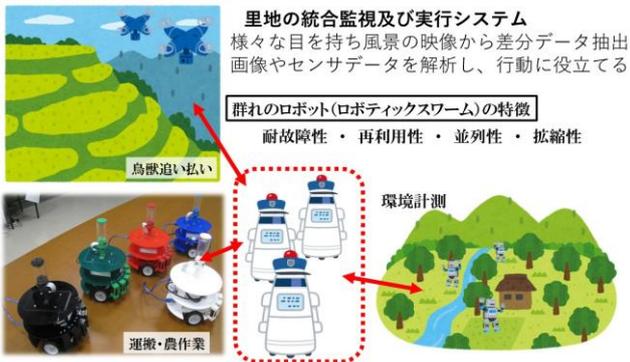


図1 プロジェクトのコンセプト
Fig.1 SALLY Project Concept

2. 環境計測デバイス

里地里山の鳥獣被害対策プロジェクトを実現するために、これまで進めてきたロボティクスワームでの技術を適用する。コンセプト図では、環境計測デバイスで取得したデータを蓄積、解析し、鳥獣の追い払いにドローンを用いる。また、蓄積したデータに基づいて、物資の運搬や農作業に群れのロボットであるロボティクスワームシステムを適用し、総合的に持続可能な里地里山の実現を目指している。本研究では、これまでロボティクスワームを構成するために製作したロボット（図1左下）に実装した全方位カメラを応用した環境計測デバイスの製作を行う[1][2][3]。

図2に環境計測デバイスのコンセプトモデルを示す。これは、本研究室で提案してきたロボットのカメラ及びマイコンモジュールに、通信機能と各種センサデバイスを実装したものである。カメラデバイス用のシングルボードコンピュータとして、RaspberryPi 3 modelBを採用しており、通信用モジュールとしてArduinoUnoとWifiモジュールを搭載、スタンドアロン動作のためにモバイルバッテリーを搭載している。



図3 試作デバイス 第2版
Fig.2 Prototype Device 2

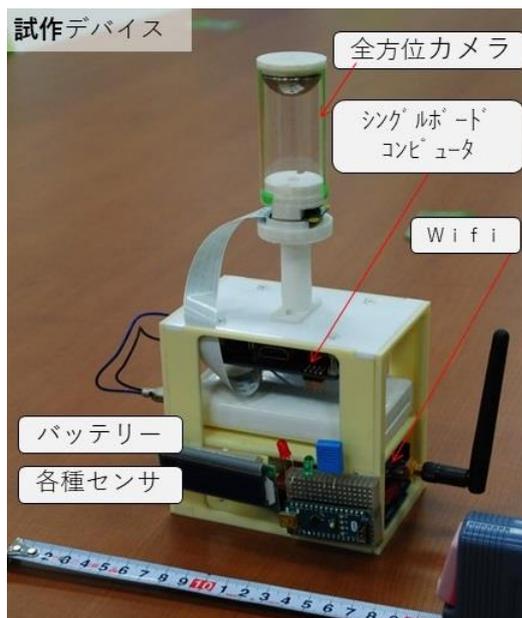


図2 試作デバイス
Fig.2 Prototype Device

図3に改良した第2版の試作デバイスを示す。全方位カメラによる画像取得のみを目的とし、各種センサデバイスの搭載を省略した。また、通信機能はRaspberryPi 3に実装されているwifi機能を利用する。外部バッテリーによる給電方式とし、バッテリーを本体と一体化させないことで、小型軽量化、低コスト化し、全方位カメラで撮影した画像は本デバイスのローカルストレージに保存される。また、この改良した試作デバイスでは、サーモカメラの実装試験を行った[4]。

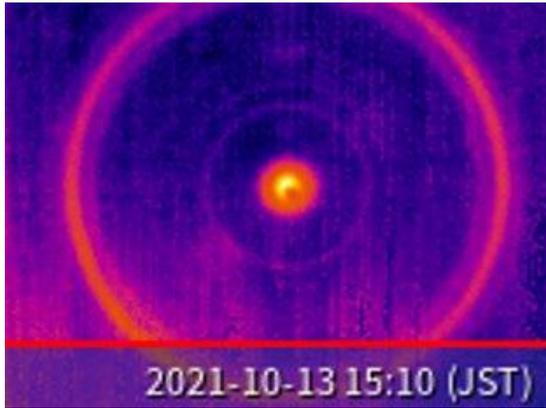


図4 サーマカメラ画像
Fig.4 Thermal Camera Image

サーモカメラで取得された画像を図4に示す。画像全体が赤色で塗りつぶされているのは、試作デバイスで半球ミラーの支柱として使用している透明アクリルパイプが赤外線透過しないためである。本研究で提案している環境計測デバイスは、夜間での運用を想定しているため、サーモカメラが有効になることが必要であり、デバイスの再設計が必要となった。

2.1 環境計測デバイスの改良

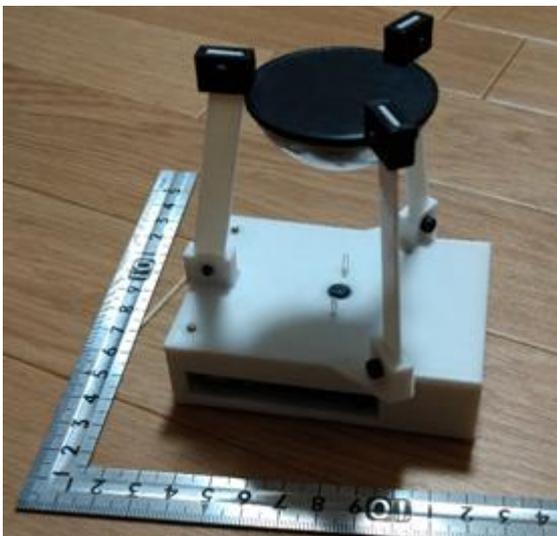


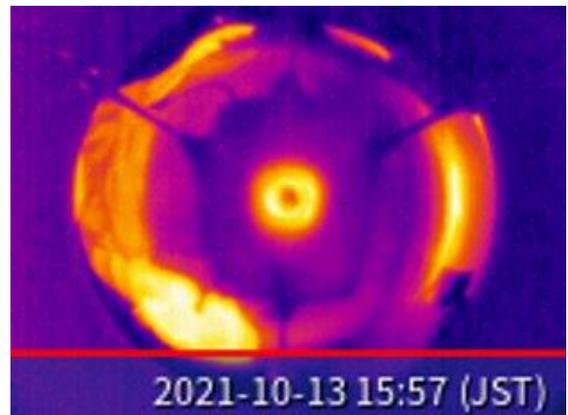
図5 試作デバイス 第3版
Fig.5 Prototype Device 3

図5に改良した試作デバイスを示す。これは、縦横92×86、高さ9mm、重さ110gである。半球ミラーを支えるのは透明アクリルパイプではなく、3本

の支柱パーツであり、これによって通常のカメラ、サーモカメラの両方を使用して画像を取得することが可能である。



(a) 全方位カメラ画像



(b) サーマカメラ画像

図6 試作デバイスによる取得画像

Fig.4 Two type of images

図6に試作デバイス3によって取得された全方位カメラ画像と全方位サーモカメラ画像を示す。両画像は同位置にデバイスを設置して撮影されたものであるが、上下反転をしている。図6(a)では、画面中央にデバイスが映る面積が大きくなっている。効率の良い環境計測のために、カメラと半球ミラーの距離を調節するなどし、小さくなるようにするべきものである。図6(b)では、画面左の人体、画面中央のカメラデバイス、画面右のノートPCが高温な物体として表示されており、有効な画像を取得することが可能である。

3. 性能評価

試作デバイスの評価を以下の点で行った。撮影可能な距離、24時間連続稼働した場合のデータ容量、消費電力である。環境計測で用いる場合、なるべく遠方の物体を撮影できることが望ましい。そのため、図7で示す実験設定を用いた。試作デバイスは地面から1mの高さで三脚に固定される。撮影対象は直径70mmのカラーボール、人体である。カラーボールはデバイスの直下から2mの距離から1m毎に離し全方位カメラで取得される画像のピクセル数を計測する。同様に、人体は5mから10mまで1m毎に離してピクセル数を計測する。用いるカメラは通常の全方位カメラである。

表1に70mmのカラーボールを撮影した場合の距離に対する画素数の変化を示す。画素数は複数の計測結果を平均したものである。撮影位置が離れるとともに画素数は減少し、約5m離れた地点までの撮影が可能であることが分かった。

表2に人体を撮影した場合の距離に対する画素数の変化を示す。同様に、約10m離れた地点までの撮影が可能であることが分かった。環境計測の場合、ネズミやイタチなどの小動物に対しては5m以内での撮影が有効であり、侵入者あるいはイノシシなどの大型動物に対しては10m以上でも撮影が可能であることを確認した。



図7 実験設定

Fig.7 Experimental Settings

表1 Color Ball

Distance (m)	Pixels
2	9.78
3	7.83
4	6.16
5	4.50

表2 Human Body

Distance (m)	Pixels
5	122.88
6	109.62
7	77.14
8	68.86
9	61.71
10	57.14

実際の運用を想定し、24時間でのデータ量を計測する。今回の試作デバイスでは、RaspberryPi用カメラモジュール v2.1 を採用しており、1920×1080 (最大 30 fps)、1280×720 (最大 60 fps)、640×480 (最大 90 fps) の設定が可能である。これらの設定で1分間の動画撮影を行い、24時間撮影時でのデータ量を概算する。各設定の結果を表3に示す。最大の解像度を求める場合、1920×1080、30fps の設定で32GBのmicroSDに約10時間分の録画が可能である。同様に、データ量を絞った場合では640×480、30fps の設定で約116時間(4.8日)分の録画が可能である。

表3 Data size

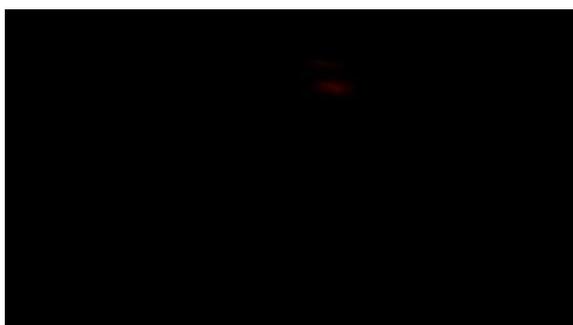
mode	fps	size (1min) (GB)	size (24h) (GB)
640×480	90	0.0411	59.18
	60	0.0170	24.48
	30	0.0046	6.58
1280×720	60	0.0440	63.36
	30	0.0150	21.60
1920×1080	30	0.0411	59.18

実際に、試作デバイスで24時間の録画を行いデータ量を実測する。通常の全方位カメラは1280×720、30fpsに設定する。また、全方位サーモカメラの設定は、160×120、8fpsである。この場合、通常の全方位カメラのデータサイズは11.20GB、全方位サーモカメラのデータサイズは0.686GBであった。前者では、表3に示した理論値である21.60GBの52%程度であり、こ

これは夜間消灯時での撮影時においては画面が暗転しているためである。通常の全方位カメラに対し、全方位サーモカメラは夜間消灯時でもコンスタントに環境情報を取得しており、有効性が確かめられた。図8に通常の全方位カメラによる昼夜での取得映像の比較を示し、この場合の撮影時刻によるデータサイズを図9のグラフに示す。図とグラフから、昼夜による取得画像の差異が確認できる。



(a) 昼間



(b) 夜間

図8 全方位カメラ 24時間撮影画像
Fig.8 Omnidirectional camera 24h images

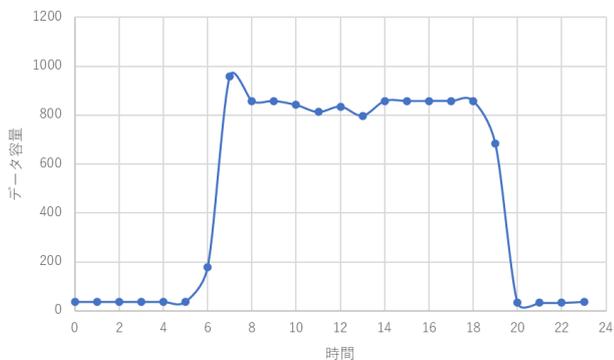
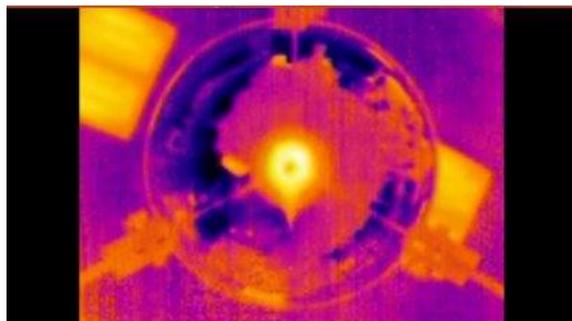
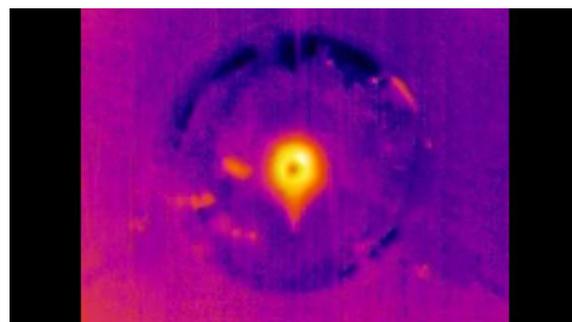


図9 全方位カメラ 時間毎データサイズ
Fig.8 Hourly Data Sizes



(a) 昼間



(b) 夜間

図10 全方位サーモカメラ 24時間撮影画像
Fig.10 Thermal camera 24h images

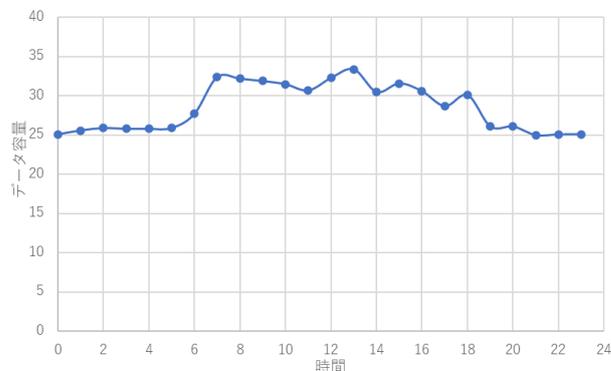


図11 全方位サーモカメラ 時間毎データサイズ
Fig.11 Hourly Data Sizes

図10に全方位サーモカメラによる昼夜での取得映像の比較を示し、この場合の撮影時刻によるデータサイズを図11のグラフに示す。図10(b)から夜間消灯時でもミラーを通した画像取得ができており、画面中央は試作カメラデバイスの熱である。グラフからも昼夜変わらずデータ取得できていることがわかるが、通常のカメラに対し、画素数、fps値ともに少なく、昼間の時間当たりのデータサイズは5%以下のサイズである。

次に、実際の運用を想定し、バッテリー消費量を評価する。試作デバイスにおいて、通常カメラの設定を1920×1080, 30 fpsとして1時間稼働させ、USB testerで消費電力を計測した。その結果は、デバイスの消費電力は約2Wであり、1時間に消費したバッテリーは415mAhであった。このため24時間連続運用時に消費するバッテリーは9960mAhであると推測できる。

4. 考察

予備実験では、市販の全方位カメラに使用される双曲面ミラーと本研究で試作したデバイスに用いた半球ミラーの比較を行い、画角に関しては半球ミラーの結果が良好であることを確認している。今回の実験では、撮影距離に関して、小動物等の情報をカメラで得るためには撮影距離5m程度までであり、人間やイノシシなどの大型動物の情報を得るためには撮影距離が10mでも有効であることを確認した。また、通常の全方位カメラでは夜間無灯時では画像を得ることは難しいが、全方位サーモカメラを使用することで昼夜の差なく情報を得ることが可能である。これらのことより、実際のフィールドでのデバイスの使用が可能であると考えられる。実際に運用する目的、場所により、画面解像度とfpsを設定することが可能であるが、1280×720, 60 fpsでの運用が实际的であり、USBメモリ128GB程度を組み合わせることで24時間の撮影データが保存可能である。この場合、一般販売され入手が容易な20000mAhモバイルバッテリーを電源として利用可能であり、フィールドでの24時間連続しての画像取得が可能である。

5. 結言

本研究で、我々は全方位カメラを用いた環境情報収集デバイスの開発を提案し、デバイスの試作と開発と性能評価を行った。撮影性能、データ容量、バッテリー消費などの観点から性能は評価され、実際の運用に十分な性能があることを確認した。撮影したデータの保存に関しては、デバイスのスタンドア

ローンでの運用を想定し、システムのmicroSDカードあるいは、外付けの記録装置への保存を想定したが、デバイスに採用したRaspberryPi3の持つwifi機能を活用し、遠隔地からのリアルタイムモニタリングの機能を発展させることで、運用性を向上させることが期待できる。今後の野外のフィールドにおける実際のデバイスの運用に際して、降雨降雪や日射などの天候に関するデバイスの耐久性の評価、汚損や盗難などの対策が必要であり、デバイス本体のデザインを実際の運用からのデータをフィードバックすることで改良発展させていく予定である。

参考文献

- [1] 占部享志, 伍賀正典「全方位カメラの作成と移動ロボットのための画像処理に関する研究」第22回SICE中国支部学術講演会論文集, pp.130-131 (2013)
- [2] 伍賀正典, 河岡俊広「小型全方位カメラを用いた生態学的視覚システムに関する研究」第26回SICE中国支部学術講演会論文集, pp.65-66 (2017)
- [3] 花見堂大輔, 伍賀正典「実機ロボティクスワームを指向したセンサ統合の検討」第27回SICE中国支部学術講演会論文集, pp.93-94 (2018)
- [4] 成松英一, 小枝正直, 上田悦子, 松本吉央, 小笠原司「全方位サーモグラフを用いた不審者発見システムの開発」電子情報通信学会技術研究報告. PRMU, パターン認識・メディア理解 104(447) 19-24 (2004)