

ALOS画像を用いたエコロジカルネットワークの連結性の可視化に関する研究

1. (財) 都市緑化機構 2. 株式会社パスコ 3. 横浜市 4. (社) 日本森林技術協会

外崎 公知¹ 石岡義則² 山根尚文³ 金森匡彦⁴

1. はじめに

2010年10月、生物多様性条約第10回締約国会議（以下「COP10」という。）が名古屋市で開催された。COP10と並行して生物多様性国際自治体会議が開催され、30ヶ国185自治体が経験交流を行い、「地方自治体と生物多様性に関する愛知・名古屋宣言」を採択した。同宣言では、生態系を「都市インフラ」の一部として位置づけ、都市計画、都市基盤整備、公共調達など行政サービス全般にわたって生物多様性配慮を組み込む必要性を訴えている。

COP10では、都市及び地方自治体による取り組みを支援・促進するための決議X/22「生物多様性のための準国家政府、都市及びその他地方自治体の行動計画」が採択され、その取り組みを評価するツールとして都市の生物多様性指標（CBI）¹⁾の活用を推奨している。CBIは、① 在来の生物多様性、② 都市内の生態系サービス、③ 生物多様性の統治と管理という3つの要素で構成されているが、世界の各都市は気候条件や社会条件が多様であり、先進的な都市における具体的な運用等を踏まえ、情報の共有化や継続的な改善が求められている²⁾。

一方、国土交通省は2011年10月「緑の基本計画における生物多様性の確保に関する技術的配慮事項」³⁾を公表しており、今後、都市において生物多様性を確保していくためには、都市における緑地の量を確保するのみならず、動植物の生息・生育環境を改善するなど緑地の質の向上を図るとともに、緑地の適正な配置とその有機的なネットワーク（以下「エコロジカルネットワーク」という。）の形成を通じて、動植物種供給源となる都市の郊外の緑地から、動植物種が相対的に豊かでない市街地に動植物を誘導していくことを促進している。

こうした背景から本研究は、東京都港区を対象に、高額な航空写真判読に比べ解像度は劣るが広域の情報を簡易に取得することができる衛星画像を用い、中でも比較的安価に高解像度の画像入手することができる地球観測衛星「だいち（ALOS）」画像を用い⁴⁾⁵⁾、エコロジカルネットワークの連結性を可視化することにより都市緑地のネットワークの評価を試みることにする。

2. 研究の方法

本研究の対象地域は、経済活動が活発であるとともに、臨海部から段丘部に至り多様な土地利用を有する東京都港区を選定した。研究に用いたデータは、2006年に独立行政法人宇宙航空研究開発機構（JAXA）が打ち上げた陸域観測技術衛星「だいち（ALOS）」に搭載されたセンサの1つであるAVNIR-2によって取得された画像（以下「ALOS画像」という。）である。ALOS画像は、可視光波長（赤色、青色、緑色）と赤色よりも波長の長い近赤外の波長における地表面の反射及び放射を観測することができる⁶⁾。可視光及び近赤外の波

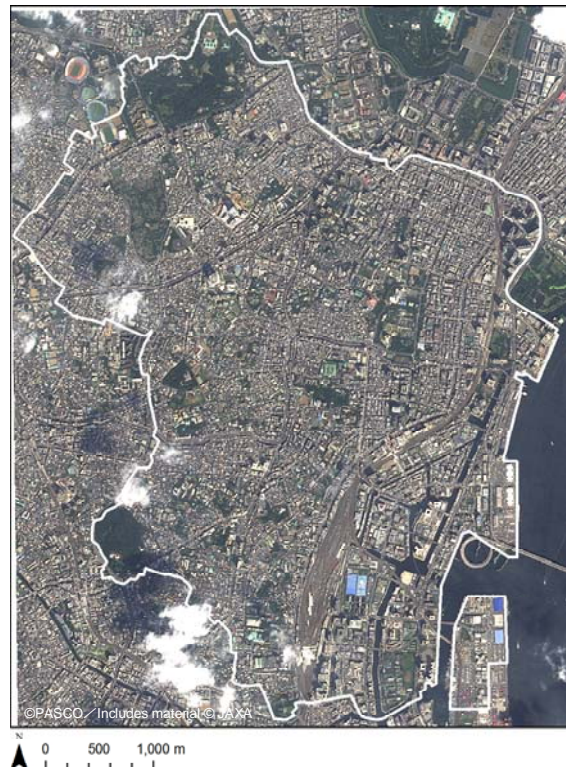


図-1 画像分析に用いたALOS画像

長は、植物の密度や光合成活動に反応するため、このセンサは緑地の抽出に適しているといえる。通常の AVNIR-2 画像の解像度は 10m であるが、同時に撮影された分解能が高いパンクロマティック画像の PRISM 画像を用いてパンシャープ処理を行うことによって、解像度を 2.5m に上げることができる。解像度が高いほど地表面の情報を詳細に得られることから、今回は図-1 に示す正射投影（オルソ）補正したパンシャープ画像を用いた。

エコロジカルネットワーク等を評価するための基礎的データとしては、CBI（表-1）や過去の研

究事例及び ALOS 画像の解像度等を踏まえ、緑地の現況を示す樹林地、草地、水域の 3 区分とその他とした。緑地データの作成は、画像上で樹林地、草地、水域に該当する箇所を目視で判読を行い、それぞれの区分におけるスペクトル値を取得した。次に得られた 3 区分のスペクトル値をバンド毎に比較することによって 3 区分のスペクトル特性を把握し、把握したスペクトル特性を用いて画像分類し緑地分類図を作成した。

都市の緑地は生き物の貴重な生育・生息空間となっており、都市の生物多様性を維持向上させていくためには、生き物の生育・生息に有用となる緑地をネットワークとして適切に評価することが重要である。CBI では脱断片化（連結化又は生態系ネットワーク）の評価指標を、連結された自然地域の総面積 ÷ 自然地域の総面積と定義しており、パッチ間距離 100m 未満は連結とみなし、連結の定義は各都市で決定することとなっている。また、国土交通省の「緑の基本計画における生物多様性の確保に関する技術的配慮事項」では、都市の郊外に存在し他の地域への動植物種の供給等に資する核となる緑地（中核地区）、市街地に存在し動植物種の分布域の拡大等に資する拠点となる緑地（拠点地区）、中核地区と拠点地区を結び動植物種の移動空間となる河川や緑道等の緑地（回廊地区）、これらの地区が安定して存続するために必要な緑地を含む緩衝地帯（緩衝地区）を適正に配置することとなっている。

本研究では、道路などの分断の影響を受けずに都市内に分布する緑地を利用して生息する鳥類に着目し、その生息環境を形成する緑地のネットワークを抽出・評価した。鳥類の中でも、都市部に生息していること、その生息条件がある程度把握されていること、類似の生息環境を好む生物が多いことなどから、コゲラを指標種として採用した。キツキ科のコゲラはほぼ日本全国の多様な森林に生息している森林性の鳥類であり、生態系ピラミッドにおいて第 3 次消費者として位置づけられる。なお、Morrison ら⁷⁾の都市公園や都市林を対象とした研究においても、キツキ科の生息密度が枯死木や倒木の量と

表-1 都市の生物多様性指標（CBI）の概要

I. 都市のプロファイル 気候、面積、人口、経済指標、物理的特徴、生物多様性の特徴、生物多様性の管理 他	
II. 指 標	
在来の生物多様性	生物多様性の統治と管理
1. 自然地域の割合	15. 生物多様性への予算配分
2. 脱断片化（連結化又は生態系ネットワーク）	16. 生物多様性プロジェクトの年間実施件数
3. 在来種の数（市街地内の鳥類）	17. 生物多様性戦略・行動計画
4~8. 在来種の数の変化（植物／鳥類／蝶類／その他）	18. 組織能力（生物多様性に関する基本的機能の数）
9. 保護されている自然地域の割合	19. 組織能力（部局間協力の機関数）
10. 侵略的外来種の割合（分類群は自由選択）	20. パートナーシップ（公式・非公式の日常的協議プロセス）
都市の生態系サービス	
11. 水量調節 透水域の総面積 ÷ 都市の陸地総面積	21. パートナーシップ（提携機関・企業・NGO の数）
12. 気候調節（植生による炭素固定と冷却効果） 樹冠面積 ÷ 都市の陸地総面積	22. 教育と啓発（学校カリキュラムへの生物多様性の組込）
13. 自然地域を含む公園及び保護・担保されている自然地域面積の面積（人口千人あたり）	23. 教育と啓発（アウトリーチ、啓発イベントの年間回数）
14. 自然地域を含む公園及び保護・担保されている自然地域への 1 人あたり年間訪問回数（16 歳未満、公教育目的）	

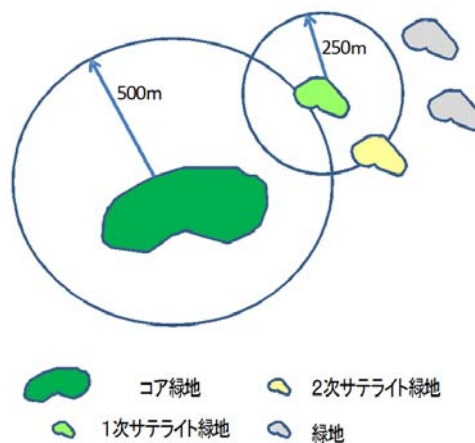


図-2 コゲラの生息環境特性

関連し緑地の成熟度を示すことや、他の動物が生息可能かどうかの目安となることが指摘されており、都市の生物多様性を評価するのに有効な指標種の一つである。コゲラの生息環境に関する条件は、既往研究^{8)、9)}を参考に以下のように設定し(図-2)、エコロジカルネットワーク図を作成した。

○営巣活動を行う緑地：(コア緑地)

- ・面積 2ha 以上の樹林地

○採餌活動を行う緑地：(サテライト緑地)

- ・面積 0.2ha 以上でコア緑地から 500m 以内の緑地 (1次サテライト緑地)
- ・1次サテライト緑地から 250m 以内にある 0.2ha 以上の緑地 (2次サテライト緑地)

3. 結果と考察

(1) 緑地分類図

図-3は、可視光、近赤外のスペクトル特性を用いて図-1より緑地を抽出したものである。区の北西部には赤坂御用地(図中A)、南西部には国立科学博物館附属自然教育園(図中B)などまとまりのある樹林地があり、区の中央部には小規模の樹林地や草地在していることがわかる。また、区中央部でまとまりのある樹林地である芝公園(図中C)は貴重な緑地であることがわかる。水域については、区の東部に広がる東京湾や皇居の堀などが適切に抽出されている一方で、図中Bの下方に広がる水域は、実際には存在せず、雲の影を水域として誤って抽出したものである。画像分類による緑地データの作成は、簡易に緑地の状況を捉えることができる一方、緑地とスペクトル特性が類似した場所を誤って抽出する場合(過剰抽出)や、雲やビルによる影の影響で抽出できない場合(過少抽出)などの課題もある。抽出の精度を向上させるためには、緑地分類図を作成後、可能な範囲で衛星画像と緑地分類を目視で比較し修正を加える必要がある。



図-3 緑地分類図

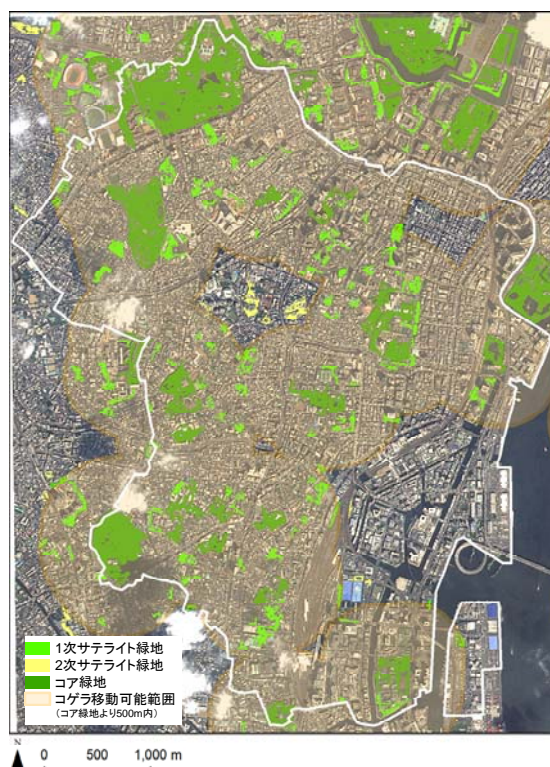


図-4 エコロジカルネットワーク図

(2) エコロジカルネットワーク図

図-4は、図-2のコゲラの生息環境特性に基づき、図-3の緑地分類図から作成したエコロジカルネットワーク図である。緑色で表示された箇所がコゲラの営巣活動が可能で面積2ha以上の緑地（コア緑地）、黄緑色及び黄色で示された箇所がコゲラの餌場となり得る面積0.2ha以上の緑地（サテライト緑地）である。1次サテライト緑地はコア緑地から半径500m以内の緑地、2次サテライト緑地は1次サテライト緑地から250m以内の緑地である。次に、コゲラが営巣するコア緑地を中心に半径500mの同心円を描きコゲラ移動可能範囲として図-4に薄茶色で示した。

図-4より、港区内ではコア緑地とサテライト緑地が適度に分布しており、コゲラがそれぞれの緑地間を移動することが可能となっていることが確認できる。また、それぞれの緑地がどのようにネットワーク化されているのかも分かる。

(3) 緑地担保性評価図

図-5は、緑地の永続性・担保性の評価を行なうため、エコロジカルネットワーク図よりコア緑地（2ha以上）、サテライト緑地（0.2ha）の担保性評価図を作成したものである。これは、公園緑地、公共施設等敷地内緑地、無担保私有緑地の順に緑地の担保性が低くなることを踏まえて評価したものである。コア緑地の消滅リスクやエコロジカルネットワークの永続性を判断するのに有効である。

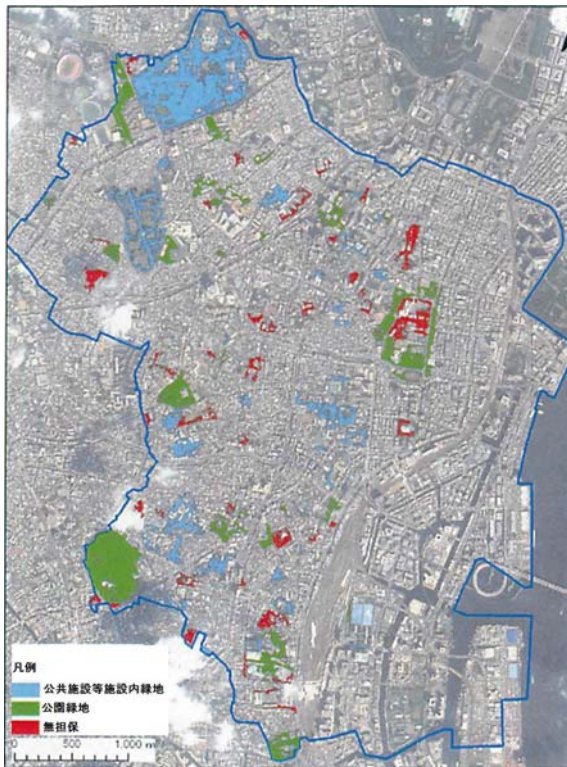


図-5 緑地担保性評価図

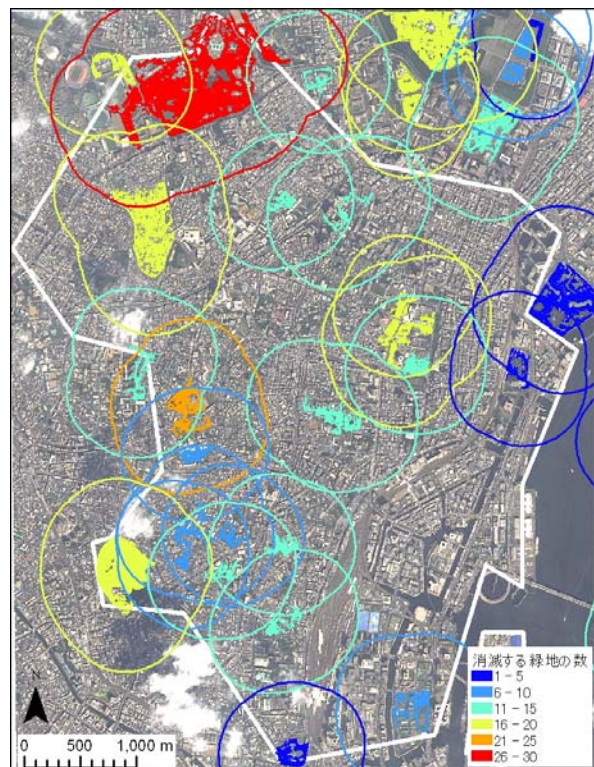


図-6 コア緑地消滅影響図

(4) コア緑地消滅影響図

図-6は、緑地の保全優先度の評価を行うために、エコロジカルネットワーク図よりコア緑地の消失影響図を作成したものである。これは、コア緑地（2ha以上）が消失した場合に、サテライト緑地(0.2ha以上)としての価値が消滅する緑地の数を評価したものである。図-7に示すように、コア緑地はそれぞれ幾つかのサテライト緑地を有しており、コア緑地の消滅により非サテライト化する緑地が発生する。青色から赤色に行くほどその数が多くなり、コア緑地の消失によって価値がな

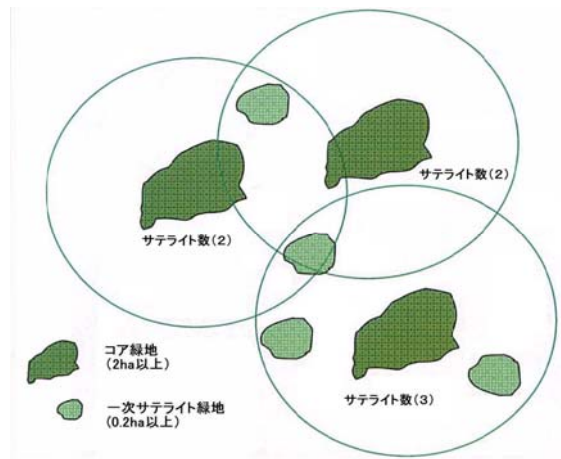


図-7 コア緑地のサテライト数

くなるサテライト緑地の数が多いほど、保全効果が高いコア緑地と考えられる。このようにコア緑地消失影響図を作成することによって、ネットワークの中核としてより保全優先度の高い緑地を把握することができる。

(5) 緑地整備効果図

図-8より、新たに整備するコア緑地としては、サテライト緑地との連結性から候補地Aの方が候補地Bよりも有効であることが分かる。図-9は、エコロジカルネットワークを拡大・強化するために、最も効果的な領域を抽出するために、エコロジカルネットワーク図により緑地整備効果図を作成したものである。これは、既存のコア緑地、サテライト緑地、その他の緑地から一定距離のバッファを発生させ、多くのバッファが重なる領域を評価するものである。ピンク色の輪は、サテライト緑地としてネットワーク化されていない緑地（非

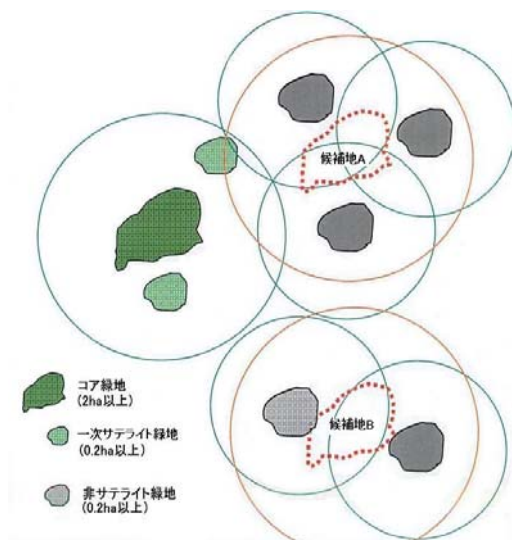


図-8 コア緑地の候補地選定

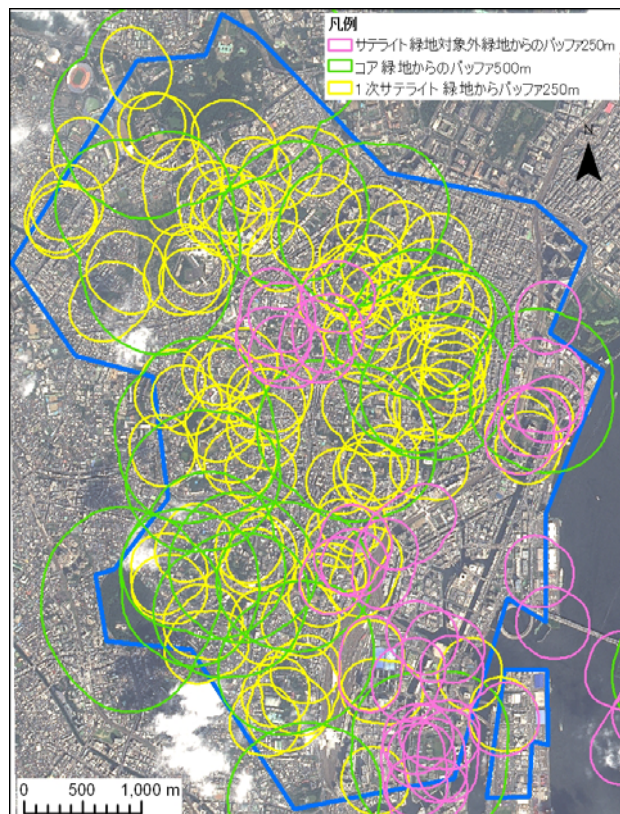


図-9 緑地整備効果図

サテライト緑地：0.2ha以上）から半径250mのバッファーであり、特に重要である。この輪が集中している場所が新たなコア緑地・一次サテライト緑地の整備効果が高い。緑色の輪はコア緑地から半径500mのバッファー、黄色の輪は優先度が高いこと、その中でも多くの緑色や黄色の輪が重なる領域が効果的であることが分かる。このように緑地整備効果図を作成することによって、エコロジカルネットワークを強化するための緑地の整備優先度の高い領域を把握することができる。

4. おわりに

電力低下による機能停止により陸域観測技術衛星「だいち（ALOS）」は2011年5月に運用を終了（運用期間：約5年4ヶ月）した。陸域観測技術衛星2号（ALOS-2）が後継機として開発中であり、「だいち」と比較して、①分解能の向上：これまでの約10mの分解能から1～3mの分解能をめざすとともに、②観測頻度の向上：観測可能領域を向上させることで、衛星が迅速に観測できる範囲を3倍程度にまで大幅に広げ、観測頻度を向上させることとしている。¹⁰⁾

ALOS画像より作成した緑地分類図を基に、様々な生物多様性評価図を作成し、その活用可能性を示した。本手法は安価かつ簡易な手法であることから、これまで生物多様性情報が乏しかった開発途上地域等の都市でも情報整備が可能となるメリットは大きいと考えられる。生物多様性保全を国際的な枠組みの中で取り組んでいく場合、どの国でも共通の評価指標を用いることから、汎用性のある情報収集手法が重要である。本手法をさらに改善することによって、世界の各国が共通の情報ツールを用いて、生物多様性保全に関する取り組みを評価することが可能となるであろう。

参考文献

- 1) The National Parks Board Singapore、2010：The Singapore Index on Cities' Biodiversity (CBI)、<http://www.cbd.int/authorities/doc/User's%20Manual-for-the-City-Biodiversity-Index27Sept2010.pdf>、2012. 8. 1(参照)
- 2) 加藤正嗣、2010：「健康な都市生態系」への挑戦と評価手法、*バイオシティ* 47、12-17
- 3) 国土交通省都市局、2011：緑の基本計画における生物多様性の確保に関する技術的配慮事項、<http://www.mlit.go.jp/crd/park/joho/houritsu/pdf/H231001hairyojikou.pdf>、2012. 8. 1(参照)
- 4) 渡辺知弘、2006：ALOSの衛星利用技術と植生図化への適用可能性、*景観生態学* 11 (1)、35-38
- 5) 伊藤史彦等、2007：相観植生図作成におけるALOS AVN1R-2画像の利用可能性、*景観生態学* 11 (2)、125 - 132
- 6) 独立行政法人宇宙航空研究開発機構、2007：ALOS ユーザハンドブック、140
- 7) JOAN L. MORRISON AND WILLIAM C. CHAPMAN、2005：CAN URBAN PARKS PROVIDE HABITAT FOR WOODPECKERS?、*Northeastern Naturalist*、12(3)、253-262
- 8) 真下由紀、1999：コゲラの営巣環境に関する研究、*都市公園* 146、78-82.
- 9) 山田順之、島田知幸、2007：リモートセンシングとGISを利用した都市域におけるエコロジカルネットワークの評価手法に関する研究—コゲラを指標種として—、*都市計画論文集* No. 42-3、145-150
- 10) 独立行政法人宇宙航空研究開発機構、2012：陸域観測技術衛星2号「ALOS-2」、http://www.jaxa.jp/projects/sat/alos2/index_j.html、2012. 8. 1 (参照)