

(55) 航空機 LiDAR を用いた囲繞度の推定手法の開発

Development of a method to estimate enclosure index using airborne LiDAR

小宮佑登¹・上田ゆかり²・須崎純一³

Komiya Yuto, Ueda Yukari, and Susaki Junichi

抄録: 都市の景観を管理する上では景観の統一性・連続性が重要であるが、これらを分析するには広範囲における景観の把握が必要である。航空機LiDAR (Light Detection and Ranging)は、広範囲の3次元の座標を高速に取得することができる。本研究では航空機LiDARで計測したDSM(Digital Surface Model), DTM(Digital Terrain Model)のデータを用いて、広範囲における任意の地点での囲繞度を推定する手法を提案した。囲繞度は、視野中の地物の立体角の占める割合として推定した。やや過小評価気味ではあったが、囲繞度を誤差約6%で推定することができた。

キーワード: 囲繞度, 航空機LiDAR, DSM

Keywords: the enclosure index, airborne LiDAR, DSM

1. 背景と目的

2004 年に日本初の景観に関する総合的な法律である景観法が施行されたことにより、公的な領域のみでなく門や塀、建物までのアプローチなどの境界領域を含めた景観整備を進めるための基盤が整った。実際に、道路における緑量や圧迫感を規定する自治体が出てきている。道路景観において重要なのは、景観の連続性や統一性であるとされている。連続性や統一性を管理するには、広範囲を対象とした景観の管理が必要である。

航空機を用いた観測は、広範囲の景観を把握できるといった特徴がある。航空機を用いた計測には、航空機搭載型 LiDAR(Light Detection and Ranging) 計測や航空写真による観測などがある(図-1)。航空写真では 2 次元の座標(x,y)を得ることができ、RGB 情報からその地点の属性を得ることが出来るが、地表面に対して垂直な座標を得ることは出来ない。一方、航空機 LiDAR では計測点の属性を観測することは出来ないが、建物を含めた表面形状の 3 次元座標(x,y,z)を得ることが出来る。

本研究では、航空機 LiDAR から取得したデータから景観指標を推定し、広範囲における推定値を簡便に取得することを目的として、道路上の任意の視点における囲繞度を推定することを試みた。

2. 対象地域と使用データ

京都市東山区法観寺周辺の約 0.9 km×1.1 km の範囲を対象とした(図-2)。

本研究では航空機 LiDAR データを使用した。航空機 LiDAR には複数のパルスモードが存在する(図-3)。ラストパルスモードでは、反射光のうち最も遅く帰ってきた光線から反射点との距離を測定する。よって、レーザ光が透過しやすい植栽域では、DSM(Digital Surface Model)が実際の植栽上面の標高よりも低く計測される可能性が高い。ファーストパルスモードでは、反射光のうち最も早く帰ってきた光線から反射点との距離を測定する。よって、レーザ光の透過しやすい植栽域でも、植栽上面の標高を取得できる可能性が高い。囲繞度や緑視率推定のためには、地表面の標高と、建物や植栽上面の標高が必要である。地表面の標高を求めるにはラストパルスモードが、建物や植栽上面の標高を求めるにはファーストパルスモードが適している。地表面の標高を求めるのに適したラストパルスデータは一般的によく用いられており、既製品として安価に入手可能である。一方、ファーストパルスデータは既製品として普及しておらず、発注するのに費用がかかってしまう。本研究では広範囲のデータを使用するため、安価で入手しやすいラストパルスモードでの計測結果を使用した。

1 : 学生会員 京都大学大学院 工学研究科 社会基盤工学専攻
(〒615-8530 京都府京都市西京区京都大学桂, Tel :090-7491-3047, E-mail : komiya.yuuto.66s@st.kyoto-u.ac.jp)
2 : 非会員 関西大倉高等学校
3 : 正会員 京都大学大学院 准教授 工学研究科

2002 年 6 月(一部 2003 年 2 月)に取得した航空機 LiDAR データ(ラストパルスモード)を用いた。LiDAR データの計測点密度は 1 m 四方に 1 点、水平精度は± 50 cm、標高精度は±15 cm である。諸元を表-1 に示す。

3. 囲繞度の推定

街路景観の研究としては篠原・屋代¹⁾の研究や、亀野・八田²⁾の研究が挙げられる。これらの研究では街路幅員建物比(Hb/W)・樹高幅員比(Hw/W)を用いて街路空間の好ましさを評価している(図-4)。これらの値はある程度大きくなると、閉鎖感は飽和状態に達し、値が変化してもあまり閉鎖感に差が出なくなる。本研究では、囲まれ感を視野中における地物の立体角の占める割合で表すこととした。

(1) 囲繞度の定義と推定法

視界の範囲の立体角中における地物が占める割合である、と定義した。視界(方位角 0-360°、仰角-90~90°)内に視線を仰角方位角ともに 1° ずつ設定し、各視線について地物で遮断されるか否かを判断した(図-5)。それから囲繞度の推定値を次のように求めた。

囲繞度[%]=遮断された本数/全視線数*100

(2) 航空機 LiDAR データの前処理

植栽、建物の高さを含む標高のモデルを数値表層モデル DSM(Digital Surface Model)と呼び、地表面のみの高さのモデルを数値標高モデル DTM(Digital Terrain Model)と呼ぶ(図-6)。航空機 LiDAR で計測されるのは DSM の離散的な点群であり、Susaki³⁾の研究と同様の処理を行うことにより DTM 値を得、さらに補間を行うことで全点の DTM 値と DSM 値を得た。DTM 値=DSM 値の点は地表面上の点である。

DTM 値と DSM 値の補間法について記す。DTM 値の補間では、注目点近傍にある DTM 値を利用して補間を行った。DSM 値の補間では地表面上の点と非地表面上の点のうち多い方の属性を、注目点の属性に採用した(図-7)。注目点が非地表面上の点の場合は、近傍の非地表面上の点の DSM 値を利用して補間を行い、注目点が地表面上の点である場合は DSM=DTM なので、DTM の値を DSM 値に採用した。ただし近傍の点を利用した補間では、距離の逆比を重みとして利用している。補間結果が図-8 である。

(3) 囲繞度の推定結果

図-9 に航空写真に囲繞度推定結果を重ねた結果を示した。密集した家屋に挟まれた細い道路では、囲繞度が高くなっているのが分かる。一方で広い空間が存在する地点での囲繞度は低くなっている。

対象地域内の計 25 地点で魚眼レンズを用いて写真を撮影し、囲繞度の実測値を計測した。航空機 LiDAR のラストパルスデータを用いて推定した結果と比較し、

推定値の妥当性を検証するのに用いた。まず、魚眼レンズの中心を水平方向に設置して各地点で前後計 2 枚の写真を撮影し、それぞれの写真から空の部分を手動で抽出した。イメージサークル内の部分の中で、空でない部分の割合を囲繞度の実測値とした。(図-10)。

検証地点における計算結果と実測値を図-11 に示した。平均二乗誤差 RMSE = 約 6% と精度よく推定することが出来た。ただし計算を行ったのは道路上の点のみである。

4. 考察

囲繞度は全体として実測値に比べやや低い値が推定された。これは、今回使用した LiDAR データがラストパルスデータであったためと考えられる。ラストパルスデータは航空機から最も遠い反射点の座標群であり、植栽の上面より低い値をとっている可能性が高い。

囲繞度の推定値と実測値の平均 2 乗誤差 RMSE は約 6%であり、過小評価気味ではあるものの、航空機 LiDAR データから囲繞度を妥当に推定することが出来た。

5. まとめと今後の課題

(1) まとめ

本研究では、航空機 LiDAR データを用いて、道路上の任意の視点からの囲繞度を推定する手法を開発した。「囲繞度 = 視界内の全ての地物の立体角 / 視界の立体角」と定義し、地面・建物・植栽などに遮断された視線数[本]を全視線数[本]で除した値を囲繞度推定値とした。検証点 25 点での囲繞度実測値との RMSE = 約 6%であった。全体的に過小評価ではあったが、妥当に囲繞度を推定することが出来た。

(2) 今後の課題

植栽域が低く計測されているため、全体が過小評価になっていると思われる。これを改善するために、植栽域と非植栽域それぞれにおけるラストパルスモードでの DSM 計測値と真値との関係を把握し、補正法を開発することが今後の課題である。

また、視線が遮られるかを判定する際、視線の本数・囲繞度計算範囲が大きくなると非常に時間がかかってしまう。そのため、囲繞度計算の効率を上げることも課題であるといえる。

表-1 航空機 LiDAR の諸元

地区名	東山
取得者	朝日航洋(株)
取得日	2002 年 6 月～2003 年 2 月
レーザーモデル	ALTM-1225DC
搭載航空機	Cessna 式 208 型
公称取得点密度	1 m 四方に 1 点
実質取得点密度	1 m 四方に 1 点
対地高度	900～1000 m
水平精度	±50 cm
標高精度	±15 cm(対地 1/2000 の場合)

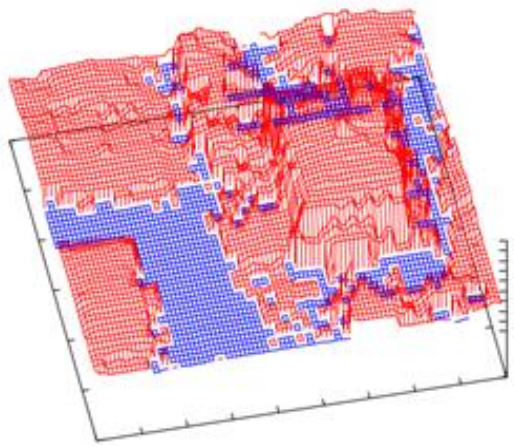


図-1 航空機 LiDAR で取得した 3 次元座標データ



図-2 対象地域の航空写真(約 0.9km×約 1.1 km)

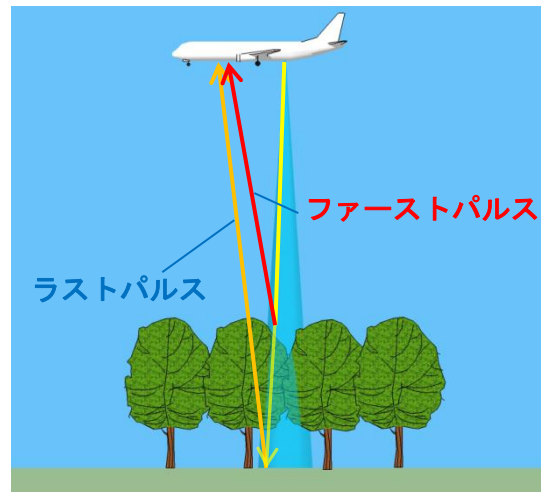


図-3 ファーストパルスとラストパルス

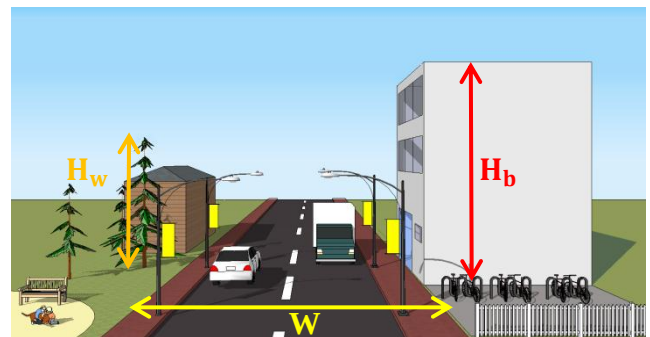


図-4 街路幅員建物比と樹高幅員比

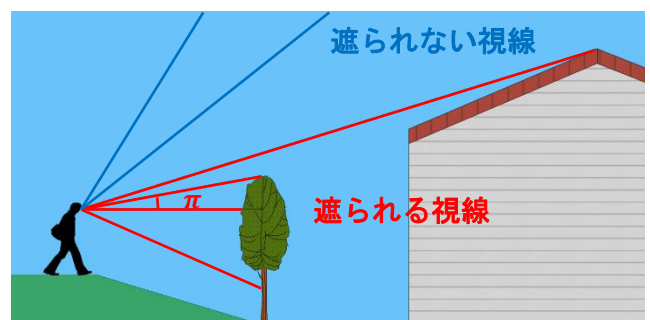


図-5 遮断・非遮断の判定(圍繞度)

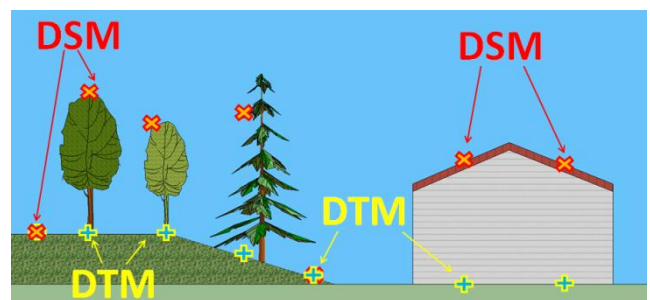


図-6 DSM と DTM

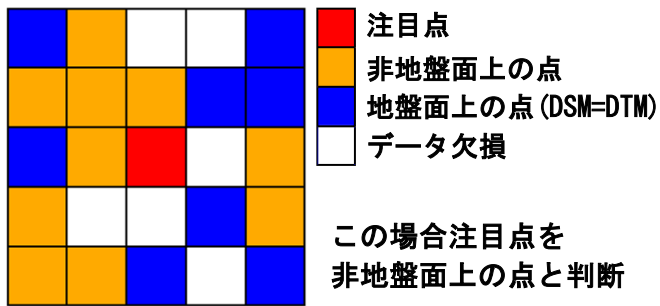


図-7 補間に使用する数値の選び方
(非地表面点の補間の場合)

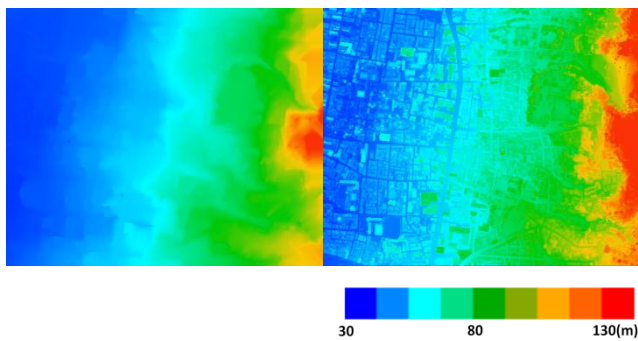


図-8 補間後の DTM データ (左) と DSM データ (右)



図-9 囲繞度推定結果

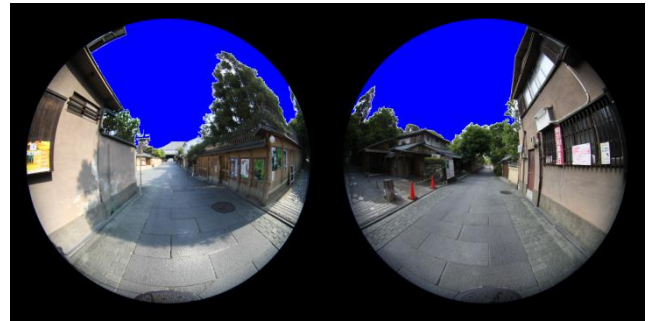


図-10 魚眼レンズでの撮影画像

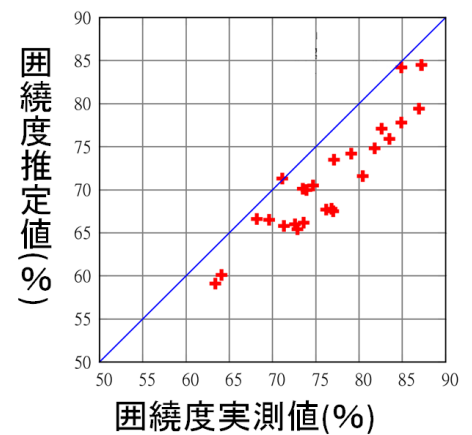


図-11 囲繞度推定値と実測値の比較

参考文献

- 1) 篠原修, 屋代雅充: 街路景観のまとまりに及ぼす沿道建物の効果に関する計量心理学的研究, 土木学会論文集, 第 353 号, pp.131-138, 1985
- 2) 亀野辰三, 八田準一: 「樹高幅員比」に基づく景観イメージの評価, 日本造園学会誌 VOL.61 NO.5, 第 353 号, pp.617-620, 1998
- 3) Susaki, J., "Adaptive slope filtering of airborne LiDAR data in urban areas for digital terrain model (DTM) Generation", Remote Sensing, vol. 4, pp.1804-1819, doi:10.3390/rs4061804, 2012.