



# HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	エゾシカ用バイオテレメントリーシステムの開発
Author(s)	鎌田, 清春; 小野, 幸次郎
Description	電波の到来方向の測定には種々の方法がある。従来, 簡単な手法としてループアンテナの指向特性のデットポイントで測定する方法がとられているが, マルチパスのある環境では, その精度の劣化が問題となる。本実験では従来デットポイントを測定するのに比べ測定精度を上げるのがむづかしく, また, 自動化などには不相当とされていたアンテナ指向特性のピークポイントを測定して電波の到来方向を探る方法を採用することにより, 誤差の少ない方位の測定が出来ることを示した。
Citation	北海道大学電子科学研究所技術部技術研究報告集, 1, 41-46
Issue Date	1992
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/1443">https://hdl.handle.net/2115/1443</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	KJ00000697019.pdf



# エゾシカ用バイオテレメトリーシステムの開発

鎌田清春・小野幸次郎（電子回路部門）

## Abstract

電波の到来方向の測定には種々の方法がある。従来、簡単な手法としてループアンテナの指向特性のデットポイントで測定する方法がとられているが、マルチパスのある環境では、その精度の劣化が問題となる。本実験では従来デットポイントを測定するのに比べ測定精度を上げるのがむづかしく、また、自動化などには不適當とされていたアンテナ指向特性のピークポイントを測定して電波の到来方向を探る方法を採用することにより、誤差の少ない方位の測定が出来ることを示した。

## 1. はじめに

近年、野性動物の生態の調査にラジオテレメトリーを用いる方法が国の内外でさかんに行われているが、大型の広域移動型動物（熊、鹿等）の調査に適用できる簡単でより正確な調査方法は確立されていなかった。

筆者等は、1979～1984年の間、帯広畜産大学・野性動物管理学研究室、芳賀良一教授の依頼をうけエゾシカのバイオテレメトリーシステムの開発・改良を行い、実用に供してきたのでそのシステムおよび若干の実験結果について報告する。

## 2. 調査内容と調査方法の概要

野性状態におけるエゾシカの生態は、直接観察により得られる情報はきわめて限られており、糞、食痕、足跡等から間接的に情報を得て、その生態を推定している。しかしエゾシカの行動圏や移動時間帯、採食時間などの調査例は少なく、これらの測定にはバイオテレメトリーを用いる方法が有効であると考えられる。

バイオテレメトリーは、遠隔または隔離されているために直接観察することの困難な対象の様々な情報を無線により得ようとするものであり、今回の調査内容は、エゾシカ（個体）の移動、採食、休息などの行動様式の調査を目的にシステムの開発を行った。

調査方法は、捕獲したエゾシカに採食時用センサー付きの送信機を装着し放した後、その電波を複数個所で受信し、測定される電波の到来方向から三角測量法によりエゾシカの位置を特定する。位置の特定を一定時間ごとに行うことにより移動の状況を把握するものである。

### 3. システムを設計する上での条件とその対策

本システムを構成する上でいくつかの条件を満足しなければならない。すなわち、

- ① エゾシカの行動範囲内を24時間探知でき、方位を正確に測定できること。
- ② 季節による行動区域の変化や受信範囲外への移動に対応出来るように受信設備の移動が出来るだけ容易に行えること。
- ③ 送信機は可能な限り小型、軽量で(エゾシカの個体の体重により異なるが、最大2 kg程度)かつ堅牢であり、長期間に渡って送信が継続できること。
- ④ 専門的知識がなくても受信設備の取扱やデータの処理が可能であること。

以上の条件を完全に満たすことはかなり難しい問題であるが、出来る限りその条件に近づけるため次の点を考慮し設計を行った。

#### (1) 使用周波数帯について

周波数帯については、送信機のアンテナの大きさをできるだけ小型で効率の良いものにする事、また起伏の多い山中にあってもあまり減衰することなく受信できるような周波数帯であること。これらの点を考慮して、150MHz帯を選択した。また送信機の回路は単純化し、故障率を下げると同時に空中線電力効率を上げるために電波形式をA1とした。(151.89MHzの試験電波の割当を受け実験局を開設した)従来多くの所で試みられていた50MHz帯(主にアマチュア無線帯を用いている)では送信アンテナの利得を上げられず、また受信アンテナが大型になるため不利である。

#### (2) 長期間測定可能とするために

送信機側は電源に電力容量密度の高いリチウム電池を使用した。電波の発射間隔は連続発振が望ましいが、電池の消耗を防ぐために5分間の間欠発射-25分休止(方採用)、間欠発射の連続(採食観測用)とし、その発射間隔は図1に示す。また送信機の空中線電力も可能な限り小さくおさえた。

#### (3) 受信設備について

送信機の空中線電力を小さくおさえたため、受信側のアンテナ利得と受信機の性能を出来るだけ(移動・設置の困難さとの関係)上げるよう設計した。

#### (4) 方位測定精度を上げるため

方位測定法は、従来ループアンテナやアドコックアンテナを使用した消音式方位測定法が用いられていたが、予備実験の結果この方法では、地形により山などからの反射波によると思われる影響で、かなり大きな方位測定誤差が生じることが認められたため、受信アンテナを回転させ受信電波の最大電力の位置を特定にすることにより電波の到来方向を推定する方法を採用した。

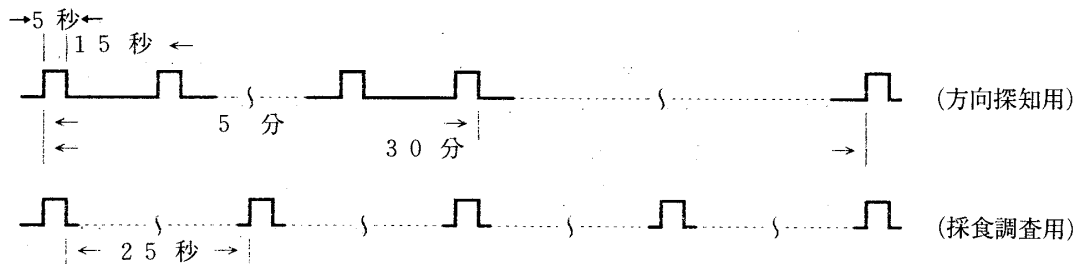


図1 送信機の電波発射間隔

## 4. 開発したシステム

### ① 送信機

送信機は発振部、高周波増幅部、電力増幅部、電波発射コントロール部、電源およびアンテナより構成した。そのブロックダイアグラムおよび形状を図2に示す。全体の重量は2kg以下にした。(重量の約70%以上が電池である)

発振部は50.63MHzの水晶振動子を用い、3倍のオーバートーン発振により所望の151.89MHzの周波数を得ている。水晶振動子の基本波発振方式を用いた方が発振効率が高いが150MHz帯の振動子は現在製造不可能である。また他の発振方式に簡単で電力効率の高い方法もあるが、気温が $-20\sim+30$ 度の環境の下で安定な周波数を確保する必要があるので不適當である。

コントローラは図1に示した発振間隔を正確に保つため、CMOS型水晶発振式プログラムタイマーとデジタルICを組み合わせて作製し、時間等の変更に自由度を持たせた。採食時であるか否かは、シカの頭部の上下行動を水銀スイッチにより検知し、電波の発射間隔を変更する方法を採用した。

当初、シカの移動の状況と採食状態を同時に行うことを目的に装置の開発を行ってきた(ロランでの測定を想定)が、本方式ではこれを同時に満たすことは不可能なため、それぞれ目的別の送信機を作製した。アンテナは利得 $-0.5$ dB波長 $\lambda/4$ のヘリカルホイップアンテナを用いた。アースは $\lambda/4$ のラジアルアースとした。

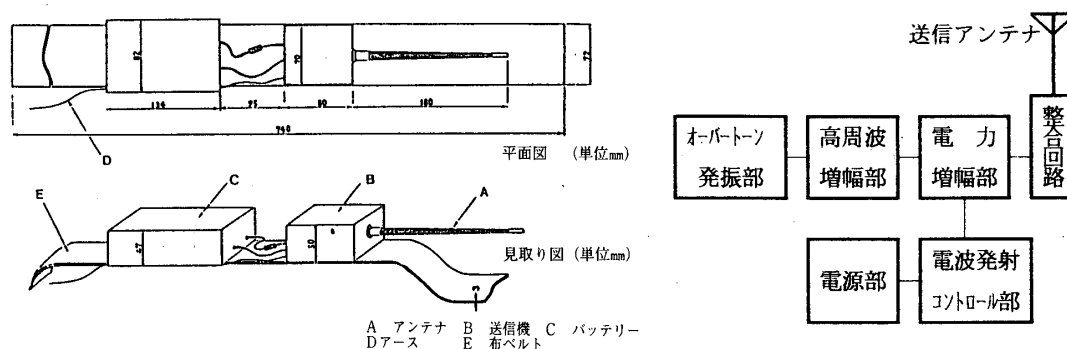


図2 送信機の全体の形状とブロックダイアグラム

### ② 受信機と受信設備

受信設備はテレメトリーシステム構成の中でもあまり制限されずに構成出来る部分であるが、電波の到来方位を正確に測定するためには、受信システムを一定の場所に固定した後、地図上で場所を特定し磁北を正確に合わせる必要がある。また、移動と設置が容易なものではないなどの制約がある。

受信機はアイコム製(IC-202)144MHz帯SBB受信機に151.89MHzを受信するためのRF増幅機およびコンバータをつけ、出力の読み取りのためにはSメータ出力を取り出し大型の電流計を駆動できるようにした。また、出力側に自作のTVC(Time Volt Converter)をとりつけ電波の発射間隔の違いを記録計に連続記録出来るようにした。

アンテナは、方位測定用に5素子の八木アンテナ（マスプロ 144WH5）で144MHz帯のものを改造しスタック型にしたものを用いた。また、採食時間調査用には144MHz帯 $\lambda/4$ のホイップアンテナを改造して用いた。

受信系設備の概略を図3に示す。

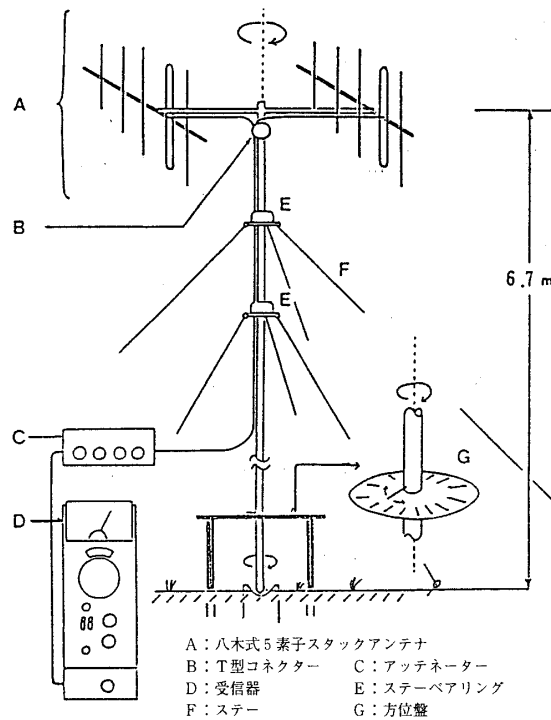


図3 受信系設備の概略

また、船舶用ロラン（150MHz帯自動方向探知機 JLD-1150 日本無線製）を利用して到来電波の測定の自動化を試みたが、ロランの受信構造は前述したアンテナ特性のデットポイントを用いたものであり、方位測定誤差が大きく、本システムには適さなかった。受信設備のブロックダイヤグラムは図4のとおりである。

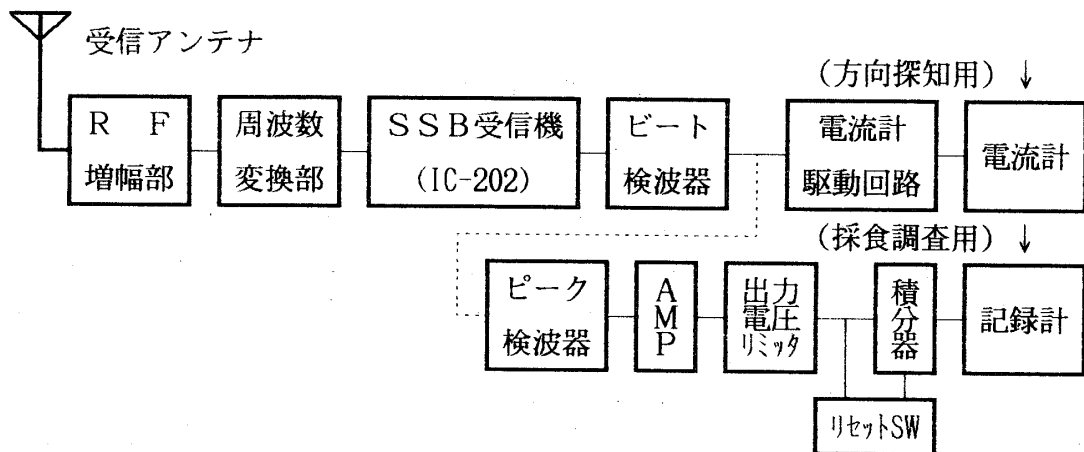
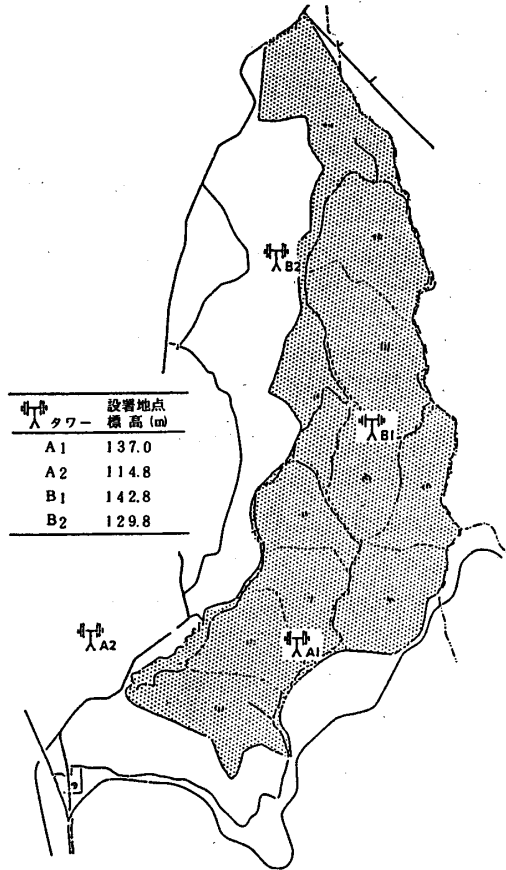


図4 受信設備のブロックダイヤグラム

### 5. 測定方法とデータ処理について

基礎実験および調査は、鹿追町「鹿追自然ランド」、様似町「アポイ山麓公園」、標茶町「京大北海道演習林」(行動圏および行動時間帯調査) および苫小牧市「北大苫小牧演習林」(採食時間帯調査)で行った。以下、京大演習林で行った行動圏の基礎実験の結果を例に述べる。

それまでの実験による結果から、送信器は出力を30mWとし4～6ヵ月間(季節により異なる)送信可能とした。受信機は前述のものを使用し、受信可能距離を約5kmとした。調査地点の地形および受信設備設置場所を図5に示す。



#### ① 方位測定について

方位測定は図3に示すように、アンテナを360度回転出来るように設置し、その角度を7.5度ごとに目盛った角度表示板に示すようにした。測定は0度から7.5度ごとにアンテナを回転しその時の受信出力を記録しておき、受信出力分布図を作成する。作成した分布図から明らかに反射波等の影響であると思われる部分を除き、半値幅法により電波の到来方向を求める方法を採用している。

図5 京大演習林の地形及び受信機設置場所

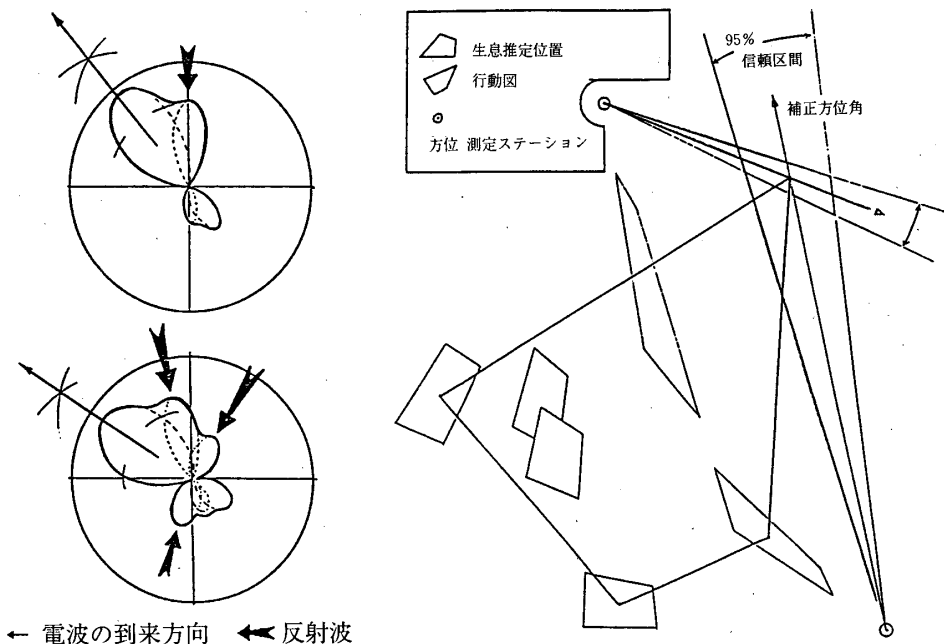


図6 半値幅法による到来電波の推定例と位置の推定法

調査は図5に示すA・B地点に受信機を設置し、演習林内を移動する送信機の位置を特定して行った。位置の推定は“error polygon” (Heezen & Tester, 1955; Springer, 1979) に従って位置を面で推定した。すなわち、図6に示す2点での受信点による測定方位にそれぞれの偏位角度を補正し、さらにその95%の信頼区間を求め交差部分を作図し位置を特定する。

調査全域に対する補正值は、A点で13カ所26回の測定から $-0.25^{\circ} \pm 4.74^{\circ}$  (平均偏位角とその95%信頼区間)、B点は14カ所78回の測定から $1.06^{\circ} \pm 5.55^{\circ}$ と算定した。

## ② 採食調査用システムについて

送信機は採食調査用に発振間隔を調整(図1に示す発振間隔)し、シカの首が下向きの時と上向きの時を水銀スイッチにより検知し、発振間隔を変えたものを使用した。すなわち、下向きを採食時と判定しているものである。

受信設備は、アンテナに無指向性ホイップアンテナを改造したもの、受信機は前述のもの、TVC及び記録計からなる。

測定法は、受信した電波をビート検波器により検波した後、自作のTVCによりその間隔を電圧の大きさに変換し、記録計に連続記録しておき採食時刻及び採食時間を調査するものである。

採食場所の特定は目視できる位置と時間帯については目視と合わせて行い、その他必要な場合は①の測定と合わせて行った。

基礎実験は、目視による観察と、本装置を使用して記録された結果を比較して行った。その結果、平地(草地)における採食行動では、大部分が下向きであり、その98.9%が記録計の結果と合致した(1982年伊藤・繁田)。しかし、雑木林やくまざさの中での採食は上向きのまま行われることが多いため、記録計には否採食時としてしかあらわれない。水銀スイッチによるセンサーは、シカの首の上下を検知することはほぼ正確に作動したが、採食の有無を表すには不適當であり、さらに検討が必要である。

## 6. まとめ

以上のシステムを用いて、捕獲したエゾシカに送信機を装着しその行動圏および移動の状態の調査を行った。その結果については帯広畜産大学大学院、小島晶(1982年度)、伊藤信明(1984年度)修士論文および野性動物分布実態調査報告書(北海道生活環境部自然保護課, 1987.3)に報告された。

従来受信アンテナ特性の半値幅法は消音法に比べ測定精度で劣り、手順も複雑で特に自動化には不適當な方法であるとされてきたが、以上の実験により山間部や移動して測定する場合のような、電波のマルチパスによる誤差の補正をあらかじめ行うことが困難な場合には本測定法の方が誤差が少なく有用であることが判明した。

今回開発したシステムは実用に供して来てはいるが、まだ改善すべき点も多い、第一に送信機の電源の寿命を伸ばすこと、第二にアンテナの指向特性の改善、第三にデータの採取の自動化、処理の自動化などである。

第一および第二については、最新の技術を駆使した専用機器を製作することによりかなり改善することが可能である。第三については、近年のコンピュータを使用した情報処理技術を活用するならば自動化は可能であり測定精度も数段改善されると思われる。

以上の実験を行うにあたって、装置の製作にご協力をいただいた当研究所、機械およびガラス工作室の諸氏に感謝いたします。また、帯広畜産大学・野性生物管理学研究室のスタッフのみなさんのご協力に感謝いたします。