

UAV を用いた被災者位置推定システムにおける 飛行アルゴリズムの検討

鳥崎哲成^{†1} 川中裕貴^{†2} 小坂隆浩^{†2}

概要：大規模災害が発生した際の被災者の生存率は、救助されるまでの時間に強く影響される。しかし、被災地においては建物の倒壊などにより道路が使用できず、救助隊の移動に大きな支障をきたす場合がある。その結果、広範囲への移動が必要となる被災者の捜索が遅れ、救助に要する時間が増加する。本研究では、地形に依存しない迅速な被災者発見を目的として、UAV を用いた位置推定システムに着目し、飛行アルゴリズムについて検討する。

キーワード：UAV, 被災者救助, 位置推定, プローブパケット

1. はじめに

近年、大阪府北部地震や北海道胆振東部地震など、大規模な地震が頻発している。南海トラフ巨大地震など、より大規模な地震の発生も予測されている[1]。大規模な地震の発生時には、津波や土砂崩れなど、広範囲にわたって道路や鉄道が寸断され、使用できなくなる場合がある。また、豪雨や台風によっても同じように道路や鉄道の寸断が起こりうる。道路や鉄道が使用できない場合、災害救助隊の活動範囲に大きな制約が生じ、被災者の捜索と救助にかかる時間が大幅に増加する。被災者の生存率は災害発生からの時間経過とともに減少するため、迅速に被災者の発見することが生存率向上のために必要である[2]。

地上の移動が困難な場合、空中から捜索を行うことが考えられる。現在はヘリコプターを使用した捜索が行われているが、用意できる数が限られる、夜間は目視による捜索が困難である、ある程度の高度をとる必要があるなどの問題があげられる。これらの問題を解決する方法として、UAV による被災者の捜索がある。UAV はヘリコプターに比べ安価で、捜索を行うために必要な一機当たりの人員も少ない。UAV は小型で、低空を飛行できるため、対象に接近する必要があるセンサを使用可能であり、災害時の被災者捜索に適している。

現在、災害救助に UAV を用いる研究が数多く行われている。その一つとして、カメラを使用し画像処理を行うことで被災者を検出する方法が提案されているが、夜間には明るさが足りず精度が落ちるほか、がれきの下など上空から視認できない位置にいる被災者を発見することができない[3]。一方、人が所持しているスマートフォンなどの端末が発する電波を検知する方法が提案されている[4][5]。Wi-Fi に対応する端末は定期的にプローブパケットを送出しているため、プローブパケットを観測することで、被災者の存在を確認することができる。

本研究では、地形や明るさに依存しない被災者捜索手法として、UAV により上空からプローブパケットを観測し、迅速に被災者を発見することを目的とする。

2. 既存研究

既存研究として、辰己らが提案した被災者位置推定システムにおける UAV の飛行アルゴリズム[6]について述べる。辰己らの研究では、UAV により被災者を発見する手法として、プローブパケットの信号強度をもとに飛行経路を決定する飛行アルゴリズムが提案されている。

既存研究の飛行アルゴリズムは、探索開始時点で UAV がパケットを受信できる距離に被災者がいることを想定している。実際の運用においてはパケットが届かない距離から捜索を開始するため、UAV はパケットを受信するまで巡回を行い、パケットを受信できる距離まで移動した後に、この飛行アルゴリズムを適用するという方法が考えられる。本研究では、パケットが届かない距離から巡回作業を行い探索作業を開始した場合の飛行アルゴリズムの有効性を検討する。

3. 飛行アルゴリズム

既存研究の被災者位置推定システムにおける UAV の飛行アルゴリズムでは探索作業として、以下のような飛行アルゴリズムが用いられている[6]。図 1 に測定間隔を 10m とした場合の動作例を示す。

- 1) 開始地点を頂点に含み、測定間隔を一辺の長さとした正方形(A)を設定する。
- 2) 現在地点でパケットを収集し、信号強度を記録する。60 秒間パケットが受信できない場合は 3)へ進む。
- 3) 4 つの頂点全ての計測が終了していれば 4)へ進む。そうでなければ正方形の次の頂点に移動し、2)へ戻る。

^{†1} 同志社大学大学院理工学研究科

^{†2} 同志社大学理工学部

- 4) 4つの頂点での信号強度を比較し、最も大きい地点を対称点として設定された正方形を点対称移動(B)する。
- 5) パケットの信号強度が-50dBm 以上の場合は被災者発見とする。そうでなければ2), 3), 4)を繰り返す。

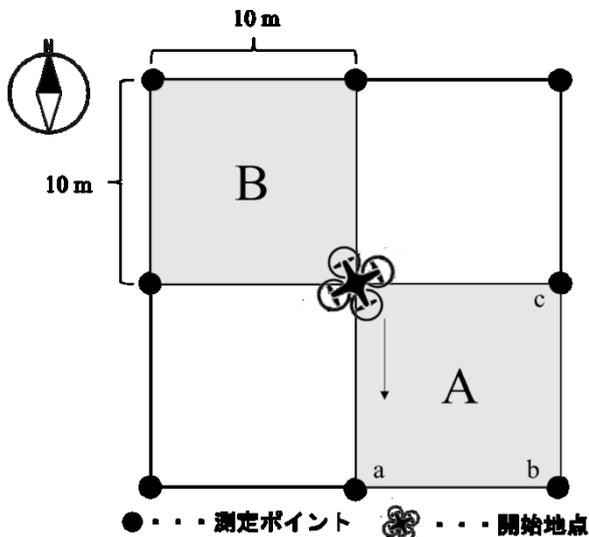


図 1 飛行アルゴリズムの動作例

本研究では、UAV が被災地を巡回作業中に初めて被災者の所持する端末からのパケットを受信した状況を想定し、受信した地点において前述の飛行アルゴリズムを用いた被災者の探索作業へ移行した際の有効性を確かめる評価実験を行う。

4. 評価実験

巡回作業から探索作業へと移行する中での飛行アルゴリズムの妥当性を確かめるため、UAV を想定したノートPC(仮想 UAV)と端末を用いた評価実験を行う。

4.1 実験概要

Wi-Fi 電波の到達距離を 100m と仮定し、100m 以上離れた端末に向かって仮想 UAV を持って近づき、端末のプロブパケットを初めて受信できた地点を探索の開始地点として、既存研究の飛行アルゴリズムを用いて端末を探索し、測定地点ごとに平均信号強度を記録する。また、使用端末は Samsung 社製の Galaxy 9+ (OS : Android 8.0.0)、探索の際の測定間隔は 5m, 10m, 20m の 3 パターンとし、1 地点で測定にかかる時間は最大 60 秒とした。

4.2 実験結果

測定間隔を 5m, 10m, 20m とした場合の実験結果を、それぞれ図 2, 図 3, 図 4 に示す。塗りつぶされた丸は初めてプロブパケットを受信し探索を開始した地点、数字はそれぞれの地点を測定した順番、丸のついた数字は正方形の 4 つの頂点の中で最大の平均信号強度を観測した地点、星印は端末を設置した地点を表す。

測定間隔が 5m の探索実験では、まず開始地点である地点 1 で最大の平均信号強度を観測し、次に端末に向かって左方向にある地点 5 で最大値を観測し、その後の移動でも地点 5 において最大の平均信号強度を観測した。

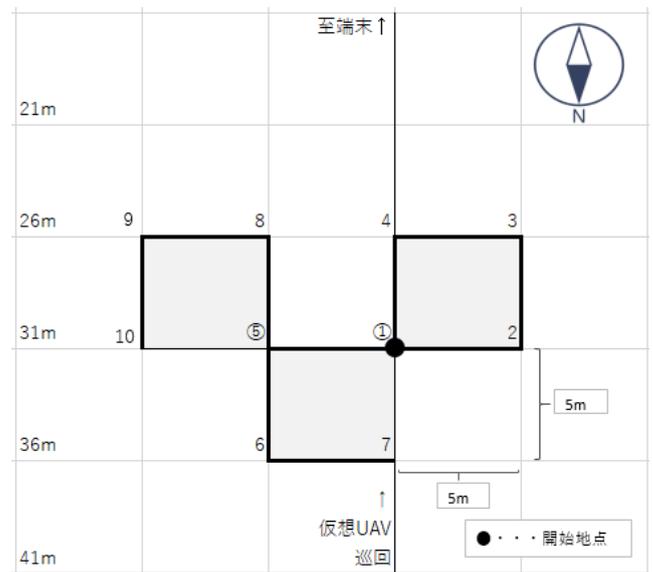


図 2 測定間隔を 5m とした場合の探索時の経路

測定間隔が 10m の実験では、まず端末に向かって右方向にある地点 2 で最大の平均信号強度を観測し、その後の移動でも地点 2 で最大の平均信号強度を観測した。

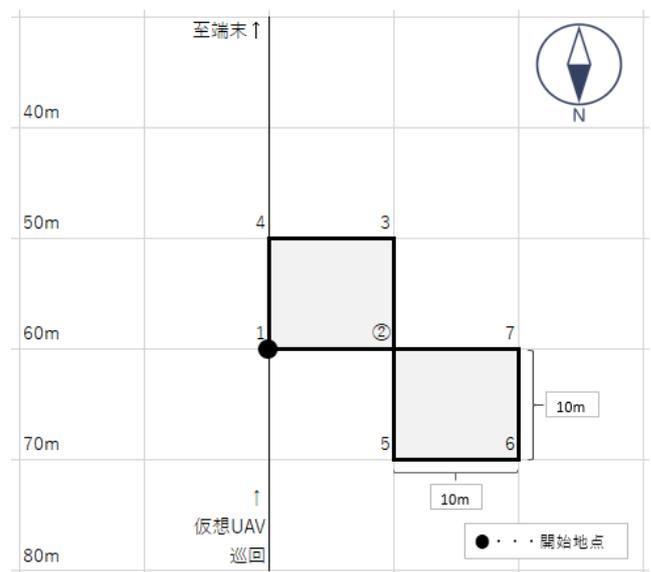


図 3 測定間隔を 10m とした場合の探索時の経路

測定間隔が 20m の実験では、まず端末のある方向にある地点 4 で最大の平均信号強度を観測し、次に再び端末のある方向にある地点 7、次に端末に最も近い測定地点である地点 10 で最大の平均信号強度を観測した。地点 10 での平均信号強度は-67.4dBm だった。

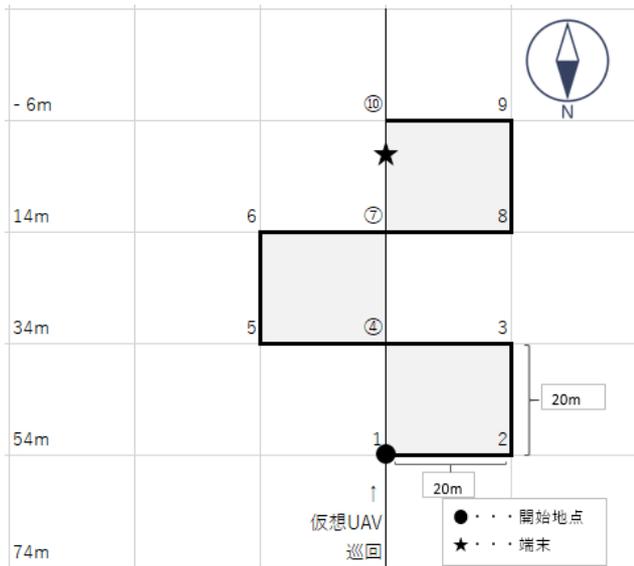


図 4 測定間隔を 20m とした場合の探索時の経路

測定間隔 10m および 5m では付近に端末の存在しない地点の信号強度が最も大きくなり、端末に接近することができなかつた。測定間隔 20m では被災者発見の条件となる信号強度 -50dBm 以上を満たすことはできなかつたが、端末に最も近い測定地点を得ることができた。

5. 考察

評価実験により、10m 以下の狭い測定間隔を使用した場合は端末と UAV の距離が離れている場合は正確な端末の位置を得られないことがわかつた。プローブバケットを初めて受信した地点の付近では、信号強度が端末との距離に応じて一様に変化せず、極大となる点が存在するためと考えられる。20m の広い測定間隔を使用した場合は、計測地点と端末の最接近距離が遠く、十分な信号強度が得られなかつた。

端末と UAV の距離が離れている場合に端末の正確な位置を得るためには、信号強度が極大となる点から離れることができ、かつ端末に近い計測地点をとることができるアルゴリズムを考える必要がある。例として、信号強度が小さい場合は広い測定間隔を使用し、信号強度が大きくなるにつれて狭い測定間隔に変更する方法が考えられる。

6. まとめ

本研究では地形や明るさに依存しない被災者捜索手法として、UAV により上空から端末のプローブバケットを観測し迅速に被災者を発見することを目的とし、バケットが届かない距離から捜索を開始した場合の既存研究で提案された飛行アルゴリズムの有効性を検討し、巡回作業から探索作業へと移行する中での飛行アルゴリズムの妥当性を確かめるために評価実験を行った。端末と UAV の距離が離れている場合は、UAV は信号強度が極大となる点から離れ

られず、正確な端末の位置が得られないことがわかつた。今後は、信号強度に応じて測定間隔を変更するなど、端末と UAV の距離に適応したアルゴリズムを考案し、実験する必要がある。

参考文献

- [1] 我が国で発生する地震, 内閣府.
<http://www.bousai.go.jp/jishin/pdf/hassei-jishin.pdf>
- [2] 阪神・淡路大震災の経験に学ぶ 第 1 章 死者を減らすために, 国土交通省 近畿地方整備局.
<http://www.kkr.mlit.go.jp/plan/daisinsai/1.html>
- [3] 佐藤遼次, 越村俊一, UAV による空撮と画像解析を用いた被災者捜索技術の開発. 土木学会論文集 B2(海岸工学), 69 巻, 2 号 p. I_1461-I_1465, 2013.
- [4] Yao-Hua Ho, Yu-Ren Chen, Ling-Jyh Chen, Krypto: Assisting Search and Rescue Operations using Wi-Fi Signal with UAV, DroNet'15 Proceedings of the First Workshop on Micro Aerial Vehicle Networks, Systems, and Applications for Civilian Use, pp.3-8, 2015.
- [5] Wei Wang, Raj Joshi, Aditya Kulkarni, Wai Kay Leong and Ben Leong, Feasibility Study of Mobile Phone WiFi Detection in Aerial Search and Rescue Operations, Proc. of the 4th Asia-Pacific Workshop on Systems Article, No.7, 2013.
- [6] 辰己友亮, 小坂隆浩, 被災者位置推定システムにおける UAV の飛行アルゴリズムの提案, 2017 年度 同志社大学卒業論文, 2018.