



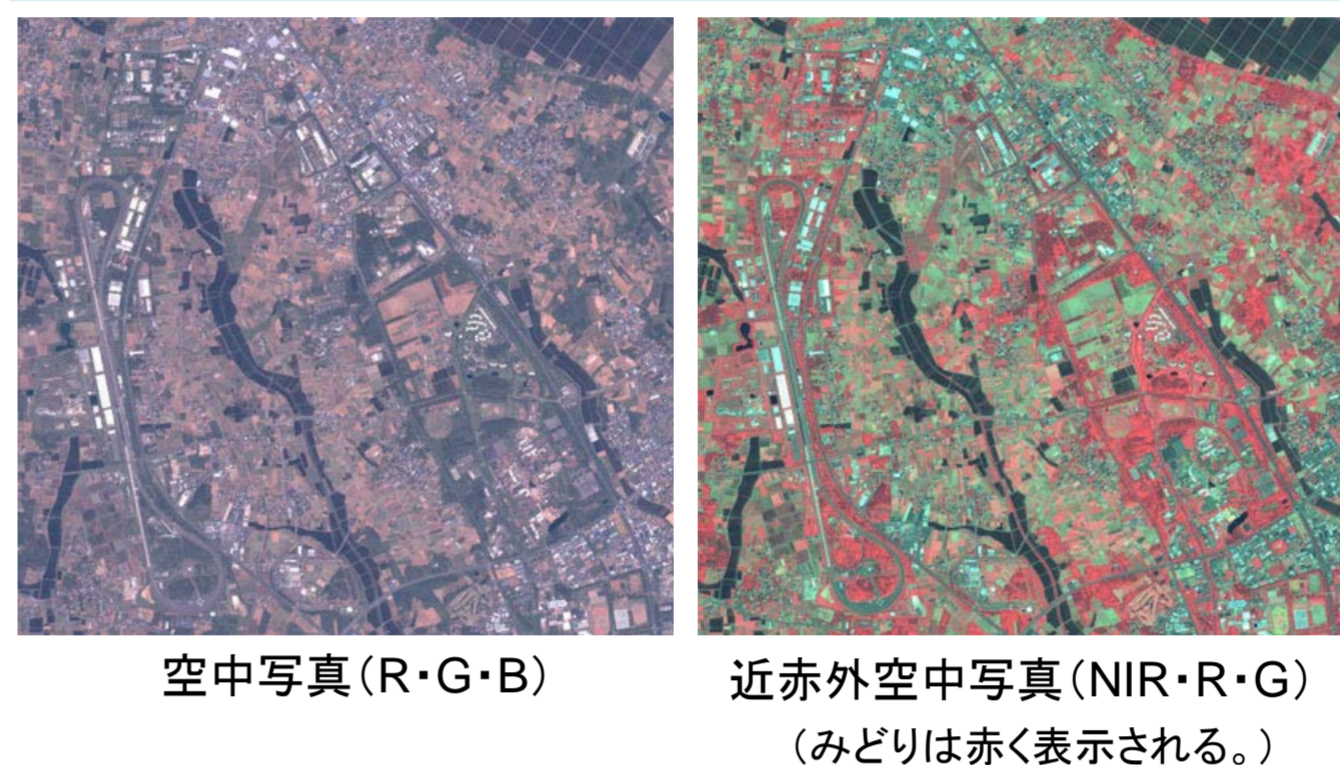
# 都市のみどりの3次元での把握と、みどりの環境改善効果

みどりは都市の環境に大きな影響を与えるものでありながら、その実態を捉えることが難しい存在です。都市のみどりは、その周辺環境によって成長・衰退し、メンテナンスによる剪定、あるいは伐採や植樹、季節によってもその姿が大きく変化しています。都市のみどりの様々な機能を効果的に発揮させるためには、まず、みどりの本当の姿を把握し、分析・評価することが重要です。

## 都市のみどりの現況調査

みどりの状況は、都市計画基礎調査やみどりの実態調査によって、概ね5年ごとに調査されています。都市の広域的なみどりは、近赤外を含む空中写真を用いて正規化植生指数(NDVI)により判読されています。これにより、市街地内のみどりの分布状況や緑被率を知ることが出来ます。緑被率は、みどりの増減を把握しやすい指標ですが、立体的に分布しているみどりの機能を評価するには必ずしも十分ではありません。しかし、都市のみどりの量的な把握は困難なため、公園緑地等における高木本数の調査に留まっているのが現状です。

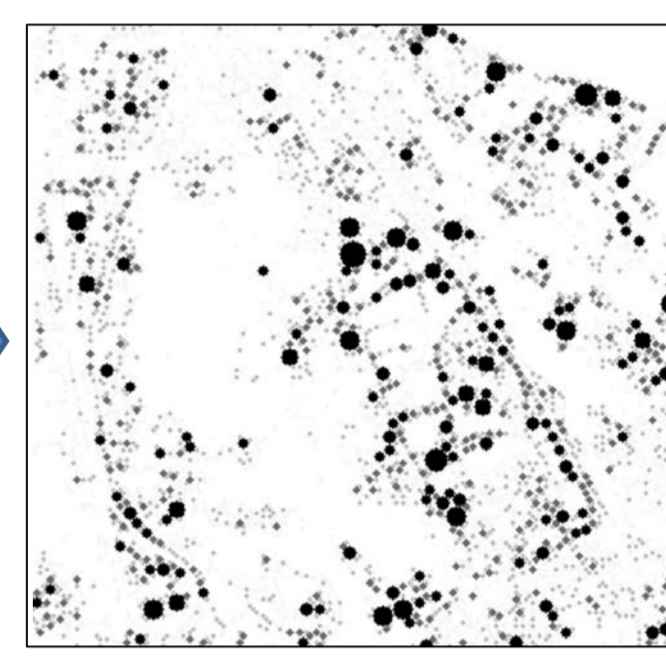
### 空中写真によるみどりの調査 (2次元)



空中写真(R・G・B)

近赤外空中写真(NIR・R・G)  
(みどりは赤く表示される。)

### みどりの体積を簡易に調査



みどりのまとまり分布

## 都市のみどりの調査手法を高度化

国総研では、都市におけるみどりの環境改善効果を分析するための新しい調査手法として、公園だけでなく民有地を含む市街地内のすべてのみどりを対象に、立体的なみどり量の分布(体積や葉面積密度)を計測する手法の開発に取り組んでいます。

### 航空レーザ計測による調査 (3次元)

GNSS装置  
レーザスキャナ  
慣性航法装置(IMU)  
デジタルカメラ

航空機(回転翼)に搭載されたレーザ計測と写真撮影の機材

レーザ計測と葉面積密度の関係分析

航空レーザ計測データの例(つくば市 研究学園)  
樹木も建物も地表の凹凸すべてを空からレーザで3次元計測

### 樹木の葉面積密度調査

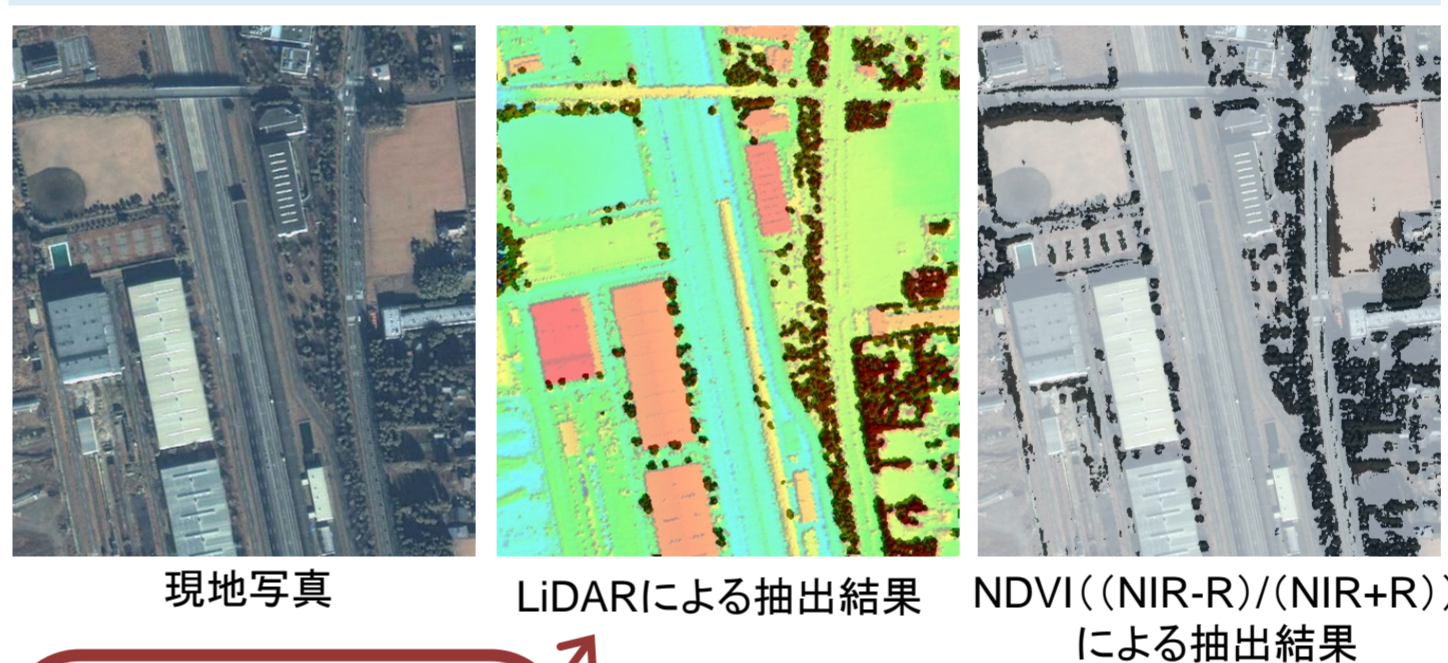


- 航空レーザ計測により、都市のみどりを3次元的に計測。
- 数値計算(CFD)に必要な不可欠な葉面積密度(LAD)を推定する手法を検討。

(参考文献) 大橋征幹: 樹木の航空レーザ計測と葉面積密度の調査, 日本建築学会大会学術講演梗概集 DVD-ROM, 2014.9

### 空中写真が無くともレーザ計測のみでみどりを抽出

#### 航空レーザ計測(LiDAR)と空中写真(NDVI)の緑被抽出比較

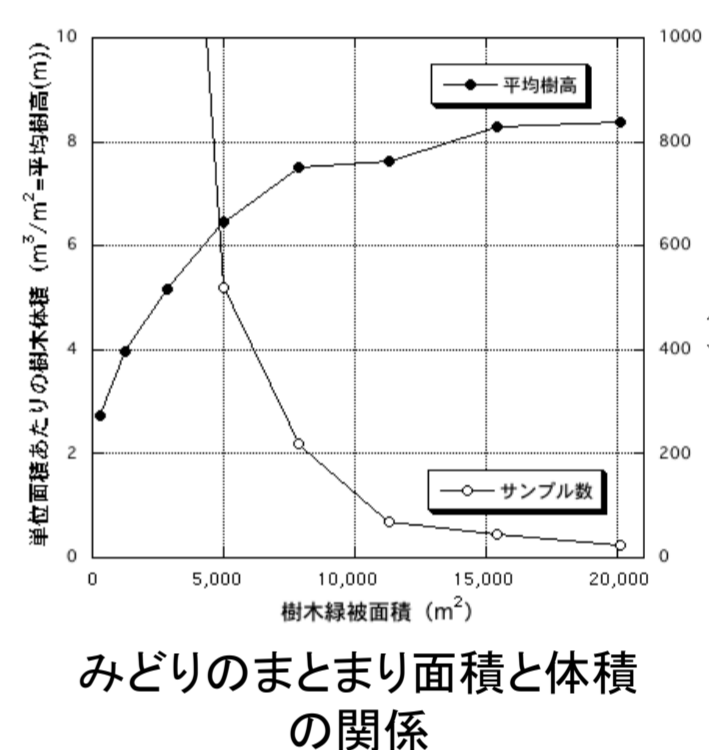


レーザデータのみの場合※  
建物 樹木  
樹木はレーザ反射点の分布が複雑になる特徴を利用。

#### つくば地区を対象とした比較結果

	LiDAR	NDVI
緑被率	18.5%	32.8%
緑の体積の割合(緑/全地物)	62.6%	62.7%

※ 地表データ(DSM)の高さ変化の特徴から樹木を判読しているため、芝生などの地被植物が含まれない樹木緑被率を表している。



レーザ計測による3次元のデータが無くとも、空中写真から判読した2次元の緑被データを利用してみどりの体積を推定。

## みどりの環境改善効果をCFDで検討

### 風洞実験による樹木の乱流モデル開発

植物キャノピーk-ε乱流モデル基礎式

(連続的式)  
 $\frac{\partial U_i}{\partial x_i} = 0$

(平均流の式)  
 $\frac{\partial U_i}{\partial t} + U_j \frac{\partial U_i}{\partial x_j} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left( \frac{P_i + 2k}{\rho} \right) + \frac{\partial}{\partial x_j} \left( v_j \left( \frac{\partial U_i}{\partial x_j} + \frac{\partial U_j}{\partial x_i} \right) \right) - F_i$

(kの式)  
 $\frac{\partial k}{\partial t} + U_j \frac{\partial k}{\partial x_j} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left( \frac{v_i}{\sigma_k} - C_{\epsilon} \cdot \frac{\partial k}{\partial x_i} \right) + S - \epsilon + F_k$

(εの式)  
 $\frac{\partial \epsilon}{\partial t} + U_j \frac{\partial \epsilon}{\partial x_j} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left( \frac{v_i}{\sigma_{\epsilon}} \frac{\partial \epsilon}{\partial x_i} \right) + \frac{\epsilon}{k} (C_{1\epsilon} \cdot S - C_{2\epsilon} \cdot \epsilon + C_{\rho\epsilon} \cdot F_{\rho})$

$S = v \left( \frac{\partial U_i}{\partial x_i} + \frac{\partial U_j}{\partial x_j} \right) \frac{\partial U_i}{\partial x_i}$

$v_i = C_{\nu} \frac{k^2}{\epsilon}$

$F_i = C_{\rho} \cdot a \cdot U_i \cdot \sqrt{U_i^2}$

$F_k = U_i \cdot F_i - 4C_{\rho} a \sqrt{U_i^2} k$

$F_{\rho} = a \cdot k^{3/2}$

$C_{\nu} = 0.09, \sigma_k = 1.0, \sigma_{\epsilon} = 1.3$

$C_{1\epsilon} = 1.44, C_{2\epsilon} = 1.92, C_{\rho\epsilon} = 2.5$

記号  
 $U_i$ : 流速の3成分  
 $k$ : 乱流エネルギー  
 $\epsilon$ : kの散逸  
 $v_i$ : 渦動粘性係数  
 $\rho$ : 密度  
 $P$ : 圧力  
 $a$ : 葉面積密度  
 $C_i$ : 抵抗係数

### 歩行者の安全・快適性や風の道に配慮した植栽方法の検討(街路樹の位置による風の流れを確認)

樹木がない場合

樹木が両サイドにある場合(p1)

樹木が中央にある場合(p2)

螺旋状に流れる街路風

建物のCFD

樹木の気流性状の把握

(参考文献) 大橋征幹: 単独樹木周辺の気流解析に関する研究, 日本建築学会環境系論文集No.578, pp.91-96, 2004.4  
大橋征幹: 街路樹のある街路空間の気流解析, 日本建築学会大会学術講演梗概集 環境系CD-ROM, 2007.8

H27年度からは、みどりによる熱環境改善効果に基づく低炭素都市づくりにこの技術を活用して、みどりが周囲の熱的環境に及ぼす影響を、熱や風の流れを数値計算によって分析するCFD(数値流体力学)の手法により街区レベルで再現、評価して、低炭素化効果を定量的に換算する手法を確立するための研究を開始します。最終的には、みどりの調査や評価において、高度な数値計算を必要とせず、入手できるデータに限られている場合でも、ある程度の調査が簡易にできるように、地方公共団体が利用しやすいかたちでの技術提供を目指していきます。



研究成果や技術支援情報などをお届けする  
国総研メールサービスの登録はこちらから

<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/mailmag/>