

高解像度衛星画像による継続的都市緑地モニタリング手法の一提案

慶應義塾大学 ○田口仁・臼田裕一郎・福井弘道
日本スペースイメージング(株) 李雲慶

1. はじめに

都市域の自然環境を整備、維持していくことは人間環境の改善、および自然環境を保全する上で重要なテーマである。そして自然環境を保全・維持のための情報として、広範囲に植生の状態を捉えることが可能な衛星画像によりモニタリングする方法は有効である。従来衛星画像を利用した緑地や植生の環境をモニタリングする方法については多くの検討がなされているが、LandsatMSS, TM等の解像度が30m~80mの画像を用いるのが主流であり、都市内のような比較的小規模な緑地のモニタリングは難しい。IKONOSはPanchromaticで1m×1m、Multi spectralで4m×4mの解像度を有しており、小規模な緑地のモニタリングに適している。本研究では二時期のIKONOSデータにより、継続的に都市緑地をモニタリングする手法を検討し、かつ影の影響を見るために、レーザプロファイラ(LP)を使用した。

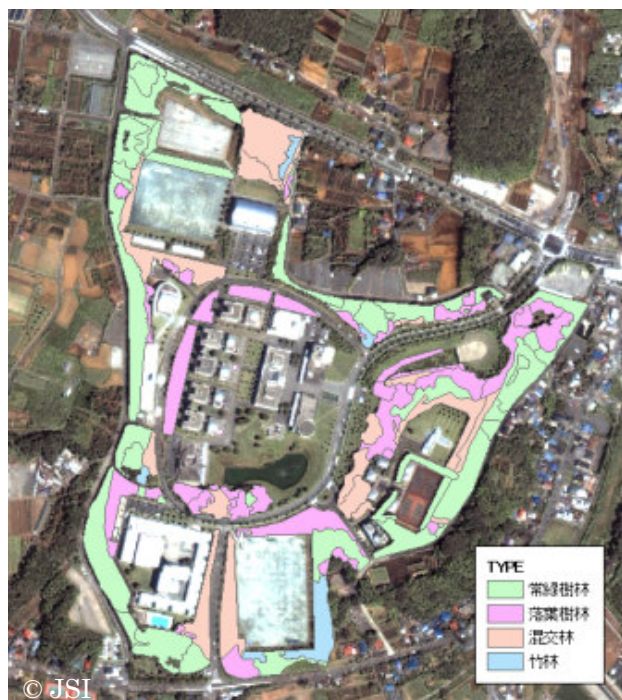


図1 現存植生図

2. 対象地域・データ

研究の対象とする地域は神奈川県藤沢市の慶應義塾大学湘南藤沢キャンパスである。当キャンパスの緑地は、多くが1990年の開学に合わせて創出されたものである。IKONOSデータは2000年2月と8月を使用し、LPデータは2002年7月のものを使用した。解像度1m×1mにリサンプルし、DSM(Digital Surface Model)化したものを使用した。

3. 植生図データの整備

継続的なモニタリング手法のひとつの方法として、あらかじめある一時期の環境情報データ(ベースとなるGISデータ)を作成しておき、以後はそのベースからの変化を時系列で捉えていくという方式が考えられる。ベースデータとして、キャンパス内の樹木の現存植生データを作成した(図1)。実際の属性データでは植生の名称等が入っているが、変化検出のために、常緑樹林・落葉樹林・混交林・竹林の4つの分類で行った。4つの分類にしたのは、2月と8月のNDVIの変化を比較したところ、この4つのタイプに分けられたためである。

4. 異常変化検出手法の検討

本研究ではそれぞれの時期のNDVIによる手法を検討する。NDVIの差を用いて変化検出をする場合、植生が異常な変化をしたと判断するために、明確なしきい値を設定して2値化することは困難である。なぜなら、異常な変化をしたときの値が不明なこと、異常な変化をしている植生の面積が不明なこと、そして影の影響が入るためである。そのため、2値で明確な異常変化箇所を決定するのではなく、異常変化した可能性が高い場所を段階による評価で表現する画像(異常変化ポテンシャル画像)を示すことが適切な方法だと考えた。それにより、変化箇所の「見逃し」を回避できる。フローは図2に示した。

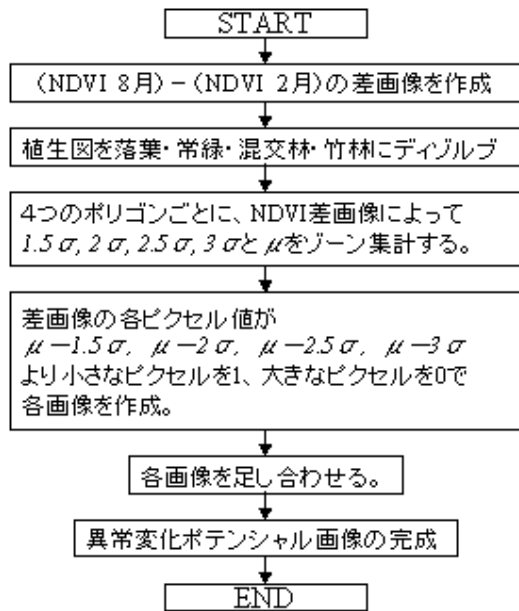


図 2 異常変化ポテンシャル画像のフロー

最初にそれぞれの画像で NDVI を計算し、8 月から 2 月を差し引くことにより、差画像ができる。それを落葉樹・常緑樹・混交林・竹林の分類ごとに、 σ は標準偏差、 μ は平均を表すと、 1.5σ , 2σ , 2.5σ , 3σ と μ を求める。2 月から 8 月への変化は、NDVI が増加するのが植生の政情の変化なので、変化が小さい、もしくは値が下がったピクセルが異常な変化とみなすことができる。よって $\mu - 1.5\sigma$, $\mu - 2\sigma$, $\mu - 2.5\sigma$, $\mu - 3\sigma$ より小さなピクセルを 1、大きなピクセルを 0 として各画像を作成し、最後に各画像を足し合わせて異常変化ポテンシャル画像を完成させる。この手法では、理想的な場合に差の画像は全体で正規分布をなしていると仮定している。その場合、 $\mu \pm 1.5\sigma$ の範囲に入るピクセルはポリゴン内のピクセルの 86.64% が含まれ、 $\mu \pm 2\sigma$ は 95.45%、 $\mu \pm 2.5\sigma$ は 98.76%、 $\mu \pm 3\sigma$ は 99.76% 含まれることになる。つまり、その範囲を外れるほど異常に変化した可能性が高いピクセルだと判断できる。異常変化ポテンシャル画像では 0 から 4 までの 5 段階で表示され、高い値ほどポテンシャルが高いことを示している。

図 3 には本研究で提案された異常変化ポテンシャル画像を示した。異常変化した可能性があるピクセルが細かく分布していることが確認できる。これは、木々の間に生じる影によって発生するも

のである。また、樹木の密度が低い場所では地表面の反射が影響し、まとまって異常変化として検出される箇所がいくつかあった。また、2000 年 2 月と 8 月の間では、植生の異常はなかったことが現地調査と空中写真判読で確認されているので、図 3 の画像は異常変化した箇所が無いという結果を表していると判断できる。しかし、実際にこの手法で解析してこの結果を得られたときに、細かく分布する変化の可能性が高いとみなされたピクセルは、植生の異常変化なのか、それとも影による影響なのかが不明である。本研究では影による影響を評価する方法として、LP データによる手法を提案する。



図 3 異常変化ポテンシャル画像

5. LP データによる DSM を使用した陰影図と Join 統計量による影評価手法

本研究で使用する LP データはリサンプリングした $1\text{m} \times 1\text{m}$ のデータで、木々の間を表現できており、IKONOS で影を表現している部分は LP データでも影として表現できると判断し、LP データによる DSM を利用した影評価手法を検討した。フローは図 4 に示す。



図 4 影評価法のフロー

ここで影の評価の指標として使用した JOIN 統計量は、もともとは空間的自己相関を分析するための指標となる統計量である。JOIN 統計量は普通、1と0の2値のラスターデータで計算され、ピクセルが1なら1どうし、0なら0どうしで集まる状態が正の空間的自己相関があるといい、1と0が混ざっている状態は負の空間的自己相関があるという。DSMを使って陰影図を作成する。提供された IKONOS のメタデータには撮影時間の太陽高度角、方位角が記述されている。今回は影が大きい 2000 年 2 月の画像における高度角、方位角を使用して陰影図を作成した。陰影図では 0 以下の値を示すピクセルは影とみなすことができる。0 以下を 1、0 より大きいピクセルを 0 で二値化画像を作成した。

この二値化画像によって植生図ポリゴンごとに JOIN 統計量が計算できる。この統計量は面積で割ることにより標準化した。図 5 にはポリゴンごとの標準化 JOIN 統計量を示す。

JOIN 統計量の値が大きく、細かい影の影響が出やすい場所が表現されている。値が小さいところは、細かい影の影響が比較的小さいか、大きな影があるか、影が無いかを表していることになる。

6. 考察

本研究では、異常変化を検出するために、それぞれの時期の NDVI による差画像を使用した異常変化ポテンシャル画像を作成した。この手法では、NDVI 差画像を 2000 年 8 月から 2000 年 2 月を引くことで得ているが、8 月から 2 月への変化でも差画像を使用できる。その場合、夏から冬へと季節が移行して植生の活性度が下がるが、常緑樹は大きな低下を見せないの、変化が平均値から標

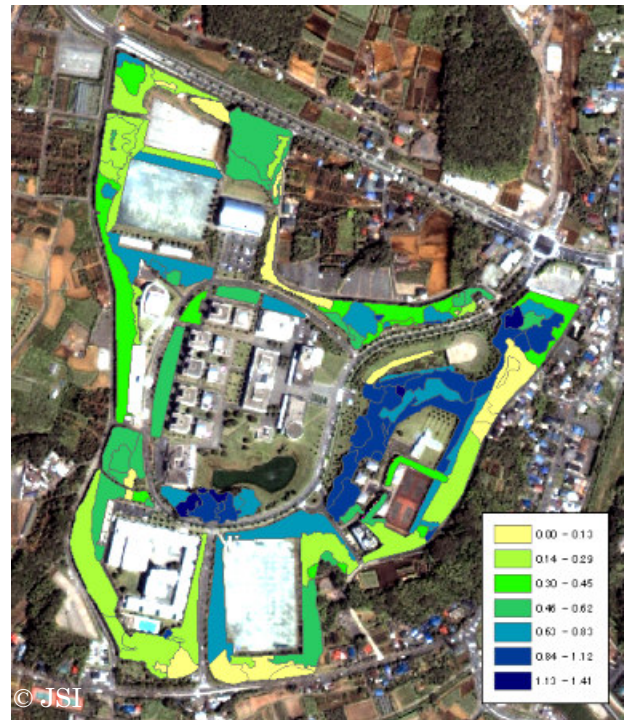


図 5 各植生図ポリゴンの標準 JOIN 統計量

準偏差で引いた値よりも小さな値の場合は、異常変化とみなすことが可能である。しかし、落葉樹は落葉するために異常変化を検出できない可能性がある。また、年は異なるが同じ季節という場合でも同様に差画像は適用可能である。このように、この手法では新しい衛星画像が手に入れば、季節変化をあまり考慮せずに差画像によって異常変化があるかどうかを分析できる。よって本手法は継続的にモニタリングする手法として有効だと思われる。また、どの場所でどれくらいの異常変化があるかは不明であるので、5 段階のポテンシャルによって異常変化の可能性を評価した。この手法によって、「空振り」は多くなる可能性があるが、「見逃し」を防ぐことは可能だと考えられ、有効な手法だと考えられる。

影評価手法では、ポリゴンごとの標準化された JOIN 統計量の値により、木々の間の影によって誤って異常変化と検出されてしまうピクセルの多さを示すことができた。よって、この指標は影の影響を考慮するための判断材料になりうる。

今まで提案してきた手法の評価を行うために、植生図の 1 箇所実際に異なる属性を入れて、異常変化ポテンシャルが高く検出されるかどうかをデモンストレーションした。このケースでは 8

月から2月へ移行した場合の変化検出である。実際には落葉樹の場所だが、植生図には常緑樹とした。つまり、落葉樹であるから平均の常緑樹ポリゴンにおけるNDVIの低下の度合いが大きくなるはずであり、異常変化ポテンシャルが高いピクセルがまとまって分布するはずである。図6にデモンストレーションした結果を示す。大部分が異常変化の起きた場所として検出されていることがわかる。また、標準化JOIN統計量は0.60で、全ポリゴンの平均0.52より大きい。細かく影の影響が入るところでは1.0をこえる所が多いので、細かい影の影響ではなく、影が無い、大きい影があるかのどちらかとなる。衛星画像を判読すると、大きな影はないと判断でき、そこは植生が異常変化している可能性が高いと判断できるのである。

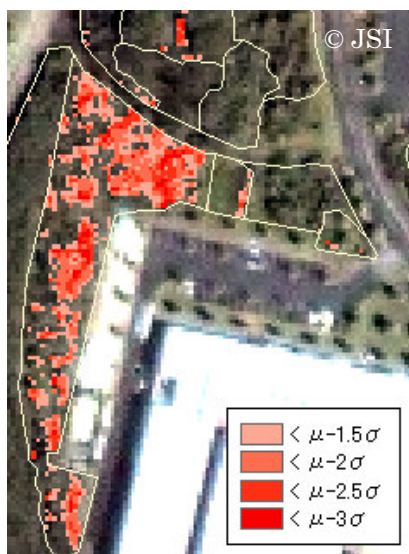


図6 デモンストレーション結果

7. まとめ・今後の展望

本研究ではIKONOSによる継続的都市緑地モニタリング手法を提案した。それのより、NDVIの差画像を、ゾーンによる集計で平均値と標準偏差を用いることにより、異常に変化したポテンシャルが高い場所を示すことができた。そして、異常に変化した場所を示すことができたと同時に、影により誤ってポテンシャルが高いと示される場所が見られ、影の影響を評価するために、LPデータによるDSMを用いて求めた標準化JOIN統計量は、影の影響を評価する指標となった。

以上の点から、本研究で提案した手法は継続的

に緑地をモニタリングするために有効な手段であることが示された。

今後もこのサイトで継続的にモニタリングを行っていき、手法をさらに改善していく予定である。そして草地や単木のモニタリング手法についても検討していきたいと考えている。

なお、本研究で使用したIKONOS画像は、日本スペースイメージング(株)より、共同研究「IKONOS及びLPデータの実利用に向けた基礎研究」の一環としてご提供いただいたものである。

参考文献

張長平：地理情報システムを用いた空間データ分析，古今書院，2001.

謝辞

植生図作成を指導していただいた慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科1年石渡佐和子さんにも感謝の意を表したい。