

## 研 究 成 果 の 要 約

助成番号	助成研究名	研究者・所属
第2017-06号	ドローン空撮による建造物の3次元データ化のための最適ルート計画	安室喜弘, 檀寛成 関西大学
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 48%;"> <p>我が国の社会資本ストックは高度経済成長期に集中的に整備されており、今後一斉に老朽化するインフラの戦略的な維持管理・更新が求められている。厳しい財政状況や技術者の不足といった制約の下で社会インフラの老朽化に適切に対処していくために、国土交通省が始めている取り組みとして「i-Construction」の中でも注目されているのが Unmanned Aerial Vehicle (UAV) の導入である。高所での近接目視に代わるモニタリングや、建設現場の生産性向上を図るために社会資本の整備・管理を行う CIM (Construction Information Modeling/Management) に必要となる3次元データ化のための空撮による写真測量など、土木分野での UAV の利用は大きく広がっている。UAV で飛行しながら搭載カメラで対象物を記録するためには、事前に飛行計画を立て、撮り残しがないように撮影しなければならない。これについては、撮影対象範囲のモデル化に必要な写真間のラップ率（重複率）についての検討が進められている。しかし、このような検討は、主に上空から下向きに地表を撮影する用途について議論されており、撮影位置の高度と水平方向の間隔で簡単にラップ率が設定できる場合を対象としている。したがって、一般的に、カメラを向ける方向や隠ぺい関係が多様な場合については、まだガイドラインや方法論が確立されていない。UAV の連続飛行可能時間は長いものでも 30 分程であり、バッテリー切れによる墜落を防ぐために時間には余裕をもって着陸させる必要があることから、実際の飛行時間はさらに短くなる。限られた時間内で立体的な対象建造物をすべて撮影するための飛行計画を考えることは容易ではない。</p> <p>本研究では、数理計画法を導入して、最適化問題として UAV の飛行計画を立案するという独自の手法を開発した。撮影可能な UAV の位置と方向の候補を離散的に用意し、撮像対</p> </div> <div style="width: 48%;"> <p>象や周辺の建造物などのポリゴンメッシュモデルを、事前踏査による写真撮影などから写真測量ソフトにより作成しておくことで、UAV の撮影視点から対象表面に対する可視性と表面各部を見込む立体角を評価する。対象表面を見込む立体角の大きさは、写真に捉えた際の解像度（ピクセル数）に相当する計量として使用できる。したがって、対象の各表面を撮影する最低限の立体角を担保する最小限の撮影回数と、すべての撮影における各表面の立体角の総和を最大化する撮影位置・方向を求めることができる。求めた撮影位置を結ぶ最短経路を算出することで、経路全体として効率面で最適化された飛行経路を算出することが可能となる。橋脚、建物の壁面、土木遺産などを対象とした数値実験により、高さ一定の垂直な壁面群に対して、最適な空撮飛行経路を算出することに成功した。</p> <p>このアプローチは、先行する技術や研究において限定されていた上空から下向きに地表を撮影する用途だけでなく、横向きの撮影を積極的に取り込んで空撮工程の経路全体を最適化する初めての技術である。この成果は、UAV 搭載のカメラの画角を考慮して一定の高さの幅で分割すれば、およそ垂直な壁面群で構成される対象物については、運用可能である。また、高さ方向に変化がある建造物の形状に対しても適用可能な問題の定式化となっており、今後、あらゆる方向を向いた壁面をもつ一般的な立体形状の建造物を対象として拡張させる予定である。</p> <p>本研究成果は、すでに土木情報学シンポジウムおよび、The 18th International Conference on Construction Applications of Virtual Reality (CONVR2018) の国内外での査読付き会議において報告を行っているほか、土木学会論文誌（土木情報学F3）に投稿中である。</p> </div> </div>		

## OPTIMAL PATH PLANNING OF UAV FOR AERIAL IMAGING OF OUTDOOR STRUCTURES

Yoshihiro, Y. Hiroshige, D.  
Kansai University

When we try to detect the degradation of bridges and tunnels by visual inspection, we have to make a scaffold temporarily and/or introduce a vehicle for high-place work. Besides, we sometimes need to regulate traffic. For avoiding such difficulties, unmanned aerial vehicles (UAV) have been used for photogrammetric inspection of outdoor structures recently. When we use a UAV for such a purpose, it has to visit all the inspecting points and take photos of them. Also, we have to make an efficient path for shortening the inspection time. Therefore, in this research, we propose a method for making a flight plan to take photos of target structures. In the proposed method, we first identify the optimal viewpoints which cover all the inspecting points and satisfy the overlap ratio of photos. This problem is formulated as a mathematical optimization problem and solved by an optimization solver. After that, we make a cyclic path which visits the optimal points and returns to the starting point. It is well known as the traveling salesman problem, so we can use various methods to solve it. Finally, we can obtain the optimal flight plan of UAV.

**KEYWORDS:** *UAV, Path Planning, Aerial Imaging, Mathematical Optimization*