

Location Estimation for Wild Animals

野生動物の生態調査用
位置推定システムの開発

東京工業大学 阿部 順一, 高田 潤一
土木研究所 傳田 正利
NTT-AT 明山 哲

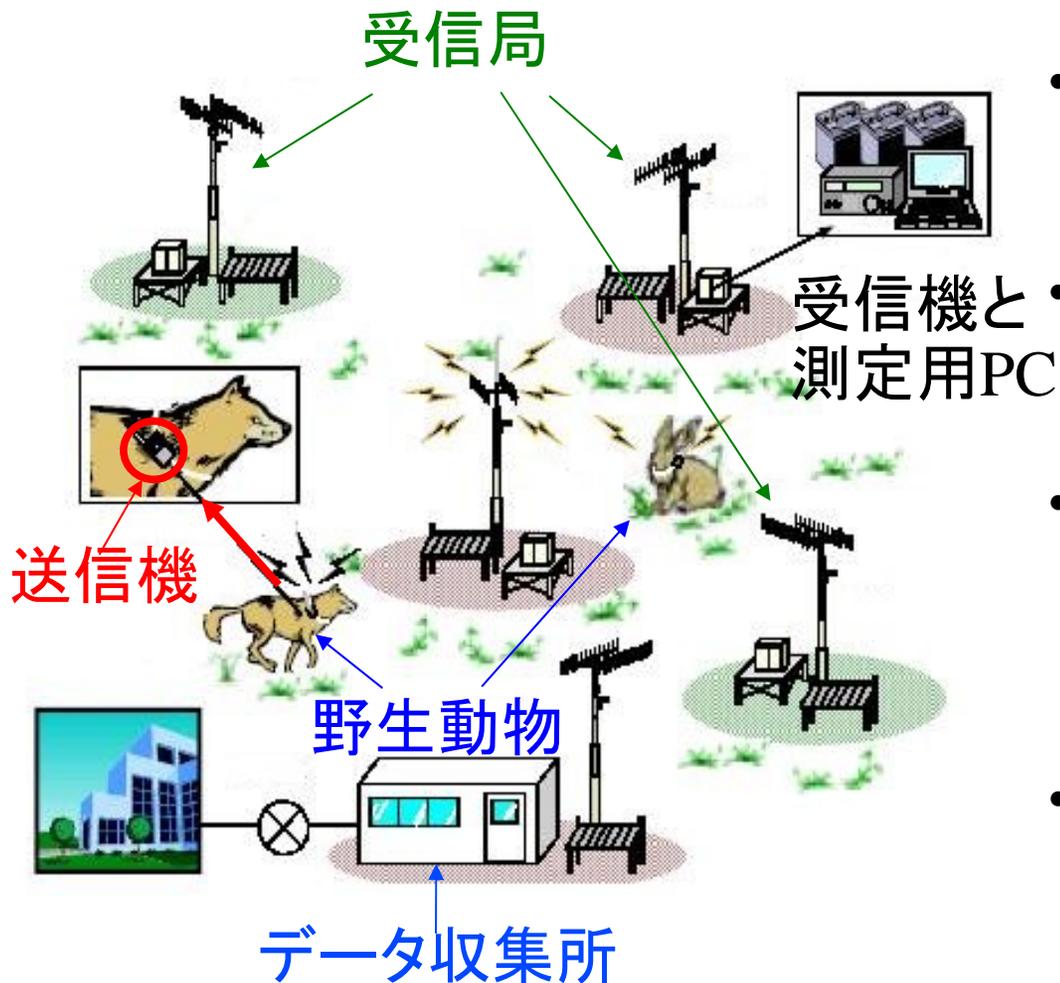
背景

- ・ 大規模な土木事業の環境への影響
 - 野生動物の生態環境の保護
- ・ 野生動物の生態調査
 - テレメトリシステム



観測に使用した狸

テレメトリシステム



- 野生動物に小型送信機を取り付ける
- 観測地に八木宇田アンテナを備えた受信局を設置
- 八木宇田アンテナを回転させ、動物からの電波の到来方向を推定
- 動物の位置を推定

観測地点と対象動物

観測地点は数百メートル四方の領域



観測地点の例：千曲川

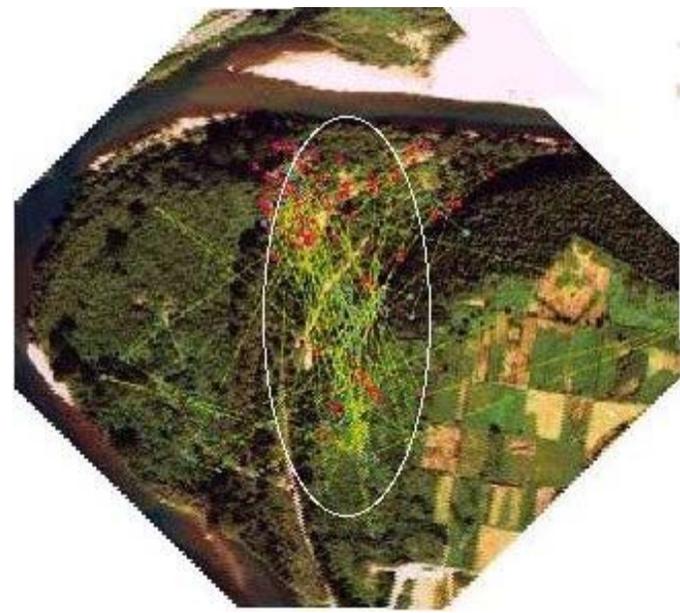
- 草地
 - 狸
 - 狐
- 川
 - 魚類
 - 鳥類(中州に住んでいる)

実際のテレメトリシステムの運用

- 河川の改修工事の事前と事後における、狸の生息地域の変化



改修工事前



改修工事後

現行のテレメトリシステムの問題点

- 高速に動物を追跡するのが難しい
 - 八木宇田アンテナを回転させて測定を行うため、測定間隔が2分以上かかる
- 連続観測可能期間が限られる
 - 小型送信機のバッテリーの寿命が2週間しかもたない

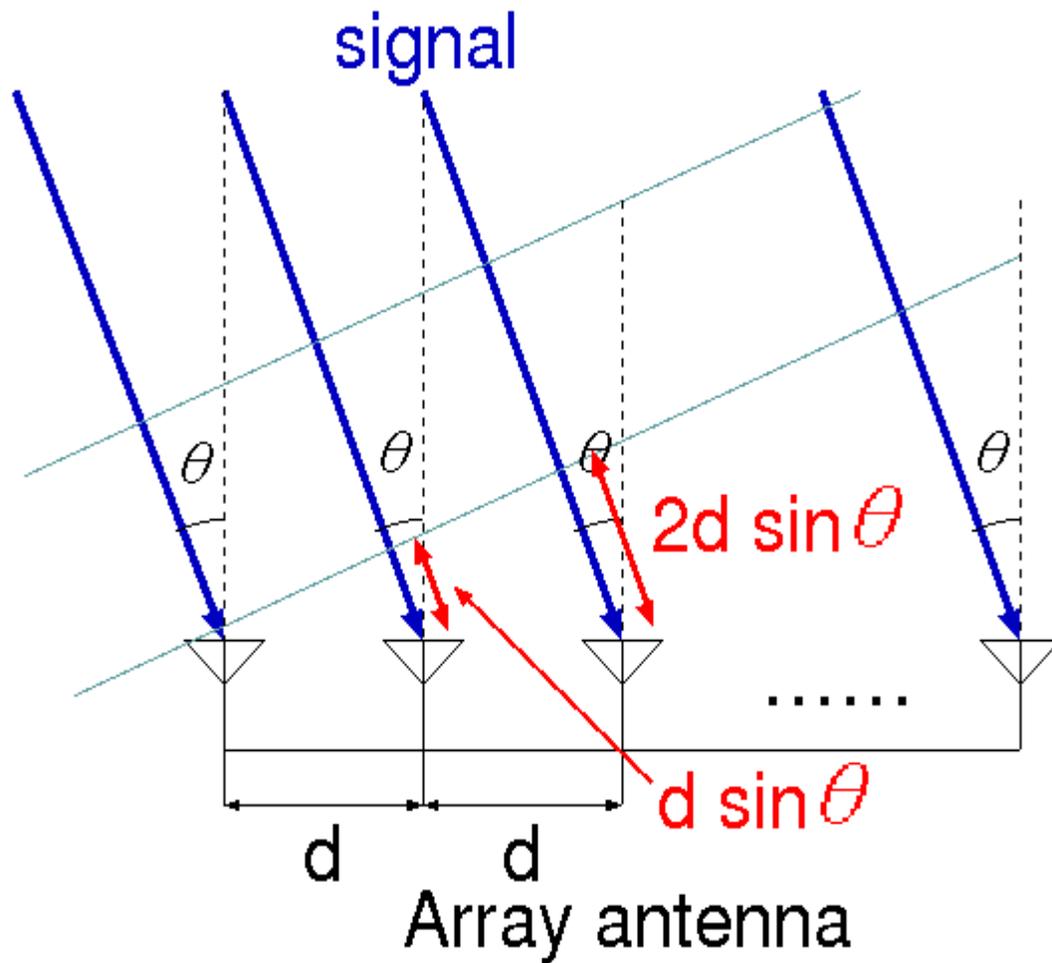
研究の目的

- 野生動物の**高速な追跡**
- 長期間の観測

提案

- アレーアンテナを用いた信号処理技術による
到来方向推定技術の活用
 - 到来信号の高速な方向探査が可能
- 間欠送信機の利用
 - バッテリーの有効利用

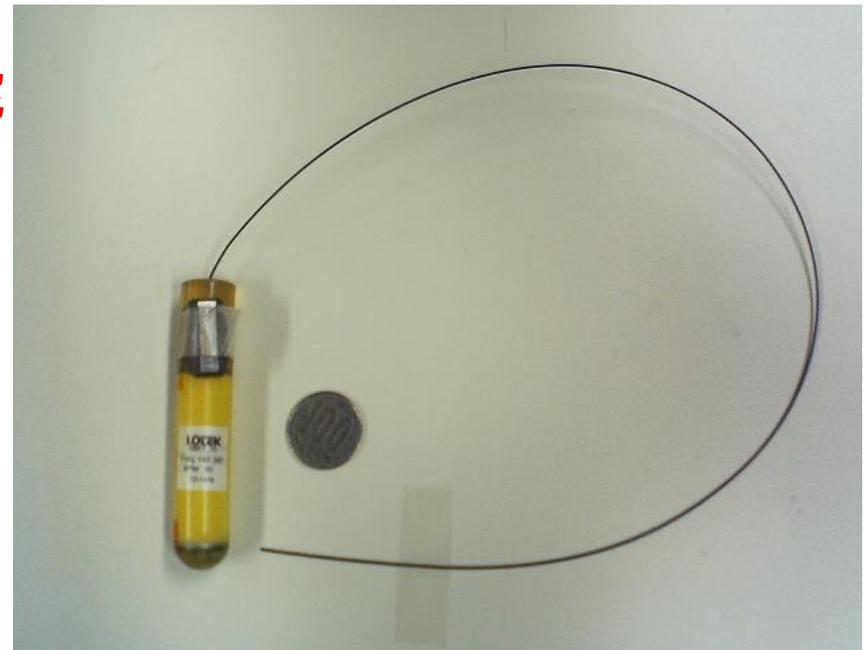
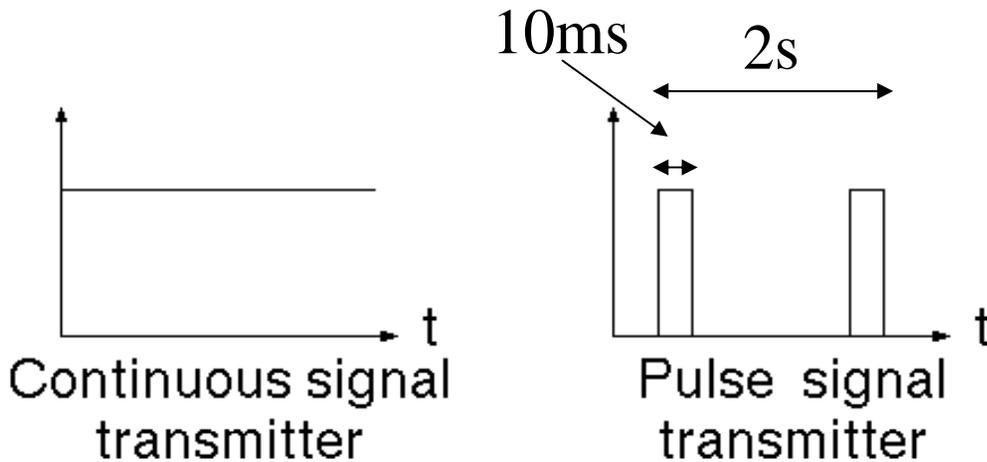
到来方向推定技術



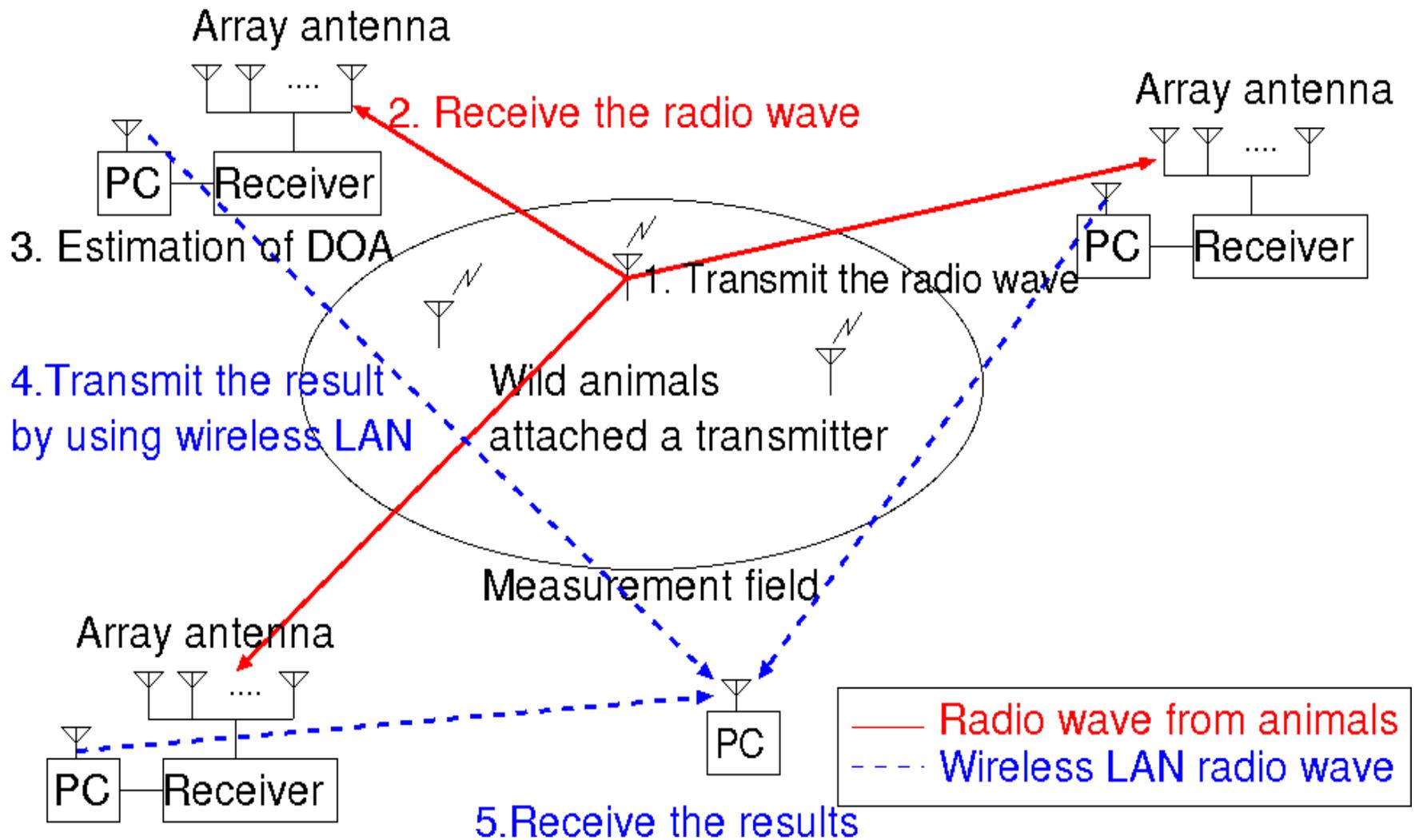
- それぞれのアレー素子の受信信号の位相差が与えられたとき, その到来信号の到来方向が推定できる
- アルゴリズム
 - MUSIC法

間欠送信機

- 間欠送信機の利用によるバッテリーの長寿命化
 - およそ1年間継続使用が可能
- 144MHz帯

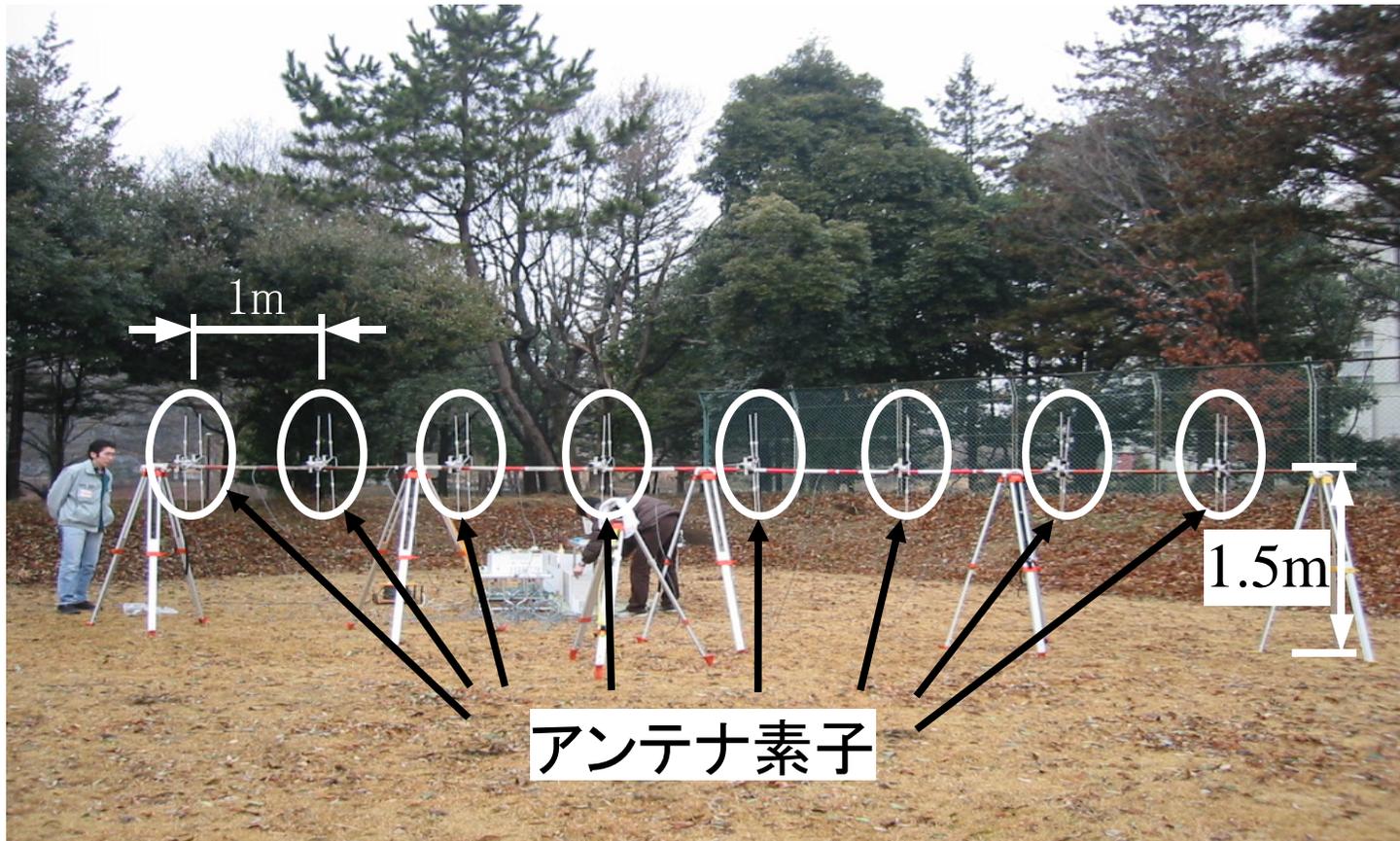


システムイメージ



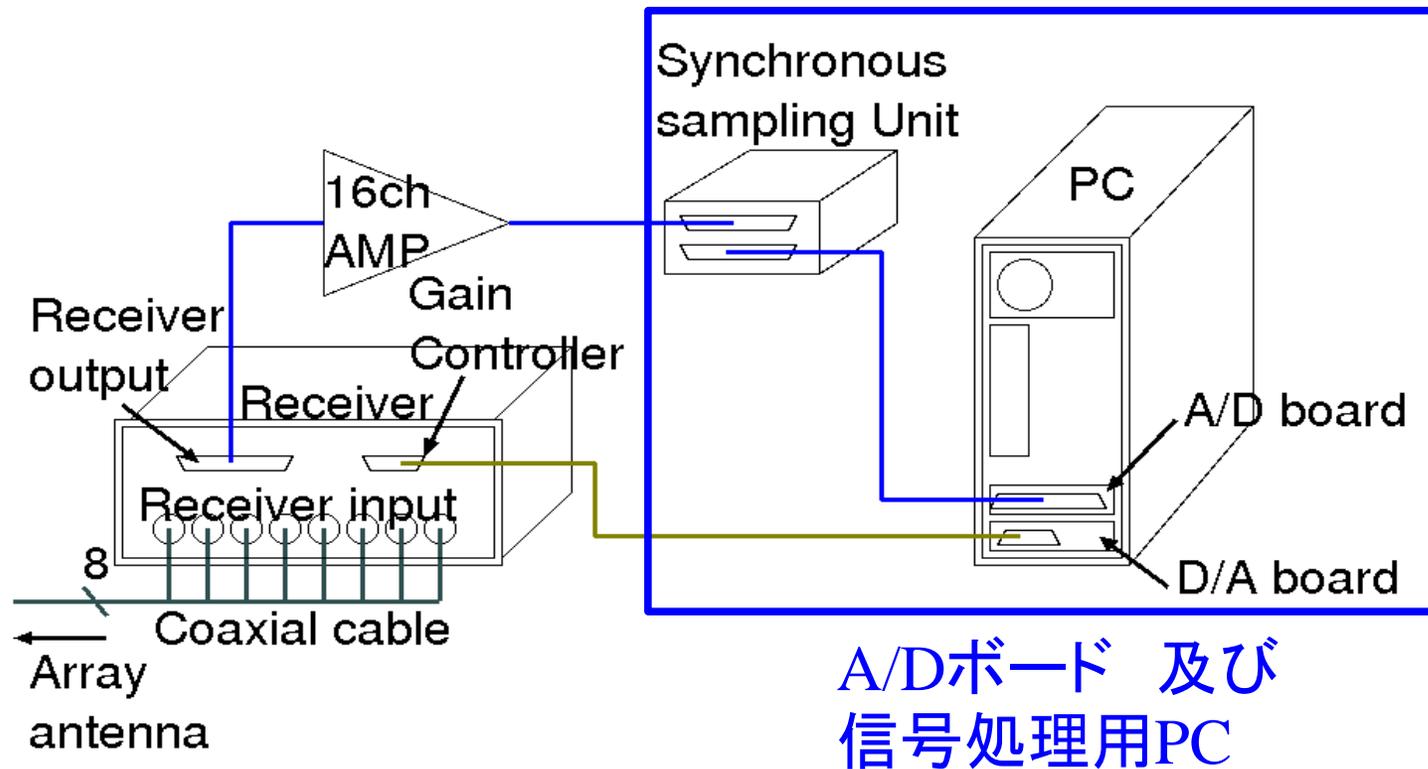
アレーアンテナ

- ・ 8素子アレーアンテナ



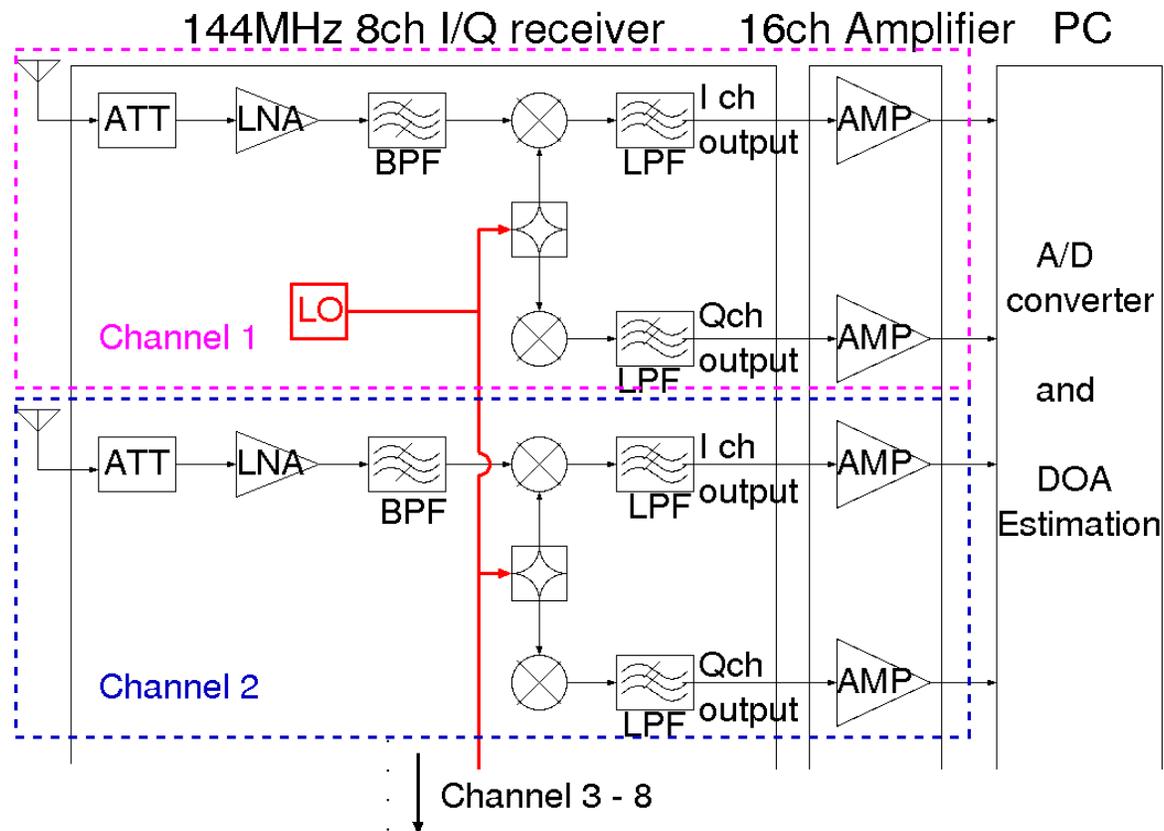
受信局

- 受信局は8チャンネルの専用受信機, 16チャンネルの受信信号増幅器, 16チャンネルのA/Dコンバータ, 信号処理を行うPCから成る



8チャンネル専用受信機

- すべてのチャンネルが共通の局部発振器を使用
 - 位相の同期のため

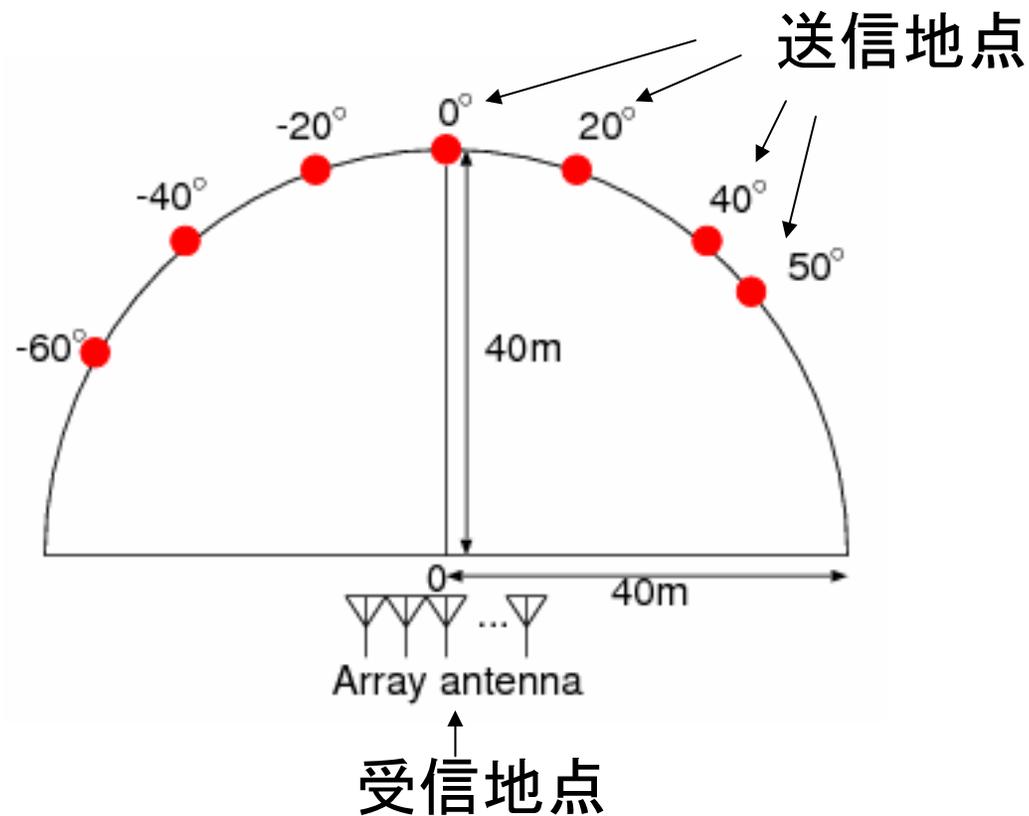


キャリブレーション

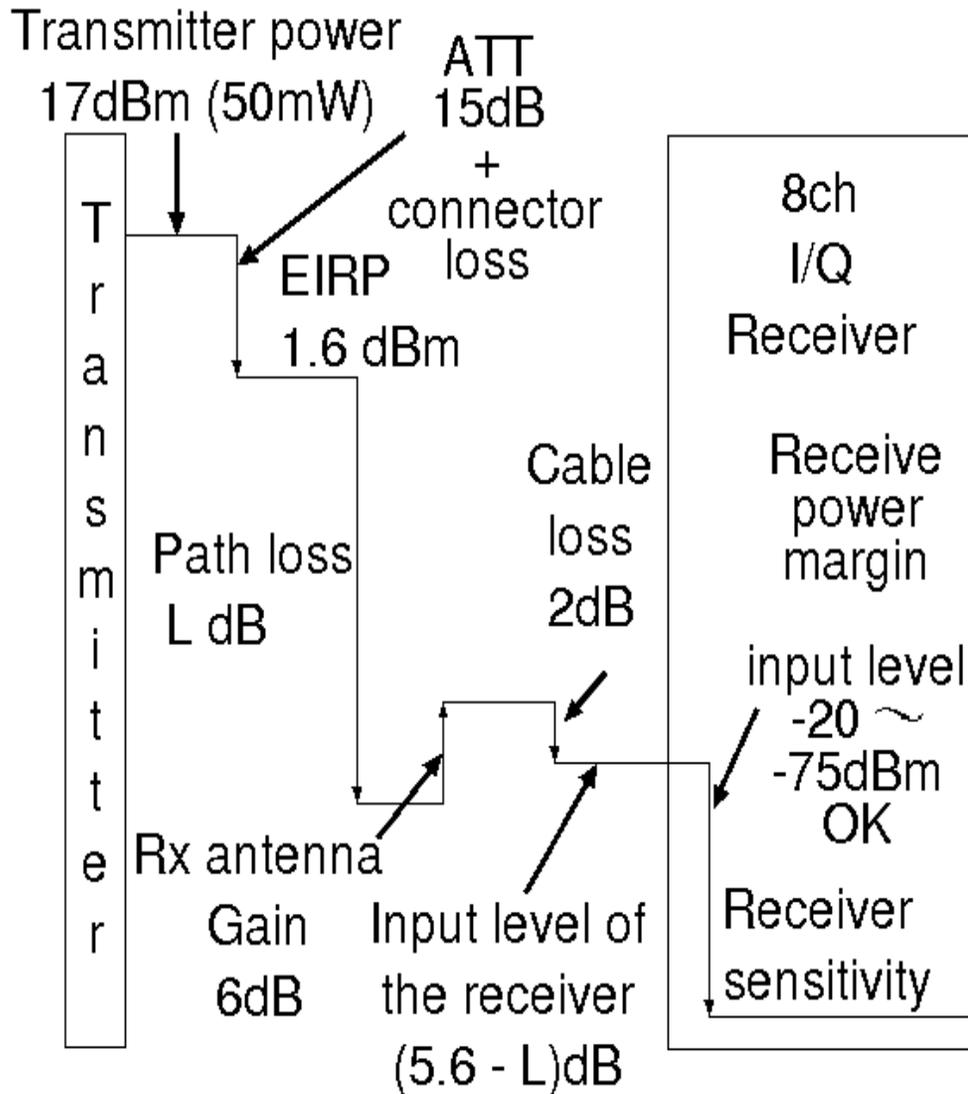
- 受信システムにより生じた各チャネルの信号間の振幅, 位相のずれを補正
 - 配線長の違い
 - インピーダンスのミスマッチ
 - 受信利得
 - 増幅器の利得
 - 温度特性によるハードウェアの特性の変化

フィールドテスト

- 土木研究所(筑波)のテストフィールドにて実験
- 7素子リニアアレーアンテナを使用



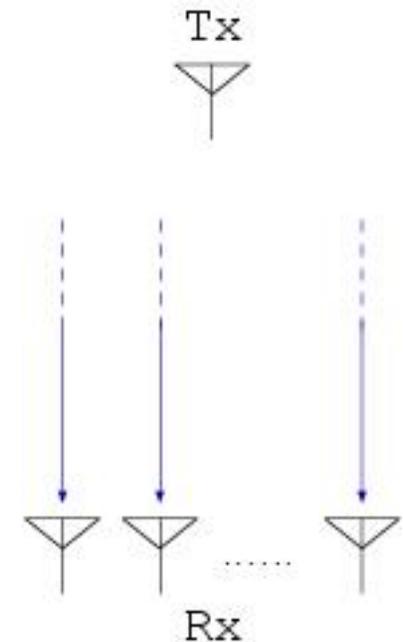
レベルダイヤグラム



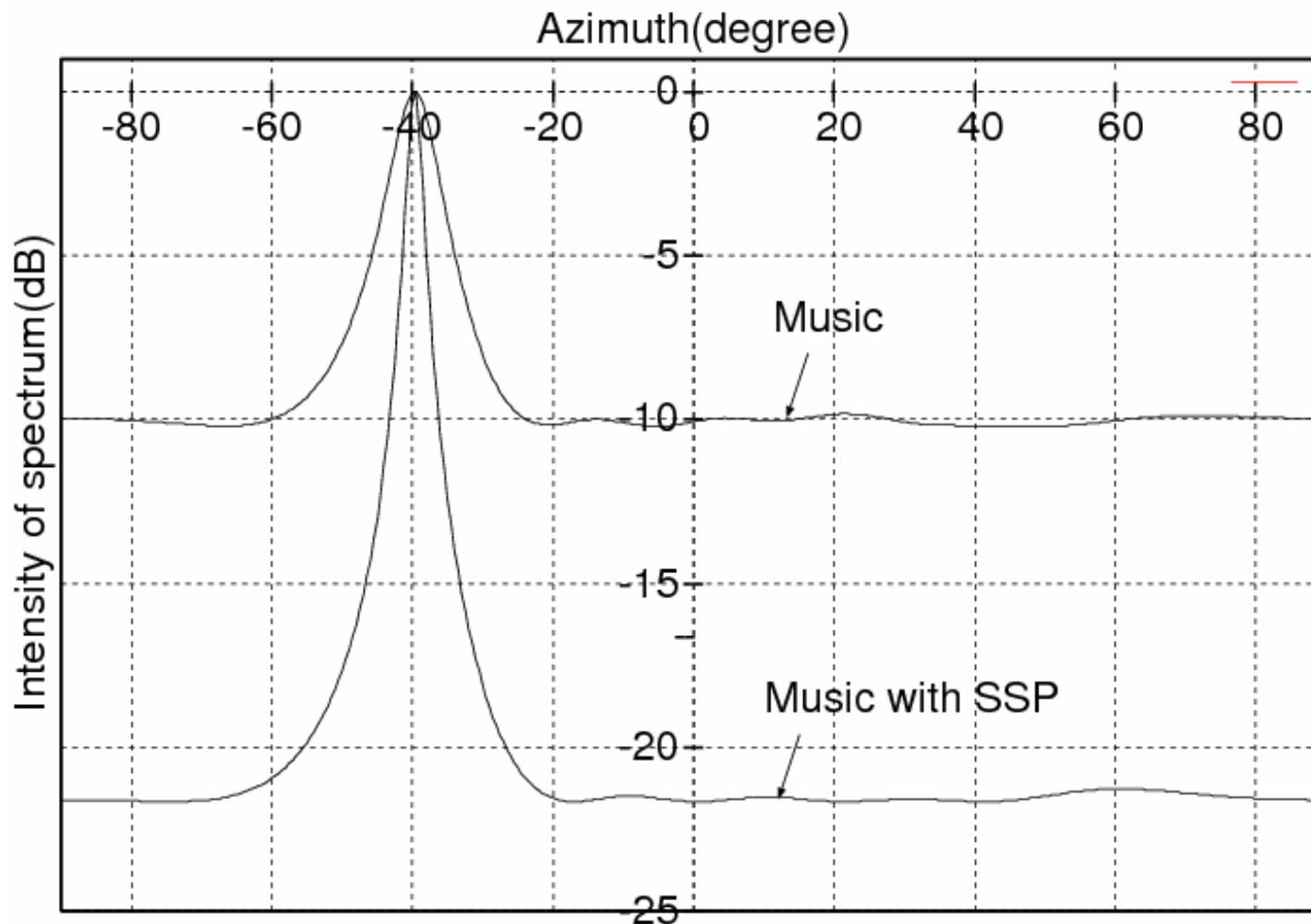
- 送信機にアマチュア無線機を使用
 - CWで送信
 - テレメトリ用送信機を模擬するために, EIRP (Equivalent Isotropic Radiation Power)を 1.6dBmに調整
- 受信電力マージン55dB
- 自由空間伝搬損失 (L):48dB (40m)

実験におけるキャリブレーション

- 0° 方向における受信データをキャリブレーションに使用
 - ハードウェアの温度特性による測定結果の変化が大きいため、オンサイトキャリブレーションが必要



計測結果 (MUSICスペクトル)

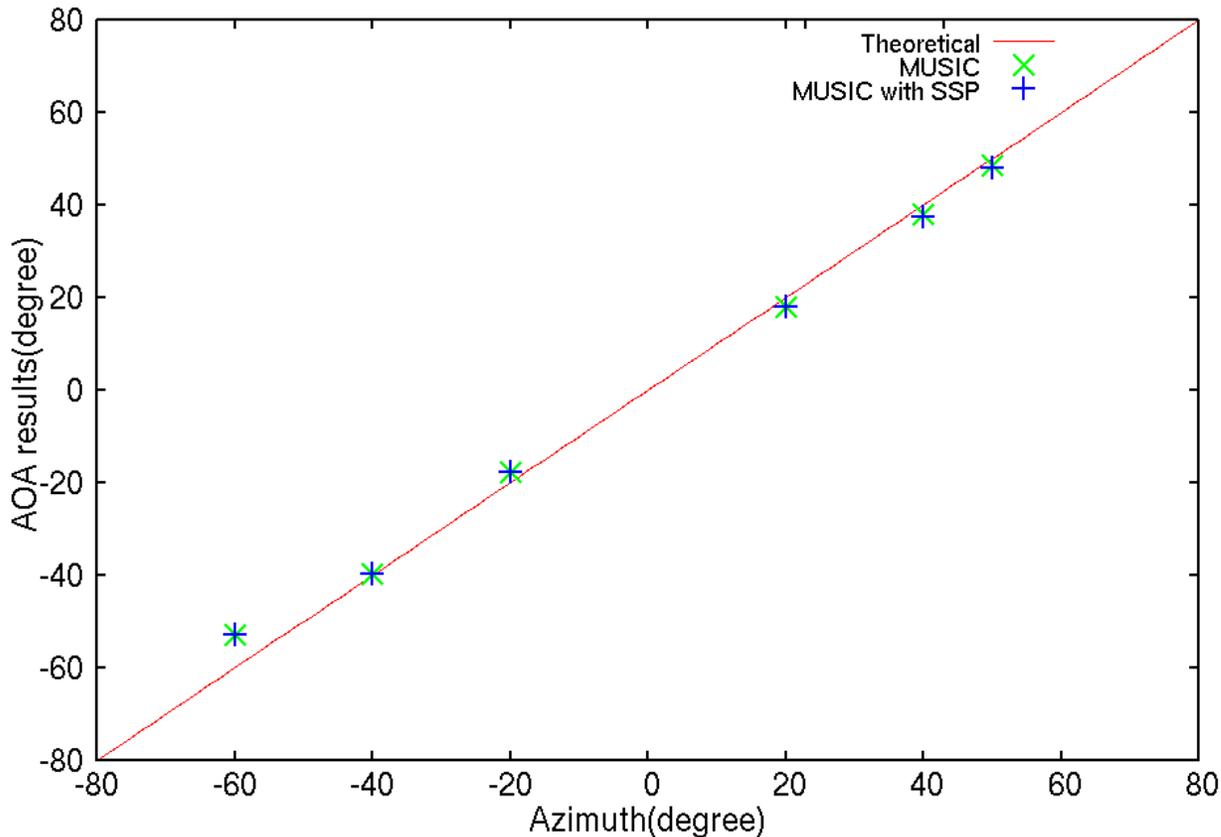


実際の到来方向: -40.0° 推定結果: -39.6°

SSP:空間平均法.

素子間隔やアンテナ指向性のばらつきを平均化

測定結果



- -60° 以外の測定データは推定誤差 3° 以内
- -60° で誤差が大きいののは、アレーアンテナ素子に使用したHB9CVの指向性に起因？

結論

- 新たなテレメトリシステムの提案と実装を行った
- フィールドテストでのフェージビリティ確認
 - 精度のよい到来方向推定ができることを確認
 - 野生動物の行動のリアルタイム追跡において、初めてその可能性を示した

結論

	従来システム	提案システム
アンテナ	八木宇田アンテナ	アレーアンテナ
測定間隔	120秒	10秒
送信機	連続送信	間欠送信
高速追跡	困難	可能

今後の課題

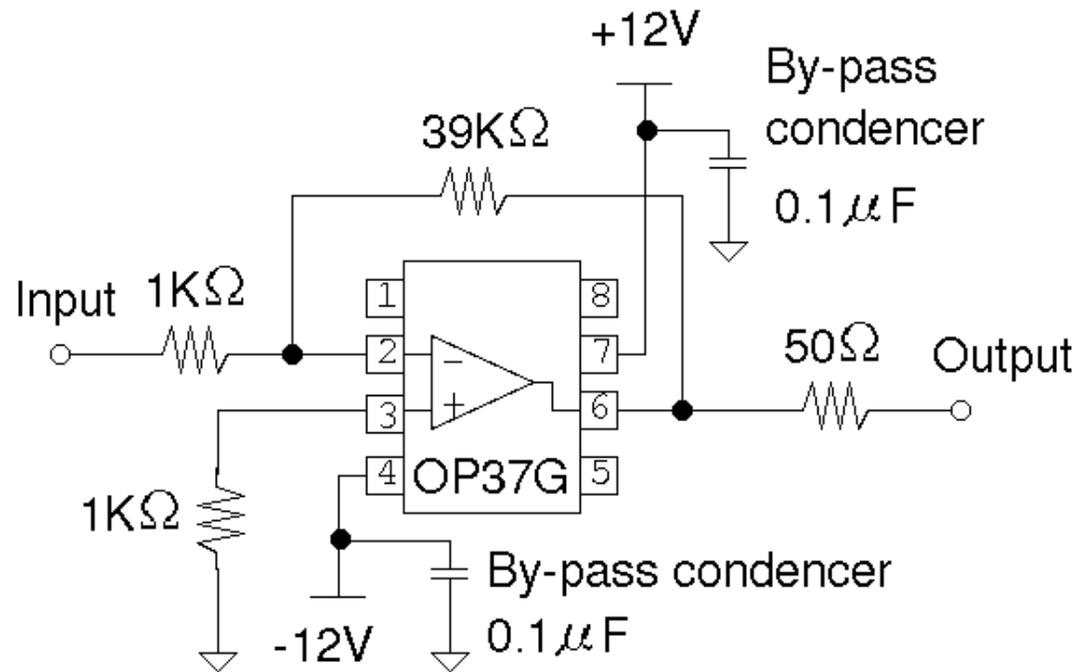
- システム全体の完成
 - 受信局を増やし、動物の位置を特定できるようにする
- マルチパス環境の評価
 - 植生
 - 地形
- アレーアンテナのサイズの検討
 - アンテナのサイズが大きいため、より高い周波数の使用

測定結果

Tx Point(degree)	MUSIC Estimation(degree)	MUSIC with SSP Estimation(degree)
-60	-52.91	-52.87
-40	-39.63	-39.64
-20	-17.59	-17.82
20	18.14	18.06
40	38.00	37.44
50	48.64	48.03

16-channel amplifier

- To amplify the output signal from the receiver
 - 39x (Rx output : 260mV → A/D converter input : 10V)



Inverting amplifier

16-channel amplifier

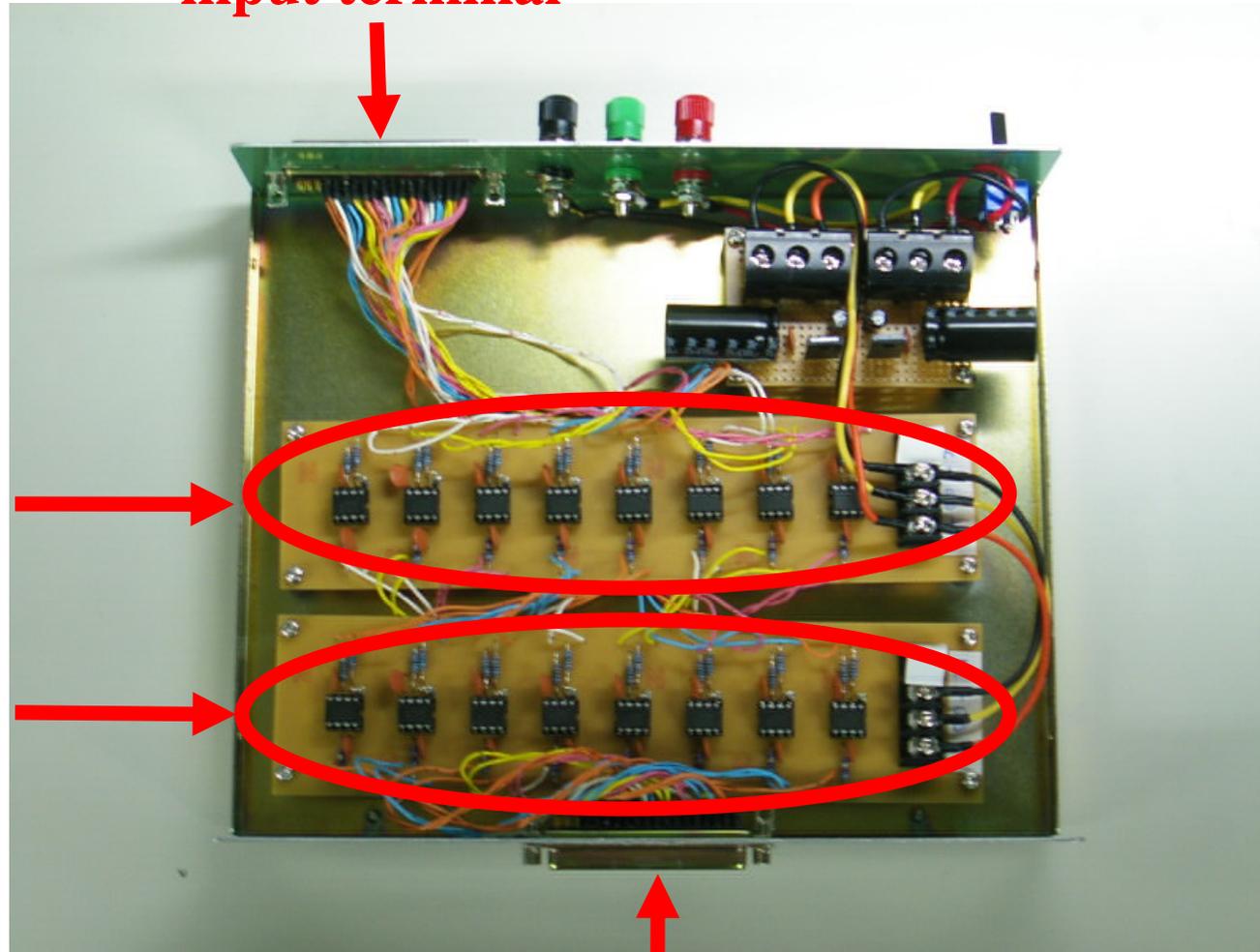
input terminal



8 channels



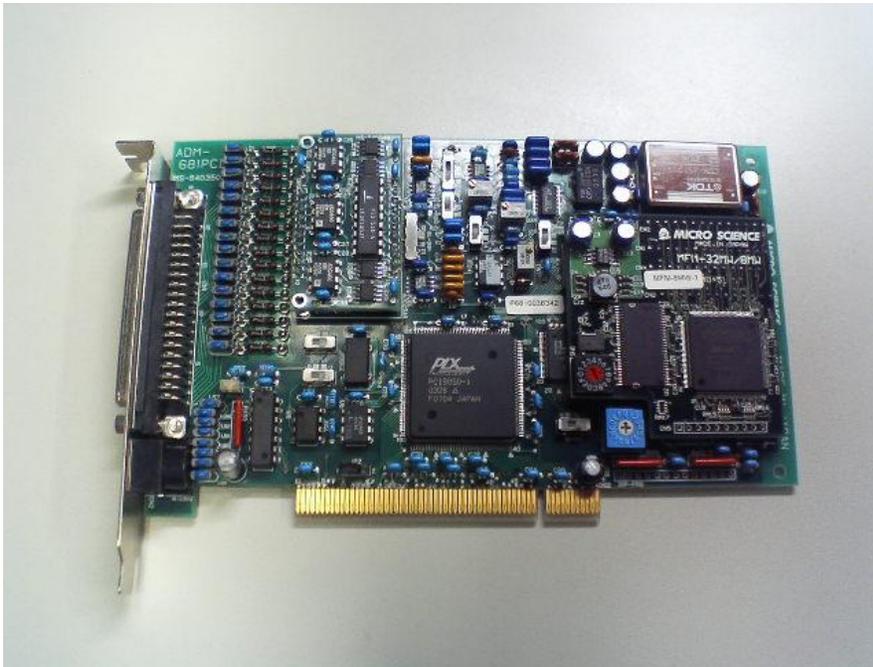
8 channels



output terminal



A/D board



- 16-channel synchronous sampling
- Sampling speed is 47KHz