

平成22年度移動支援サービス研究支援事業  
(エネルギーハーベスティング方式による  
屋内位置特定インフラの研究開発)  
成果報告  
平成23年3月10日

立命館大学 情報理工学部 情報システム学科  
ユビキタス環境研究室 教授 西尾信彦

# 事業概要について

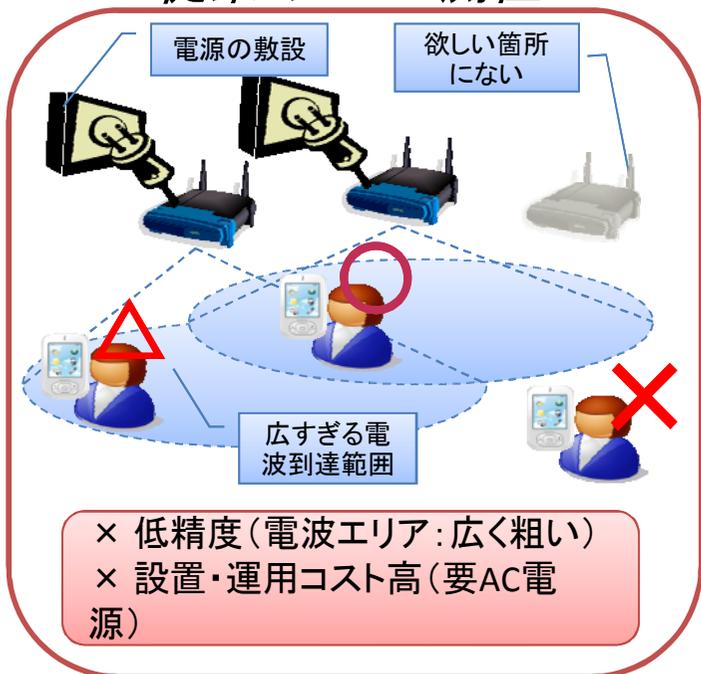
- 研究テーマ
  - <テーマ1> 歩行者の移動支援に必要な高精度の位置特定技術
- 研究課題
  - エネルギーハーベスティング方式による屋内位置特定インフラの研究
- 研究内容
  - GPSは屋内空間での位置特定手法としては機能しない
  - 屋内位置特定技術において、現実的な手法は未開発
  - 低コストで屋内設置が容易な位置特定インフラの実現をめざす
  - ソーラーパネル等エネルギーハーベスティング方式で駆動する位置マーカを活用した位置特定インフラの研究開発を実施
    - ①ソーラーパネルにより駆動するマーカ（Place Sticker）の試作
    - ②要求される測位精度に応じ、Place Stickerの送信出力を適応的に制御する方式の研究開発
    - ③Place Sticker用測位サービスの試作
    - ④大阪・梅田周辺地下街における実証評価
- 研究成果
  - 低コストかつ測位精度の制御が可能な位置特定インフラの実現に寄与

# 屋内位置特定技術

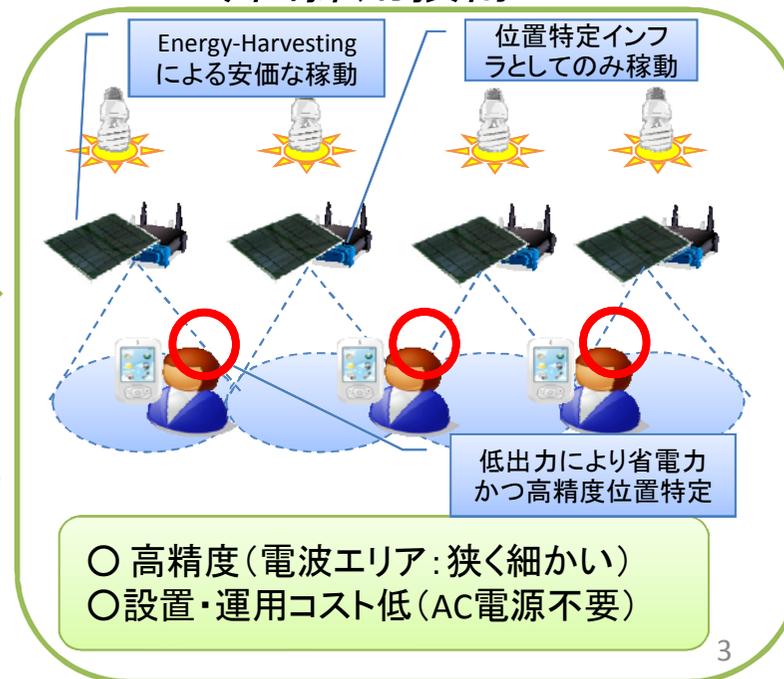
位置特定手法	普及端末での開発	サービスの普及性	Push型サービス	精度
Wi-Fi	○	○	○	×
Bluetooth	△	×	○	△
アクティブRFIDタグ	×	×	○	△
パッシブRFIDタグ	×	×	×	○
超音波	×	×	△	◎
赤外線	×	×	△	◎
LED	×	×	△	◎

Wi-Fi位置特定手法は精度さえ向上すれば、屋内位置特定の決定版に！

## 従来のWi-Fi測位



## 今回採用技術



新設するWi-Fi機器の設置・運用コストも改善！

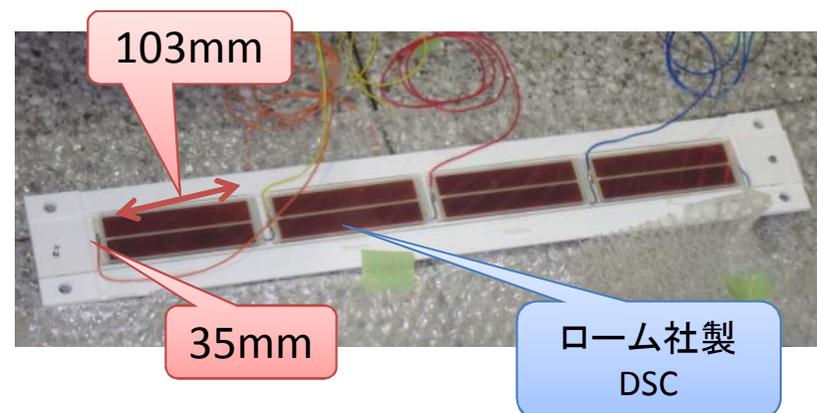
# ①位置マーカークの試作 (Place Sticker と命名)

- エネルギーハーベスティングで位置マーカークを稼働させる
  - Wi-Fiビーコンを定期的に出す
  - ビーコンに ucode を載せる
- 立命館大学と電通国際情報サービスが開発中の技術を採用
- 2つの技術の採用で実現
  - 省電力Wi-Fiモジュール
    - ビーコン出力機能のみ動作
  - 色素増感型太陽電池(DSC)
    - ローム社が開発中の最新発電技術



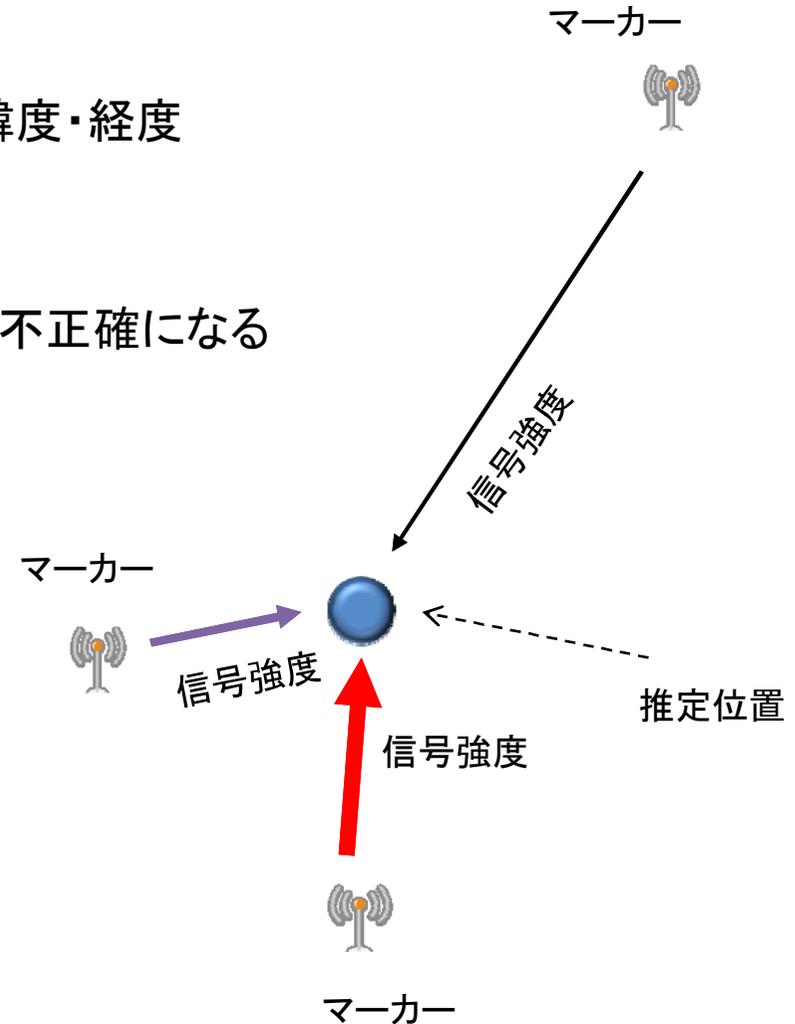
一般的な蛍光灯から1mmの距離に  
(約2万ルクス) 設置して  
3セルのDSCでPlace Stickerの動作を確認

※ 太陽光直射なら 10万ルクス程度



## ②送信出力制御の研究開発(1)

- 電波送信出力の調整で測位精度の制御が可能か検証
  - (1) 反射波の除去
    - 本Wi-Fi測位の計算手法:加重平均
      - 平均対象: マーカー設置箇所の緯度・経度
      - 重み: 電界強度
    - 反射波は誤差要因
      - 電界強度と距離(重み)の関係が不正確になる
      - 屋内で顕著
  - (2) Wi-Fi測位の限界性能の調査
    - 基地局を密にすれば高精度
    - 現場検証に向けての基礎調査



## ②送信出力制御の研究開発(2)

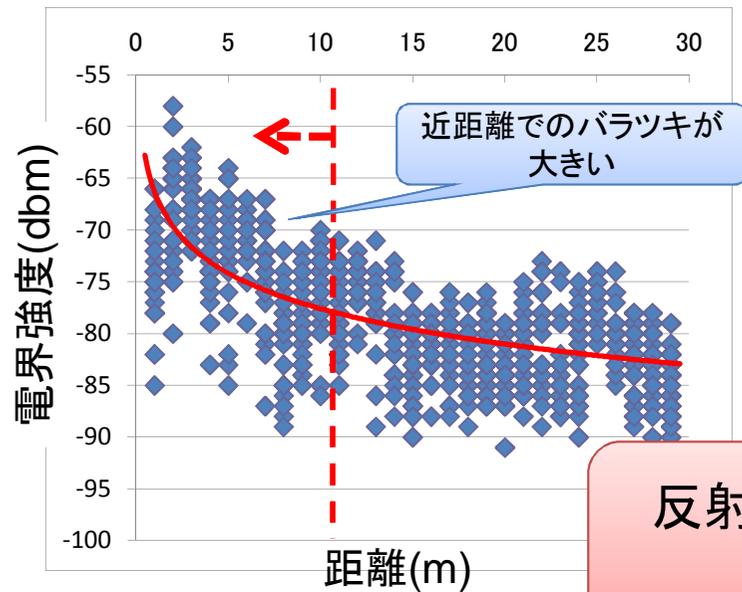
Place Stickerを金属箱に収めて電波出力を調整



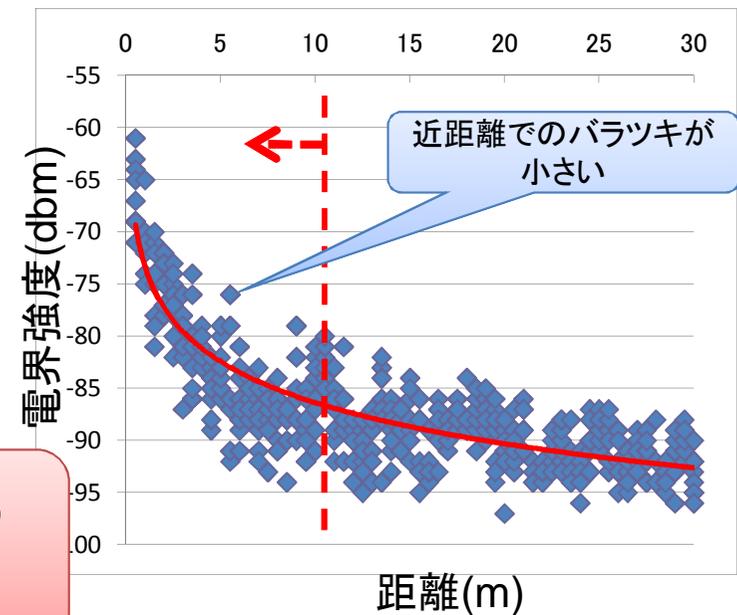
金属箱で遮蔽し  
漏洩用の穴をあける



開放状態で計測



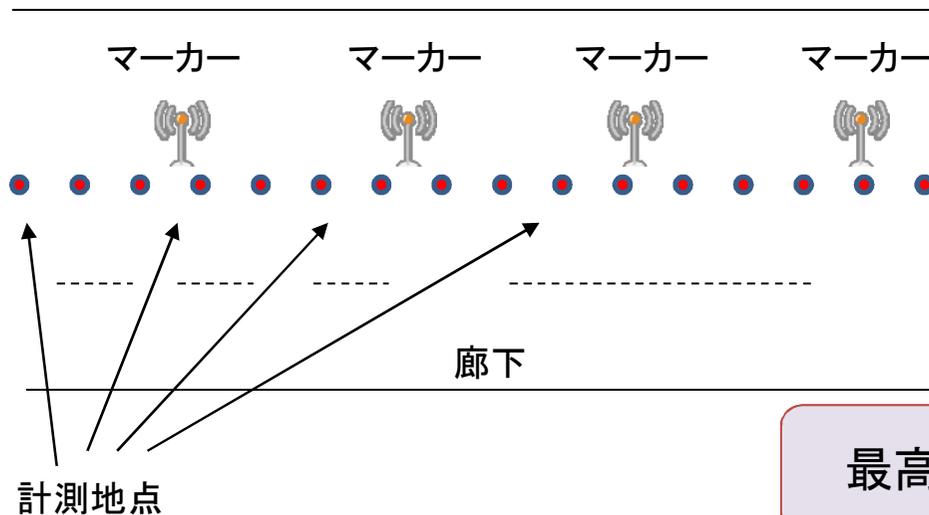
遮蔽状態で計測



反射波による悪影響の  
減少を確認

## ②送信出力制御の研究開発(3)

- 配置間隔を可変させた場合の位置特定性能評価
  - マーカー4台の設置間隔を1~5, 10mに変化
  - 計測地点は50cm刻みで各地点で10回計測



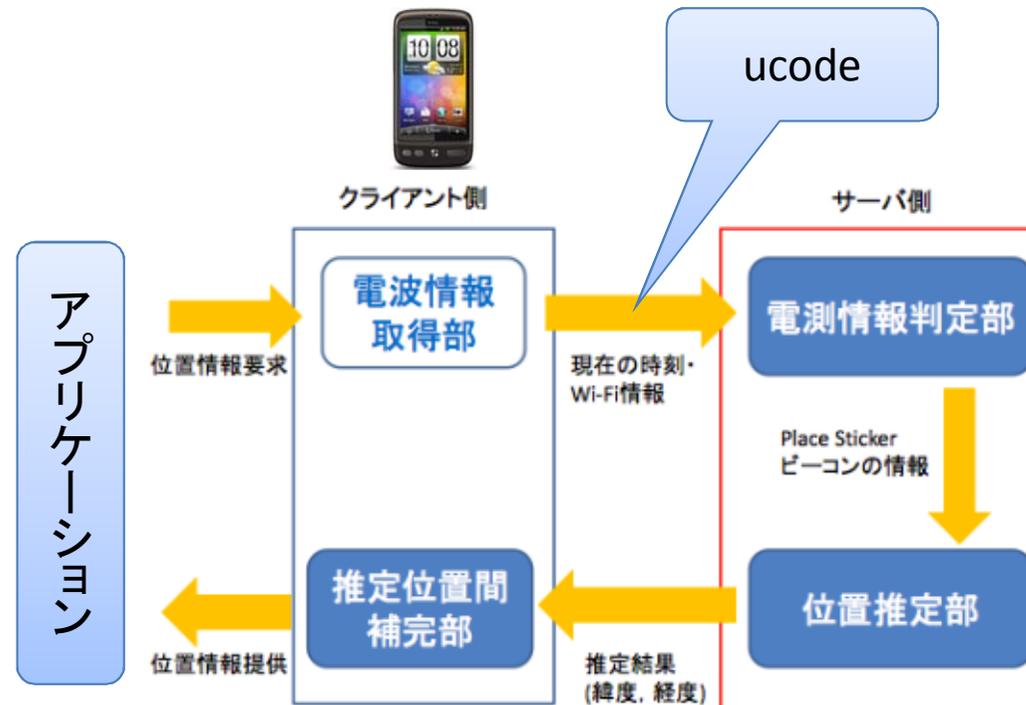
設置間隔(m)	誤差平均値(m)
1	0.40
2	0.65
3	0.78
4	1.00
5	1.24
10	2.50

最高で平均0.4mの位置特定精度を確認

この結果から現場ではマーカーを、2m間隔設置で測位の限界精度を検証、10m間隔設置で現在の店舗(5m間口)特定を目的に実験と決定

### ③Place Sticker用測位サービスの試作(1)

- 市販のスマートフォンをクライアントとしてサービス可能かを検証
- クライアント端末
  - HTC 社製 スマートフォン Desire (OS は Android 2.2)
  - 今年度普及した代表的Android携帯端末
- マーカ
  - ucode による場所情報コードをビーコンとして送信



### ③Place Sticker用測位サービスの試作(2)

現地調査用に測位アプリケーションを試作

1. 画面上に地図と目印(エアコン  や蛍光灯 ) を表示
2. 目印を頼りに現在位置を被験者がタップ
3. タップした現在位置が表示(青点)
4. マーカーからのビーコン情報をサーバに送信
5. サーバが位置計算して地図上に表示(緑点)
6. 計測誤差を目視で確認する  
別途、正確な数値データがサーバで記録される

実際の位置入力、  
測定位置表示



測位アプリケーションのスクリーンショット

## ④大阪・梅田周辺地下街における実証評価(1)

- 実施場所
  - － ホワイティ梅田ノースモール
- 実施期間
  - － 実証サイト準備: 1/20 - 0:00~4:00
  - － 実証実験: 1/26, 27 - 0:00~4:00, 12:00~14:00
- 対象者、規模
  - － 研究開発スタッフ、研究室学生の合計7人



## ④大阪・梅田周辺地下街における実証評価(2)

- 実施内容
  - 現地の蛍光灯において、DSCによるPlace Stickerの動作確認
  - 位置特定精度検証
    - マーカーの設置間隔
      - 10m間隔 (店舗特定)
      - 2m間隔 (限界測位精度検証)
    - 営業時間内外  
*人の有無と、店舗シャッターの開閉の影響を調査*
      - 0:00～4:00
      - 12:00～14:00
    - 移動速度  
*Place Stickerの探索時間を鑑みて徒歩時にどれだけ精度が低下するかを検証*
      - 静止
      - 徒歩

## ④大阪・梅田周辺地下街における実証評価(3)



Place Sticker設置箇所



計測位置

## ④大阪・梅田周辺地下街における実証評価(4)

- 設置間隔: 2m, 10mを比較
- 実験時間: 昼間(営業時間)、深夜(営業時間外)を比較
- 移動速度: 静止
- 計測サンプル数: 2m間隔: 16回(4回 × 4箇所)、10m間隔: 132回(4回 × 33箇所)

設置間隔(m)	昼間の誤差平均値(m)	深夜の誤差平均値(m)
2	1.22	1.39
10	3.24	4.20

- 10m間隔の設置でも店舗(間口 5m程度)の識別が十分可能な精度を達成
- 設置位置(天井)との距離、2次元測位のためが精度低下
- 深夜は、位置特定精度が悪化することを確認

## ④大阪・梅田周辺地下街における実証評価(5)

- 設置間隔: 10m
- 移動速度: 歩行時(時速4.8km)
- 計測サンプル数: 29

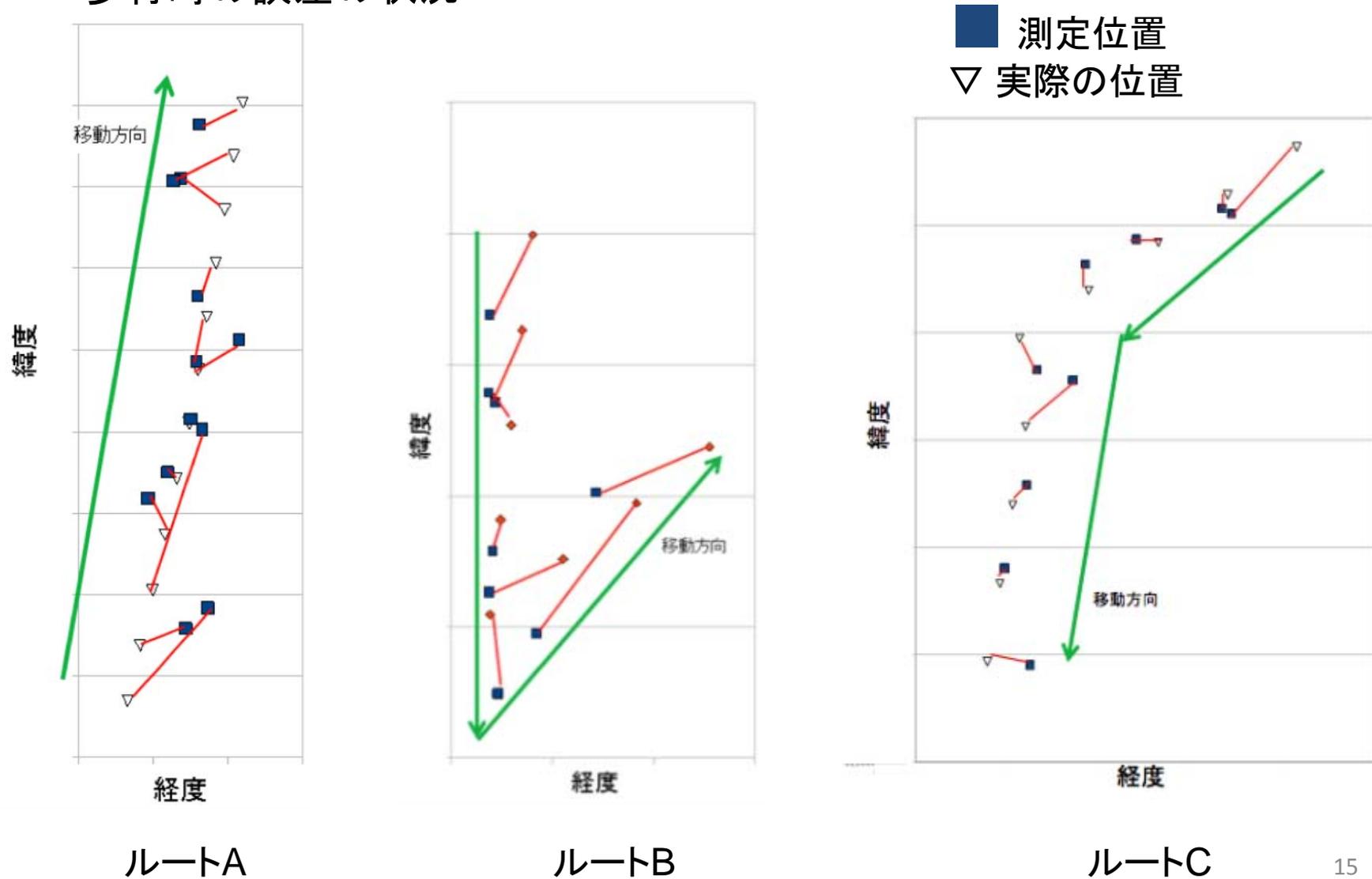


ルート	誤差平均値(m)
A	3.52
B	4.14
C	2.30
総計	3.30

停留時と歩行時で精度に大差なし  
(通信の遅延を含まない場合)

## ④大阪・梅田周辺地下街における実証評価(6)

- 歩行時の誤差の状況



## ④大阪・梅田周辺地下街における実証評価(7)



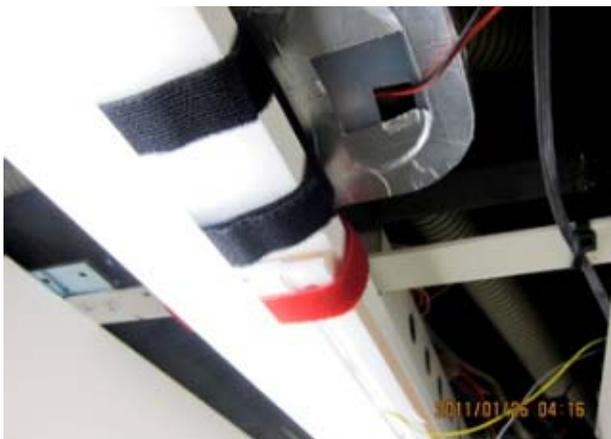
マーカーを準備



脚立で天井へ



マーカーを設置



マーカーの取り付け状況



蛍光灯裏のDSC



通行人の間で計測

# 事業全体の成果について

- エネルギーハーベスティング方式による屋内位置特定インフラの実現可能性を確認
  - 既設蛍光灯を光源として発電して動作可能
  - 10m間隔の設置で、地下街の各店舗位置を概ね識別できる精度を実現
    - 測位精度は約3m
    - 歩行時測位精度向上は今後の課題
  - さらなる精度の向上の可能性
    - 限界性能については
      - 事前実験では0.40m(1次元1m間隔設置)、0.65m(1次元2m間隔設置)
      - 地下街では1.2m(2次元2m間隔設置)
      - 現実的には設置位置(天井)の高さがあるので、3次元測位が必要
    - マーカーの台数や配置間隔、位置特定アルゴリズムの工夫以外にも、直前までの歩行履歴情報を活用すれば精度向上の可能性大
      - 階段や曲がり角の接近/到着などの通知も可能
- 今後の展開の方向性
  - 大阪梅田周辺地下街での実運用をめざす
  - 製品化(大量生産)に向けた作業(コストダウンとさらなる小型化)