

複数種のUAVと携帯端末を用いた避難誘導のための優先度に基づくUAVの軌道設計

1. 研究背景と本研究の目的

【研究背景】

- 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】

- 既存研究の多くは地上に設置されたセンサー機器から災害情報を取得を前提
- センサー機器損傷 ⇒ UAVの効率的制御不可
- UAVのバッテリー容量 ⇒ 長時間, 広範囲での運用に不適

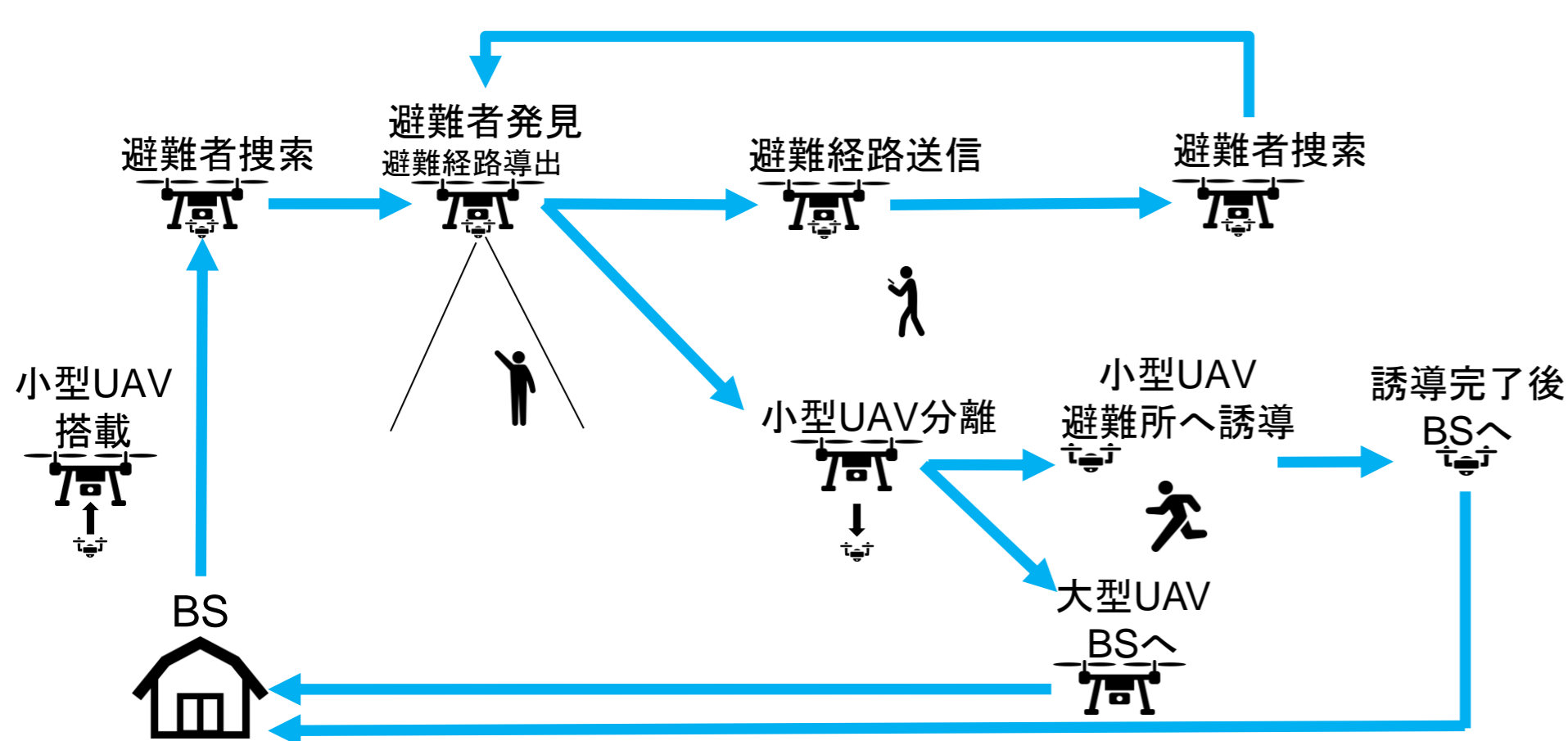
【研究目的】

長時間, 広範囲で運用可能な避難誘導システムの実現

2. 複数種のUAVと携帯端末を用いた避難誘導

【複数種のUAVと携帯端末を用いた避難誘導システム】

- バッテリー式小型UAVを搭載したガソリン駆動大型UAVによる避難者捜索と小型UAVによる避難誘導
- 空撮画像から地上の災害状況を把握
- 避難者発見 ⇒ 通行不可箇所を考慮した避難経路導出
- 携帯端末と通信可 ⇒ 避難経路送信
通信不可 ⇒ 小型UAV分離, 小型UAVによる避難誘導



【貢献】

- 大型UAVの飛行時間増大
⇒ 長時間かつ広範囲で避難者の捜索可能
- 空撮画像から災害状況の確認・避難経路作成
⇒ 地上のセンサー機器損傷時も運用可能

【課題】

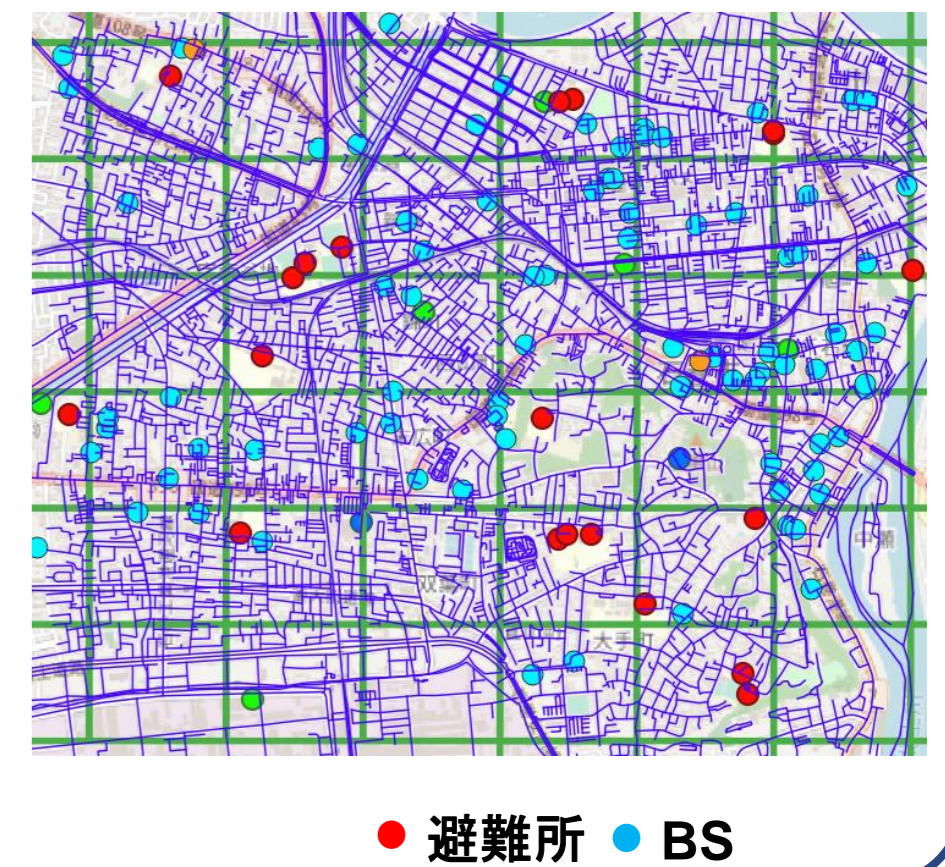
- BSの配置位置が避難所のみ
⇒ 避難完了時間に与える影響を未調査

【さらなる提案】

- 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

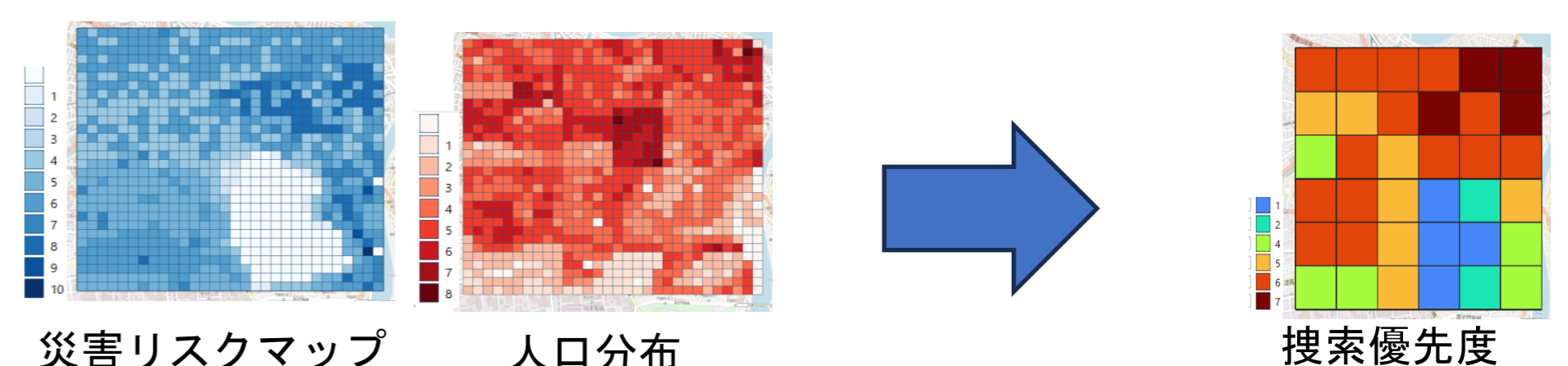
3. ベースステーション(BS)の配置

- UAVの充電, 再搭載を行うBSの設置
- 避難所とBSはStarlinkなどの衛星通信網で接続
- 避難所-BS間でUAVの位置情報, バッテリー残量, 避難者残数などを共有
- 小型UAVの再配置先の決定
UAV同士の協調動作に活用



4. 優先度に基づくUAVの軌道設計

- 災害リスクと人口分布を考慮した大型UAVの軌道設計の検討
- 国土地理院の公開データから災害リスク情報を取得
リスク情報を100mメッシュごとに数値化し, 災害リスクマップを作成
- 500mメッシュ人口データを100mメッシュごとの建造物の床面積で按分し, 100mメッシュの推計人口分布を作成
- 災害リスクと人口分布に基づいて**検索優先度**を算出
- **災害状況確認フェーズ**
高速, 高高度で地上の災害状況を確認し, 避難経路作成
- **避難者捜索フェーズ**
低速, 低高度で優先度が高い地域から避難者を捜索



5. 小型UAVの再配置

- 避難誘導完了後の小型UAVをBSへ再配置
- 配置先, 台数を**強化学習**で最適化
- 各状態における**状態価値の推定**が必要
- UAV, 避難者の行動履歴が無い = **状態遷移確率が未知**

- TD法による行動価値関数 $Q(s,a)$ を用いた価値推定
- $Q(s,a) \leftarrow Q(s,a) + \alpha[r' + \gamma \max_{a'} Q(s',a') - Q(s,a)]$
- ϵ -greedy法による行動選択と $\max Q$ 関数による Q テーブルの管理と更新を繰り返す, 状態 s において行動 a をとった時の価値 Q 値の最適値を見つける
- BSへ再配置する小型UAVの配置先, 台数を最適化