

◆ 報 文 ◆

新しい野生動物研究技術 —MTS と GIS の連携の可能性と今後の展開—

傳田正利* 天野邦彦**

1. はじめに

土木事業による物理的環境変化は、野生動物のハビタット（生物生息空間）を改変し、植物・動物等の生息状態に影響を与える可能性がある。野生動物への影響を最小限に留めるには、野生動物の生態を解明し生活史上必要なハビタットを保全・復元することが必要である。

土木事業の野生動物への影響軽減を、ハビタットを通じて考える場合には、定量的に野生動物の行動を追跡し、野生動物の利用した空間を把握し生活史上必要なハビタットの抽出、その保全・復元が必要である。

このような背景を受け、土木研究所では野生動物の定量的な行動追跡手法としてマルチテレメトリシステム（MTS）を開発した。その結果、中型陸上哺乳類に関しては行動追跡を一定の範囲で定量的に実施できるようになった。更に野生動物の行動と生息空間との関係性を把握するには、地理情報システム（GIS）を用いるのが有効である。MTSにより取得した野生動物の行動データをGIS上で解析し定量的に生息空間の属性情報（空間情報）と結びつけることで新たな情報を創出すると考えられる。

本稿では、(1) 野生動物の行動データを定量的に取得できるMTSの概要、(2) 五ヶ瀬川水系北川での野生動物の行動と河川改修工事時の騒音振動との関係性を把握した研究事例の報告、(3) MTSで取得した定量的な野生動物の行動データをGIS上で分析する有効性の検証、(4) GISの利点を生かすための今後のMTS開発の方向性、の4つの内容について報告する。

2. MTS の開発概要とその機能の紹介

本研究では、野生動物の行動を追跡するため、テレメトリ（野生動物に発信機を装着し行動を追跡する調査手法、以下、テレメ）を自動化・高度化するマルチテレメトリシステム（以下、MTS）を開発した。MTSのシステム原理は、情報制御所

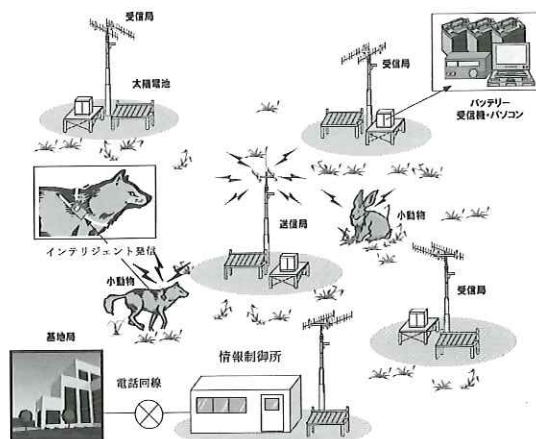


図-1 MTSのシステム概要

から遠隔で任意に発信を制御できるMTS発信機を複数受信局で方向探索し電波到来角を把握し3角測量の原理で位置特定を行うシステムである(図-1)。MTSは発信機の位置特定を高精度に行えること、自動で特定エリアの野生動物を自動追跡できるのが特徴となっている。五ヶ瀬川水系北川におけるMTS実証実験により、実際の野生動物の行動の自動追跡が可能であることが示された。また、野生動物の位置特定精度は誤差10m程度と高精度化での位置特定が可能なが示された¹⁾。

3. 五ヶ瀬川支川北川における調査地の概要

本研究では、五ヶ瀬川水系北川において、MTSの実証実験、河川改修時の野生動物の行動追跡調査を行った。北川は傾山(1,602m)に源を發し、桑原川、小川などの支川を合わせながら、河口で祝子川、五ヶ瀬川と合流し日向灘に注ぐ、流域面積587.4km²、流路長50.9kmの1級河川である。その流域は宮崎県北部と大分県南部にまたがり北浦町、宇目町、北川町及び延岡市から構成されている。北川沿川においては、平成9年9月の台風19号に伴う豪雨により、甚大なる被害が発生した。この洪水を契機として、河川激甚災害対策特別緊急事業が平成9年より実施されて平成13年度に終了した(図-2)。

New Wildlife Research Method.

-Capability of Cooperation MTS and GIS, Future Prospects-

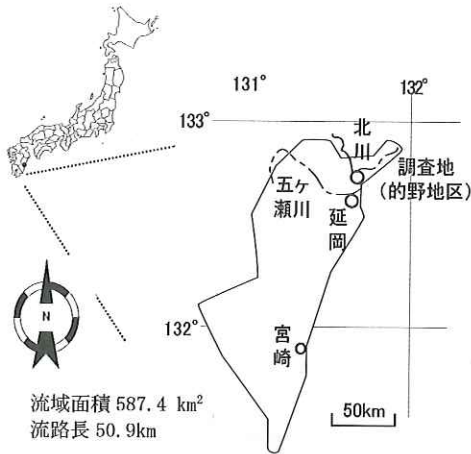


図-2 北川の位置

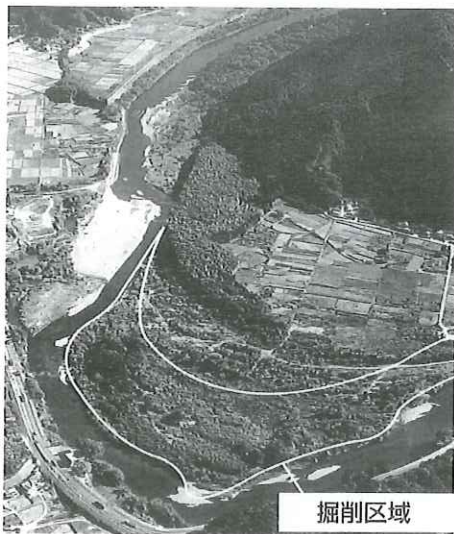


図-3 調査地 (的野地区)

MTSの実証実験を行うため、五ヶ瀬川分流点から約10km地点、的野地区(宮崎県東臼杵郡北川町の的野地区)を対象に平成12年5月から調査を開始し、現在も調査を継続中である。北川は的野地区付近で大きく湾曲し、湾曲の内側には植生が発達した高水敷が形成されている(図-3)。河川改修は流下能力不足の解消、河道断面の確保を目的として行われた。具体的な方法としては、(1)高水敷の樹木の伐採、(2)高水敷の掘削、(3)低水路の部分的な掘削、(4)引堤による川幅の拡幅を組み合わせて行われた。調査地では、(1)高水敷の樹木の伐採、(2)高水敷の掘削に加えて新規築堤を組み合わせて河川改修が進められた²⁾。

4. MTSとGISを用いた野生動物(タヌキ、イタチ)の行動と騒音振動の関係性の把握

4.1 研究の方法

本調査では、河川改修工事時の野生動物(タヌキ、イタチ)をMTSで追跡した。また、河川改修工事時の野生動物の行動と騒音振動の関係性をGIS上で分析した。その方法を以下に示す。

4.1.1 現地調査

野生動物の捕獲(タヌキ、イタチ)は野生動物の大型捕獲装置(大型の箱ワナ)及び箱ワナを用いて行った。大型捕獲装置による捕獲については、平成12年度から餌付けを行い夜間大型捕獲装置内部に侵入した野生動物を捕獲した。捕獲した野生動物にMTS用発信機を装着して放逐しその行動を追跡した。野生動物に装着した発信機はMTS用発信機にニッケル水素電池を接合したものをエポキシ樹脂で包埋したもので行った。装着した発信機は、概ね体重の3%以下になるように電池重量を調節し包埋した。その発信機を野生動物の首に首輪をして装着した。上記の作業により、発信機を装着した野生動物の行動を概ね30分に1回の割合で追跡を行い、MTSにその移動軌跡を記録した。

河川改修工事による環境の変化が野生動物に及ぼす影響を把握するための基礎的な資料を得るために、調査地区における北川河川改修工事の実施状況についても記録した。記録した内容は、(1)各工区内での施工内容、(2)各工区内で作業した調査員人数、(3)各工区内で稼働した建設機械の機種と台数、(4)各工区内における調査員、建設機械の作業位置(概要)である。記録は工事が実施されている全ての日について行った。また、工作機械・作業員の動きを把握するため工作機械・作業員にDGPS(Trimble社 PoketGPS)、ポータブルGPS(SONY POCKET GPS)を取り付けて、その行動を記録した。

河川改修時の騒音振動環境の把握のために、騒音振動データの計測を行った。河川改修工事の進捗状況により、主な騒音・振動源である工作機械の機種、台数及び稼働位置に変化が見られること、地表を被う植生の伐採や、掘削工事による地形の改変等により、騒音の伝搬特性に変化が予想されることから、河川改修工事の状況を考慮して4回の現地調査を行った。騒音に関しては調査地内で15地点、振動に関しては25地点で計測した。騒音計測には、普通騒音計(リオン社製NL-06)を用いて8:00~17:00の間の計測を行い、調査中を200msのサンプリングレートで連続して記録した。振動は、普通振動計(リオン社製VM-06)

とレベルレコーダー（リオン社製 LR-04）を用いて 8:00～17:00 の間測定を行った。振動測定は、各測定地点につき、10 分間の測定×3 セット以上行い、レベルレコーダーを用いて記録した。

騒音の評価量としては、等価騒音レベル LAeq（単位：dB、以下 LAeq とする。）を用いた。振動の評価量としては、80% レンジの上端値 L10（単位：dB、以下 L10 とする。）の測定値を利用した。対象とする動物によって可聴音域等の周波数特性は異なるが、本調査では対象とする動物の可聴音域等の周波数特性が人間に等しいと仮定し LAeq、L10 を用いて評価を行った。

4.1.2 データ解析

河川改修工事に伴う騒音・振動環境の変化等と野生動物の行動の関係について GIS（ESRI 社 ArcGIS Ver8.2）を用いて解析した。まず、MTS で追跡した野生動物（タヌキ・イタチ）の行動データの座標（平面直角座標系 2 系）を GIS のポイントデータとしてインポートした。GIS では、野生動物の行動追跡結果を騒音・振動環境等の空間情報と結合するために、調査地をカバーする 16m 解析ポリゴン（以下、解析ポリゴン）を設定している。インポートしたポイントデータを解析ポリゴンと空間結合し、解析ポリゴン上のポイントデータ数を野生動物の解析ポリゴンの利用頻度とした。16m 解析ポリゴンの設定は、MTS の誤差特性を考慮したためである³⁾。

野生動物が利用した空間における騒音・振動データについては、タヌキ、イタチで別個のデータを用いて解析を行った。タヌキには、タヌキの行動データが得られた期間の工事状態に近い騒音振動の現地実測データを用いた。騒音振動の実測データは、調査地内でポイント的に計測しているため、面的な騒音振動の空間分布が必要になる。このため騒音振動の実測データから、GIS の空間解析機能である TIN を用いて内挿計算を行い騒音振動の空間分布を算出した。その後、16m 解析ポリゴンを内挿計算結果上にオーバーレイし解析ポリゴンに属性情報として格納した。

イタチには、イタチの行動データが得られた期間の騒音振動の実測データが得られていないため、国総研騒音・振動シミュレータ（国土技術政策総合研究所環境研究部緑化生態研究室作成、以下、騒音振動シミュレータ⁴⁾）を用いてイタチの行動データ取得時の騒音振動状態を算定した。騒音振動源としては、作業員の GPS 記録から得られる作業員位置を騒音振動の発生源とした。また、河川改修記録を用いて植生の有無、掘削の有無を入力し計算条件とし算定した。

4.2 結果及び考察

4.2.1 タヌキの行動と騒音振動実測との関係分析

調査地内の騒音・振動の空間分布は河川改修工事区間（高水敷掘削区間、築堤区間）を中心に高い値を示す結果となった。また、タヌキの行動追跡結果との比較を行うと、タヌキは調査地内の騒音・振動の少ない地点を中心に利用していることがわかる（図-4、図-5）。

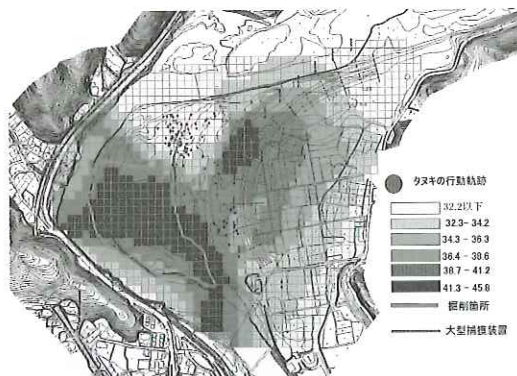


図-4 タヌキの行動と騒音分布

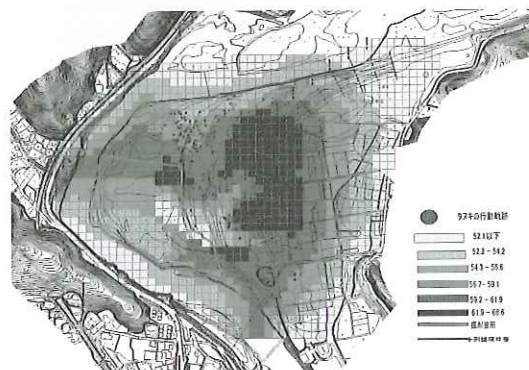


図-5 タヌキの行動と振動分布

騒音については調査地内で最も低いレベルの場所、振動については、調査地で工事箇所から離れた最も振動が少ない箇所を選択していることが示唆される結果となっている。

解析ポリゴンごとのタヌキの利用頻度と騒音データとの相関図（図-6）、解析ポリゴン毎のタヌキの利用頻度と振動データの相関図（図-7）を示す。騒音・振動レベルが増加すると利用頻度が減少する傾向があることが示されている。しかし、騒音・振動ともに同じ条件（騒音・振動データが同じ値）でも利用頻度が少ないデータもあることが分かる。このことは、タヌキは騒音・振動がより少ない空間を選好するが騒音振動以外の要素にも影響を受け、利用空間を選択していることを示

峻していると考えられる (図-6、図-7)。

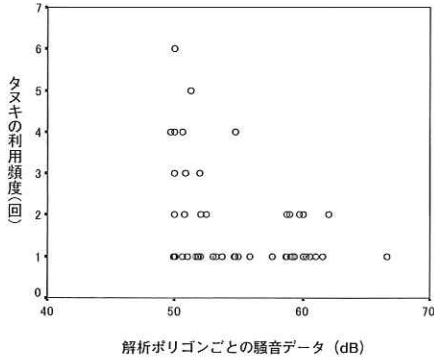


図-6 タヌキの行動と騒音の関係

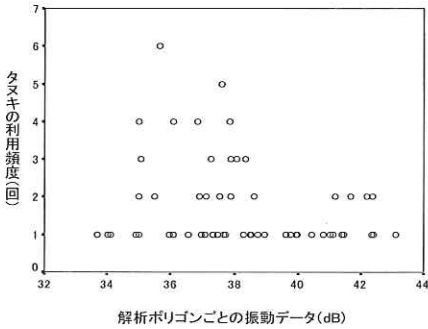


図-7 タヌキの行動と振動の関係

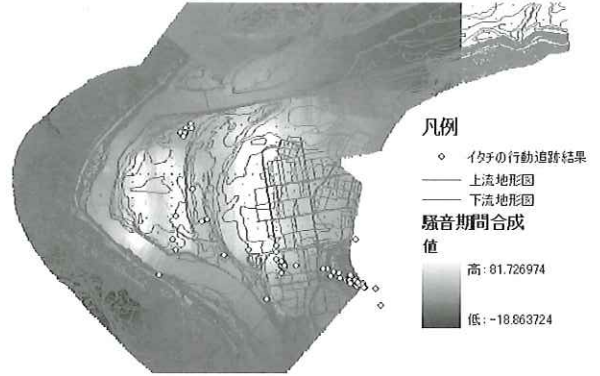


図-8 イタチの行動と騒音分布

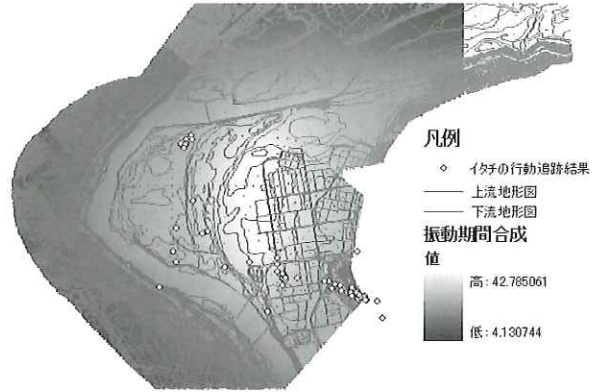


図-9 イタチの行動と振動分布

4.2.2 イタチの行動と騒音振動シミュレーションの関係分析

調査地内の騒音・振動の空間分布の計算結果は河川改修工事区間を中心に高い値を示す結果となった (図-8、図-9)。また、イタチの行動は、騒音に関しては一部騒音の高い箇所も利用するが騒音が低い箇所を主に利用している。振動に関しては、調査地内の振動の高い箇所を避けるように行動している。イタチの行動データは、MTS 発信機が不調なためデータ数が少ない。イタチの行動に影響を与えるのは、他の要因も考えられるが工事に伴う騒音・振動を避けるように行動していることを示唆する結果となっている (図-8、図-9)。

解析ポリゴンごとのイタチの利用頻度と騒音データとの相関図 (図-10)、解析ポリゴン毎のイタチの利用頻度と振動データの相関図 (図-11) を示す。イタチに関しても騒音・振動レベルが増加すると利用頻度が減少する傾向があることが示されている。また、タヌキと同様にイタチに関しても騒音・振動とも同じ条件 (騒音・振動データが同じ値) でも利用頻度が少ないデータもあるこ

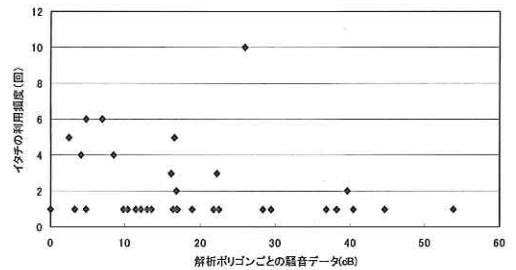
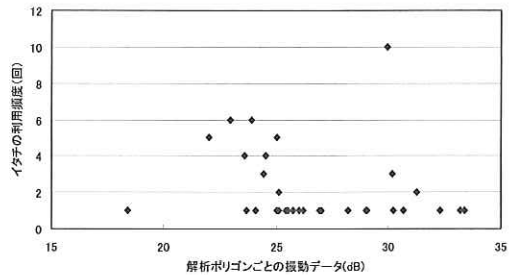


図-10 イタチの行動と騒音の関係



とが分かる。このことは、イタチも騒音・振動がより少ない空間を選好するが騒音振動以外の要素にも影響を受け、利用空間を選択していることを示唆していると考えられる。

5. 環境研究と GIS の今後の可能性

4章では、MTS と GIS を用いた河川改修時の野生動物（タヌキ、イタチ）の行動追跡調査について概説し、野生動物の行動分析に GIS を用いた具体的事例を示した。本章では、4章の結果を引用しながら (1) 野生動物研究に GIS を用いる利点、その利点を有効に利用するために (2) MTS が取り組むべき研究・技術開発について述べる。

5.1 野生動物研究に MTS と GIS を用いる利点

1) 正確な空間情報との結合

野生動物研究に MTS と GIS を用いる場合の利点として、(1) 正確な空間情報との関連付け、(2) 多彩な空間解析機能、空間統計への発展があげられる⁵⁾。(1) に関しては、GIS の基礎的な機能であるオーバーレイ（複数の空間情報の重ね合わせ）機能を利用して、MTS の野生動物データを騒音・振動に重ねるだけでも、野生動物が騒音振動の少ない地点を利用していることが把握できた（例えば、図-4）。また、オーバーレイ後、空間結合を行うことにより野生動物の行動データと選択した空間の空間情報を正確に結合することが出来た。相関関係のような単純な記述統計のみでも、野生動物が選択する空間は騒音振動が少ない傾向があること、騒音・振動が同じ値でも、利用する頻度が異なり他の空間条件等が影響を与えていることが読み取れる（例えば、図-6）。空間結合後、より複雑な評価手法を用いると、より正確に野生動物の行動に影響を与える空間条件について詳細な検討を行うことが可能である⁶⁾。

2) 空間情報の数値解析を用いた補間

また、野生動物研究に GIS を用いる利点として、野生動物の生息域に対応した空間情報の把握、数値解析を用いた補間があげられる。野生動物の行動データにあわせた空間情報の把握は難しい。野生動物の行動の把握自体が難しく、野生動物の行動と空間情報を分析するための、面的な広がりを持った空間情報の取得は多くの労力を必要とする。この点については、GIS に実装されている空間解析ツールや騒音振動シミュレータが具体的な解決策を示している。北川の場合、騒音振動の現地データ取得はコスト等の関係から調査地内の数点のみの実測データである。しかし、GIS の空間解析ツールを用いることにより、簡易に面的な空間情報を算出することが出来、より野生動物の行動と空

間情報を適切に結びつけることが可能になった。

また、イタチの行動データと騒音・振動データとの関係の把握において、騒音振動シミュレータを用いた解析を行っているが、調査期間とコストの関係から現地実測が行えなかった調査期間においても、他の情報（北川では河川改修記録等）を用いて GIS の空間解析機能を利用しながら騒音振動シミュレーションの条件を設定し外部エンジンでシミュレーションすることで空間情報が整備できた。野生動物に関する調査のように定期的・継続的なデータ取得が困難な場合、GIS の機能及び数値シミュレーションの機能を利用しながら空間情報を時間的・空間的に補間していくのは有効な手法といえる。

5.2 今後、MTS が取り組むべき研究・技術開発

5.2.1 今後、MTS、GIS を用いた野生動物研究に関して考えられる問題点

MTS、GIS を用いた野生動物研究の可能性について示した。しかし、実際の調査では以下の点が問題となると考えられる。

(1) 野生動物行動データの不足

生態系定量評価研究に関して多くの評価手法の検討、事例研究が行われており、そのデータとして多くの空間情報が急速に整備されている（例えば、国土地理院監修数値地図）。この情報資産を活用しつつ、MTS が生態系定量評価研究の行動データサンプリング手法として有効に機能するには、MTS の対象の拡大・一般性の確保（調査地、対象生物）、野生動物の行動データサイズの適切さ（生態学のデータとして十分な時間量が得られていること）が重要となる。そのためには、MTS の汎用化（低コスト、小型化）、対象生物の拡大（哺乳類⇒鳥類、魚類等の追加）、データ取得期間の拡大が必要である。土木研究所では MTS の開発を現在も引き続き実施している。以下にその概要を示す。

(2) MTS の開発の現状と今後の展開

平成 15 年度末時点で、MTS の汎用化（小型化、低価格化）（図-12）、高精度化（北川の調査地では、誤差 5m 以内）が可能になった（図-13）。また、従来は MTS で追跡する発信機は MTS 専用の特殊な発信機（電波到来角推定のため電波を 90 秒間連続発信する）だけだったが、間欠型発信機（一般的なテレメ調査に利用されている魚類、哺乳類、鳥類にも適応可能な発信機）の位置特定も実証実験レベルであるが成功した（図-14）。この様に MTS は、魚類、鳥類等にまで対象生物を拡大できる可能性が出てきている。今後は実際の魚類、鳥類の行動追跡調査を通じ、その実証性を確認

し、多くの調査地での野生動物の行動と空間情報の関係性に関する研究を実施する予定である⁶⁾。

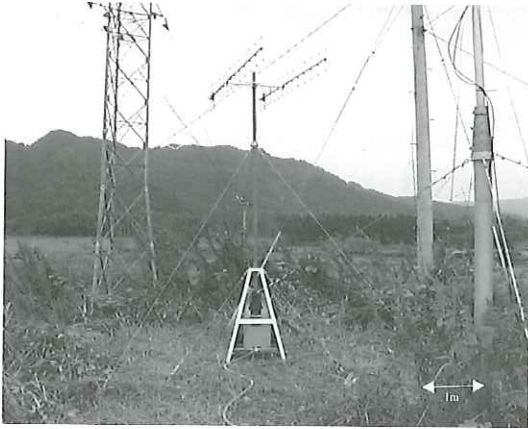
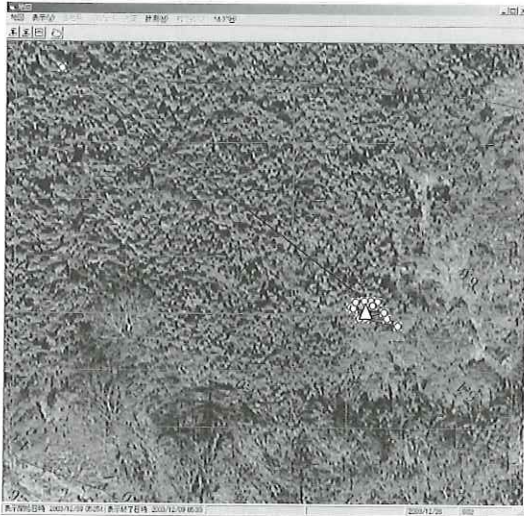


図-12 汎用型 MTS 受信局



5mメッシュ △発信機設置点

図-13 汎用型 MTS 受信局

まとめ

本報文では、(1) マルチテレメトリシステム (MTS) の概要、(2) 北川における MTS と GIS を用いた野生動物追跡と河川改修時の騒音振動調査結果との比較検証、(3) 北川の研究事例を通じた環境研究への GIS 適用の利点・今後の展望について述べた。その結果、MTS による野生動物行動データを GIS の空間解析機能を利用し解析することで、より定量的な野生動物の行動生態研究の可能性が示唆された。また、北川では、野生動物 (タヌキ、イタチ) は、騒音・振動が少ない箇所を選択する傾向があることが明らかになった。

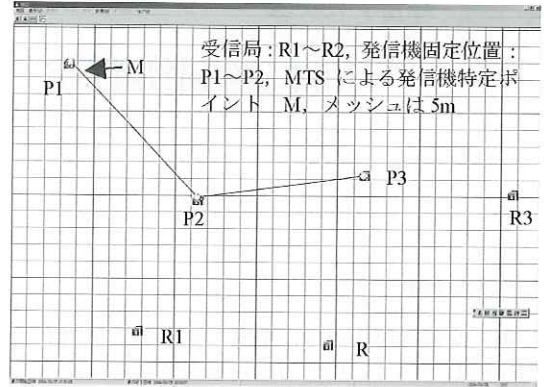


図-14 間欠型発信機の位置特定結果

引用文献

- 1) 傳田正利、島谷幸宏、尾澤卓忠、岩本敏孝：野生動物調査のためのマルチテレメトリシステムの開発とその応用、日本生態学会誌、51 巻、pp215-pp222、平成 13 年
- 2) 九州地方建設局、宮崎県、財団法人リバーフロント整備センター：五ヶ瀬川水系北川川づくり検討報告書、平成 12 年
- 3) 岩本敏孝、竹下毅、島谷幸宏、傳田正利、吉富、久木田重蔵、中村修、那須哲夫、中園俊之：マルチテレメトリシステムの方探誤差と哺乳類の生態調査における実用性評価、日本生態学会誌、52 巻、pp265-pp271、平成 14 年
- 4) 百瀬 浩、松永忠久、飯塚康雄、藤原宣夫：国総研版騒音・振動シミュレーター GIS と連携した希少猛禽類への建設事業影響予測評価システム、土木技術資料第 46 巻第 7 号、pp32 - pp37、平成 16 年 7 月
- 5) 平田更一：連載講義 地理情報システム第 3 回空間解析、日本リモートセンシング学会誌 23 巻 3 号、pp261- pp266、平成 15 年
- 6) 百瀬 浩：地理情報システムを活用した動物生息環境の解析、日本生態学会誌、51 巻、pp39-246、平成 13 年

傳田正利*



独立行政法人土木研究所
水循環研究グループ河川
生態チーム研究員
Masatoshi DENDA

天野邦彦**



独立行政法人土木研究所
水循環研究グループ河川
生態チーム研究員、工博
Dr. Kunihiko AMANO