

山岳遭難者捜索のための ドローンによるサバイバルホイッスル検出

金子 格[†] 湯田 恵美[†] 佐川 湧樹[‡] 石田 啓人[‡] 眞下 純和[‡]
 東北大学 CDS[†] 専修大学[‡]

1. はじめに

山岳遭難ではサバイバルホイッスルが重要な救命手段になることがある。本報告ではドローンによるサバイバルホイッスル検出について検討する。

ドローンに直接マイクロ装着してもローター音がじゃまになり遠方のホイッスル音はとらえにくい。しかしマイクの装着方法と信号処理を工夫すれば半径 200m 程度の範囲のホイッスルを検知可能である。富士山樹海を 10 機程度のドローンを用いて 4 時間程度で捜索できる。

2. 山岳遭難とサバイバルホイッスル

2019 年の朝日新聞デジタルで紹介された遭難者は「6 日間 1 食分の弁当とロールパン一個で食いつないだ」後でサバイバルホイッスルの音により救出された[1]。サバイバルホイッスルが救命の鍵となった例は少なくない。

一方ドローンは二次遭難の危険がなく広大なエリアを捜索できるから、遭難者発見の強力なツールである。しかし山中では樹木や霧などで視界が遮られる場合がある(図 1)。



図 1 ドローンによる捜索のイメージ

サバイバルホイッスルで気付いてもらえないだろうか。残念ながらドローンに直接装着したマイクでは、ローター音がじゃまになり遠方の音はとらえにくい。ドローンに向かってサバイ

バルホイッスルを吹いても(現在では)ドローンはむなしく飛び去るだけである。ドローンでサバイバルホイッスルを検出できないだろうか。

3. ビームフォーミングとその欠点

ドローンから地上の音をとらえる手段として、マイクロホンアレイによるビームフォーミングが提案されている[2][3]。ビームフォーミングは望遠レンズのように特定方向の音に敏感だ。しかし捜索に使うためには以下の欠点がある。

- (1) マイクが重くドローンも大型になる
- (2) 大型のドローンとマイクロホンが近いのでローター音が大きい
- (3) 特定方向に敏感で、方向がわからない遭難者の捜索には向かない

4. 縦列 2 極ナルビームフォーミング

ドローンに装着するマイクとして縦列 2 極ナルビームフォーミングも提案されている[4][5][6][7]。

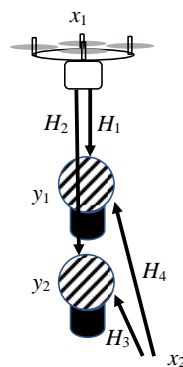


図 2 縦列 2 極ナルビームフォーミング

$$\begin{aligned}
 z_1 &= H_2 y_1 - H_1 y_2 \\
 &= H_2 (H_1 x_1 + H_3 x_2) - H_1 (H_2 x_2 + H_4 x_2) \\
 &= (H_2 H_3 - H_1 H_4) x_2
 \end{aligned}
 \tag{式 1}$$

2 極のナルビームフォーミングは図 2 と式 1 に示すように 2 つのマイクの信号により特定の音 x_1 をキャンセルする方法である。ビームフォーミングとは逆にドローンの方向の感度を下げるのである。

縦列 2 極のナルビームフォーミングはドローン下部

Survival Whistle Detection by Drones for Searching Lost People in Mountains.

[†]Itaru Kaneko, CDS Tohoku University

[†]Emi Yuda, CDS Tohoku University

[‡]Yuuki Sagawa, Senshu University

Keito Ishida, Senshu University

Ayana Mashimo, Senshu University

に垂直軸上に2つのマイクを並べ、糸状のもので懸架した構造である。ドローンから距離を離すことでローター音を低減でき、構造も簡単で安価である。糸は引っ張れば切れる強度のものにすれば安全である。

この構造には以下の利点がある。

- (1) 構造がシンプルで軽量安価で安全性も高い
- (2) マイクとドローンが離れていることで第一のローター音削減効果が得られる
- (3) ナルビームフォーミングによるローター音削減効果も得られるが、地上の音は360度に感度がある
- (4) 遭難の地域で普段使っているドローンに装着できる
- (5) 100g未満のドローンにも装着可能であるから規制をうけずに柔軟に運用できる

5. 搜索時間の推定

搜索活動がどのようになるかを検討してみる。まずドローンとサバイバルホイッスル5製品の音量を測定した。この測定は簡易な防音スペースでおこなったため、おおよその数値だが、1mの距離で92~95dBであった(表1)。ドローンの音量は1mの距離で72dBだった。したがってドローンとサバイバルホイッスルの距離1mにおけるSNRは20dBである。信号処理により20dBのノイズ削減が可能であるから信号処理後の1mの距離でのSNRは40dBとなる。

音は距離が10倍になると20dB減衰するから1mで40dBのマージンがあれば半径100m、幅200mの範囲のサバイバルホイッスルを検知できると期待できる。

ドローンで広さ35平方kmの青木ヶ原樹海を搜索すると、幅200mならば175kmの経路を飛行すればよい。10機のドローンを時速4kmで飛ばすと4.3時間で搜索が完了する。比較的効率よく探索が行えると言える。

6. まとめと考察

山岳遭難者搜索のためのドローンによるサバイバルホイッスル検出について検討を行った。実験室の結果からは従来から提案している縦列2極ナルビームフォーマで200mの距離のサバイバ

ルホイッスルの検出が可能で、試算によれば青木ヶ原程度の広さであれば10機のドローンで4時間程度での搜索が可能と推定できる。

表1 ドローンとサバイバルホイッスルの音量

製品名	サイズ	音量 dB@1m
ドローン Ryze トイドローン Tello		72
Fine good アルミホイッスル	6.3cm	95
チューブ式ダブルホイッスル	5.8cm	94
ランヤード付属 ピーレス式ホイッスル	4.8cm	92
緊急ホイッスルライト [LL-46]	9cm	93
KMS 電子ホイッスル	13.3cm	93

【参考文献】

- [1] 山崎輝史, "笛吹いて居場所知らせる-山で遭難の男性, 6日ぶり発見, "朝日新聞デジタル, 2019年6月20日18時11分
- [2] 干場 功太郎, 鷺崎 海, 若林 瑞保, 公文 誠, 中臺 一博, "UAVを用いた音源探査におけるマイクロホンアレイの性能評価, "ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集, 2017年2017巻1P1-R05, 2017
- [3] 越川常治, "ビームフォーミングの主要なアルゴリズムと方式例について, "日本音響学会誌, 45巻, 10号, 1989
- [4] 金子格, 諏訪部翔平, 佐々木一樹, ドローンに装着可能な軽量安価なローター音を抑制するナルビームフォーミング型マイクロホンとその応用, 第83回全国大会講演論文集2021(1), 11-12, 2021-03-04
- [5] 金子格, 諏訪部翔平, 佐々木一樹, マルチコプター型ドローンに装着した小型マイクロホンにおける同軸2極ナルビームフォーミングの可能性と性能検証, 信学技報, vol. 120, no. 296, EA2020-50, pp. 25-30
- [6] 金子格, "ドローンによる空中收音のための垂直分離2極ナルフォームドビームフォーミング~民生ステレオ機器で10dB程度の抑制を実現する~, "信学技報, vol. 119, no. 163, EA2019-29, pp. 41-46, 2019
- [7] 金子格, "ドローンによる收音のためのビームフォーミング, "情報処理学会第81回全国大会予稿集, 2E-04, 2019
- [8] 鳥居 敦, "ドローンを利用したマイクロホンによる集音方法の検討, "平成30年度東京工芸大学工学部コンピュータ応用学科業論文, Feb. 2019