

## 第4章 システムの展望、応用

### § 1 システムの応用・融合等の可能性

#### 1.1 検知システムと高度利用システム

本調査検討会において提案されたシステムは検知システムと高度利用システムとして、その利用形態を切り分けた形で検討を行ってきた。

その主な違いは、前者は発信機を付けた野生動物を待ち受けて電波により検知するもの、後者は野生動物を追いかけて電波により詳細な行動情報を手に入れるものである。

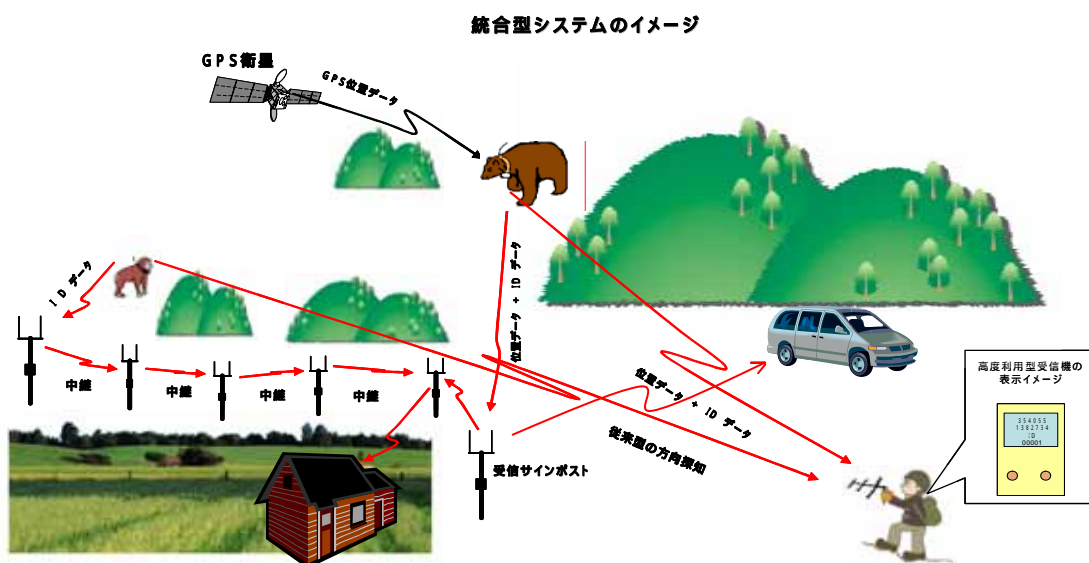
検証試験では、検知システムは発信機の試作とともに、受信機側の機能や位置特定の精度向上、取得データの伝送の簡便性、効率性に重点を置いた検討を行っており、また、高度利用システムは発信機そのものの機能化と性能向上を重点として試作を行ってきた。

検知用に用いた発信機は、最低限の付加情報として識別用のIDを加えたもので、基本的な構成とも言えるものである。

一方、高度利用に用いたものは、この基本となる発信機構成にGPS受信機を加え、GPSによる位置情報を付加情報として重畳して発信する構成としているものである。

このため、両者の発信機には大きな違いはないものの、今回の試作機器については、各々の仕様の違いからデータ伝送速度、データ様式に差が生じており、これを双方で互換性のある形に統一することにより、両者を融合した統合的システムの構築が可能である。

統合的システムのイメージを下図に示す。



統合型のシステムでは、例えば、検知用発信機の出力を調整することにより、従来の方法による指向性の強いアンテナと受信機を用いて野生動物を探すことも可能であるとともに、発信機重量が軽量である発信機を使用すれば、数キロ程度の小動物の探査用にも利用が可能である。

また、高度利用システムは、現行では組み込みデバイスの制約からGPS受信機の消費電力増に伴うバッテリー容量の増加により筐体重量が増加することから、これを装着する個体の大きさ等に制限が加わるものの、検知用の受信サインポストにより受信することが可能であり、生態のより詳細なデータの受信も可能となるほか、受信機側から制御を行うことで、発信機のGPS機能を停止させ、検知用システム専用の発信機としても活用できる。

## 1.2 発信機と中継器の同一周波数による応用

検知システムでは、検知部と検知した情報を送るネットワーク部とを明確に分離し、野生動物に付けた発信機の発する情報を受信し、その情報をアドホックネットワークを介して制御局等に送り届ける構造になっている。従って、検知部とネットワーク部で異なる周波数の電波を必要とする。しかし、アドホックネットワークの端末を直接クマなどの野生動物に取り付け、その端末がネットワークに組み込まれたかどうかで、野生動物を検知する事も考えられる。この場合、アドホックネットワークを構成する電波の1周波数で、検知システムとすることが可能となる。

この場合、移動する野生動物に取り付けた端末で情報の中継をする必要はないので、電池等の寿命を考慮して機能を縮小する必要もあると考えられる。

例えば、センサーネットワークとして認められている ZigBee の規格では、ZigBee コーディネータ、ZigBee ルータ、ZigBee エンドデバイスの3種類の論理デバイス(ネットワークでの役割)を規定しており、中継機能を必要としないエンドデバイスには、IEEE 802.15.4 で物理デバイスタイプとして規定されている2種類のFFD(Full Function Device)とRFD(Reduced Function Device)のうちRFDが使い、エンドデバイスでの消費電力の削減を可能としている。

## 1.3 連絡回線の拡充

検知システムでは、里山等に設置する受信機からの情報を監視局まで転送する部分についてはアドホックネットワークを利用している。このアドホックネットワークとその他の連絡回線との接続については、平成16年度に信越総合通信局で行った「アドホックネットワークの活用における調査研究」で検証した事例がそのまま適用可能である。

すなわち、アドホックネットワークで里山から民家の近くまで情報を配送し、アドホック端末の一つにホームゲートウェイを置いて、外部ネットワークとの接続を行う。ホームゲ

ートウェイはパケット通信網を介してインターネットと接続することが可能であり、携帯電話等へのメールの送信のみならず、ホームゲートウェイに記録されている情報の操作も可能である。

その他、必要な箇所までの連絡回線には、携帯電話、PHS、衛星、ケーブルテレビ、有線放送電話等を利用することができる。

また、同様にアクセスポイントから公衆回線のパケット通信網を通じてインターネットプロトコルに接続することにより、広範なネットワーク利用が可能であり、サル等についてはリアルタイムに位置情報を表示することや、クマ等の危険動物を検知した場合は、出没情報を関係機関に流して早期に危害を防ぐことに役立てることが可能である。

#### 1.4 他のシステム等との融合

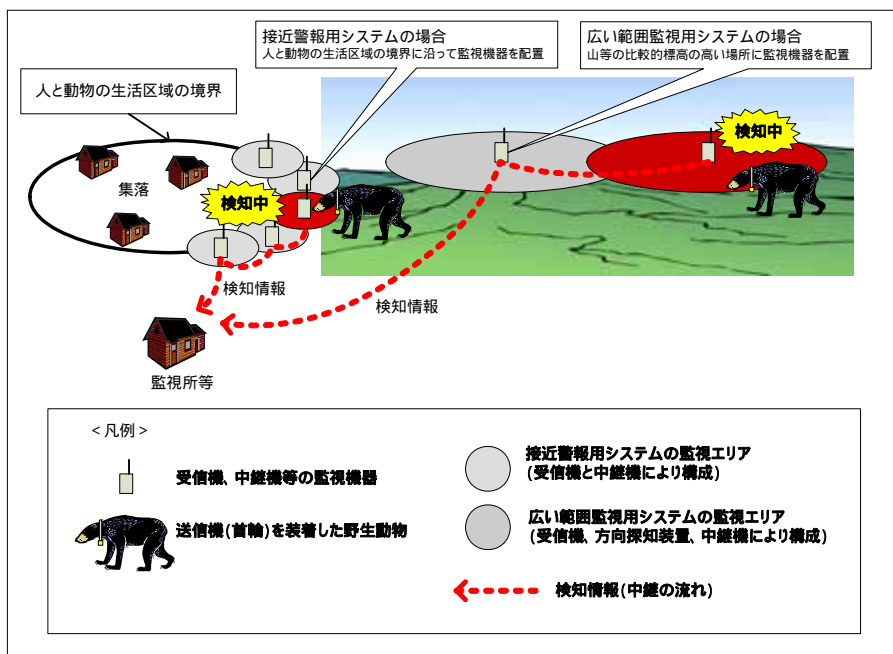
検知システムは、家屋や、畑等の耕作地周辺に受信機を配置することなど、必要とするエリアの大きさに応じてシステムを組むことが可能であり、単独の受信機による単純な接近警報にも使用できる。

また、周波数や通信プロトコルを共通にすれば、他で装着した発信機も検知できるなど汎用性が高い。

また、受信点で指向性の強い受信アンテナを利用することや、高度なアンテナによる自動方向探知システムと組み合わせることにより、到来方向や、より正確な位置把握が可能である。

受信した際に、野生動物を追い払うサイレン、回転灯、花火、爆竹、拡声器などと組み合わせ使用することも可能である。

(イメージ)



## § 2 高度な利用、他の用途への応用

### 2.1 高度な利用

高度利用システムにおいては、野生動物に取り付けた発信機にGPSが搭載されているので、リアルタイムに野生動物の正確な位置を求めることや、その定期的な位置記録を残すことにより過去何ヶ月かの行動履歴を知ることができ、野生動物の習性等を綿密に調査することが可能である。有限の電池容量により長期にわたる追跡を効率的に行なうためには、データのサンプリングレートを双方向通信を用いて設定することにより多様な生態調査が可能となる。

なお、クマは穴に潜むことがあり、サルやクマは木に登る。よって、近くの穴に潜んでいるのか、遠くの木に登っているのか、生態位置検知システムでは動物がこうした三次元的な動きをするということも念頭に入れた上で、正確に位置が分かるシステムとすることが今後の課題である。

例えば、動物がじっとしているのか、それとも活発にしているのかを検知するセンサー（アクティビティセンサー）を組み込むことにより、これらの情報を位置情報と組み合わせることによって、じっとしているのか、ある場所で活動しているのか、それとも移動中なのかが分かれば、追いつきの必要性や緊急度を判断するのに役立つ。

また、加速度センサーや地磁気センサーの付加により、GPS信号を受信できない場所においても自立航法による継続した位置把握や、野生動物の冬眠時には送信周期を変えて電池寿命を延ばすなどの方策も考えられる。

### 2.2 他の用途への応用

検知システムと高度利用システムは、類似の電波発信源を検知して位置把握を目的とする用途に応用が可能である。例えば、狩猟時の猟犬の位置把握システムや、ワーキングドッグやペットのトレーニング・しつけを行うためのドッグトレーニングシステム、山岳遭難者の救助用のシステム、さらに、老人や子供等の位置検知システムにも有効であると考えられる。

#### 2.2.1 狩猟時の猟犬の位置検知（ドッグマーカ）等

狩猟時の猟犬の位置把握については、狩猟の形態により2kmから3km程度の通信範囲を必要とし、猟犬の位置を把握するとともに、狩猟者から猟犬へ信号や音声で命令を送り呼び戻す機能が求められる。

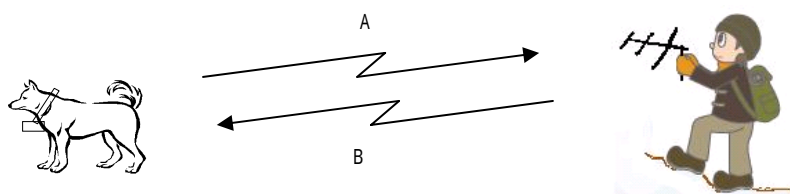
この場合、狩猟者が発信する信号は猟犬に振動などの刺激や音声として伝達し、猟犬に狩猟者の意志を伝えることができる。さらに、猟犬からは随時間欠送信によるビーコン電波が発射され、これにより狩猟者は猟犬の位置探知が可能となる。

このような場合は、猟犬から発信される情報は本調査検討のシステムを応用することが可能であるが、狩猟者側からの猟犬に伝達する音声を含む情報については、本調査検討のシステムと同一周波数での伝達は困難と考えられるため、別途、使用できる周波数等の手立てが必要である。

狩猟者から行う通信は、その通信内容から簡易な業務の範囲内と整理できるので、既存の簡易無線局のシステムを活用することが考えられる。

この場合、下図のようにAの情報用の電波とBの情報用の電波を切り分け、Bに相当する部分は送信電力によって特定小電力無線局又は簡易無線局を活用し、Aの相当分には本調査検討会によるものを採用することが考えられる。

また、場合によっては、猟犬の状態を音声により狩猟者が把握したいとの要望もあるが、この場合、猟犬が情報発信者となり、運用上混乱を来す恐れがあるため、10mWを超える送信電力を使用するケースで簡易無線局を活用する場合は、音声をデータに変換する等の技術的条件の検討が必要と考えられる。



なお、Bについては、既存の簡易無線局 150MHz 帯とは周波数の共用が困難であると思料されるので、別の複数の周波数が必要である。猟犬からの音声用には、専用周波数による特定小電力無線局(ラジオマイクシステム)に準じたシステムが考えられる。

ドッグトレーニングについては、山間地で行う場合は猟犬同様に本調査検討会のシステムが応用可能であり、平地で行う場合は既に 400MHz 帯で特定小電力無線局として、データ伝送用に使用できる周波数が用意されている。

### 2.2.2 山岳遭難者等の位置検知

山岳遭難者の位置検知については、平成 16 年度に北陸総合通信局で行った「山岳遭難者探索用ビーコンシステムの高度化に関する検討会」で検証した事例が適用可能である。

このシステムは本調査検討システムである高度利用システムと同様であるため本調査検討システムの活用が期待できるものとする。

### 2.2.3 その他

野外キャンプやスキー場へ多数の児童を引率する場合の児童の位置把握にも有

効である。これらの場合は、双方向通信機能を利用してコード化されたメッセージを送送することも可能である。

また、検知システムにおいては、児童の学校への往復時等の位置把握や、極小さな受信エリア内にいることを前提としてエリアから離れた場合に検知する徘徊老人対策などにも利用ができる。

## § 3 その他

### 3.1 需要

単独で行動し、個別に把握が必要なツキノワグマは、全国 10,000～15,000 頭とされ、北海道に生息するヒグマは約 2,000 頭と言われている。

サルは、群れごとに把握できれば足りるが、生息数を取りまとめている自治体が少なく、長野県で約 120～180 群(個体数は約 6,500 から 10,000 頭)、富山県内 78 群、滋賀県内 133 群などが把握されており、全国的に増加傾向にある。

また、シカ、イノシシをはじめ、タヌキなど小動物の需要の増加も今後全国的に見込まれる。

そのほか、アライグマをはじめとする外来生物への需要も増加し、将来はカワウやカラスなど鳥の被害対策や生態把握のための需要もあると思われる。

同様のシステムが想定される狩猟時の猟犬の位置把握については、平成 15 年で全国で 151,994 人が猟銃を使用する狩猟免許(第一種銃猟)を所持しており、うち 6 割が狩猟に携わり通常大物銃猟を行っているものと推測し、そのうち 5 割がドッグマーカー使用希望として、一人につき猟犬が平均 2 頭とすると、9 万頭程度がその対象と推測される。

この数値は、狂犬病予防法に基づく犬の登録頭数 6,394,226 頭(平成 16 年度末)の約 1.4 パーセントにあたる。

ドッグトレーニングは、前述の、犬の登録頭数全てが対象となる。

また、同様に、遭難対策用としては、全国の登山者(H11 から H15 の平均)は年間 4,100 万人余に上り、全国の登山による遭難者(H11 から H15 の平均)は 1,500 人余である。北陸管内の同様の平均は 130 人余である。

需要としては、困難を要する山岳地域が全国比の 6 割程度と考えられ、約 2,000 万人程度がその対象と推測される。

### 3.2 今後の無線利用の拡大

本調査検討会で検討した検知システムを、目的物を固定のセンサーやセンサーネットワークで探すという機能で一括した場合、利用できるシステムとして、無線 LAN、無線タグ(RFID)、UWB、ZigBeeなどが考えられる。

**無線 LAN**(IEEE 802.11 シリーズ)は、2.4GHz 帯の無線で最高約 11Mbps の伝送速度を持つものや、5.2GHz 帯の無線で約 54Mbps の伝送速度を持つものなどが、パソコンの普及と併せて広く普及している。

今後は、100Mbps 以上の次世代高速無線 LAN の IEEE 802.11n が、2007 年の標準化目指し検討が進められている。

これらは、50m～100m の距離にある端末間で通信を行なうことができ、場所によっては連絡回線として利用可能であるが、野生動物に装着する端末としては、電池寿命の課題や到達範囲から本調査検討会で対象とする広範囲の検知には適さないと考えられる。

**無線タグ**(RFID: Radio Frequency Identification)は、バーコードに代わるものとして考えられているものであり、パッシブ型(電池無し)とアクティブ型(電池あり)がある。通信距離については、せいぜい数m(パッシブ型)から、10m程度(アクティブ型)となっており、野生動物の通り道があらかじめ分かっている場合や、柵などを設けてそこを通った場合に検知するような用途には使用可能であるが、本調査検討会で対象とする広範囲の検知には適さないと考えられる。

**UWB**(Ultra Wide Band)は、超広帯域の電波を利用し微弱な電波により高速通信を行う手法の総称であり、現在屋内限定で制度化が進められているところである。通信距離は10m程度であるものの、数百 Mbps を超える高速通信が実現できることが最大の特長となっている。本調査検討会の目的からすると、屋外での利用が出来ないこともあり、本調査検討会で対象とする屋外での利用には適さないと考えられる。

**ZigBee** (IEEE 802.15.4)は、無線 LAN 等と比べると低速(最大でも 250kbps)でありながら低コスト、低消費電力であることを特長としたシステムである。特にホームオートメーション、ファクトリオートメーションへの応用を狙いとして標準化が行われた無線通信規格であり、センサーネットワークとしての利便性が高くなっている。

図 1 に示すように、

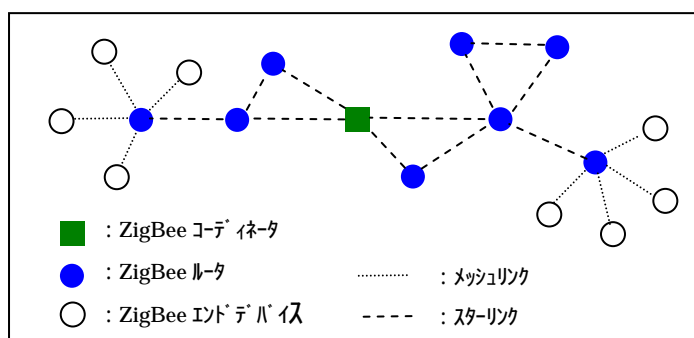


図1 ZigBee のネットワークモデル 出典:「ユビキタス無線デバイス」

ZigBee ルータで自律的にネットワークを構成でき、ZigBee エンドデバイスにセンサーや制御機器を搭載すれば、コーディネータを通して全てのエンドデバイスの情報収集や制御が可能となる。先にも述べたが、エンドデバイスをクマなどの野生動物に取り付け、ルータをメッシュ状に配置しておけば、そのエリアにクマなどが入ってきたときに、エンドデバイスがネットワークに組み入れられることとなり、検知が可能となる。ただし、ZigBee での通信距離については、約 60m(将来的には、100m)程度であり、ZigBee ルータの設置間隔をかなり密にする必要がある。本検討会で試作したシステム(通信距離は約 500m)と比べると、必要となる設置台数は、同一面積で比較すると約 25 倍以上となる。

**WiMAX**(Worldwide Interoperability for Microwave Access IEEE 802.16 シリーズ)は、インターネット接続等を行うための広帯域の無線アクセスシステムであり、加入者宅への引き込みを無線接続する、いわゆるラスト 1 マイルとして固定利用するための規格のもの(IEEE802.16-2004)、また、携帯端末として移動利用するための規格のもの(IEEE802.16e)がある。

規格により、サービスエリアが 2~10km 程度、データ伝送速度が最大 20~75Mbps を実現するシステムであり、国内では、2.5GHz 帯において導入するための技術的条件について検討を開始(情報通信審議会 H18.3~)したところである。

### 3.3 地球規模の野生動物の生態位置把握

本調査検討会では、陸上に生息する野生動物(クマ、サル、イノシシ、シカ等)を主な対象に検討を行ったが、それらの他、渡り鳥などの鳥類や鯨、アザラシなど海洋動物など陸上より更に広範囲に亘る生態把握のニーズもある。

本調査検討会のモデルシステムは数キロメートル程度の近距離を想定したもので、長距離を移動する鳥類の接近警報や、より広範囲な生態把握には向かない。

地球規模での学術研究用の位置把握システムとしては、衛星の電波を利用したアルゴスデータ収集システム<sup>\*2</sup>があり、主に渡り鳥や海洋生物、広大な原野を移動する動物の位置把握などに対応できる。

衛星を使用せず、発信機からの標識電波に船舶などで近づいて各種情報を得る方式による場合は今回のモデルシステムの応用が可能であり、必要に応じて高度や水深など各種の情報収集センサーとGPSを含む高度利用システムを組み合わせ使用することができる。

これら地球規模の動物に装着する発信機も、空中線を含めて小型、軽量、長寿命であることが求められる。

\*2 米国の海洋大気局(NOAA)とフランスの国立航空宇宙センター(CNES)の共同プロジェクトとして運営。NOAA の極軌道衛星に搭載されている CNES のデータ収集装置を利用したシステム。



### 3.4 発信機を付けない野生動物の認識

本調査検討会で検討してきたシステムは、一度捕らえた野生動物に発信機を取り付け、その発信機から出る電波を受信することによって検知するものである。従って、発信機を付けない野生動物による被害等は、依然として食い止めることはできない。ここでは、このように発信機を付けない野生動物を検知するシステムについて検討する。この目的のために、センサーネットワークを例として検討してみる。

まず、野生動物を認識するセンサーとしては、赤外線センサーによる方法と画像処理による方法が考えられる。赤外線センサーは基本的に温度の違いを検知するものであり、検知した対象が対策を必要とするクマなどであるのか、又はその必要の無い動物なのかの認識は容易でないと考えられる。一方、カメラの画像などを処理する場合は、柔軟な認識処理が可能となる反面、扱う情報量が膨大となるため、高速なプロセッサが必要となり、消費電力の問題が挙げられる。

一方、情報伝送を考えた場合、センサー側で全ての情報処理を行い処理結果だけをアドホックネットワークを通して送る方法と、センサーの生情報をそのままアドホックネットワークを通してサーバまで伝えそこで認識処理する2つの方法が考えられる。前者の方法では、ネットワークに乗る情報量は少ないが、センサーその物で認識処理を行わなければならないと電力供給の問題が残る。後者の方法では、センサーそのものでは処理が行われないため、センサーノードへの電力供給の問題は緩和できるが、ネットワークに大量の情報が流れるため、それを中継するネットワークの負荷が大きくなる。検知システムのネットワークは、山間地や里山部分に設置する必要があるため、設置、管理、保守等考えた場合、電池駆動(又は太陽電池等)が適当と考えられるため、電池の交換頻度は大きな要因となる。

画像認識を管理局のサーバで行う方法においては、高速なネットワークが必要となるため、たとえば無線 LAN 等を活用するアドホックネットワークを前提とした場合、各中継端末での消費電力も大きな問題となる。逆にこれらの問題が解決された暁には、映像情報を全て処理サーバまで伝送し、柔軟に処理できるこの方法は有力であり、汎用性も高いため利用価値は高い。