

ドローン搭載の無線ネットワークによる遭難者搜索

松原健太郎[†] 山田爽太[†] 横山瑞季[†]

概要：山岳地帯などの遠隔地において、ドローンに無線 LAN のアクセスポイントを設け、遭難者の携帯電話と通信し、それをもとに搜索するシステムの構築。本研究では自律飛行型ドローンに小型コンピュータを搭載し、遭難者のスマートフォン等通信機器と無線 LAN による通信を行うことによって搜索する。

キーワード：ドローン，無線 LAN

Research on rescue of disaster victims by drones using wireless network

MATSUBARA KENTARO[†] YAMADA SOUTA[†]
YOKOYAMA MIZUKI[†]

Abstract: In remote areas such as mountainous regions, we are building a search system that uses a drone equipped with a wireless LAN access point to communicate with the cell phone of a person in distress. In this research, a small computer is mounted on an autonomous drone, which communicates with the distressed person's smartphone or other communication device via wireless LAN to search for the person.

Keywords: Drone, Wireless LAN

1. はじめに

近年、登山ブームにより登山者数が増加している。昨今のコロナ禍によって一時的に減少したものの、緊急事態宣言の解除や政府・地方自治体による Go To トラベル事業、屋外での「密」にならないアクティビティに対する需要の高まりを背景として令和三年度にはコロナ禍前の水準にまで回復している。文献[1]では、登山ブームの要因の一つとして旅行会社による「登山ツアー」を取り入れたことが上がっている。これによって登山のハードルが下がり、初めて登山をするというビギナー登山者が増加した。しかし、登山者の増加に伴って遭難者の人数も年々増加している（図1）。文献[2]の統計情報から、山岳遭難の原因において「道迷い」「滑落」「転倒」が過半数を占めており（図2）、多くの場合遭難者が現在地を確認できない、もしくは負傷してお

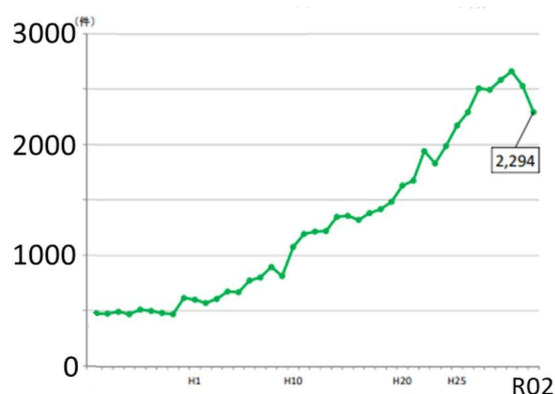


図1 山岳遭難発生件数の推移

り自力下山ができない状態にある。

従来の遭難者搜索の方法としてまず、搜索範囲を人が徒歩により移動し目視により搜索することがあげられる。しかし搜索活動が想定される山岳の急峻な地形において広い

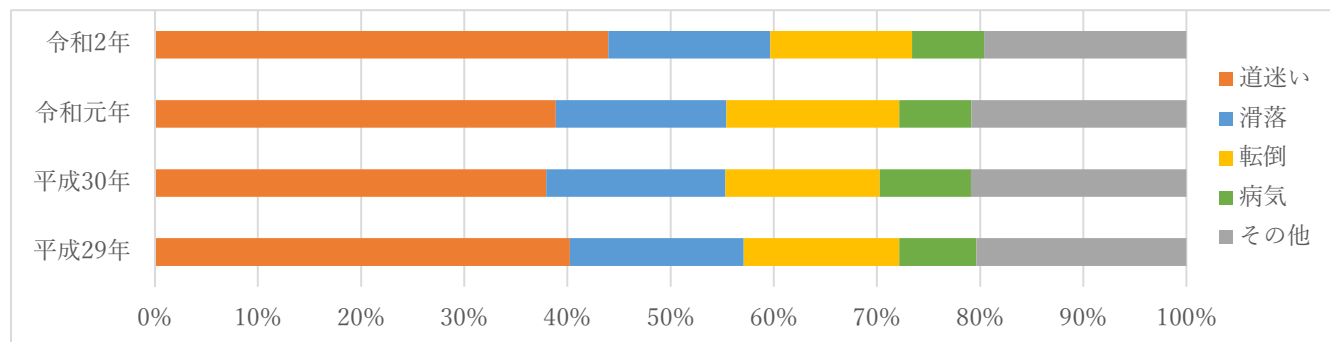


図2 様態別山岳遭難者[2]

[†] Tokyo Metropolitan Tama High school of Science and Technology

範囲を徒歩で移動・探索するのは時間がかかり遭難者の生存率に関わるという問題がある。またドローンやヘリコプター搭載の光学式カメラにより上空から探索する手法がある。しかしこれも樹木などで視程が遮られると遭難者を発見できず、国土の半分以上を森林が占める。日本においては大きな問題となっている。これらの問題を解決できれば山岳遭難者の救助率の向上に繋がるであろう。

携帯電話等に広く搭載されている無線 LAN は透過性があり樹木などを通すことができる。そこで、本研究ではドローンに無線 LAN のアクセスポイントを設けて遭難者の携帯電話と通信することにより、この問題を解決する方法を考えた。

具体的には、ドローンに小型のコンピュータを載せて山岳上を飛行させる。そして飛行中に遭難者の携帯電話との無線 LAN 通信を試み、接続が確認できた場所を大まかな位置情報として記録する。これにより視覚を使わずに位置を定めることができると考える。

2. 関連研究

山岳地帯にて遭難者を発見・救助するための既存の研究・探索方法では、大きく分けて2つの手法がある。その2つについて説明する。

2.1 ドローンにカメラを搭載した視覚による探索

手動または自動操縦のドローンを用いて光学カメラ・赤外線カメラを搭載し、撮影した映像を目視で探し出すという手法である。光学カメラでは、遭難者が救難信号を出しているときに有効である。赤外線カメラでは、体温による周辺の温度差から生物を見つけるのに適しているため、昼夜問わず探索が可能である[3]。しかし、それぞれの手法では視覚を用いて探さなければならない。加えて、映像の色の変化を注意深く確認しないとならないため時間がかかってしまう。本研究では、無線 LAN の電波を用いて探索する

ので、迅速な救助が可能である。また遭難時の対処を知らない登山者や、行動不能に陥った遭難者も対象にしている。

2.2 ドローンを携帯電話基地局の中継器として携帯電話をインターネットに繋ぎ、位置情報を送信し救助要請

この手法ではドローンにモバイルデータ基地局の中継機を載せ、普段では電波の届かない場所に中継するように設計されたものである。複雑な仕組みを必要とせず、遭難者の位置を特定するのが容易となる[4]。またドローンの操縦も定位置で十分なため無人の状態でも使用できる。ただしこの手法は、移動通信事業者がもつ電波を利用するために、研究が企業中心となって進んでしまう。さらに、広い山岳地帯では複数のドローンが必要となるため、コストがかかる。本研究ではシステムの構築だけではなく、ドローンの機種に依存してしまうが、広い山岳地帯においても1台のみで運用可能である。そのため、この欠点を補完できると考える。

3. 研究内容

3.1 目的

以下の2つを目的とする。

- ①遭難者—ドローン間で無線 LAN による通信を用いて、山岳地帯などの遠隔地において遭難者の探索を行うシステムを開発し、視覚に頼らずに発見できる遭難者の探索方法を確立する。
- ②これまでの探索用ドローンにおいてはドローン本体と光学式カメラ等の探索用機器が一体となったものが多い。これらは操縦と遭難者の視覚による探索が同時に行える等の利点がある反面、ドローン本体のハードウェア構成によって探索能力が制限されてしまう。また、常にドローンを探索者の制御下に置かなければならない。そのため探索可能な範囲が探索者とドローンが通信可能な範囲に絞られる。この欠点を解決するために、本システムでは探索用機器を

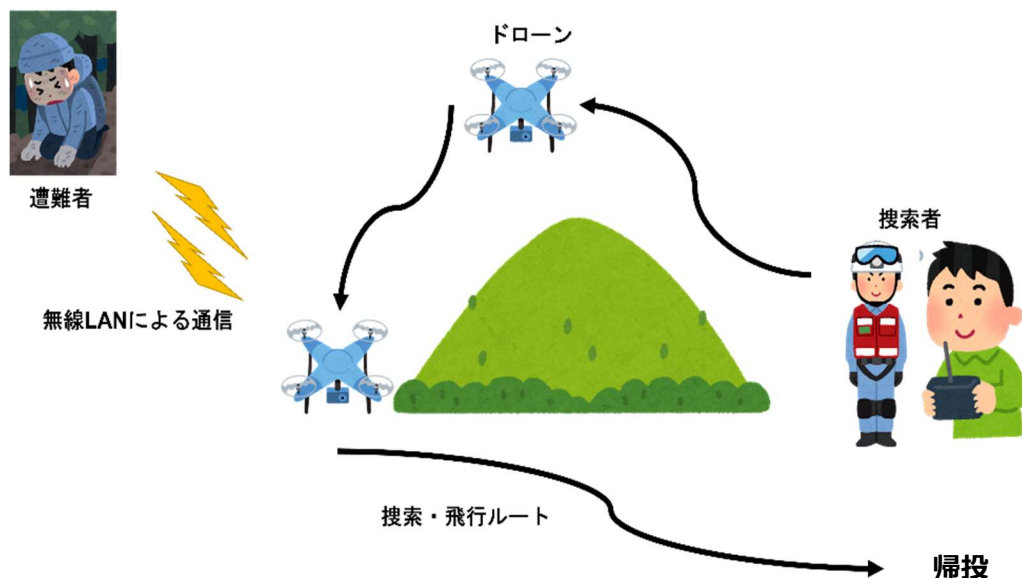


図 3 探索の流れ

パッケージ化しドローンに搭載することにより、ドローンの操縦と搜索の作業を分別する。これにより様々なドローンが使用可能となり、航続距離が長いドローンを用いればより広い範囲で搜索できる。また搜索に人間が関与しないのでドローンを予め設定した飛行ルートで自律飛行させる。

3.2 システム設計方針

本システムでは搜索用機器をパッケージ化しドローンに搭載することにより、ドローンの操縦と搜索の作業を分別する。これにより様々なドローンが使用可能となり、航続距離が長いドローンを用いればより広い範囲で搜索できる。また搜索に人間が関与しないのでドローンを予め設定した飛行ルートで自律飛行させる。

自律飛行型のドローンに遭難者との無線 LAN の通信を行う本システムを搭載する。事前に搜索者が設定した搜索ルート上空を飛行することにより指定範囲を搜索する。無線 LAN 設定をオンにした携帯電話の上空を通過し、ドローン搭載機器側で接続が確認されたら搭載した GNSS 受信機により位置情報を取得、ログファイルに記録する。搜索者の元にドローンが帰投したのちログファイルを受け取り記録された位置情報から遭難者の位置を特定する。

4. プロトタイプ

システム設計のプロトタイプとして、ハードウェア・ソフトウェアの構成を以下に示す。

4.1 ハードウェア構成

本装置は主に小型コンピュータ、無線 LAN モジュール、GNSS 受信機、バッテリー、ドローンから構成される(図4)。



図 4 装置一式

4.1.1 小型コンピュータ (図5)

無線 LAN による通信の制御やログデータの記録などすべての処理を担う。本研究では Raspberry Pi 財団が製造しているシングルボードコンピュータ, Raspberry Pi を使用する。これはドローンに搭載するためには軽量であることが望ましいためである。また, Raspberry Pi には無線 LAN モジュールが内蔵されているため、他の無線 LAN モジュールなどを接続しなくてもよい。

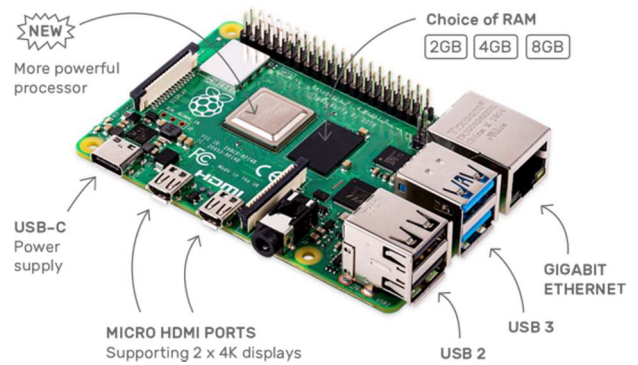


図 5 Raspberry Pi 4

4.1.2 GNSS 受信機 (図6)

全地球航法衛星システムより緯度・経度・高度・時刻などの各種情報をシリアル信号で出力する。今回使用したのは受信モジュール GYSFFMANC である。本機は日本の準天頂衛星システム(QZSS)「みちびき」にも対応しており高精度で測位が可能となっている。Raspberry Pi には GPIO ピンによって接続される。



図 6 GNSS 受信機

4.1.3 モバイルバッテリー (図7)

装置の電源として使用した。Raspberry Pi は 5V-3A の給電性能を推奨しているため、これに対応したモバイルバッテリーが必要となる。しかし本研究では画面出力を必要とせず、推奨電圧以下でも問題なく機能する。そのため今回は、一般的なモバイルバッテリーの出力 5V-2.4A の給電性能をもつモバイルバッテリーを使用している。



図 7 モバイルバッテリー

4.1.4 ドローン

ドローンについては、装置一式を十分に搭載できるペイロードをもつドローンが必要となる。また、自律飛行によって山岳を飛行するため、ある程度の航続距離も必要となる。本研究では、DJI 社製のドローン「Phantom 4」を利用することを想定している。公式サイトより、運用限界高度が海拔 6000m かつ最大飛行時間が約 28 分であるから、搜索には十分な性能を持つ[5]。他のドローンでも装置一式を搭載できる機体で搜索可能である。

4.2 ソフトウェア構成

ソフトウェア処理はすべて Raspberry Pi 内で行う。OS は Raspberry Pi OS を使用する。Raspberry Pi OS は Linux 系 OS であり、機器の操作については主に Bash コマンドを使用する。

4.2.1 アクセスポイント化

Raspberry Pi を Hostapd によりアクセスポイント化する。また DHCP 構成を変更し、遭難者と接続する IP アドレスの範囲を設定する。Hostapd は Linux ソフトウェアであり、無線 LAN をワイヤレスアクセスポイントとして設定する時に用いる。DHCP はコンピュータがネットワークに接続する際に、自動的に IP アドレスを割り振るプロトコルである。本プロトタイプでは便宜上、IP アドレスを 192.168.3.151 ~ 192.168.3.154 の間に絞った。

4.2.2 位置情報取得

GNSS 受信機によって取得したシリアル信号は、Python によるプログラムを用いて可読化する。本研究で用いたプログラムでは、時刻・緯度・経度・海拔の 4 つに表示するものである。

4.2.3 遭難者機器との通信

遭難者の携帯電話との通信には、Bash コマンドを用いた搜索プログラムによって確認した(図 8)。搜索プログラムにおいて遭難者との無線 LAN 接続には ping コマンドを使用した。ping コマンドでは、指定した IP アドレスに接続できるかを確認できる。これを利用して、上記 IP アドレス間に順番に ping コマンドを送信する。接続が確認できた際には、遭難者を確認できたとして位置情報を記録する。

4.3 実際の動作(図 8)

搜索を開始する際は、あらかじめ装置一式を電源につなぎ起動させておく。その後、操作用 PC を用意して SSH により Raspberry Pi と接続する。Raspberry Pi は起動時すぐにアクセスポイントとして機能するように設定されているため、操作用 PC は直接 Raspberry Pi へ接続される。その後、シェルスクリプトとして Raspberry Pi 内に保存されている搜索プログラムを遠隔起動させる。また操作用 PC の接続が遭難者と誤認しないよう、操作用 PC は上記アドレス範囲外の IP アドレス(今回は 192.168.3.155)を使用する。

- ① 搜索プログラムによって定期的に ping を送信
- ② ping にレスポンスがあると接続を確認
- ③ GNSS 受信機より位置情報を取得
- ④ 取得した位置情報を CSV 形式で出力

⑤ CSV ファイルを内部ストレージに保存

なお、操作用 PC と Raspberry Pi の無線 LAN 接続が切断されても動作するが、接続されている範囲であれば遭難者の携帯電話からの ping レスポンスと、その地点の位置情報をコマンドプロンプト上で確認することができる。

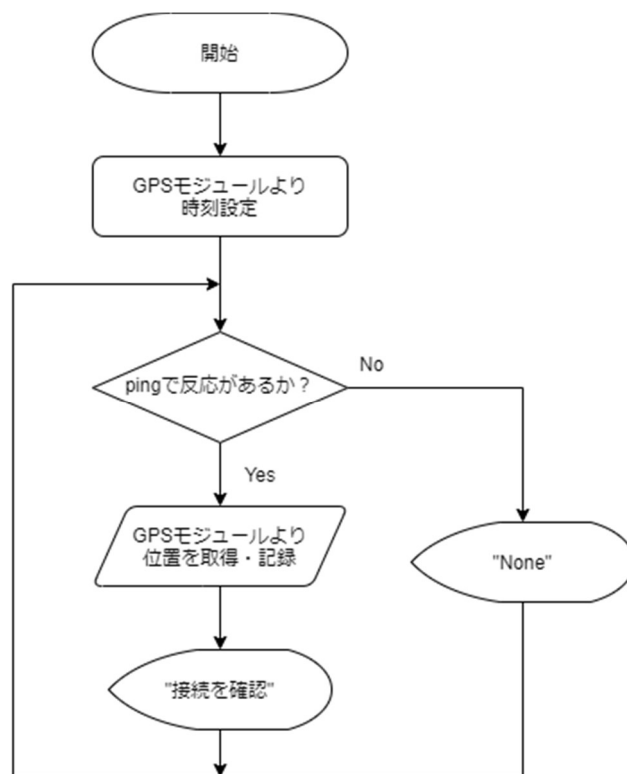


図 8-1 搜索プログラムの流れ図

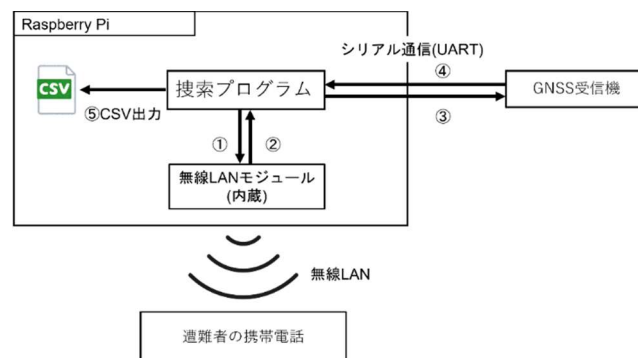


図 8-2 内部処理

5. 評価実験

上記のシステムが実用可能かを調べるため、以下の検証実験を行った。

- ① 装置をドローンに搭載し搜索ルートを飛行。ただし、現段階でドローンが用意できていないことに加え、法令上飛行させることが難しいため、今回は歩行による再現で行った。
- ② 遭難者役が携帯電話を起動し無線 LAN のアクセスポイントに接続できるようにする。

- ③ 位置情報のログを確認し遭難者役の位置と比較する。また、記録されたログを地図表示する。

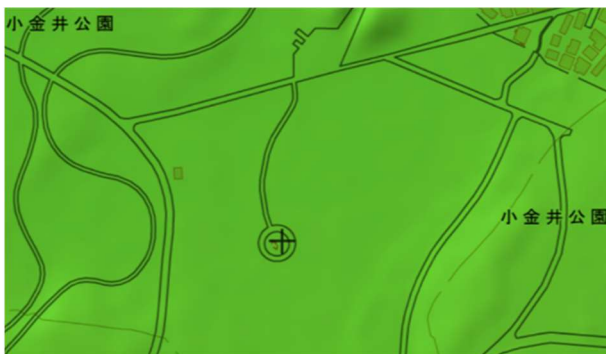


図 9 実験地の地形図及び色別標高図

基礎実験として行うため、今回は木などの障害物のない広場で実験を行った。実験場所は東京都小金井市にある小金井公園で、上図 9 より地形が平坦であること、標高に差異がないことが確認できる。

6. 結果、考察

6.1 結果

遭難者役の携帯電話と無線 LAN の接続が取れ、位置情報の取得時刻と緯度・経度を CSV ファイルとして記録することができた(図 10)。また、取得した位置情報を操作用 PC に取り込み、地図(Google My Map)にプロットした(図 11)。

GNU nano 4.8					
11:52:36.0	35.71625167	139.51682000	76.800000		
11:52:37.0	35.71625167	139.51682000	76.800000		
11:52:44.0	35.71625167	139.51682000	76.900000		
11:52:45.0	35.71625167	139.51682000	76.900000		
11:52:46.0	35.71625167	139.51682000	76.900000		
11:52:55.0	35.71625167	139.51682000	76.900000		
11:52:56.0	35.71625167	139.51682000	76.900000		

図 10 CSV ファイルデータ

[時刻,緯度,経度,海拔]

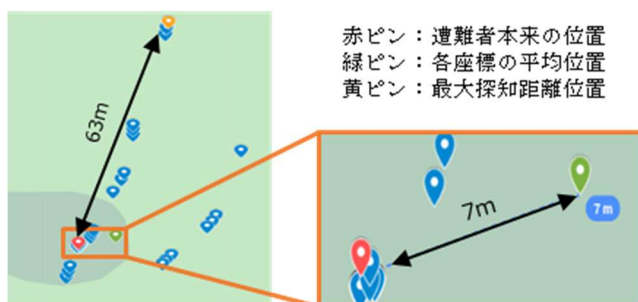


図 11 結果地図(一部拡大)

遭難者役の本来の位置と記録された座標を比較したところ、最も差がある距離は 63m であり、各座標の平均をとった推測地点は 7m だった(図 11)。各座標の平均値は、緯度経度それぞれの和をデータの個数で割ったものである。

6.2 考察

結果より、本装置の無線 LAN 接続最大距離は 63m 程度

であり、各座標の重心をることにより誤差 7m の精度で遭難者の位置を推定できることが分かる(図 11)。また、ドローンと遭難者との高度の差による誤差は、地表面からの高度と直接距離から三平方の定理を用いて補正可能であると考えられる。

7. まとめ

検証により、本システムが遭難者・ドローン間の無線 LAN による通信を用い、十分な精度の範囲で遭難者の探索を行うことは可能である。これから光学カメラを用いずとも無線 LAN による通信を用いて、遭難者の探索を行うシステムの構築という目的は達成できたと結論づけられる。今後の展望として複数ドローンを用いた位置推定精度の向上や、遭難者との通信・探索方法の改良が挙げられる。

8. 参考文献

- [1].山形 俊之：平成登山ブームに関する一考察，湘北紀行，No. 34，pp. 189-204 (2013)。
- [2].警察庁生活安全局生活安全企画課：令和 3 年における山岳遭難の概況，警察庁，警察庁（オンライン），入手先〈https://www.npa.go.jp/publications/statistics/safetylife/chiiki/r03sangakusounan_gaikyou.pdf〉（参照 2022-08-01）。
- [3].日本山岳救助機構合同会社：登山・山岳遭難対策制度 | jR0 (ジロー)，日本山岳救助機構合同会社（オンライン），入手先〈<https://www.sangakujro.com/>〉（参照 2022-08-01）。
- [4].ソフトバンクニュース：【解説】ドローン活用で、雪山の遭難者をいち早く見つける「遭難者位置特定システム」，ソフトバンクニュース（オンライン），入手先〈https://www.softbank.jp/sbnews/entry/20200107_01〉（参照 2022-08-01）。
- [5].DJI：DJI Phantom4 製品ページ，DJI（オンライン），入手先〈<https://www.dji.com/jp/phantom-4>〉（参照 2022-08-01）。
- [6].Raspberry Pi Foundation: Raspberry Pi Documentation, Raspberry Pi (online), available from 〈<https://www.raspberrypi.com/documentation/computers/configuration.html>〉 (accessed 2022-08-01).