

# センサーネットワークにおける SLAM を用いたノード位置推定実験

## Node Localization Experiments using SLAM in Wireless Sensor Networks

山田 寿夫                      小泉 信也                      中塚 正之                      甲藤 二郎  
Toshio Yamada                Shinya Koizumi                Masayuki Nakatsuka                Jiro Katto

早稲田大学大学院理工学研究科  
Graduate School of Science and Engineering, WASEDA University.

### 1. まえがき

近年、センサーノードを移動させる無線モバイルセンサーネットワークの試みが盛んに検討されている。本稿では特にその位置推定の問題に着目し、プラットフォームとして市販のセンサーノードと移動ロボットを利用し、位置推定には SLAM (Simultaneous localization and mapping) [1] を使用した屋内外の特性評価実験結果について報告する。

### 2. 位置推定技術

受動的な位置推定技術としては Range-based(TDOA, AOA など)方式や Range-free(Local Techniques や Hop-Counting)方式などがある。これらの方式では、位置評価を頻繁に更新することにより、移動対応させることは可能ではあるが、可動性を考慮した十分な設計が行なわれているとは言い難い。一方、ロボット用途に開発された EKF-SLAM (Extending the Kalman Filter for SLAM) や FastSLAM(A Factored Solution to the SLAM)では、もともとロボットの可動性(自律走行性)を想定し、自身の位置推定と地図作成を同時に実現する。この SLAM では、センサーを用いて周囲の環境を把握しつつ、そのセンサーデータをもとに自身の位置を推定・修正する。

### 3. 実験

実験では、屋内と屋外において、Mote(MICA2, MICAz)を固定センサーノードとして使用し、LEGO Mindstorms NXT に Mote と接続した Stargate を載せた移動ロボットを移動センサーノードとして用いた(図 1 参照)。移動センサーノードは近隣の固定センサーノードからの packet(RSSI 算出用)を収集しながら歩き、それらの packet を Stargate に送り、Stargate は無線 LAN で PC に送信する。そして、それらを受信した PC が、RSSI をノードごとに RSSI 値を算出し、ノード間の距離に換算して、ノード位置推定を行う。表 1 に各種製品仕様を示す。

図 2, 3 に屋外での RSSI 特性(Mica2)と EKF-SLAM を用いた場合の位置推定結果、図 4, 5 に屋内の結果を示す。

表 1. 各種製品仕様

製品	Mica2 mote	Stargate	Mindstorms NXT
プロセッサ	8bit 7.37MHz ATMega128L	32bit, 400MHz Intel PXA255 XScale	32bit ARM7
メモリ	128kB / 4kB SRAM	32MB Flash / 64MB SDRAM	256KByte Flash / 64KByte RAM
通信	微弱無線 (315MHz)	802.11b(無線 LAN)	Bluetooth V2.0

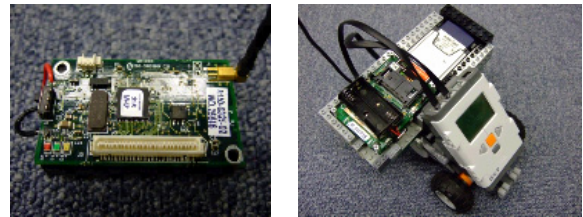


図 1. Mote 端末(左)と Stargate on Mindstorms NXT(右)

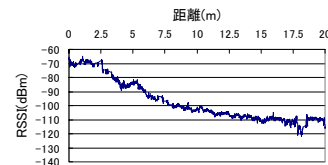


図 2. 距離と RSSI(屋外)

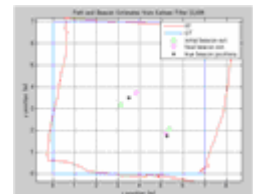


図 3. EKF-SLAM(屋外)

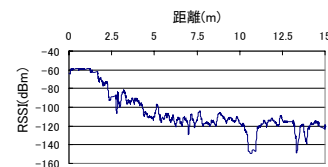


図 4. 距離と RSSI(屋内)

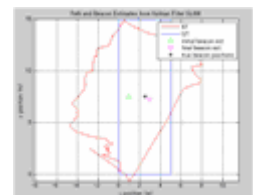


図 5. EKF-SLAM(屋内)

### 4. 検討・考察

RSSI 観測値を用いて SLAM によるノード位置推定が可能であることを確認した。しかし、RSSI 観測精度は屋外と屋内において異なり、屋外では距離に対して観測値の分散が小さく距離推定が容易であるものの、屋内において距離 5[m]以上では電波干渉の問題が起こるため分散が大きく距離推定が難しい。また逆に、地図作成のためのロボットの移動精度は、屋内では障害が少なく理想的となるが、屋外においては地面の凹凸により移動精度が悪くなり、自己位置推定が難しくなる結果となった。

### 5. まとめ

本稿では、市販の Mote と LEGO MindStorms NXT を用いた SLAM に基づく位置推定実験を行なった。今後の発展として、RSSI 観測値の補正やノード数を増やした場合の実験、そして位置推定の高速化について検討を進める。

### 参考文献

[1] Derek Kurth, "Range-Only Robot Localization and SLAM with Radio", CMU-RI-TR-04-29, Robotics Institute Carnegie Mellon University, May 2004