複数種UAVと携帯端末を用いた避難誘導のベースステーション配置設計

伊吹宏三郎 上山憲昭 (立命館大学)

研究背景: 災害時のUAVの利用

- 災害時，被害状況の確認や行方不明者の捜索が必要
  - 被災現場へのアクセスが困難な場合
    ⇒無人航空機（UAV：Unmanned Aerial Vehicle）の利用が効果的

- 課題
- バッテリー式UAVの飛行可能時間30分程度
  - 長時間，広範囲での運用に不適

- 地上のセンサー機器に依存
  - センサー機器からの情報が不足
  - UAVの制御が困難

本研究のアプローチ

- 複数種UAVと携帯端末を用いた避難誘導システム[1]

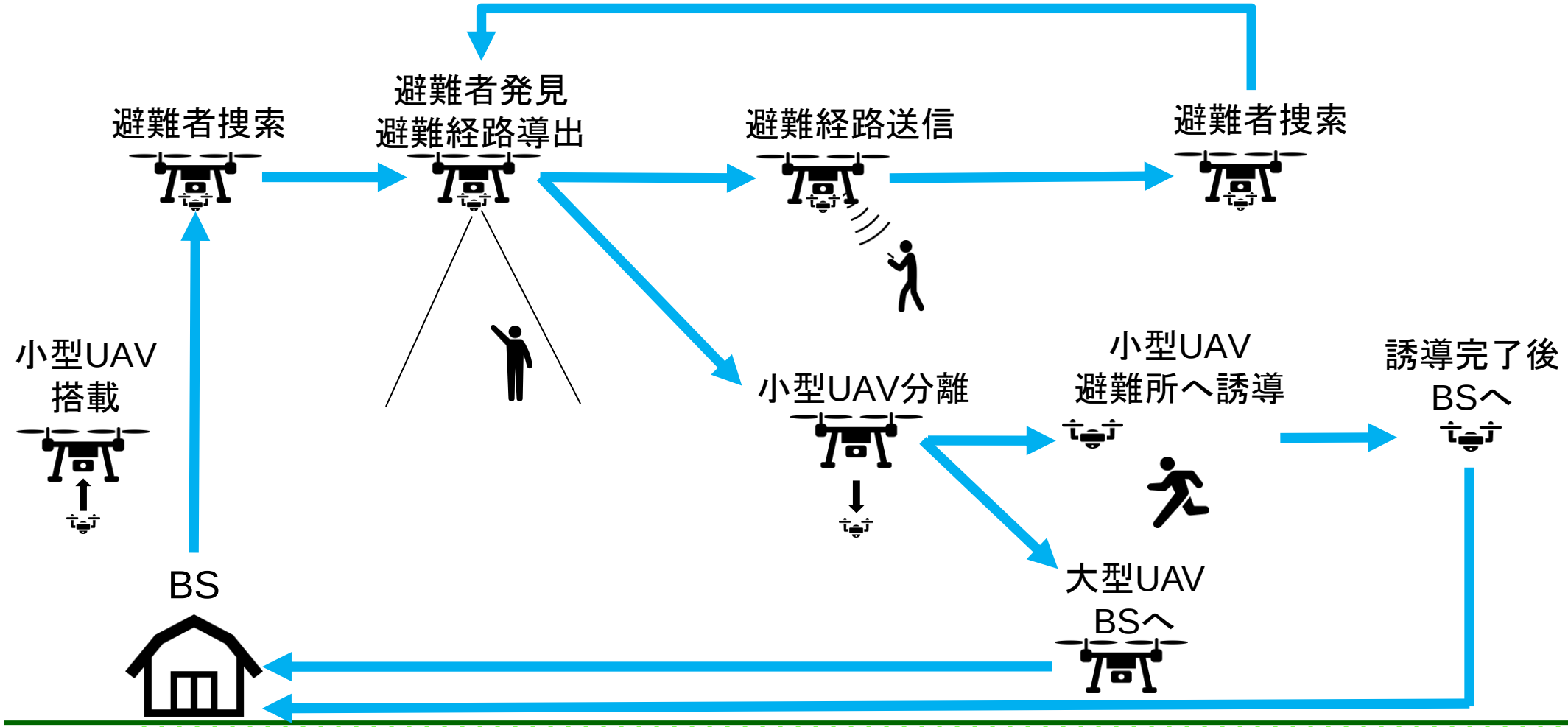
- これまでの発表
  - UAVの充電,再搭載をベースステーション（BS）で実施
  - BSの位置が避難所と同じ
    - 大型UAVは小型UAV分離のたびに避難所へ向かう必要あり
  - 大型UAVの移動による避難完了時間への影響を考慮せず

- 本発表の目的
  - BSの配置設計法を提案
  - BSの位置，配置数，BSへの小型UAV配備数を考慮した評価
  - 提案方式の有効性を確認

[1] 伊吹宏三郎，上山憲昭，災害時の複数種 UAV と携帯端末を用いた避難誘導システム，信学会 NS 研究会，NS2022-201

複数種UAVと携帯端末を用いた避難誘導

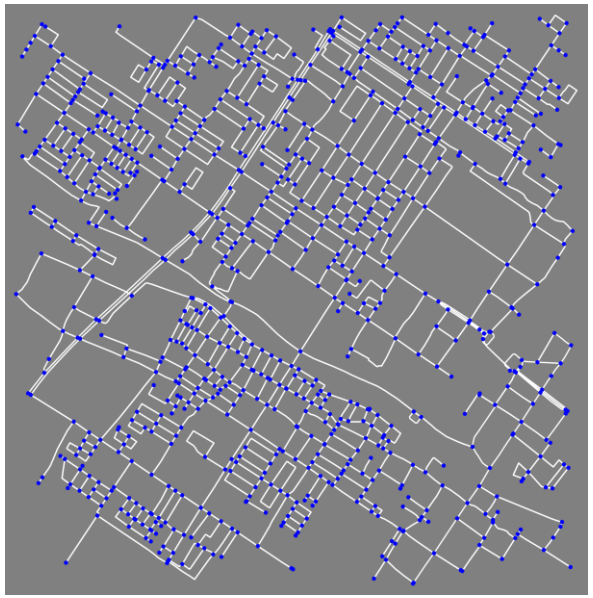
- 小型UAVを搭載した大型UAVによる避難者捜索
  - 空撮画像から災害状況を把握
  - 避難者発見　⇒　通行不可箇所を考慮した避難経路作成



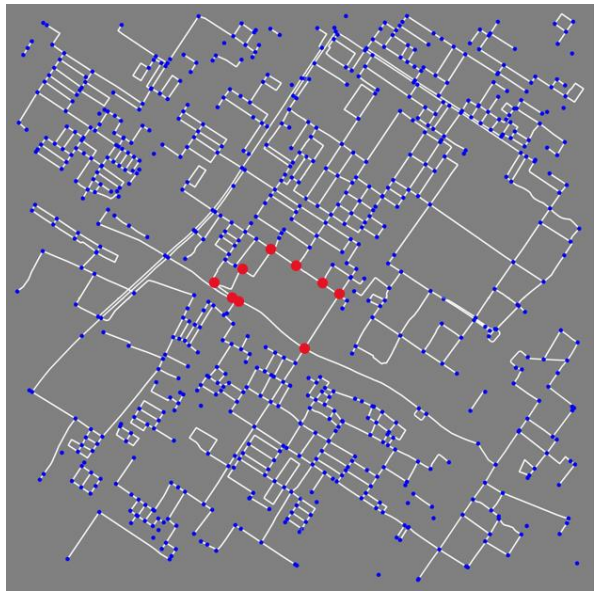
想定被災地域

- Open Street Map が提供する地図データを利用
- 想定被災地域　…　避難所を中心とする2km四方の正方領域
- 道路ネットワーク　…　865個の交差点を表すノードから構成
- 任意のノードを削除　…　災害による通行不可箇所の設定
- 避難者の初期位置　…　無作為に選択したノード

想定被災地域

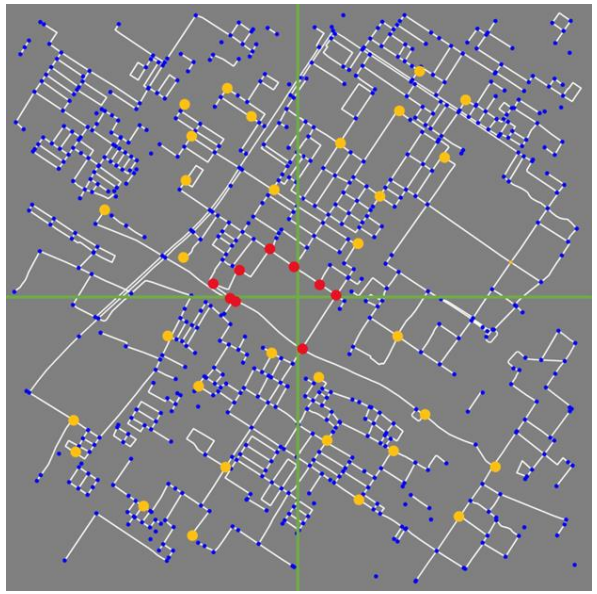


道路ネットワーク



被災後道路ネットワーク

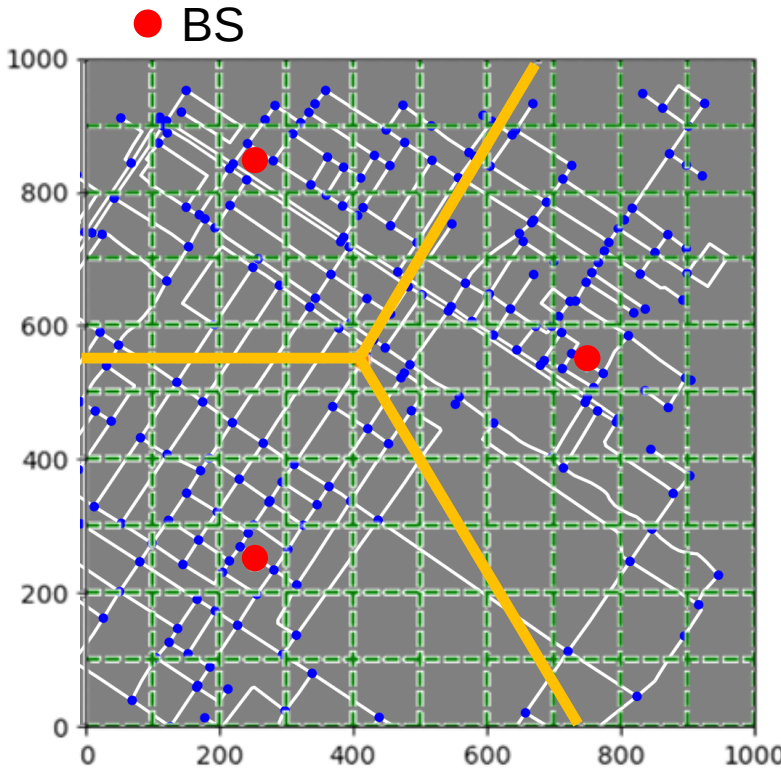
● 避難所ノード ● 避難者



避難者の初期位置

BSの配置設計

- 大型UAV1機あたりの探索担当範囲(1km x 1km)を100mメッシュで分割
- 各メッシュ内の中心　… BS配置候補地
- BS候補地からn個の地点を選択
- n個の候補地に対してボロノイ領域分割
- 各ボロノイ領域内のノードからBS候補地までの距離を算出
- 最適配置
  = 距離の和の平均が最小になる候補地の組み合わせ



シミュレーション条件

- 大型UAV　　…　4機
- 避難者数　　…　128 人
- BS配置数　　…　大型UAV1機あたり1～3か所
- BSへの小型UAV配備数　… 1～3機

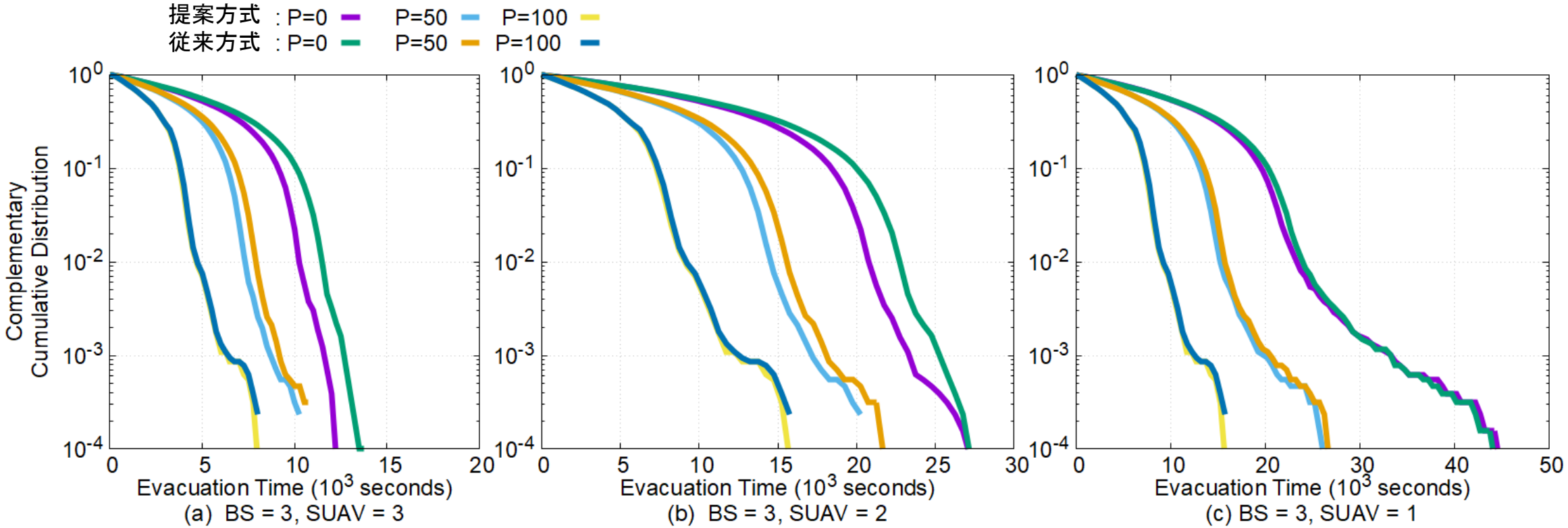
- 避難者の初期位置と通行不可箇所の組合せ … 100通り

- 大型UAVと通信可能な被災者の割合ごとに避難完了時間を測定

- 提案方式と避難所にBSを配置する方式（従来方式）を比較

避難完了時間の累積補分布(1/3)

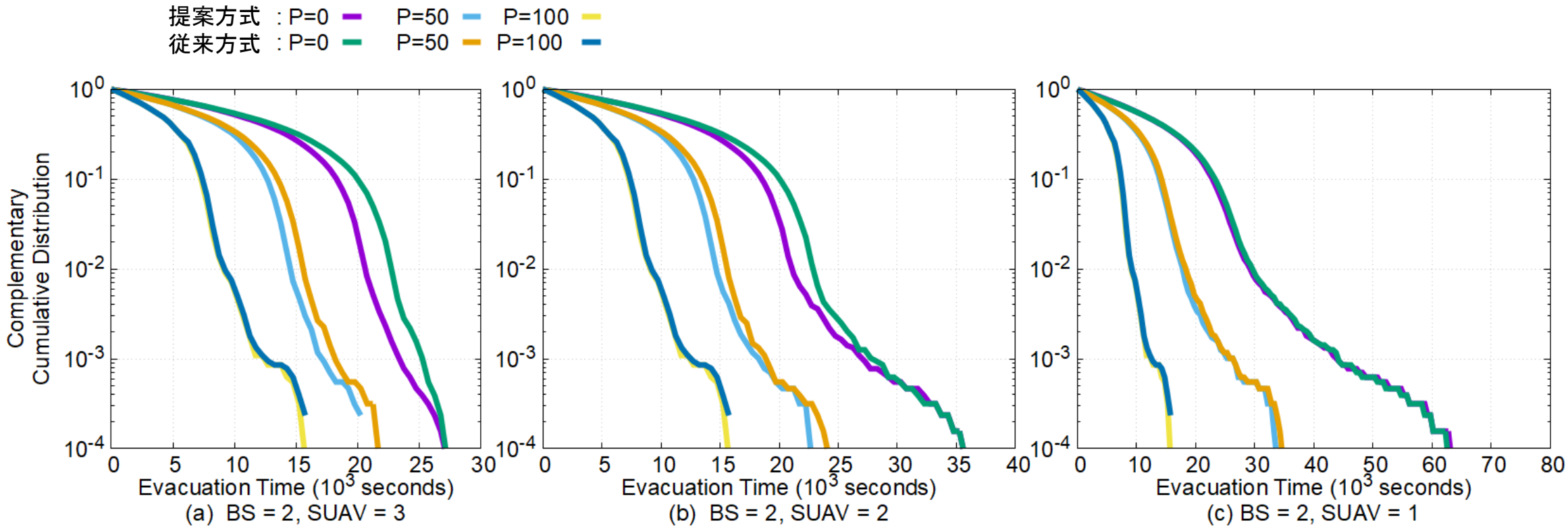
- BS配置数　3箇所，BS1箇所あたりの小型UAV配備数 1～3機



- 避難完了時間
  - 小型UAVの同時稼働数多いほど短い
  - 従来方式よりも提案方式のほうが短い

避難完了時間の累積補分布(2/3)

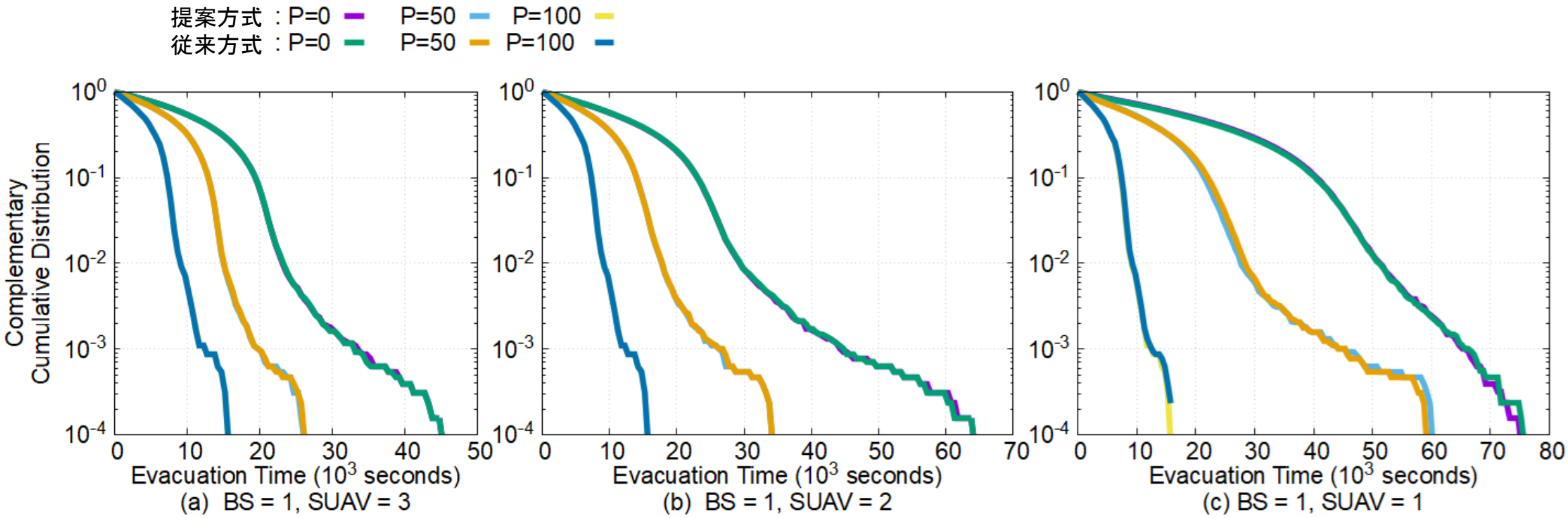
- BS配置数　2箇所，BS1箇所あたりの小型UAV配備数 1～3機



- 小型UAVの同時稼働数が等しい場合，同等の時間で避難完了
- 小型UAVの同時稼働数多いほど避難完了時間は短い

避難完了時間の累積補分布(3/3)

- BS配置数　1箇所，BS1箇所あたりの小型UAV配備数 1～3機



- 小型UAVの同時稼働数が3機以下の場合
  - 配置方式による避難完了時間への影響は小さい
  - 大型UAVに搭載するための小型UAVがBSに待機していない状況が発生
- 小型UAVの同時稼働数が4機以上の場合において提案方式の有効性を確認

まとめ

- 複数種UAVと携帯端末を用いた避難誘導システムのBSの配置設計法を提案
- 提案方式は従来方式と比較して避難完了時間を短縮できることを確認
  - 小型UAVの稼働数が少ない場合は有効的な手法ではない
- 今後の方針
  - 想定被災地域の範囲拡大
  - 災害リスクに基づくUAV軌道設計