

航空障害物自動検出システム

神谷 俊之・小泉 博一・河野 稔
澤田 伸二・島津 秀雄

要 旨

航空機の運航の安全を確保するためには、空港周辺の地形、建物の正確な把握は大変重要な課題です。ICAO（国際民間航空機関）では、世界各国の航空行政を担当する機関に対し、大規模空港の周辺の地形及び建物などの障害物を電子的に収集することを求めています。NECシステムテクノロジーでは、従来から固定資産の異動判読に用いられてきたRealScapeの技術を応用し、航空写真をステレオ処理した結果得られる地形・建物の高さデータを利用することで効率よく空港周辺の障害物を抽出する仕組みを開発しました。

キーワード

●ステレオ処理 ●航空障害物 ●航空写真 ●DSM

1. はじめに

航空機の運航において最も重要な課題は、日々の運航における安全・安心の確保です。航空機が安全に離着陸するためには、空港周辺の一定の地域を障害物がない状態にしておく必要があります。日本では、航空法によって各空港の周辺に「制限表面」と呼ばれる空港からの距離による高さの規制が定められています。民間航空機の国際航空運用に関する国際基準、勧告、ガイドラインの策定を行う国際機関ICAO（国際民間航空機関）は、2004年に世界各国に対し、空港周辺の地形・障害物の調査、収集、電子的な管理（eTOD：electronic Terrain and Obstacle Data）に関する勧告を発行し、各国にデータの整備を求めています^{1,2)}。

このようなデータ整備のためには、空港周辺の地形、建物の高さを漏れなく、かつ正確に計測しガイドラインに定められた基準と比較し、障害となる建物を見つけることが必要となります。本稿では、航空写真を3次元解析することで、地形、建物の高さを正確に求めるシステムRealScape^{3,4)}を用いた航空障害物抽出システムについて紹介します。

2. 航空障害物とその課題

空港周辺の離着陸の安全の確保のため、従来から空港周辺での建築物の高さ制限などが各国の航空当局によって行われてきました。2004年にはICAOから世界各国が共通に満たすべき基準として、電子地形・障害物データに関する勧告が発行されました。本勧告で定められる電子地形・障害物データは、空港に航空機が離着陸する際の安全確保のほか、飛行経路の

計画、非常時の回避ルート計画などさまざまな用途に利用されることが期待されており、現在、各国でデータの収集方法に関する調査研究が行われ、データ収集が開始されており、日本でも既に一部の空港でデータベース化が開始されています。空港周辺の障害物調査では空港の中心からおおよそ半径45kmの範囲を高さ精度3.0m、水平解像度30mでくまなく調査する必要がありますが、従来の測量的な手法ではこのような広範囲を精度よく漏れなく調査することは困難で、これを低コストで実現する手法が求められていました。

3. 航空障害物抽出システム

このような課題に対応するため、弊社は固定資産の異動判定システムとして開発し商用化したソフトウェアRealScapeをベースにこの応用向けに機能拡張を行い、航空写真の3次元解析によって得られる高精度・高密度な数値標高モデル（DSM：Digital Surface Model）と制限表面を比較することで

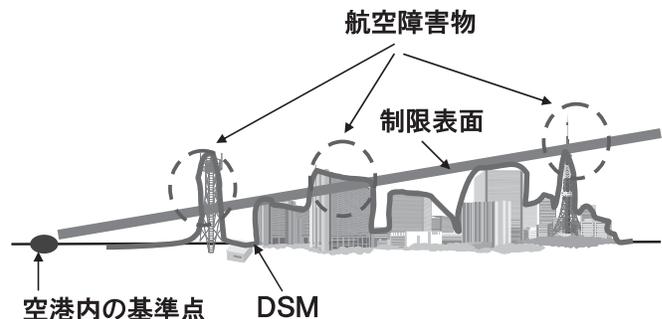


図1 DSMと制限表面による障害物の抽出

障害物を抽出する手法を開発しました⁵⁾。図1にDSMと制限表面との比較による障害物抽出を模式的に表した例を示します。

3.1 処理方式の概要

本手法では、(1) 航空写真のステレオ処理によるDSMの算出と、(2) それを用いた航空障害物の抽出・判読/確認及びデータベース化という2段階の処理によって障害物を抽出します。

3.2 設計の方針

本手法の開発に当たっては、自動化による障害物抽出の低コスト化と精度の向上を両立することを目標としました。しかしながら、航空障害物の抽出では、障害物がどのような建造物(塔、避雷針、クレーンなど)かの種別を判定する必要があること、また、障害物の抽出漏れは重大事故の原因となり得ることから、完全自動による抽出ではなく、自動化処理は障害物候補の抽出に留め、その後のステップで作業者が立体視によって元の写真の候補領域を確認し、同時に確認後の障害物の種別を判定することとしました。全体的な処理の流れを図2に示します。

3.3 ステレオ処理

RealScapeによるステレオ処理の流れを図3に示します。本手法では、空港周辺を複数のコースで漏れなくカバーするように飛行し、前後のコマで約60%のオーバーラップした写真として撮影した航空写真を利用します。RealScapeでは、隣り合

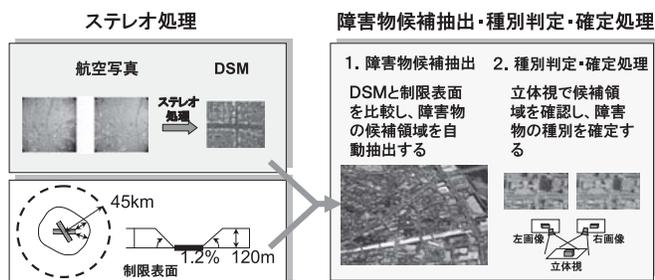


図2 航空障害物抽出の処理の流れ

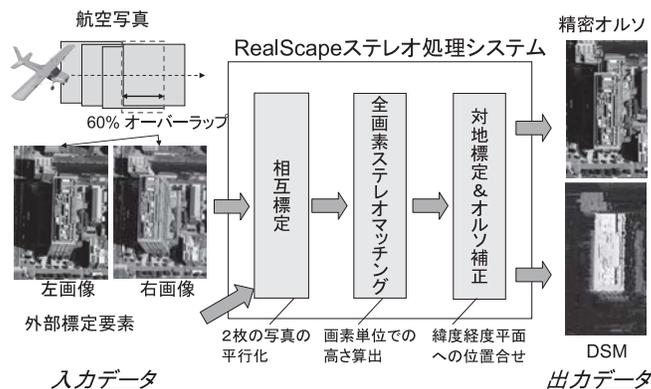


図3 ステレオ処理の流れ

う画像のオーバーラップする領域内の、各点について左右で対応する位置を求め、対応点間のずれ量(視差)から三角測量と同様の原理によってDSMを求めます。

航空障害物としては、建物の上のフェンスや避雷針など小規模な構造物も対象となるため、撮影する航空写真にも高い解像度が求められます。例えば、空港周辺45km四方を、解像度15cmでデジタル航空写真用カメラ(UltraCam/X)で撮影した場合には、一枚当たり14,430×9,420画素の画像をおよそ2,400組処理してDSMを生成する必要があります。RealScapeでは、サーバクライアント方式で、最大48台のクライアントを用いて、ステレオ画像処理を分散実行することにより大量のステレオ画像処理を高速に行うことが可能となっています。

3.4 障害物候補抽出・種別判定・確定処理

障害物抽出処理は、対象とする範囲の場所ごとにRealScapeによって生成されたDSMと制限表面の高さを比較し、DSMの高さが制限表面以上である場合を障害物として抽出することによって行います。しかし実際には、ビルの屋上に設置された避雷針やフェンスなどの小さな構造物はDSM上で正確に検出されない場合があります(図4)。そのため、一定の余裕を見込んで低く設定した制限表面を用いて、まず障害物候補を自動抽出し、その後、航空写真中の障害物候補を作業者が立体視することで高さの確認と障害物の種別判定を行います。

このような自動化と人による確認処理の組合せによって、作業量を削減しながら正確な処理を実現しています。

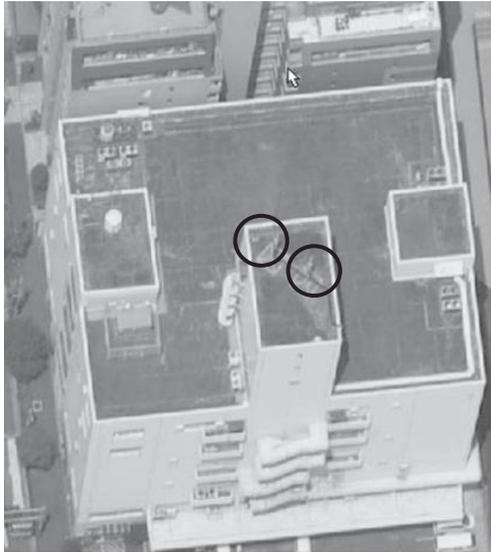
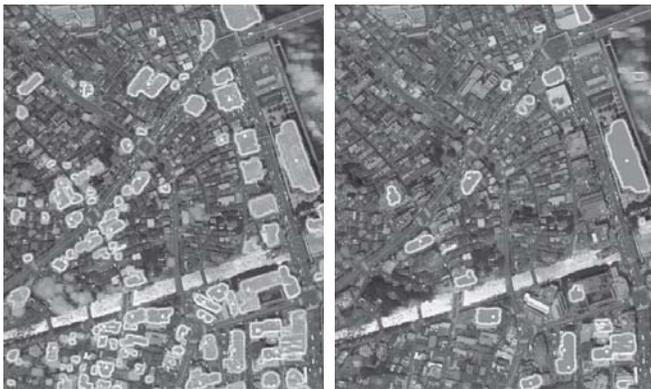


図4 建物上の避雷針の例

4. 実験結果

本手法の有効性を検証するため、国内の空港周辺の地域を対象に障害物抽出の検証を行いました。約500m四方の領域に対し、候補となる建物を抽出した結果（図中白枠）が図5 (a)、検査者による目視確認、種別判定を経た最終結果が図5 (b) であり、作業量の大幅な削減と対象範囲の対象となる建物、突起物がすべて抽出されることが確認できました。



(a) 障害物候補建物

(b) 最終的に確定された障害物

図5 障害物抽出

5. おわりに

本稿では、航空写真の3次元解析を用いて地形・建物の高さを算出することで、空港周辺の障害物を抽出するシステムについて報告しました。本技術は既に東京国際空港（羽田）、大阪国際空港（伊丹）などの障害物抽出に適用され、低コストでの電子地形・障害物データ作成に活用されています。

今後は、本システムの更なる自動化・高精度化を目指すとともに、海外市場などへの展開を検討していきます。

参考文献

- 1) ICAO, "ELECTRONIC TERRAIN AND OBSTACLE DATA", In - ternational Civil Aviation Organization (ICAO), Annex 15, Chapter 10, 2004
- 2) ICAO, "Guidelines for Electronic Terrain, Obstacle and Aerodrome Mapping Information", International Civil Aviation Organization (ICAO), Doc. 9881,2004
- 3) 國枝ほか；「RealScapeシリーズ 固定資産異動判定システム」, NEC技報, Vol.59, No.1, pp.67-71, 2006
- 4) Koizumi et al; "Metropolitan Fixed Assets Change Judgment using Aerial Photographs", Proc. of the 21st Innovative Applications of Artificial Intelligence Conference 2009, pp.17-24, 2009.
- 5) Kamiya et al; "Airport Obstacle Extraction by Aerial Photograph Stereo Matching" Proc. of ASPRS/MAPPS 2009 Speciality Conference,2009

執筆者プロフィール

神谷 俊之
NECシステムテクノロジー
システムテクノロジーラボラトリ
研究マネージャー

小泉 博一
NECシステムテクノロジー
システムテクノロジーラボラトリ
主任

河野 稔
公共・医療ソリューション事業本部
イノベティブサービスソリューション
事業部
主任

澤田 伸二
公共・医療ソリューション事業本部
イノベティブサービスソリューション
事業部
マネージャー

島津 秀雄
NECシステムテクノロジー
システムテクノロジーラボラトリ
所長