

熱赤外線カメラ搭載 UAV を用いた雪山遭難者の視認性試験

大地純平

Visibility test of snow mountain victim using UAV with Thermography Camera

Junpei OCHI

Summary : A thermal infrared camera is a device that senses the temperature difference between an observation target and the surrounding environment and produces an image accordingly. This study was a test search for victims in snowy mountains. We examined the detectability of the victims depending on their posture, clothes, surrounding environment, and other factors. For example, when a victim is sitting in a sasa bush or a similar region, the temperature difference between the victim and the bush was so small that it was difficult to distinguish the victim from the bush. We also found that aluminum rescue blankets could not be detected by the thermal infrared camera due to their high heat shielding effect.

要旨：熱赤外線カメラは観測対象と周辺環境の温度差を感知し映像化する装置である。本試験では雪山遭難者の捜索を想定して、遭難者の姿勢、待機場所、着衣などの状況によって熱赤外線カメラでどのように観測されるのかを調べた。遭難者が座ってササ藪の中などに居る場合などは、遭難者とササ藪の温度差が小さく、混ざり合って判別が難しい。シート類についてはレスキューシート、アルミブランケットなどを使用した場合、高い遮熱効果により熱赤外線カメラで感知できない場合があることが分かった。

1 はじめに

近年、UAV (Unmanned Aerial Vehicle : 無人航空機) を用い、上空から遭難した登山者を捜索する取り組みが行われ始めている。Mario Silvagni et al. (2016) は雪崩による遭難者を捜索するために UAV によるビーコン探索網を迅速に構築する方法を開発している。雪崩によらない雪山遭難の場合は、遭難者が雪面上に居ると考えられることから、Julia Witczuk et al.(2018) らが熱赤外線カメラ搭載 UAV を用いてアカシカ等をモニタリングしている方法を応用して、雪山遭難者を目視捜索する方法が有効な場面もあると考えられる。

本試験では雪面上で避難待機している雪山遭難者の捜索を想定して、遭難者の姿勢、待機場所、着衣などの状況によって熱赤外線カメラでどのように観測されるのかを調査した。

2 調査方法

2.1 調査地

調査地は山梨県北杜市大泉町西井出の県有林内で 20cm 以上の積雪が確認できる場所に設定した。上空

が開けた暴露地で、立木樹冠、ササ地に隣接している場所を避難待機場所と仮定して、調査を実施した。

2.2 使用機体

使用した機体は DJI 社製 UAV 「Matrice200 (写真 1)」と専用熱赤外線カメラユニット「Zemuse XT2 (写真 2)」である。使用した熱赤外線カメラユニットは可視画像 (解像度 3840x2160) と熱赤外線画像 (解像度 640 × 512) を同時に記録可能であり、飛行中は可視カメラと熱赤外線カメラの画像をそれぞれ切り替えながら地上を捜索することが可能である。

2.3 調査方法

調査は 2019 年 3 月 7 日 (午前 9 時～正午、気温 -4℃、無風) に実施し、4 人 (女性 3、男性 1) の被験者に冬山登山用の装備 (防寒ジャケットやパンツ、ザック、ヘルメットなど) を装着した状態で、姿勢 (直立、座位、仰臥位、伏臥位)、待機場所 (暴露地、樹冠下、ササ藪付近)、避難待機時に被るシート類 (各種登山用シート、テントなど) を変更し熱赤外線カメラでその様子を観測した (写真 3)。UAV の飛行高度は対地高度 60 m とし、各カメラは動画モードで撮影を行った。



写真1 DJI社製「Matrice 200」

写真2 熱赤外線カメラ「ZenmuseXT2」
(DJI社ホームページより抜粋)

3 結果及び考察

3.1 姿勢による違い

・直立、座位

直立(写真4、画像1)、座位(写真5、画像2)それぞれの姿勢において、熱赤外線観測面積は座位の方が直立よりも60%以上広く、膝などの屈折により衣服との密着が増して、高温部分も増加した。男性被験者が身に着けていた防寒ジャケットは比較的薄手で、女性被験者3名より明確に高温域が広く、熱赤外線カメラでの検出が容易であった。



写真3 被験者の様子

・仰臥位、伏臥位

仰臥位(写真6、画像3)伏臥位(写真7、画像4)においては、「人型」に中～高温域の温度分布が配置されることから被験者の検出がより容易に行えた。厚手の防寒着を身に着けている場合、高温の温度分布は腰から下に広く分布しており、仰臥位の場合は顔が露出しているため頭部も高温域として検出された。

3.2 待機場所による違い

立木樹冠下(写真8、画像5)のササ藪付近(写真9、画像6)に、女性1名(写真左側)、男女ペア(写真右側)を座位で配置して、周辺環境(植生)の影響を確認した。

試験では落葉した広葉樹樹冠であったため、可視域画像でも目立つ色合いの服装をしている場合は捜索者の目につきやすく、比較的発見が容易であるが、黒紺系の色合いの場合は落葉した樹冠下であっても目立たず発見が難しかった。ササ藪との比較においても明るい色は発見が容易であった。

熱赤外線画像では樹冠下、ササ藪付近でも熱分布として被験者は検出されたが、日光によって暖められた樹冠とササ藪の熱分布とも類似しており、ササ藪とは温度分布が近いことから事前情報なしに温度分布のみで被験者を探し出すのは容易ではないと考えられた。

遭難者が寒気を避けてササ藪に埋もれるように待機していた場合などは熱分布がササ藪と混じり、熱赤外線カメラでの捜索が困難になると思われる。

3.3 シート類による違い

・レスキューシート、アルミブランケット、ナイロンシート、ブルーシート

遭難者は衣類からの熱の放出や寒風により熱を奪われるのを防ぐためシートやブランケットを被って体温低下を防ぐことが多い。この時使用されるシート類の違いによって熱赤外線カメラでどのように検出されるか確認した。レスキューシート(写真10、右下)、アルミブランケット(写真10、右上)、ナイロンシート(写真10、左下)、ブルーシート(写真10、左上)を各被験者が被ったところ、ナイロンシート、ブルーシートについては高中温域が検出されたが、レスキューシート、アルミブランケットについては高温域の熱分布がほぼ消えていた(画像7)。

これは、レスキューシート、アルミブランケット

に蒸着されているアルミによる遮熱効果によるものと考えられ、遭難者がこれらのシートを被って避難待機していた場合は熱赤外線カメラでの検出、発見は非常に難しいと考えられた。

・テント（密閉型）、ツェルト（開放型）

遭難者がテントやツェルトを所持していた場合、避難用のシェルターとしても使用される。被験者2名ずつをテント、ツェルトに配置してその温度分布を確認した。入室5分後の温度分布では被験者が待機している場所を中心に空気が暖められ、熱赤外線カメラでもその様子が検出できた。密閉型のテントでは暖められた空気がテント内に滞留するため、高温域が広く分布しており（テント面積に対し高温域30%、中温域70%程度）、一方で開放型のツェルトでは高温域は広くないものの、暖められた空気がある程度は滞留しており（ツェルト面積に対し高温域8%、中温域60%程度）、防寒対策としてある程度は効果があると考えられた。

3.4 捜索者、遭難者の留意点

・捜索者の留意点

試験では遭難者に見立てた被験者を配置して観測を行ったため熱赤外線カメラ画像だけでも容易に検出、発見ができたが、本来の遭難者捜索では遭難予想エリア全域を事前情報なしに捜索しなければならないため、遭難者が「ササ藪の中でレスキューシートを被っている」ような状態であると熱赤外線カメラのみで発見することは非常に難しいと思われる。可視カメラを併用しながら、遭難予想エリア内を効率的に捜索する方法を検討する必要がある。

・遭難者の留意点

遭難者が熱赤外線カメラ搭載 UAV に発見してもらうには、UAV の特徴的な羽音（回転翼機の場合）が聞こえた段階で、樹冠や植生から離れた雪上暴露地で高温域を曝す必要がある。具体的には「レスキューシートを暴露地の雪面に広げ、その上で仰臥位、大の字」で目立つようにすることが考えられる。

引用文献

- Mario Silvagni, Andrea Tonoli, Enrico Zenerino, Marcello Chiaberge (2016) Multipurpose UAV for search and rescue operations in mountain avalanche events. *Geomatics Natural Hazards and Risk*, 8:18-33
- Julia Witczuk, Stanisław Pagacz, Anna Zmarz, Maciej Cypel (2018) Exploring the feasibility of unmanned aerial vehicles and thermal imaging for ungulate surveys in forests - preliminary results. *International Journal of Remote Sensing*, 39:15-15



写真4 可視カメラ (直立)



画像1 熱赤外線カメラ画像「直立」



写真5 可視カメラ (座位)



画像2 熱赤外線カメラ画像「座位」



写真6 可視カメラ (仰臥位)



画像3 熱赤外線カメラ画像「仰臥位」



写真7 可視カメラ (背臥位)



画像4 熱赤外線カメラ画像「背臥位」



写真 8 可視カメラ (樹冠下)



画像 5 熱赤外線カメラ画像「樹冠下」



写真 9 可視カメラ (ササ藪付近)



画像 6 熱赤外線カメラ画像「ササ藪付近」

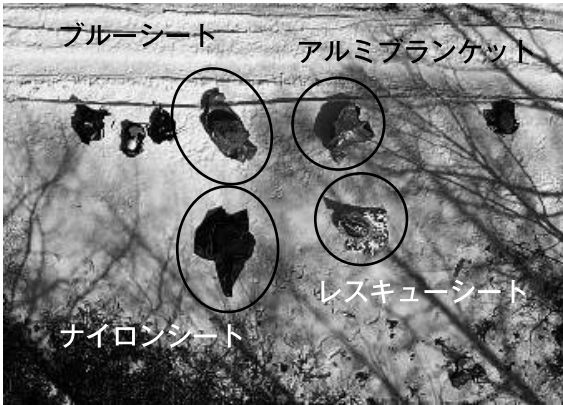


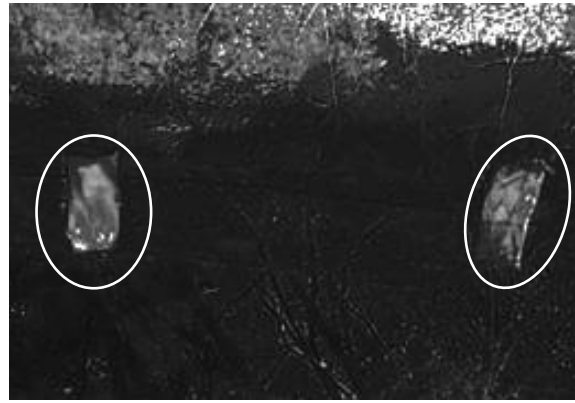
写真 10 可視カメラ「シート類」



画像 7 熱赤外線カメラ画像「シート類」



写真 11 可視カメラ「テント、ツェルト」



画像 8 熱赤外線カメラ画像「テント、ツェルト」