

地球環境の衛星モニタリングに関する研究

Research on the satellite monitoring technology for the global environment

(研究期間 平成 14～16 年度)

環境研究部 緑化生態研究室
Environment Department
Landscape and Ecology Division

室長 松江 正彦
Head Masahiko MATSUE
主任研究官 影本 信明
Senior Researcher Nobuaki KAGEMOTO

In this study, we tried to estimate the amount of CO₂ absorption by urban forest using various remote sensing data (Terra/ASTER, IKONOS, Airborne laser profiler) and the administrative information data, and we confirmed the error range of each technique in Musashino-city (Tokyo Prefecture). After that, we arranged middle result of requiring by the process for the CO₂ absorption calculation, and we examined the applicability to urban green land research method.

〔研究目的及び経緯〕

都市の緑地は、生活にうるおいやすらぎを与える資源として重要である。近年は、植物の CO₂ 吸収による地球温暖化防止への寄与、植物の蒸発散作用等によるヒートアイランド現象の緩和、避難空間の形成や延焼防止等による防災性の向上など都市緑地のもつ多様な機能が注目されてきており、とくに、植物の CO₂ 吸収による地球温暖化防止への寄与は、気候変動枠組み条約締約国会議の動向と絡み、大きな期待が寄せられている。

植物による CO₂ の吸収を施策として進めるためには、植生のモニタリングによる CO₂ 固定量の算定が必要とされるが、住宅地等の小規模緑地が多くを占める都市緑地においては、調査精度との関係から CO₂ 固定量算定に航空機以外のリモートセンシングデータを用いることは困難とされていた。しかし、近年、航空写真に匹敵する画像が得られる高分解能人工衛星画像や、航空機搭載型レーザープロファイラー(以下、「航空機 LP」という。)が実用化され、緑地を三次元的に計測することが可能になってきているなど、リモートセンシング技術の発展はめざましく、その利用が期待されるようになった。

このような背景のもと、本研究では、衛星データ利用に向けた検討の一環として、高分解能人工衛星 IKONOS 画像等の利用による都市緑地の CO₂ 固定量モニタリング技術の開発に着手した。

CO₂ 固定量の算定には、樹冠面積、材積、樹高と本数などに原単位を乗じる方法や、植生指標 NDVI などから直接算出する方法が提案されているが、都市内緑地に適用する方法としては、樹高と本数、植生指標

NDVI から算出する方法が有望と考えられる。

平成 16 年度は 2 箇年で開発した方法を自治体スケールに適用して、CO₂ 固定量の算定を行った。具体的には、東京都武蔵野市全域を対象として、中分解能人工衛星 ASTER、高分解能人工衛星 IKONOS、航空機 LP といった各種リモートセンシングデータ及び行政情報に基づいて都市緑地の CO₂ 固定量の算定を行い、その誤差範囲の整理をするとともに、CO₂ 固定量の算定の過程で求められる中間成果を整理し、都市緑地総量調査手法への応用可能性を検討した。

〔研究内容〕

調査対象地域は図-1 に示す東京都武蔵野市全域(10.73km²)とした。調査のフローチャートを図-2 に示す。現地調査では、1カ所あたり約 20m×20m に設定した調査区を 10 箇所設定し、樹木位置、樹種、樹高、胸高直径、樹冠径を計測し、検証用のデータを作成した。



図-1 対象位置図

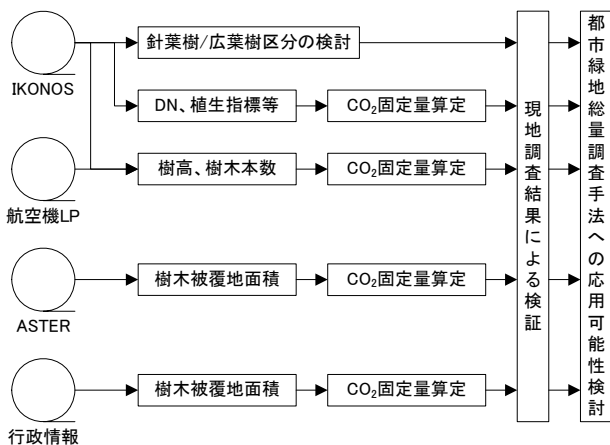


図-2 研究の流れ

〔研究成果〕

(1) IKONOS による針葉樹／広葉樹区分手法の検討
 現地調査結果を参考に IKONOS から針葉樹、広葉樹反射スペクトルを分析した結果 band4 (近赤外) で両者の間に差が認められ、代表的な 3 種の分類手法 (最尤法、最短距離法、デシジョンツリー法) を適用して針葉樹／広葉樹区分を試み (図-3)、精度検証を行った。

3 種の分類手法では最短距離法が最も高い精度を示し、針葉樹が 85.7%、広葉樹が 76.2%であった (表-1)。IKONOS による樹種区分に関する既往研究^{1) 2)}では、概ね 55~75%といった精度が示されており、本研究ではこれらを上回る精度を示した。



図-3 樹種区分図

表-1 針葉樹/広葉樹区分の精度

		検証用トレーニングエリア			
		針葉樹		広葉樹	
		ピクセル数	正解率	ピクセル数	正解率
分類結果	針葉樹	44	57.1%	18	
		66	85.7%	10	
		63	81.8%	20	
	広葉樹	33		24	57.1%
		11		32	76.2%
		14		22	52.4%

上段: 最尤法
 中段: 最短距離法
 下段: デシジョンツリー法

(2) IKONOS に基づく CO₂ 固定量算定

多変量解析 (単回帰分析、重回帰分析) によって現地調査結果による CO₂ 固定量と IKONOS の画像情報の関係を分析した結果、①材積式による CO₂ 固定量に対する単回帰式、②成長予測式 H による CO₂ 年間固定量に対する重回帰式の有意性が認められた。そこで、この 2 式を用いて武蔵野市全域の CO₂ 固定量を算定した。

(3) IKONOS と航空機 LP の併用による CO₂ 固定量算定

IKONOS と航空機 LP の併用による CO₂ 固定量算定では、樹高、樹木本数、樹木被覆地面積を求め、CO₂ 固定量を算定した (図-4、図-5)。

現地調査結果 (151 本) によって確認された樹高計測誤差は、平均誤差で -0.753m、RMSE で 3.724m であり、平成 14 年度、平成 15 年度と同様に実測よりやや低めに計測される傾向があった。これを補正するための係数は針葉樹の方が広葉樹より値が大きく、平成 15 年度と同様の傾向を示した (図-6)。

樹木本数は、Local Maximum Filtering (以下、「LMF」) によって抽出したが、LMF の精度は窓領域の設定に影響される。最適な窓領域の大きさを検討したところ、針葉樹が 2m、広葉樹が 3m であった (図-7)。しかし、まだ±30%程度の誤差が残っており、さらなる手法改良が必要であることが示唆された。

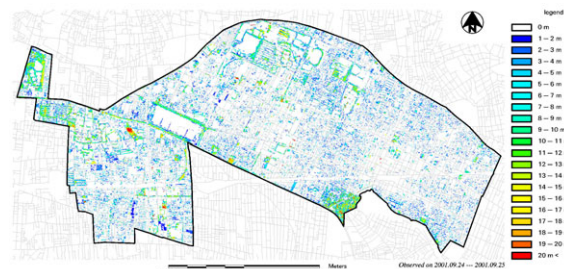


図-4 樹高区分図



図-5 樹木本数抽出図

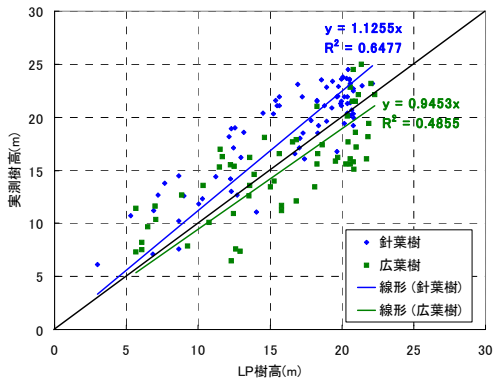


図-6 樹高計測誤差補正式

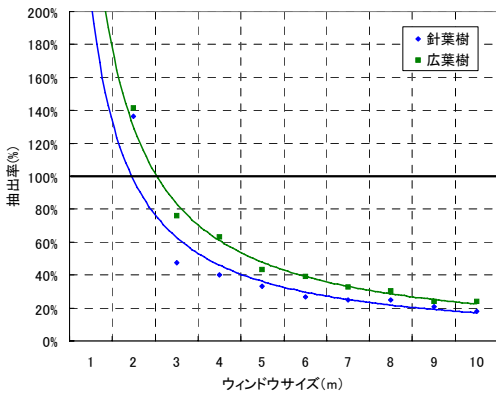


図-7 樹木本数抽出に適した窓領域サイズ

(4) ASTER に基づく CO₂ 固定量算定

ASTER の地上分解能は 15m であり、複数の土地被覆で構成される画素 (=ミクセル) が多数存在すると考えられる。したがって、ミクセル分解により画素内樹木率を求め、これを累計することで武蔵野市全域の樹木被覆地面積を求めた (図-8)。



図-8 ASTER に基づく樹木被覆率区分図

(5) 行政情報に基づく CO₂ 固定量算定

CO₂ 固定量算定に利用可能な行政情報として、平成 12 年度に武蔵野市が実施した「自然環境等実態調査」³⁾ における緑被調査結果を用いて、武蔵野市全域の樹

木被覆地面積を求めた。

IKONOS、IKONOS+航空機 LP、ASTER、行政情報の 4 とおりの手法によって求められた武蔵野市全域の樹木被覆地面積を比較すると、IKONOS+航空機 LP、行政情報はほぼ同一の値となり、IKONOS はやや多め、ASTER はやや少なめの値となった (図-9)。

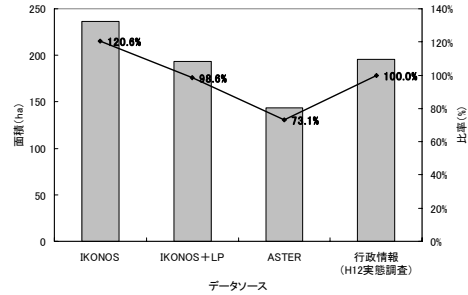


図-9 樹木被覆地面積の比較

(6) 各種 CO₂ 固定量算定結果の比較検討

現地調査や行政情報を真値としそれらより求めた誤差範囲、利点、欠点、コストを含めて各種 CO₂ 固定量を整理したところ、各手法の特徴と課題が明確化された (表-2)。今後、目的と条件に応じた手法選定の一助になるものと期待される。

(7) 都市緑地総量調査手法への応用可能性検討

自治体の緑の実態調査を想定し、CO₂ 固定量算定の中間成果を用いて緑被分布図、樹高分布図、樹木位置図、樹林地位置図、樹種区分図の 5 種の図面を作成した。

これらの利用性について、武蔵野市の行政担当者にヒアリングを行ったところ、従来手法に置き換わる程ではないが、従来取得できなかった情報が得られる点で利用性が認められた (表-3)。

【成果の活用と今後の課題】

本研究では、IKONOS、航空機 LP、ASTER、行政情報などのさまざまなデータ、成長予測式、IPCC 式、材積式などのさまざまな式を用いて CO₂ 固定量を算定し、結果の比較検討を行った。また、CO₂ 固定量算定の過程で求められる中間成果を整理し、都市緑地総量調査手法への応用可能性を検討した。

このうち CO₂ 固定量算定手法は、それぞれの手法にメリット、デメリットがあり、それを理解した上で目的や規模に応じた手法を選択することが望ましい。

もう一つの成果である都市緑地総量調査手法は自治体が発行する緑の実態調査を完全に代替するものでは

表-2 各種 CO₂ 固定量算定手法の特徴

CO ₂ 固定量算定手法	原単位	算定可能な数値	誤差範囲	データ収集コスト	現地調査の必要性	作業量	解析コスト* (オーター)	実際に適したスケール	課題	総合評価
IKONOSに基づくCO ₂ 固定量算定	画像	CO ₂ 固定量 CO ₂ 年間固定量	大	16,000円/km ²	要	多	200~500万円	都市公園 市町村	・10地点以上の現地調査を実施して、IKONOS画像とCO ₂ 固定量との関係式を導出する必要がある。 ・直近年のIKONOSデータがあるとは限らない。 ・新たにIKONOS画像を取得すると、さらにコストがかかる。	△
	樹木面積	CO ₂ 年間固定量	小	16,000円/km ²	不要 (検証が必要なら要)	少	50~200万円	都市公園 市町村	・CO ₂ 固定量を求めることができない。 ・直近年のIKONOSデータがあるとは限らない。 ・新たにIKONOS画像を取得すると、さらにコストがかかる。	○
IKONOSとレーザープロファイラーの併用によるCO ₂ 固定量算定	樹高 樹木本数	CO ₂ 固定量 CO ₂ 年間固定量	小	96,000円/km ²	不要 (補正が必要なら要)	中	100~300万円	都市公園 市町村	・直近年のIKONOSデータがあるとは限らない。 ・直近年のレーザープロファイラーデータがあるとは限らない。 ・新たにIKONOS画像やレーザープロファイラーデータを取得すると、さらにコストがかかる。	○
	樹木面積	CO ₂ 年間固定量	小	96,000円/km ²	不要 (検証が必要なら要)	少	50~200万円	都市公園 市町村	・直近年のIKONOSデータがあるとは限らない。 ・直近年のレーザープロファイラーデータがあるとは限らない。 ・新たにIKONOS画像やレーザープロファイラーデータを取得すると、さらにコストがかかる。	△
ASTERIに基づくCO ₂ 固定量算定	樹木面積	CO ₂ 年間固定量	小	5.4円/km ² (19,600円/ヘクタール)	不要 (検証が必要なら要)	少	50~200万円	都道府県 国	・CO ₂ 固定量を求めることができない。 ・直近年のASTERデータがあるとは限らない。	◎
行政情報に基づくCO ₂ 固定量算定	樹木面積	CO ₂ 年間固定量	小	なし (複数自治体にまたがる場合は、活動コスト発生も)	不要 (検証が必要なら要)	少	50~200万円	市町村	・CO ₂ 固定量を求めることができない。 ・各市町村で調査年次が異なる。 ・各市町村で調査項目が異なる。 ・各市町村で調査精度が異なる。	◎

* 解析コスト算出における対象エリアは、武蔵野市と同程度(約10km²)の範囲を想定

表-3 行政担当者へのヒアリング結果

成果図面	利用性コメント
緑被分布図	空中写真の代替として使うのは困難だが、周辺自治体との関連を把握するには有用
樹高分布図	屋敷林等のまとまった樹林地に対する問い合わせが多いことから利用性は高い
樹木位置図	精度が低いながらも、これまで調べる術のなかった樹木全数がわかる点で有用
樹林地位置図	屋敷林等のまとまった樹林地に対する問い合わせが多いことから利用性は高い
樹種区分図	針葉樹/広葉樹よりも常緑樹/落葉樹の情報が必要

ないものの、調査の一部を代替し効率化を促す、新たな付加価値情報として調査に組み込むといった利活用が見込まれる。

今後は実用化へ向けて、事例の積み重ねによる精度の安定化を行っていく必要がある。

【参考文献】

- 1) 加藤正人：高分解能 IKONOS 衛星による針広混交林の樹種分類、森林航測、Vol.198,pp.6-9,2002
- 2) 堀隆博、澤口勇雄：高解像度衛星画像による樹種スペクトル特性、日本林学会学術講演会論文集、No.114,p.791,2003
- 3) 武蔵野市：武蔵野市のみどりー武蔵野市自然環境等実態調査報告書一、2001