

航空機MSSによるNDVI分布特性と樹幹形状の関係について

Measurement of plant NDVI by MSS and its characteristics

藤野毅*・浅枝隆**・中津川徹***・坪松学****

by Takeshi FUJINO, Takashi ASAEDA, Toru NAKATSUGAWA, and Manabu TSUBOMATSU

ABSTRACT; Very high resolution NDVI distributions for single tree were measured by an airplane MSS sensor at Tama Central Park in summer. From these NDVI distributions, Leaf Area Index and Leaf Area Density distributions for single tree, and characteristics of the shape for several kinds of tree were given. These results will be used as calibration data for the numerical model or existing Satellite Data.

KEY WORDS; MSS, NDVI, LAI, evapotranspiration, cool island

1. はじめに

都市内の公園緑地は、ヒートアイランド現象の緩和に寄与するクールスポットの役割を果たすものとして、熱環境の観点からも重要である。これまで、植生の熱環境に及ぼす効果については水分の蒸散や日射の遮蔽があるというところまでは定性的にわかっているものの、ミクロなレベルで樹幹の形状や植生密度の違いがどの程度これらの効果に寄与するのかといった定量評価はほとんどなされていない。また一方で、植生の熱・水収支に関する厳密な数値モデルが確立されつつあるものの、それに対応するだけの実測値が極めて少ないためにこれまでマクロには推定されてきている蒸散等の熱・水収支の定量化は単体の樹木になるほど厳密さが要求され、困難になってくる。これを解決すべき大きなパラメターの1つとして、樹幹がどのような葉群で形成されているのか、すなわち葉面積密度がどのようなものであるのかを知ることが極めて重要であろう。利用目的にもよるが、従来の人工衛星を用いたリモートセンシング技術では広域なものについてはある程度の精度で収支その他を評価できるものの、細かな影響を考慮した高い精度を得ることは事実上不可能である。

* 正会員 博士 埼玉大学助手 理工学研究科 環境制御工学専攻
(〒338 浦和市下大久保 255)

** 正会員 工博 埼玉大学助教授 理工学研究科 環境制御工学専攻

*** 学生員 日本大学大学院 生産工学部 土木工学専攻
(〒275 習志野市泉町 1-2-1)

**** 正会員 日本大学専任講師 生産工学部 土木工学科

こうした背景から、本研究では小規模緑地の熱環境緩和効果を定量評価することを目的に、まず航空機による高分解能を有するMSSセンサーを利用した植物活性度(以下、NDVIと称する)を測定し、単独の樹木についてその分布特性について考察し、樹幹の形状との関係について検討した。

2. 観測概要

観測対象地は東京都多摩市の多摩中央公園である(図-1)。航空機は、1995年8月16日に朝8時から15時まで計6回飛行した。高度は約760mである。MSSセンサーの地上分解能は1.2mである。NDVIの値は、次のように定義している。

$$NDVI = (Band4 - Band3) / (Band4 + Band3) \quad (1)$$

ここで、各Bandの波長は、Band4: 0.95~1.10 μ m

Band3: 0.65~0.70 μ mである。

この航空機観測と平行して、地上では気象観測を行った。さらに、航空機で得られたNDVIがどの樹木であるのかを知るために、植生調査も行った。

3. 観測結果及び考察

3-1 NDVI分布

図-2に、航空機MSSによって正午に計測された多摩中央公園内の全体のNDVI分布図を示す。ここで、NDVI値については太陽の天頂角による補正が必要であるが¹⁾、今回の計測が夏季に行われたことと、正午の値を用いることより、ここでは厳密な補正を行ってはいない。これより、0.4以上の高い値が得られた部分は高木が立っている地域と一致している。次に、単独に立つ1本の木について細かく検討する。ここで選ばれた木は、地面の影響が入らないようにするためコンクリートか芝地上に立ち、それら地面のNDVI値が0.4以下の低い状態であるものに限った。ここではクスノキとケヤキが選定された。まず図-3(a)(b)は、それぞれの樹木と直角に2方向から木の側面を写真撮影したものである。これらを写真測量より木の高さと、木の中心からの距離の関係を求めた。これらを図-4(a)(b)に示す。グラフから双方の樹木とも木の中心が高く、中心より離れるに従い低くなる形状を持っている。また、それぞれの樹木を2方向から見たときと比べてみると、樹幹部の高さが大きく違う部分があり、このことから樹幹部の表面の茂りかたが一樣ではなく、かなり凸凹しているということもわかる。図-5(a)(b)に、それぞれのNDVIの分布を示す。両者とも値は0.4~0.7の範囲を持っており、木の中心付近が最も高く、中心より離れるに従い値が低くなってくる傾向が見られた。

3-2 LAI及び葉面積密度に関する評価

次に、それぞれの樹木が実際にどれだけの葉群を有しているのかを調べるために、この値を葉面積指数(以下、LAIと称す)に換算する。用いた換算式はNemaniとRunning(1989)の式であり、これは衛星リモートセンシングによるかなり広域なものについて適用されているが、他に細かい精度では現存しない点、およびNDVIとLAIは正の相関を持つという仮定より、まずはその傾向をさぐることを目的に使用した。図-6(a)(b)に、それぞれクスノキとケヤキのLAI分布を示す。結果はNDVIの場合と同様、木の中心付近が最も高く、中心より遠くなるに連れ、LAIの値が低くなっている。それぞれの特徴として、クスノキは、木の中心付近の一部に、またケヤキは、中心から広い範囲に渡って高い値が分布しているように見える。

ここで、葉面積密度について考える。LAIは1つの木を水平方向に何層かに区切り、それぞれの層において葉面積密度が一定であると仮定し、それを高さ方向に積分して得られる。この関係を

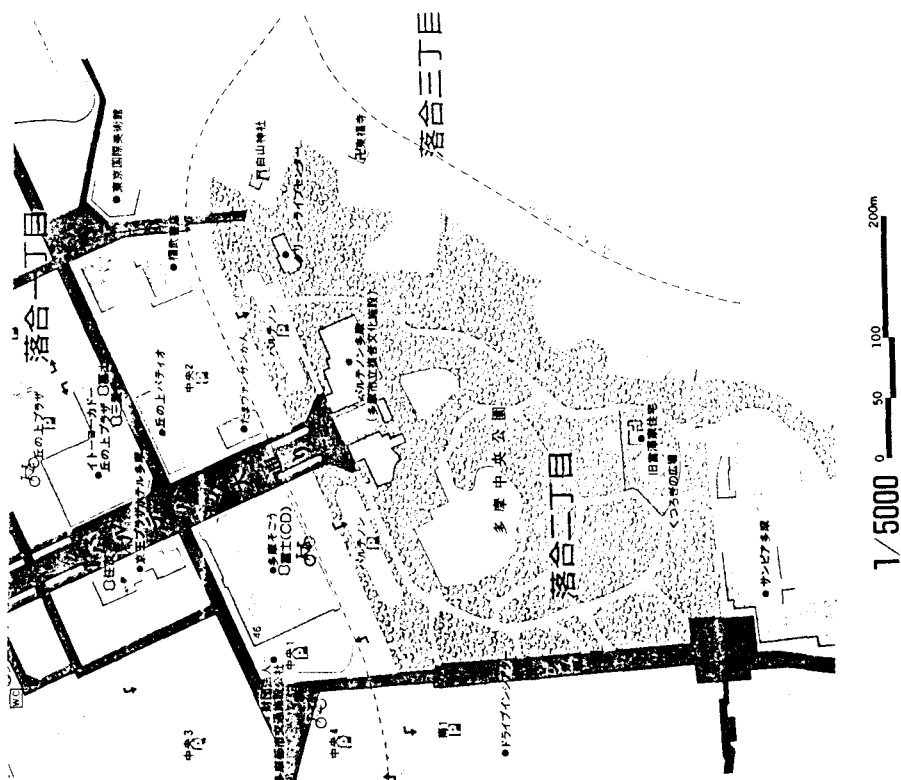
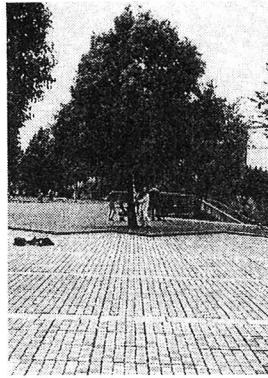
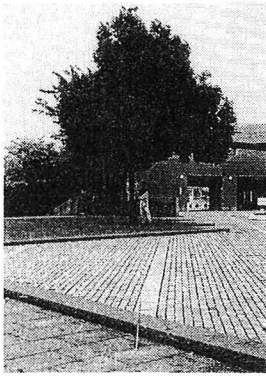


図-1 観測対象値



図-2 NDVI分布 (12:00, 1.2m メッシュ)



No. 4-1 南西方向から撮影

No. 4-2 南東方向から撮影

樹木の写真 (クスノキ)

図-3 (a)

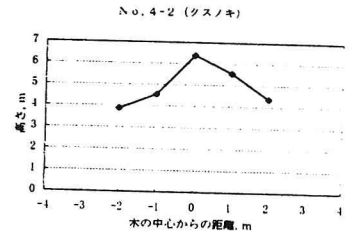
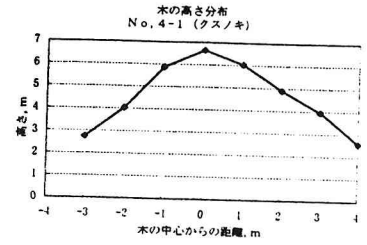
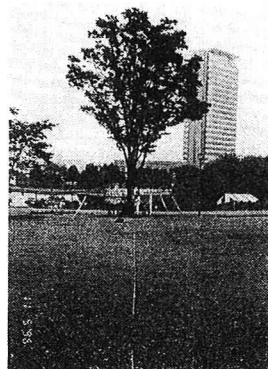


図-4 (a)



No. 24-1 南西方向から撮影

No. 24-2 南西方向から撮影

樹木の写真 (ケヤキ)

図-3 (b)

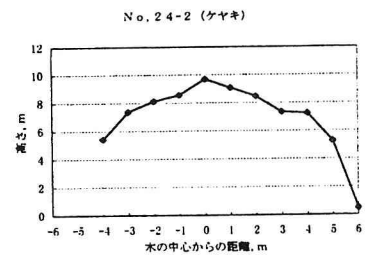
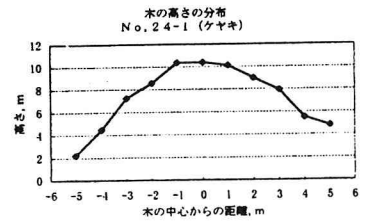
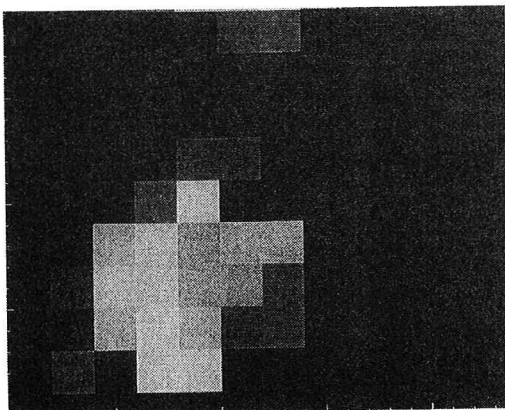
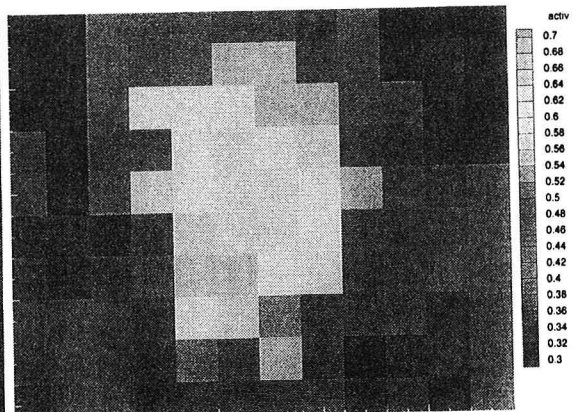


図-4 (b)



(a) クスノキ



(b) ケヤキ

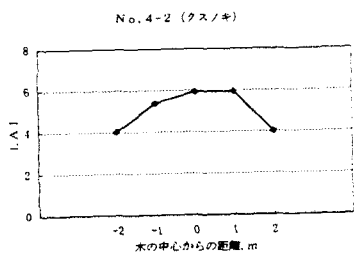
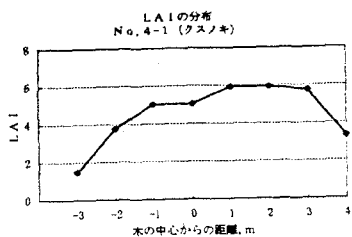


図-6 (a)

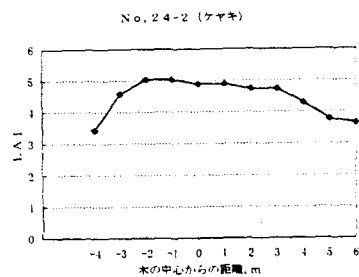
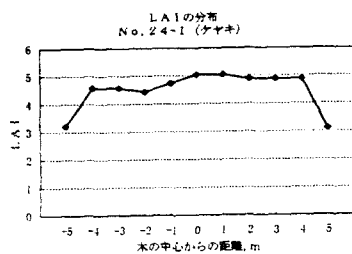


図-6 (b)

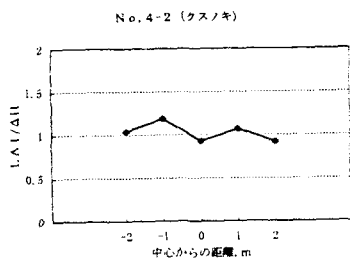
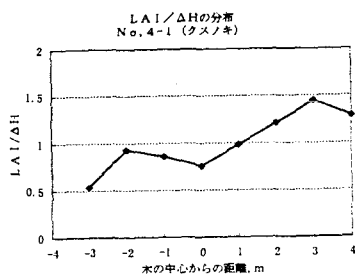


図-7 (a)

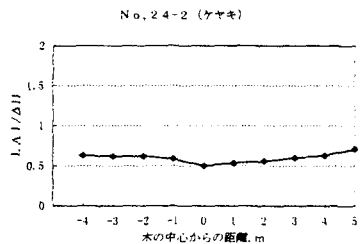
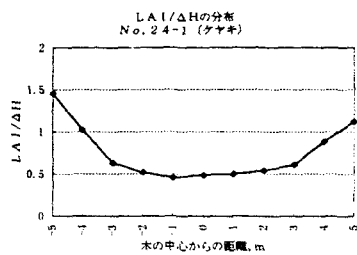


図-7 (b)

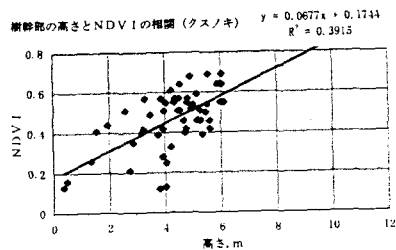


図-8 (a)

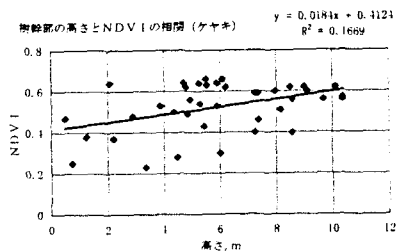


図-8 (b)

利用して、それぞれ1.2m四方に区切られた気柱に対する葉群の存在する体積を先の写真測量によって算出し、さらにそれぞれの気柱における葉面積密度は一定と仮定する。するとLAIとその気柱での体積から、気柱平均の葉面積密度が得られる。こうして得られた葉面積密度の水平分布を図一7(a)(b)に示す(図中の ΔH はその位置での葉が存在する高さを示す)。すると今度は、クスノキとケヤキにおいて木の中心が最も低く、先のNDVI、LAIそれぞれの分布とは逆の傾向が得られた。特にケヤキにおいては、その傾向がはっきりとわかる。すなわち、このことはそれぞれの木の中心部分は周りと比べて中空になっていることの傾向を現わすものと評価されよう。従来の水平方向に一樣と仮定される葉面積密度は、当然のことながら水平分布を持つことがわかる。

3-3 樹幹の構造と気候緩和効果に関する樹種別評価

図一8(a)(b)に、樹幹部の高さとクスノキとケヤキそれぞれの樹幹部分の高さとNDVI値の相関を示す。これらより、クスノキでは樹幹部分の高さが高くなるほど、NDVIの値は増加する傾向が見られる。一方のケヤキでもその傾向は同じであるが、その勾配はかなりゆるいものと示された。このことは、クスノキは成長するとともに縦にも横にも葉群を広げるのに対し、ケヤキは比較的横に大きく広がる傾向にあることを示している。

最後に、航空機と同時、あるいは同季節に行われたこれら樹木群の微気候緩和効果を調べるために、13箇所の樹幹下と芝地および近接するレンガ通りにそれぞれ温度計を設置し、それぞれの場所の日射、上向き・下向き赤外放射を測定した。その結果、公園内に林立するどんなに小さな緑地でも、基準とするレンガ道路上での気温と比べて1日中1℃以上低いことが認められた³⁾。しかし、公園内での緑地の各観測ポイント同士を比較すると、10m四方の中に樹木の本数が大きく異なっているにもかかわらず、気温差を評価するまでには至らなかった。緑地の規模からそれぞれの違いを評価するためには、まだ小さすぎるスケールであるかもしれないし、観測精度をもっとあげる必要のあることがわかった。

4. おわりに

これまでの森林のNDVIに関する衛星リモートセンシング技術はその解像度の粗さから樹幹1本1本に対する評価が不可能であったが、今回の高解像度を持つセンサーによってそれぞれ樹木の特徴についてはじめて捉えることができた。今度の課題は、LAIへの換算について独自に算出する方法を確立し、今回のセンサーの解像度なみの精度で現すことが必要であろう。これがより精度よく現せられれば樹幹1本に始まり、既存の衛星リモートセンシングにも貴重なキャリブレーション資料としても用いられることが期待できる。

最後に、本研究で用いた航空機MSSの観測は住宅都市整備公団南多摩開発局工事部工事第2課、(財)日本緑化センター緑化計画部、および日本工営(株)によって行われたものである。また、本研究を行うにあたって日産科学振興財団の研究助成を受けた。

参考文献

- 1) Nemani, R.R. and Running, S.W. (1989): Testing a theoretical climate-soil-leaf area hydrologic equilibrium of forests using satellite data and ecosystem simulation, *Agricultural and Forest Meteorology*, 44, pp.245-260.
- 2) S.M. Singh (1988): Lowest order correction for solar zenith angle to Global Vegetation Index data, *INT. J. REMOTE SENSING*, 9, pp.1565-1572.
- 3) 中津川徹・坪松学・田中博春・藤野毅・浅枝隆(1996): 航空機MSSによる公園内植生NDVI測定と樹種別の特徴, 日本リモートセンシング学会第21回学術講演会論文集, pp.175-176.