

SLAM-SEANによる自律ロボットの 未知環境内移動

大阪大学 杉原 知道

■ 目的

自律移動ロボットの未知環境内高速移動

自動運転車、自走クローラ、マルチコプター、海洋探査ロボット etc.

背景: ロボット革命実現会議(経済産業省)における
社会的ロボット利活用の戦略的推進

- 交通サービス質向上
- 災害区域調査
- 老朽化したインフラ点検 & 保守
- 海洋資源探査 & 採掘
- 造成工事
- 農耕作業 etc.

課題: 動的変化する実環境内で
不確かさを多分に含むセンサ情報に基づきながら
いかにロボットの機動性を向上するか？

■ 方法

SLAM+SEAN

SLAM=**S**imultaneous **L**ocalization **A**nd **M**apping

SEAN=**S**imultaneous **E**xploration **A**nd **N**avigation

古典的移動ロボット誘導方法



- 地図がなければ自己位置は定義できない
- 地図がなければ経路を定義できない

十分な外界計測データから十分な精度の地図を生成

→(3)(4)(5)のサイクルへ …遅い

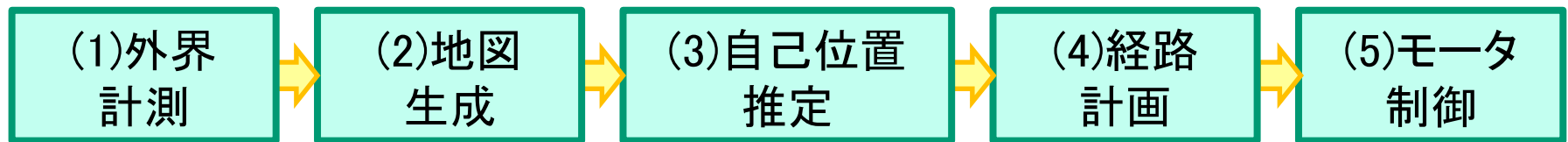
■ 方法

SLAM+SEAN

SLAM=**S**imultaneous **L**ocalization **A**nd **M**apping

SEAN=**S**imultaneous **E**xploration **A**nd **N**avigation

古典的移動ロボット誘導方法



■ 地図がなければ自己位置は定義できない？

■ 地図がなければ経路を定義できない？

SLAMの発想

地図=自己位置から観測した外界情報の蓄積…(2)と(3)は表裏一体

SEANの発想

外界計測=外界の不確かさの低減=探索

経路計画=好ましい場所に至る方向の発見 …(1)と(4)も表裏一体

より多く不確かさを減じる場所

■ 方法

SLAM+SEAN

SLAM=**S**imultaneous **L**ocalization **A**nd **M**apping

SEAN=**S**imultaneous **E**xploration **A**nd **N**avigation

古典的移動ロボット誘導方法



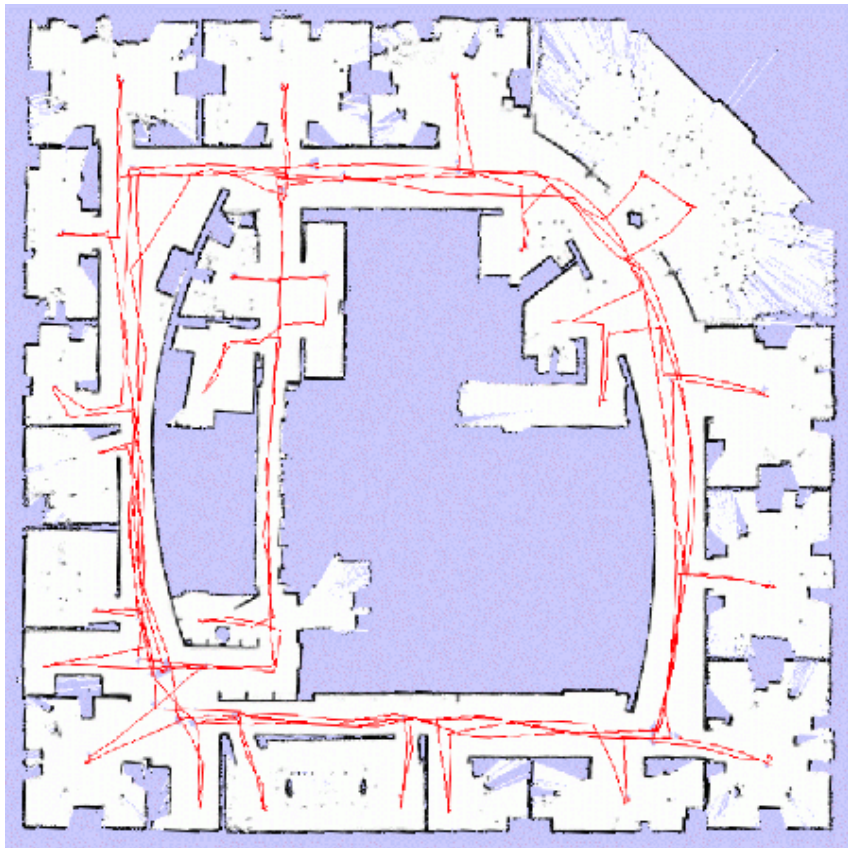
■ SEANにSLAMを包含→SLAM-SEAN

■ SLAM-SEANの短周期反復(数十～数百Hz)

によってロボットを高効率に目的地へと誘導

…機動性を大幅に向上

■ SLAM概要



<https://www.cc.gatech.edu/~kaess/iSAM.html>

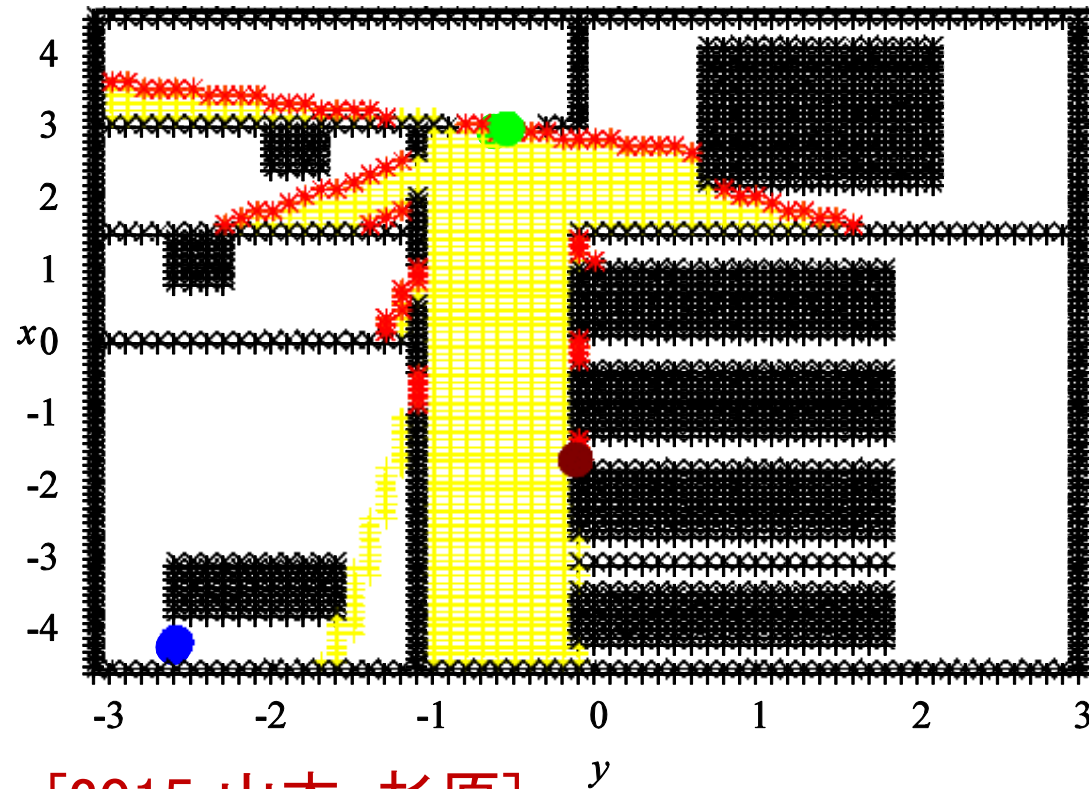
[1987 Smith and Cheeseman]

- ロボットは移動しながら外界情報を獲得・蓄積
- 過去の外界情報も合わせ補正
- 地図精度 & 自己位置同定精度を同時に向上

高速化の鍵

- 外界情報の間引き
- 補正精度を上げる情報付加

SEAN概要



- スタート
- ゴール
- サブゴール

[2015 山本・杉原]

- ロボットは移動しながら外界情報を獲得・蓄積
- 不可視領域を減らしながら目的地に近づくよう誘導

高速化の鍵

- 外界情報の間引き
- サブゴールの設定方法

■ 計画

2017 12

ロボットシステム構築

2018 1

- 全方位移動台車および3次元距離画像センサの購入
- 組み込みPCと移動台車モータ制御システムの接続
- 組み込みPCと3次元距離画像センサの接続

2

3

4

5



6

測域センサによる取得点群データからのオンライン地形図生成

7

- 点群スナップショットからの格子地形図生成
- センササンプリングレートでのオンライン地形図生成ソフトウェア実装

8



9

地形図に基づくGraph-based SLAMの実装

10

- 地形図のマッチング計算
- 移動量推定と地形図マッチングによるSLAM

11

12



2019 1

ラプラス方程式を満たす仮想流れ場のオンライン計算

2



3

仮想流れ場に基づくロボット移動、SLAM、流れ場更新の反復による誘導

4

- 仮想流れ場に基づくロボット移動
- 地形マップに基づくGraph-based SLAMの統合
- 流れ場の再計算と更新

5

6

7



8

地形図に基づくSEANの実装

9



10

フィールド実験、評価

11