

拡張プライム符号を用いる 光フィンガープリント測位法の 簡易化

2022.07.25

茨城大学 羽瀧研究室

小川 大輔

落合 勇太

小澤 佑介

羽瀧 裕真

屋内照明光通信

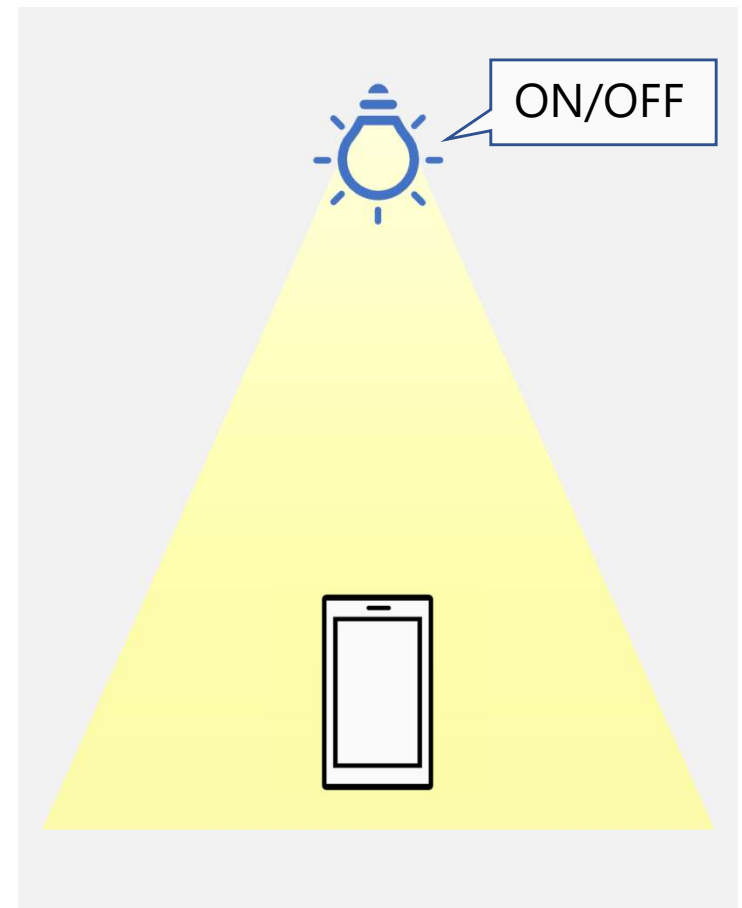
可視光(波長：380~780nm)を利用した通信

- ✓ 通信範囲の限定が容易
- ✓ 大きな電力による送信
- ✓ 電波法の規制対象外

屋内照明光通信を利用した
位置情報サービスの実現

照明・通信 + **測位**

- 三点測位
- 光フィンガープリント法

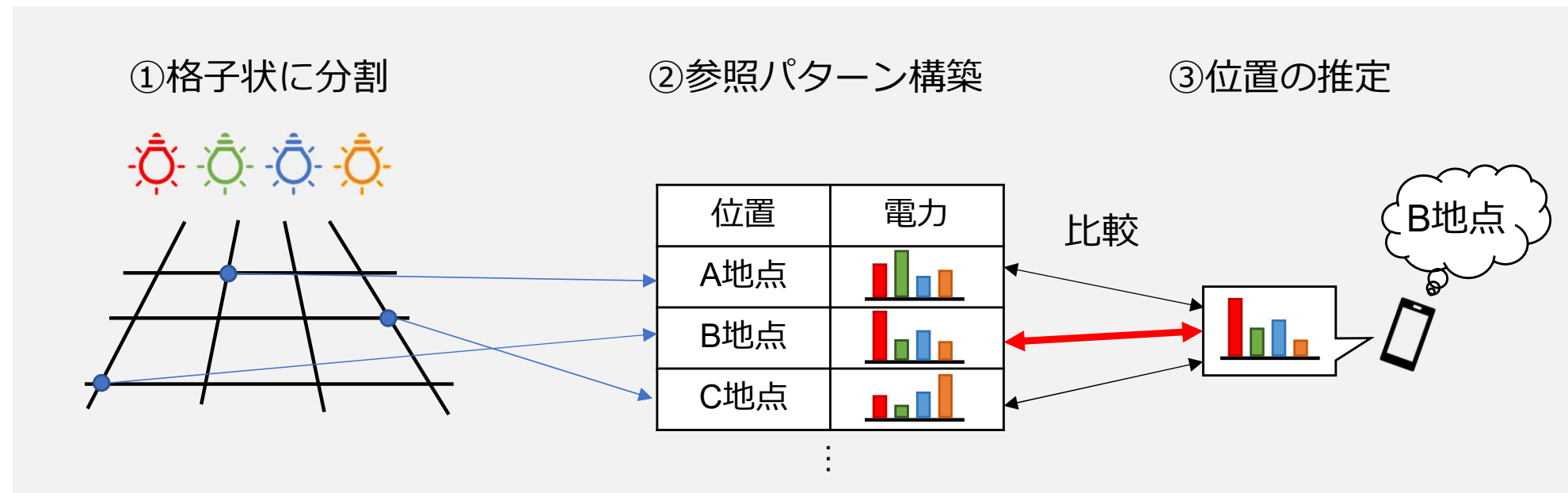


光フィンガープリント法

受信光電力パターンを利用した屋内測位法(飯塚,2017)

可変N並列符号多値変調法 + 拡張プライム符号により通信・調光機能の実現

1. 床面を格子状に分割
2. 参照パターンとして格子点（参照点）上の電力パターンを計測
3. 受信光電力パターンと参照パターンを比較して位置を推定



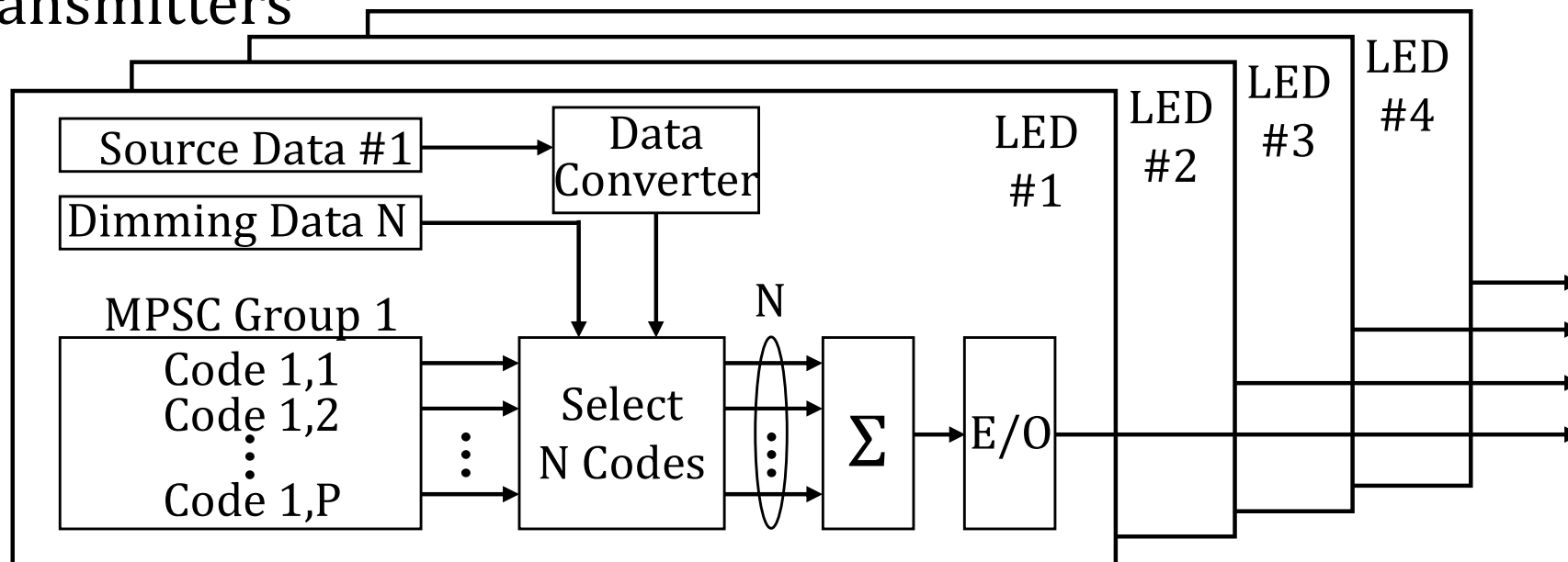
本研究の目的

光フィンガープリント法	測位性能	電力パターンの効率的な比較方法
近接格子点位置の推定 Iizuka(2019)	✓	-
内分法による位置推定 Ogawa(2021)	✓	-
サブセル化による探索範囲縮小化 Ogawa(2022)	✓	△ 測位性能劣化
電力強度順による探索範囲縮小化 本研究	✓	✓

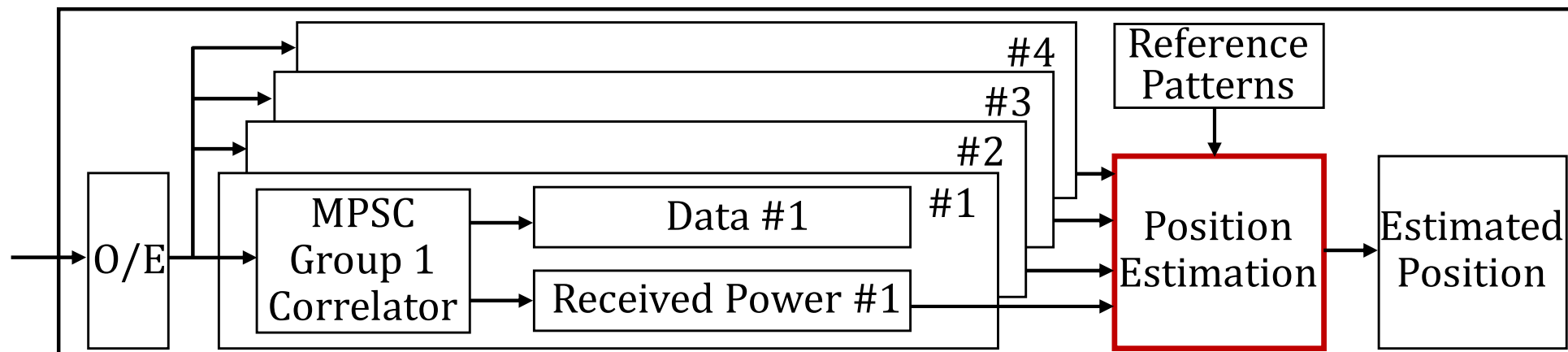
- ✓ 探索範囲の限定 + 比較回数の削減
- ✓ 測位性能を維持

システム構成

Transmitters



Receiver

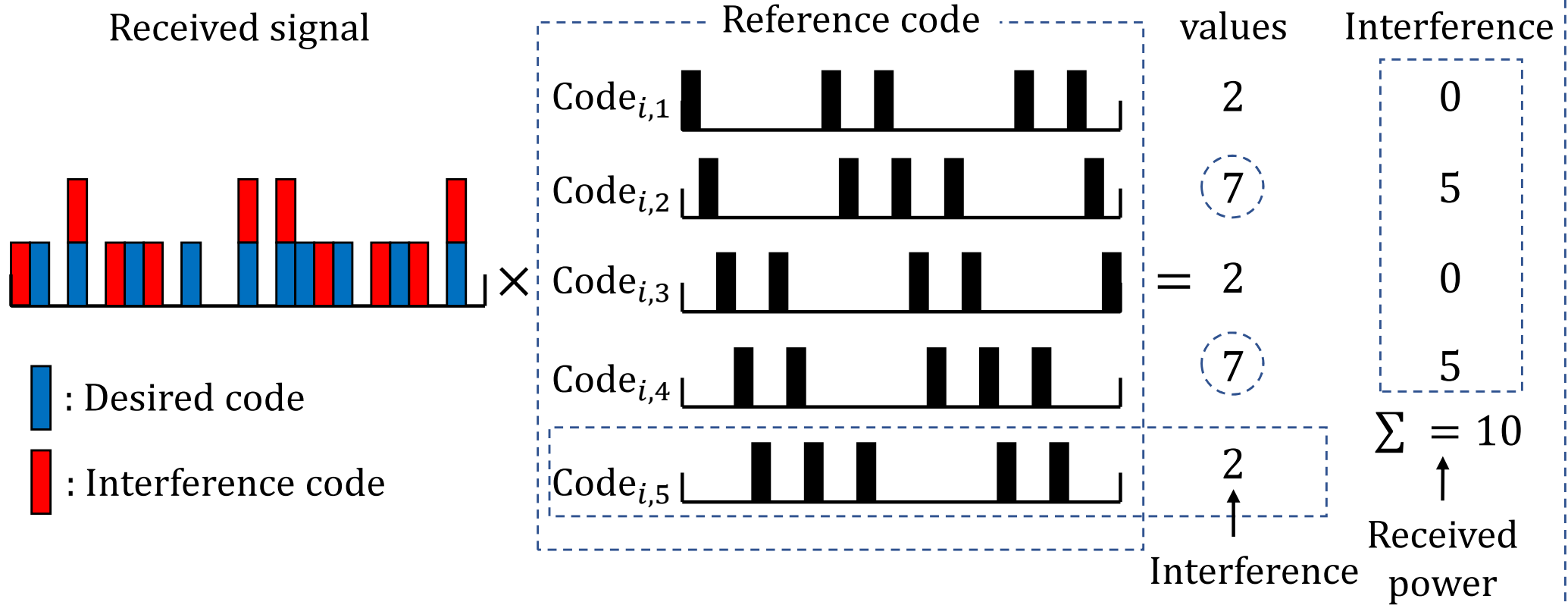


可変N並列符号多値変調法

- ✓ 多重通信
- ✓ 隣接照明間干渉の低減
- ✓ 調光制御

素数 $P = 5$ 、調光レベル $N = 2$ の例

Correlator of a MPSC group i



位置の推定

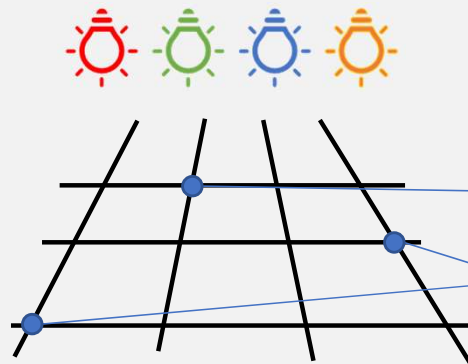
Rough Estimation

比較により電力パターンの最も近い参照点を探す

Fine Estimation

周辺の参照点のパターンを用いて受信機の位置を推定

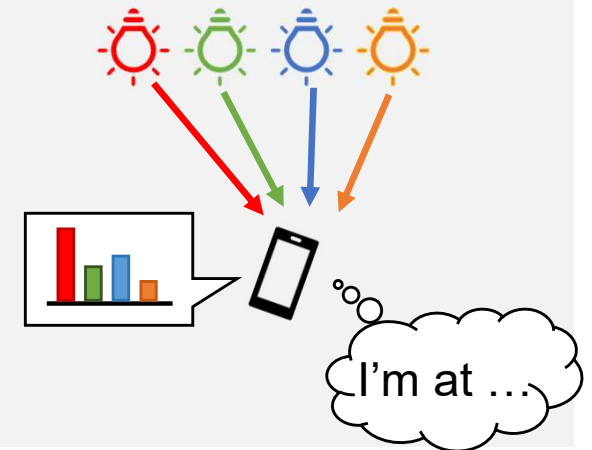
① 格子状に分割



② 参照パターン構築

位置	電力
A地点	
B地点	
C地点	
⋮	

③ 位置の推定



Rough estimation

Rough Estimation

Fine Estimation

最も電力パターンの近い参照点の決定

強度順で分類された
参照パターン

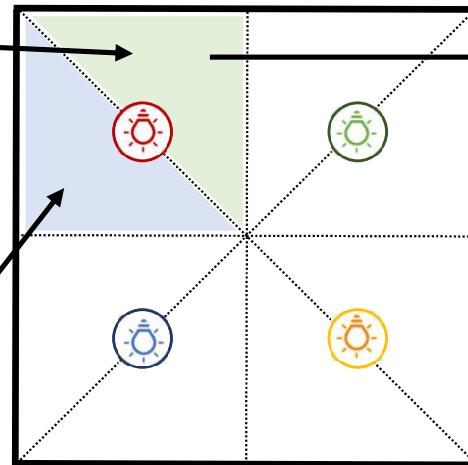
位置	電力
A地点	
B地点	
C地点	
D地点	
E地点	
F地点	
G地点	

$$\| \text{Bar Chart 1} - \text{Bar Chart 2} \|^2 = \text{Bar Chart 3}$$

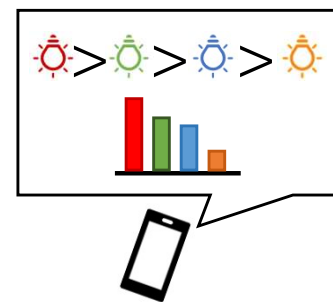
パターン差の二乗の和が最小

- 提案法
- ① 参照パターンを強度順で分類
 - ② 強度順を利用して探索範囲を限定

床面を上から見た図と照明の位置



強度順より
探索範囲を選択



パターンの近い
参照点

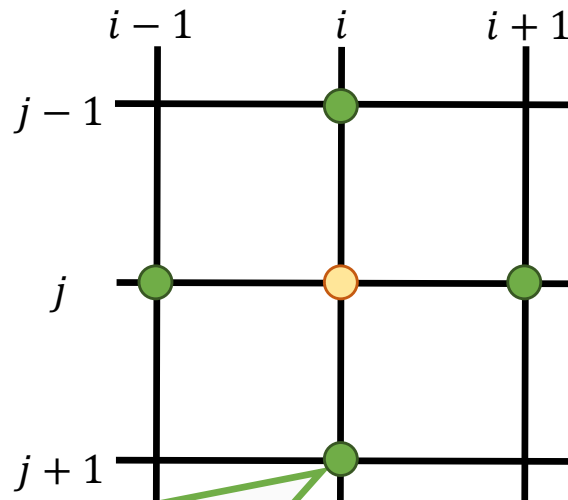
すべての参照パターン
と比較しないので効率的！

Fine estimation

Rough Estimation

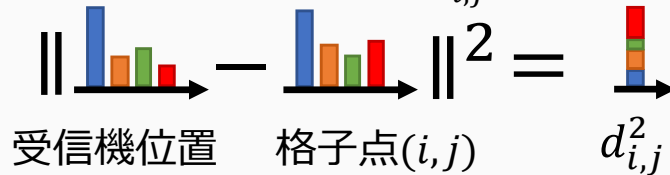
Fine Estimation

周囲の参照点を用いて受信機の位置を推定

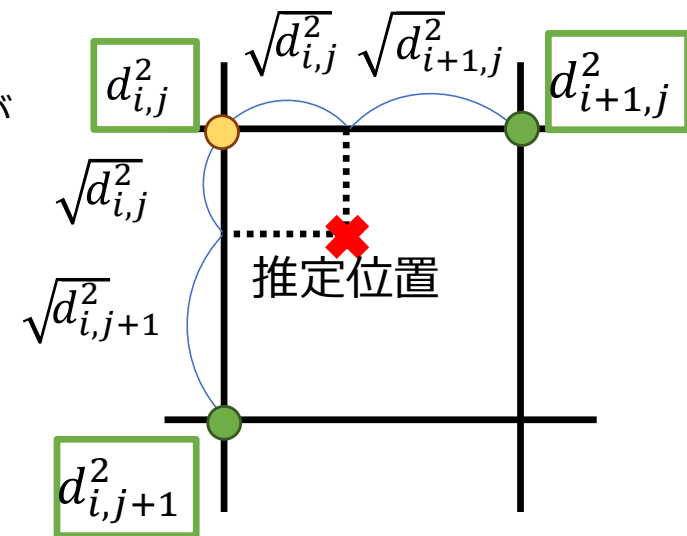


上下・左右で $d_{i,j}^2$ が
小さい参照点
→

上下左右のパターン差 $d_{i,j}^2$ の計算

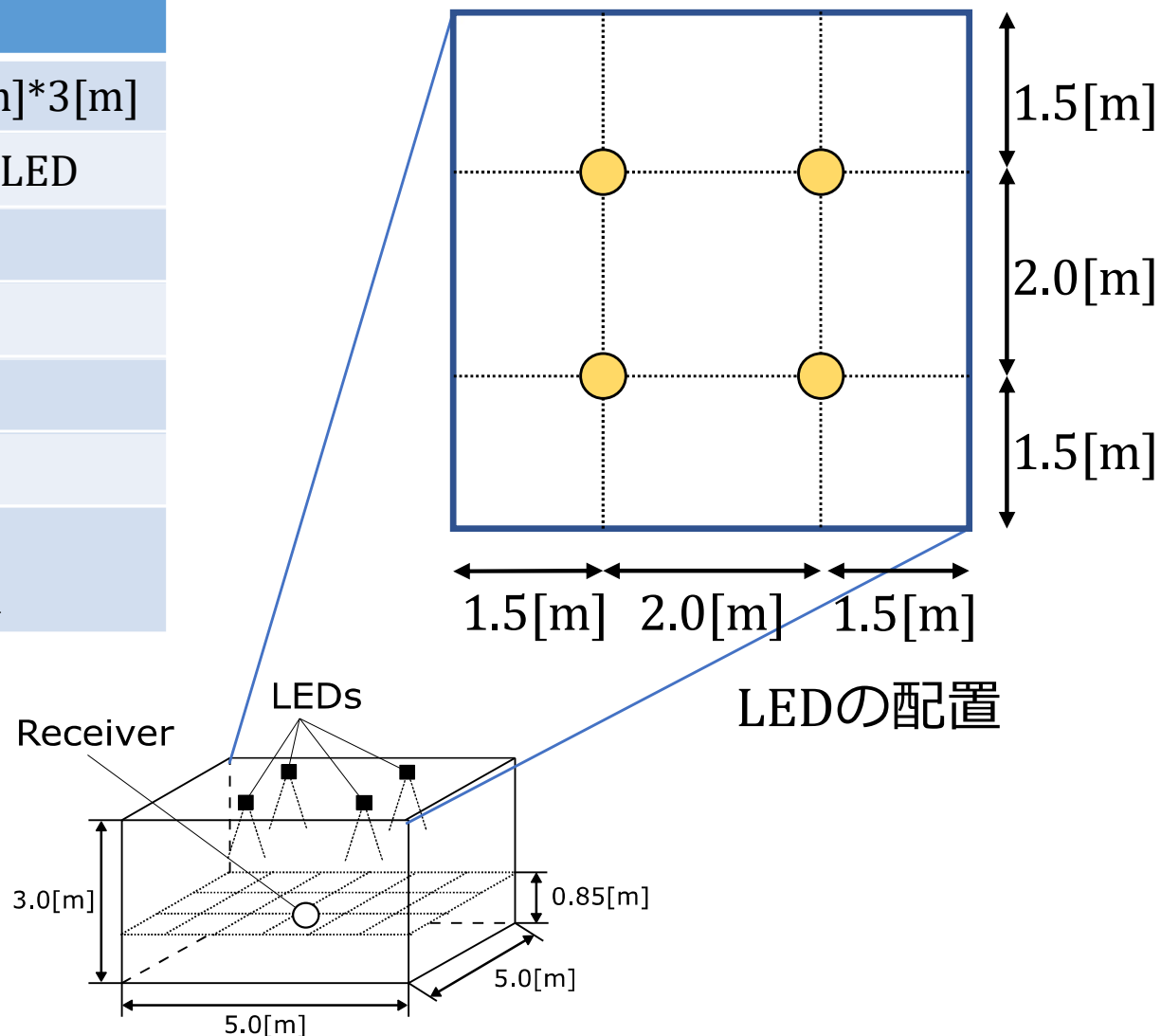


$d_{i,j}^2$ の平方根を用いて位置を推定

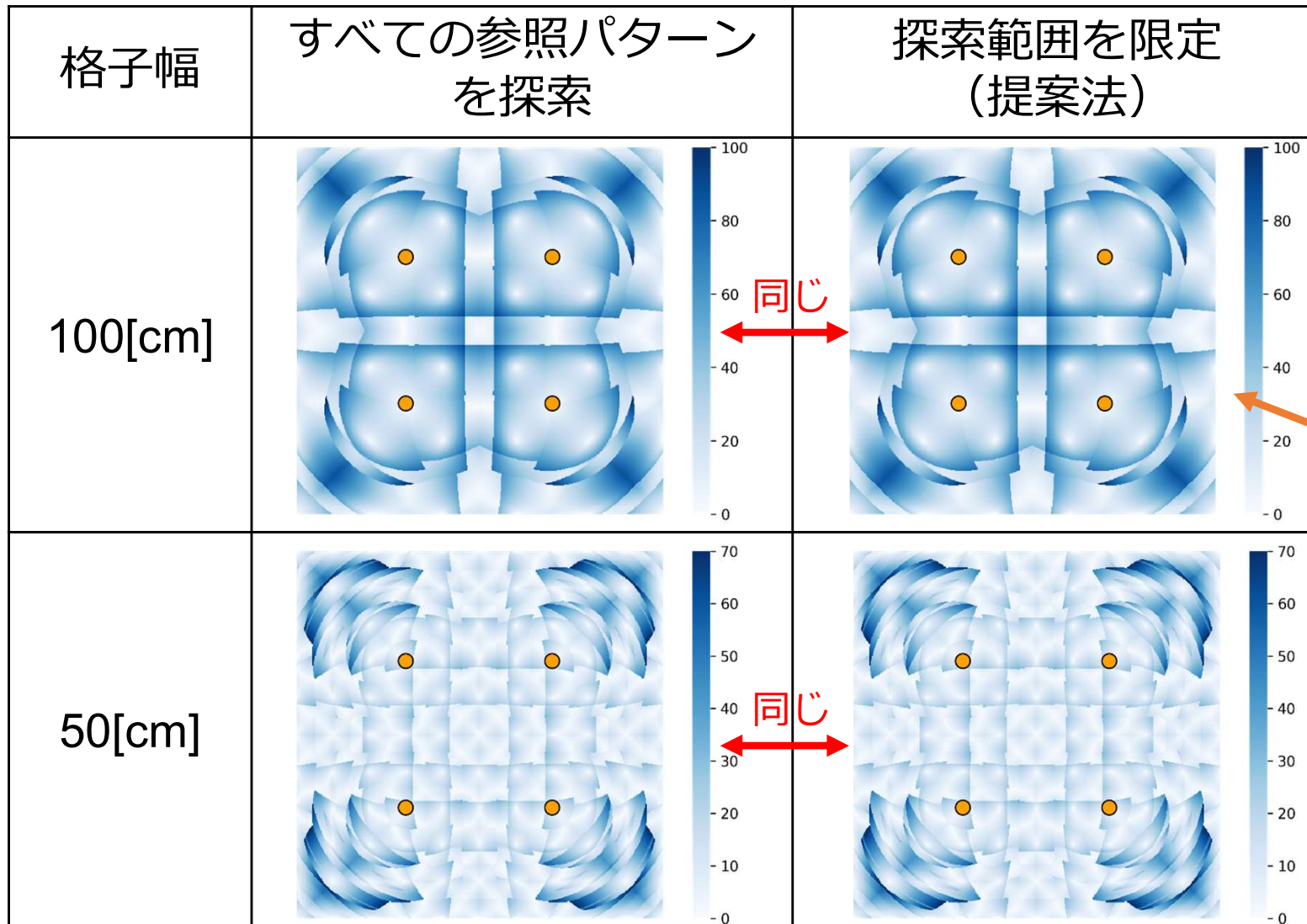


シミュレーション諸元

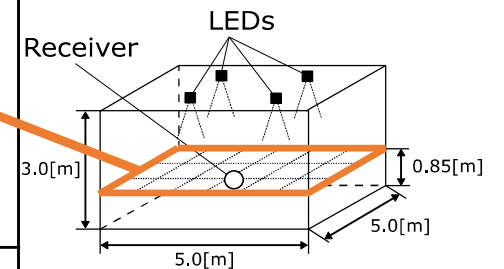
項目	値
部屋のサイズ	5[m]*5[m]*3[m]
送信電力	72.0[W]/LED
LEDの半値角	60[deg.]
受光面積	1.0[cm ²]
受信機の視野角	80[deg.]
受信機の高さ	0.85[m]
試行回数	501*501 =251,001



測位誤差のヒートマップ



受信機の位置
と測位誤差の
関係を可視化



提案法により
比較回数を
削減しつつ
測位性能を
維持

測位性能と計算量

格子幅=7.8125[cm] (床面を64 × 64の格子に分割)

測位法	測位誤差の平均[cm]	測位誤差の標準偏差	Rough estimationの正解率	測位に利用した参照点の総数(計算量)
すべての参照パターンを探索	2.0679	2.1498	0.815841	4,225
サブセルにより探索範囲を限定	3.5170	2.0160	0.812782	1,098
受信光電力の強度順により探索範囲を限定(提案法)	2.0679	2.1498	0.815841	528

むすび

研究の目的

- 受信光電力の強度順を用いた効率的な測位方法の提案
- ✓ 探索範囲の限定 + 比較回数の削減
- ✓ 測位性能を維持

性能評価

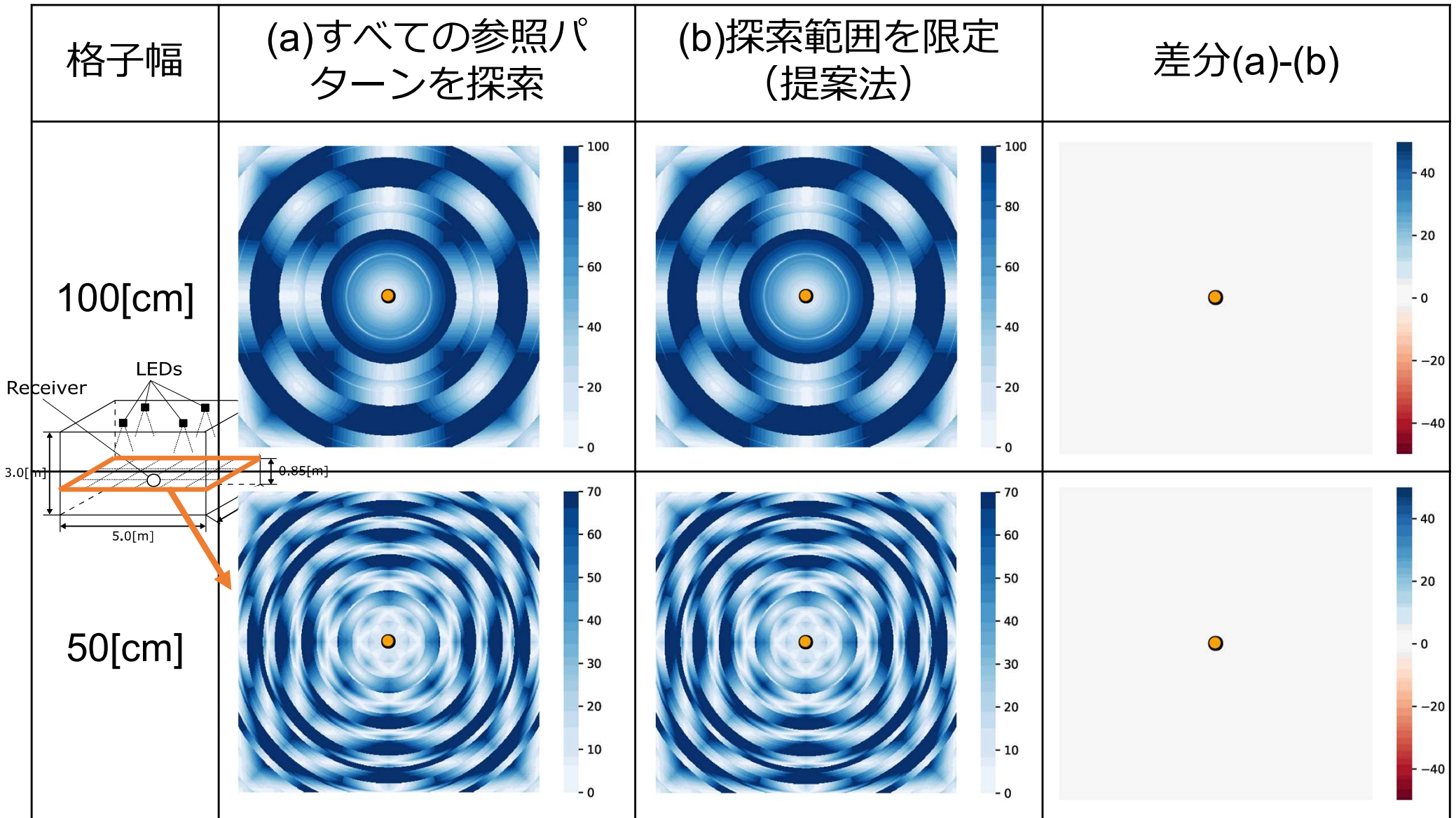
- 従来手法と比較
- ✓ 比較回数を削減・維持しつつ測位性能を改善・維持

今後の課題

- 受信機の傾きを考慮した測位方法の検討
- 参照パターンの最適な配置を検討

ご清聴ありがとうございました。

照明の位置と測位誤差



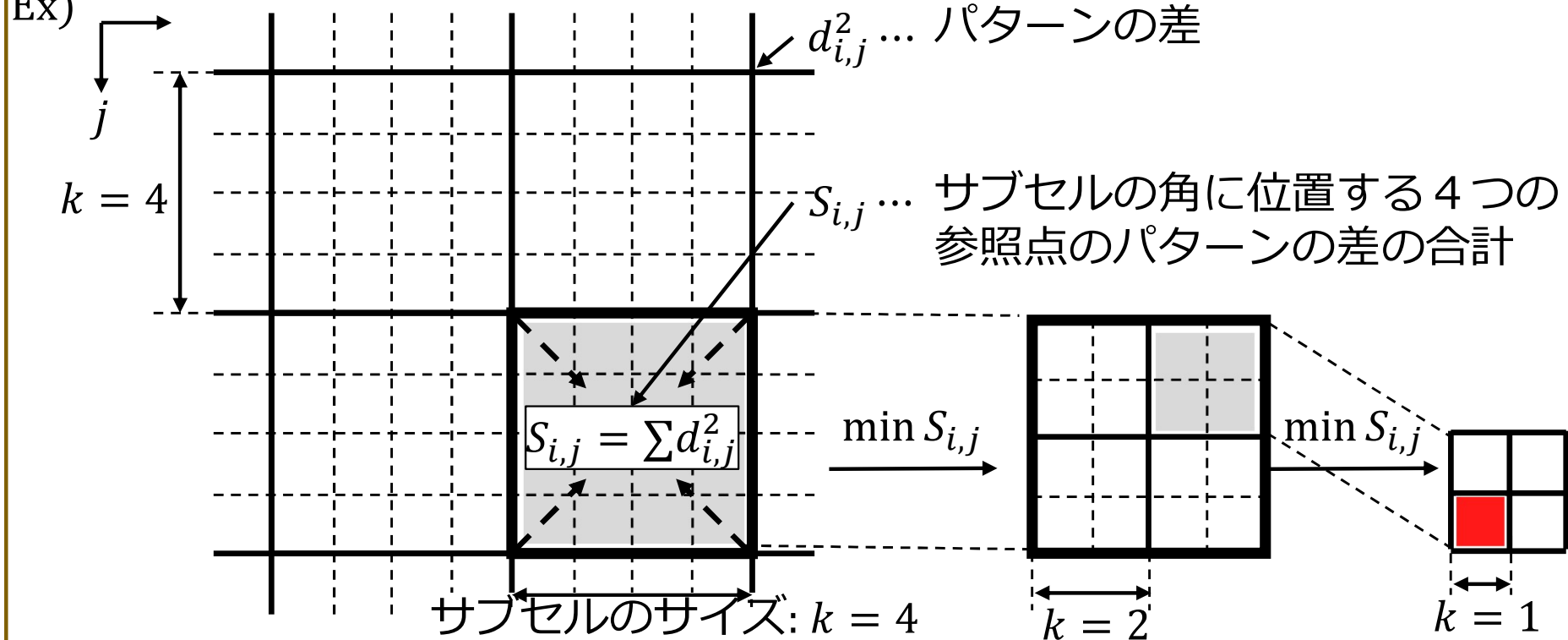
サブセルによる探索範囲限定1/2

Rough Estimation

Fine Estimation

サブセルサイズの変更により効率的に1つのセルを見つける

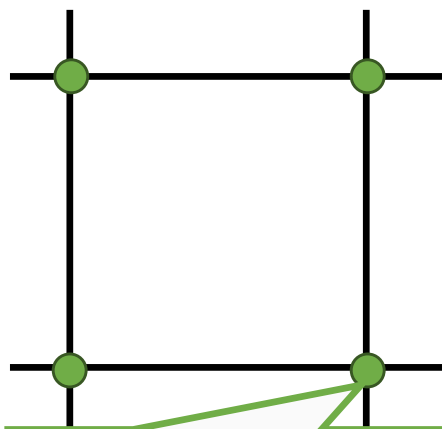
Ex)



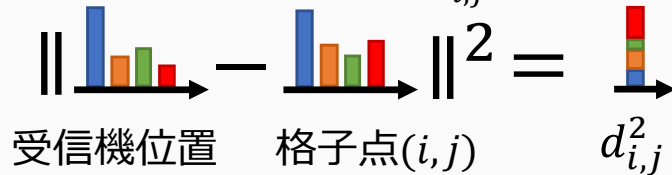
サブセルによる探索範囲限定2/2

Rough Estimation

Fine Estimation

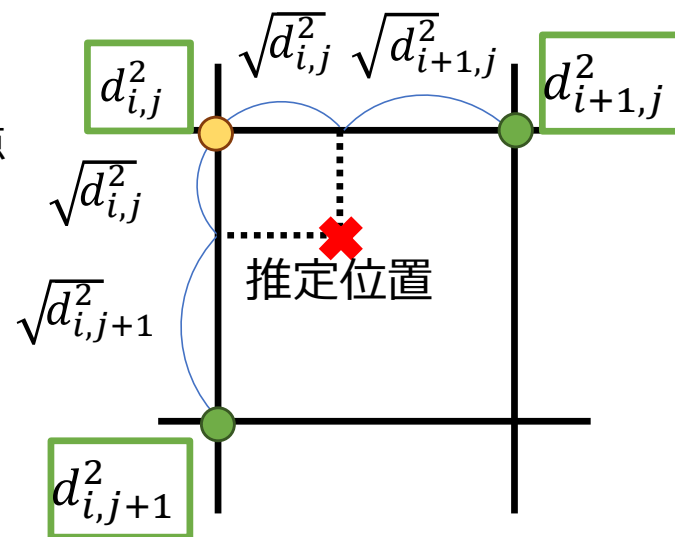


上下左右のパターン差 $d_{i,j}^2$ の計算



$d_{i,j}^2$ が最小となる参照点
& 隣接する参照点2つ

$d_{i,j}^2$ の平方根を用いて位置を推定



サブセル化による探索範囲縮小化

床面を32 × 32 に分割した際の測位誤差

