

## UAV を用いた位置推定システムの提案と災害時への応用 A position estimation system using probe requests for UAV

辰己 友亮<sup>†</sup> 小坂 隆浩<sup>†</sup>  
Yusuke Tatsumi Takahiro Koita

### 1. はじめに

現在、地震などの災害発生後の被災者探索手法では、人力や災害救助犬による探索が主流である。これらの手法は被災者の存在の有無にかかわらず、被災者が居ると予測される場所全てで探索を行う必要があり、また人間や救助犬には危険すぎる場所の探索は二次災害の危険性があるため、短時間かつ正確な被災者発見の実現は難しく、最善の手法とはいえない。本研究では、短時間かつ正確な被災者発見のために、プローブパケットと UAV を用いた被災者探索手法の実現を目的とする。

プローブパケットとは、通信可能なアクセスポイントを探すために常時一定間隔で発信する信号で、端末側の Wi-Fi 機能を有効にしておけば特別な操作が不要であるから、人流解析や混雑度推定に用いられている[1]。一方、UAV は、移動に関して地形に依存しないことから、人が立ち入ることの難しい場所の空撮や災害調査に用いられている。災害時には、端末側の Wi-Fi 機能が有効になっていても、電力の遮断などにより、家庭や公共の Wi-Fi アクセスポイントが利用できない場合がある。また災害時に激しい建物の倒壊や土砂崩れが起これば、人間や救助犬に危険な場所が数多く生じるので、プローブパケットと UAV の特性を組み合わせた手法が有効である。本研究では、UAV を用いた被災者探索手法の実現を目的とし、短時間で被災者を発見するための位置推定システムを提案し、災害時への応用可能性について議論する。また、被災者発見にあたっての必要要件について検討し、UAV の飛行アルゴリズムについて考察する。

### 2. 既存研究

既存研究を踏まえ、本研究での被災者探索手法の必要要件を考察する。既存研究[2]では、遭難したハイカーの探索手法として、RTS/CTS フレームと UAV を利用した手法が提案されている。RTS/CTS フレームとは、プローブパケットの送受信後に送られる、通信の順番を制御する信号で、複数の端末が同時にデータを送ると衝突が起こり、通信速度が遅くなるのを防ぐために送られる。UAV をアクセスポイントとして RTS/CTS フレームの送受信を行い、距離ごとの受信強度を調べハイカー発見の可能性を示した。しかし、RTS/CTS フレームを利用するには事前に端末の MAC アドレスを把握しておく必要があり、常時 Wi-Fi フレームを送信するアプリケーションを端末にインストールしておくことで、検出効率を上げていた。しかし、災害時には被災者全員が特殊なアプリケーションをインストールしては限らないので、本研究は特殊なアプリケーションを用いず、プローブパケットの検出のみを用いる。また、信

号強度による発見可能性は示されたが、端末の存在する方向については考慮していないため、信号強度や受信量による発見条件を決定することが課題である。本研究は評価実験を通して、被災者発見にあたっての必要要件について検討し、UAV の飛行アルゴリズムについて考察する。

### 3. 予備実験

プローブパケットの受信強度や受信量を発見の指標とする UAV の飛行アルゴリズムの決定はパケットの受信強度や量に依存するため、距離の変化による受信強度および量への影響を明らかにする必要がある。以下の予備実験を行い、距離の変化による影響を評価した。

予備実験では、端末とアクセスポイント間の一定距離におけるプローブパケットの信号強度と受信量を測定した。パケットの検出にあたって、ネットワークアナライザソフトの Wireshark を用いる。Wireshark を動作させる PC をアクセスポイントとし、携帯端末は Android 端末の Xperia XZ を使用する。アクセスポイントと携帯端末との距離を 0m ~ 50m で変化させ、各地点において 5 分間測定した。図 1 に端末との距離の変化による信号強度への影響を示す。横軸は測定してからの経過時間を表し、縦軸はその距離での信号強度を表す。例えば 0m 地点での信号強度の値を表す ● は -30 ~ -40dBm に集中しており、0 ~ 100 秒間ではおよそ 15 秒刻みに、100 ~ 300 秒間ではおよそ 60 秒刻みにプローブパケットを受信していることを表している。全体では、15 ~ 60 秒刻みでパケットが発信され、5m 圏内にある端末からのパケットの信号強度は -60dBm より大きくなる。図 2 に端末との距離の変化による信号量への影響を示す。横軸はアクセスポイントと端末との距離を表し、縦軸はパケットの受信量を表す。0m 地点での受信量は 52 個、5m 地点での受信量は 38 個、10m 地点での受信量は 14 個と、5m ごとに大きく減少し、10m ~ 50m までは 10 ~ 15 個を推移していることから 10m ~ 50m では受信量に大きな差が発生しないことを示している。

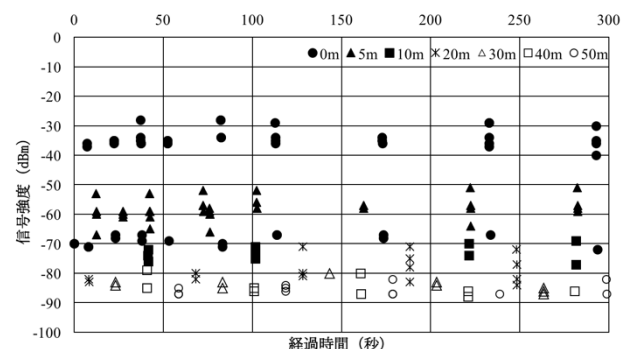


図 1 距離の変化による信号強度への影響

<sup>†</sup> 同志社大学理工学部 Faculty of Science and Engineering, Doshisha University

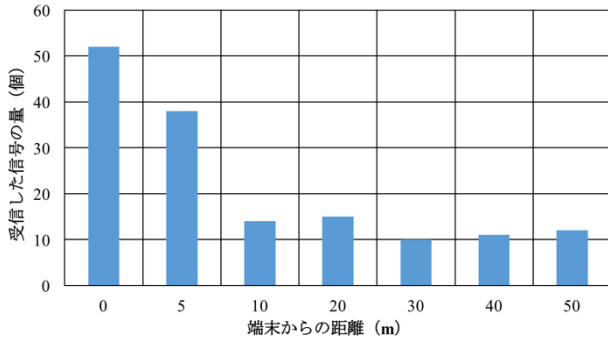


図 2 距離の変化による受信量への影響

#### 4. 提案アルゴリズム

被災者の持つ端末までの距離および方角が判っていない場合に、その位置に近づくための UAV の飛行アルゴリズムを提案する。図 3 を用いて提案アルゴリズムを説明する。

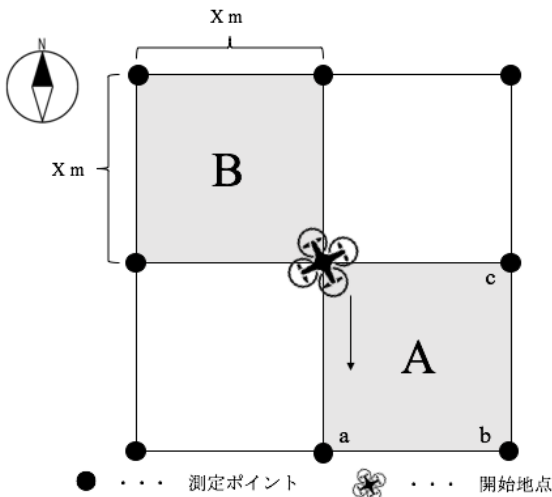


図 3 提案アルゴリズム

一辺が  $Xm$  の正方形を東西南北の 4 方向に移動することによって端末との距離を縮める。以下に具体的な手順を示す。

ある測定ポイントで測定する動作を 1 ステップとし、まず、1 ステップ目は開始地点で測定を行う。矢印の方向に向かい、2 ステップ目は地点 a で測定を行う。3 ステップ目は地点 b で測定を行う。4 ステップ目は地点 c で測定を行う。1~4 ステップで測定した正方形 A の 4 頂点の信号強度の平均の最大値を求め、最大値をとった点を新たな開始地点として、その点を中心に点対称な正方形で以降同様の動作を行う。例えば、正方形 A において開始地点が最大値をとる点ならば次は正方形 B の 4 頂点の測定に向かう。一定の信号強度の値を超えれば終了とする。

#### 5. 実験結果と考察

本実験では、40m 四方のフィールド上で、提案アルゴリズムを用いて端末を探索する。図 4 の●を開始地点とし、そこから北西に約 40m 離れた地点(★)に端末を配置した。正方形の一辺の長さ  $X$  を 10m、1 ステップにかかる時間を 60 秒として測定を行う。また、予備実験の結果から -40dBm より大きい強度で受信した時、被災者を発見した状態とする。図 4 に 40m 四方のフィールドでの進行経路を

示す。図中の数字は測定を行った地点および順番を表す。図 4 に示した開始地点と端末の場合は、1 から順に 16 ステップで発見に至った。最大値を求めるステップで最大値をとったのは、4, 6, 10, 13 で図のように移動した。しかし、端末から離れた正方形においては、各頂点の信号強度の平均の差が小さく、特に 1 から 4 を頂点とする正方形では、1 と 4 の信号強度の平均が一致した。このとき、次の測定地点を決定する値として、その地点における受信量の平均を用いた。予備実験で示したように、端末との距離が 30m から 50m 離れている場合、信号強度・受信量共に大きな差がないため、次の移動先を決めるのが難しい。距離が離れている時の次の移動先を決める何らかの方法を検討する必要がある。

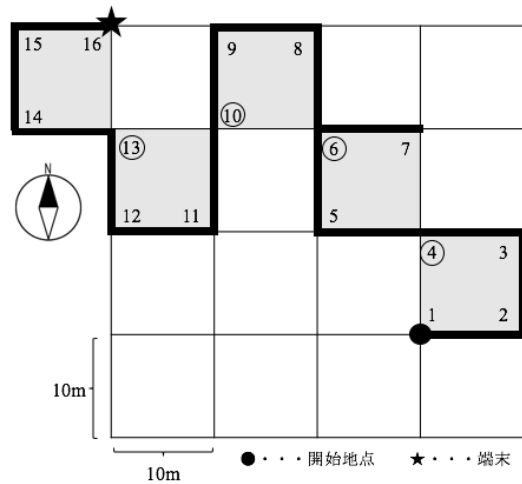


図 4 40m 四方のフィールドでの進行経路

今回の実験結果は、端末までの理想的な移動経路をたどったが、提案アルゴリズムは、端末との距離が離れている時、次の移動先を決めるのが難しくなるため、端末から離れていくような経路をたどった時、どのようにして再度端末に向かう経路に戻るアルゴリズムについても検討する必要がある。

#### 6. まとめ

本研究では、UAV を用いた被災者探索手法の実現を目的とし、短時間で被災者を発見するための位置推定システムを提案し、災害時への応用可能性を評価する実験を行った。評価実験から、目標となる地点に近づくことは可能であることを示した。今後の課題として端末との距離が離れている時の次の移動先を決める何らかの方法および端末から離れていった時に、端末に向かう経路に戻る方法を検討する必要がある。

#### 参考文献

- [1] 望月祐洋, 上善恒雄, 西田純二, 中野秀男, 西尾信彦, “Wi-Fi パケットセンサを利用した匿名人流解析システムの構築”, 研究報告モバイルコンピューティングとユビキタス通信(MBL), 2014-MBL-70(45), pp.1-8 (2014).
- [2] 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,” Proceeding of the 4th Asia-Pacific Workshop on Systems, p.7 (2013).
- [3] DJI Mavic Pro, <https://www.dji.com/jp/mavic>.