

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 17 日現在

機関番号：33910

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2012～2014

課題番号：24682008

研究課題名(和文) CORONA衛星写真を利用した東南アジア沿岸域の旧地形環境情報基盤の構築

研究課題名(英文) Construction of past environmental information platform of Southeast Asia using declassified satellite images

研究代表者

渡部 展也 (WATANABE, Nobuya)

中部大学・人文学部・准教授

研究者番号：10365497

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 6,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、主に東南アジア沿岸地域を対象に1960、70年代を中心として撮影されたCORONA衛星写真を整備し、過去の地形環境情報をWebで提供する地理空間情報基盤を構築し、広くアジアの災害・環境問題等の対策・研究を支援することが目的としている。

研究においては画像をGISデータとして利用するための補正方法と、補正データからの微地形分類図作成手順を確立し、それぞれの有効性について検証した。最終的に台湾、上海周辺、マカオ・香港周辺、バンコク周辺、ミャンマー湾岸部等を中心に、計約50万km²のデータを整備し、これらを閲覧可能とするWebGISベースの地理空間情報基盤プロトタイプの構築を行った。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study is to construct the historical spatial information platform to provide past geographical information of Asia via internet. The platform is expected to support various studies in the Asian region, such as disaster prevention, environmental management, and geography. The process for CORONA satellite image rectification is established and the utilization of rectified data (i.e. making of the topographic classification map) has been employed. Images covering 500,000km square has been processed, which includes Taiwan, Shanghai, Macau, Hongkong, Bangkok, Myanmar etc. Finally, WebGIS based information platform was prototyped and the data are stored in to the platform for the use.

研究分野：地理情報科学

キーワード：CORONA衛星 GIS 情報基盤 WebGIS 歴史 地理空間情報 東南アジア

1. 研究開始当初の背景

近年、多様な地理空間情報がインターネットで配信され、様々な分野で盛んに活用されている。特に GoogleEarth はこのような地理情報活用の成功例であるが、成功の最大の要因として、背景となる空間情報が既に用意されており、ユーザーが自ら背景情報を用意する必要が無かったことが挙げられる。しかし、背景情報となる空間情報の整備は専門家以外には必ずしも容易ではなく、商用以外にこうした情報がまとまって配信されることも少ないのが現状である。なかでも、古地図や過去の空中写真・衛星画像などの歴史的な空間情報についてはさらに事例は少ない。しかし、過去の地形環境情報が、歴史・考古学研究のみならず、防災や環境研究など、広く応用可能な情報であることは認識されており、こうした情報を閲覧可能な情報基盤として整備する必要性は高いと考えられる。

最近では、東北の大震災はもちろん、タイやカンボジアの洪水、中国における四川大地震災害などにおける災害の事例や、東南アジア沿岸における生態系で重要視されるマングローブ林の伐採状況の把握など環境保全の事例でも、こうした過去の環境情報の重要性が認識されてきている。東南アジアの沿岸域には広大な沖積平野が広がり、歴史時代から現代に至るまで人間活動が活発に行われてきた。この地域では沖積平野に人口の密集地が多く立地しており、水害対策や沿岸自然環境の保全などが地域に共通して対応すべき喫緊の課題となっている。特に最近の経済成長で大規模な開発や都市化が進んでおり、現在の高分解能衛星をもってしても原地形の確認が困難な場所も多く、対策のための基礎データが不十分になっていると言えよう。

アジア地域の過去の地形環境情報として、外報図の利用も有効ではあるが、一方で、主に縮尺や幾何精度の問題などから、応用できる課題に限界があることも事実である。

これまでに筆者は考古学研究の支援を中心に、1960～1970年代を中心に運用されている米国の偵察衛星 CORONA の衛星写真を扱ってきた。センサーにもよるが、CORONA 衛星写真は当時の衛星としては分解能が 1.8m と高いうえに、撮影範囲も横幅 180km と広く、広い範囲の過去の地形環境情報としては理想的なデータであるといえる。

CORONA を利用した田(2008)や立入(2000)などの研究事例でも、その有効性が確認されているが、多くは個別研究事例内での画像としての利用であり、幾何補正を施し GIS に他のデータと統合化して活用した事例は少ないのが現状である。GIS における活用を困難としている理由には、CORONA 衛星写真のなかでも特に地形観察に有効とされる KH-4B カメラシステムの画像がパノラマで撮影されており、一般の衛星画像に比べて補正が困難である事などが挙げられる。スキャンされた CORONA 衛星写真は一枚 1 Gbyte 近くにもなることも、これまで処理が困難であった原因のひとつであるが、現在では PC の能力も飛躍的な進歩しており、この計算処理上の問題を解決できよう。

こうした処理上の困難を持つ CORONA 画像をより効果的に活用するためには、画像を GIS で活用できるよう、精度の整合性を保ちつつ、より広範囲のデータを効率的に処理するための方法論の開発が必要である。これまでも Sohn et al.(2004)や Altmaier et al.(2002)など、CORONA 衛星写真からオルソ画像や DEM を生成する研究が行われているが、広範囲に渡って情報を整備し、公開している研究事例はみあたらない。これらの研究でも試みられている CORONA のステレオ画像からの DEM(数値標高データ)の生成についても、過去の環境データのひとつとしての有効性と整備の可能性を検討する必要があるだろう。

2. 研究の目的

本研究では、主に東南アジア沿岸地域を対象に CORONA 衛星写真(1960 年代を中心として撮影された米軍偵察衛星の写真)を整備し、過去の地形環境情を Web で提供する地理空間情報基盤を構築する。これによって、広くアジアの災害・環境問題等の対策・研究を支援することが目的である。

3. 研究の方法

(1)画像の調査と入手

CORONA 衛星写真は、運用時期に応じて解像度・撮影範囲が異なっており、利用に応じて使い分けが必要となる。CORONA 画像をもちいた研究では、一般には KH-4B と呼ばれる高解像度の画像¹がもちいられることが多い。この KH-4B 画像について、東南アジアを中心に、特に都市域でなるべく被雲率の低い衛星写真データの検索を行い入手する。画像は USGS のサイト EarthExplorer で検索・入手が可能であるため、こちらで検索を行う。

(2)画像補正方法の試行・検討

画像の補正方法については、1)単純な幾何補正による補正、2)SRTM 等既存の標高データを用いたオルソ補正、3)ステレオ画像から計算した標高データを用いたオルソ補正、の3通りを実施し、それぞれコストと精度の検討を行った。また、処理についても従来の写真測量ソフトと画像 SfM ソフトの双方をもちい比較を行う。

(3)補正画像からの微地形分類手法の検討

微地形図の作成については、1)補正した結果であるオルソ画像の判読・トレースによる方法、2)ステレオ画像の実体視をもちいて判読し、そのうえでオルソ画像をトレースする方法、3)標高データからの等高線の

作成、を実施しそれぞれの検討を行うこととした。

(4)データ配信のための基盤構築

データの配信にあたっては、基本的に地理空間情報標準である WMS をもちいた情報基盤の構築を行い、地理情報の配信を行うこととした。なお、配信されるのは画像の元データではなく、WMS に準拠した各種 GIS ソフトからの「表示」のための画像である。

4. 研究成果

(1)東南アジアの CORONA 画像の入手

その結果、当初想定した以上に被雲率が高い画像が多く、特に東南アジア島嶼部においてはこの傾向が顕著であった。従って、基本的には東南アジア大陸部沿岸と、やや北の地域までを含めて整備することとした。それでも被雲率が高く、最終的には不足する画像を補うため、CORONA KH-4B 以外にも Hexagon KH-9(1971 年から運用開始)の画像もあわせてもちいることとした。KH-9 は、KH-4B よりも分解能が若干おち、6m ほどであるが、デジタル画像の衛星で分解能 1m が実現された(人工衛星 IKONOS)時期が 1999 年であった事を考えても、現在でも比較的分解能が高い衛星のひとつであると言える。この KH-9 がカバーする範囲は KH-4B に比べて広く、約 150km×200km に及ぶこともあって、広域を対象とした画像の整備には有効な画像であることが確認された。

(2)画像の補正方法について

1)に挙げた単純な幾何補正による方法の場合、比較的幾何的な歪みの少ない画像中心部をもちい、かつ平野部などの平坦な地域を対象とするならば、幾何補正に基づく補正においても平均して 20-30m 前後の誤差で補正が可能であった。しかし、丘陵地など起伏のある地形が対象となると誤差は急増し、GCP

¹分解能は直下視で約 1.8m

(Ground Control Point:幾何補正にもちいる基準点)を工夫しても十分な精度は得られなかった。

この点、2)のSRTM等の既存の標高データをもちいた方法では、緩やかな丘陵地など若干の起伏を伴う地形であっても、誤差が少なくなる傾向が認められた。平野部においても十分なGCPがあれば、部分的に10m前後の精度も得られるなど、1)の手法に比べて改善が見られた。しかし、総じてみると、この両手法は地形と画像の歪みを除去できず、精度が不安定となる傾向が認められた。

3)の手法では、写真測量ソフトをもちいた一般的な写真測量の手順で図化を行った。先行研究においても問題とされて来たとおり、CORONA衛星写真では時期毎にカメラシステムも変更があるため、カメラパラメータの同定等に困難があった。先行研究で知られたパラメータを利用し処理を行ったところ、10m-20m前後の誤差で、精度は1)、2)の手法に比べて比較的安定していることが確認された。精度上の利点がある一方で、この手法はマニュアルの作業を前提とする下処理が煩雑であり、広範囲の画像を整備するにあたっては課題があった。最後に、近年急速に脚光を浴び始めた写真測量の原理をもちいつつ、作業を大幅に軽減できる画像SfMによる処理を試みた。カメラパラメータの設定も不要であるという作業上の利点もあったが、オルソ画像の水平精度も一般的な写真測量手法と比べ遜色ないか、場所によっては若干良いくらいであった。少なくとも現在の人工衛星画像と重ね合わせて齟齬は感じられない精度であった(図1)。

最終的に、これら手法を比較検討した結果、画像SfMによる補正を最適と判断し、これをもちいることとした。



図1 現在の衛星画像(Bing Satellite map)との重ね合わせと比較(上: Bing Satellitemap、中: 半透明化したKH-9の重ね合わせ 下: KH-9の重ね合わせ)

(3)地形分類図の作成結果

微地形の分類をおこなうにあたり、1)の直接補正図を判読しトレースする方法は、CORONAの画像がやや鮮明さを欠くこと、パンクロ画像であることから、傾斜の変換点(線)の検出および、道路・鉄道・水路などの判読に際し、困難²があることなどが確認された。

これらの対象についても、2)の3D液晶モニタをもちいた実体視を行うことで判読が容易となった。特に傾斜の変換点については、崖錐などの明確な地形以外にも、なだらかな傾斜までも判読が可能であり、微地形図作成において実体視は不可欠な作業であった。最終的に判読結果をオルソ画像上でトレースすることで³、実体視の利点を生かしつつ地図としての図化が可能となった。

また、こうした判読に有効であると考えられる処理の過程で得られる、3)のDSMについても利用を試みた。画像SfMでは、優れ

²但し後者は、対象の線を辿り、駅や貯水池など明確な地物が確認できれば判読不可能ではない

³ 実体視はオルソ補正前のステレオ画像でなければできない。

たピクセルマッチングアルゴリズムにより、ステレオ画像から詳細な DSM (Digital Surface Model : 標高データ) を生成することが可能である。

事実、今回得られた DSM は局所的に観察する分には一見高い精度を有しており、特に KH-4B を用いた場合、検出可能な地物も現在の光学衛星から得られる商用の 5m 解像度の DEM と同等であった。ただし、DSM をみると系統的と思われる誤差が確認された。これは Gheyle et al.(2011) によれば CORONA 衛星画像のスキャン時のエラーに伴うものであるとされており、画像によっては注意が必要である。他にも、広範囲を対象とするとおそらくはレンズに起因すると思われる曲面的な歪みが生じていることが確認された。広範囲の絶対的な標高データとしての利用には問題が残された。

また、微地形の判読という点においては、細かいノイズが目立ち、小規模に分散的に立地する対象については判読・検出が困難であり、正確な分類にはある程度の地形的なまとまりが必要であることも確認された。同様の理由から、得られた標高データを地図の等高線の元データとするには問題が残された。この誤差の対応は今後の課題である。

(4) WebGIS のプロトタイプ構築

最終的に、KH-9 の画像約 40 枚、KH-4B の画像約 20 枚分が整備され、台湾(但し台北と東沿岸、南端は除く)、上海周辺、マカオ・香港周辺、ハノイ周辺、バンコク周辺、ミャンマー湾岸部等を中心に、計約 50 万 km² のデータを整備した(図 2)。

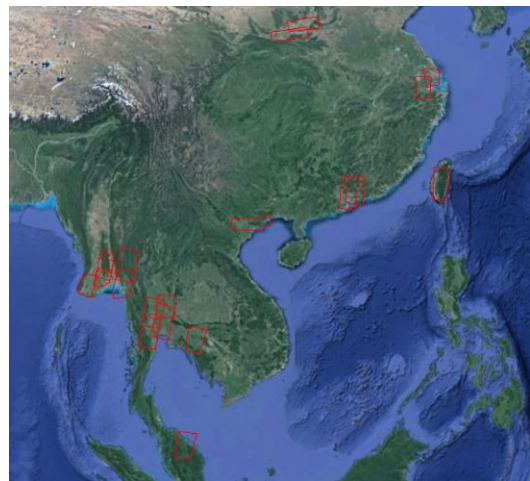


図 2 画像の整備範囲(GoogleEarth に加筆)

これらのデータは、GIS や WebGIS で利用可能なラスタ型地理情報の一般的なデータ形式のひとつである GeoTiff データとして整備した。座標系は WGS84-UTM 座標系で整備している。

このデータを閲覧可能とするために、WMS 標準に準拠した WebGIS による地理空間情報データベースのプロトタイプを試作した。基盤の基本となるソフトとしては、Web Map Server と Open Layers とをもちいている。

以上、本研究では GIS データとしての画像の整備方法の確立、データの二次利用の有効範囲について確認できたとともに、東南アジアの空間情報基盤の試作までを行っている。最終目的であるこの情報基盤構築については、インターフェースの改善を経て、今年度(2015 年度)には公開を行う予定である。

<引用文献>

立入郁(2000), 偵察衛星 CORONA のデータを用いた中国内蒙古自治区奈曼旗の砂漠化モニタリング, 写真測量とリモートセンシング 39(5), 4-13.

田 然 (2008) CORONA 衛星写真による土地被覆分類の試み : 北京市を例に, 季刊地理学, 60(2), 77-88.

Altmaier, A., Kany, C., 2002, Digital surface model generation from CORONA satellite images, Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 56, 221-235.

Gheyle, W., Bourgeois, J., Goossens, R., Jacobsen, K., 2011, Scan Problems in

Digital CORONA Satellite Images from USGS Archives, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 77, 1257-1264.

Sohn, H.G., Kim, G., Yom, J., 2004, Mathematical modelling of historical reconnaissance CORONA KH-4B imagery, The photogrammetric record, vol.19, issue 105, pp. 51-66.

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表](計 1件)

Nobuya Watanabe, 2014/11/10「中部大学(愛知県・春日井市)」, Visualizing the Past: Utilization of CORONA Satellite Image as a base Map of Historical WebGIS of Asia, 5th Digital Earth Summit 2014

6. 研究組織

(1)研究代表者

渡部展也 (WATANABE, Nobuya)

中部大学・人文学部・准教授

研究者番号：10365497

(2)研究分担者

なし