

OGC WMS を使用した衛星画像のための インターネット 3 次元ステレオ計測システム

野中 秀樹・土居原 健・本間 亮平

A stereoscopic measurement system based on OGC Web Map Service for satellite images

Hideki NONAKA, Takeshi DOIHARA and Ryohei HONMA

Abstract: We describe the delivery service of satellite imagery for Web Photogrammetry. Web Photogrammetry is a 3-dimensional measurement system on WWW environment. Web Photogrammetry realizes to browse satellite imagery stereoscopically on WWW browser to measure 3-dimensional features in the real world, and to retrieve satellite imagery via OGC Web Map Service, Web Map Tile Service or Sensor Observation Service as well. In this paper we describe the methods to use web services as the server of Web Photogrammetry, and compare these methods.

Keywords: ステレオ画像計測 (stereoscopic vision measurement), 衛星画像 (satellite imagery), OGC Web Service, 写真測量 (photogrammetry), インターネット (Internet)

1. はじめに

ネットワークを通じて配信された航空写真を Web ブラウザ上で立体視し、地物の 3 次元計測を行うシステムとして WebPhotogrammetry 技術が開発されている (Nonaka et al., 2008). このシステムにより、写真測量に関する知識を持たなくとも容易に 3 次元計測を行うことができ、3 次元地図データの流通拡大が期待されている。また、立体視可能な画像を迅速に配信することもできるため、防災分野への応用も期待されている。

一方、近年は衛星画像の高解像度化が進み、これらの画像を地形図作成等さまざまな分野へ活用することに対する期待が高まっている。すでにそれらの精度検証も行われており (内田, 2008; 新名ほか,

2010), なかでも新しい衛星 WorldView-1 や GeoEye-1 は地上分解能が 50cm 以下の高解像度の画像を取得することができるため、より大縮尺な地図データ作成への期待が高い。

我が国においては、2006 年に打ち上げられた ALOS が 2.5m 解像度の中解像度画像を取得することができ、これが非常に安価に提供されているため、より広い分野での活用が期待されている。このように衛星画像がより広い分野で活用されるにつれ、WebPhotogrammetry でもこれらの衛星画像を扱うことが求められてきている。

WebPhotogrammetry のようなネットワークを通じて配信される画像を利用するサービスでは、より多くの画像リソースを利用可能にするという観点から、できる限り標準化されたネットワークサービスのインターフェースを利用することが必要である。そこで本稿では、ネットワークを通じて衛星画像とそれに付随する各種パラメータを、OGC で

野中 〒215-0004 神奈川県川崎市麻生区万福寺 1-2-2

アジア航測株式会社

Tel: 044-967-6386

E-mail: hdk.nonaka@ajiko.co.jp

標準化されたインターフェースを通じて配信する手法について検討する。

2. システムの概要

本システムは、ネットワークを通じて配信された二つの衛星画像を Web ブラウザ上にユーザーが立体視可能な状態でステレオ表示し、その上で計測を行うものである。システムのクライアントでの動作例を図 1 に示す。ブラウザ上に、2 つの画像が表示され、その上にユーザーが計測した地物データがオーバーレイ表示されている。

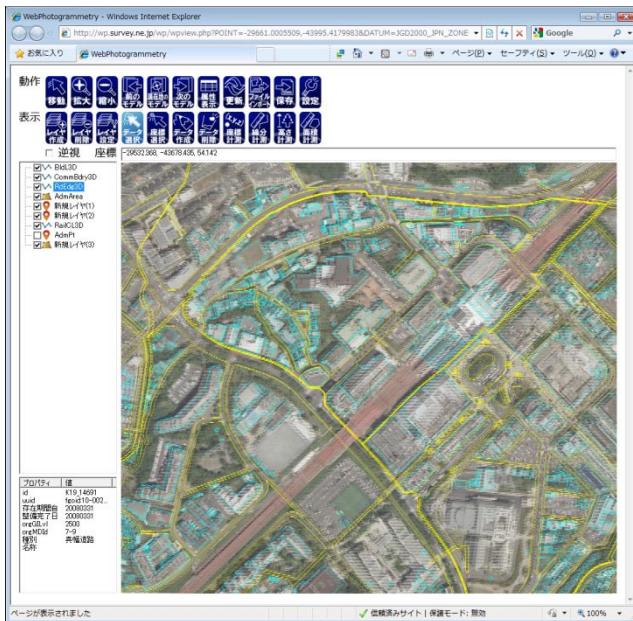


図 1 システムの動作例

画像を立体表示するためには、2 つの画像を表示したときに、縦方向の視差がなくなるように表示する必要がある。衛星画像では、これを完全に消去することは困難であるため、本システムではこれが最小となるように画像を回転させて表示する。具体的には、現在注目している点と左右の画像の衛星の位置で構成される面をエピポーラ平面とし（図 2），これと地表面の交線（エピポーラ線）が画面の横軸と一致するように回転させて表示する。これは図 2 に示す通り、二つの衛星の仰角、方位角、画像の 4 隅の座標値から求めることができ、いずれも衛星画

像のメタデータとして提供されている。

また、指定された地上座標から画像座標へ変換するには、画像の標定モデルのパラメータが必要となる。衛星画像の標定モデルには幾つかあるが、ここでは最も一般的な RPC (Rational Polynomial Coefficients) モデルを採用する。本システムも、この係数が提供される衛星画像のみを対象とする。RPC モデル係数により指定された地上座標に対応する衛星画像上の画像座標を取得することができる。ステレオペアを構成する 2 つの画像上の画像座標が指定され、画像上の地物が一致すれば、その位置を地物の 3 次元座標として求めることができる。RPC モデルを使用することにより厳密なカメラモデルに近い成果が得られることも示されている

（Hanley et al., 2002; Fraser et al., 2003; Grodecki et al., 2003）。

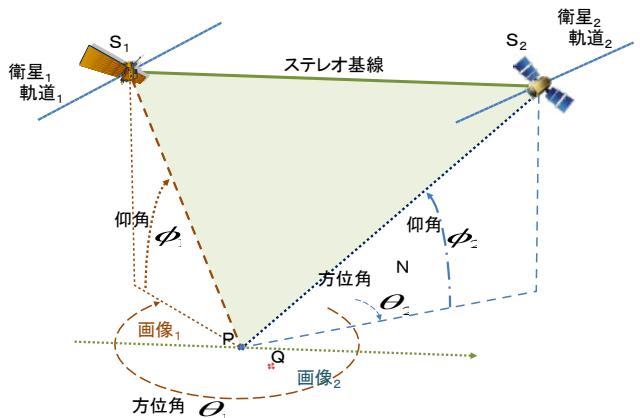


図 2 エピポーラ平面

3. インターフェースの検討

本システムにおいてユーザーが指定した位置の衛星画像の立体表示を行う手順は次のとおりである。

- ① 注目点の座標を指定する。
- ② 注目点を含む立体表示可能な 2 つの衛星画像の組み合わせ（ステレオモデル）をネットワーク上で検索する。
- ③ 左右の画像のパラメータを取得する。
- ④ 取得する画像の範囲を検索する。
- ⑤ 左右の画像を取得する。

このうち、クライアント・サーバ間のデータ通信

を伴う処理は②, ③, ④である。そこで、これらの通信に適した OGC で定めるインターフェースについて検討する。

3.1 ステレオモデルの検索

前述の通りステレオモデルは 2 つの衛星画像の組み合わせであるため、これを図 3 のように定義し、Web Feature Service (WFS)により配信する。GM_Polygon で定義されるポリゴン領域は、そのステレオモデルがカバーする領域を示す。left プロパティと right プロパティにはそれぞれ左画像と右画像を識別する名称（シーン ID）を示す URI が、leftService と rightService にはそれぞれの画像データを配信するサービスの URI がセットされる。

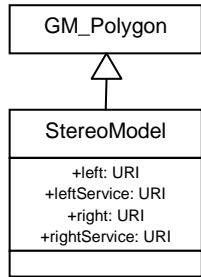


図 3 ステレオモデルクラスの定義

ステレオ立体表示が可能な衛星画像の組み合わせは、あらかじめこの StereoModel クラスのインスタンスとして作成され、WFS サーバに登録しておく。ステレオモデルの検索時には、注目点の座標値を含む StereoModel のインスタンスを WFS を通じて取得する。

3.2 画像データとパラメータの取得

画像データの取得は、シーン ID により指定された画像データを取得する処理であるが、衛星画像は巨大であるため、必要な領域のみを指定して取得するのが効率的である。パラメータで取得すべきデータは、指定されたシーン ID の画像の 4 隅の座標、衛星位置の仰角、方位角、RPC モデル係数、1 画素の縦横地上の投影寸法などである。

OGC では画像データの配信サービスとして Web Map Service と Web Map Tile Service を定義している。このほか、各種センサーからの観測データ配信サービスとして Sensor Observation Service が

定義されており、これにより画像データ配信を行うこともできる。以下ではそれぞれのインターフェースを使用したデータ配信方法について検討する。

(a) Web Map Service (WMS)

WMS では、画像データの取得は *GetMap* インターフェースを通じて行い、取得する画像の範囲は *BBOX* パラメータにより指定する。シーン ID の指定は *LAYERS* パラメータを使用して行う。つまり各シーンをレイヤとみなして管理する。

パラメータの配信は、レイヤ（シーン）のメタデータとして配信する。レイヤのメタデータ取得は、*GetCapabilities* インターフェースを通じて行う。*GetCapabilities* は、特定のレイヤを指定してそのメタデータを取得することはできないため、そのサーバで管理する全てのシーンのメタデータを取得しなければならず、この点において非効率的であると言える。

(b) Web Map Tile Service (WMTS)

WMTS は、画像データを一定サイズの領域（タイル）に分割して管理し、タイル単位でのデータ通信を行うためのサービスである。一般に大容量画像を扱う場合、タイル単位でデータ管理を行うことでより効率的に画像データを扱うことができるため、衛星画像の配信サービスに適していると言える。

WMTS を使用する場合、一つのシーンを *TileMatrixSet* みなし、*GetTile* インターフェースを通じて画像データを取得する。パラメータは *TileMatrixSet* のメタデータとして取り扱い、これは *GetCapabilities* インターフェースを通じて取得する。しかし、WMS と同様に特定の *TileMatrixSet* を指定してメタデータを取得することはできないため、この点において非効率であると言える。

(c) Sensor Observation Service (SOS)

SOS は、センサーからの観測データを配信するためのサービスであり、画像データ以外の観測データを様々なフォーマットで配信することができる。そのため、シーンごとのパラメータも観測データとして配信することができる。そのため、画像データとパラメータの取得にはともに *GetObservation* インターフェースを使用する。どちらもシーンを指定してデータを取得することができ、画像データの取得も *featureOfInterest* パラメータを使用することで範囲を指定することができる（表 1）。

表 1 GetObservation リクエストのパラメータ

Parameter	内容
offering	取得対象データのシーン ID
observedProperty	RPC モデルパラメータを指定するときは「RPC Parameters」、画像データを取得するときは「Image」を指定する。
featureOfInterest	画像を取得する場合のみ使用。取得する画像の範囲を 2 次元の地上座標範囲で取得する。

3.3 シーンごとのデータ配信方法の比較

3.2において示した通り、WMS, WMTS, SOS を使用して画像配信とパラメータ配信への適合は表 2 の通りであると言える。これらのサービスのうち、WMTS は Version 1.0 が 2010 年に公開されたばかりであり、これを実装するシステムは少ない。WMS はすでに数多くのシステムで実装されている。SOS はすでに一部のシステムで実装されており、今後対応するシステムが増加することが期待される。そこで本システムでは、SOS を用いて画像配信とパラメータ配信を行う。WFS と SOS を使用した時のクライアント・サーバ間での通信の手順は図 4 のようになる。

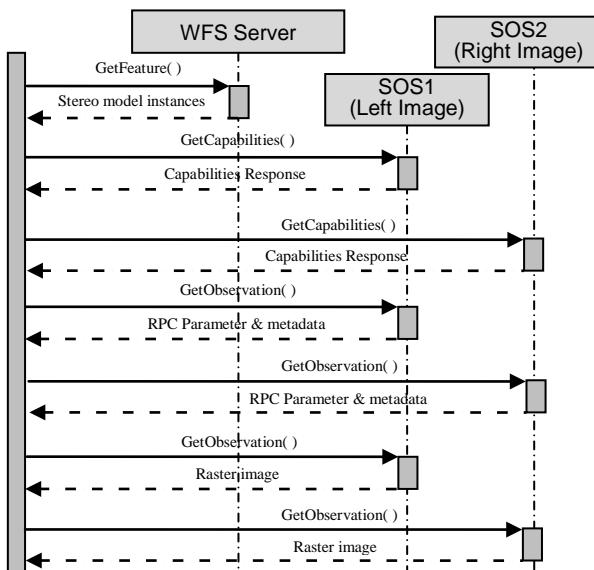


図 4 SOS を使用した時のデータ通信フロー

4. まとめ

本稿では、OGC Web Service を利用して衛星画像データを配信し、ステレオペアの衛星画像をク

ライアントで立体表示して 3 次元計測を行う環境を実現する方法について述べた。衛星画像データの配信方法として WMS, WMTS, SOS が考えられたが、データ配信の効率と普及状況等を考慮し、WFS および SOS を利用してこれを実現した。

表 2 サービスの比較

	画像配信	パラメータ配信
WMS	○	△
WMTS	◎	△
SOS	○	◎

参考文献

- 新名 恒仁・真屋 学 (2010) : 高解像度衛星画像の標定精度検証および DSM 抽出精度検証, 且本写真測量学会 平成 22 年度年次学術講演会発表論文集, pp.141-144.
- 内田 修 (2008) : ALOS/PRISM の RPC モデルのデジタル図化機による精度検証業務, 先端測量技術, No.97/98, pp.92-103.
- Nonaka, H., Uchida, O. and Doihara, T., 2008. Web Photogrammetry: Stereoscopic measurement system over WWW. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. Beijing: Vol.37, Part B4, pp.779-784 (CD-ROM)
- Hanley, H. B., Yamakawa, T. and Fraser, C. S., 2002. Sensor orientation for high-resolution satellite imagery. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*. Albuquerque: Vol. 34, No.1, pp.69-75 (CD-ROM)
- Fraser, C. S. and Hanley, H. B., 2003. Bias compensation in rational functions for Ikonos satellite imagery. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, Vol.69, No.1, pp.53-57
- Grodecki, J. and Dial, G., 2003. Block adjustment of high-resolution satellite images described by rational functions. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, Vol.69, No.1, pp.59-68