

センサネットワークにおける 位置測定のための データ収集方式の提案

大阪大学 大学院情報科学研究科
情報ネットワーク学専攻
博士前期課程2年
太田 義和

発表内容

▶ 研究背景

- センサによる位置推定の目的
- 距離測定と位置推定法

▶ 位置推定に関する考察と提案

- データ数と位置推定精度の考察
 - ▶ シミュレーション結果
 - ▶ 大量のデータを収集する問題点
- データ収集法の提案と評価

▶ まとめと今後の課題

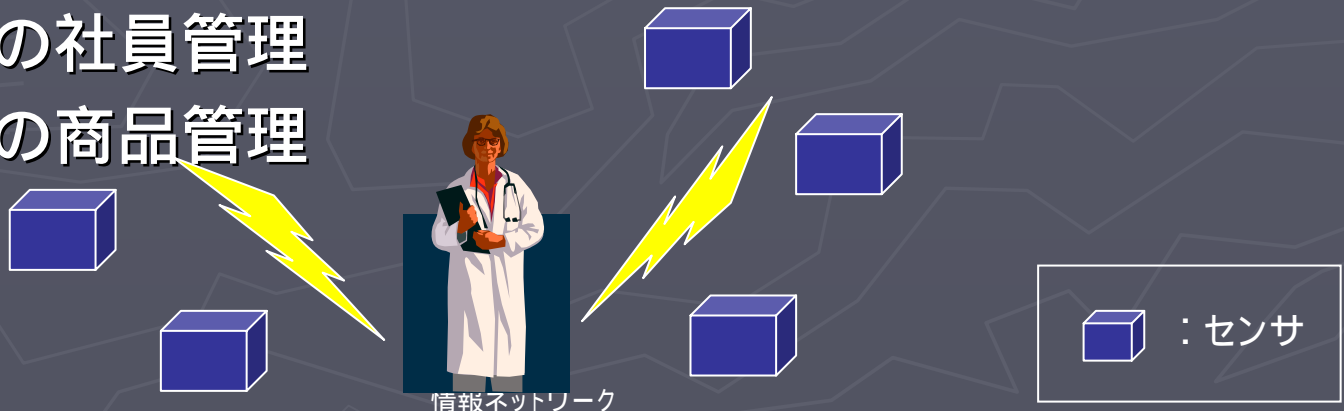
センサによる位置推定

▶ 利用目的

- GPSの利用できない屋内(建物、地下)でターゲットの位置を特定するため

▶ 利用例

- スーパーでの消費者の行動
- 地図情報サービス
- 社内での社員管理
- 倉庫での商品管理



センサでの位置推定方法

- ▶ センサを調査領域に配置する
- ▶ センサが、ターゲットとの距離を測定する
 - ターゲットは電波 or 超音波を発信するデバイスを持つ
 - センサではターゲットからのメッセージを受信し、電波強度や発信時刻などから距離を測定する
- ▶ センサが収集したデータをシンクに集めて、位置の計算を行う

 : センサ



データ(距離、センサの位置)



シンク(データ収集用端末)

本研究で対象とするセンサ

▶ 受信電波強度により2点間の距離を測定するセンサ

▶ 特徴

- 受信電波強度は、周囲の環境の影響を受け変動しやすいため、誤差が大きい
 - ▶ 障害物(壁、人)
 - ▶ 他の電波の干渉
 - ▶ センサの個体差(アンテナ・送信電力)
- 超音波やレーザーなどと比べ、低コスト・省電力で実現可能

位置推定アルゴリズム^[1]

▶ 概要

- センサの位置とセンサとターゲットとの距離から、ターゲットの位置 (X, Y) を求める

▶ 計算の方法 : Minimum Mean Squared Error (MMSE)

- $\sum_{i=1}^N f_i(X, Y)^2$ を最小にするように (X, Y) を求める

$$f_i(X, Y) = \sqrt{(X - x_i)^2 + (Y - y_i)^2} - d_i \quad \dots$$

x_i, y_i : センサ i の位置 d_i : センサ i が測定したターゲットとの距離 N : データを収集したセンサ数

▶ MMSEの特性

- 3つ以上のセンサからのデータが必要
- センサの位置は分散しているほうが正確に推定できる
- センサが直線状に並ぶ時は推定不可能

[1] A. Savvides, C.-C. Han, and M. B. Strivastava, "Dynamic fine-grained localization in ad-hoc networks of sensors," in *Proceedings of the 7th International Conference on Mobile Computing and Networking*, pp. 166–179, 2001.

発表内容

▶ 研究背景

- センサによる位置推定の目的
- 距離測定と位置推定法

▶ 位置推定に関する考察と提案

- データ数と位置推定精度の考察
 - ▶ シミュレーション結果
 - ▶ 大量のデータを収集する問題点
- データ収集法の提案と評価

▶ まとめと今後の予定

シミュレーションの設定

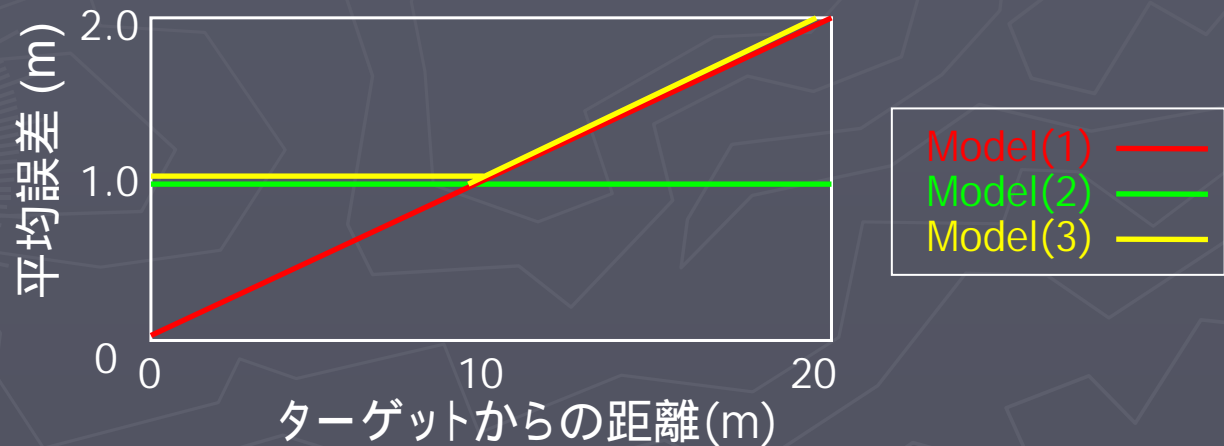
- ▶ シミュレーションのエリア : 100m × 100m
 - エリア内にセンサを固定配置
 - ターゲットの位置はランダムに決定
- ▶ ターゲットの電波送信距離 : 20m
 - ターゲットから20m以内にあるすべてのセンサは、受信電波強度を測定し、そのデータを収集可能
- ▶ 収集されたデータに基づいて、ターゲットの位置を推定する

測定誤差モデル

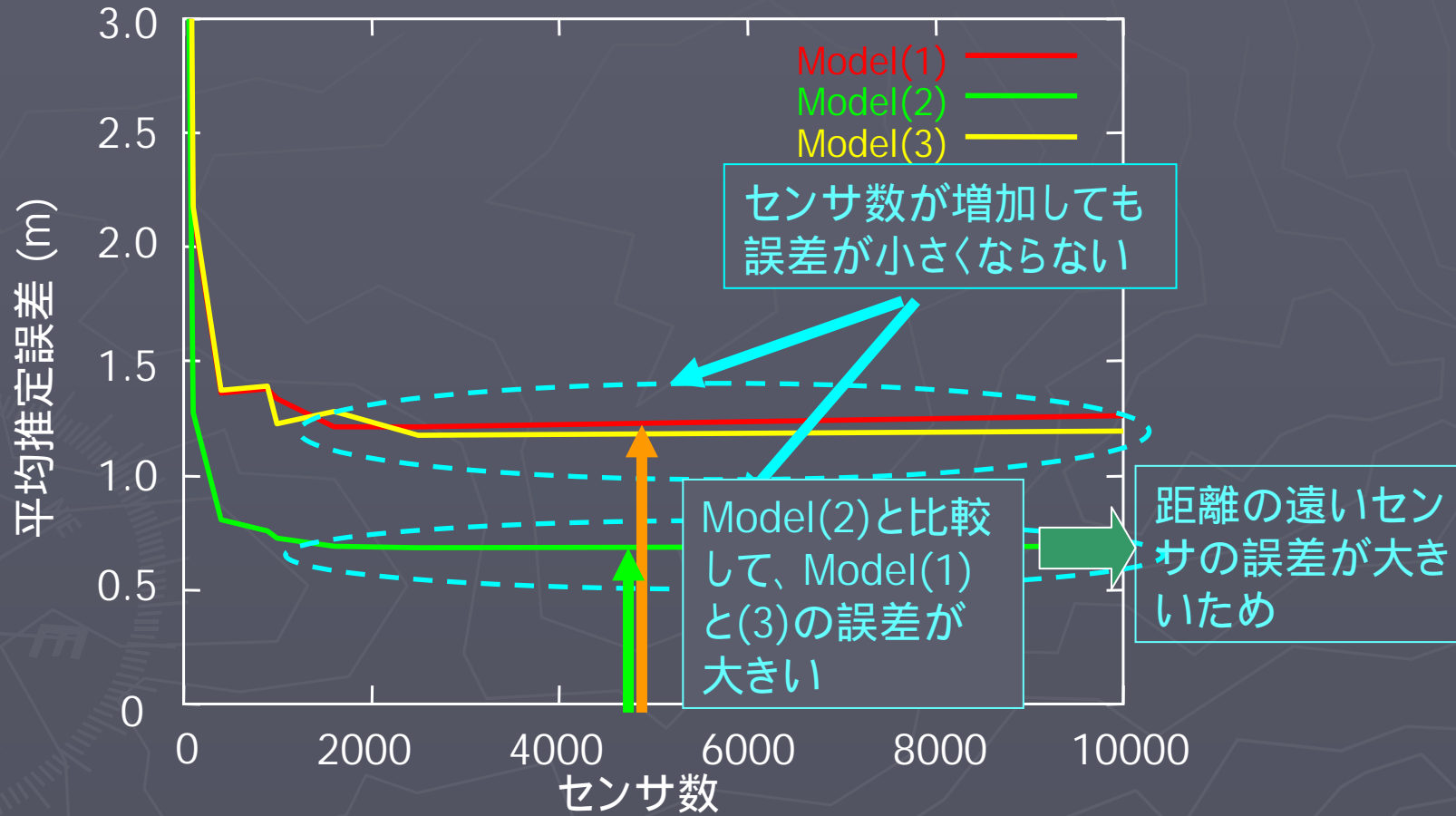
▶ 距離測定の誤差

■ 一様分布に従う3つのモデルを与える

- ▶ Model(1)・・・平均距離の10%
- ▶ Model(2)・・・平均1m
- ▶ Model(3)・・・～10m 平均1m , 10m～ 平均距離の10%

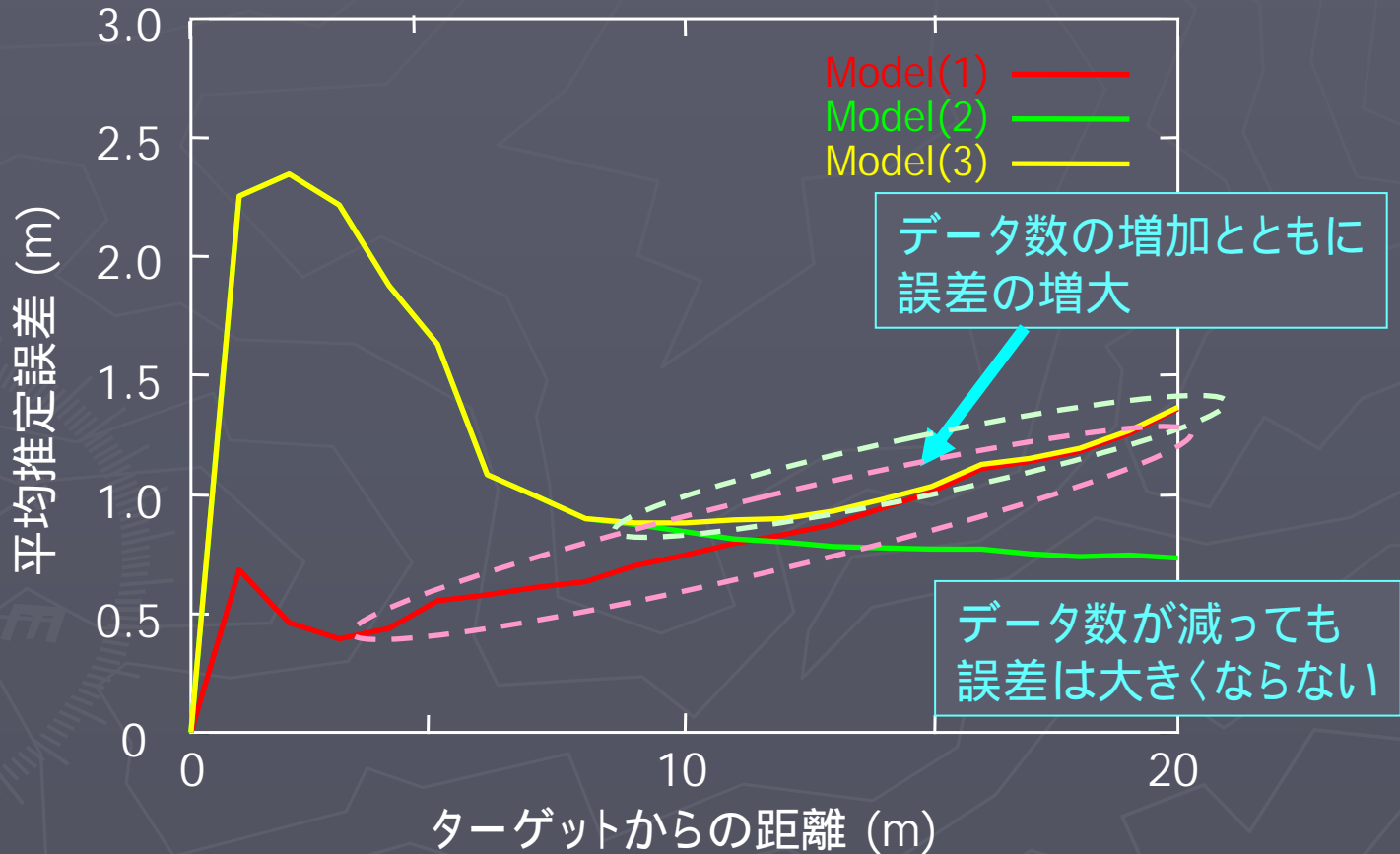


センサ数と位置推定誤差の関係



ターゲットからの距離と位置推定誤差の関係

- ▶ センサ数: 1000
- ▶ 遠くのセンサからデータを収集しない



位置推定の問題点

▶ センサ数が増えても精度は向上しない

■ 理由

- ▶ センサが多くなることで、ターゲットから位置が遠く誤差が大きいセンサの情報を多く収集する

■ 多くのデータを収集することによる問題

- ▶ 消費電力

センサネットワークの稼働時間減少

- ▶ ネットワークへの負荷

パケットの衝突や遅延

- ▶ 位置推定誤差の増加



収集するデータ数を減らす

データ収集法

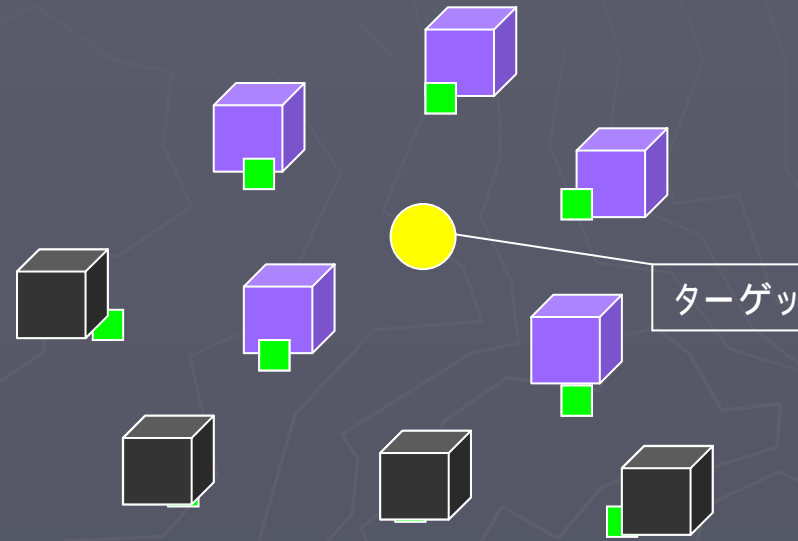
▶ アイディア

- 必要以上にデータを集めない
 - ▶ センサの密度が大きい時には、ターゲットと距離が近いセンサの情報だけを集める
 - ▶ 収集するデータ数を与え、それに従いデータを収集する

▶ 必要な条件

- 各センサで周囲の密度を測定
- 各センサが定められたデータ数に従い自律的にデータを収集する方法

収集するデータ数 : 5



データ



データ収集法

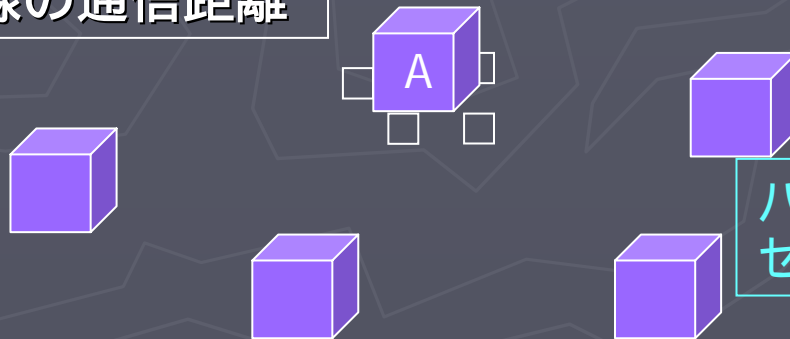
▶ 各センサで周囲の密度を測定する

- 定期的にパケットを送受信することで、無線の通信範囲内にいるセンサ数を測定する
- センサ i 周辺の密度

▶ 密度 = $M_i / (R^2)$

M_i : 周囲のセンサ数

R : 無線の通信距離



データ収集法

- ▶ ターゲットとの距離 $D(m)$ 以内のセンサだけがシンクにデータを送る
- ▶ 距離 D の決め方
 - 各センサが測定した密度に基づき決定
 - $D(m)$ 以内のセンサ数 : $R(m)$ 以内のセンサ数 = $D^2 : R^2$



$$\text{密度} = \frac{Z}{D_i^2}$$

$$D_i = R \sqrt{\frac{Z}{M_i}}$$

Z : 収集するデータ数
 M_i : 周囲のセンサ数
 R : 無線の通信距離

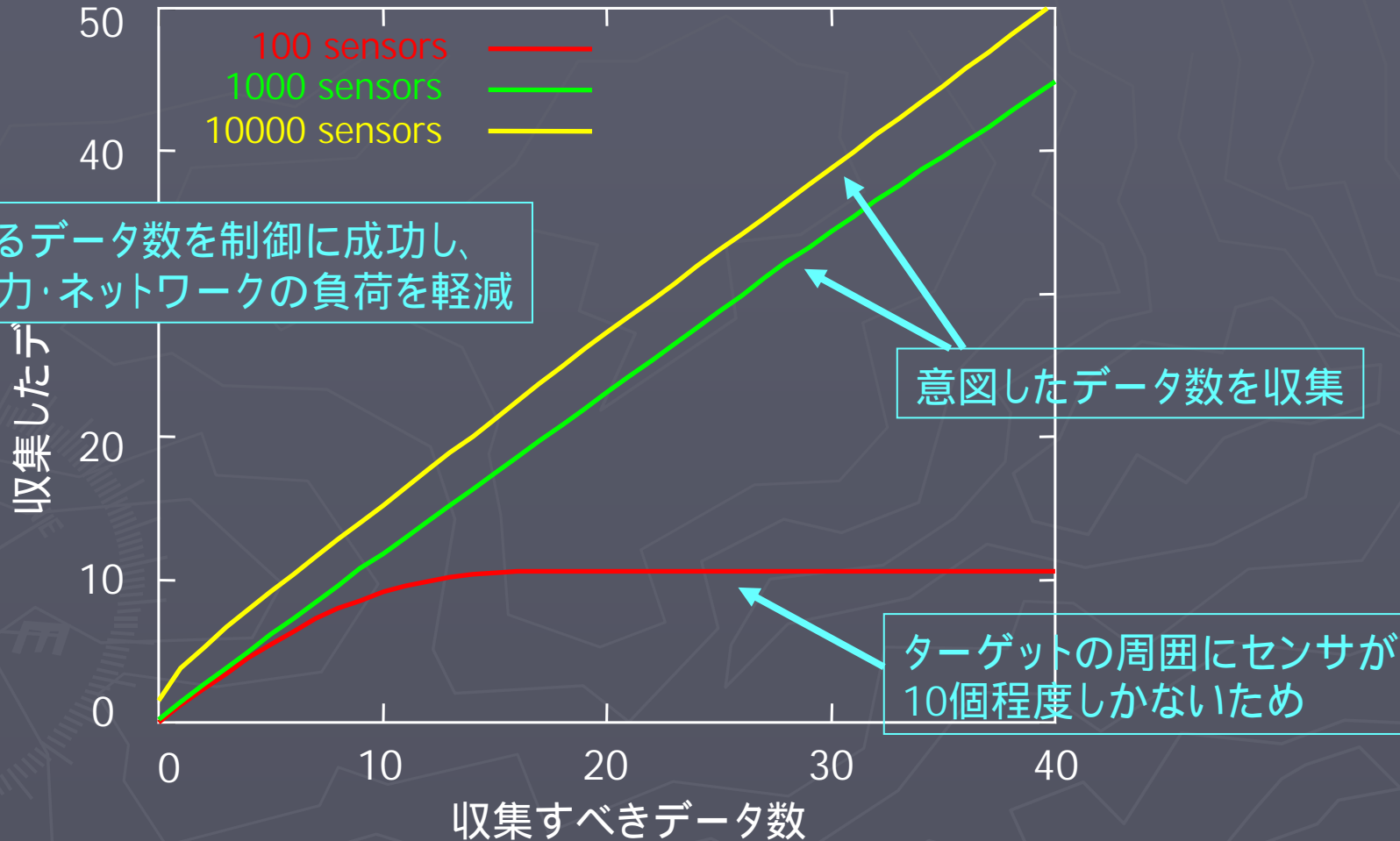
D_i よりも遠い



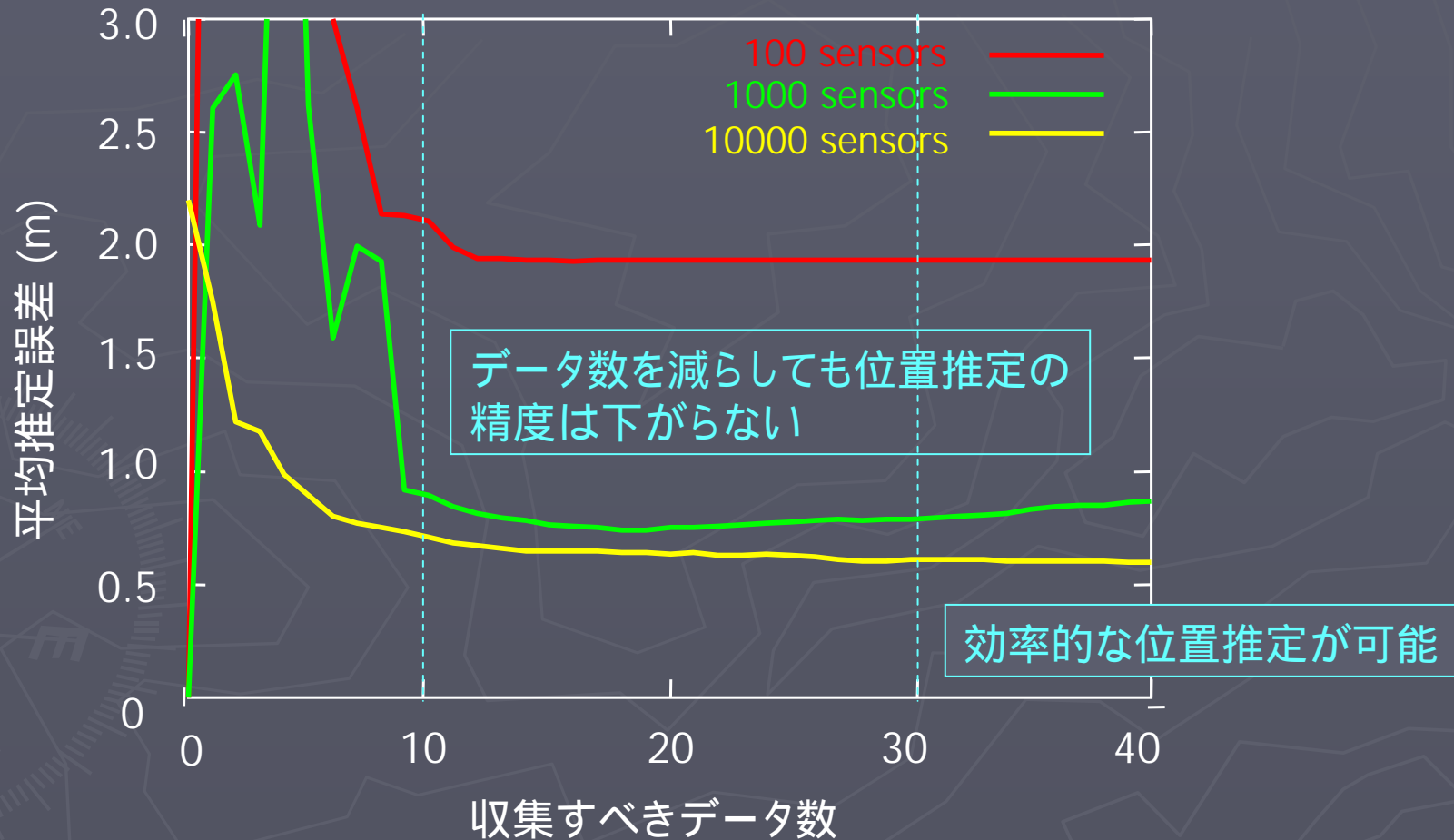
データをの破棄送信



データ収集法の効果 (収集するデータ数)

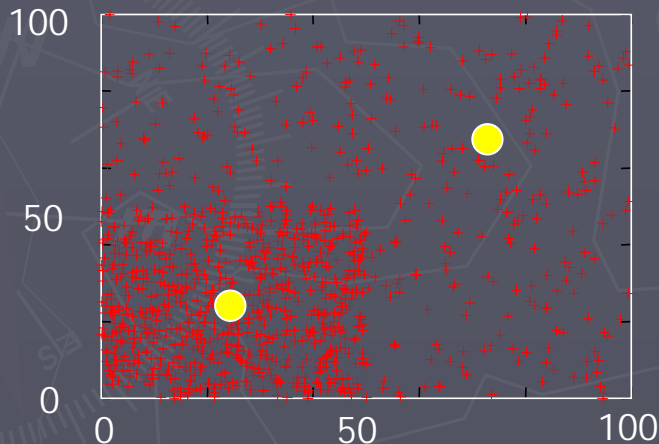


データ収集法の効果 (推定誤差)



偏りのあるセンサ配置

- ▶ センサ数 1000
- ▶ 一様にセンサが配置されている場合、ほぼ同じ性能を示す2つの比較
 - 提案手法: 平均10個のセンサからデータを収集
 - 距離でデータを制限する方法: 6m内のセンサからデータを収集



| | 平均10個のセンサからデータを収集 | | 6m以内のセンサからデータを収集 | |
|-------|-------------------|-------|------------------|-------|
| 位置 | Error | Data | Error | Data |
| 25,25 | 0.982 | 9.48 | 0.513 | 29.87 |
| 25,75 | 1.082 | 10.63 | 1.065 | 6.73 |
| 75,25 | 0.665 | 13.05 | 2.181 | 4.54 |
| 75,75 | 0.818 | 11.52 | 3.501 | 3.79 |

まとめと今後の課題

▶ 電波強度による位置推定

- 位置の計算
- センサ数と位置推定精度の関係
- データ収集法の提案

▶ 今後の課題

- 少数のセンサでも高い精度で位置を検出する方法
- 実環境での動作確認