

# 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

立命館大学 情報理工学部  
伊吹宏三郎 上山憲昭

# 研究背景: 災害時のUAVの利用

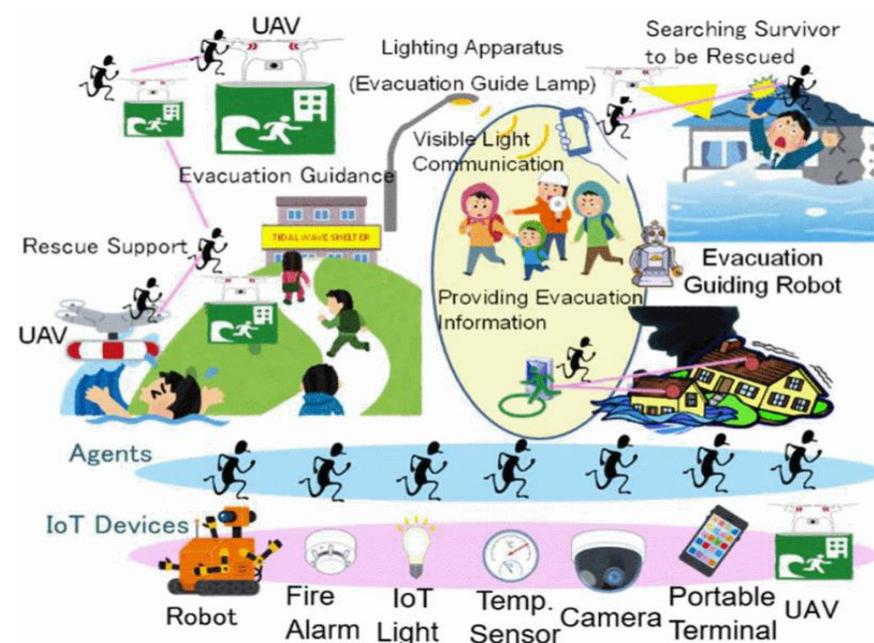
- 災害時, 被害状況の確認や行方不明者の捜索が必要
    - 被災現場へのアクセスが困難な場合
- ⇒ 無人航空機 (UAV: Unmanned Aerial Vehicle) の利用が効果的

- UAVを用いた避難者誘導システム[1]

- UAVと地上に設置されたセンサーデバイスを連携
- センサーから周囲の災害情報を取得
- UAVの動作を制御



- 二次災害の危険を回避した避難誘導
- UAVによる避難者の捜索と誘導を効率化

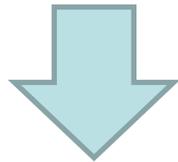


文献[1]より引用

# UAVを用いた災害支援における課題

---

- 災害時に地上のセンサー機器が損傷
  - センサーからの情報が不足
  - UAVの制御が困難
    - ⇒ 適切な災害支援不可
- 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



- 地上の機器からの情報に依存せず, 飛行時間による制約の影響を抑えた災害支援システムが必要

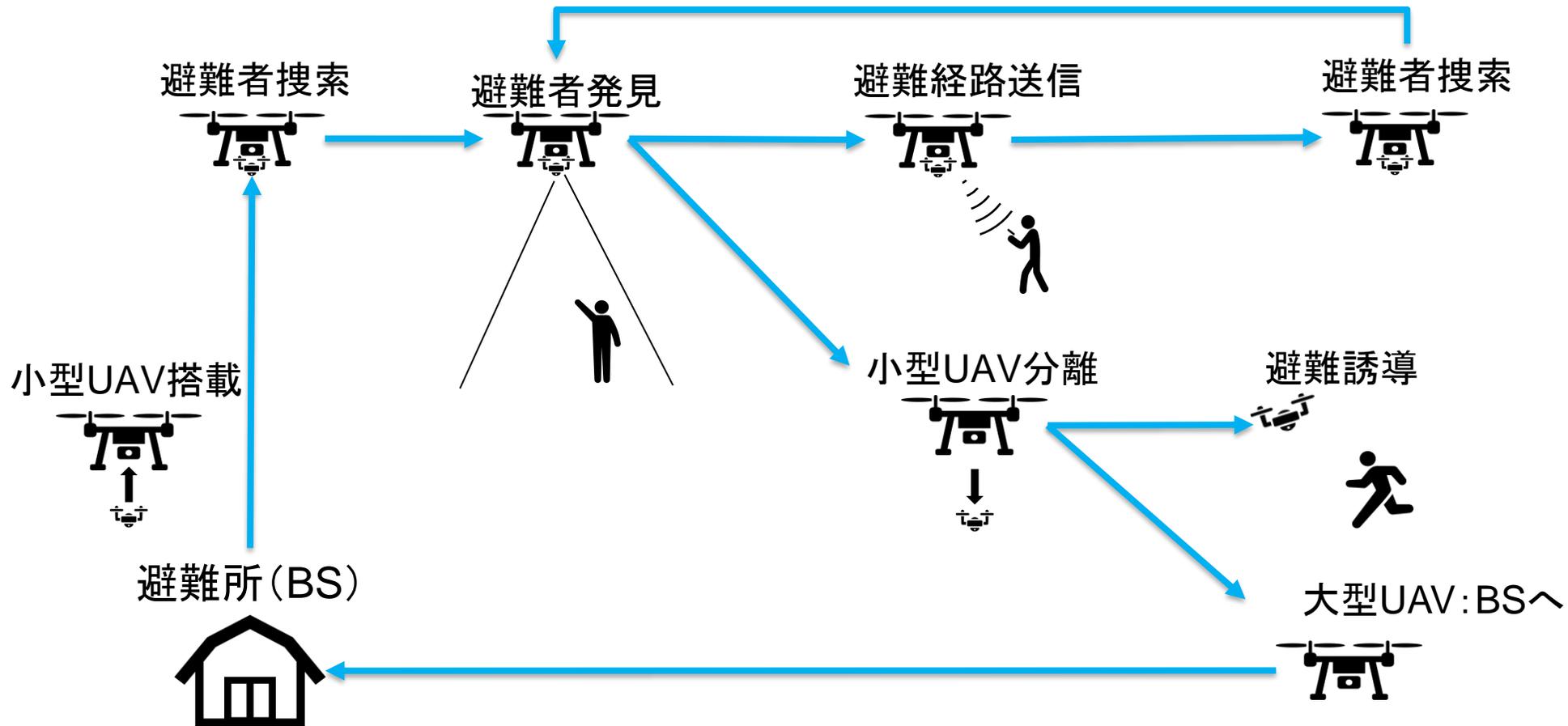
# 本研究のアプローチ

---

- UAVを用いた災害支援に関する課題の解決
- 複数種のUAVと携帯端末を用いた避難誘導システム
  - 長時間かつ広範囲で運用可能
  - 地上のセンサー機器に依存しないシステムの設計
  - 避難完了時間の短縮
- 本発表の目的
  - 提案方式の有効性の確認

# 提案方式

- **小型UAVを搭載した大型UAV**による避難者搜索
  - 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導出



# 関連研究

- 提案方式を実現するための技術的条件
  - 小型UAVを搭載し、長時間飛行可能な大型UAV [2]
  - 大型UAVから小型UAVの空中分離 [3]
  - UAVによる地上の人物の検出 [4]
  - 空撮画像から路面状況を判定、安全な避難経路の作成 [5]
  - 小型UAVによる避難者の誘導 [6]
  - UAV-携帯端末間での通信[7]



<https://www.aaa-llc.jp/az-1000-catalog>



<https://www.imeko.org/publications/tc17-2018/IMEKO-TC17-2018-018.pdf>

## ■ 前提条件のもとでシミュレータの作成と性能評価

[2] <https://www.aaa-llc.jp/az-1000-catalog>

[3] N. Nauwynck, et al., H. Balta, G. D. Cubber, H. Sahli, "In-flight launch of unmanned aerial vehicles", ISMCR 2018

[4] N. Bhattarai, et al., T. Nakamura and C. Mozumder, "Real Time Human Detection and Localization Using Consumer Grade Camera and Commercial UAV", Nov 2018

[5] C. Liu et al., and T. Szirányi, "Road Condition Detection and Emergency Rescue Recognition Using On-Board UAV in the Wildness", Remote Sensing, Vol.14, 2022

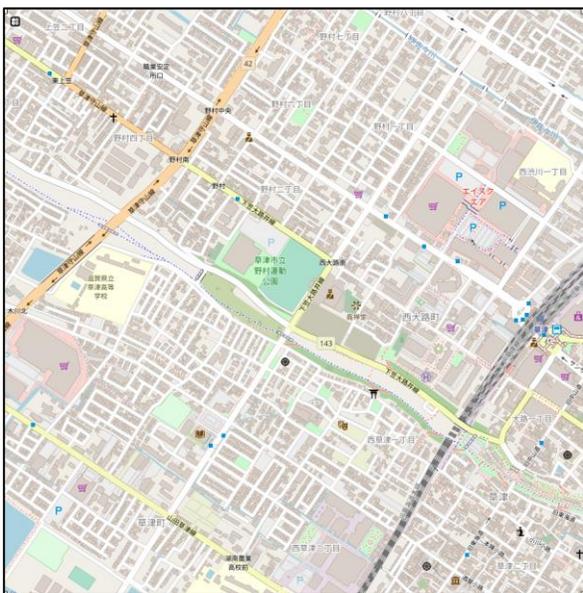
[6] K. Katayama, et al., H. Takahashi, N. Yokota, K. Sugiyasu, G. Kitagata, T. Kinoshita, "An Effective Multi-UAVs-Based Evacuation Guidance Support for Disaster Risk Reduction", IEEE ICBDS 2019, pp 1-6

[7] M. Suzuki, K. Hama and T. Nakamura, "Evacuation Support System Used by Cooperation Drone", Transactions of the Society of Instrument and Control Engineers, vol. 56, no. 1, pp. 24-30, Feb. 2020.

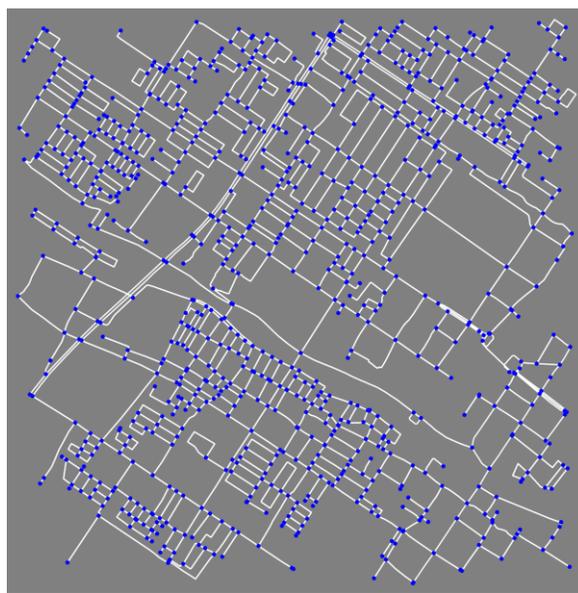
# 性能評価

## ■ 被災地域の設定

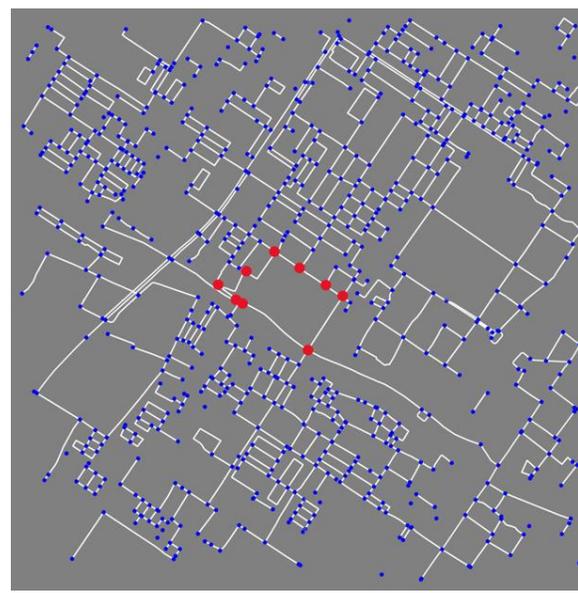
- OSM: OpenStreetMapが提供する地図データを利用
- 想定被災地域 … 避難所（救援拠点）を中心とする2km四方の正方領域
- 道路ネットワークG … 865個の交差点を表すノードから構成
- 任意のノードを削除 … 災害による通行不可箇所の設定
- 避難者の初期位置 … 無作為に選択したノード



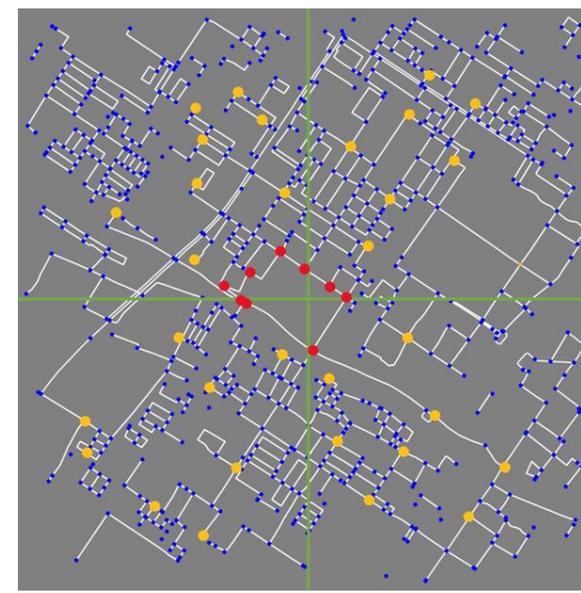
想定被災地域



道路ネットワークG



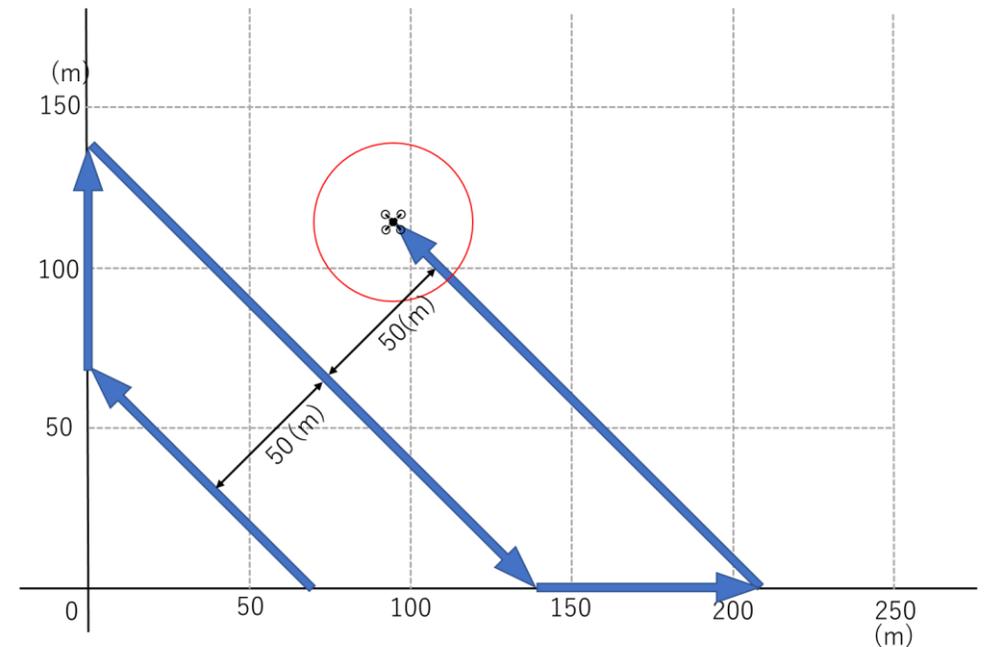
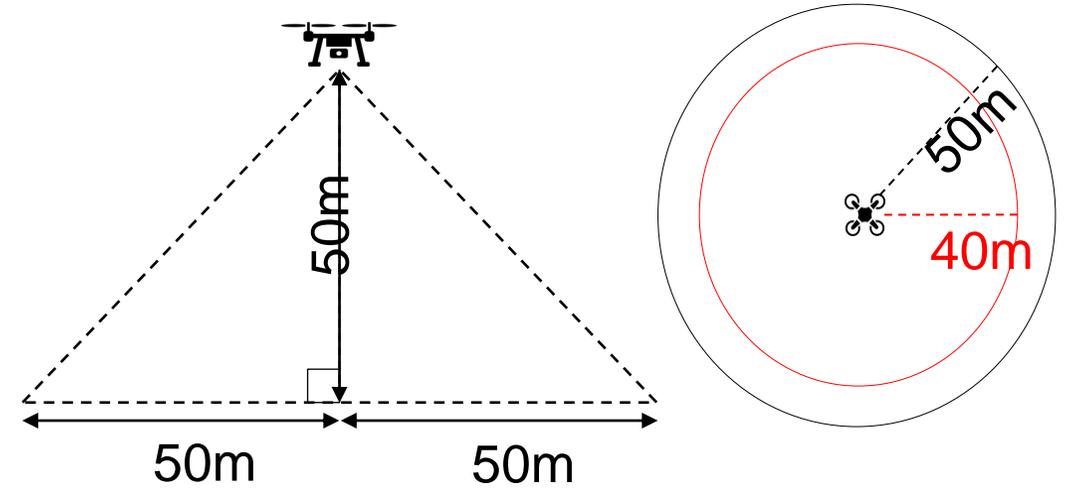
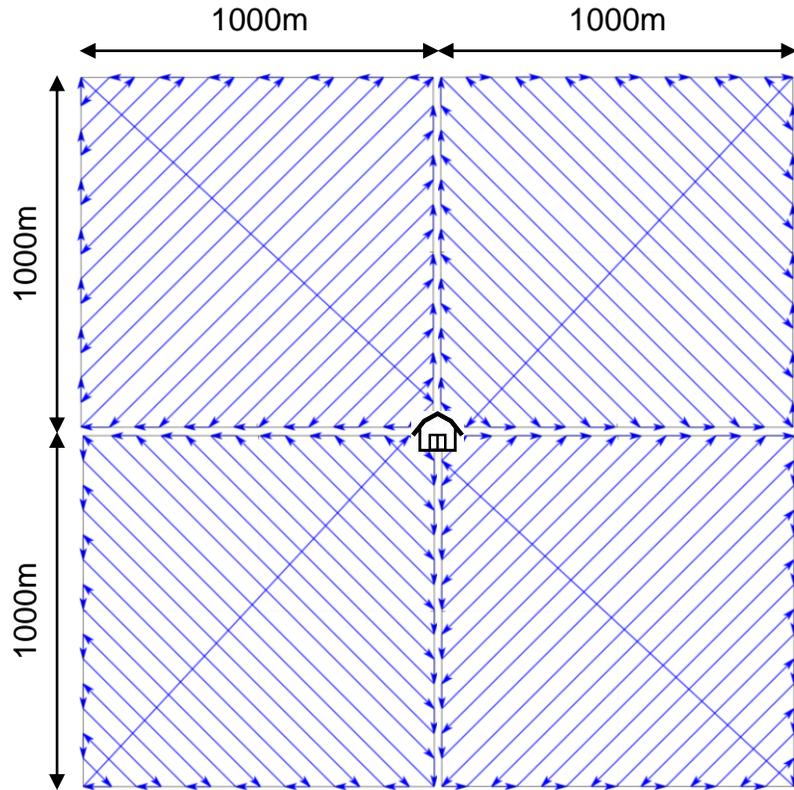
被災後道路ネットワークG'



避難者の初期配置例

# 大型UAVの認識範囲と探索飛行経路

- 使用する大型UAV: 4台
- ノード認識有効範囲: 40m
- 探索飛行経路
  - BS中心に外側へ向かう



# UAVの動作方式

---

## ■ 方式X(提案方式)

- 地上のセンサー機器が損傷している場合
- 避難者の捜索と並行して地上の道路の損傷状況を撮影した画像から判断
- 避難者を発見するたびに避難者の誘導実施

## ■ 方式Y(障害箇所が既知)

- 地上のセンサー機器の損傷が無し
- 地上の道路の損傷状況が避難者の捜索開始前に把握可能
- 避難者を発見するたびに避難者の誘導実施

## ■ 方式Z(全探索後に避難誘導)

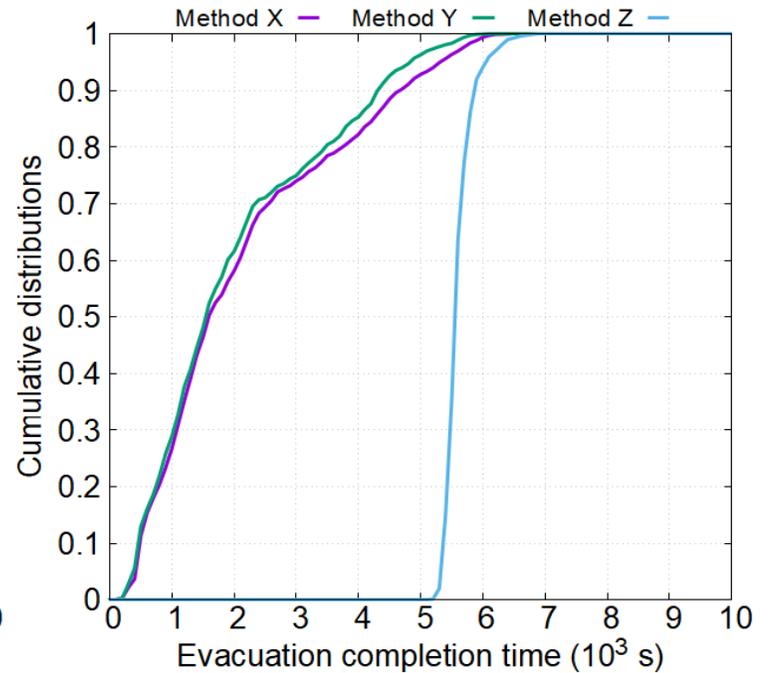
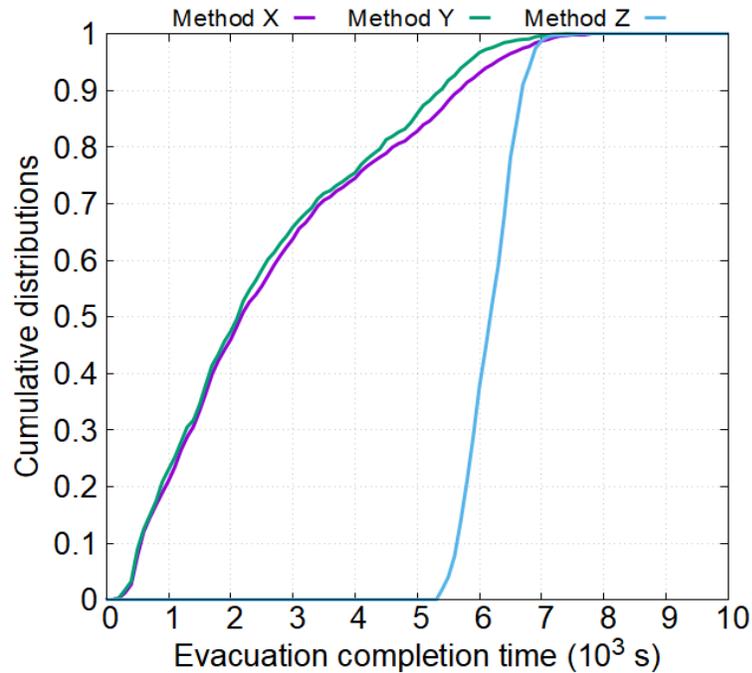
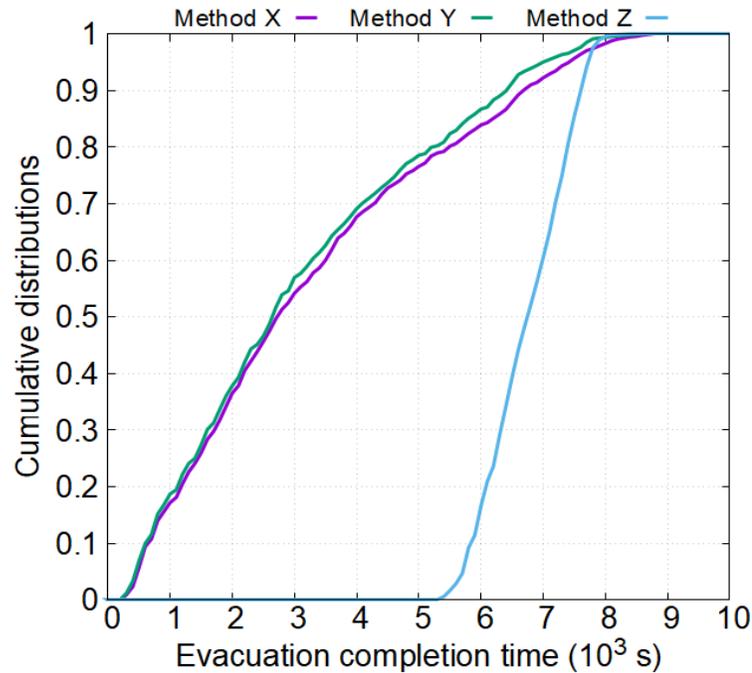
- 地上のセンサー機器が損傷している場合
- 被災地域のすべての領域を漏れなく探索
- 避難者の位置と通行不可箇所を特定後、順に避難誘導を実施

# シミュレーション条件

---

- 大型UAVの飛行速度
  - 避難者捜索時: 20km/h
  - 拠点へ移動時: 60km/h
- 小型UAVと避難者の移動速度: 4km/h
- 定義
  - E: 避難者数
  - D: ノード削除数
  - P: 大型UAVと通信可能な避難者の割合
- E = 32, D = 100における各避難者の避難完了時間を測定

# 避難完了時間の累積分布



## ■ 方式X(提案方式)

- 障害箇所が事前に把握済みである場合(方式Y)と同等の避難時間を達成
- 避難者発見のたびに誘導を実施 ⇒ 方式Zよりも避難完了時間 短縮



提案方式の有効性を確認

方式X(提案方式)  
方式Y(障害箇所が既知)  
方式Z(全探索後に避難誘導)

# まとめ

---

- 複数種UAVと携帯端末を用いた避難誘導システムを提案
- シミュレーション上でUAVの動作を再現し提案方式を評価
  
- 障害箇所が事前に把握済みである場合と同等の避難時間
  - 地上のセンサー機器から事前に情報収集できない場合でも運用可能
  
- 全避難者の避難完了時間
  - 被災地の全領域探索完了後, 避難誘導 > 避難者発見のたびに避難誘導
  
- 今後の方針
  - 避難所の数, 位置を考慮した性能評価を予定