

電波送受信技術を活用した 建設機械位置測定システムの開発

京都大学大学院 工学研究科
都市社会工学専攻
西山 哲

【研究目的】 “IT情報化施工” を高度化する技術の構築

＜現状＞

GPS等の各種測量機器を建設機械に設置することにより
効率的な建設機械の配置の適正化，仕上げ作業の高効率化
が実現している．



<課題>

使用している測量機器には次の問題点がある.

- ・コストと座標計測精度が相反する関係にある.
- ・GPSを使用する場合, 現場の位置によっては衛星情報が取得できない.

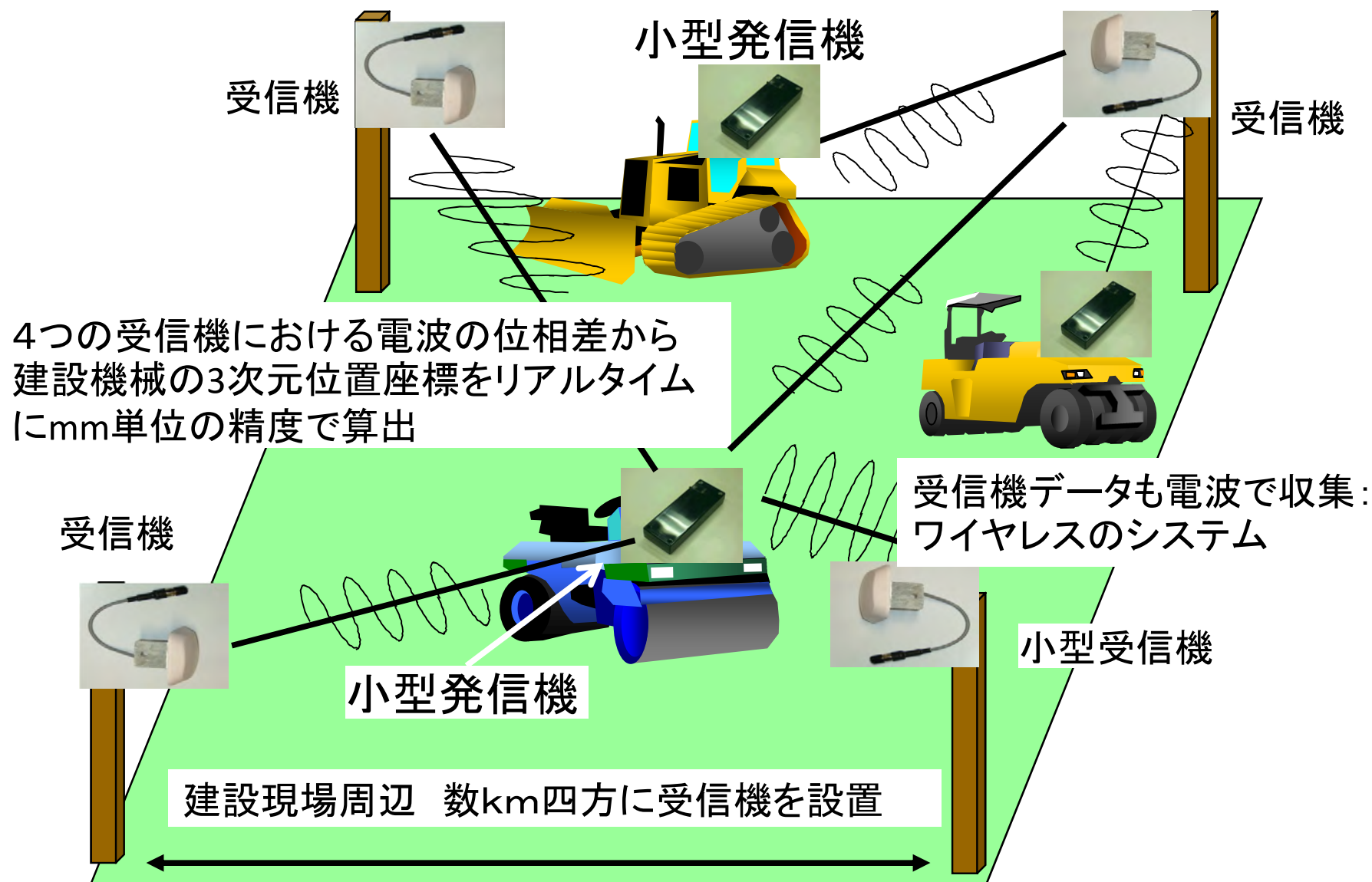
<本研究の狙い>

安価で高精度の建設機械用測量システムの開発を行い,
IT施工技術の広範囲な普及を図る.

情報化施工導入のメリット

1. 作業に人為差が生じない
2. 品質のバラツキを低減
3. 熟練者不足に対応
4. 安全性の向上
5. 合理的な施工が可能
6. 公共工事の品質確保や技術力の評価となる
7. 公共投資の減少に対応できる効率的な生産が可能となる

本研究による建設機械座標計測システムの概念



本研究による建設機械座標計測システムの概念

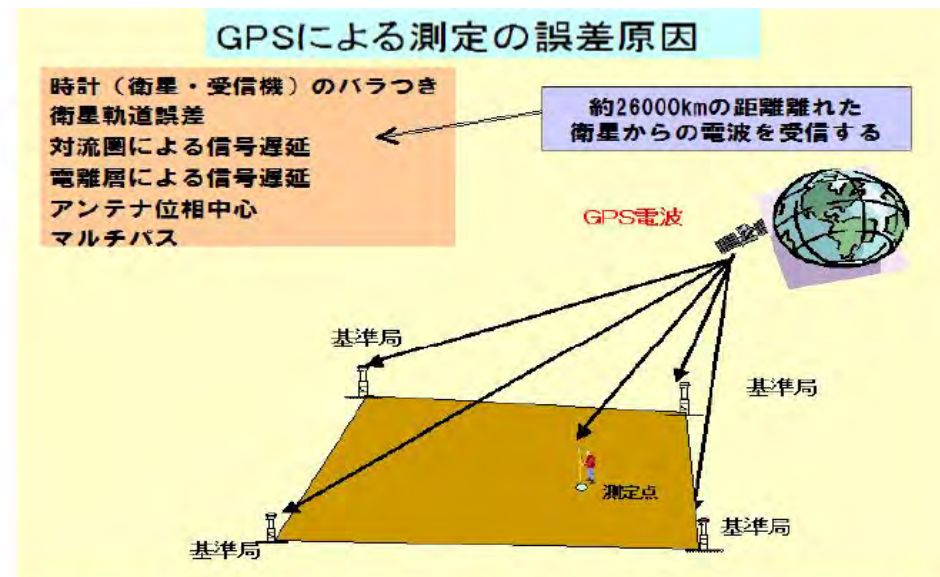
- ・小型の発信機を建設機械に搭載する.
- ・現場周囲に設置した受信機で電波を受信し, 建設機械の位置を求める.

: 発信機の3次元座標を算出する原理はGPSと同じ.

- ・GPSは衛星と受信機間のさまざまな擾乱によって高精度化が困難.
- ・本研究では発信機と受信機が共に地上にある.

電波の擾乱を受けないため, 3次元座標を高精度に計測可能.

携帯電話に見られる小型で安価な機器でシステムが構築できる.

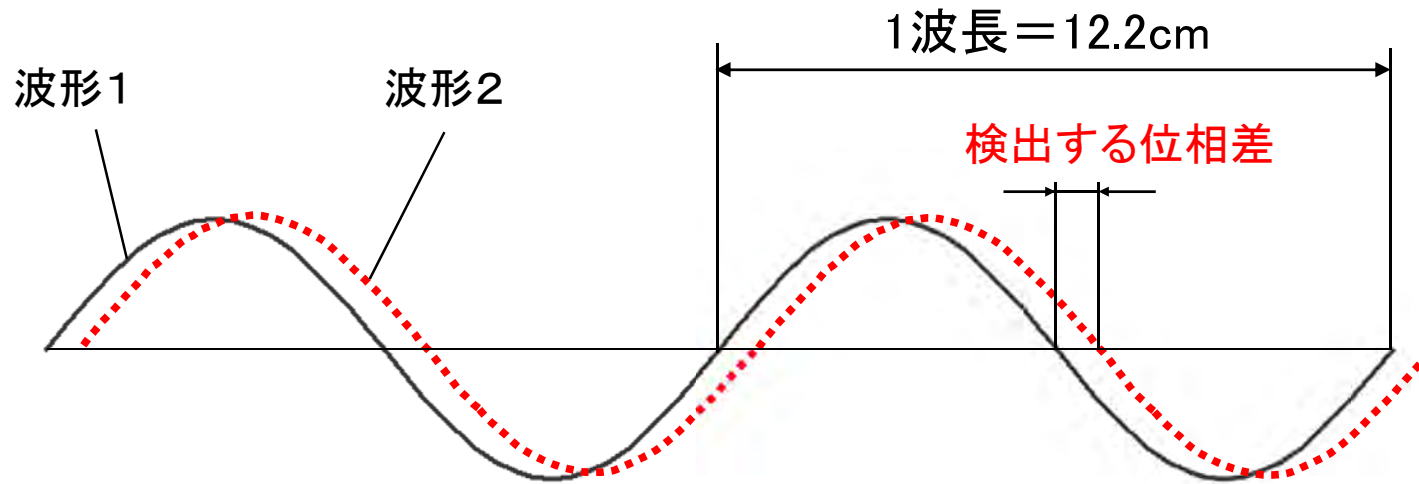


本計測システムの原理 : GPSのような26000kmではなく, 数km間を伝わる電波を測れば, 位置測定は高精度になる

本研究による建設機械座標計測システムの概念

周波数2.45GHzの電波の位相差を観測して変位を測る。

$$\text{波長} = \frac{\text{光速}}{\text{周波数}} = \frac{30\text{万km/s}}{2.45\text{GHz}} = 12.2\text{cm}$$



$$\text{位相差 } 1^\circ = \frac{\text{波長 } 12.2\text{cm}}{360^\circ} = 0.34\text{mm}$$

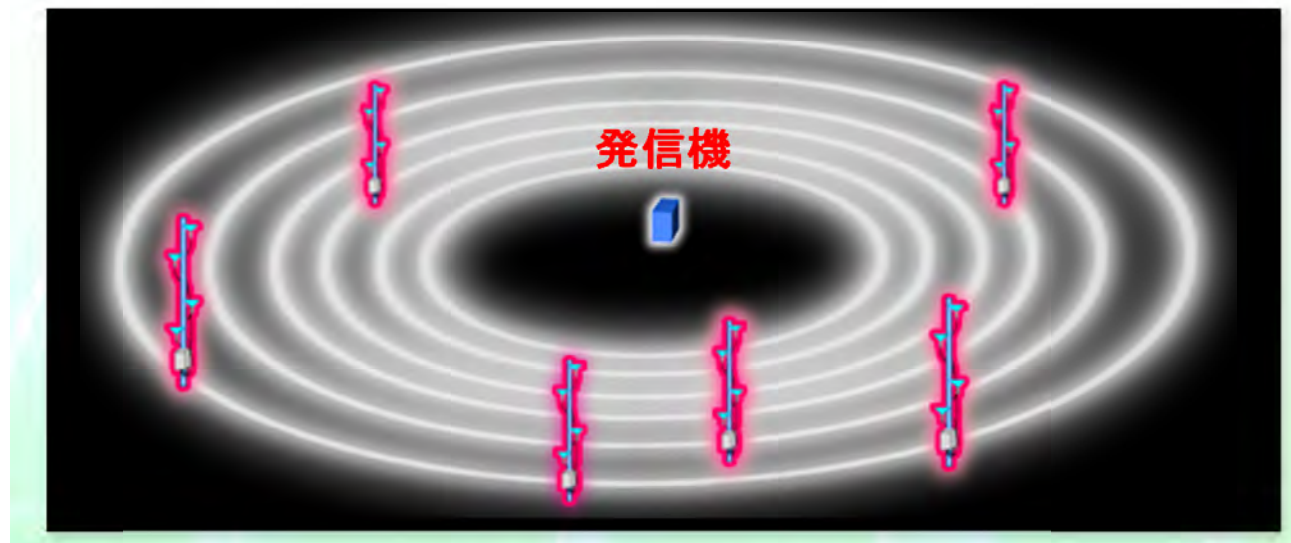
ミリメートル・オーダーの変位計測を実現

本研究による建設機械座標計測システムの概念

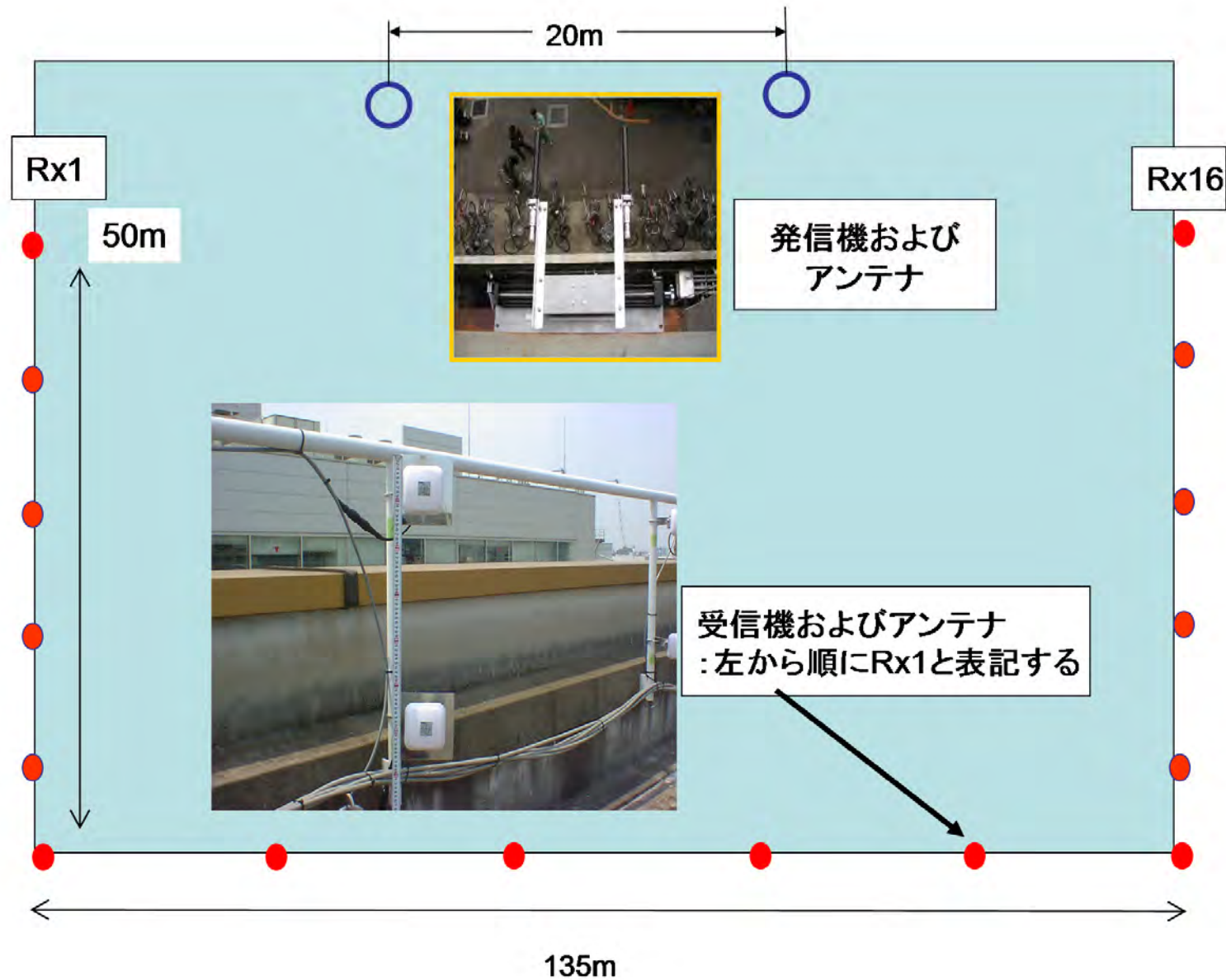
- 1つの発信機から発信された電波を、最低4つの受信機を使って計測する.



- 受信機から等しい距離となる等位相差面を描き、その交点を算出することで発信機の位置を正確に決定する.



計測検証実験の概要



構成装置

■ 発信機

寸法：約W:34mm × H:96mm × D:20mm

発信機単体で技適を取得(免許不要)



発信機収容箱

寸法：約W:120mm × H:160mm × D:92mm



■ 受信機

寸法：約W:380mm × H:450mm × D:240mm



■ 受信アンテナ

アンテナ部の寸法：約W:104mm × 104mm



■ 計測装置

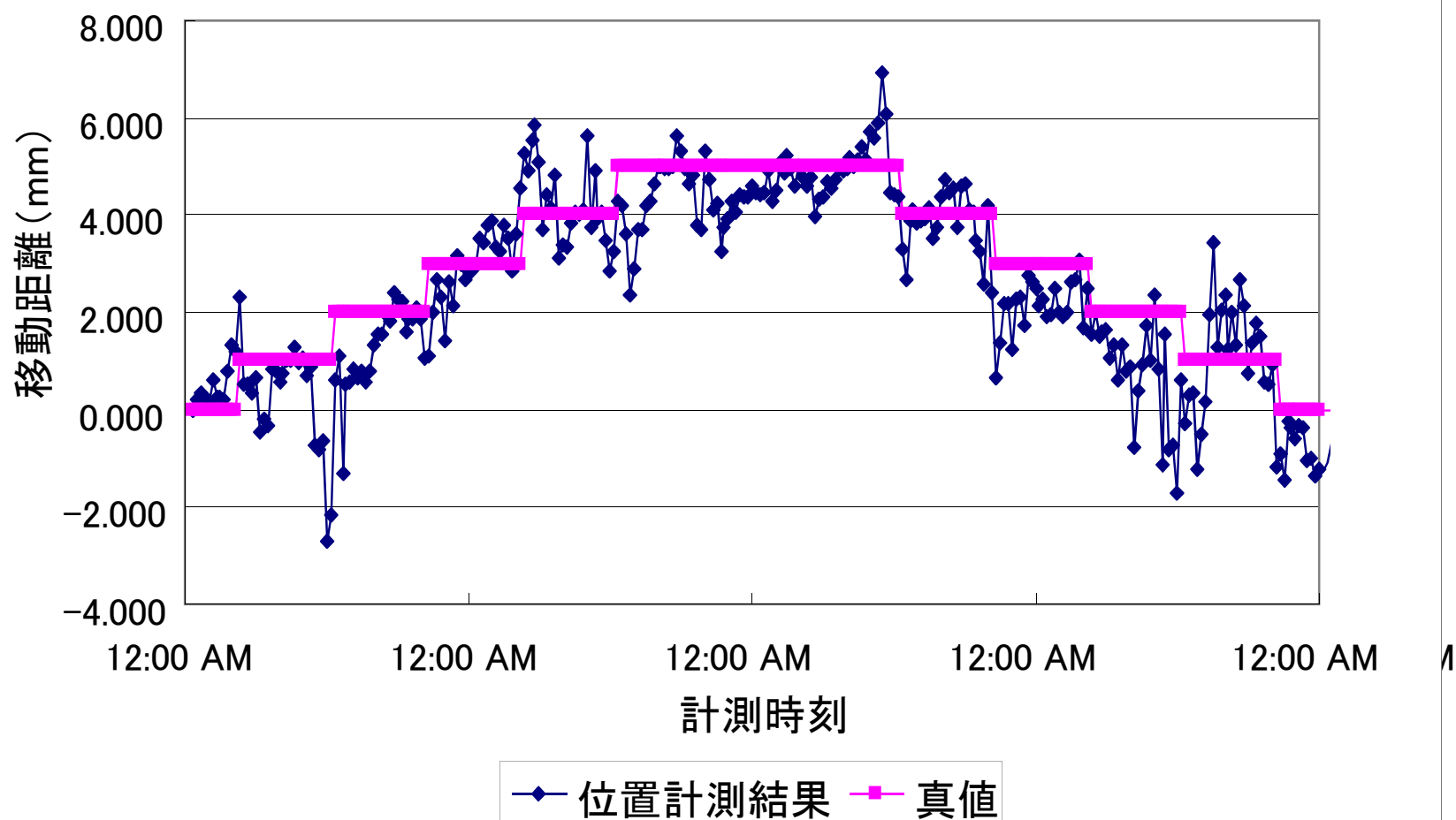
寸法：約W:680mm × H:650mm × D:290mm



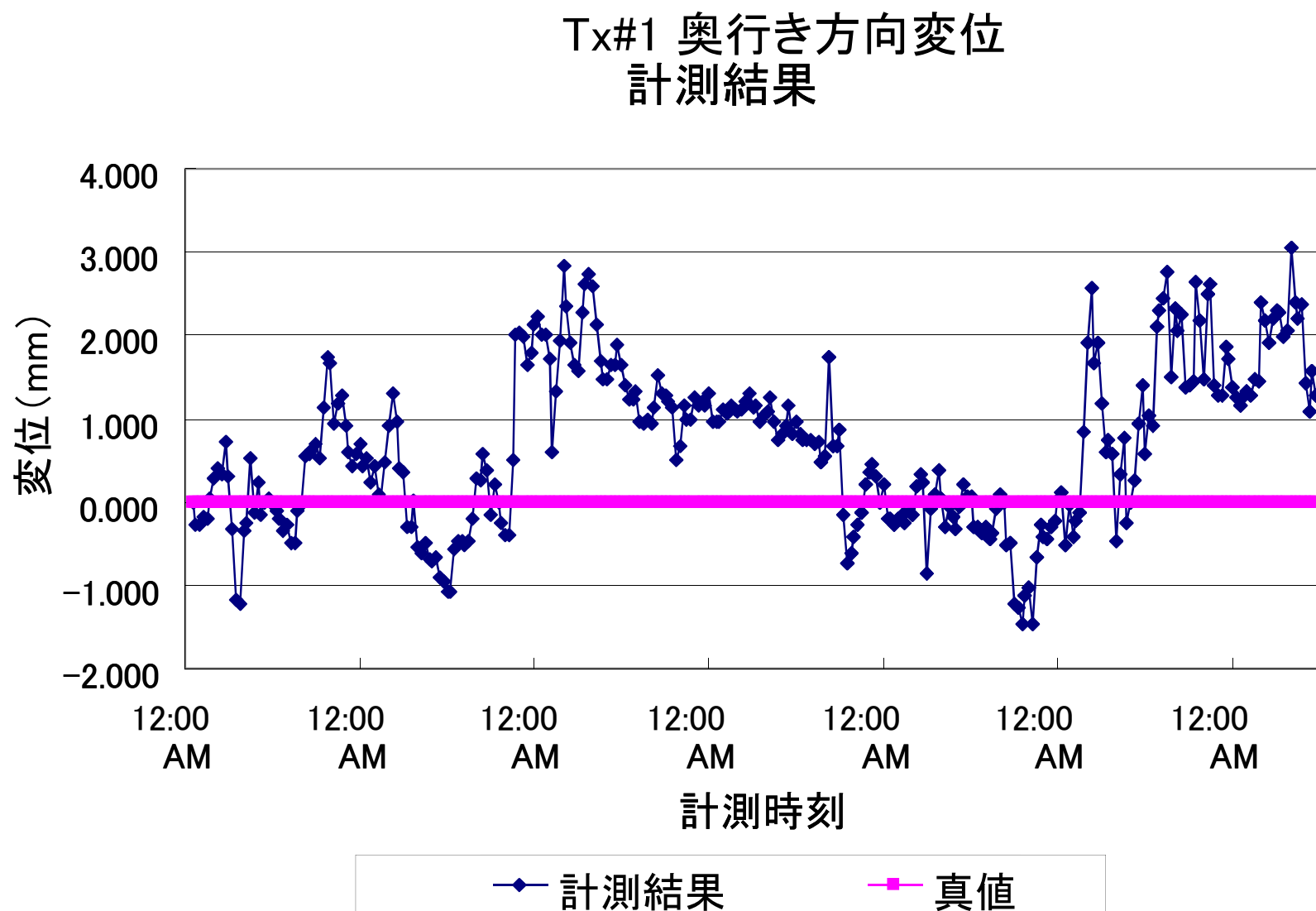
実験結果の概要

: 発信機を水平移動させて位置を計測

Tx#1 水平方向移動による
座標計測結果



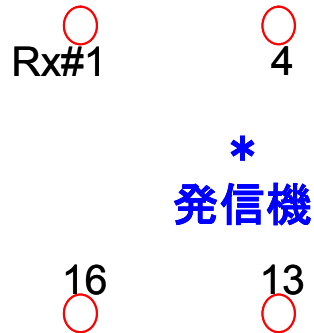
実験結果の概要



実験結果の概要

: システム配置の影響

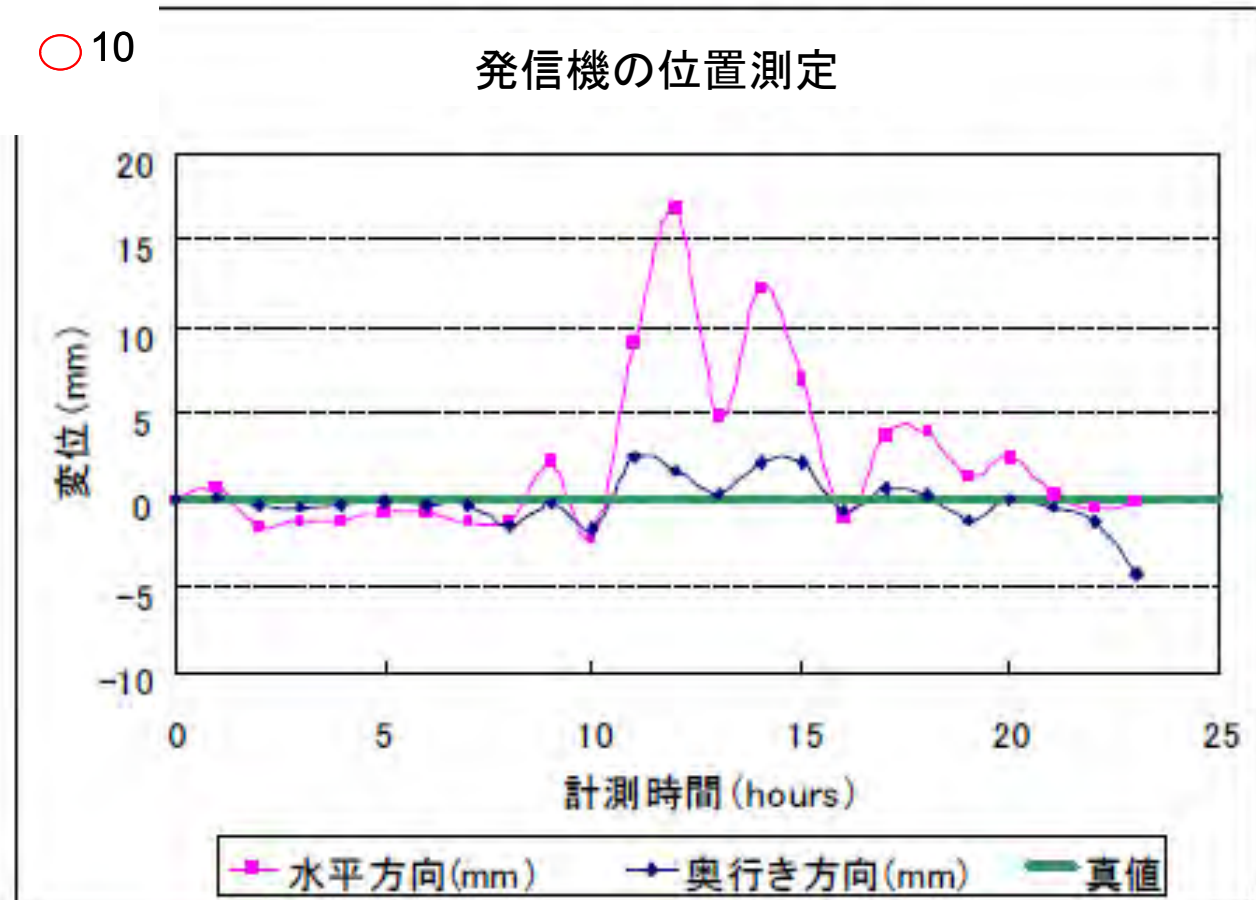
受信機の配置と精度の関係



○ 7

○ 10

発信機の位置測定



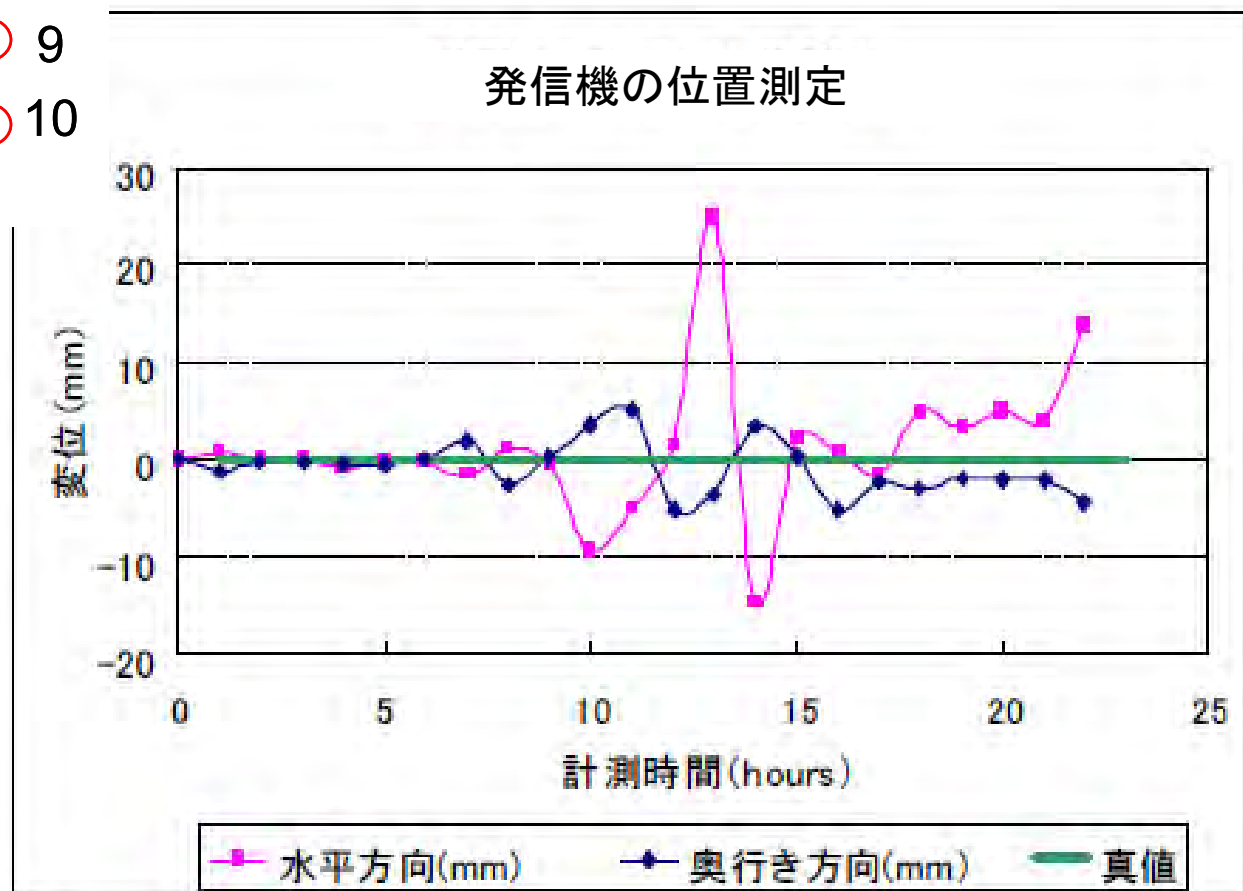
実験結果の概要

: システム配置の影響

受信機の配置と精度の関係

*
発信機

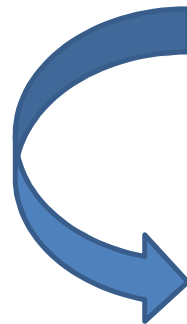
Rx#6 ○ 7
○ 8
○ 9
○ 10
11 ○



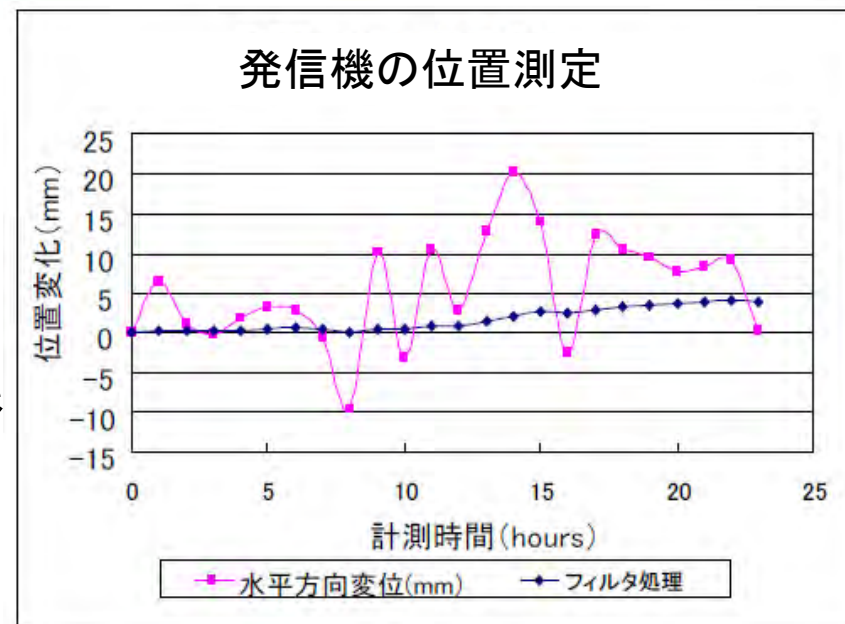
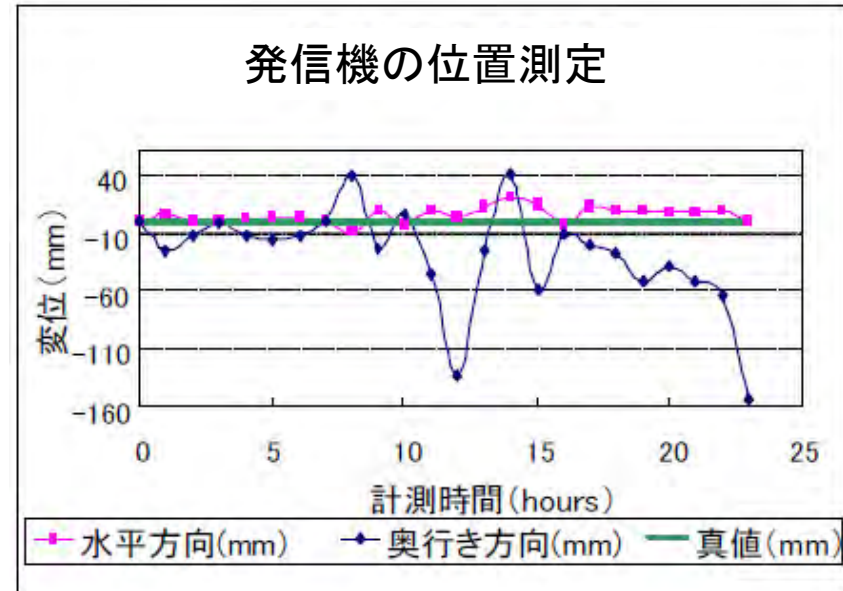
実験結果の概要

*
発信機

16 15 14 13 12 Rx#11
○ ○ ○ ○ ○ ○

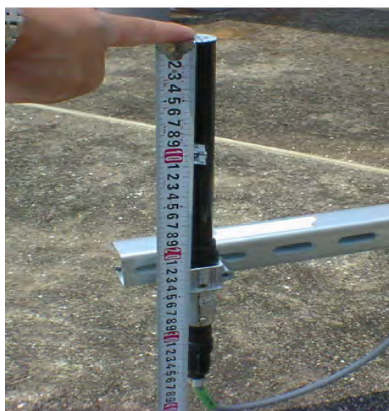
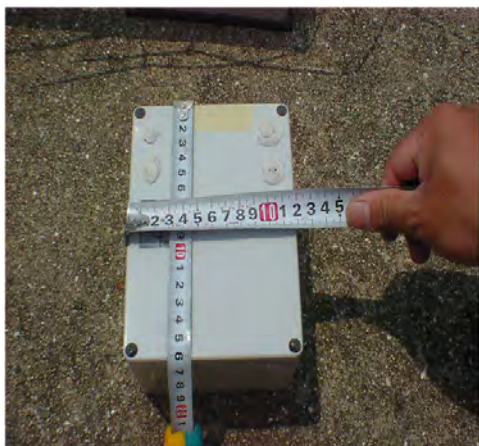


機器配置が制限される場合
: フィルターを導入することで
計測精度を向上させる

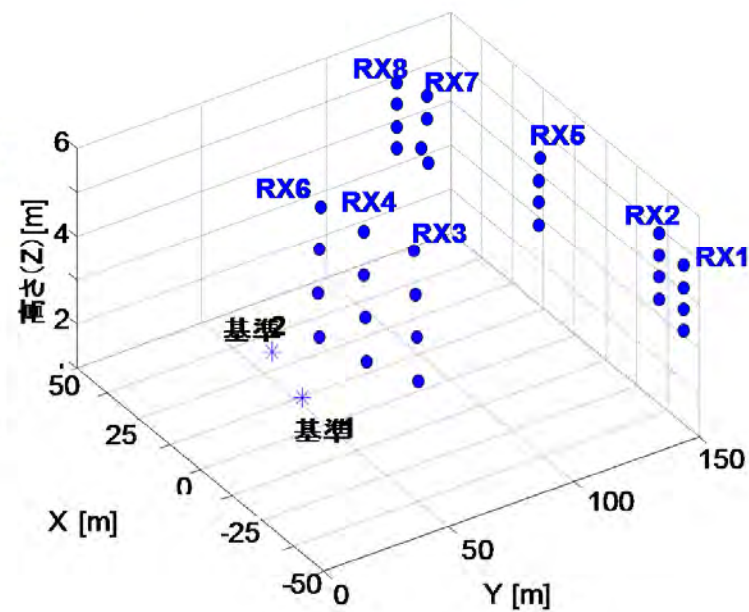
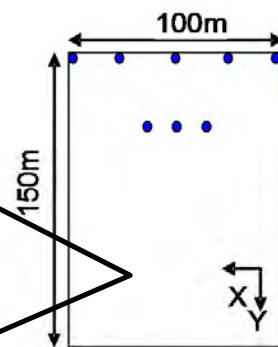


計測検証実験2の概要

発信機

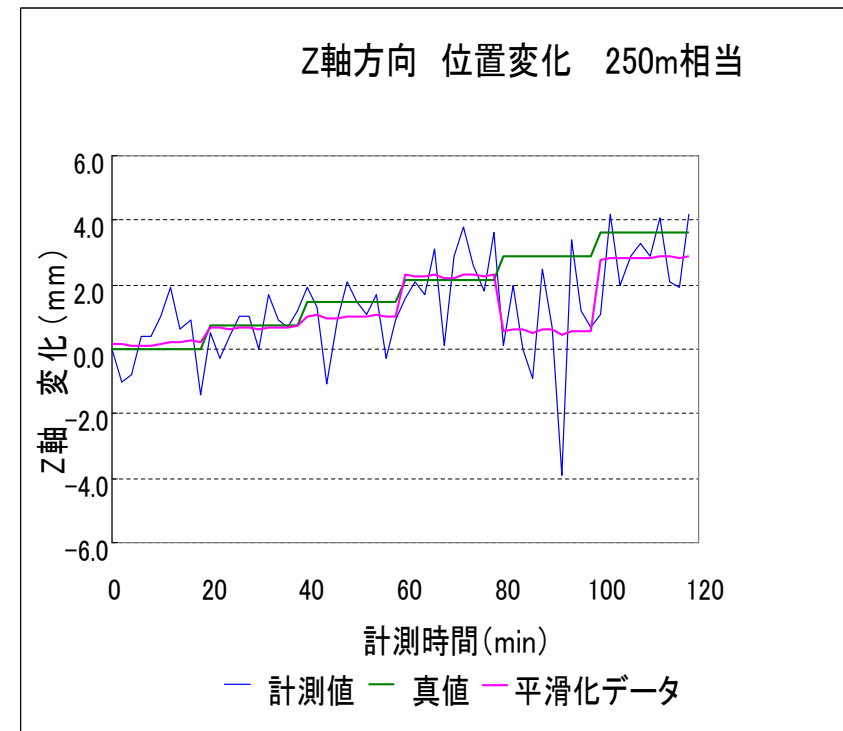
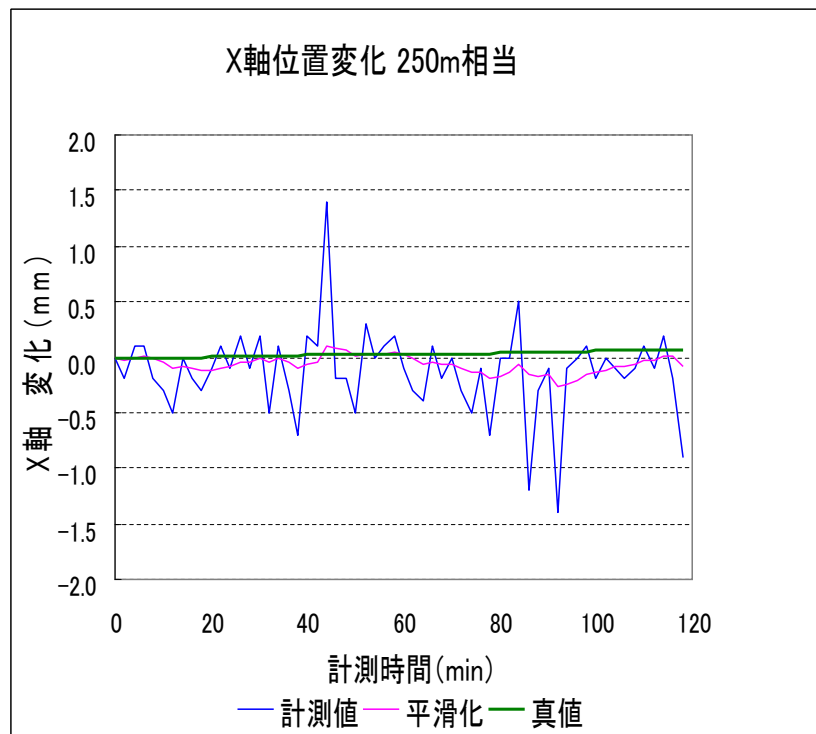


受信機



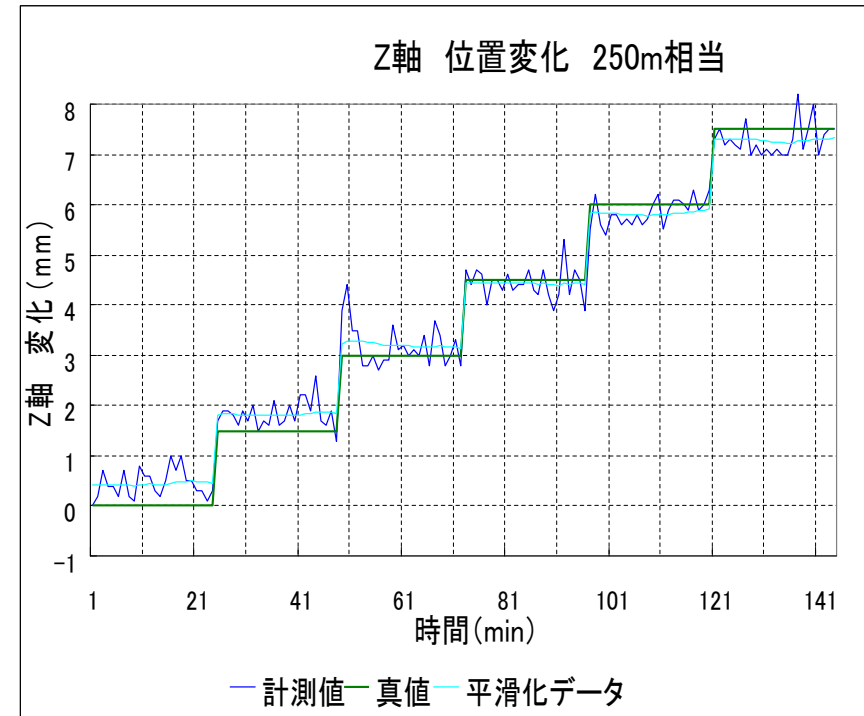
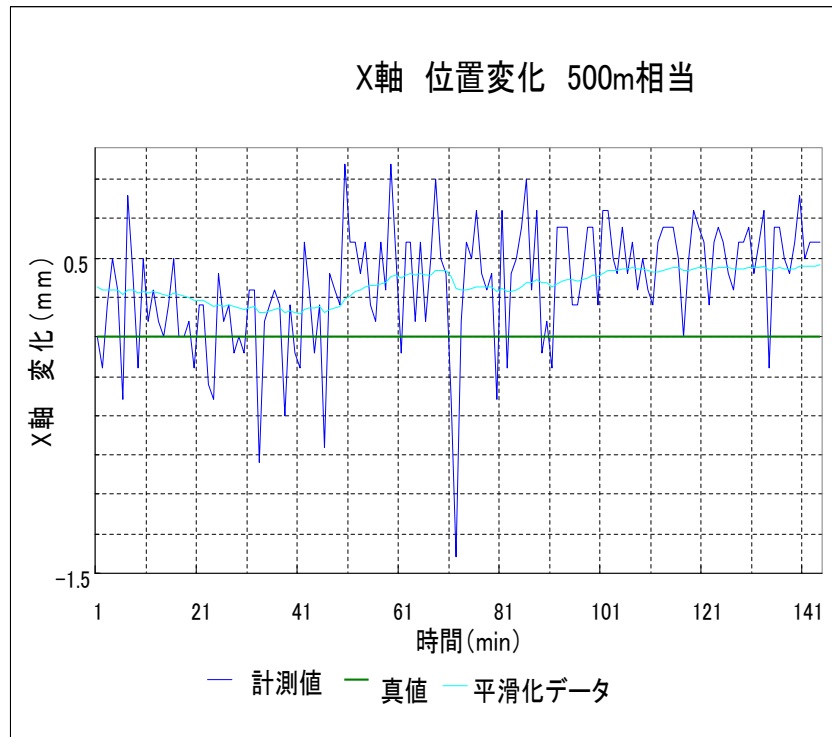
計測検証実験2の結果

＜受信機直線配置＞



計測検証実験2の結果

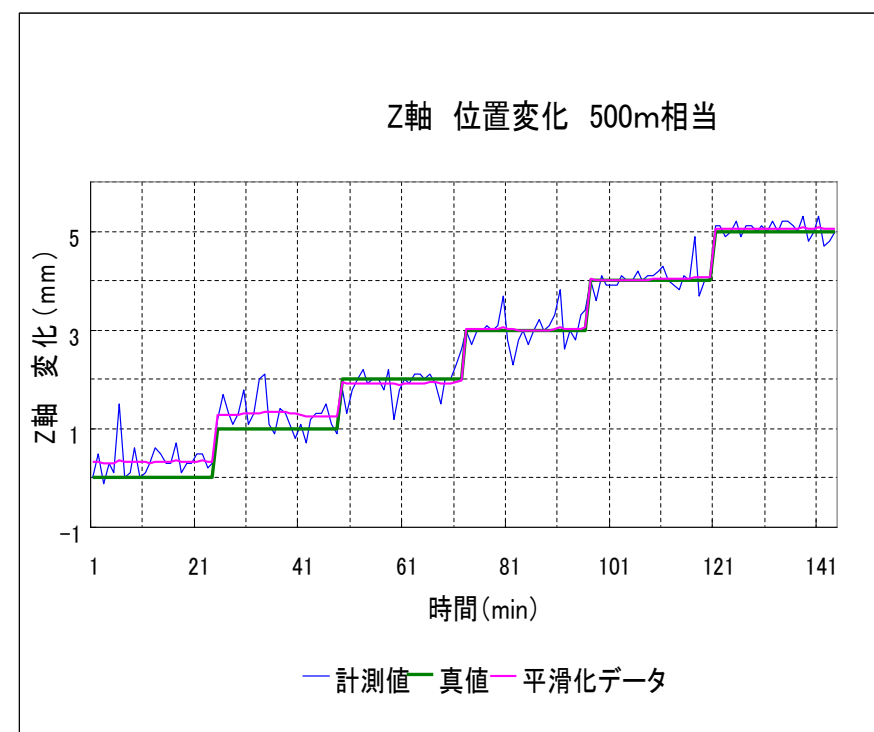
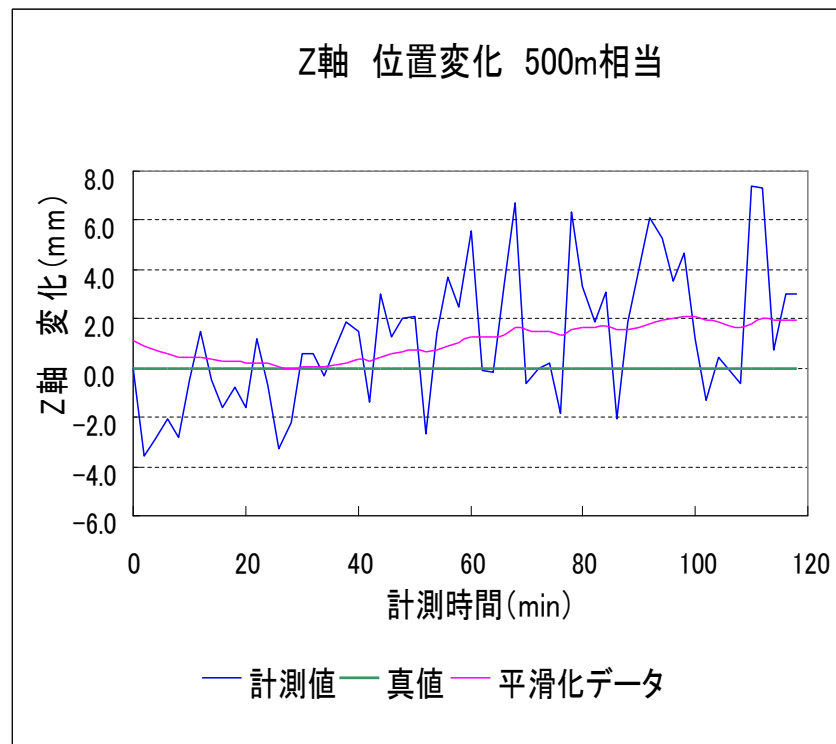
<受信機L字配置>



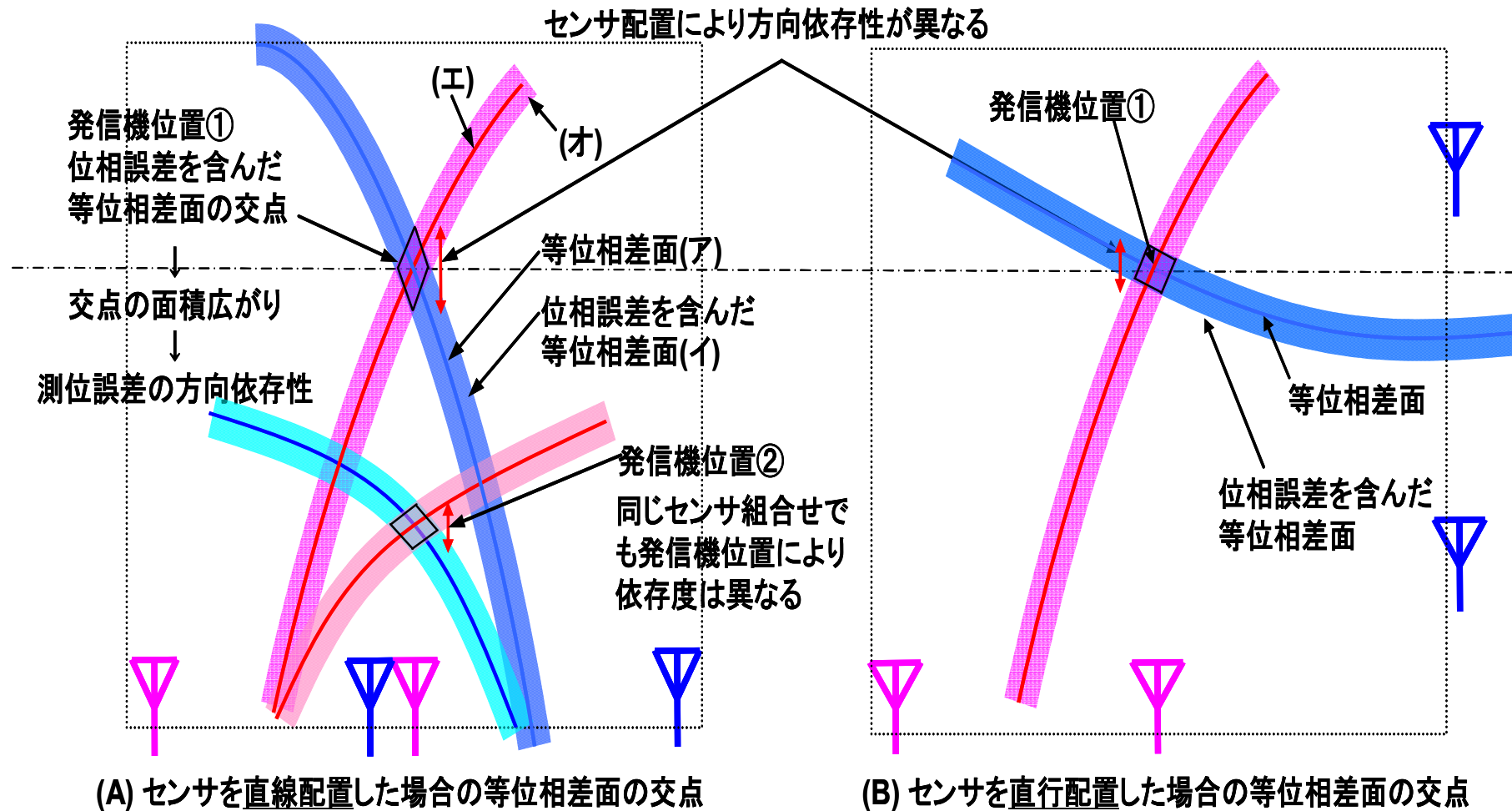
計測検証実験2の結果

<左:受信機直線配置>

<右:受信機L字配置>

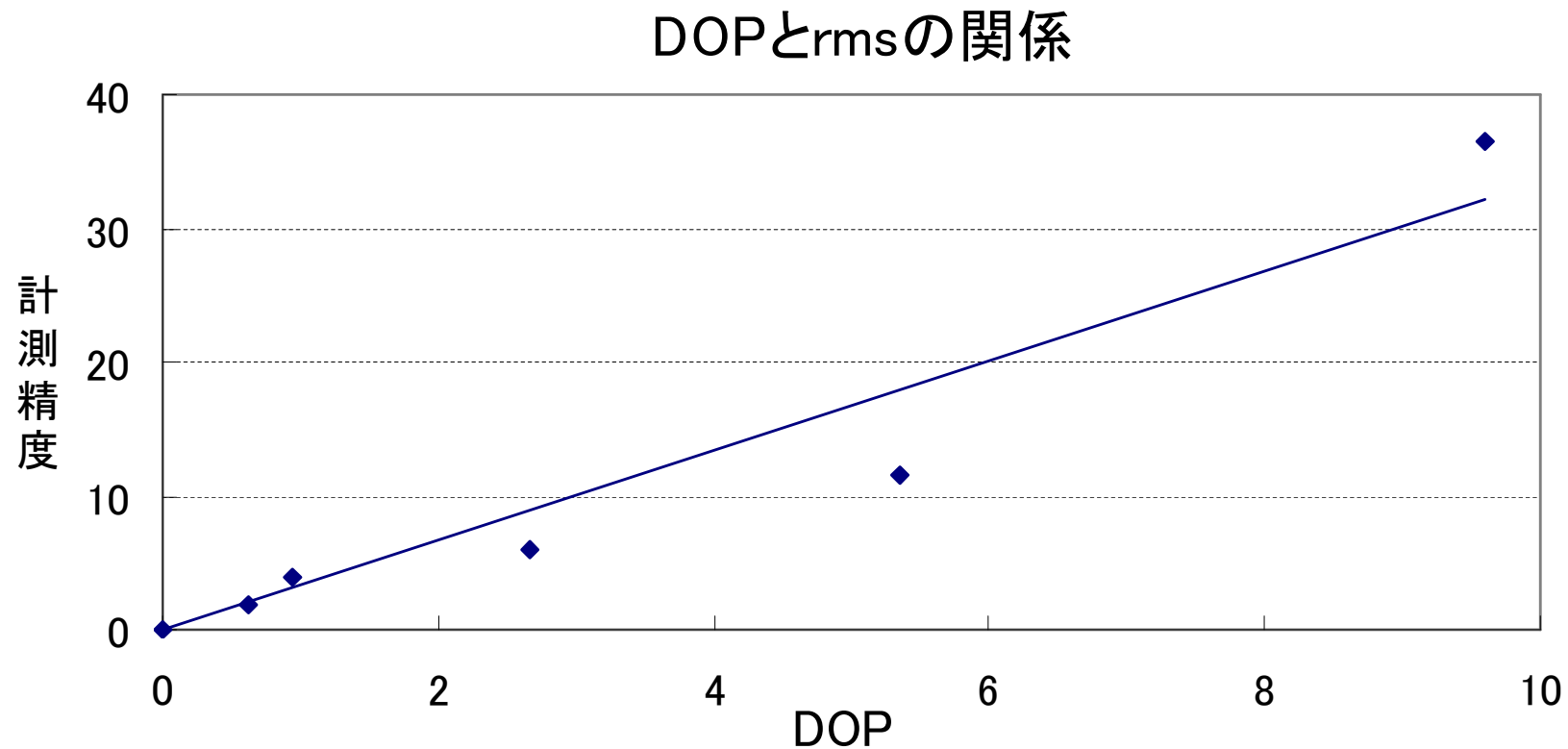


計測検証実験の結果



計測検証実験の結果

: 機器の配置の定量的な指標 = DOP

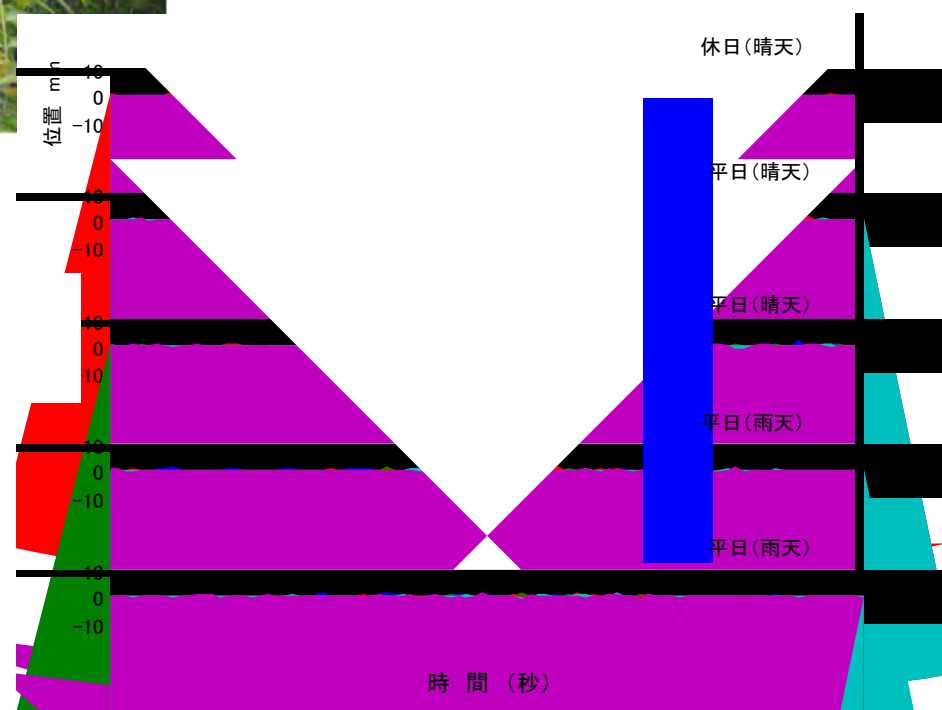


あらかじめ計測精度を見積もることが可能



屋外長期試験結果

天候に左右されず
安定して稼働



開発の成果

簡易な市販の無線機器にて、高精度の位置座標測定を可能にする計測手法を構築できた.

- ・計測原理の妥当性を実証.
- ・要求精度に対して機器配置を設計できる指標を構築
- ・耐環境性, 安定性を確認

今後の課題

- ・実務用システムの開発: 計測結果のモニター法の構築
- ・実務における実用性の検討

謝 辞

社団法人日本建設機械化協会の研究開発助成制度により
本研究開発を実施できましたこと心より感謝致します.