

論文の内容の要旨

1 申請者

防衛大学校 ブイ ドク ヴェト

2 論文題目

無人航空機における画像検索のための深層学習に関する研究

3 論文の内容の要旨（博士：2,000 字程度）

近年、ドローン技術の急速な発達により、無人航空機（Unmanned Aerial Vehicle, 以下 UAV）に関する研究が大きく進展し、軍事や製造業だけでなく、一般社会への普及の兆しが見られる。特に、将来の利用者増を見据えて、タスクを自動で完了できる完全自律型無人機の技術開発に注目が集まっている。この為には、従来人間のオペレータが限られた観測情報を基に行っていた煩雑な作業（位置推定や実行すべきタスクの決定や実行可能なタスクの決定等）の重要な課題を限られた時間内で行うことが必要となる。例えば、スタジアムや都市等の広範囲な領域での監視と捜索等に自律型 UAV を運用するには現在位置の特定や障害物検出、監視対象の認識といった下位レベルのタスクを人を介さずに効率的に行う必要がある。

一方で、深層学習の登場により画像処理に関する研究は大きく進歩した。高度な深層学習アーキテクチャが提案され、人間顔負けの機能を実現できるようになった。これを運用するには高い計算パワーが不可欠だが、近年のハードウェアの発展によって生み出された高性能な CPU と GPU を使えば航空機内においても、大規模な並列処理を短時間で実施可能になっている。現在では、より高度な深層学習を使った画像処理技術を運用できるプラットフォームも徐々に普及しており、これを発展させることによって自律化に向けて大きな寄与ができると考えた。

このようなことから、本論ではこれからの UAV に求められる画像処理技術の中でも次の画像検索に関わる課題に取り組んだ。画像検索とは、入力画像等の内容や特徴を解析し、それに基づいてデータベースから検索して関連する画像を取得するプロセスである。画像検索は、様々な分野で幅広く応用されており、特に、UAV では、「画像ベースの場所推定」及び「オブジェクト再同定」という二つの主な画像検索タスクがある。

画像ベースの場所推定とは、キャプチャされた画像を緯度経度といった地理情報が付帯した 2D もしくは 3D 画像データと照合することにより、その正確な場所を推定することである。特に UAV における画像ベースの場所推定では、主に斜めからの撮影された画像を使うクロスビュー場所推定が用いられる。この手法では、まず入力 of UAV からの撮影画像に対し、事前に準備した環境の衛星画像データベースを検索し、最も類似している衛星画像を見つける。次に、出力された衛星画像には地理情報が付与されているため、これらの情報を基にして、現在位置のさらなる推定を行う。

オブジェクト再同定とは、異なるカメラビュー、異なる時間、あるいは異なる条件でキャプチャされた同じ物体や人物を識別して同定するタスクである。最近、このタスクを UAV 上で実装する研究の萌芽が見られ、UAV スwarm による監視及び追跡能力が大きく向上している。監視カメラシステムと異なり、オブジェクト再同定の能力を持つ UAV スwarm は、徒歩や車両ではアクセスできない地域に飛行する能力を持っているため、様々な地域で偵察・探索性能を向上させることができる。これらのタスクは UAV の運用、特に将来の自律型 UAV システムにおいて非常に役に立つが、現状では以下の二つの課題がある。

一つ目の課題は、精度の改善である。UAV における画像検索に関する研究は初期段階であるため、関連するデータセットが少なく、従来のアプローチでは簡単なアーキテクチャに留まる。画像検索のタスクは、異なる視点間で外観が大きく異なるため、同一のオブジェクト、または UAV ビュー画像と衛星ビュー画像をマッチングすることは簡単な問題ではない。また、これらのタスクを UAV で実施する場合には、視点だけではなく高度も異なるため、対象のオブジェクトも小さく見え、認識精度も落ちる傾向がある。

二つ目の課題は、複数のタスクを実行できる相乗性を持った画像検索技術である。実際の UAV の運用では、多数のタスクを同時に処理することが必要とされるが、現在の UAV の画像検索システムでは、検索タスク毎に専用の画像検索システムが必要で、同一の画像検索システムを複数のタスクに活用することはかなり難しい。そのために、知識の共有が難しかった。特に、本研究で取り上げる UAV における画像検索のタスクについては、これまでの各タスクの対象ドメインに大きいな違いがあるため、これらのタスクを単純に統合するだけでは性能が悪化するのみである。

そこで、本研究では、無人航空機における画像検索の課題を中心として、深層学習の能力を利用することより、これらの課題を改善することを目的とする。まずはじめに、無人航空機で不可欠な画像検索タスクである、クロスビュー場所推定やオブジェクト再認定のタスクについて、それぞれを高精度に達成するモデルを提案する。次に、計算機リソースを有効に活用して、複数のタスクを同一の画像検索技術で遂行するマルチパーパス性を持った画像検索モデルを提案する。

本研究の成果には、以下の三つがある。まず、UAV におけるクロスビュー場所推定のために、二つの深層学習モデルを提案し、双方とも既存研究と比べて大幅に精度が向上したことを実験により確認した点。次に、UAV におけるオブジェクト再同定の精度向上のために、新しい損失関数を提案し、その有効性を実験により確認した点。最後に、UAV における三つの画像検索を解決できる単一の深層距離学習ベースのモデルを提案し、実験を通してその有用性を確認した点である。

以上の通り、本研究での提案モデルはこれまでの UAV における画像検索の問題を解決し、将来の UAV 開発に展開することができる有望な証左を与えた。

4 キーワード (5 個程度)

「無人航空機」、「画像検索」、「画像ベースの場所推定」、「オブジェクト再同定」、「深層学習」