



ILS GPの近傍モニタアンテナ による遠方特性推定法の検討

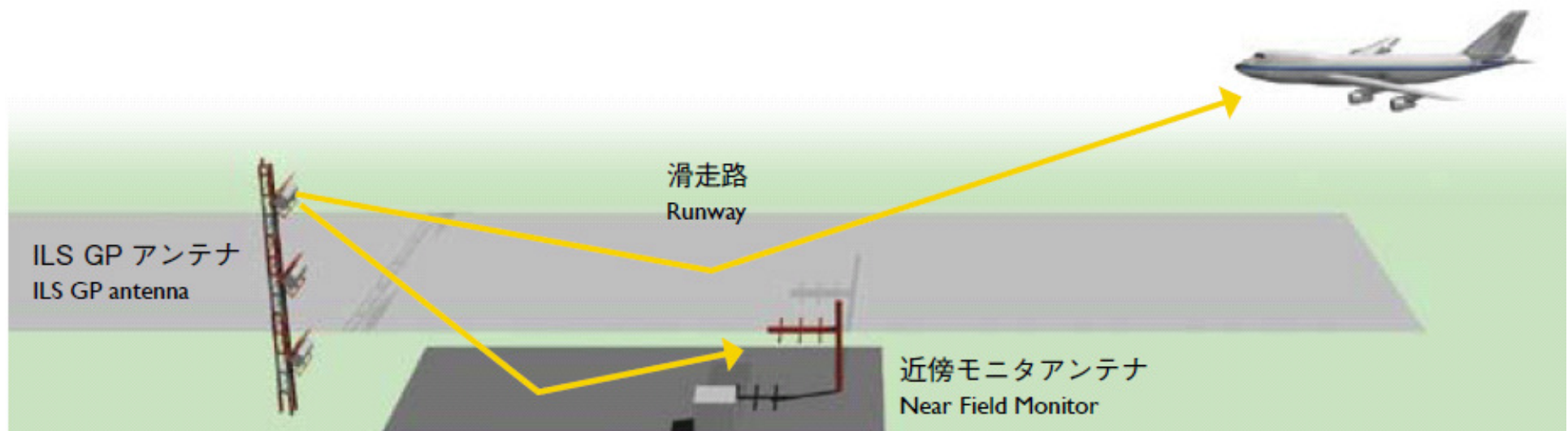
※ 田嶋 裕久、横山 尚志、
朝倉 道弘（機上等技術領域）
中田 和一（青森大学）

内容

- 背景
- ILS(計器着陸システム) GP(グライドパス)の距離に対する変位特性
- 遠方特性の推定方法
- スケールモデル実験
- まとめ

背景

- 航空機の着陸誘導の信頼性を保証するため、近傍モニタにより、ILS GPの電波をモニタ
- 実際に航空機が使用する遠方域での電波状況と違いがあるが、LLZのような遠方モニタは不可能
- 近傍域の電波状況は積雪等の自然環境の変化による遠方域の電波状況の変化に比べ過敏に変化することが知られており、不要な装置シャットダウンを引き起こす要因



モニタと遠方特性との 高い相関性が必要

CAT II、IIIでは

- 完全性 (Integrity, $1 - 0.5 \times 10^{-9}$)

異常電波の見逃しは

2×10^9 回の着陸あたり1回未満

(毎年10,000回の飛行試験をしても

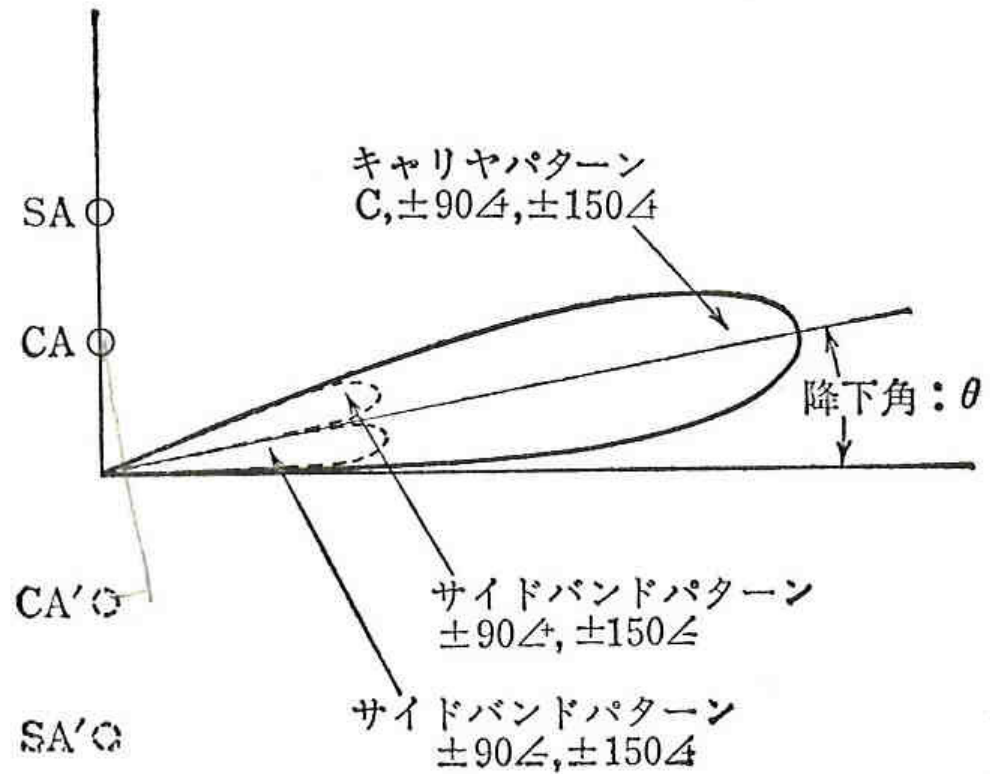
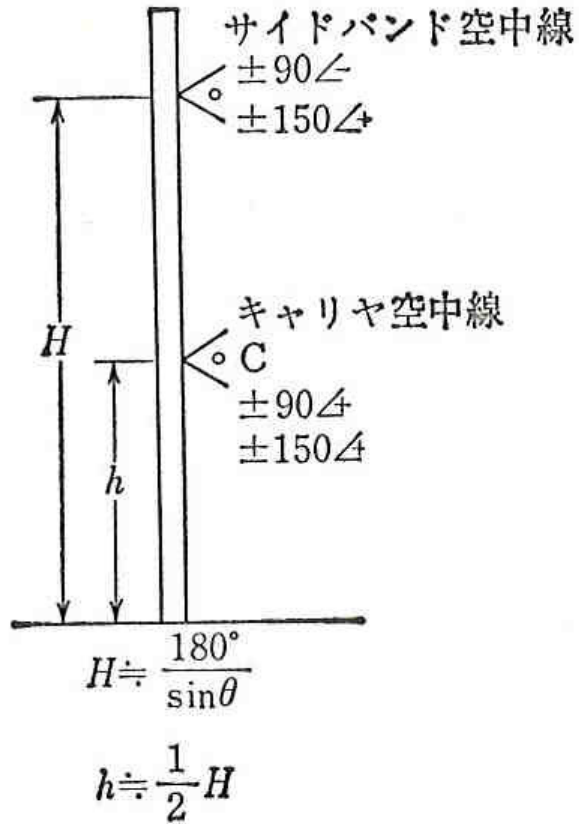
200,000年かかり、実証はできない)

- 継続性 ($1 - 2 \times 10^{-6}$)

平均2,000時間以上連続して運用

不必要なシャットダウンを減らす

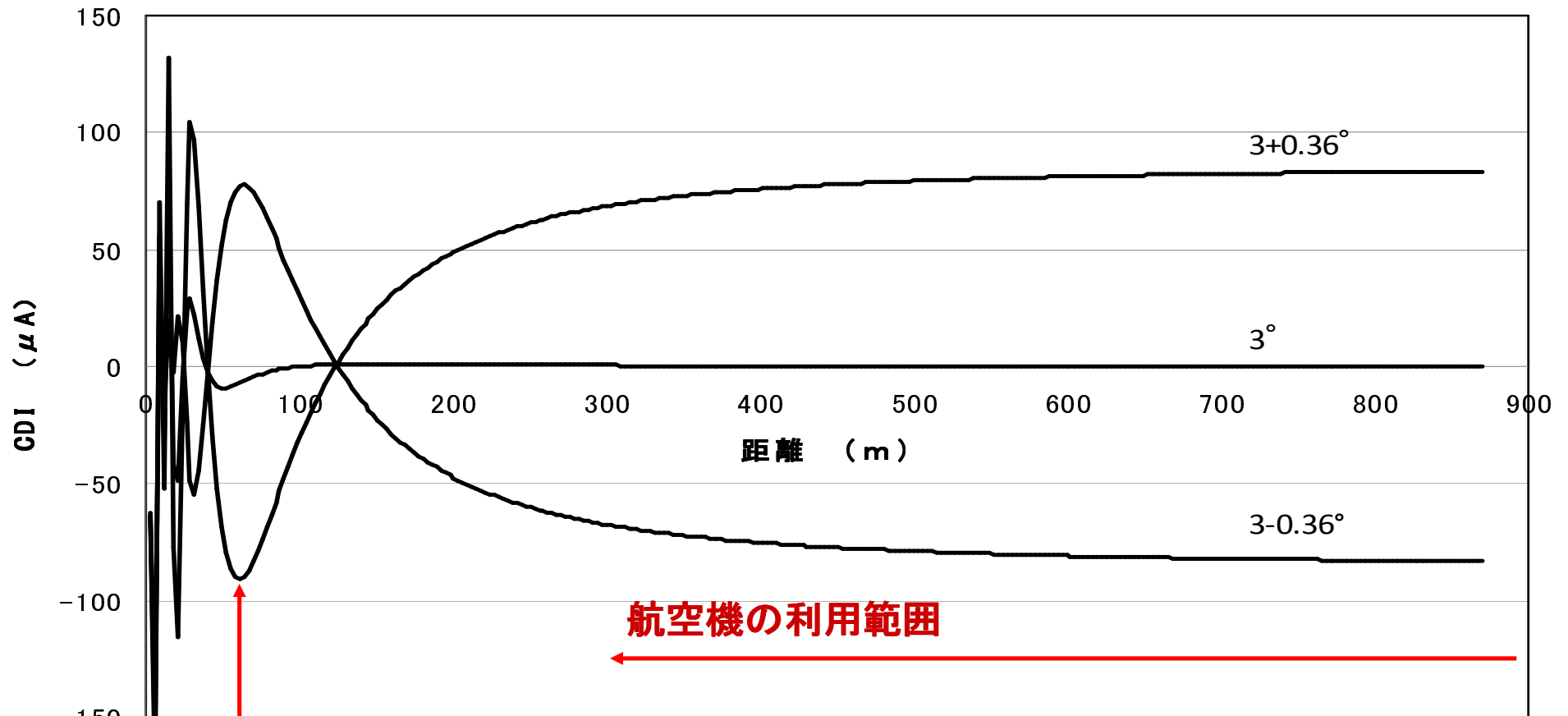
ILS GPアンテナと遠方パターン



(岡田實編、航空電子装置より)

近傍においてパス幅は反転

CDI (Course Deviation Indicator) の指示



近傍モニタ
設置位置

図1. ILS GPの距離に対する表示感度の計算例

送信素子の信号の推定

送信アンテナ素子

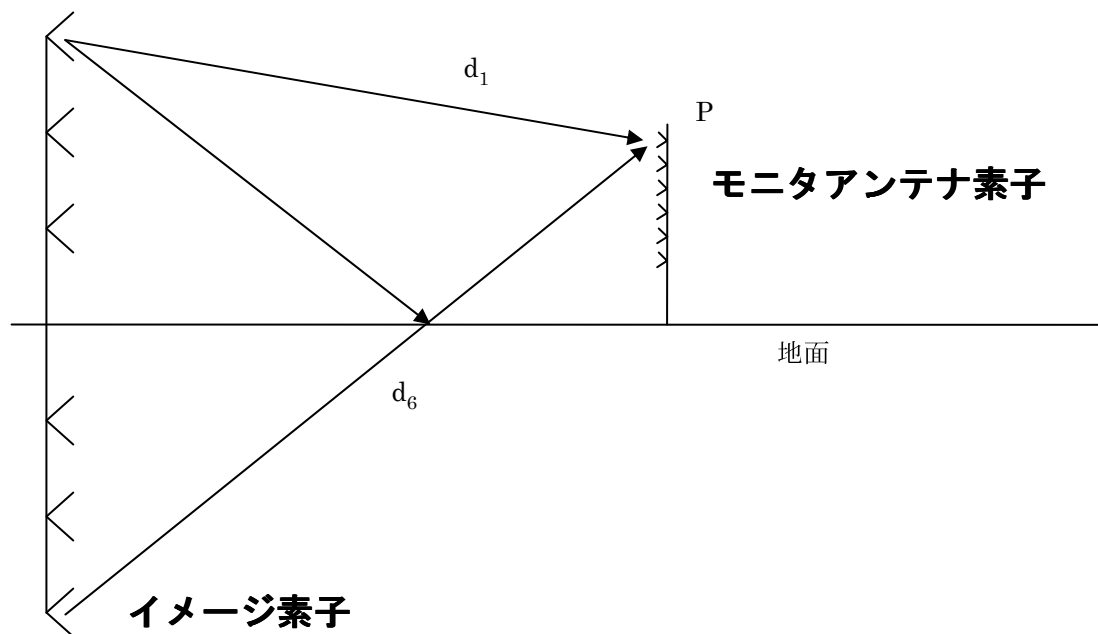


図2. ILS GPモニタアンテナ位置関係

$$s = C\sqrt{T} \sum_{i=1}^n R_i \sqrt{G_{ti} G_{ri}} \frac{e^{jkd_i}}{d_i} a_i$$

s は受信アンテナにおける電圧

C は定数, T は送信電力

n は送信アンテナの素子数

a_i は*i*番送信素子の信号の複素係数

d_i は素子*i*と受信点までの経路長

R_i は実際の素子では1でイメージ素子の場合は地面の反射係数

G_{ti} , G_{ri} は送信と受信の素子の電力利得

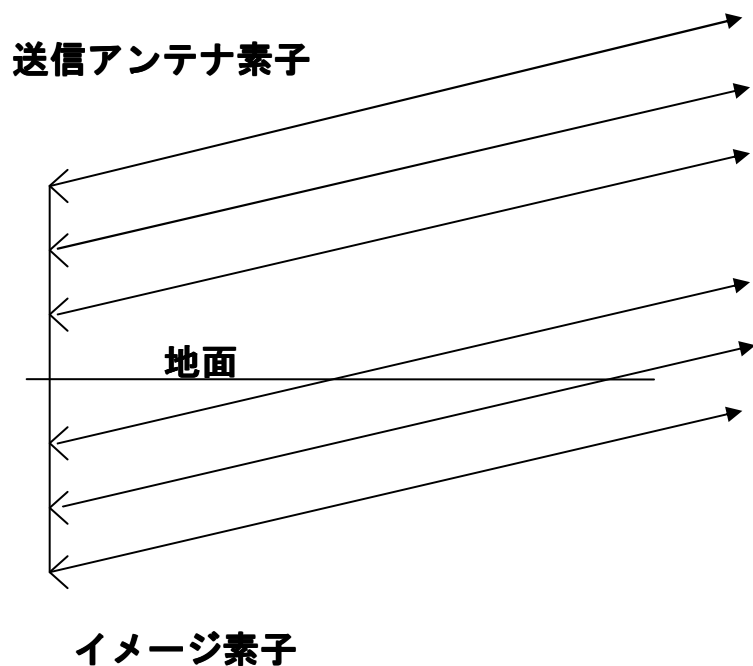
$$s = Fa$$

$$f_{il} = C\sqrt{T} R_{il} \sqrt{G_{il} G_{ril}} \frac{e^{jkd_{il}}}{d_{il}}$$

F は伝搬係数を表す複素係数行列

$$a = F^{-1}s$$

遠方の信号の推定



S_f 遠方のある1点
における信号

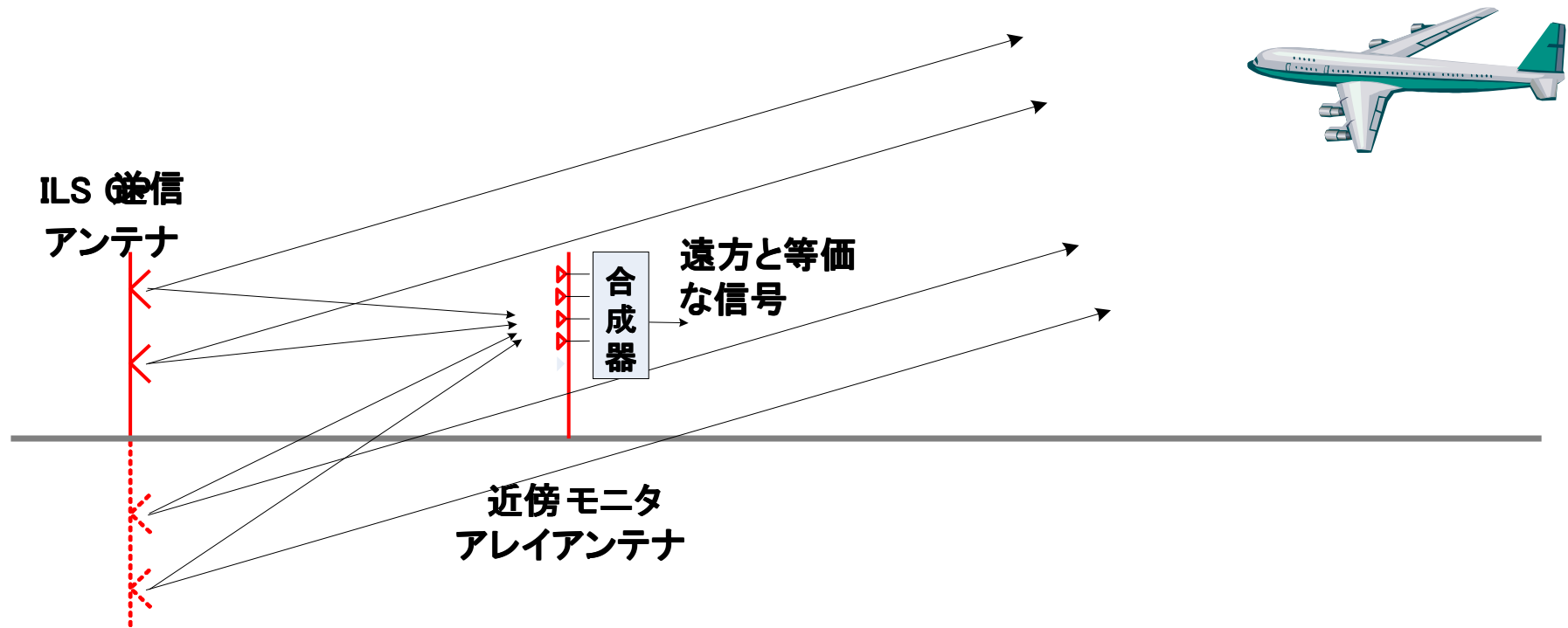
$$s_f = f^T a = f^T F^{-1} s = m^T s$$

$$m^T = f^T F^{-1}$$

合成係数 m の
信号合成器で合成

図 ILS GPアンテナ位置関係

アレイアンテナにすることによって モニタ特性の改善が可能



送信系による誤差は推定可能

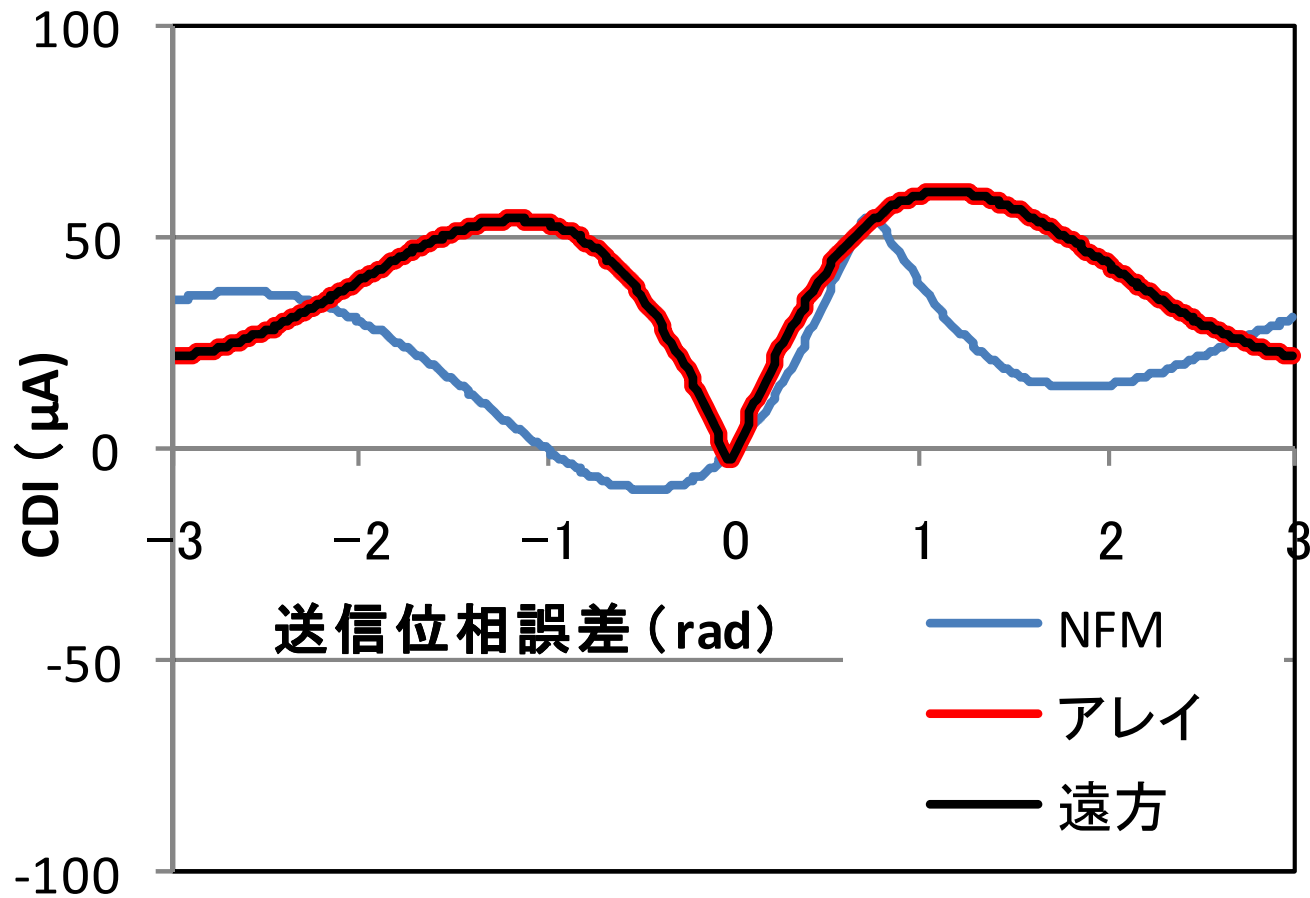


図3 アンテナ位相誤差とモニタ特性

環境による変動はさらに修正が必要

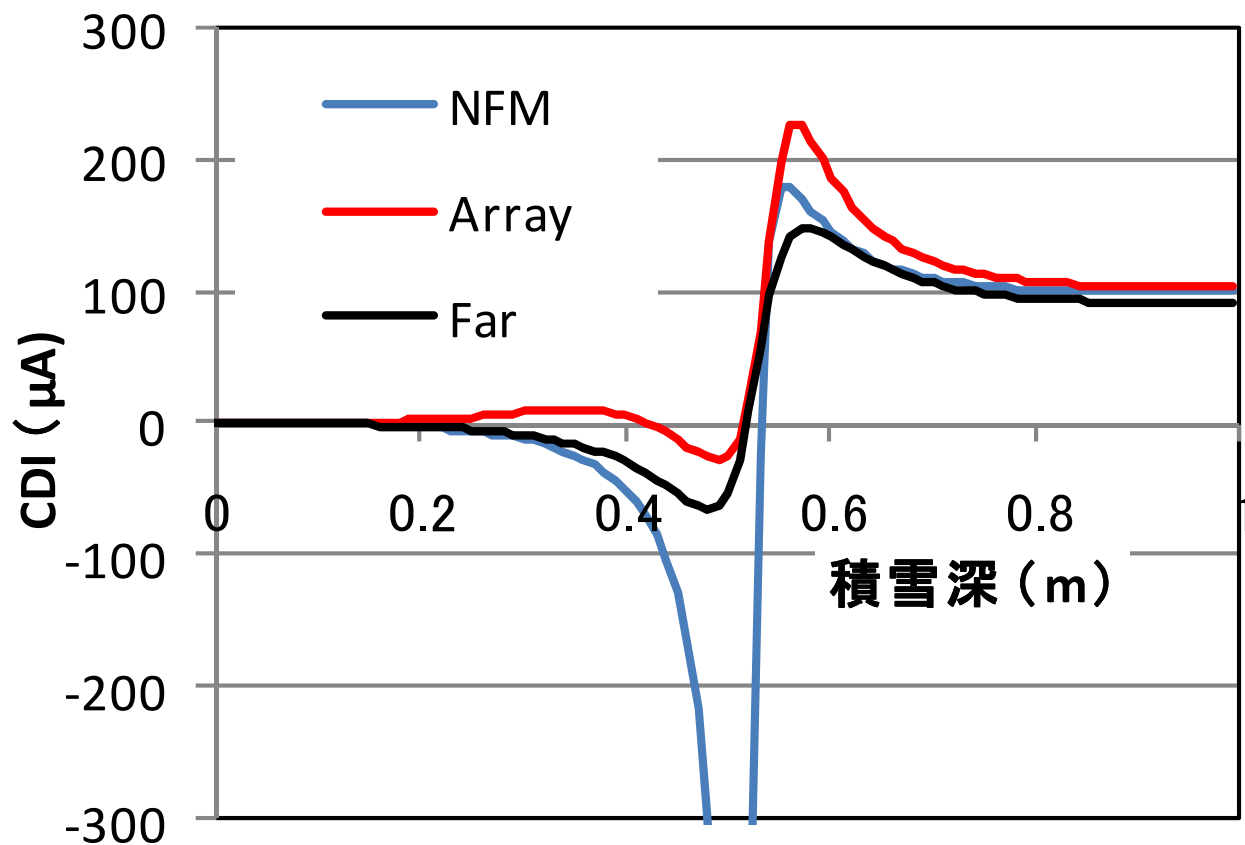


図4 アンテナ位相誤差とモニタ特性

電波無響室における実験

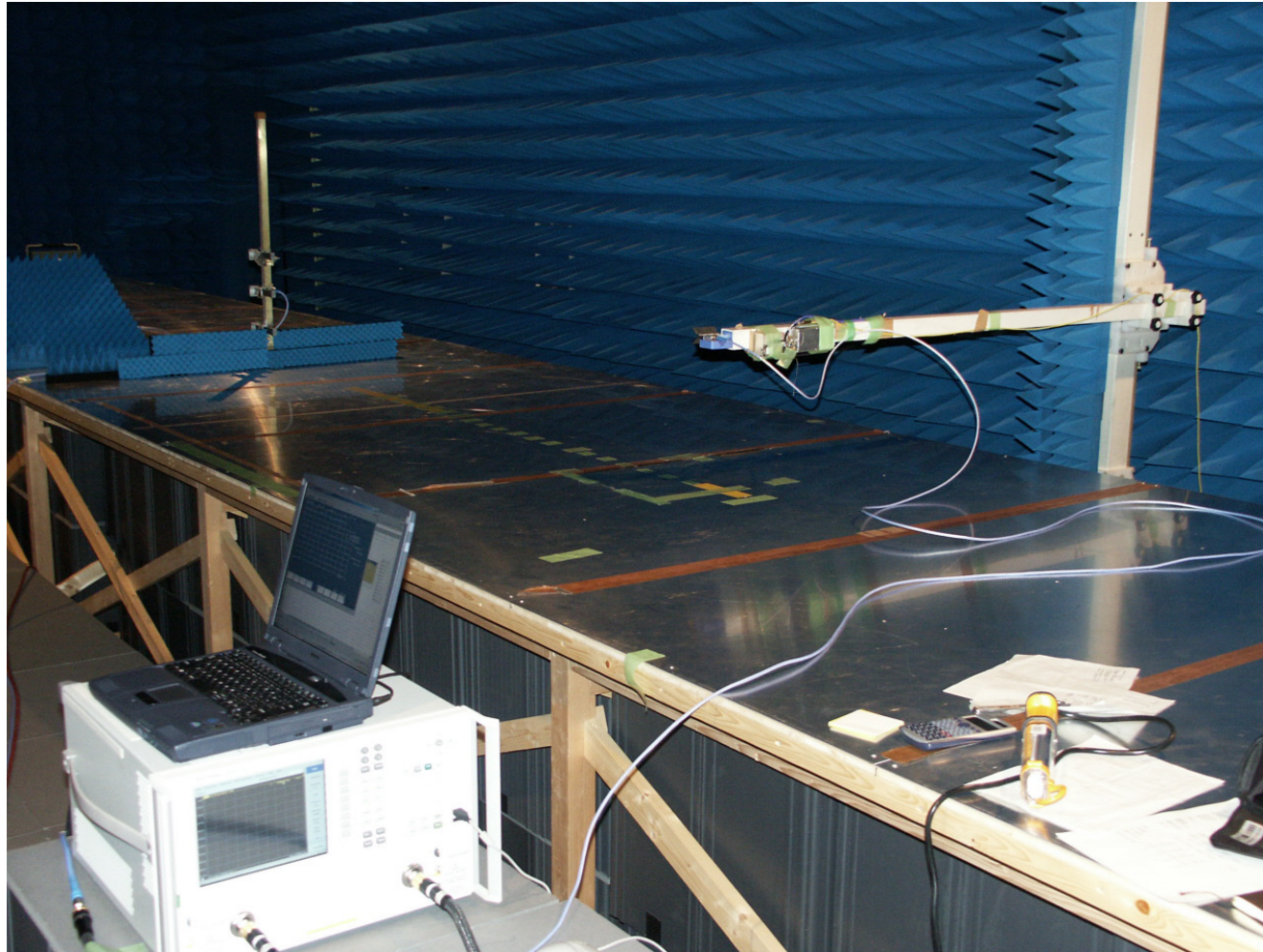


図7 GPアンテナの前方の振幅と位相測定

電波無響室における実験

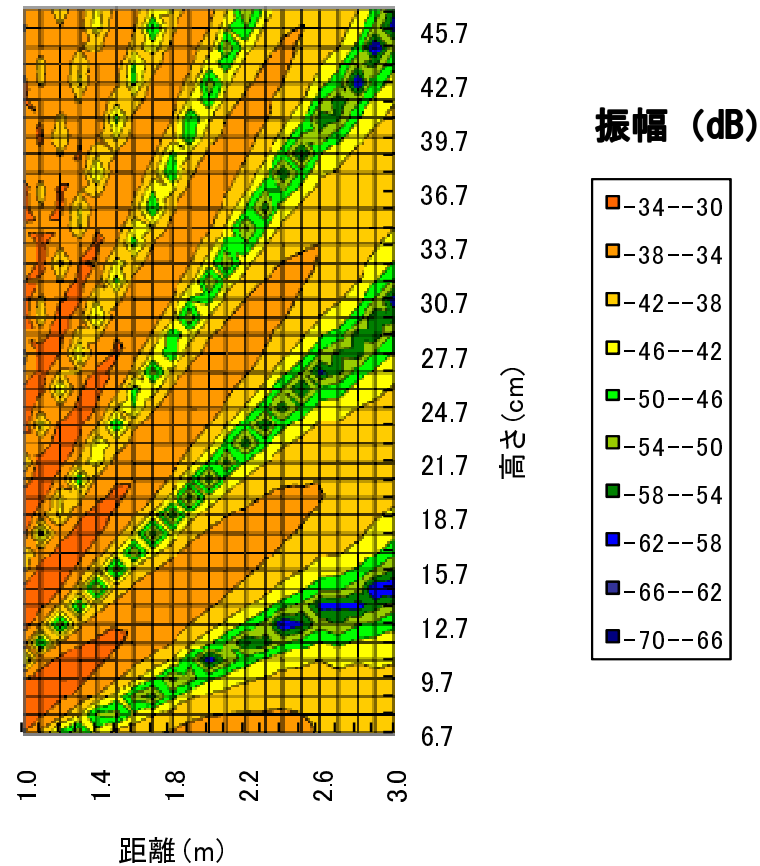


図5 サイドバンドアンテナ垂直面振幅分布

電波無響室における実験

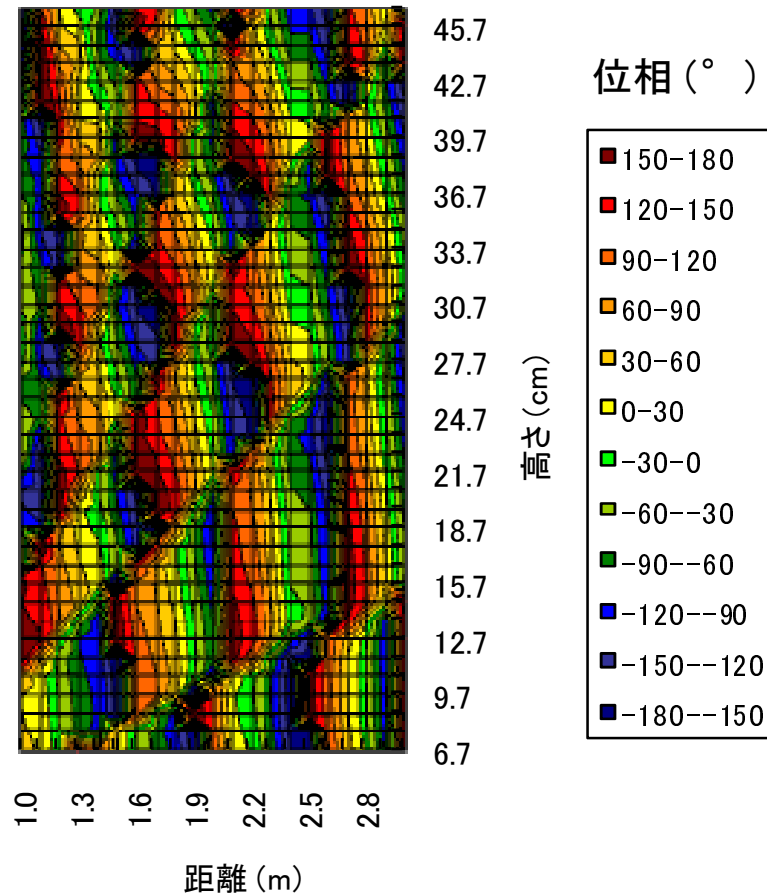


図6 サイドバンドアンテナ垂直面位相分布

電波無響室における実験

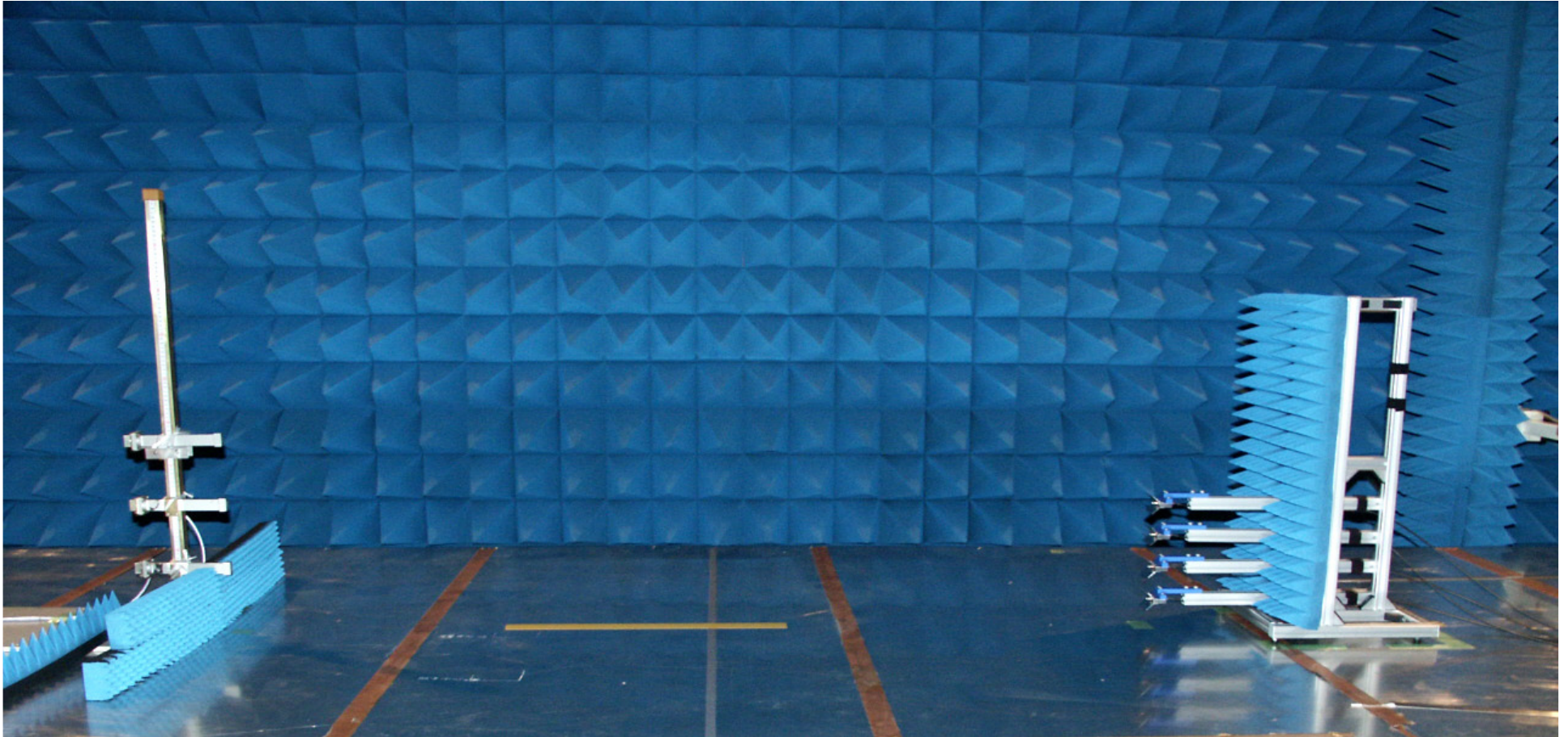


図8 GPアンテナ(左)とモニタアンテナ(右)

信号合成器の誤差の影響

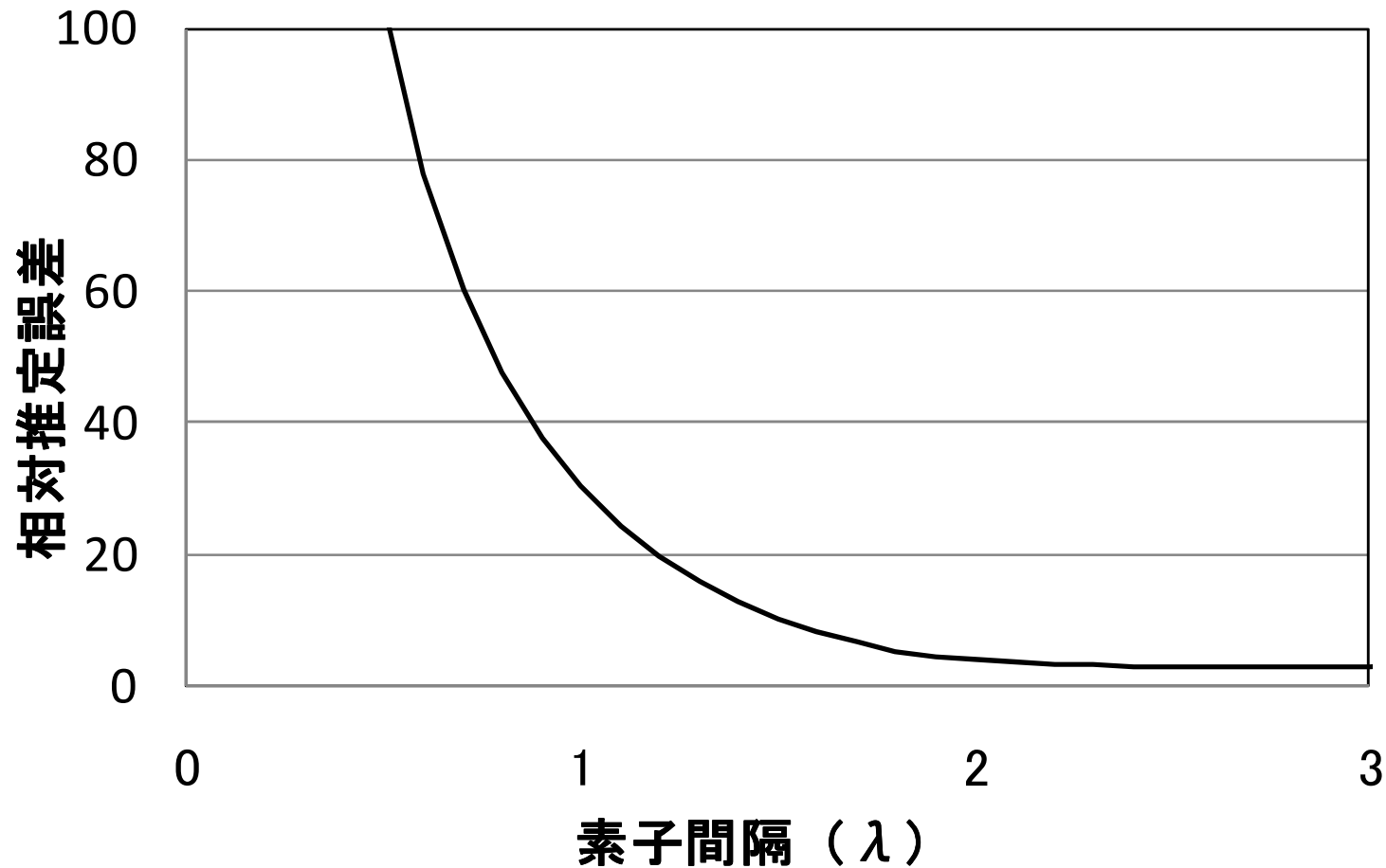


図9 モニタ素子間隔と推定誤差 (計算値)

アンテナの振幅／位相パターン

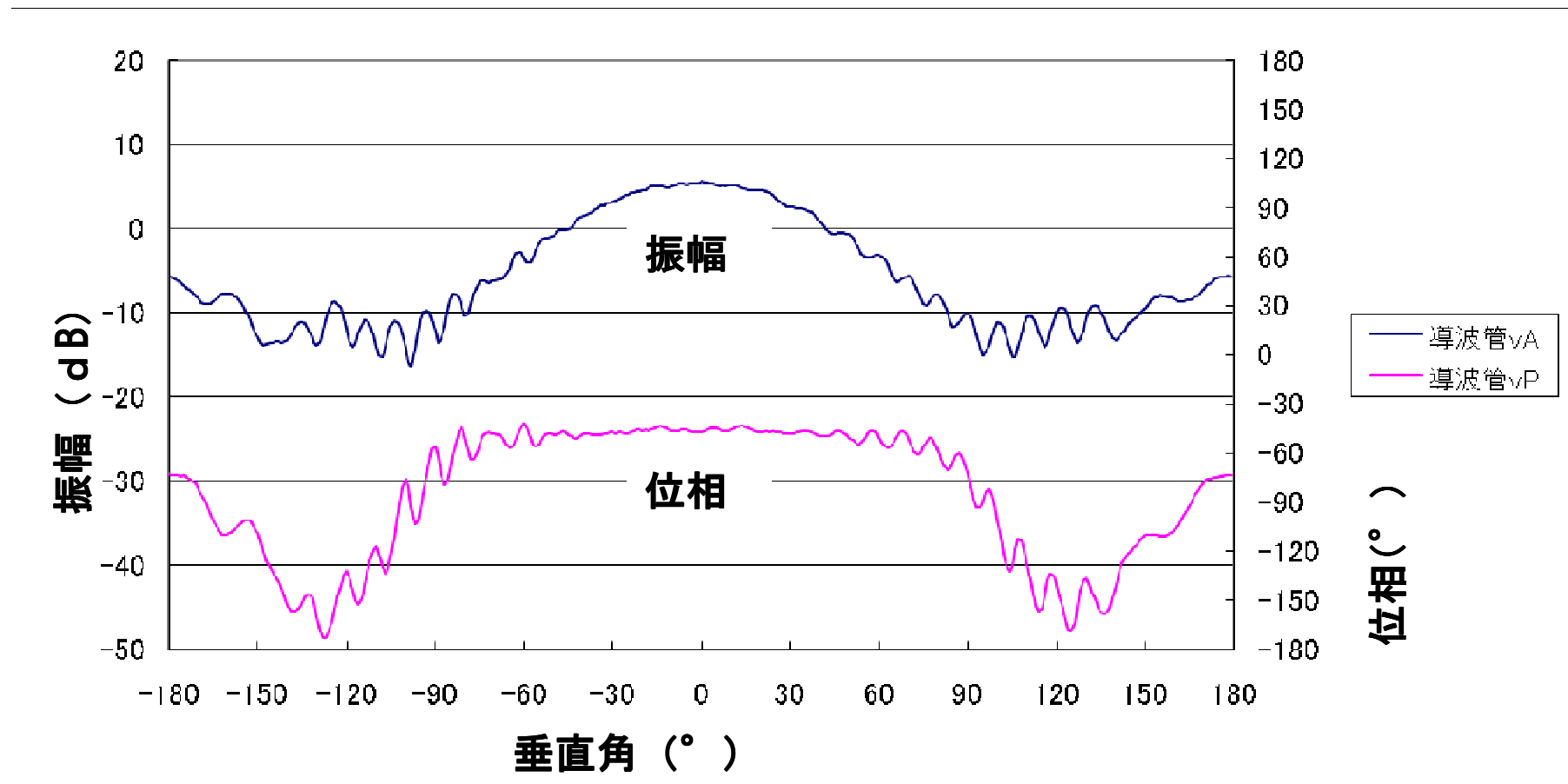


図 スケールモデル送信アンテナ振幅／位相パターン（実測値）

位相誤差等の検討

- 信号合成器の位相振幅パラメータの調整が不可欠
- 1回目の実験では、信号合成器の位相と振幅の微小変化とCDIの値から最小2乗法により誤差を推定し、ニュートン法による収束を試みたが、誤差の初期値が大きく、正しい状態までは収束しなかった
- 今後、対策を検討しさらに実験する計画

まとめ

- ILS GPの近傍モニタの遠方界との相関を向上するため、アレイモニタを開発
- 信号合成器で連立方程式を解き、遠方界を推定できる可能性をシミュレーションで確認
- 実際にはアンテナ素子の位置誤差や信号合成器の誤差もあり、この対策が必要
- 積雪等の環境の変化による誤差の低減とモニタアレイの小型化を検討する計画