

研究成果報告書

事業名（補助金名）	産業創造技術研究開発支援事業（産業創造技術研究開発補助金）
研究開発テーマ名	全方位型視覚センサを用いた気象計測・農作物監視システムの開発
企業・団体代表者氏名	株式会社エスイーシー／代表取締役／沼崎弥太郎
従事研究員氏名	柳原和也【株式会社エスイーシー／次長】 南條 宏【株式会社エスイーシー／次長】 高橋 進【株式会社エスイーシー／課長】 酢谷一郎【株式会社エスイーシー／プロジェクトリーダー】 小野寺紀子【株式会社エスイーシー／】 杉林祐美【株式会社エスイーシー／】 千代谷啓司【株式会社エスイーシー／】
共同研究者名	加藤浩仁【公立はこだて未来大学／助教授】 戸田真志【公立はこだて未来大学／助教授】
外部協力者名	宮原則行【財団法人 函館地域産業振興財団／主任研究員】

〔背景・目的〕

弊社は 2002 年度から農業分野の気象計測機器「ウェザーバケット」（以下WB）の開発を進めており、大規模農家や果物など高額農産物の生産農家を中心とした顧客層を得ている。昨今、高額農産物の盗難や異常気象による果樹の落果等の被害を通じて、本WBの気象予測機能の高度化とモニタカメラによるWB設置地点周辺の監視機能追加について、農家から要望が著しく増加しており、本開発を通じて実現を目指している。

野生動物による食害被害により、一次産業従事者は大きな打撃を蒙っており、害獣は即駆除したいと考えている。しかし、実際の現場では自然保護、野生動物との共生等、各種保護団体、保護活動からの規制もあり、双方の意見は常に対立している。

このような状況において、まずは食害の被害状況の原因を正確に特定し、かつ情報を収集・管理することが大切である。

その第一の手段が映像による記録であるが、野外で無人で記録できるシステムは非常に高額であり個人による導入は困難である。

実際に食害にあっている農家の方々の話を聞くと、証拠がないため泣き寝入りしているのが実情であった。

また、実際に導入したとしても、食害の瞬間の映像を確実に捉えることが困難である。

解決策として、安価な装置で複数の設置ができ、設置場所を簡単に変えられ、かつ予測機能により、より高い確率で食害被害の状況証拠を集めることで解決できると考える。

被害を食い止める手助けになるだけではなく、このようなシステムを導入することにより、精神的負担の軽減になることも一次産業従事者にとって大きな利益につながると考えている。

また、容易に定時撮影を行うことが可能であり、画像データ、及び気象データを蓄積することにより、農作業へのフィードバックを行い、効率的な農業経営に寄与できると考える。

〔参考データ〕

●北海道環境白書 2005

エゾシカによる全道の農林業被害額については、平成8年度の約50億円をピークとして、その後は減少傾向にあり、平成16年度にはピーク時の約56%となっている。

しかし、いまだに30億円近い被害が発生しており、特に北海道西部地域では被害が増加していることから深刻な問題となっている。

●平成16年発生災害に係る農林水産業関係被害状況（速報）（農林水産省）

農林水産省では、平成16年発生災害に係る農林水産業関係被害状況（速報）をとりまとめ、公表しました。

農林水産業全体での被害総額は10,005億円。そのうち、台風23号による被害額は2,413億円、新潟県中越地震による被害額は1,330億円となっています。また、項目別では林業施設の被害額が3,614億円と最も多く、次いで農地・農業用施設等の被害額が2,832億円となっている。

[内容・方法]

2-1. 全方位センサと動体検出機能の開発

本研究開発では視野角60度のCMOSカメラ素子を全方向及び天頂方向に配置し、各カメラ毎に動体検出を可能にし、動体検出された箇所の詳細カメラ画像のみを転送する機能を実現する。

全方位画像を取り込む方法としては本方式の他に双曲面ミラーを使う方法や魚眼レンズを使う方法があるが、画質、コスト面で本方式が優位と考える。

動体検出は公立はこだて未来大学の加藤助教授の研究成果である動体検出ラインを蓄積し、画像エッジ抽出により、動体検出する手法を組み込む。

本動体検出方式は本機の様な消費電力を優先とするCPU処理能力が限定された機器への組み込みに適している。

本研究開発ではハードウェアの試作および評価・確認を行う。

2-2. 通信の高速化

本センサは、フィールドでの使用がメインであり、捉えた画像データを転送するには高速な無線通信を必要とする。また、太陽電池による稼動を目指しており、低消費電力化が要求される。

データ転送速度と送信機の消費電力は二律背反しており、データ転送速度の向上と低電力消費の両立は難しいという制約がある。

弊社には近隣探索プロトコル（NDP; Neighbor Discovery Protocol）と呼ばれる通信システムが企画・設計されており、データ乱数化・暗号化技術などにより微弱な無線電波を効率よく用いてネットワーク化することが可能である。

この技術を応用し、試作開発を行うことにより、通信機能の高速化と省電力化の両立を実現するものである。

2-3. 解析アプリケーションの開発

動物の出現は、気象条件や季節、時間帯等に関連すると考えられ、動物の出現と気象情報との関連を解析し、予測することにより、事前の対応が可能となる。

本研究開発では、蓄積した画像データ及び気象データを基に、日時、気温、降水量、風速、日射等のパターン毎に出現解析し、さらには出現予測を行うソフトウェアの開発を行う。

2-4. サーバ・アプリケーションの開発

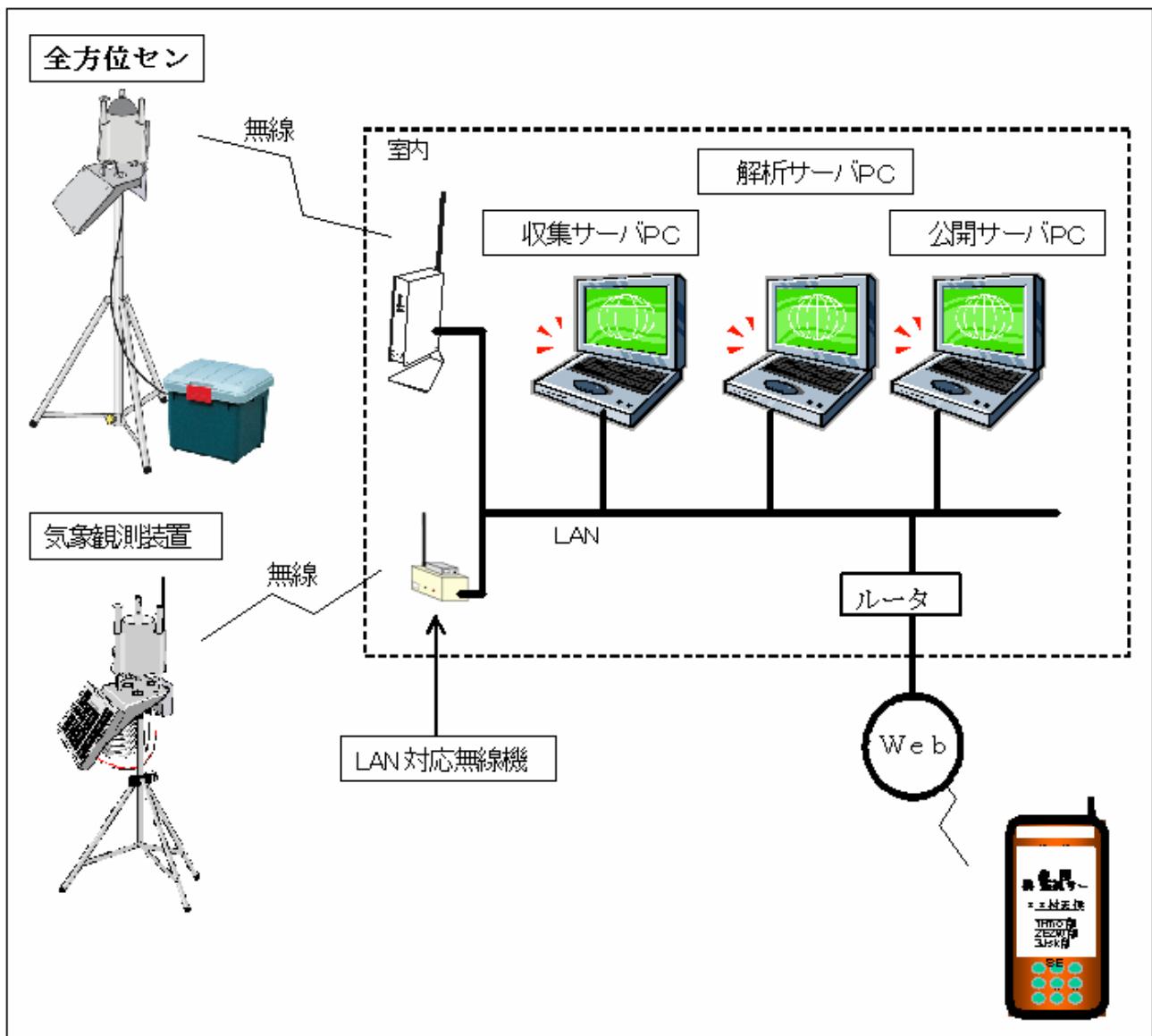
隨時、収集される膨大な動物の出現データや気象データは、サーバに取り込み、管理する必要がある。

また、動物の出現は、リアルタイムで通知されるのが望ましい。

本研究開発では、動体検出情報及び気象データを取り込み、携帯電話に通知、閲覧を可能にするサーバ・アプリケーションを開発する。

本システムは、動体検出機能を有した全方位センサと全方位センサのデータ収集を行うLANコンバータ、及び収集サーバ、公開サーバ、解析サーバ、気象観測システムで構成される。

本システムの全体イメージを図1に示す。



[結果・成果]

3-1. 全方位センサと動体検出機能の開発

動物は、どの方向から現れるか分からぬいため、出現を監視するには、全方位の監視が必要である。

全方位監視の方法として、双曲ミラーを使った全周囲カメラや魚眼カメラがあるが、画像品質を要求すると、高解像度のカメラが必要になり、高価なシステムになる。

本研究開発では、安価で低消費電力なCMOSカメラを全周囲に配置する方式をとっている。

カメラは、視野角が約60度の物を水平方向に6個配置することで、全周囲をカバーし、動体検出されたカメラのみの画像を取り込むことができる。また、気象状況の把握のため天頂方向に1個配置している。

動体検出については、加藤助教授の研究成果である画像のラインの変化から動きを抽出する方法を組んでいる。

この方法は、画像全体から検出する方法に較べ、非常に簡便で、ソフトウェアの処理に要する時間が短いため、本センサの様な組込みシステムに適している。

本研究開発ではネットワーク機能と画像圧縮処理機能を内蔵し、且つ低消費電力で組込みに適したCPUをメインにハードウェアを構成した。また、7台のカメラの切り替え機能とラインデータ抽出機能をCPLD(Complex Programmable Logic Device)により実現した。

動物は、画面上のどの位置に出現するか分からぬいため、この方式の欠点は、ライン上に物体が掛からない場合は、検出できないことにあり、本センサでは、抽出するライン数を5ラインとし、検出の確度を上げている。また、設置場所の地形状況により、検出に適した画像中のライン位置が違うため、抽出するライン位置も任意に設定できる。

このライン抽出したデータから、ソフトウェアにより、画素毎に輝度変化抽出処理および輪郭抽出処理を行い、輝度変化量および輪郭変化量が閾値以上のとき、動体検出している。(図2)

画像の中で物体が移動すると移動した部分の画素に輝度変化が発生する。その変化を検出することで、動体検出できるが、屋外では、雲の動きで光量が大きく変化し、誤検出してしまう。

本研究開発では、輪郭の位置変化検出を組み合わせることで、誤検出を排除している。

閾値は、屋外での評価結果により、適切な値に設定している。

室内及び屋外での評価では、全方位センサの前を通った人や犬、車等を的確に捉えることを確認できた。

また、この動体検出機能により、有用な画像のみが取り込まれ、動物による食害の監視や、家屋への出入り等の防犯監視等への利用ができると確信した。

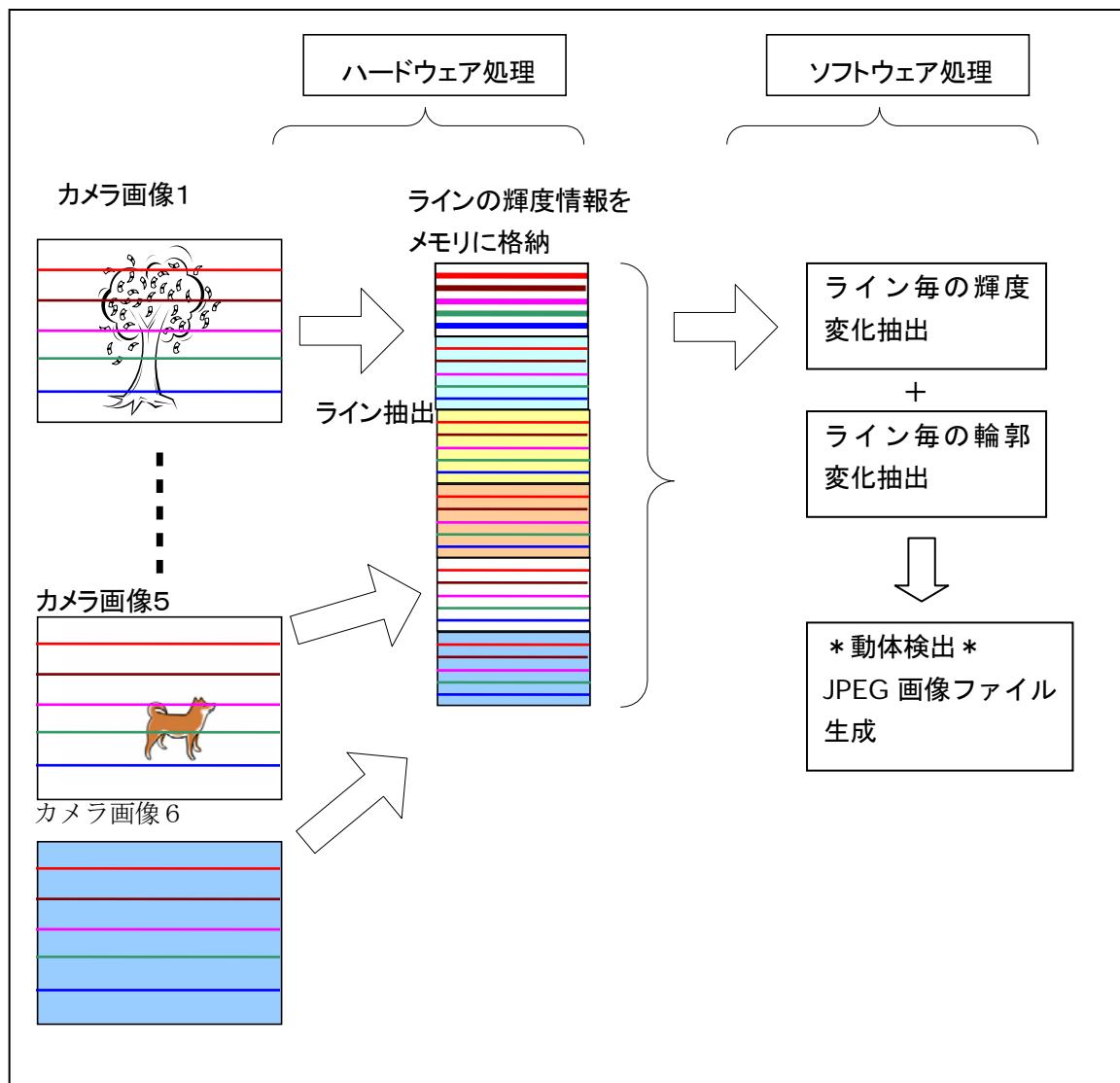
検出精度は、15m先で動く犬(大型犬)の検出が可能である。(図7左写真)

筐体は、防水性、対環境性が要求され、弊社で実績のあるWBの筐体を流用した設計とした。

電子基板は筐体構造に合わせた形状で、メイン基板とI/F基板の2枚構成になっている。

試作した全方位センサの仕様を表1に、ブロック図を図3に示す。

試作機、及び画像例を図4、図5、図6、図7、図8に示す。



項目	内容
機能	
カメラ機能	水平方向に 6 台、天頂に 1 台 VGA (640 × 480) 画像を JPEG 形式で転送
動体検出機能	水平方向の 6 台個々に検出可能 検出ラインを任意に 5 ライン設定可能 輝度変化閾値、輪郭変化閾値を設定可能
データ転送	特定小電力無線 (2.4GHz 帯) によるデータ転送 (CF メモリへのデータ蓄積可能)
電力制御機能	特定小電力無線機の電源 ON/OFF 制御
ハードウェア	
PKG	CPU: EPSON S1S65010 (50MHz) OS: Linux
特定小電力無線	横山製作所 YM-103B (2402.0 ~ 2482.0MHz, 160Kbps)
カメラ	シキノハイテック KBCR-M03NG (VGA) × 7 台
消費電力	平均 1200mW
外形寸法	190 (W) × 230 (D) × 320 (H) mm
重量	1300 g (三脚、台座、バッテリシステム除く)

表 1 全方位センサ仕様

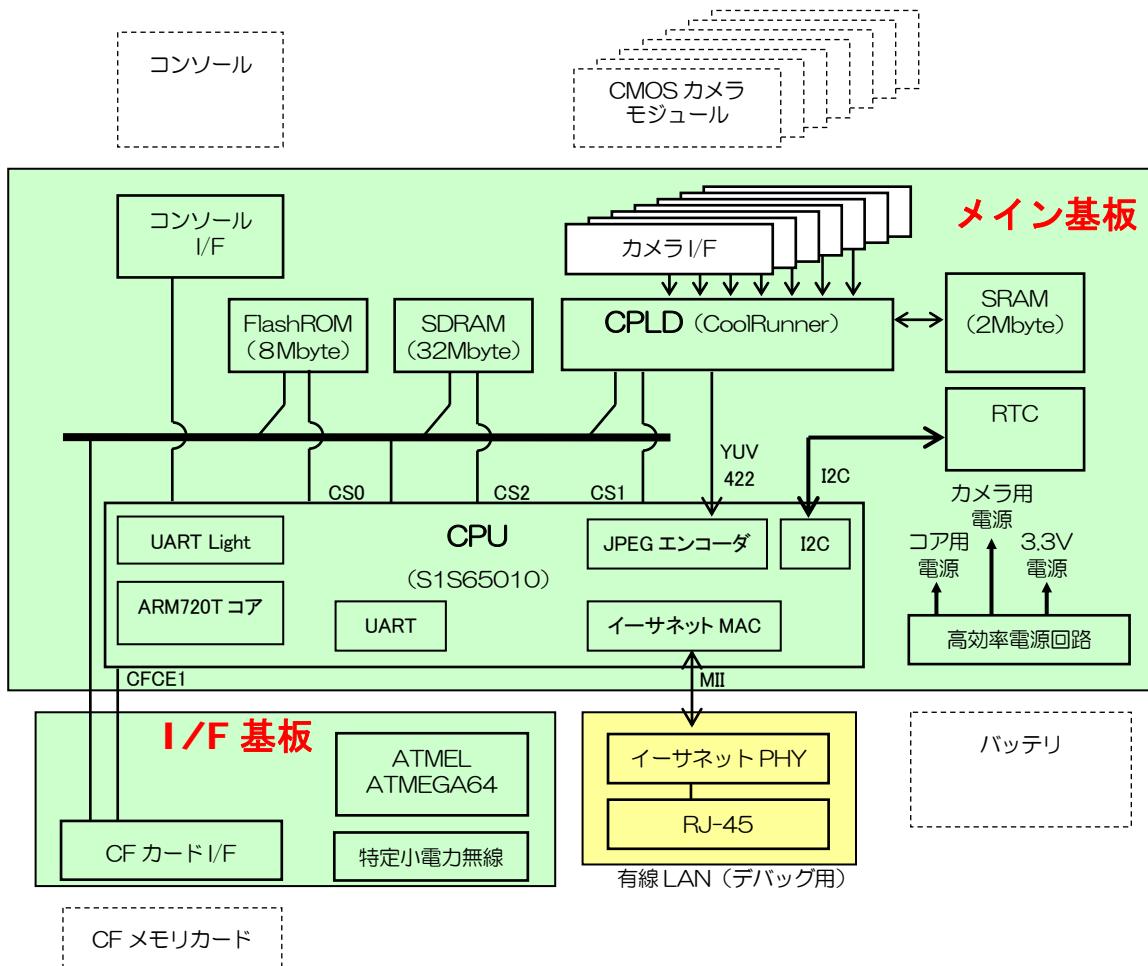


図 3 全方位センサブロック図



図4 全方位センサ試作機

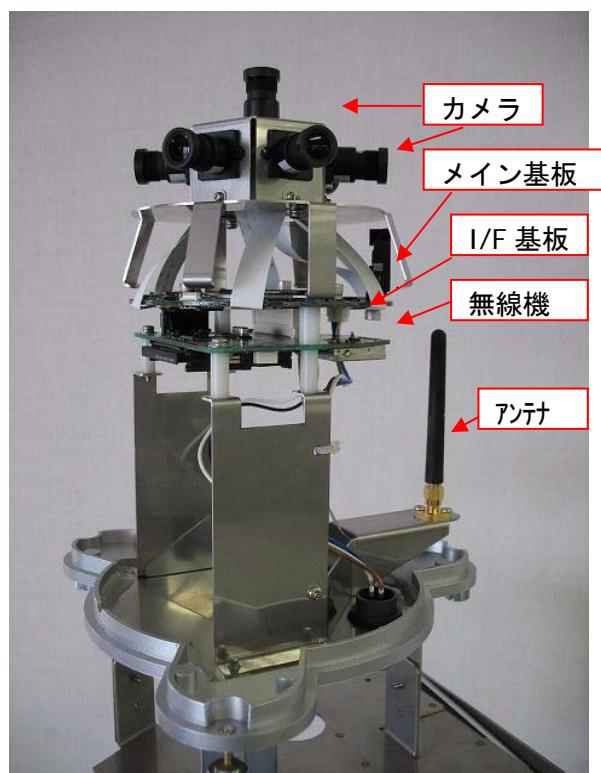


図5 全方位センサ試作機内部



図6 メイン基板と I/F 基板



図7 動体検出写真例

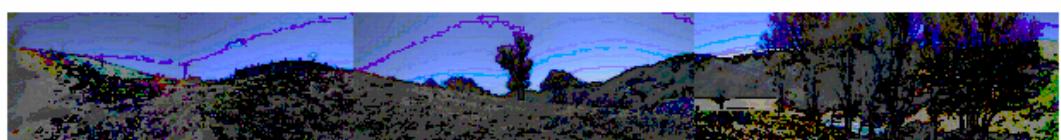


図8 水平方向 6 個のカメラ画像を繋げてパノラマ化した例

3-2. 通信の高速化

本研究開発では、無線通信の高速化にあたり、特定小電力無線と無線LANを併用したシステムと高速無線モジュールを使用したシステムについて、試作、検討した。

初年度は、無線機の高速化、低消費電力性、コストを考慮した結果、高速化を優先し、無線LANカードと特定小電力無線を組み合わせた独自の通信方式を構築した。

一般的に無線LANは高速データ通信が出来るものの消費電力が非常に大きいため、AC電源が必要であるが、特定小電力無線で無線LANの電源制御を行うハイブリッド無線方式とした。通信要求が発生した時のみ、無線LANをONすることにより、低消費電力化を実現している。さらに、市販の無線LANカードを使用するため、コスト面でも優れている。

無線LANカードの消費電力は1W程度であるが、本方式により平均電力を10mW（稼働率1%時）に抑えることが出来る。なお、特定小電力無線機はWBの開発技術を応用している。

しかし、無線LANは急速に普及し、PCへの標準化が進み、無線LANカードが無くなる方向であることが判明したため、入手性の良いものへの変更が必要になった。

したがって、次年度は、入手性の良い高速な無線モジュールを使用し、独自の通信プロトコルを搭載したシステムを構築。

無線モジュールは、2400MHz帯で、160Kbpsの通信速度を有するものを使用した。

全方位センサは、2秒毎に無線モジュールの通信監視、電源制御を行い、省電力化を図っている。

データ収集装置として、有線LANへ接続し、自動収集機能を有したLANコンバータを開発した。

LANコンバータのブロック図及び外観を図9、図10に示す。

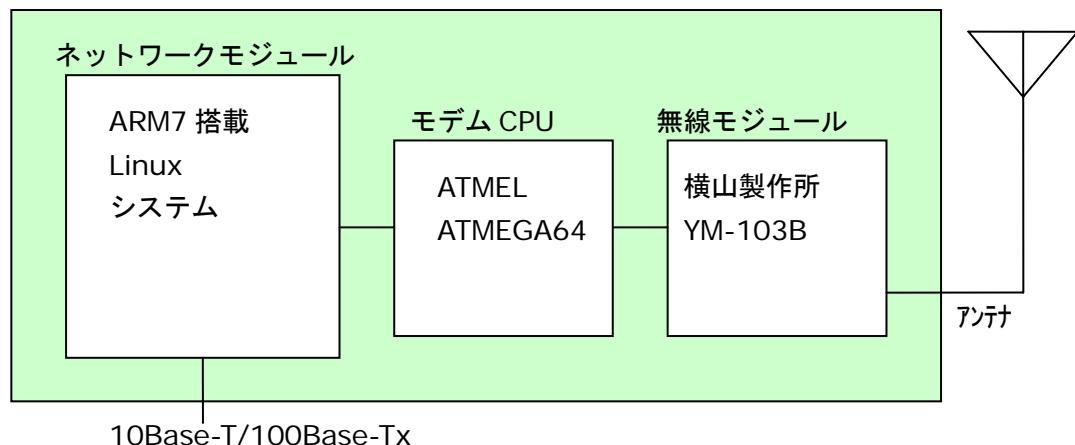


図9 LANコンバータ ブロック図



図10 LANコンバータ外観

無線モジュールの転送速度は160Kbpsであるが、実際の転送レートは、処理能力の問題で、56Kbpsで行っている。

転送データは、JPEG形式の画像データで、1枚当たり約20KBイトであり、1回の転送時間は約4秒である。

本無線機は、無線LANと同じ周波数帯を使用しているため、事務所内での評価では、無線LANの影響を受け、データ化けが発生することがあった。ソフトウェアにリトライ機能を搭載しているため、1対1の通信では問題ないが、複数台で中継する場合は、リトライが頻繁に発生し、実用にならないことが判明している。

より遠くのデータを収集するには、高感度アンテナを使う方法が有効である。

評価で使用したアンテナの比較結果を以下に示す。

	標準アンテナ	高感度アンテナ
品名	横山製作所 YM0-002	GIGA.TEC C2407
空中線形式	1/2λスリーブ	1/2λ8段コリニア
全長	79mm	700mm
利得	2.14dBi	7.5dBi
通信距離	約200m	約700m



図11 アンテナ（上：標準アンテナ、 下：高感度アンテナ）



図12 アンテナ取付外観

3-3. 解析アプリケーションの開発

動物の出現は、気象条件や季節、時間帯等に関連すると考えられ、動物の出現と気象情報との関連を解析し、予測することが重要である。

全方位センサで捉えた動物の出現情報と気象データを基に以下のアプリケーションの開発を行った。

【気象データ気象事象変換ツール】

本ツールは気象観測装置で収集されたデータから人が理解しやすい事象表現に変換するもので、公立はこだて未来大学 戸田助教授の手法を取り入れ、JAVA言語で作成されている。

日射量、雨量データを基に快晴 (clear)、晴 (sunny)、曇 (cloudy)、雨 (rain) の4種類に分類することが出来る。

本データは、身近な気象事象から動物の出現解析への応用が考えられ、今後、精度を向上させるために、天頂カメラ画像解析も検討中である。

表2に実行結果の例を示す。

年月日	時刻	降水量	気温	湿度	気圧	風向	平均風速	最大瞬間風	最大時風	日射量	露点温度	地中温度	事象
2004/7/1	1:00	0	17.6	95.8	1003.9	305	2.1	6.8	306.1	0	17	14.8	cloudy
2004/7/1	2:00	0	17.2	93.6	1004.8	307.2	3.6	8.5	316.8	0	16.2	14.6	cloudy
2004/7/1	3:00	0.2	16.7	93.1	1005.3	338.2	2	8.6	317.1	0	15.6	14	rain
2004/7/1	4:00	0	16.1	89.8	1006	353.9	1.3	8.5	316.6	0	14.5	13.2	cloudy
2004/7/1	5:00	0	15.8	86.7	1006.7	4.1	1.7	6	322.7	0.11	13.6	13.8	clear
2004/7/1	6:00	0	15.8	83.2	1007	338.4	2.3	7.1	329.3	0.38	13	13.9	clear
2004/7/1	7:00	0	16.4	79.5	1007.7	2.1	1.7	6.8	346.5	0.96	12.9	14.7	clear
2004/7/1	8:00	0	17.3	73.1	1008.2	15.9	2	5.7	3.6	1.68	12.5	15.9	sunny
2004/7/1	9:00	0	18.6	67.1	1007.7	51.8	1.5	5.2	68.1	2.35	12.4	18.2	sunny
2004/7/1	10:00	0	20.1	56.8	1007.7	43.4	2.1	5.3	46.9	2.87	11.3	19.3	clear
2004/7/1	11:00	0	21.1	54.1	1007.2	46.5	1.8	5	37.7	3.2	11.5	19.9	clear
2004/7/1	12:00	0	21.9	52.4	1006.5	40	2	5.1	52.8	3.35	11.8	22	clear
2004/7/1	13:00	0	21.9	50.2	1005.3	39.1	1.5	5	40.4	3.3	11.1	23.3	clear

表2 気象事象変換例

【気象・画像現象発生予測ツール】

本ツールは動体検出された画像と気象データとの関係を解析し、画像現象の出現予測や気象予測を行うものである。

主な機能について以下に説明する。

(1) 画像現象分類 (図13)

全方位センサで動体検出された画像を分類するための、分類入力/変更及び一覧機能を有する。

画像毎に現象発生日時、分類(画像の種類)をマニュアル入力する。

(2) 画像分類気象別パターン (図14)

蓄積された画像及び気象データを元に、画像分類毎に気象条件別または日時、時刻別の発生パターン解析を行う。

(3) 現象発生予測 (図15)

蓄積データから日時、気象条件毎の発生頻度を解析し、指定日時の総合的な発生予測を行う。

(4) 50mメッシュ予測 (図16)

WeatherBucketの設置箇所の気象データと地形データから、気象値データを基に重回帰式を用いて、50mメッシュの推定を行う。

また、50mメッシュ気象値から現象発生予測を行うことが出来る。



図 13 画像現象分類

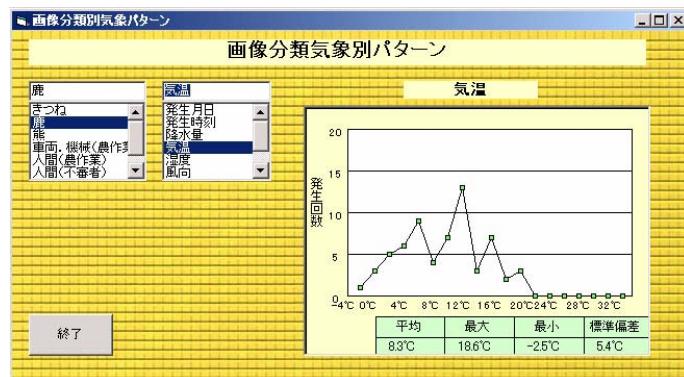


図 14 画像分類気象別パターン



図 15 現象発生予測

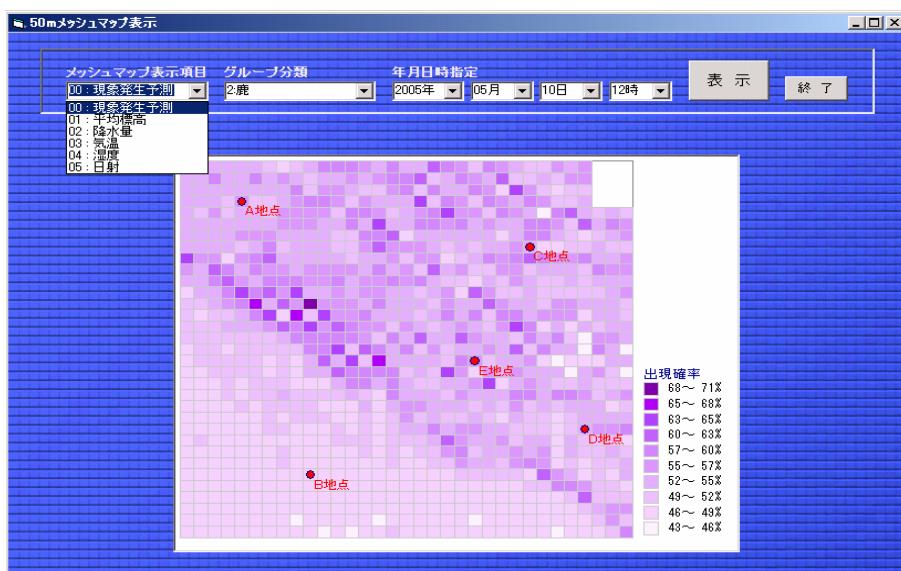


図 16 50mメッシュ予測

3-4. サーバ・アプリケーションの開発

本研究開発では、動体検出情報及び気象データを取り込み、リアルタイムに携帯電話に通知、閲覧を可能にするサーバ・アプリケーションを開発した。

本システムは、動体検出機能を有した全方位センサと、収集サーバ、公開サーバ、解析サーバ、気象観測システムで構成される。(図1参照)

収集サーバは、全方位カメラが撮影するカメラ画像データを、LANコンバータからHTTPプロトコルを利用する独自プロトコルにより受信する。

また、気象観測システムが収集した気象データを同様に受信する。

受信した画像データと気象データは、収集完了後に公開サーバにFTPまたはHTTPで転送する。

公開サーバは、収集サーバから受信した動体検知情報と気象情報を関連付け、メール書式に編集して携帯メール宛に送信し、Web参照により画像データと気象データを参照可能にする機能を持つ。(図17、図18) また、パソコンによる閲覧も可能である。(図19)

E-mailでは画像データそのものは送信せず、メール本文に画像へのリンク(URL)を記載する。

収集サーバ、公開サーバは、安価なLinuxOSを使用し、Apache HTTPサーバプログラムとCGIプログラムで機能を実現した。

なお、収集サーバ、公開サーバを分離しているが、1台に纏めることも可能である。

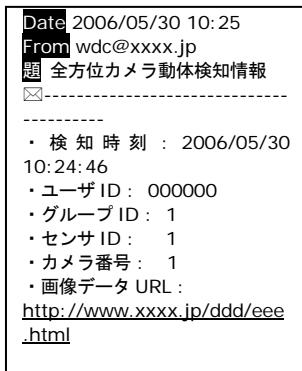


図17 携帯電話へのメールイメージ

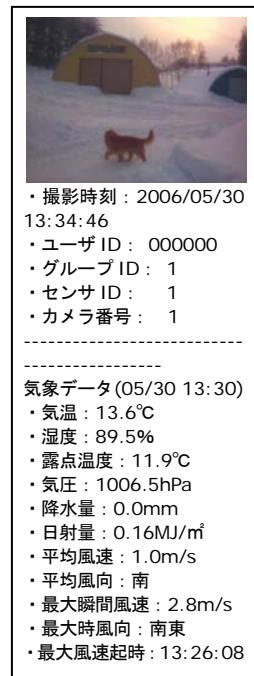


図18 携帯電話でのWeb参照イメージ

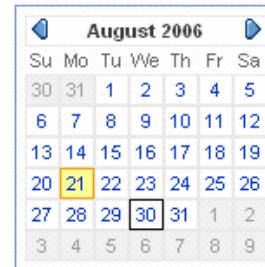
画像データ検索画面

全方位動体検知カメラシステム

動体検知画像データのユーザID、グループID、センサID、カメラ番号、撮影日時を選択し、気象データを関連付けた形式で表示します。

● 検索対象画像データ指定 ユーザID: 000000 グループID: 8 センサID: 16 カメラ番号: all

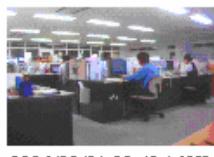
● 検索開始日: 2006/08/21 0 時 ● 検索終了日: 2006/08/21 23 時



検索

動体検知画像検索結果

・ユーザID: 000000 　・グループID: 8 　・センサID: 16 　・カメラ番号: all



2006/08/21 08:40:16[5]



2006/08/21 08:40:19[6]



2006/08/21 08:40:24[5]



2006/08/21 08:40:29[5]



2006/08/21 08:40:33[5]



2006/08/21 08:52:27[5]



2006/08/21 08:52:47[5]



2006/08/21 09:06:33[5]



2006/08/21 09:06:54[5]



2006/08/21 09:07:01[3]



2006/08/21 09:07:05[5]



2006/08/21 09:07:09[3]

更新

図19 パソコンからの閲覧画面

[今後の展望]

本研究開発では、動物の食害防止の手助けとなる全方位センサ及び気象と画像の解析ツールを開発した。

開発した全方位センサは、市販のWebカメラ等に比べ、低消費電力であるが、屋外に自立で稼動させるには、比較的大きなソーラ・バッテリシステムが必要である。現在、評価を進めているが、商品化するには、更なる省電力化が必要と考える。

夜間動作についても、照明の消費電力の問題で、今回は断念した。

実際のフィールド評価を冬季間、鹿の出現を期待して道東にて実施したが、動物の出現が確認されず、有効なデータ解析が出来なかった。今後は、試作品を希望者に貸し出し、意見を頂戴したいと考えている。

また、耐久性についても、評価を継続する予定である。

本システムは収集データを蓄積することにより予測精度が向上する。本システムから配信される出現予報情報は、携帯電話やインターネットを通じて地域住民全員に配信が可能であり、住民によるコミュニティの形成により、問題点を共有し、遠隔地の有識者からのアドバイス、相談を受けることで、有効な対策案を検討し、住民が相互に協力して防止対策を実施することができる。

また、これらの経験やノウハウは、翌年以降にも応用が可能であり、地域住民による共同作業を通して地区全域の活性化並びに協力体制の育成につながる効果が期待できる。

野生動物による食害被害は通年で発生するものではなく、作物の植え付け直後や収穫時期など季節に偏る傾向にある。

一定時期に集中して対策を講じることにより、無駄な労力や環境破壊を引き起こさず、自然との共生がしやすいシステムが確立できると考えている。

そして、これらの地区ごとの成功事例を集め、全国レベルでの対策ノウハウの共有並びに次世代への知的財産の継承を行い、一次産業の維持・発展に貢献して行きたい。