

仮想 TPV における死角解消に向けた自動視点化の提案

赤嶺 伶於[†] 竹之上 典昭[‡] 徳永 雄一[†]金沢工業大学 工学研究科 ビジネスアーキテクト専攻[†]株式会社 GSEC[‡]

1. はじめに

2022 年 12 月に航空法の改正により、有人地帯での目視外飛行（レベル 4）が解禁され、市街地でのドローン飛行が可能になった。しかし、複雑な建物形状などが障害となり、ドローン操縦を難しくしている。この問題を解決するために、自機と周辺障害物の位置関係を VR 映像の中で把握しながらドローンを遠隔操縦できる仮想 TPV（Third Person View）操縦を提案している[1]。

一方、TPV においても自機や建築物の影で死角が発生している。操縦者が常に死角を意識することは難しく、安全にドローンを飛行させるには、発生している死角の情報を提示する必要がある。

本研究では、視点移動により死角の情報を提供することを提案する。移動中の死角を随時把握し、死角解消できる位置に TPV の視点位置を自動移動させる。本稿では、視点移動による操縦の妨げを考慮し、少ない移動量で早期の死角解消を目指した最適化アルゴリズムを求める。

2. 関連研究

死角解消に関して竹内らは、事前にマッピングした三次元空間情報を用いて、死角の原因となる障害物を透過させた[2]。評価では、ヘッドセットを装着した被験者が壁の向こうにあるドローンを AR による TPV 視点で操縦させている。しかし、死角となる障害物を透過させていることから、その障害物とドローンとの距離関係がわからない。この場合は被験者が場所を移動し、別の角度からドローンと障害物の位置関係を確認する必要がある。

Thomasonらは、我々の研究と同様に仮想 TPV 視点での遠隔操縦の研究において、危険な障害物を自動的に検出し、VR 内の視点移動によってドローンとの位置関係を操縦者に認識させている[3]。これは、仮想ドローンが障害物を検知したとき、状況によってカメラ位置が変化する。障

害物に衝突しそうな場合は、ドローンと障害物の間を見るような動きをする。そうでない場合は、ドローン後方 3m にカメラを置き、状況に応じて視界を最大化する位置に自動的にカメラが移動する。FPV（First Person View）視点や TPV 視点と比較するため、被験者はヘッドセットを装着し、VR 映像だけでドローンを飛行させた。結果、比較対象よりも障害物への衝突回数が減少し、操縦中の視点移動の有効性を示した。この手法は、障害物回避を目的としており、危険だと判断するのは機械であるため、操縦者にとって本当に危険であるかわからない。

これらの関連研究から本研究では、死角を管理する手法として死角経過時間をテーブルで管理し、管理情報を基に次視点への TPV 視点移動量と死角経過時間が短くなる最適な視点位置の探索をすることで次の TPV 視点位置を求める。

3. 提案

3.1 提案概要

TPV 視点移動量と死角経過時間の値が長くなることで、次視点への移動距離が長くなることや同じ死角を見続けることになり、操縦者に危険な視点を提供することになる。

図 1 に、仮想空間生成から視点移動までの流れを示す。本研究では、死角解消のために、死角のグリッド管理で経過時間などの情報を管理し、その情報に基づいて死角検出を行う。最適な次視点を見つけるために、TPV 視点移動量と死角経過時間がお互いに最適になる位置を探索する必要がある。そこで、最適視点探索アルゴリズムで次視点候補を探索し、初期 TPV 位置から移動を行う。

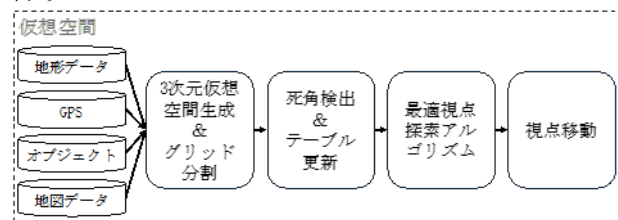


図 1 自動視点移動のためのアーキテクチャ

A Proposal for automated viewpoints to eliminate blind spots in virtual TPV

[†] Reo Akamine, Yuichi Tokunaga: Kanazawa Institute of Technology

[‡] Noriaki Takenoue: GSEC Inc.

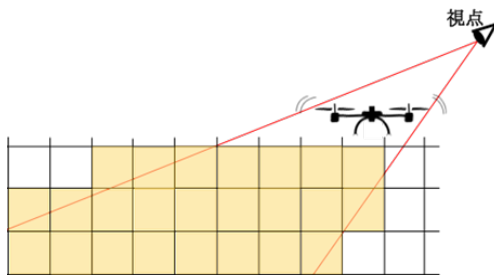


図2 死角検出の様子

3.2 3D グリッド管理

発生した死角の管理手法として、仮想空間をグリッド分割し、各グリッドに対応した建築物の位置情報やTPV 視点・ドローンの有無、死角経過時間を管理できるテーブルを作成する。このとき、テーブルに格納される位置座標は、仮想空間の絶対座標に対して求められる。また、グリッドのサイズが大きいと死角解消のための視点移動量が長くなるため、1辺が1mとなるように設定した。

3.3 死角検出

今回、仮想空間内のドローンによって生じる死角検出を行った。図2のようにそのときの視点からドローンを見た際に生じる赤い線が、死角領域を表す境界線となる。境界線を含むか接触したグリッドは、死角と判定され色付けされる。ここでは、一切の危険を取り除くことを目的として、境界線に接触したグリッドも死角であると判定している。死角と判定されたグリッドは、そのグリッドの管理テーブルである死角経過時間の値が1増加され、これを基に次の最適な視点が探索される。

3.4 最適視点探索アルゴリズム

死角を解消するために、TPV の視点を新しい位置に移動する必要があるが、このとき視点移動距離と死角の経過時間がお互いに短くなる最適な位置を探索する。図3はその手順で、 C_1 は現在のTPV の位置から発生する死角の経過時間の集合であり、 x の番号は管理テーブルのグリッド番号、 x

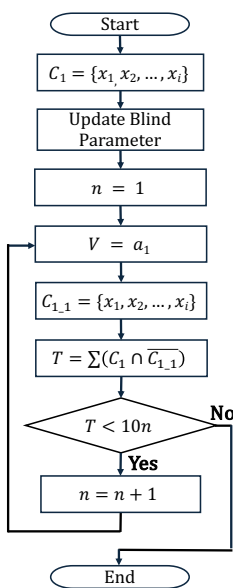


図3 最適視点探索アルゴリズム

は各グリッドの管理テーブルの死角経過時間を示し、ドローンの位置、視点の位置からこれを更新する。変数 n は、最適な次視点を見つけるための処理ステップ数を表す。

今回、最適な次視点を見つけるためにTPV が含まれているグリッドの頂点を次視点候補とした。頂点数は全部で8つあるが、ここでは各頂点の中から最適な1点である a_1 を見つけた状態で処理を行っていることとする。 a_1 からドローンを見たときに発生する死角の経過時間の集合を $C_{1,1}$ とする。集合 C_1 と集合 $C_{1,1}$ 否定の共通部分は、 C_1 に含まれていた経過時間が解消されたことを表す。これの総和を計算した結果 T が、 a_1 での死角解消コストである。最後に T が設けたコスト関数を満たすか満たさないか判定を行うことで、次視点位置を決定する。

また、コスト関数は、 $T < 10n$ と単純な一次関数とした。次視点の死角解消コストがコスト関数より小さい場合、十分に死角解消されていないとして、ステップ数を増加させ、その視点から新たな次視点候補を探索する。コスト関数よりも大きい場合は、十分に解消できたと判定して、そこを新しい視点として探索を終了する。

4. 今後の予定

提案した最適視点探索アルゴリズムで導出された視点の移動距離および経過時間の解消状況の評価を行う。得られた結果から、アルゴリズム内のコスト関数やパラメータをより複雑な状況や環境に対応させるため、正確なパラメータ設定や関数を複雑化させる必要がある。そして、再調整されたアルゴリズムの解を基に、視点経路の最適解を求め、安全なTPV 映像が得られることを評価する。

参考文献

- [1] 赤嶺伶於, 竹之上典昭, 徳永雄一. ドローン遠隔操縦の安全操作に向けた三人称視点の実現. 第85回全国大会講演論文集, Vol. 1, pp. 231-232 (2023).
- [2] 竹内一真, 藤睿, 佐藤健哉. 狭小空間監視のためのドローンを利用したAR 可視化手法の実装と評価. 情報処理学会論文誌, Vol. 64, No. 2, pp. 614-625, (2023)
- [3] Thomason, John, et al. A comparison of adaptive view techniques for exploratory 3D drone teleoperation. ACM Transactions on Interactive Intelligent Systems (TiiS), Vol. 9, No. 2-3, pp. 1-19, (2019).