

秋山健次\*  
野村 立\*  
福井貴之\*\*

# ヘリコプター映像応用システム

## Applied Helicopter Imaging System

Kenji Akiyama, Ritsu Nomura, Takayuki Fukui

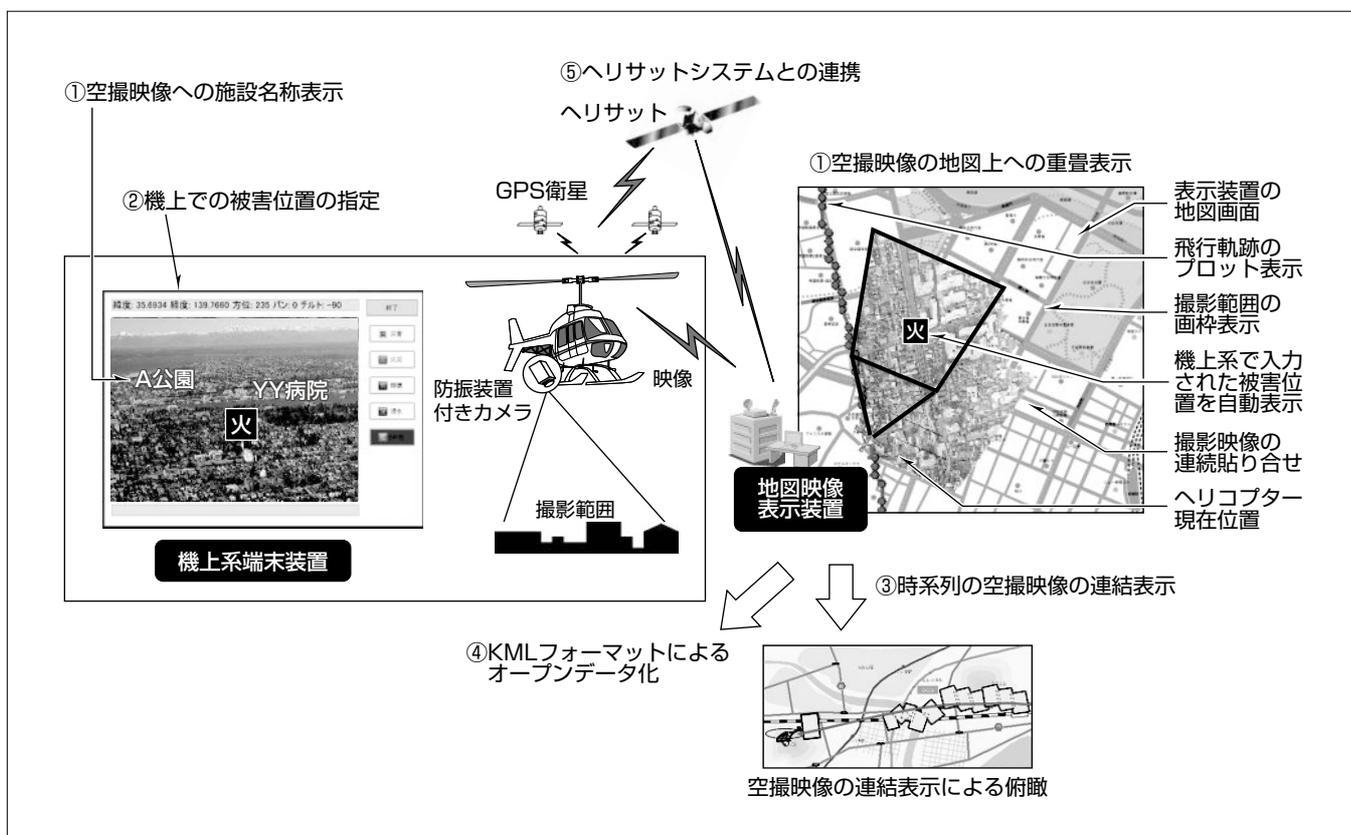
### 要 旨

高い機動性と広域性を合わせ持つヘリコプターによる空撮映像をリアルタイムに地上局へ伝送する“ヘリコプターテレビシステム”(以下“ヘリテレ”という。)は、現場状況を迅速に把握するための情報収集手段として、国や地方公共団体等による災害対策や救助・救難活動等で広く活用されている。しかしながら従来のヘリテレは、①空撮映像だけでは撮影位置(範囲)を特定しにくい、②時々刻々と撮影位置が変化するため広域を俯瞰(ふかん)した現場状況を把握しにくい、③収集する空撮映像等のオープンデータ化が困難、④無線回線の特性上、地上局から低空のヘリコプターを捕捉できないといった課題を持っていた。

“ヘリコプター映像応用システム”(以下“このシステム”

という。)は、ヘリコプターからの空撮映像にGPS(Global Positioning System)による位置情報及びカメラ情報・機体姿勢情報を付加して送信し、地上局では①空撮映像の地図上への重畳表示や空撮映像への施設名称表示による撮影位置の特定、②機上での被害位置の指定、③時系列の空撮映像の連結表示による俯瞰した現場状況把握、④KML(Keyhole Markup Language)フォーマットによるオープンデータ化、⑤ヘリサットシステムとの連携など、従来のヘリテレの高度化・高機能化を実現している。

このシステムは国、都道府県、地方公共団体等の各機関で活用されており、迅速かつ的確な対策立案及び指示を可能とするものである。本稿ではその特長について述べる。



### ヘリコプター映像応用システムの特長

ヘリコプターからの空撮映像をヘリサット等によってリアルタイムに地上局へ無線伝送し、画像解析技術によってヘリ位置/ヘリ映像を地図上に重ね合わせて表示することで、現場の状況を瞬時に把握できる。また空撮映像への施設名称表示による撮影位置の特定、時系列の空撮映像の連結表示による俯瞰した現場状況把握、KMLフォーマットによるオープンデータ化など、従来のヘリテレの高度化・高機能化を実現している。

## 1. ま え が き

ヘリコプターに搭載したカメラで撮影した空撮映像をリアルタイムに地上へ伝送して映像表示を行うヘリテレは、その広域性・機動性から、報道機関や国・地方公共団体等による災害対策や救助・救難活動等に広く活用されている。

東日本大震災では、警察庁、消防庁、国土交通省及び地方公共団体等で、ヘリテレ映像が被害情報の収集、救出救助活動、支援体制の早期確立等に貢献した。最近では平成26年8月の豪雨による広島市の土砂災害や平成26年9月の御嶽山噴火でもヘリコプターが出動し、リアルタイムな映像伝送によって対策立案を支援している。

今後発生が懸念される首都直下地震や南海トラフ地震等の大規模広域災害時に対し、更なる即応力の強化、より詳細な情報収集が求められており、ヘリテレは現地被災状況を迅速かつ正確に把握するための最も有効な情報源となる。

本稿では、従来のヘリテレが抱えていた課題を解決し、現場状況把握や被害範囲の特定を容易とする目的で開発した“ヘリコプター映像応用システム”の特長と、今後の高度化・高機能化に向けた取組みについて述べる。

## 2. ヘリコプター映像応用システムの構成

このシステムは、ヘリコプターに搭載する機上系システムと、地上局で受信した映像を表示する地上系システムで構成する。

### 2.1 機上系システム

#### 2.1.1 機上系システムの構成

機上系システムは、防振装置内に実装する“カメラ装置”、ヘリ・カメラ情報を空撮映像に重畳して地上系システム向けに送信する“信号処理装置”、空撮映像に被害位置や施設名称を重畳表示する“機上系端末装置”等で構成する。

#### 2.1.2 機上系システムの処理の流れ(図1)

- ①カメラ装置から、空撮映像とカメラ情報を取得する。
- ②同時に、ヘリ情報(GPS位置情報によるヘリコプターの現在位置と機体方位、姿勢情報)を取得する。
- ③空撮映像にヘリ・カメラ情報を重畳し、地上へ送信する。

### 2.2 地上系システム

#### 2.2.1 地上系システムの構成

地上系システムは、映像とヘリ・カメラ情報を分離する“信号処理装置”、地図上で撮影範囲に合わせた静止画を生成する“静止画変換装置”、ヘリコプター位置と静止画を地図上に重畳表示する“地図映像表示端末”等で構成する。

#### 2.2.2 地上系システムの処理の流れ(図2)

- ①機上系システムから送信される映像を受信し、空撮映像及び付随するヘリ・カメラ情報を取得する。
- ②ヘリ・カメラ情報から、空撮映像の撮影範囲(地図上での画枠)を計算し、画枠に合わせて静止画を変形する。

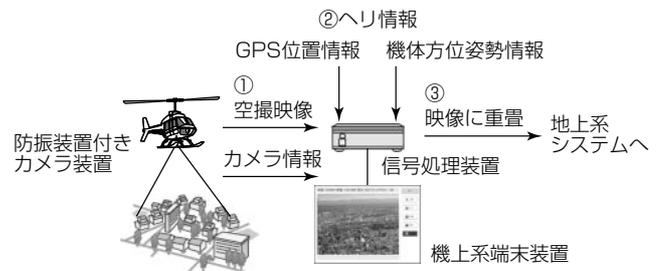


図1. 機上系システムの処理の流れ

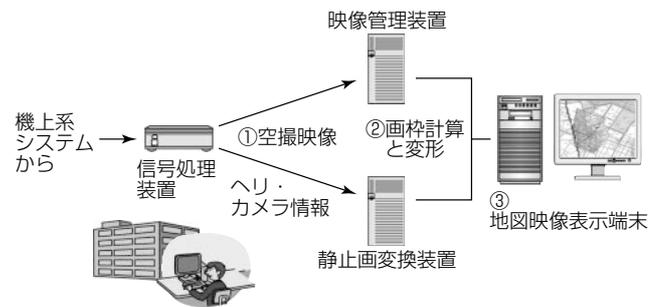


図2. 地上系システムの処理の流れ

- ③地図上にヘリコプターの現在位置と軌跡を表示し、画枠に合わせた静止画を連続的に貼り合わせて表示する。

## 3. 従来システムの問題点

従来のヘリテレは、ヘリコプターの空撮撮影を地上に配信し、地上側におけるリアルタイムの映像表示が主たる機能であり、地上局員と機上の担当者との意志の疎通は音声による通話が主体となっている。

災害発生直後の応急対策活動をする状況では、その被災状況を具体的に把握することが重要である。例えば、災害発生箇所(住所や緯度経度)、被災規模(焼失/流失/浸水面積等)などが具体的な情報に当たるが、映像を見るだけでは、このような詳細情報の把握は困難である。

また、地上—機上間の意志の疎通が音声通話だけという点も、双方の情報共有という面で課題を残している。例えば、地上から機上に撮影場所を指示する場合、お互いに映像を見ながらの口頭連絡だけでは、的確な指示ができないか又は時間がかかり、指示伝達までにヘリコプターが最適な撮影ポジションから離れてしまうことも考えられる。

大規模広域災害時の省庁間連携のためには、各部署間での情報の共有が必須である。ヘリテレで収集した情報は災害一次情報として重要であり、関係各省庁・地方公共団体等への即時配信が必要である。

## 4. このシステムの特長

### 4.1 基本機能

#### 4.1.1 地図重畳映像表示機能

地図重畳映像表示機能は、空撮映像のスナップショット



図3. 地図重畳映像表示機能の画面イメージ

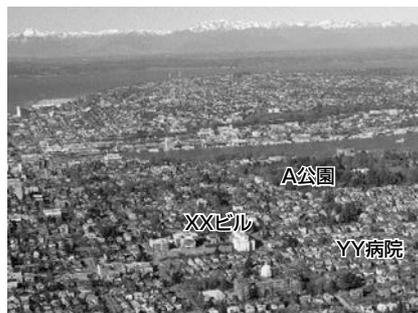


図4. 施設名称重畳機能の画面イメージ

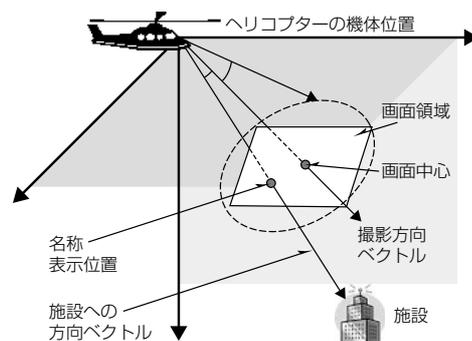


図5. 名称描画位置の特定

を静止画像として定期的に抽出し、ヘリ・カメラ情報から算出された撮影範囲(画枠)に従って変形して地図上に連続的に貼り付ける機能である(図3)。

カメラ撮影の軸に対して、ヘリ・カメラ情報から求めた同次座標変換をかけることによってグローバル座標系下の撮影方向を求める<sup>(1)</sup>。撮影方向ベクトルと地表面との交点を求めることで地図画面上での撮影範囲の形状を特定し、地図上に貼り付けることでGIS(Geographic Information System: 地理情報システム)と空撮映像が連携可能となる。具体的には被災箇所からの住所特定、地図上の距離・面積計算機能による被災規模の算出等が容易になる。

#### 4.1.2 ライブ映像自動録画機能

空撮映像は地上局の映像管理装置で蓄積し、同時にヘリ・カメラ情報も蓄積する。蓄積映像は地図映像表示端末で任意に検索して再生表示可能であり、再生時には映像に同期して地図画面上にヘリコプター位置がプロットされる。

### 4.2 拡張機能

#### 4.2.1 施設名称重畳機能

映像上に、映像に写っている施設等の名称を、映像上のその施設の位置に重ねて表示する機能である(図4)。

施設名称重畳機能についても最初にカメラ撮影方向を算出する<sup>(2)</sup>。ヘリコプターの機体位置から施設の位置までの方向ベクトルを求め、ベクトルが画面領域を通るものを描画する(図5)。

映像は連続情報であるが、名称表示位置を算出するヘリ・カメラ情報は離散情報であるため、映像移動に名称表示を追従させるため名称表示位置の補間処理も併せて行う。

この機能を機上側と地上側双方に実装し、映像上に表示される施設名称をその位置とともに把握することで、地上-機上間の音声でのコミュニケーションで、施設を名称で指定・指示することができ(“XXビルの横”“A公園の東”など)、相互意思疎通と情報共有の支援につながる。

#### 4.2.2 連結静止画作成機能

4.1.1項の地図重畳映像表示機能は、映像からのスナップショットとしての静止画像を作成するものであったが、一枚一枚の静止画像で一度に把握できる領域面積は限られていた。

そこで、連続して撮影した複数の静止画像から、連続してつながる帯状の静止画像を作成するための連結静止画作

成機能を提供する。映像から取り出した静止画像を、ヘリ・カメラ情報を基にオルソ補正<sup>(注1)</sup>した後<sup>(3)</sup>、隣り合う静止画像との間で照合を行い重なり部分を算出し、結合を行う。広範囲の静止画表示によって、広域を俯瞰した状況把握が可能となる。

(注1) 映像の中心から外周へと生じる歪(ひず)みを修正すること。

#### 4.2.3 外部システム連携機能

外部システム連携機能は、各情報を提供可能な形式に変換し、このシステムのWebサーバ上に公開することで、外部からWebインターフェースを用いて情報を取得可能とする。

フライト航跡情報や静止画像・画枠情報をライブ映像に追従してKMLフォーマット<sup>(注2)</sup>で提供することで、ヘリテレ映像の受信設備を持たない部門でもKMLフォーマットをサポートするGIS環境があれば、被災状況をリアルタイムで把握できる<sup>(4)</sup>。

(注2) 三次元地理空間情報を表示するXML(eXtensible Markup Language) ベースの言語である。

#### 4.2.4 倒壊建物抽出機能

倒壊建物抽出機能では、鉛直真下方向に撮影した映像を利用して、撮影した範囲の三次元形状を算出する。三次元形状とその範囲の建物の高さ情報をマッチング処理することによって、“本来建物があるはずの所に建物が存在しない”という地点を抽出し、倒壊建物として地図表示する。

#### 4.2.5 火点候補抽出機能

ヘリコプターには、可視カメラと赤外カメラの2つのカメラ装置を搭載していることが多い。赤外カメラでは火災の煙等で視界が悪く可視カメラでは特定できないような火災発生地点をピンポイントで特定可能となる。

火点候補抽出機能では、赤外カメラの機能を応用し、4.1.1項の地図重畳映像表示機能と連携することで、火災の発生が想定される場所を機上側で抽出する機能を提供している。

#### 4.2.6 自動追尾撮影機能

ヘリコプターの乗組員は、限られた人数で多くの作業を行う必要がある。自動追尾撮影機能は、指定した場所(被災した建物等)を指定することで、その場所を自動的に撮影し続ける機能である。これによって、乗組員がカメラ操作に人手を煩わせることなく、他の作業を行うことができる。

自動追尾撮影機能には、撮影位置の緯度経度を指定して

行う方式と、画像処理によって目標物を映像から特定して追跡する方式がある。前者は目標地点エリア付近の広域の撮影を、後者は特定対象物の連続撮影を目的としている。

### 5. ヘリコプター衛星通信システムとの連携

ヘリコプターからの映像・音声・データ伝送手段として、無線で地上中継局を介して伝送するヘリテレが活用されているが、伝送エリアは地上中継局から一定距離の見通し範囲に限定され、広い範囲をカバーするためには複数の地上中継局が必要で整備費負担も大きくなるなどの課題がある。

三菱電機が開発したヘリコプター衛星通信システム（ヘリサット）<sup>(注3)</sup>は、この課題を解決するシステムとして総務省消防庁等で運用されている。ヘリサットとこのシステムの連携によるシステムの高度化について次に述べる。

(注3) 当社通信機製作所が開発し、製作している。

#### 5.1 ヘリサットの概要

ヘリサットは、ヘリコプターで撮影した被災地等の動画を静止衛星経由で地上局へ伝送する機能とヘリコプターと地上局間の双方向音声通信を実現する機能を持つ(図6)。

ヘリ局装置は衛星通信用小型アンテナ、送受信機、変復調器、映像装置等から構成され、地上局は通常の衛星通信用アンテナ・送受信設備にヘリサット用の変復調器、映像装置を追加した構成である。ヘリサットの導入効果を次に挙げる。

- (1) 地上中継局を必要とせず地上局1局で広域をカバーできる(広域性)。
- (2) 回線接続のための準備作業を必要とせずヘリコプターの到着と同時に伝送が可能である(利便性)。
- (3) 山岳や高層建築物の影響を受けず近接撮影、谷あい等でも安定な伝送ができる(耐環境性)。
- (4) 複数受信局で同報受信することによって各拠点で同時にリアルタイムに情報を共有できる(同報性)。
- (5) 災害等によって地上(中継局)などが被災しても通信衛星を経由して伝送が可能である(抗堪性)。
- (6) 常時双方向の音声連絡回線を確保でき、地上局からヘリコプターへ撮影箇所等の指示等が可能である(常時接続性)。
- (7) 地上中継局が不要なので管轄区域が広範囲なほどコストパフォーマンスに優れる(低コスト)。

#### 5.2 ヘリサットの主要技術

##### (1) 送受信方式

ヘリサットは、ブレード回転の間隙を狙って送信する間欠送信方式を採用している。間欠送信のタイミングは、ヘリコプターの姿勢、衛星の位置及びブレードの回転タイミングによって決定され、フライト姿勢によって時々刻々と変化するため正確かつ動的なタイミング制御が求められる。

##### (2) 追尾方式

衛星追尾誤差による回線劣化と隣接衛星への干渉を防ぐため、衛星通信指向方向からの誤差0.5°以内という厳しい

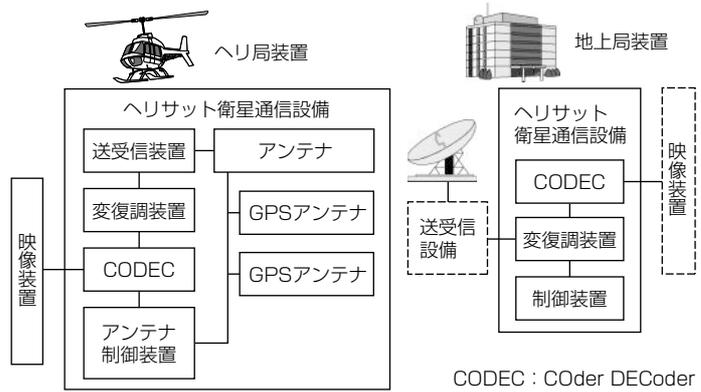


図6. ヘリサットのシステム構成

追尾精度が要求される。ヘリサットは、衛星方向を中心にビームを微小角ずらして円を描くようにスキャンし、受信電力が最大になる方向を検出することで高精度追尾を実現するコニカルスキャン方式を採用している。

#### 5.3 ヘリサットと連携した新機能

ヘリサットは、映像送信回線と別にヘリコプターと地上局間を双方向で送受信するデータ通信回線を提供しているため、次のような機能が実現可能となる。

- (1) 機上設備と地上設備間でメッセージの送受信を行う。
- (2) 地上設備からフライト目的地データを送信して機上設備の地図画面に表示、逆に機上設備の地図画面で入力したポイントデータを地上設備に送信して地図画面に表示する。
- (3) 地上設備から継続的に注視したい地点データを送信し、機上設備側のカメラ制御で対象地点を自動追尾撮影する。

## 6. む す び

従来のヘリテレの高度化・高機能化を実現した“ヘリコプター映像応用システム”について述べた。

このシステムは、独自の高速GIS技術や画像処理技術によって、地図上への映像のリアルタイム重畳機能を提供しており、災害時の迅速で的確な対策立案・指示を支援している。

今後は、ハイビジョンカメラによる高解像度映像を活用した被害検知機能等の精度向上など、国や地方公共団体等における大規模広域災害時の即応力の強化、より詳細な情報収集と情報共有を支援する更なる機能拡充を図っていく。

### 参 考 文 献

- (1) 山口富士夫（監修）：実践コンピュータグラフィックス—基礎手続きと応用、日刊工業新聞社（1987）
- (2) Kuipers, J.B.: Quaternions and Rotation Sequences, Princeton Univ. Press (1999)
- (3) 日本写真測量学会 動体計測研究会編：デジタル写真測量の理論と実践、日本測量協会（2004）
- (4) OGC KML, OGC Inc., OGC 07-147r2 (2008)  
http://www.opengeospatial.org/standards/kml