

# 広範囲の効率的な観測のための 自律移動型 UAV の協調動作に関する一考察

長尾 博樹 神崎 映光

島根大学大学院総合理工学研究科

## 1 はじめに

近年、ドローンなどの UAV (Unmanned Aerial Vehicle) が広く普及しつつある。これらの UAV に温度、湿度などの観測を行うセンサを搭載すると、UAV の飛行により広大な領域を対象としたさまざまな観測が可能になるものと考えられ、大規模災害発生時における初動対応としての被災状況確認などへの応用が期待される。

ここで、上述した被災状況など、観測対象の状況が時々刻々と変動する可能性がある環境においては、対象領域内における各地点を、UAV を用いて繰り返し頻繁に探索する必要がある。また、民生用 UAV の普及に伴い、自治体や教育機関、あるいは個人など、さまざまな所有者がもつ UAV を有効に利活用できれば、対象領域全体の頻繁な探索を効率よく行える可能性がある。ただし、さまざまな利用者が自身の意志で探索に協力する UAV を稼働させるような状況においては、利用可能な UAV 数や、各 UAV の位置が事前に分からず、また時間経過に伴い変動することが考えられる。

本稿では、広大な対象領域全体を繰り返し頻繁に探索するための UAV の協調動作制御について考察する。提案手法では、探索済の地点における状況の変動を考慮して、各セルに対して時間とともに減衰するカバレッジという概念を導入する。また、複数の UAV を無線通信によって協調動作させ、各 UAV の移動経路を制御することで、探索効率を向上させる。

以下では、まず 2 章で本稿の想定環境について述べ、3 章で提案手法について述べる。4 章で提案手法の有用性を検証するために行ったシミュレーション実験の結果を示し、最後に 5 章で本稿のまとめと今後の課題について述べる。

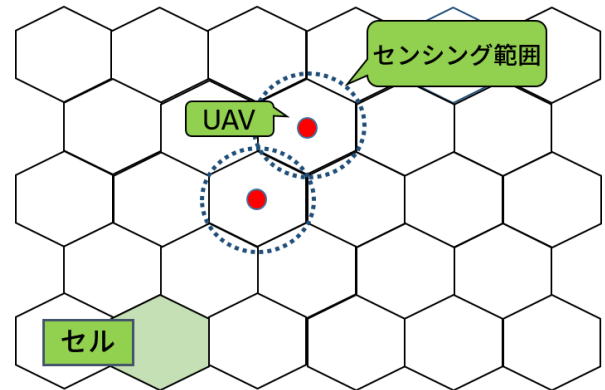


図1 想定環境 (N=6, M=5 の場合)

## 2 想定環境

対象領域内に自律的に移動可能な UAV が複数存在するものとする。UAV のセンシング範囲および無線通信範囲は、自身を中心とした円形であるものとする。各 UAV は非同期で探索を開始し、探索開始時点においては他の UAV の存在を把握していないものとする。

対象領域は、UAV のセンシング範囲に内接する正六角形のセルによって分割されているものとする。本稿では、図1に示すように、 $N \times M$  個のセルによって対象領域を分割するものとする。カバレッジはセル単位で規定され、UAV が存在するセルのカバレッジを 1.0 とし、この値が 0.0 になるまで、単位時間あたり  $\delta$  で単調減少していくものとする。また各 UAV は、単位時間で隣接するセルに移動できるものとする。

## 3 提案手法

各 UAV は、初期状態においては対象領域全体を自身の担当領域に設定し、図2のように行単位で担当領域内の移動を繰り返す。

ここで、探索中に他の UAV と無線通信可能となった場合、通信可能となった UAV との間で、各々が把握している全セルのカバレッジに関する情報を相互に交換する。その後、自身の保持する情報と、相手 UAV から受け取った情報を比較し、各セルに対し、カバレッジが大きい方の値を該当セルのカバレッジとして保持する。

その後、無線通信可能となった UAV 同士は、両 UAV の担当領域の和集合を導出し、これを各 UAV に分配することで、担当領域の分割を行う。

On a Consideration of Cooperative Operation Control of Autonomous UAVs for Efficient Sensing in a Wide Area

Hiroki Nagao, Akimitsu Kanzaki

Interdisciplinary Graduate School of Science and Engineering Shimane University, 1060 Nishikawatsu-cho, Matsue, Shimane 690-8504, Japan

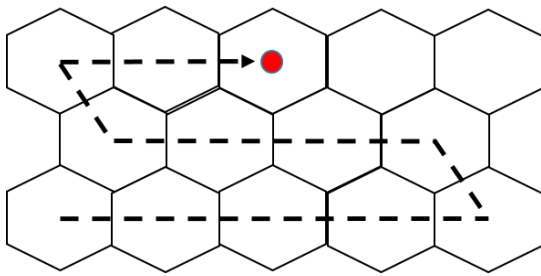


図2 UAVの移動モデル

具体的には、和集合に含まれる各セルの担当を、当該セルにより近いセルに位置している UAV として設定する。両 UAV との距離が等しい場合は、他のセルの割当を全て決定させた後、担当セル数が他方より少なくなった UAV の担当とする。これにより、各 UAV からの距離に基づく担当領域分割を行う。

#### 4 評価

提案手法の有効性を検証するため、シミュレーション実験を行った。実験では、提案手法により、カバレッジ情報の交換と担当領域分割を行う事によって、領域内のセルの平均カバレッジを向上させることができるか検証するため、これらの機能を有せず、個々の UAV が図2の経路にそって巡回を繰り返す単純手法との性能比較を行った。

##### 4.1 評価環境

対象領域を 10×10 個のセルに分割し、5 台の UAV をランダムに選択したセルに初期配置した。この環境において、各 UAV に 200 セル移動させるシミュレーション実験を、UAV の初期配置を変えながら 500 回行った。

##### 4.2 評価結果

実験結果を図3に示す、図の横軸はカバレッジの減衰率  $\delta$  であり、縦軸は 200 セル移動時点における領域全体のカバレッジの平均値を表す。結果より、UAV 同士での情報共有を行わない単純手法と比較して、提案手法における UAV 同士の情報共有により、カバレッジの減衰率が大きくなった場合においても、高いカバレッジが得られることがわかる。これは、担当領域の分割により、1 台当たりの担当セル数が減少し、探索にかかる負荷が軽減されたためであるものと考えられる。

#### 5 まとめと今後の課題

本稿では、複数の UAV を協調動作させ、広範囲の効率的な探索を実現する手法について検討した。各 UAV が遭遇時に、観測によって得られたカバレッジ情報を交換し、担当領域分割を行う事によって、観測領域全体での平均カバレッジを向上する事ができた。

現在の提案手法では、領域分割の際に、各 UAV

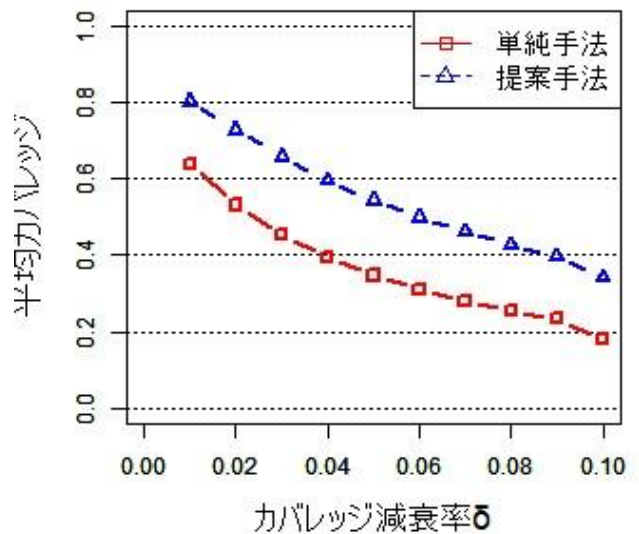


図3 実験結果

が担当するセル数に偏りが生じる可能性がある。これにより、各 UAV が観測する際に生じる探索負荷にも偏りが生じる可能性がある。

今後は、領域分割後にそれぞれの担当セル数を比較し、偏りがある場合はセル数が均一になるようにセルの担当を変更し、探索負荷をより均一化する領域分割方法について検討を行う予定である。

#### 謝辞

本研究の一部は、日本学術振興会科学研究費補助金・若手研究(B)(17K12673)および東北大学電気通信研究所における共同プロジェクト研究によるものである。ここに記して謝意を表す。

#### 参考文献

- [1] 石川久嗣, 横田裕介, 大久保英嗣, “自律飛行体ノードによる無線センサネットワークのための移動スケジューリング手法,” 信学技報 (知的環境とセンサネットワーク), Vol.114, pp.55-60 (2015).
- [2] I. Maza and A. Ollero, “Multiple UAV cooperative searching operation using polygon area decomposition and efficient coverage algorithms,” Distributed Autonomous Robotic Systems 6, pp.221-230 (2007).