

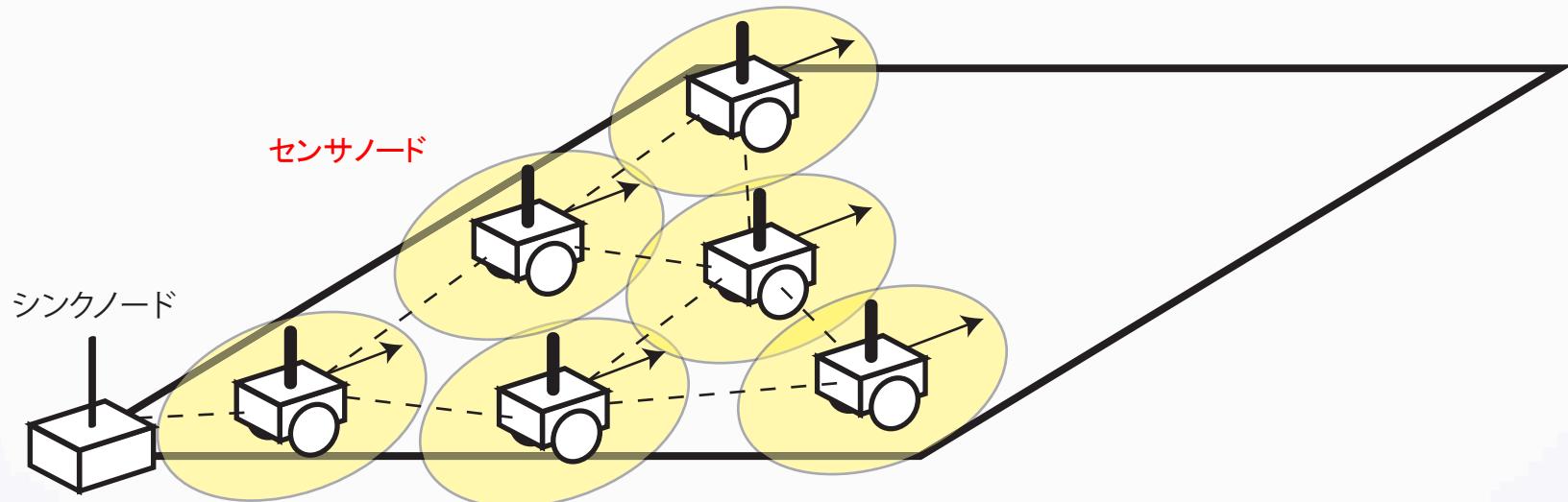
モバイルセンサネットワークにおける 仮想ばね力学モデルに基づく 自律的ノード展開に関する研究

横浜国立大学 工学部 電子情報工学科
杉本研究室
指導教官 杉本千佳 准教授
0944095 夏澄彦

発表の流れ

1. 研究背景と目的
2. モバイルセンサネットワーク
3. バネ力学によるセンサネットワークの展開
4. 提案方式
5. シミュレーション
6. まとめと今後の課題

1 研究背景と目的



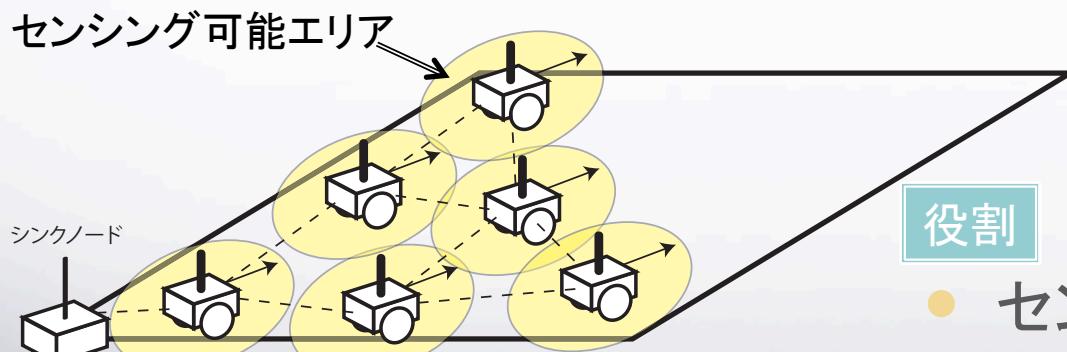
- 近年、ユビキタスネットワークの一要素として、無線センサネットワークが注目されている
- 震災などの災害時において、被災状況を確認するために移動ロボットにより自律的に無線センサネットワークを構築するための方法が求められている
- 人の立ち入ることのできない、未知の障害物があるような環境に対して自律的にセンサノードを展開させることにより、対象エリアからできるだけ多くの情報が得られる手法を研究した

2.1 モバイルセンサノードの構造と役割



構造

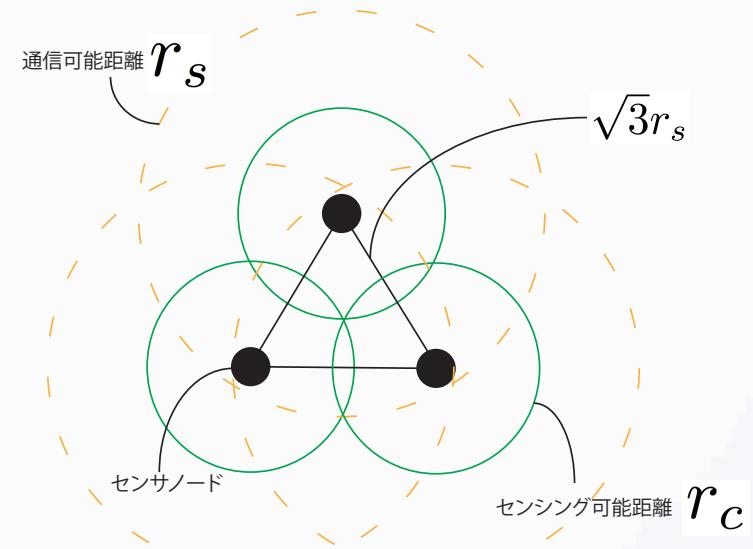
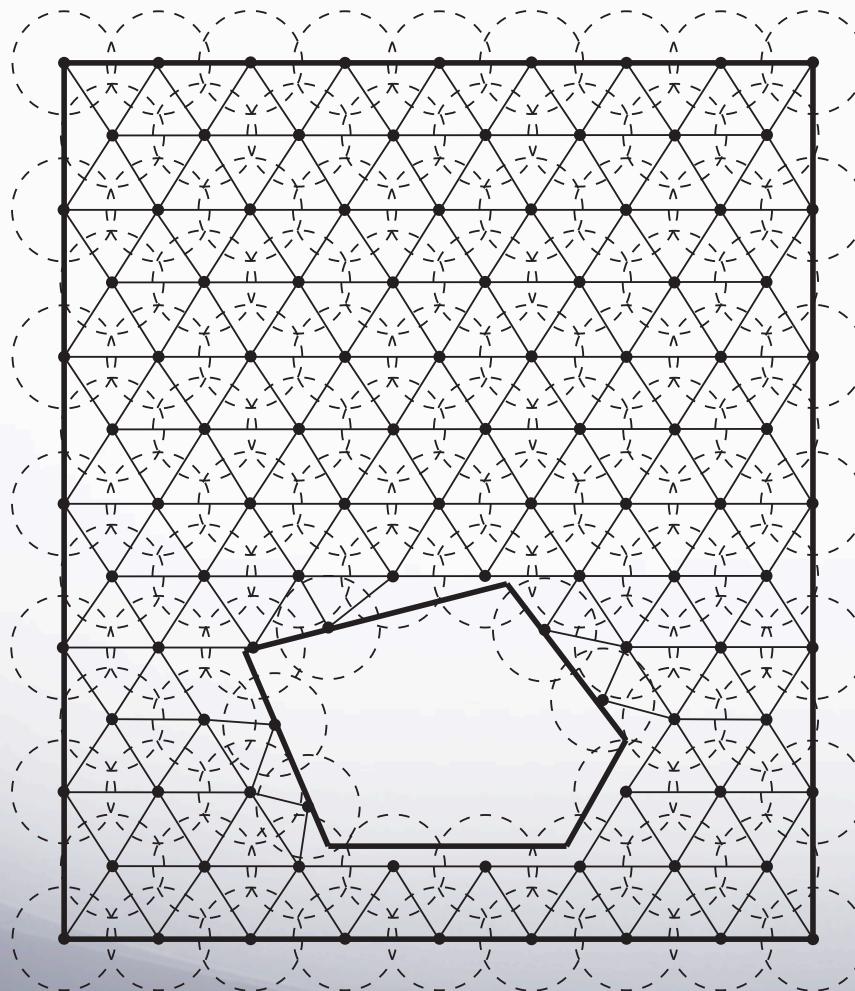
- 各センサノードは通信デバイスとセンサ、動力で成り立っており、 R_c :通信可能範囲, R_s :センシング可能範囲が存在する
- 例えば、IEEE802.11b 準拠の無線デバイスでは見通し100m の範囲で通信可能で、人感センサ等のセンシング可能範囲は、10m～50m程度である



役割

- センシング
- シンクノードへのデータの転送

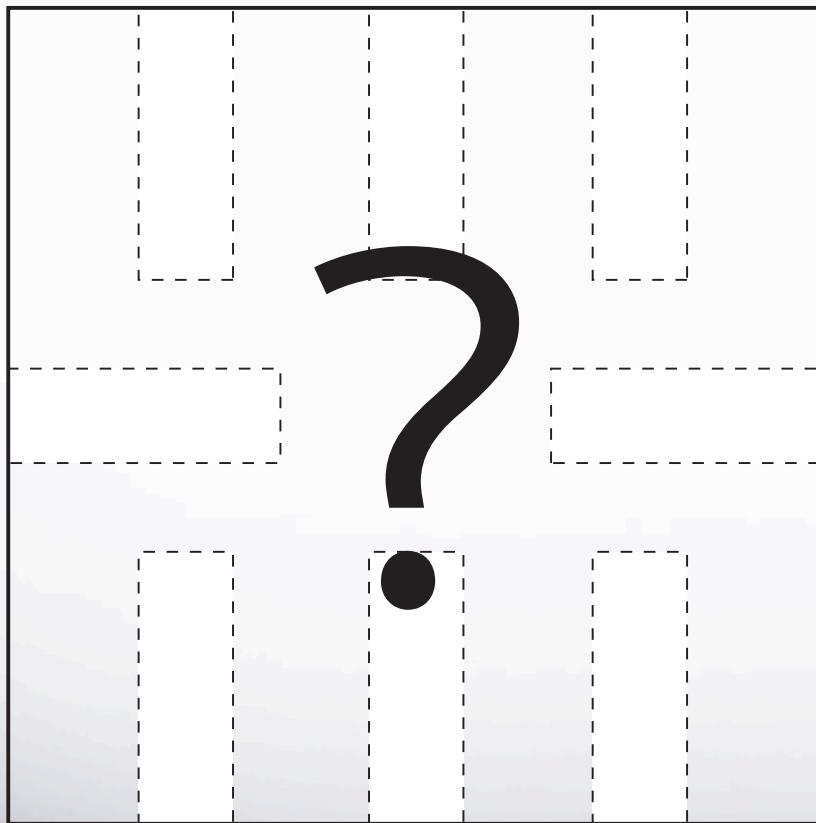
2.3 モバイルセンサノードの配置



条件

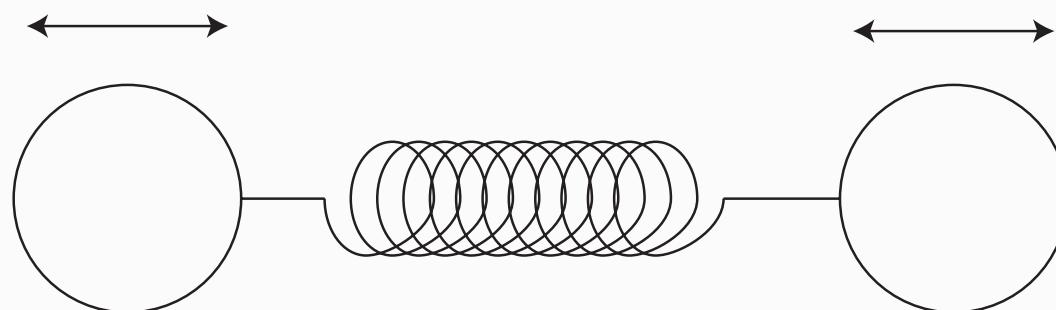
- 最小のノード数
- カバレッジ
センシングエリアをどのくらいカバーできるか
- 連結性
各ノードは正しくシンクノードまでデータを転送できるか

2.4 未知の障害物のある環境への配置問題



- 各ノードは移動すべき最終的な位置を事前に決定することはできない
- 各ノードは周囲の情報を用いて自律的に展開することが望ましい
- ニューラルネットワークにおける教師なし学習を利用した手法やRandom Waypointモデルを利用した手法、さらには仮想力学を用いた手法などがある

3.1 仮想のバネ力学を使った展開(既存の研究)



ノード間に仮想的なバネを想定することでノードを近づけたり遠ざけたりし、適切な距離をとる事が可能となる。

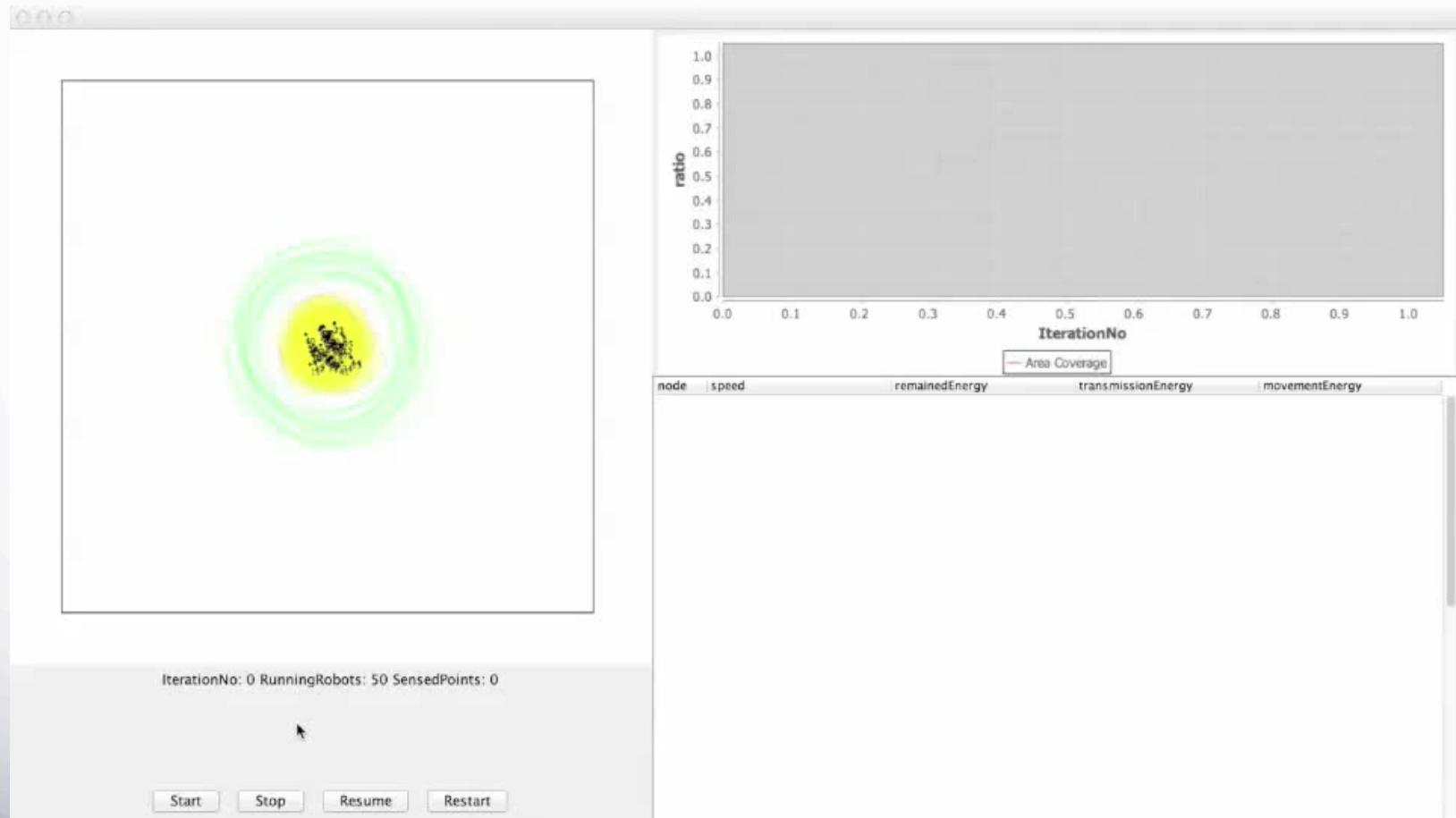
特徴

$$F = \left[\sum_{i \in S} k_s (l_i - l_0) \hat{u}_i \right] - k_d \dot{x}$$

- シンプル
- 収束する
- 周囲のノードとの距離と角度の情報のみで、自律的に展開可能
- 障害物がある場合でも特別な処理を必要としない

3. バネ力学によるセンサネットワークの展開

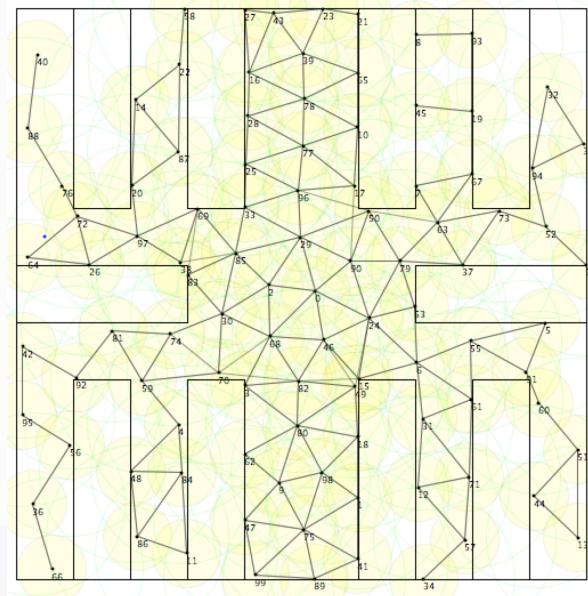
3.2 展開の様子



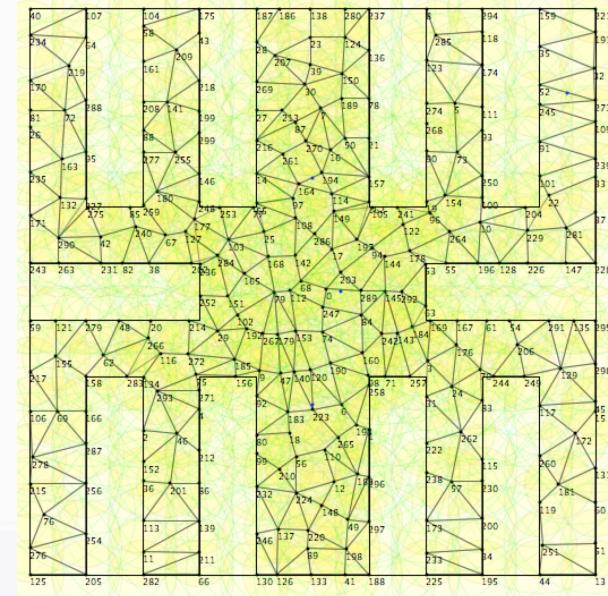
4. 提案方式

4.1 問題点1：ノード数

特に未知の障害物があるような環境に対して、事前に最適なノード数を算出するのは難しい



少なすぎる



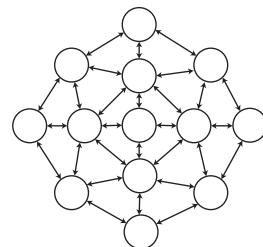
多すぎる

また、バッテリーが切れたあともセンシング情報を集められるような機構をネットワークに付加したい



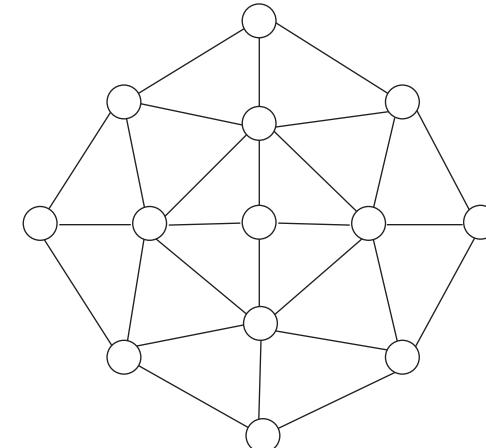
適応的に増やしていく

4.2 バネによる展開の様子



初期状態

シンクノード周辺にノードが密集している
シンクノードと隣接ノードの間にはバネによる斥力が働いている。

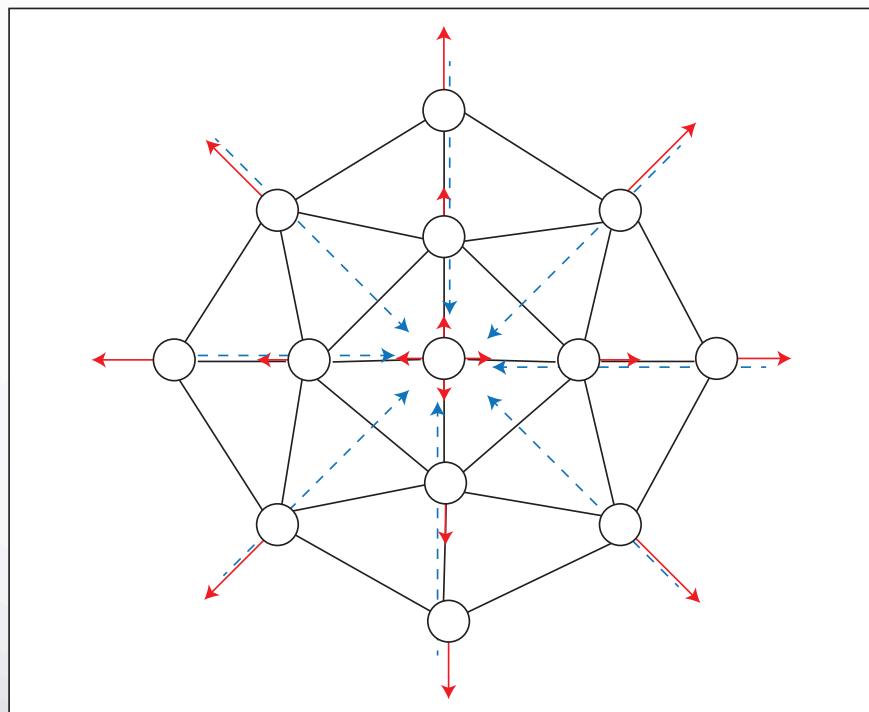


平衡状態

バネの長さが自然長に達し、平衡状態となっている
シンクノードと隣接ノードの間には力が働いていない。
エッジノードは境界線に達していない。

4.3 提案1：壁からの引力の付加

エッジノードに対して境界線からの引力を追加する



引力はノード間のバネを伝搬していく、最終的にシンクノードは隣接ノードから引力を受けるようになる



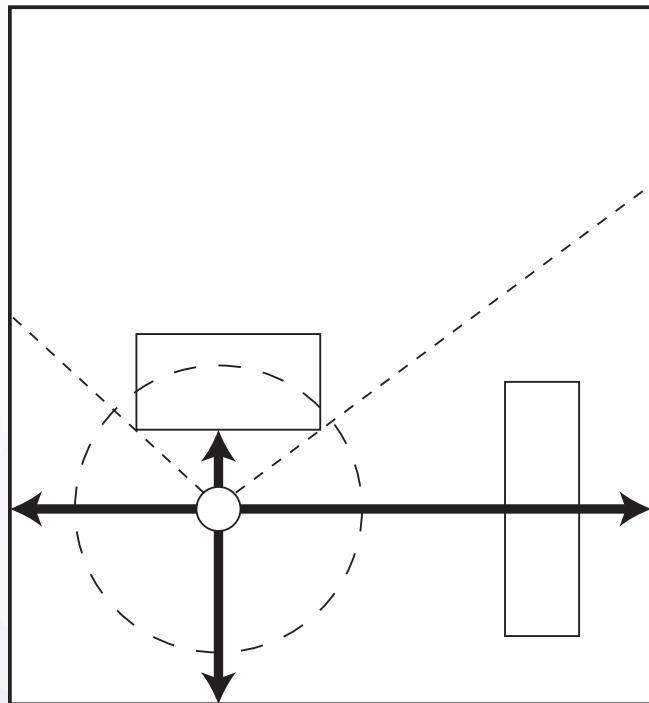
シンクノードはノードの展開が完了していないことを感知する



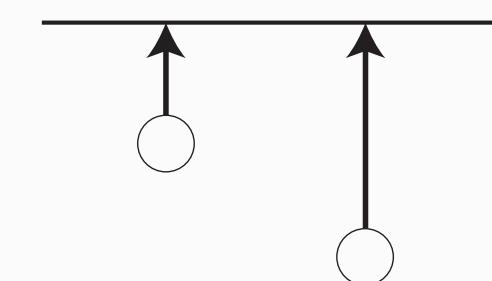
シンクノード付近から新規のノードを補充する

エッジノードが壁へ引っ張られることにより、シンクノードから次々と新規ノードが引っ張り出されているイメージ

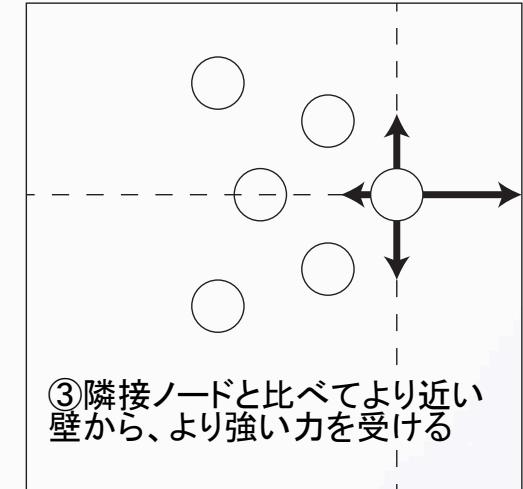
4.4 壁からの引力の条件



- ①検知可能な全ての壁から力を受ける
- センシングエリアの境界
 - センサの測定可能距離内の障害物
 - ただし、別の検知可能な壁により隠れている場合には力を受けない



②壁との距離が近い場合には弱める



③隣接ノードと比べてより近い壁から、より強い力を受ける

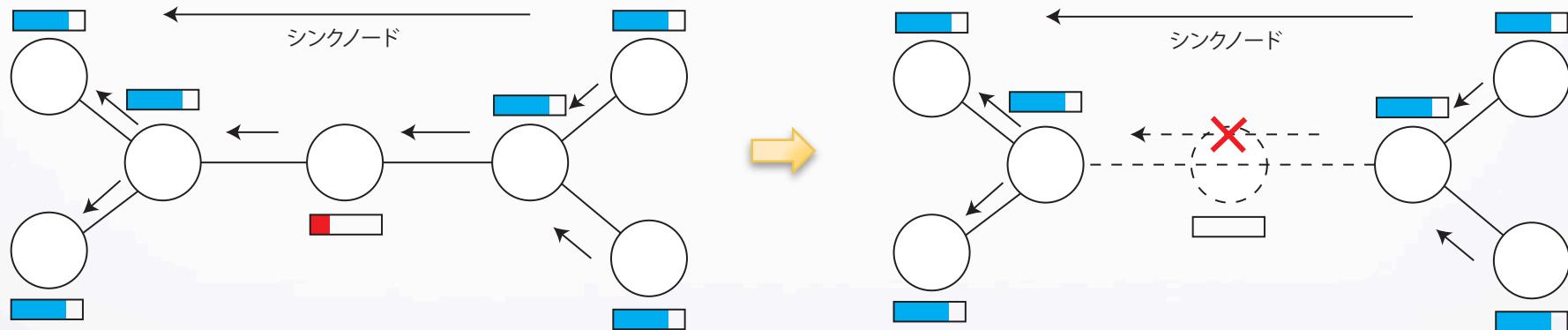
注)あくまで補助的な力であり、連結性を保証しているバネによる力を上回ってはいけない

$$F = \sum_{w \in W_{visible}(n)} \left(- \left(\sum_{w \in W_{visible}} d_{near}(n, w) \right) k_s (\max\{d(n, w), maxDistance\}) \hat{u}(n, w) \right)$$

$$d_{near}(n, w) = \frac{\sum_{k \in nbr(n)} d(k, w) - d(n, w)}{|nbr(n)|}$$

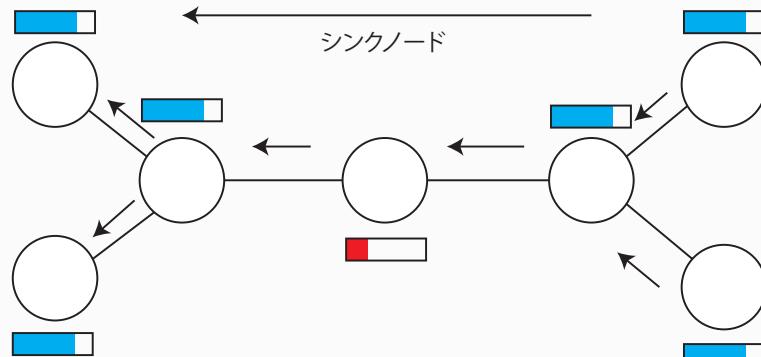
$$maxDistance = \sum_{k \in springConnected(n)} (r_c - d(n, k))$$

4.5 問題2: ノードの寿命とネットワークの連結性



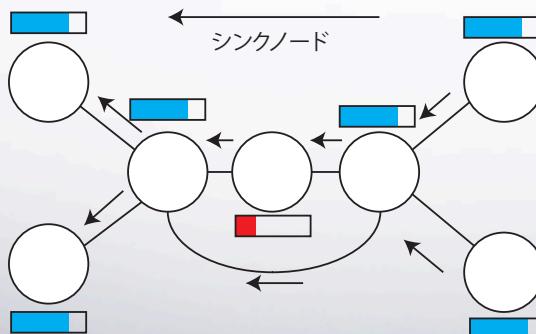
特定のノードでは、バッテリーが尽きてしまうとセンサによるカバレッジだけでなく連結性も失われる

4.6 提案2: 連結性の向上



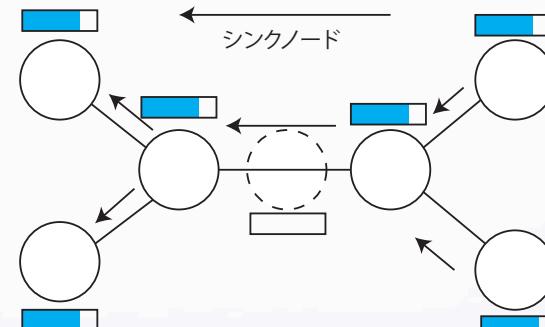
シンクノード

残余電力に応じてバネ
の自然長を短くする



シンクノード

ノードが終了してもシンクノードに情報
を送信できる



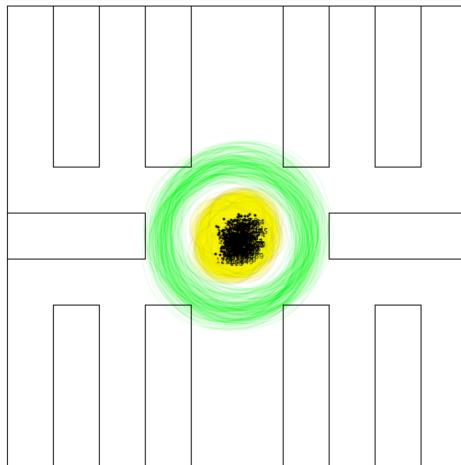
シンクノード

通信路が増え、消費電力が分散され、バッテリーの減少速度を減らせる

また、バネが縮まろうとする力がシンクノードに伝わることにより、新規ノードの補充が可能となる

2/27/2013

シミュレーション

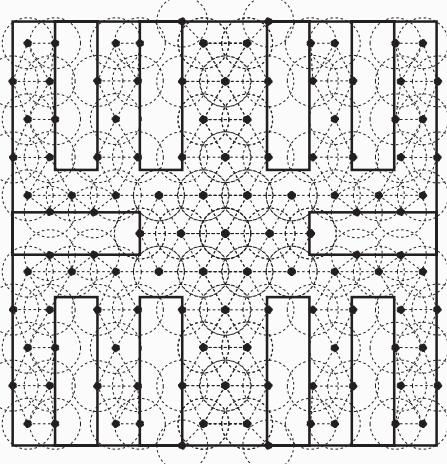


パラメータ	値
センシングエリア	500[m] x 500[m]
大きさ	0.5[m] x 0.5m
重さ	2.5[kg]
通信可能距離	80.0[m]
センシング可能距離	30.0[m]
最高速度	2.5[m/s]
移動コスト	8 [J/m]
送信コスト	$50 * b + 0.1 * b * d^2 [nJ]$
送信コスト	50 * b [nJ]
センシングコスト	30 * b [nJ]
イベント発生回数	0.0001 [回/m ² s]
センシングデータ	400 [KB]
イベントデータ	10 [MB]

イテレーション間隔 : 0.2秒

バネ係数: 5.0

減衰係数: 3.0



理想的な展開: ノード数117個

評価基準

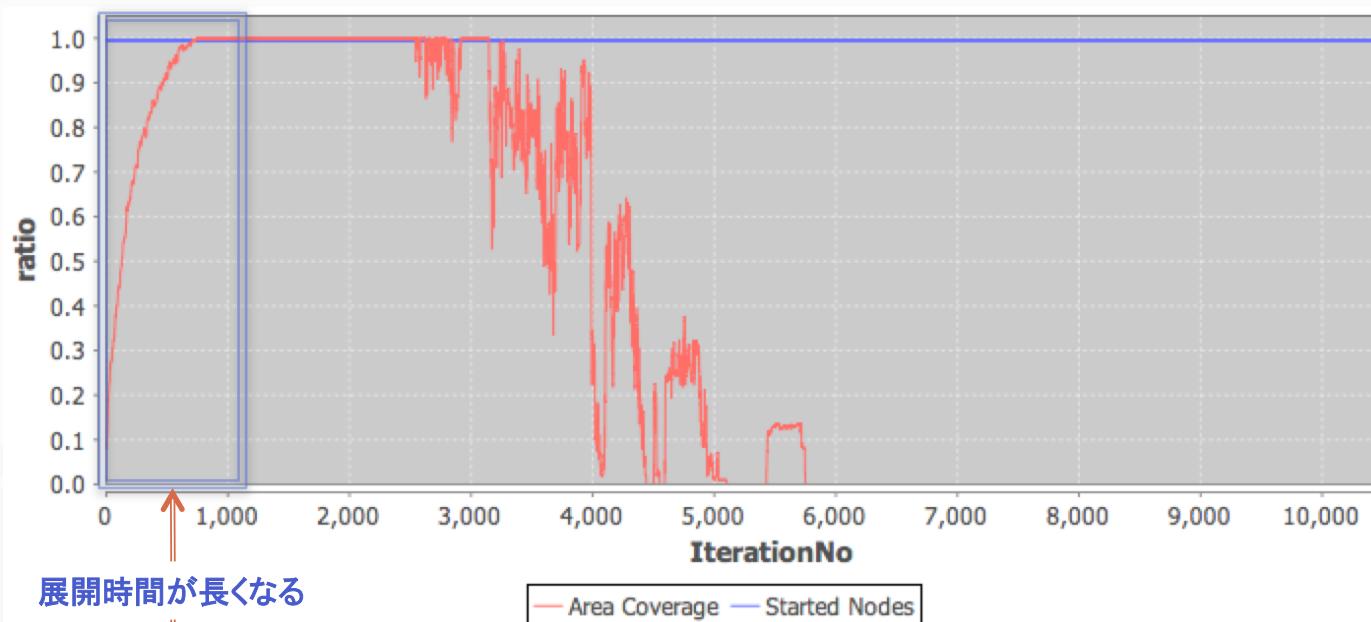
- 合計センシングデータ量

展開開始してからシンクノードに転送されてきた各時間(0.1秒間隔)、各場所(10m間隔の格子点)のセンシングデータの合計数(重複除く)。

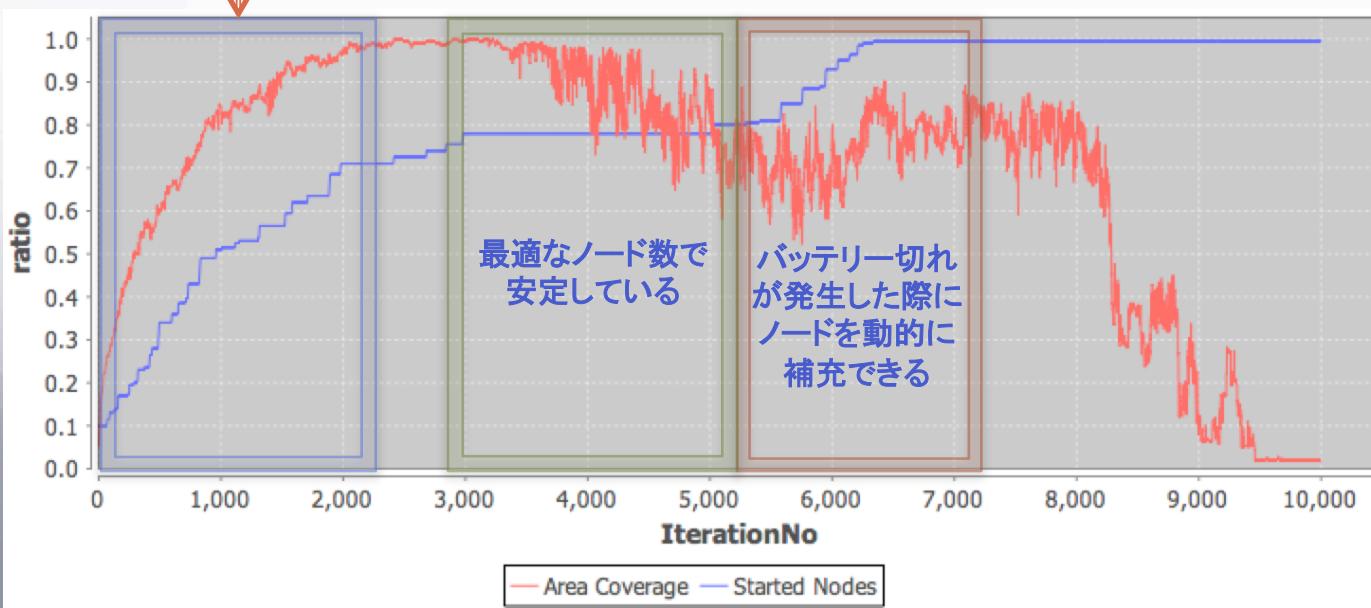
- カバレッジ率90%までの到達時間

5. シミュレーション

シミュレーション結果



単純なバネモデル
力バレッジ率95%までの
到達時間: 700s
センシングデータ量:
799811個



力バレッジ率95%までの
到達時間: 1500s

センシングデータ量:
1457870個

6. まとめと今後の課題

まとめ

- 単純なバネによる展開と比較してカバレッジ率が95%以上になるまでの時間は約2.3倍になったが、合計では約1.8倍のセンシングデータは取得することができた

今後の課題

- 最も単純なバネモデルを利用したが、
- 故障等による予想不可能なノード寿命への対応
- ノード数が限られている条件の元で、バネの自然長を適応的に制御することでカバレッジ率を高めていく方法

ご清聴ありがとうございました