

ヘリ画像処理システムの開発 Development of heli-image processing system

基本図情報部 宮地邦英・大野裕幸

National Mapping Department Kunihide MIYAJI and Hiroyuki OHNO

要 旨

国土地理院は、地方整備局等の防災ヘリコプターが撮影した映像を「統合災害情報システム」(以下、「DiMAPS」という)で地図と重ね合わせて表示させるため、国土交通本省で導入を進めている「ヘリコプター直接衛星通信システム」(以下、「ヘリサットシステム」という)で伝送された映像から静止画を切り出し、リアルタイムに地図と重なるオルソ画像に変換することができる「ヘリ画像処理システム」を平成 26 年度に開発した。

その結果、一定の条件下で防災ヘリの撮影映像を DiMAPS 上でリアルタイムに地図と重ね合わせて表示できるようになった。

1. はじめに

大規模な災害が発生した場合、発災直後の時間帯に地方整備局等の防災ヘリが被災現場を撮影した映像が本省防災センター等に伝送され、被害状況把握に用いられている。しかし、その映像はヘリから被災地点を斜めに撮影したものが多く、撮影しているヘリの現在地の地名が画面に表示されるものの、画面に映っている場所の地名を表したものではないことから、被害の発生場所の特定は土地鑑が無い限り容易ではない。

一方、国土地理院は、固定翼の航空機「くにかぜⅢ」によって被災地を面的に写真撮影し、地図と重なるように加工した画像(オルソ画像)を作成して関係機関に提供している。オルソ画像を用いれば、広範囲であっても被害の発生箇所と状況を地図と対比させて的確に把握することができる。しかし、「くにかぜⅢ」による写真撮影とオルソ画像の作成には時間を要することから、発災直後の時間帯の状況把握に用いることは困難である。自然災害が年々頻発化、大規模化する中であって、発災直後の時間帯に広範囲の被害状況を的確に把握する手段の開発は喫緊の課題となっていた。

そのような状況の下、平成 26 年度から数年かけて、防災ヘリのカメラシステムが従来のヘリテレシステムから、通信衛星を介して映像を伝送するヘリサットシステムに更新されることが分かった。ヘリサットシステムは、衛星通信を利用する点以外に、カメラの方向角等をセンサで読み取り、映像と同時

に伝送することができるという特徴を有している。この情報を利用すればヘリの映像をリアルタイムにオルソ化処理することが可能であると考えられた。そこで、国土地理院では防災ヘリが撮影した映像をリアルタイムにオルソ化処理し、DiMAPS 上で地図と重ね合わせて表示させるためのヘリ画像処理システムを開発した。

2. ヘリサットシステムについて

2.1 ヘリサットシステムとは

ヘリサットシステムとは、国土交通省の地方整備局等が運用する防災ヘリコプターが撮影した映像を、静止衛星を介して地上局に伝送するシステムであり、地上の中継局を介して伝送する現行のヘリテレシステムの後継として整備中のものである(図-1)。

ヘリテレシステムでは、ヘリからの映像信号を受け取る中継局が 30~100km 毎に必要であり、近隣に

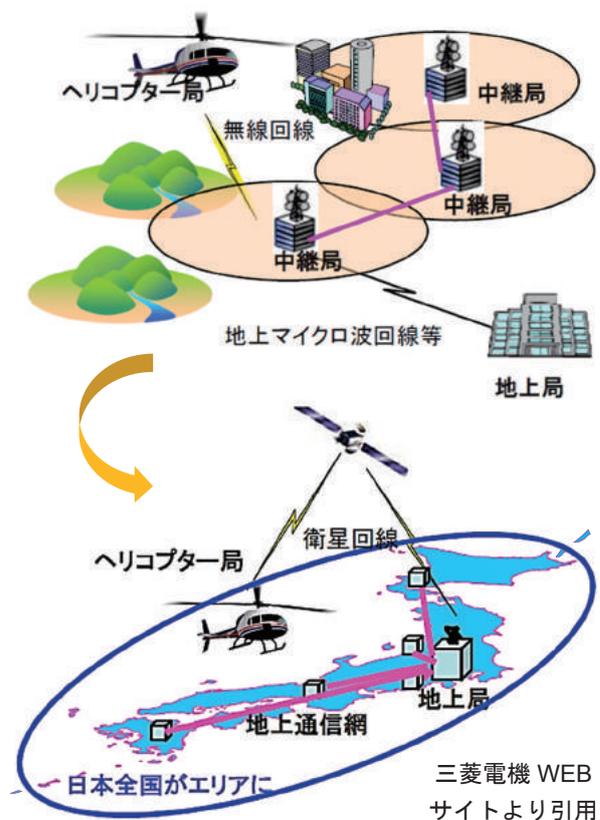


図-1 ヘリテレシステム(上)とヘリサットシステム(下)の映像伝送イメージ

中継局がない山間部や離島などでは映像伝送が行えないほか、谷筋やビル街などでヘリと中継局間に障害物がある場合も映像伝送が行えないという欠点がある。一方、ヘリサットシステムでは、ヘリからの映像信号を静止衛星に直接送信するため、日本全国どこからでも映像伝送が可能であり、中継局の維持管理も不要であるため運用コストの面でもメリットがある。ヘリサットシステムでは、スカパーJSAT(株)が運用する静止衛星「Superbird-B2」(東経 162 度)を使用しており、地上局は国土交通本省と近畿地方整備局の 2 箇所に置かれている。

ヘリサットシステムは平成 26 年度にまず九州地方整備局と近畿地方整備局の防災ヘリに導入され、平成 28 年度までに四国、中部、北陸、東北を加えた計 6 箇所の地方整備局の防災ヘリに順次導入予定であるほか、消防庁での導入実績もある。

2.2 ヘリサットシステムの構成と機能

ヘリサットシステムは図-1 に示すように「ヘリコプター局」と「地上局」で構成される。

ヘリサットシステムのヘリコプター局は、① GNSS によるヘリの位置情報、②IMU (慣性計測装置) によるヘリの姿勢情報、③ジンバル (カメラ架台) によるカメラの角度情報等 (以下、①~③をあわせて「カメラ情報」という) を計測し、その値を映像信号に重畳させて地上局に伝送する機能を持つ。

ヘリサットシステムの地上局は、伝送されたカメラ情報をもとに、映像の四隅の地上座標を算出する機能を有する。地上座標を算出するためには、カメラのレンズ焦点から CCD センサの四隅へのベクトルを、地球の回転楕円体と関連付けられた地理座標系でのベクトル (以下、「光線ベクトル」という) に変換する必要がある。カメラ座標系を[C 系]、ヘリの機体座標系を[H 系]、機体重心を原点として地球の回転楕円体と関連付けられた地理座標系 (以下、「ローカル座標系」という) を[L 系]とすると、座標系の変換の行列式は以下のように表される。

$$[L \text{ 系}] = [\text{ヨー}][\text{ピッチ}][\text{ロール}][H \text{ 系}]$$

$$[H \text{ 系}] = [\text{パン}][\text{チルト}][C \text{ 系}]$$

ここで、ヘリのヨー、ピッチ、ロール及びカメラのパン、チルトの回転行列は

$$[\text{ヨー}] = \begin{pmatrix} \cos(ya) & -\sin(ya) & 0 & 0 \\ \sin(ya) & \cos(ya) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$[\text{ピッチ}] = \begin{pmatrix} \cos(pi) & 0 & \sin(pi) & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ -\sin(pi) & 0 & \cos(pi) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$[\text{ロール}] = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(ro) & -\sin(ro) & 0 \\ 0 & \sin(ro) & \cos(ro) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$[\text{パン}] = \begin{pmatrix} \cos(pa) & -\sin(pa) & 0 & 0 \\ \sin(pa) & \cos(pa) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$[\text{チルト}] = \begin{pmatrix} \cos(ti) & 0 & \sin(ti) & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ -\sin(ti) & 0 & \cos(ti) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

であり、各座標系と回転角の定義は図-2 のとおりである。なお、カメラは機体と水平かつ同一の向きに艤装されているものとし、カメラ焦点と機体重心の距離は無視している。

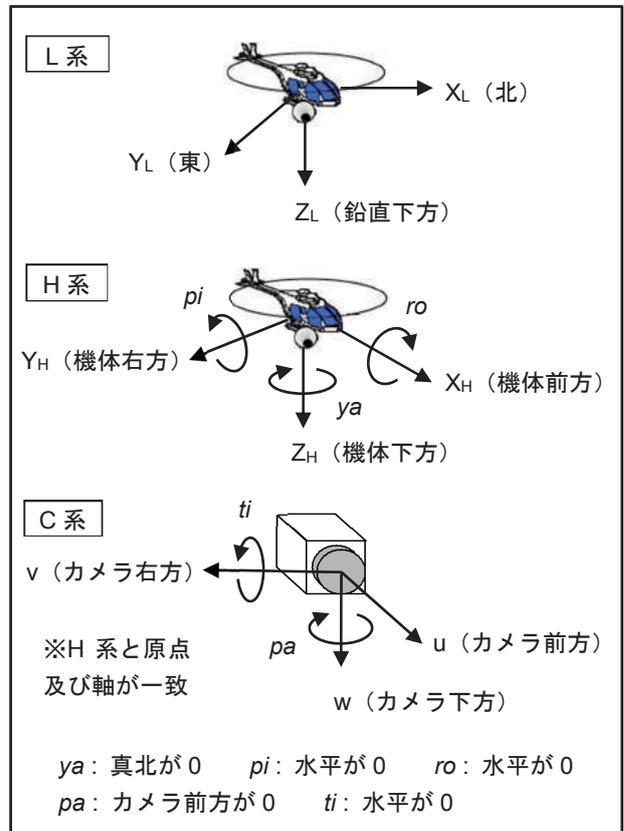


図-2 座標系と回転角の定義

ローカル座標系での光線ベクトルを算出したら、GNSS で計測したヘリ位置、ジオイド高及び 50m メッシュの数値標高モデル (DEM) を用い、ヘリから伸びる光線ベクトルが DEM から発生させた不整三角網モデル (TIN) と交差する点を求めることで撮影範囲の地上座標を算出する (図-3)。

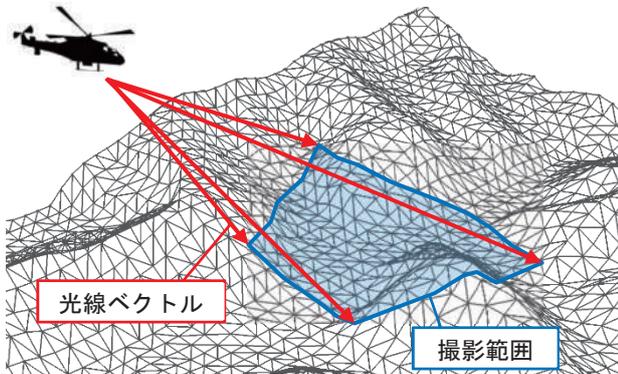


図-3 光線ベクトルと TIN の交点の座標を算出

この映像の四隅の地上座標を算出する機能により、ヘリサットシステムでは、映っている地物の名称等を配信映像にリアルタイムに表示させたり、地図上にヘリ位置と撮影範囲の枠をリアルタイムに表示させることができる。しかし、映像の地図への重ね合わせについては、四隅の地上座標から後処理でしか行うことができず、リアルタイムに映像を地図に重ねることができないため、災害状況把握に用いる際の課題となっていた。

3. ヘリ画像処理システムの開発

ヘリ画像処理システムは、ヘリサットシステムで作成された静止画等を逐次取得し、リアルタイムに地図と重ねるようオルソ化し、DiMAPS 上で表示可能な形式へ変換し出力することを目的として開発に着手した。そのためには、ヘリサットシステムからリアルタイムに静止画やカメラ情報などを取得する必要があることから、まずヘリサットシステムに対してそれらに必要な機能の追加を実施した。

3.1 ヘリサットシステムへの機能の追加

ヘリサットシステムに追加した機能は①撮影が開始されたことを外部へ通知する機能、②ヘリ位置や航跡の座標列などを記録した「航跡情報」を逐次作成する機能、③ヘリ映像を 1 秒毎にキャプチャして「静止画」を作成する機能及び④静止画のカメラ情報等を記録した「静止画情報」を作成する機能である。さらにインターフェースとして⑤逐次データが追加される航跡情報のうち、前回取得時からの差分のみを抽出し取得するための機能 (getTour API) 及

び⑥指定した期間内に行われた撮影のリストを取得するための機能 (getFlight API) を追加した (図-4)。

航跡情報には、ヘリ位置や航跡の座標列のほかに撮影したヘリの名称や撮影開始時刻等が記録されており、映像のインデックス情報としての役割も果たす。静止画は、映像から 1 秒ごとに切り出した画像であるが、映像は HD のインターレース画像 (1080i) であるため、1 本おきとなっている走査線情報を内挿する処理を加えている。静止画情報には、対になる静止画のカメラ情報のほかに、それらから求めた静止画の四隅の地上座標が記録されている。

撮影が開始された場合、ヘリサットシステムは、通知先としてあらかじめ登録されているヘリ画像処理システムの URL へ速やかにその旨を通知する。撮影開始通知は http の post メソッドにより行われ、撮影の ID (5 桁の連番) と、航跡情報を取得するために必要な情報として getTour API を呼び出すための URL が記載されている。

また、撮影中には航跡情報 (KML 形式)、静止画 (PNG 形式)、静止画情報 (KML 形式) の各データを逐次作成し蓄積する。

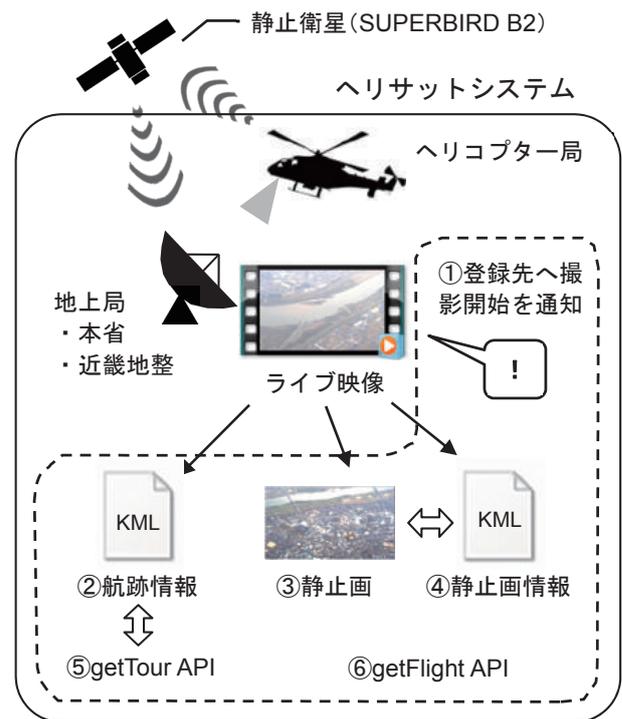


図-4 ヘリサットシステムへの追加機能 (点線枠内)

3.2 ヘリ画像処理システムの開発内容

ヘリ画像処理システムの開発にあたって、ヘリサットシステムで計測されたカメラ情報のみでは地図との重ね合わせの精度が十分でないことが判明した。そこで、地図と精度よく重ね合わせるために国土地理院が整備している発災前のオルソ画像 (以下、「地

理院オルソ」という)を位置あわせの教師データとして用いる工夫を加えることとした。ヘリ画像処理システムの一連の処理の流れは図-5のとおりであり、具体的な処理内容を3.2.1~3.2.5で述べる。

また、ヘリ画像処理システムを運用するサーバとして、同時に最大3機分の防災ヘリの撮影映像を処理できる能力をもつサーバを新規に導入した。

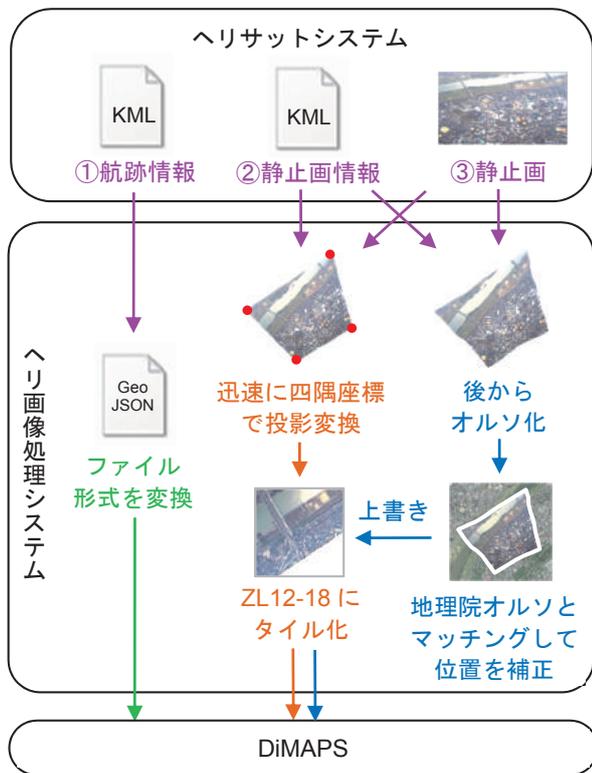


図-5 一連の処理の流れ

3.2.1 ヘリサットシステムからのデータ取得

ヘリ画像処理システムは、ヘリサットシステムから撮影開始の通知を受けた場合、即座にヘリサットシステムで作成された航跡情報、静止画、静止画情報の各データを取得し処理を開始する。

データの取得は http の get メソッドにて行い、①撮影開始通知に記載されたヘリサットシステムの getTour API の URL から航跡情報を取得し、②取得した航跡情報に記載された URL から静止画情報を取得し、③取得した静止画情報に記載された URL から静止画を取得するという順序で繰り返しデータの取得を行う(図-5に紫で示す)。2回目以降の航跡情報取得時には、前回取得時の時刻を getTour API の引数に指定することで、前回取得時以降に作成されたデータのみを重複なく取得することができる。

3.2.2 航跡情報の変換と DiMAPS への出力

ヘリ画像処理システムは、ヘリサットシステムから取得した KML 形式の航跡情報を、DiMAPS で読

み込み可能な GeoJSON 形式に変換し DiMAPS へ出力する(図-5に緑で示す)。すると、DiMAPS 上では表示更新時点のヘリの現在地にアイコンが表示されるとともにヘリの航跡が赤い線で表示される(図-6)。

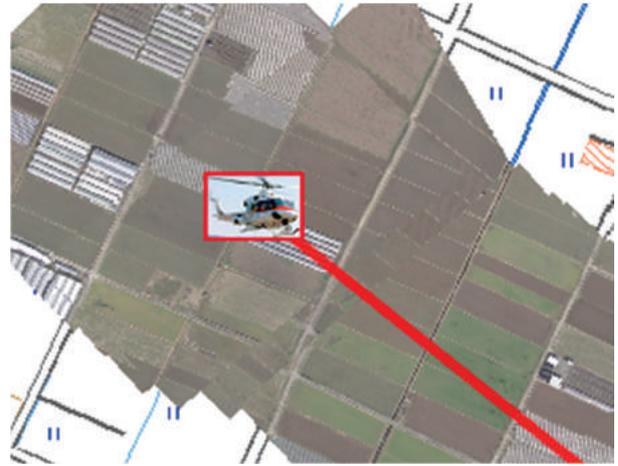


図-6 DiMAPS 上での航跡とヘリ位置の表示例

3.2.3 四隅座標による投影変換とタイル画像作成

ヘリ画像処理システムは、静止画情報と静止画を取得したら、すみやかに静止画情報に記載された四隅座標をもとに静止画を投影変換し、続いて DiMAPS で読み込み可能な「タイル画像」(地理院タイル形式でズームレベル 12~18 の範囲)に変換し DiMAPS に出力する(図-5に橙で示す)。

斜め撮影の場合、静止画の上部は遠景まで撮影されているため、投影変換により画像が大きく伸びて低解像度になる。これにより画質と処理速度の両方が悪化するため、画像中心の解像度より一定以上解像度が低い部分はタイル化の処理から除外することとした。また、静止画の中心の地上座標がヘリ位置から一定以上遠い場合は、水平に近い角度で撮影された映像であるため大きく伸びた低解像度のタイル画像しか作成されないことから、タイル画像作成処理を行わない。

本工程で作成されるタイル画像は、カメラ情報の誤差や地形の起伏を原因とする位置誤差をもつため、正確に地図と重なるものではなく、いわゆるプレビューとしての意味合いが強いものである(図-7)。本工程に要する時間はおよそ 0.5 秒である。

3.2.4 オルソ化・位置補正とタイル画像作成

四隅座標による投影変換・タイル化と並行し、ヘリ画像処理システムは静止画情報に記載されたカメラ情報から静止画の全面素の光線ベクトルを求め、システム内にあらかじめ用意してある DEM に投影することで静止画をオルソ化する。DEM にはズームレベル 12 の地理院標高タイル(タイル画像と同じ

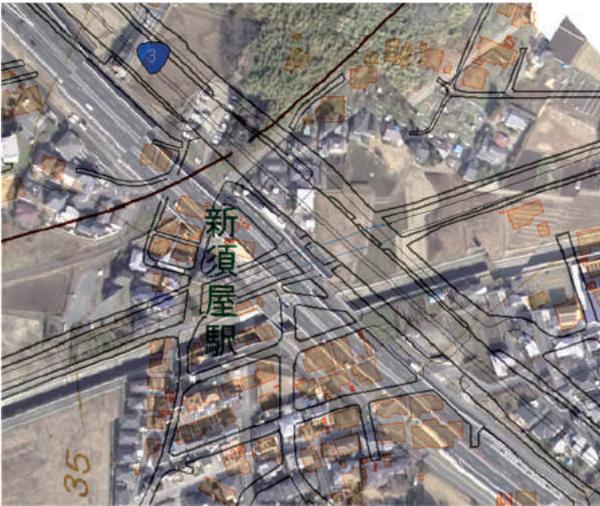
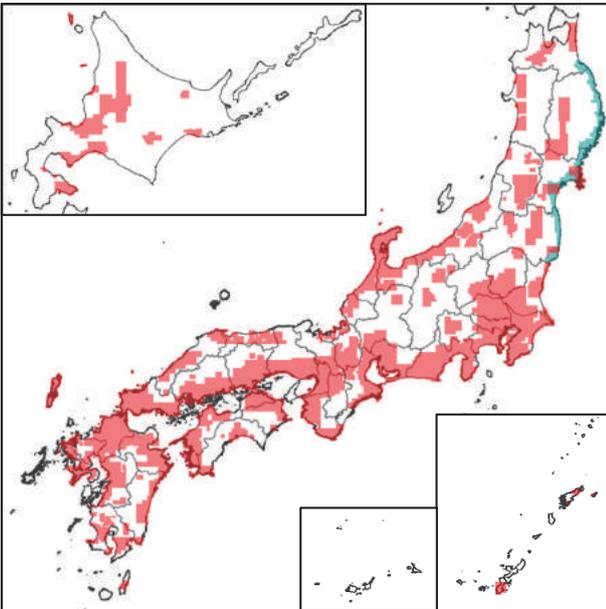


図-7 四隅座標による投影変換で作成したタイル画像の例

形式で、RGB 値の代わりに標高値をもつタイル) を用いた。この際、四隅座標による投影変換時と同様に、解像度が低い部分や遠方撮影時はタイル化処理を行わない。

続いて、オルソ画像を画像マッチングにより地理院オルソに合わせ込むことで位置の補正を行う。画像マッチングの際の教師データとなる地理院オルソの整備状況を図-8 に示す。撮影時期の異なる画像のマッチングを行う場合、太陽位置の違いによる輝度の変化や、季節による植生の変化によりマッチング



- ・着色部は平成 19 年度以降に地理院オルソを整備した範囲
- ・未着色部は 1970 年代に撮影された空中写真から簡易的に作成した地理院オルソのみ存在する範囲

図-8 地理院オルソの整備状況 (平成 27 年 3 月現在)

精度が悪化する。そこで、Sobel フィルタをかけてエッジ画像とすることでそれらの影響を受けにくい画像に変換してからマッチングを行うこととした (図-9)。マッチングはオルソ画像 T のある範囲を決め、地理院オルソ I の同じサイズの範囲 (相関窓と呼ぶ) について相関係数を計算する。次に地理院オルソ I 上で相関窓を 1 画素ずらし相関係数を計算する。このようにして、決められた探索範囲で相関窓を動かし、相関係数が最も大きい位置を探していく (図-10)。



図-9 元の画像 (左) と Sobel フィルタをかけたエッジ画像 (右)

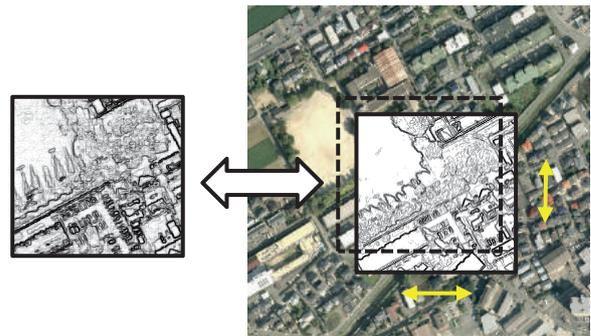


図-10 相関窓を動かしながらオルソ画像 (左) と地理院オルソ (右) のエッジ画像を比較

相関係数は下記の式で計算する。

$$\text{相互相関係数 } C = \frac{\sum_{i=0}^N (I_i - \bar{I})(T_i - \bar{T})}{\sqrt{\sum_{i=0}^N (I_i - \bar{I})^2} \sqrt{\sum_{i=0}^N (T_i - \bar{T})^2}}$$

ここで、N は相関窓内の画素数であり、 \bar{I} と \bar{T} は画像 I または T の相関窓内の画素値の平均である。相関係数の最大値がしきい値よりも大きい場合、オルソ画像と地理院オルソが同一箇所であるとみなし、最大値の位置を「対応点」とする。ヘリ画像処理システムはリアルタイムに画像の位置合わせを行うことを目的として開発するシステムであるため、本手法が SIFT などにより画像の特徴点を抽出して対応点とするマッチング手法より演算量が少ないという

点も重視した。

次に、この対応点をもとにオルソ画像を疑似アフィン変換する。このとき、全ての対応点について最小二乗法で得られた係数からの残差を確認し、しきい値より大きいものがあつた場合、異なる場所が同一とみなされたミスマッチ点として除外して再計算する。これを繰り返し、残差がしきい値より大きい対応点がなくなった時点で対応点の数を確認し、一定数以上であれば疑似アフィン変換を完了する。また、対応点の数が一定数よりも少なくなった場合は疑似アフィン変換により歪みが増幅するおそれがあるため、地理院オルソによる位置補正を行わない(位置補正の失敗)。

これら相関窓の大きさ、間隔、探索範囲、ミスマッチング防止のための相関係数のしきい値、疑似アフィン変換時の最小対応点数や残差のしきい値などの各パラメータはいずれも外部から設定可能である。正確かつ十分な数の対応点で疑似アフィン変換を行うことで、オルソ画像を地図情報レベル 2500 または 5000 相当の精度をもつ地理院オルソとおおむね合致させることができる(図-11)。

一方、建物の倒れ込みや橋梁・高架等の空中地物

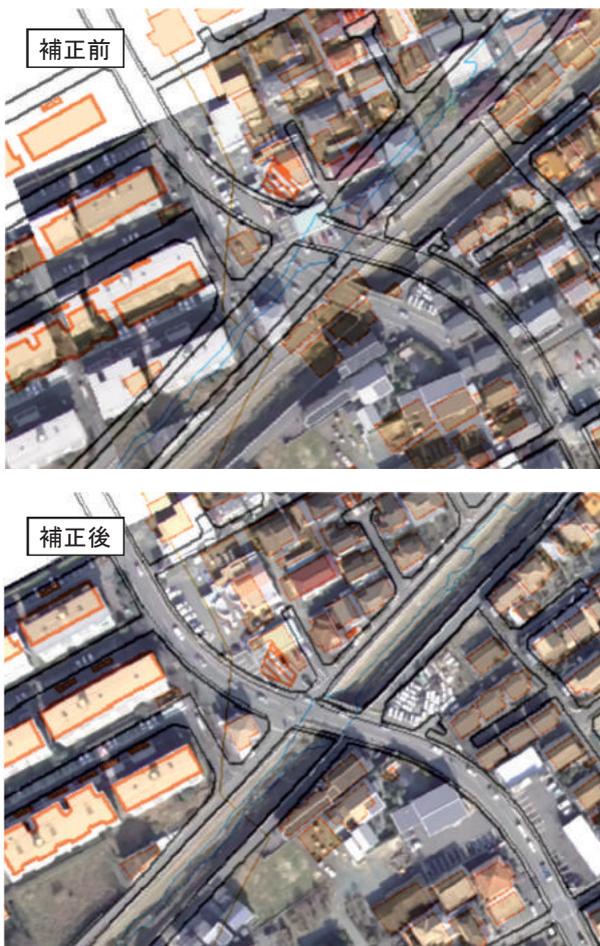


図-11 地理院オルソによる位置補正の結果

については地理院標高タイルに高さ情報がなく、オルソ化と位置補正によってもズレを補正することはできないため、災害時の地物の被害有無の判断には注意を要する(図-12)。



図-12 位置補正後の空中地物のズレ

これら一連の工程に要する時間は、撮影範囲の大きさ、カメラの角度、マッチング状況の良し悪しなどにもよるが、およそ6~12秒で完了するようパラメータを調整した。本工程の処理はマルチスレッド化しており、ヘリ1機の撮影につき12スレッド分の並列処理能力を割り当てていることから、12秒以内に処理が完了すれば遅延が蓄積することなくリアルタイム性が確保できる。

本工程を経て作成されたオルソ画像はタイル画像に変換された後、四隅座標による投影変換で作成されたタイル画像を上書きしたうえでDiMAPSに出力される(図-5に青で示す)。DiMAPS上で見たときには、位置ズレのあるタイル画像が地図と整合したタイル画像に順次置き換わっていくように見える。

3.2.5 処理の終了

撮影が終了し、ヘリサットシステム側で新たなデータ作成が行われなくなった場合、ヘリサットシステムのgetTour APIはヘリ画像処理システムの航跡情報取得要求に対しhttpのステータスコード204を返す。ヘリ画像処理システムはこれを受けて撮影が終了したものとみなし、ヘリサットシステムからのデータ取得と処理を終了する。

3.2.6 後処理機能

これまでは防災ヘリでの撮影が開始された際に自動的に行われる処理内容について説明したが、過去の任意の撮影を検索し、手動で同様の処理を行うこともできる。

本開発では、引数に検索期間を指定すると、その期間内に実施された撮影のリストを返すインターフェース(getFlight API)をヘリサットシステムへ追

加した。過去の撮影の再処理を行いたい場合、ヘリ画像処理システムの GUI 上で検索期間を入力することで期間内に実施された撮影のリストを取得し、リストから任意の撮影を選択することで、リアルタイムに行われるものと同等の内容の処理が行える。

4. 試験運用における機能評価とシステム調整

試験運用では、平成 26 年度にヘリサットシステムを導入した九州地方整備局が運用する防災ヘリコプター「はるかぜ」号と近畿地方整備局が運用する「きんき」号で撮影された映像をもとに、システムのバグフィックスと機能の評価を行った。

その結果、地理院オルソによる位置補正を成功させるためには一定の条件を満たす方法で撮影する必要があることや、位置補正が困難な箇所があることがわかった。また、処理のリアルタイム性と位置補正の成功率を両立するためにシステムのパラメータの調整を行った。

4.1 位置補正を成功させるための撮影方法

4.1.1 直下視撮影

ヘリへのカメラの艙装は、ヘリと水平かつ同一方向に向け、カメラ座標系とヘリ座標系の座標軸を一致させるように行われているが、艙装時の誤差により座標軸間にヘリ毎に固有の角度誤差が生じていることがわかった。また、本開発の中でジンバルから出力されるカメラの角度情報の分解能が低い（1 度単位）ということもわかった。斜方視撮影では、角度誤差による位置ズレはカメラの対地高度及びオフナディア角（直下からの角度）のタンジェントに比例し、位置ズレが画像マッチング時の探索範囲より大きくなると対応点が取得できないため位置補正ができない（図-13）。

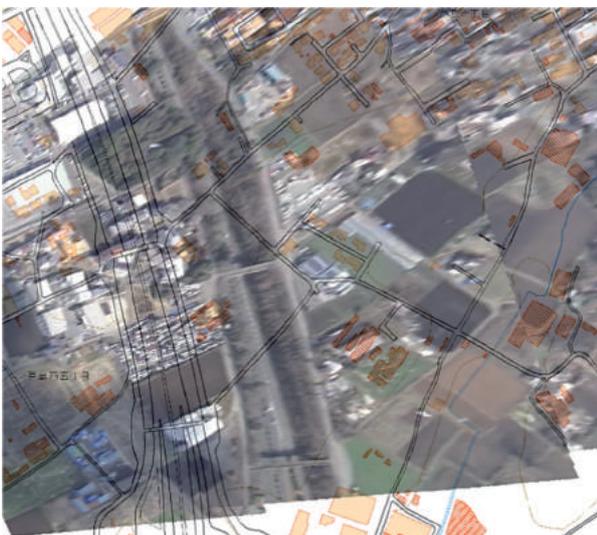


図-13 斜め撮影時の角度誤差による位置ズレ

したがって、位置補正を成功させるために角度誤差の影響が小さい直下視での撮影を必須とした。

4.1.2 ジンバルの揺れ補正機能の解除

カメラを搭載しているジンバルは、カメラ座標系の各軸回りに常時回転しながらヘリの揺れを吸収し、揺れの少ない安定した映像の撮影を可能としている。しかし、本開発を進めるなかでカメラのロール角（ u 軸回りの回転角）の情報がジンバルから取得できないことが判明した。カメラ座標系をローカル座標系に変換する際にカメラのロール角が使用できないため、カメラにロール角がついている場合には図-14のように地図と回転した状態で投影される。これを回避するためにはカメラのロール角を 0 度に固定すればよいが、地方整備局の防災ヘリに導入されているジンバルはロール角のみを固定することができない。

したがって、位置補正を成功させるためには、映像の揺れを補正するジンバルの機能を解除し、パン、チルト、カメラのロールの全てを固定したうえでロール角を 0 度に調整し撮影することとした。

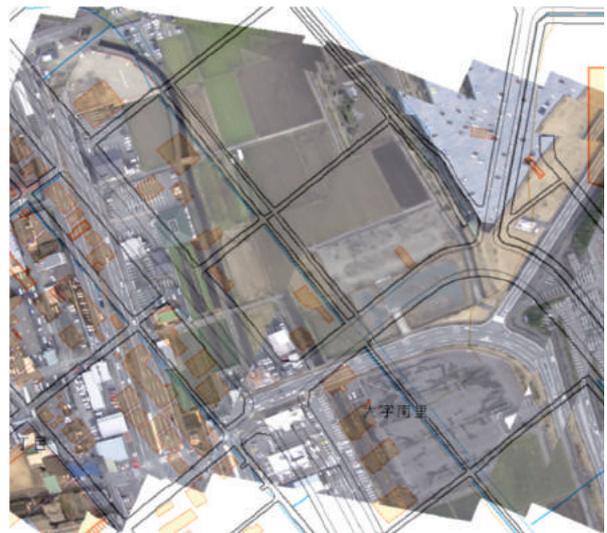


図-14 カメラのロール角による位置ズレ

4.1.3 ブロッキングの回避

ヘリサットシステムは、基本的に日本全国で映像伝送が可能であるが、一方で可動アンテナと静止衛星の間にヘリのローター基部が入ることにより伝送が遮断される現象（以下、「ブロッキング」という）が発生するという弱点がある。可動アンテナとローター基部の位置関係を写真-1 に示す。

ブロッキングが発生する範囲はヘリの機種ごとに異なるが、平成 26 年度にヘリサットシステムを導入した近畿地方整備局と九州地方整備局の防災ヘリにおいては、可動アンテナがローターの左前方に艙装されており、ヘリから見て方位角 130 度～150 度、



写真-1 はるかぜ号に搭載される可動アンテナとローター基部の位置関係

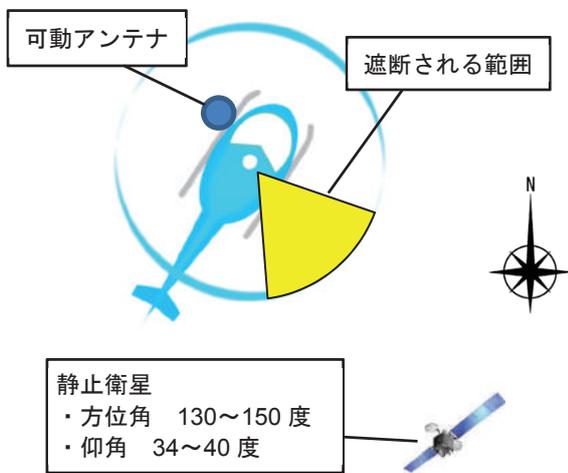


図-15 ブロッキングの発生範囲

仰角 34 度～40 度に静止衛星があることから、図-15 のようにおおむね北～北西方向に飛行するか、左旋回のためにヘリを左に傾けることでアンテナ位置が下がるとブロッキングが発生する。

ブロッキングでは、ローター基部による静止衛星の遮蔽具合に応じてヘリと静止衛星間の通信帯域が徐々に狭まっていき、①映像の解像度低下、②映像、③カメラ情報、④音声の順にデータの伝送が遮断される。映像の伝送が遮断されると、配信される映像は遮断される直前の状態のまま停止するが、その際カメラ情報の伝送も遮断されていれば静止画情報や静止画が作成されないため、DiMAPS へタイトル画像が出力されない。一方、映像のみ遮断されカメラ情報の伝送が遮断されていない場合、遮断される直前の停止した映像の静止画がそのまま続けて作成されるため、同じ静止画が連続して DiMAPS 上に表示される現象が発生する (図-16)。

ブロッキングはアンテナを増設する以外に根本的な解決方法が存在しないが、面的な範囲を撮影する

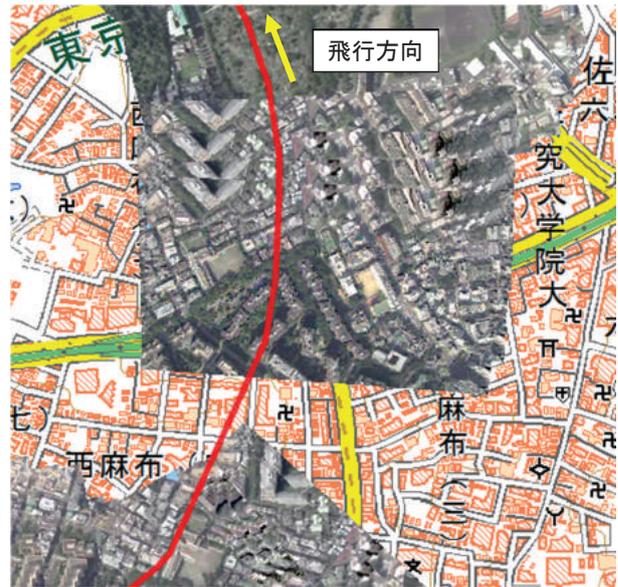


図-16 ブロッキングに伴う DiMAPS 上での表示の乱れ

場合においては南北方向ではなく東西方向へ飛行することで影響を小さくすることができる。

4.2 位置補正が困難な箇所

画像マッチングによる位置補正を行うにあたり、教師データである地理院オルソが 1970 年代に撮影されたものしかない範囲では、経年変化により十分な対応点が取得できず、位置補正が困難であった。

また、平成 19 年度以降に地理院オルソが整備済みの範囲において位置補正を成功させるための撮影方法で撮影した場合であっても、本システムでは画像のマッチングに Sobel フィルタによる輪郭線画像を用いているため、地物の輪郭抽出が困難な箇所では十分な対応点が取得できず、位置補正が困難であることがわかった。具体的には、山林や水部 (河川、湖沼、海岸、洪水時の湛水箇所等) などは明瞭な輪郭をもつ地物が乏しく、対応点の抽出と位置補正が困難であった (図-17)。試験運用時には確認していないが、大規模火災や津波などで地物が喪失した箇所や、煙で覆われている箇所なども同様であると考えられる。

さらに、高層ビル街などの高い地物が多い箇所は、ヘリ映像と地理院オルソの撮影方向の違いからビルの倒れ込み方向が異なるため、地表が映っている範囲にしか有効な対応点が取得できず、位置補正が困難であった (図-18)。

4.3 位置補正のパラメータ調整

試験運用では、処理のリアルタイム性を維持しつつ位置補正の成功率を高めるために、3.2.6 で述べた後処理機能を用いてパラメータを変えつつ繰り返し

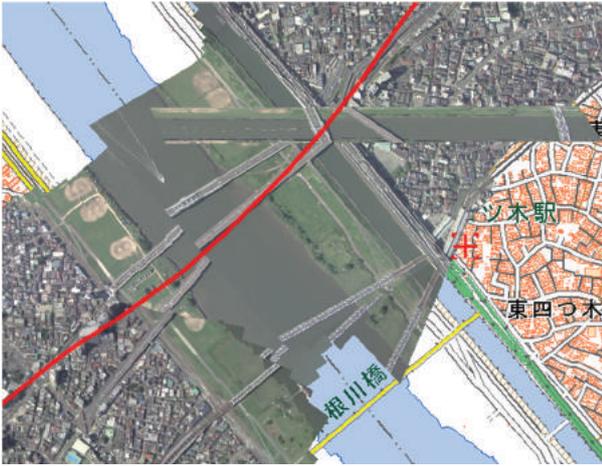


図-17 水部や山林などは対応点の抽出が困難

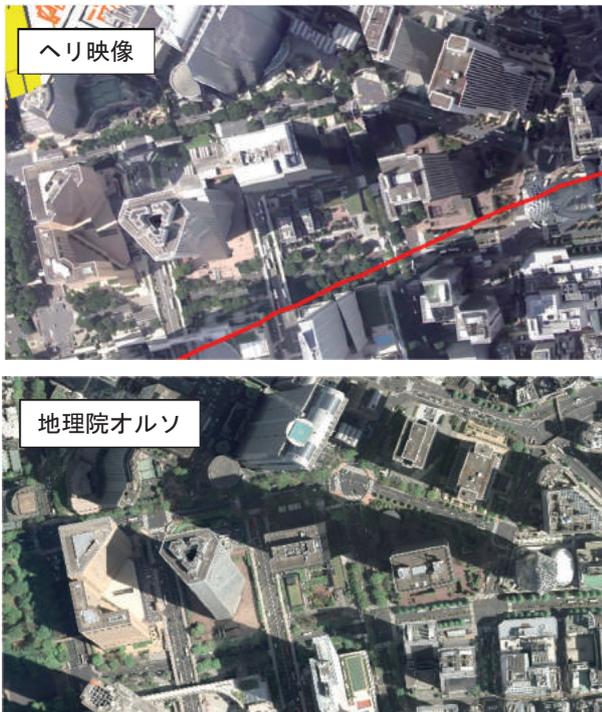


図-18 高層ビル街はビルの倒れ込み方向が異なるため対応点抽出が困難

再処理を行うことで地理院オルソとの画像マッチングの際の各パラメータの調整を行った。また、これまでに述べた位置補正に失敗する要因を排除するため、ヘリ映像を地図に重ねる場合に適した撮影方法をマニュアルに取りまとめ、関係する地方整備局に提供した。

そのマニュアルに基づいて撮影した結果、平成 19 年度以降に整備された地理院オルソが存在する範囲で、かつ位置合わせの目標となる地物が豊富な箇所においては 95%以上の割合で地理院オルソとのマッチングによる位置補正に成功し、図-11 のように地図情報レベル 2500 の地図と十分に整合した画像を

リアルタイムに出力することができるようになった。

これらの試験運用を経て、平成 27 年 9 月 1 日の DiMAPS の運用開始に合わせ、ヘリ画像処理システムも同日に正式運用を開始した。

5. 活用事例

平成 27 年 9 月関東・東北豪雨において、ヘリサットシステムを装備した近畿地方整備局の「きんき号」による被災状況の把握に本システムが用いられた。

撮影は 9 月 11 日から 9 月 20 日までの期間において、ヘリが飛行できなかった 9 月 17 日を除き毎日実施され、浸水の状況が把握できる画像として DiMAPS 上に表示された。また、9 月 11 日、13 日、14 日、20 日の画像は一般公開用の DiMAPS 上でも公開され、地図上での浸水状況の把握と情報提供に効果を発揮した。茨城県常総市の鬼怒川破堤に伴う浸水範囲の撮影コースの例を図-19 に、破堤箇所と浸水範囲の状況変化の例を図-20 及び図-21 にそれぞれ示す。

運用開始後初めての大規模災害での使用となったため、ヘリの飛行高度の設定や面的に隙間なく撮影するためのヘリのコース設定等は、国土地理院防災企画調整室及び本省災害対策室を含めて試行錯誤や処理パラメータの設定変更が生じたが、概ね順調に現地の撮影映像をリアルタイムに DiMAPS 上に表示することができたと考えている。

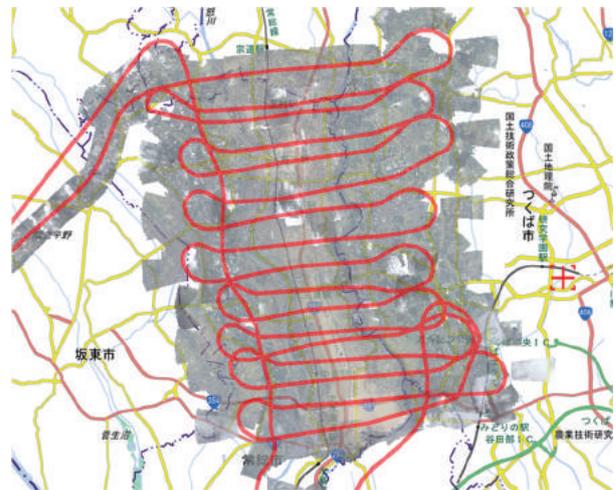


図-19 茨城県常総市の浸水範囲の撮影コースと撮影状況（平成 27 年 9 月 13 日）

6. まとめ

本システムの開発により、一定の条件下において地方整備局の防災ヘリコプターが撮影した映像をリアルタイムに DiMAPS 上で地図と重ねて表示することができるようになった。くにかぜⅢによるオルソ画像よりも解像度や精度の点で劣るものの、実際の活用事例から、一定の条件下では本システムによっ



図-20 茨城県常総市の鬼怒川破堤箇所 の状況変化
(上から平成 27 年 9 月 11 日,15 日,20 日)



図-21 茨城県常総市の浸水範囲の状況変化
(上から平成 27 年 9 月 11 日,15 日,20 日)

て発災直後の的確な状況把握を迅速かつ広域的にできることが実証された。さらに、撮影した映像が地図と重なる状態で保存されるため、映像を見逃した後からでも DiMAPS 上でどこで何が発生しているかを把握できるようになったほか、公開用の DiMAPS でオルソ画像を公開することにより、広く被災状況の情報を発信できるようになった。

一方、課題としてはヘリから送られてくるカメラ情報の精度の低さから、地図と高精度に重なるオルソ画像を作成するには一定の条件を満たす方法で撮影する必要があることが挙げられる。本システムは、リアルタイムで地図上に現地画像を重畳させることを目的としているが、位置合わせの成功率向上と処理時間の短縮によるリアルタイム性の確保はトレードオフの関係にある。例えば、カメラのロール角の情報が取得できない点などは、地理院オルソとのマ

ッチングの際に画像の回転も考慮して補正をすることは可能と考えられるが、多大な処理時間を要するためリアルタイム性の保持は困難となる。現時点の位置合わせ能力は、ヘリ画像処理システムが稼働する現在のハードウェアの能力を最大限に活用してリアルタイム性を確保した結果であり、今後もしヘリの角度計測精度や、ヘリ画像処理システムサーバの処理能力が向上すれば、位置合わせ機能をより高度に改良する余地があると考えている。

本システム初の活用事例となった平成 27 年 9 月関東・東北豪雨では、発災後のきんき号の移動に 1 日を要したが、今後全国の地方整備局等にヘリサットシステムの導入が進めば、より迅速に DiMAPS 上で状況把握が可能となることが期待される。

(公開日：平成 27 年 12 月 28 日)

参考文献

三菱電機 (株) : 世界初、「ヘリサットシステム」を総務省消防庁に納入

<http://www.mitsubishielectric.co.jp/news/2013/pdf/0328.pdf> (accessed 17. Nov. 2015) .