

人工衛星データによる地形解析事例 その3

Examples of topographic analysis by using satellite data - Part 3

西脇二一*・羽田康祐**・藤本 悠***・三好達也***・出羽一貴***・中井 歩***

Niichi Nishiwaki*, Kosuke Hada**, Yu Fujimoto***, Tatsuya Miyoshi***, Kazuki Izuha*** and Wataru Nakai***

はじめに

人工衛星データによる地形解析のためには、それぞれの衛星データの特徴を理解して、実際の地形がどのように表現されているかを把握することが大切である。西脇ほか（2002）では、LANDSAT 5号のTMおよびMSSデータから作成した画像で地形がどのように表現されるか、土地被覆がどの程度分類できるかについて事例報告を行った。西脇ほか（2004）ではレーザースアットERSのAMIデータの処理を行い、LANDSATデータとの比較を含めた事例報告を行った。今回、新しいソフトウェアの導入によってこれまで扱えなかったLANDSAT 7号のデータの処理を行い、いくつかの興味ある事例が得られたので報告する。

本研究は著者の1人（西脇）が平成16年度奈良大学研究助成を受け、地理学専攻の大学院生であった他の共著者と共同研究として行ったものである。助成して頂いた奈良大学に感謝申し上げる。

データおよび解析システム

今回の報告では宇宙航空研究開発機構（旧宇宙開発事業団）の鳩山地球観測センター（略称HEOC）で受信されたLANDSAT-7 ETM+データを使用した。これは平成14年度研究助成でリモートセンシング技術センターを通して購入したものである。

解析システムとしては西脇ほか（2004）で使用したものに新たにERDAS IMAGINE 8.7を追加したものである。ハードウェアおよび汎用ソフトウェアについては、バージョンは更新されているが、基本構成は同じである。

平成17年9月2日受理

*社会学部現代社会学科教授

**ESRIジャパン(株) ESRI技術グループ ESRI技術3課

***奈良大学大学院文学研究科地理学専攻修士課程

表1. LANDSAT-1～7号の諸元。独立行政法人宇宙航空研究開発機構のホームページ
http://www.eoc.jaxa.jp/satellite/satdata/landsat_j.htmlより。

| 衛星名 | 打上 機関 | 打上日 | 運用終了日 | 高度 | 周期 | 回帰 日数 | 搭載 センサ |
|-----------|----------|------------|-----------|-------|------|----------|-----------|
| LANDSAT-1 | NASA | 1972.07.23 | 1978.1.6 | 915km | 103分 | 18日 | RBV/MSS |
| LANDSAT-2 | NASA | 1975.01.22 | 1982.2.25 | 915km | 103分 | 18日 | RBV/MSS |
| LANDSAT-3 | NASA | 1978.03.05 | 1983.3.31 | 915km | 103分 | 18日 | RBV/MSS |
| LANDSAT-4 | NASA | 1982.07.16 | 2001.6.15 | 705km | 99分 | 16日 | MSS/TM |
| LANDSAT-5 | NASA | 1984.03.01 | 運用中 | 705km | 99分 | 16日 | MSS/TM |
| LANDSAT-6 | NASA | 1993.10.05 | 1993.10.5 | - | - | 16日 | ETM |
| LANDSAT-7 | NASA | 1999.04.15 | 運用中 | 705km | 99分 | 16日 | ETM+ |

LANDSAT-7 ETM+

LANDSATはアメリカ航空宇宙局（NASA）の地球観測衛星で、これまでに7個が打ち上げられている（表1）。いずれも地球を南北方向に周回する太陽同期準回帰軌道であるが、3号までと4号からとは軌道高度・周期・回帰日数が異なっている。4号まではすでに運用を終了しており、6号は実質的に運用されなかった。5号と7号は運用中であるが、宇宙航空研究開発機構での受信は終了している。

搭載されているセンサーとしては、1号から6号までに搭載された多重スペクトル走査計（MSS）、4号および5号に搭載されたセマティックマップパー（TM）、および、7号に搭載されたETM+（Enhanced Thematic Mapper Plus）の3種類で、いずれも地表面からの太陽反射光をいくつかの波長帯に分けて観測する光学センサーである。なお、1号から3号までには単バンドセンサーであるリターンビームビジコン（RBV）も搭載されていた。

表2. LANDSAT-7 ETM+の諸元。（財）リモートセンシング技術センターのホームページ
http://www.restec.or.jp/jpn/data/products/satellite/landsat/intro_land.htmlより。

| バンド | 波長 | 種類 | 分解能 |
|--------|-------------------------|--------|-----|
| Band 1 | 0.45～0.52 μm | 青 | 30m |
| Band 2 | 0.53～0.61 μm | 緑 | 30m |
| Band 3 | 0.63～0.69 μm | 赤 | 30m |
| Band 4 | 0.75～0.90 μm | 近赤外 | 30m |
| Band 5 | 1.55～1.75 μm | 中間赤外 | 30m |
| Band 6 | 10.4～12.5 μm | 熱赤外 | 60m |
| Band 7 | 2.09～2.35 μm | 中間赤外 | 30m |
| Band 8 | 0.52～0.90 μm | 緑から近赤外 | 15m |

ETM+は8バンドからなっており、可視域から熱赤外域までをカバーしている（表2）。バンド1から7まではTMと同じ波長帯であるが、バンド6の分解能がTMの倍に向上している。ETM+で追加されたバンド8は可視域から近赤外域までをカバーするパンクロバンドであるが、分解能は15mと高くなっている。

奈良大学周辺のバンド8画像

奈良大学を中心とする奈良県北部のバンド8画像（図1）をみると、大地形に加えて主要な道路や鉄道が判別でき、高度700kmの宇宙空間からのものとは思えないほど鮮明である。近赤外域を含むパンクロバンドのため、水域は特に識別しやすく、いくつかの御陵の池がはっきりと見える。

奈良大学周辺を拡大してみると（図2）、分解能が15mのため大学の個々の建物を識別することはできないが、建物の集合や大きな池についてはある程度は判別が可能である。

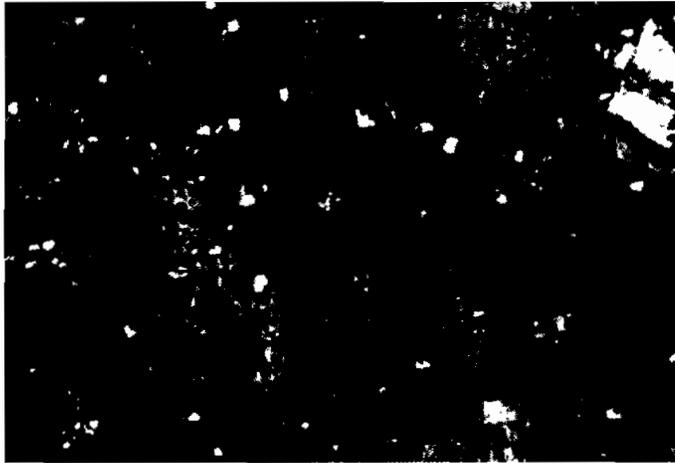


図1. 奈良市北部のLANDSAT-7 ETM+ Band 8 画像。シーン番号：110-36，撮影日：2001年10月15日



図2. 奈良大学周辺のLANDSAT-7 ETM+ Band 8 拡大画像。データは図1と同じ。

奈良盆地の立体視

空中写真では同一コースの隣接する写真は60%が重複し、コース間は30%が重複するように撮影され、全域の立体視ができるようになっている。しかし、LANDSATの観測幅は東西方向に約185kmで、軌道の地上間隔は約145kmであり、隣接シーン間の重複範囲は20%ほどしかない。また、走査データのため軌道方向での重複観測もない。従って、LANDSAT画像での立体視は限定された地域についてしか行えないが、たまたま奈良盆地については立体視が可能となっている（図3）。



図3. 隣接するLANDSAT画像による立体視可能な範囲。

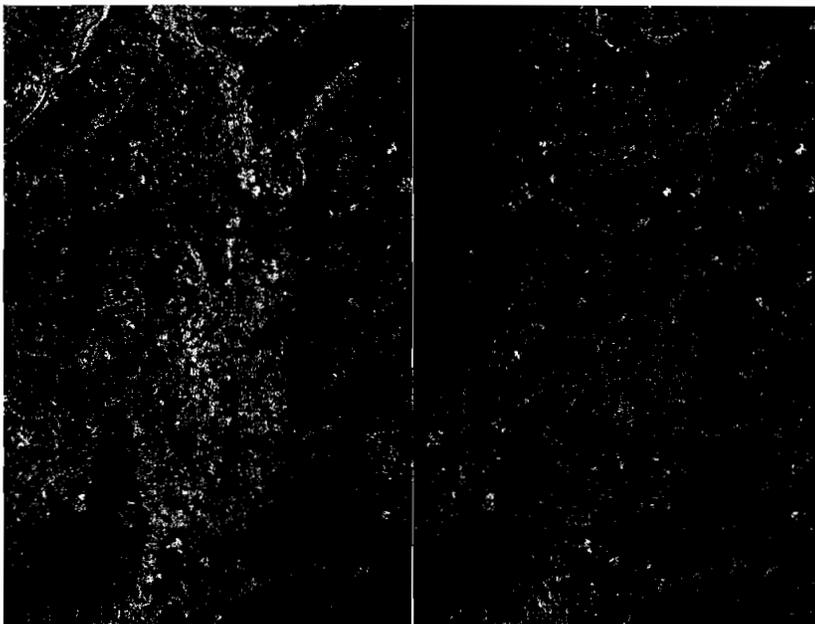


図4. LANDSAT-7 ETM+ Band 8による奈良盆地の立体視。左はシーン番号：110-36，撮影日：2001年10月15日，右はシーン番号：109-36，撮影日：2000年12月8日。

今回使用したのは、右側がシーン番号：109-36、撮影日：2000年12月8日、左側がシーン番号：110-36、撮影日：2001年10月15日で、いずれも一番分解能の高いパンクロバンド（バンド8）の画像である。太陽準回帰軌道のため二つのシーンとも撮影時間は同じ朝9時半ころであるが、撮影日が10ヶ月ほど違い、季節も多少異なっている。従って、厳密な意味で立体視とはいえないものであるが、宇宙からの眺めとしては十分であろう。なお、右側の画像はシーンの西端のため、画像の一部が切られている。

図4の右の画像を右目で、左の画像を左目で見て立体視すると、奈良盆地在周辺の山地の間にくっきりと凹んでいるのが観察できる。盆地東端の急斜面で示される奈良阪断層を始め、いくつかの断層も観察できる。立体視していると多数の細かなハレーションが見られるが、これは撮影時期がずれているため、その間に新しい建物や道路などができて、左右の画像間で地表の物体に違いがあるためである。

奈良市の住宅地域の判別

奈良市は2002年中核市に指定され、中心市街地から西部は住宅化が進む一方、東部の大半は山間部が広がっている（図5）。また、歴史的にも古い地域で、市街地であっても住居表示が実施されていない地域が多く残る。住居表示の実施は都市化、住宅化の指標にすることができ、実施地域では区画が整備され、建築物も整然と配置されることになる。ここではランドサット衛星画像から住宅地域を判別し、住居表示実施地域と未実施地域でどのように判別できるかを検証した。

使用データはLANDSAT-7 ETM+、シーン番号：110-36、撮影日：2001年10月15日である。分類に使用するバンドは、分解能が同じであるバンド1～5および7の6つである。

奈良市全域を対象地域として、住宅地域、田園・草原地域、水域、および山間部の4区分への土地利用分類を行った。それぞれの区分について以下の地域からトレーニングデータを取得し、図5にそれぞれのトレーニングエリアをオーバーレイ表示する。

- ①住宅地域： 住居表示の実施が行われている奈良市学園北（一丁目・二丁目）、西大寺新町（一丁目・二丁目）、大宮町（一丁目～七丁目）地域
- ②田園・草原地域： 若草山、郊外のゴルフ場
- ③水域： 数値地図2500（空間データ基盤）の内水面ポリゴンのうち一部
- ④山間部： 平城山と目検討で中心市街地東部の山間部

作業方法としては教師付き分類を採用し、そのためのソフトウェアとしてArcGISとERDAS IMAGINEを使用した。まずトレーニングエリアデータを取得するため、ArcMapへランドサット画像とトレーニングエリア取得用のポリゴンを作成し、分類別に作図した。住宅地域には総務省統計局発行の統計GISプラザ地域データの町丁目界から条件に一致する地域を取得した。ラスターデータとベクトルデータを重ね合わせる際には、投影情報と座標系を同一のものに設定しておく必要がある。本稿で用いたLANDSATデータは旧日本測地系のUTMで投影されて

表3. トレーニングデータ取得地域のDN値の統計

| 住宅地域 | | | | | 水域 | | | | |
|-----------|----|-----|------|------|-----------|----|----|------|------|
| ピクセル数：880 | | | | | ピクセル数：133 | | | | |
| バンド | 最小 | 最大 | 平均 | 標準偏差 | バンド | 最小 | 最大 | 平均 | 標準偏差 |
| 1 | 65 | 119 | 82.9 | 7.6 | 1 | 61 | 73 | 67.4 | 3.4 |
| 2 | 44 | 114 | 64.5 | 8.3 | 2 | 43 | 69 | 57.1 | 5.7 |
| 3 | 39 | 135 | 64.5 | 10.5 | 3 | 34 | 53 | 45.1 | 4.6 |
| 4 | 35 | 117 | 57.8 | 9.9 | 4 | 23 | 57 | 30.7 | 5.8 |
| 5 | 27 | 160 | 57.3 | 13.4 | 5 | 6 | 32 | 15.9 | 4.9 |
| 7 | 20 | 139 | 49.0 | 12.6 | 7 | 8 | 24 | 12.9 | 3.0 |

| 田園・草原地域 | | | | | 山間部 | | | | |
|-----------|----|-----|------|------|------------|----|-----|------|------|
| ピクセル数：964 | | | | | ピクセル数：4754 | | | | |
| バンド | 最小 | 最大 | 平均 | 標準偏差 | バンド | 最小 | 最大 | 平均 | 標準偏差 |
| 1 | 61 | 107 | 81.1 | 6.0 | 1 | 50 | 75 | 56.2 | 2.3 |
| 2 | 44 | 91 | 68.4 | 7.1 | 2 | 33 | 61 | 39.0 | 2.8 |
| 3 | 34 | 106 | 74.5 | 13.1 | 3 | 23 | 64 | 29.2 | 2.8 |
| 4 | 35 | 126 | 85.7 | 16.0 | 4 | 28 | 130 | 75.6 | 16.3 |
| 5 | 10 | 143 | 88.3 | 23.1 | 5 | 14 | 107 | 41.4 | 11.1 |
| 7 | 9 | 119 | 63.7 | 14.5 | 7 | 8 | 67 | 21.0 | 4.8 |

おり、第53帯に合わせておかなければならない。

トレーニングエリアデータを作成後、ERDAS IMAGINEへトレーニングデータのインポートを行う。Viewer画面からポリゴンシェイプをAOIに変換し、Signature Editorへトレーニングデータの設定を行う。データを取得した際のDN値の統計は表3のようになった。

教師付き分類による分類結果を図6に示す。住宅地域はおおむね建物密集地域と重なっており、田園・草原地域は平城宮跡とも一致した。奈良市中心部の市街地域はほぼ全域で住宅地域となったが、西部の学園前や富雄地域では田園・草地とがまばらに分布するという結果になった。

図6に住居表示が実施されている地域をオーバーレイ表示する。住居表示実施地域は平成7年発行の数値地図2500（空間データ基盤）から取得したもので、ランドサットの撮影時期とは年月が異なる。そのため、現在の住居表示実施地域は図6に示した地域よりも若干拡大されているが概ね一致する。住居表示実施地域はほぼ住宅地域に分類された地域と重なるが、奈良市北部、中心市街地域に当たる地域では住居表示の実施が行われていない。奈良市北部は比較的新しい住宅地域なので、住居表示の整備が間に合っていないために実施されていない。奈良市

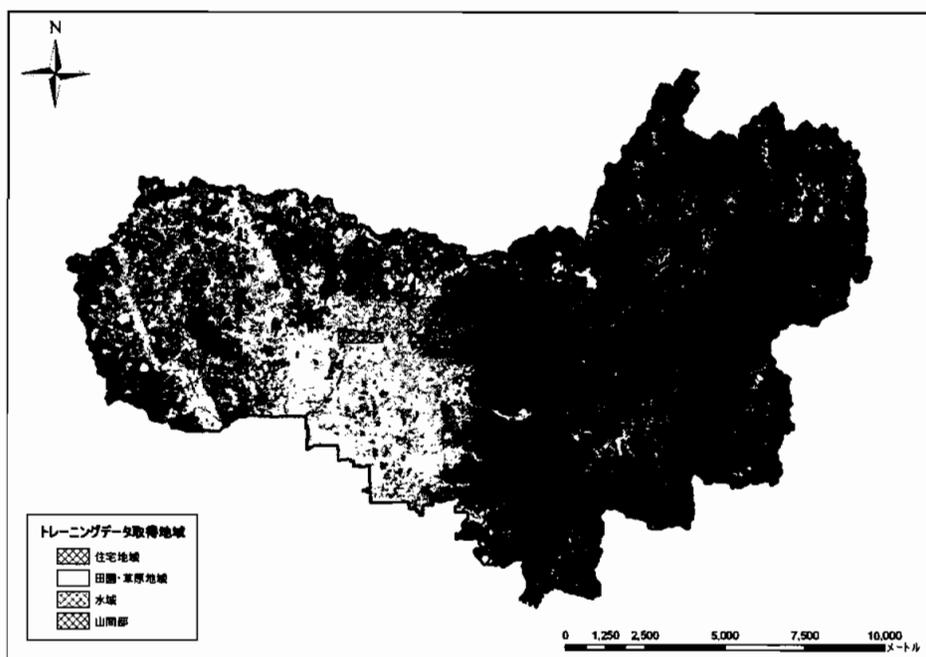


図5. 奈良市のLANDSAT-7 ETM+トゥルーカラー画像。トレーニングデータ取得地域をオーバーレイ表示している。使用データはシーン番号：110-36，撮影日：2001年10月15日。

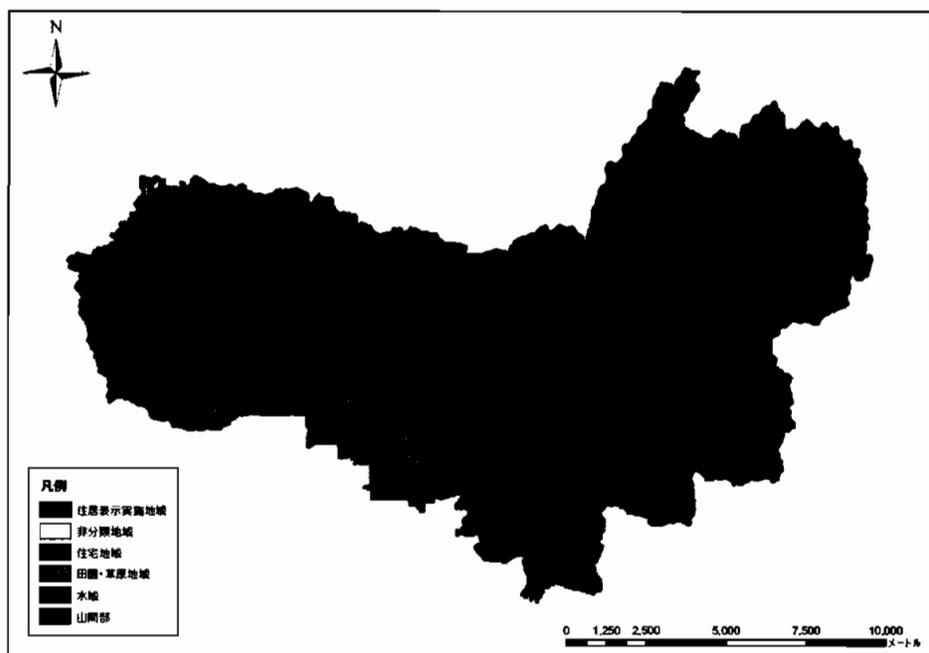


図6. 奈良市の土地利用分類結果。住居表示実施地域をオーバーレイしている。

の中心市街地は、ならまちなどの歴史的にも古い地域であり、住民の同意が得られずに住居表示の実施が行われていない。通常住居表示の実施は中心市街地から徐々に郊外へ広がっていくが、奈良市は歴史的な背景から特異な自治体であると言える。

おわりに

本研究ではLANDSAT-7 ETM+データで奈良周辺の地形がどのように観察できるか、そのデータに基づいて地表の分類がどの程度できるか、について考察した。手持ちデータが2シーンのみと限られており、十分に検証できなかった面もあるので、今後、シーンの追加および他種データとの比較などにより、解析精度を上げていきたい。

なお、本研究で使用したLANDSATデータの著作権者および提供者は以下である。

衛星データの所有：米国政府

衛星データの提供：SpaceImagingR/宇宙航空研究開発機構

文献

ESRIジャパン(株) (2004) ERDAS IMAGINEツアーガイド。

富士通FIP (株) (1999) EXPIA Version 2.0 HTMLヘルプ。ソフトウェア組込ファイル。

西脇二一・平 壽孝・成松友己・野田 卓・見崎晴章 (2002) 人工衛星データによる地形解析事例 その1。奈良大学総合研究所報、第10号

西脇二一・谷口賢也・関 泰二郎・都筑密乗 (2004) 人工衛星データによる地形解析事例 その2。奈良大学総合研究所報、第12号

Summary

The LANDSAT-7 ETM+ data were used for topographic analysis of Nara area. The panchromatic image of Band 8 has higher resolution than former LANDSAT TM images, and it is possible to distinguish more detailed topography. The stereographic view of whole Nara basin was available by using two adjacent scenes of Band 8, in which a typical basinal structure can be observed. Bands 1-5 and 7 were used for landuse analysis of Nara city into 4 categories, and the difference between the resulted residential area and the house index area was discussed