

# ドローン巡回による土砂災害時の被害把握

2019SS018 服部 勢

指導教員：三浦 英俊

## 1 はじめに

近年日本では、豪雨や地震による土砂災害が頻発している。土砂災害は台風等の大雨や集中豪雨、地震が引き金となることが多く、突発的に大きな破壊力を持って発生する。そのため、土砂災害は正確に予測することが難しいことから毎年多くの被害が発生する。

本研究で焦点を当てるのは土砂災害時の人命救助の初期対応としての被災地の情報収集である。災害時には、主として自動車やヘリコプターによる情報収集が行われており、多くの時間と労力を必要とする。初期対応に時間を費やしてしまうことで被害が拡大する、あるいは避難が遅れるなどの可能性を高めている。そこで近年ドローンを災害時に活用する動きが注目を集めている。

本研究では、土砂災害時のドローンの活用法や事例を紹介するとともに、三重県四日市市の土砂災害警戒区域 (115箇所) を対象とし、ドローンで土砂災害警戒区域を巡回する際に必要な台数と情報収集に要する時間を見積もる (図1)。

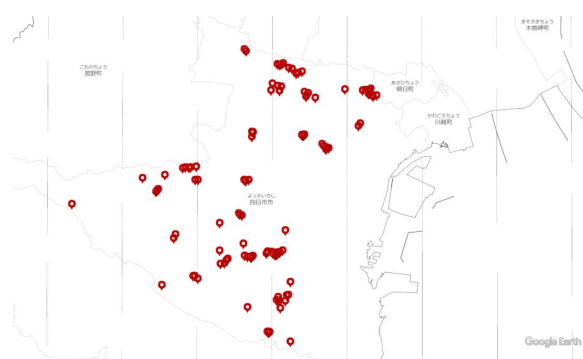


図1 三重県四日市市の土砂災害警戒区域 (115箇所)

## 2 災害時のドローン活用法について

災害時、ドローンは「被害状況の把握」に役立つ。災害が起きたときには、災害現場の状況を調査する必要がある。ドローンは広範囲に渡る災害現場の状況を映像を使ってリアルタイムで見ることができる。そのため「どこでどのような被害が起きたか」を迅速に把握し、ハザードマップの作成や救援計画の立案に繋がる。救助員が危険な場所へ立ち入ることなく災害状況を把握できるため、安全を確保しつつ被災者の救出に注力できる。その他に「被災者の発見」や「物資輸送」にも用いられ、災害時に様々な場面で貢献している。

## 3 災害時のドローン活用法について

実例では、2016年に発生した熊本地震では被災地の状況把握や住民の安否確認を行うため、ドローンによる空撮が行われた。土砂崩れの現場や地震によってできた断層も鮮明に記録されたのである。また2017年7月に発生した九州北部の豪雨でもドローンによる被災地の撮影が行われ、映像がインターネット上に公開された。公開された映像を閲覧すると、人間やヘリコプターによる立ち入りが困難と予想される危険な場所も綺麗に撮影されていたことがわかる。川の上流部や、山深い区域などがその例である [?]

## 4 使用データの作成

本研究で使用するデータは、国土交通省国土政策局が提供している土砂災害警戒区域のデータを国土数値情報ダウンロードサービスから入手したものである。この土砂災害警戒区域のデータは都道府県が指定する土砂災害警戒区域の範囲または位置、及び種別、名称等のデータをGISデータとして整備したものである。なお、本研究では令和2年のデータを使用している。入手した三重県四日市市の土砂災害警戒区域 (115箇所) のデータの緯度経度データを使用する。

## 5 巡回セールスマン問題による最短巡回経路の作成

はじめに115箇所ある土砂災害警戒区域の最短巡回経路を1台のドローンで巡回することと考えると最短経路と距離を求めた。総距離は約73kmであった。1台のドローンではこの距離を短時間で巡回することは不可能であるため、非階層クラスター分析を用いていくつかのグループに分割してドローンに巡回させることで巡回時間の短縮を測る。最短巡回経路を図2に示す。

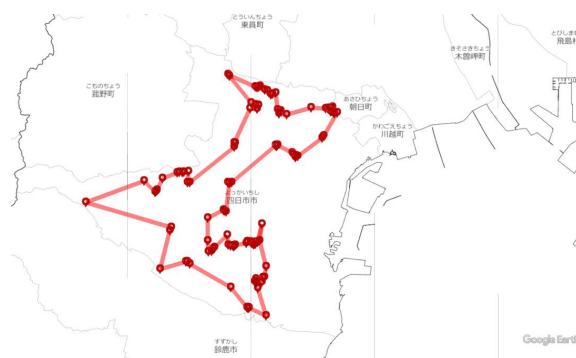


図2 最短巡回経路

## 6 非階層クラスター分析

非階層クラスター分析とは、異なる性質のものが混ざり合った集団から、互いに似た性質を持つものを集め、クラスターを作る方法の一つだが、階層クラスター分析と異なり、階層的な構造を持たず、あらかじめいくつかのクラスターに分けるかを決め、決めた数の塊（排他的部分集合）にサンプルを分割する方法といえる。階層クラスター分析と違い、サンプル数が大きいビッグデータを分析するときに適している。ただし、あらかじめいくつかのクラスターに分けるかは、分析者が決める必要があり、最適クラスター数を自動的に計算する方法は確立されていない。本研究では、あらかじめ決められたクラスター数「 $k$ 」個に分類する非階層型クラスターリング手法の「 $k$ -means 法」を用いた [?].

## 7 記号の定義

$k$ : グループ数  $k=1, 2, \dots$

$T_i$ : グループ  $i$  の巡回時間 ( $i = 1, 2, \dots, k$ )

$d_i$ : グループ  $i$  の総距離 ( $i = 1, 2, \dots, k$ )

$v$ : ドローンの飛行速度

$n_i$ : グループ  $i$  の地点数 ( $i = 1, 2, \dots, k$ )

$p$ : 土砂災害警戒区域 1 箇所の撮影時間

## 8 巡回可否の判定

$$T_i = \frac{d_i}{v} + n_i p$$

条件

$$\begin{cases} v = \frac{20(km)}{h}, p = 1(min) \\ T_i \leq 30(min) \end{cases}$$

$T_i$  が 30 分以下であれば 1 グループ 1 台で巡回が可能であると判断する。

## 9 クラスター分析による分割

三重県四日市市の土砂災害警戒区域 115 箇所の位置データを用いて、クラスター分析を行い、いくつかのグループに分割した。なお、ドローンは各グループの付近から飛行させるものとする。

はじめはグループ数を 7 とした結果すべてのグループは巡回する時間が 30 分以上となった。そこからグループ数を増やしていき検証した結果、グループ数が増えるにつれ巡回可能なグループが増えたが 30 分以上かかるグループが多々ある。グループ数が 14 のとき、30 分以上の時間を要するグループが 2 つあったが許容の巡回時間であった。そこから 20 グループまで検証した結果、全て 30 分以下となった。しかし、グループ数が増えるということは必要なドローン台数、ドローン操縦者が必要となるため、グループ数が 14 のときを最適とした。グループ数が 14 の時、グループ 4 とグループ 9 が 30 以上の時間を要してしまうため、クラスター分析によりそれぞれ 2 つのグループに分けるようにし

た。その結果を表 1 と図 3 に示す。

表 1 グループ数 14

グループ数	地点数	キョリ(km)	速度(km/h)	時間(min)	可否	必要台数
1	7	6.1	20	25	○	1
2	11	3.3	20	21	○	1
3	10	3.3	20	20	○	1
4	14	6.2	20	32	×	
4a	12	3.7	20	23	○	1
4b	2	0.17	20	2.5	○	1
5	6	3.2	20	15	○	1
6	8	3.8	20	19	○	1
7	12	4.7	20	26	○	1
8	11	3.8	20	22	○	1
9	13	7.6	20	35	×	
9a	11	4.3	20	24	○	1
9b	2	0.13	20	2.4	○	1
10	7	2.5	20	14	○	1
11	6	6	20	24	○	1
12	6	7.4	20	28	○	1
13	3	0.59	20	4	○	1
14	1	0	20	1	○	1
						計16

さらに、各グループの巡回経路は以下ようになった。



図 3 各グループの巡回経路

## 10 おわりに

本研究では三重県四日市市の土砂災害警戒区域 115 箇所を各グループ 1 台のドローンで巡回出来るように、 $k$ -means 法と巡回セールスマン問題を用いた。その結果、16 個のグループに分けられ、必要なドローンの台数は 16 台と求めることができた。しかし、実際には山地の標高や災害時の天候など、本研究以上により多くの要素や弊害がある。また、今回はドローンを各グループの付近から飛行させた仮定で巡回時間を求めた。本来は警察署や消防署、病院などから各グループまでの移動時間も考慮も必要である。今後の課題としては、それらを含めた上で計算を行うことでグループ数と巡回経路、ドローンの台数をよりの確に求めることである。

## 参考文献

- [1] 株式会社 ALBERT, ドローンによる災害調査・救助の活用事例-高まる国産ドローンの需要, [https://www.albert2005.co.jp/knowledge/data\\\_mining/cluster/non-hierarchical\\\_clustering](https://www.albert2005.co.jp/knowledge/data\_mining/cluster/non-hierarchical\_clustering)
- [2] 株式会社 A C S L, クラスター分析の手法 3(非階層クラスター分析), <https://product.acsl.co.jp/>