

ステレオ画像を用いた街路樹の高さ・位置同定アルゴリズムの検討

東京理科大学大学院理工学研究科土木工学専攻
東京理科大学工学部土木工学科

学生員 ○ 田中 俊洋
正会員 仲吉 信人

1. 序論

近年都市の高温化が問題による熱中症の被害者数増加が問題となっている。この問題に的確に対処するためには都市熱環境の正確な把握が必要である。対象都市の熱環境を把握する手段として1) 数値解析を利用した高解像度の都市気象シミュレーションが有効といえる。気象シミュレーションの高精度化には、住宅や街路樹等といった都市構成要素の幾何パラメータを正確に把握する必要がある。都市幾何パラメータの関しては大都市を中心にデータベースが整いつつあり、また、そのようなデータが存在しない発展途上国に向けて、衛星画像から都市幾何の推定を試みる先駆的研究も行われている。一方、決定的に不足しているのが街路樹データベースである。特に街路樹は日射や風を遮る植生キャノピーとしての効果と、蒸散による暑熱緩和効果によって都市の熱環境に多大な影響を及ぼす。近年、レーザープロファイラを用いた植生データ作成手法が提案されているが、測定コストが高く普及には至っていない。そこで本研究では「街路樹都市植生データベース」の作成を最終的な目標とし、ステレオ画像から街路樹の高さ・位置を同定するアルゴリズムの開発を試みる。本手法は市販のデジカメのみを使用して街路樹の位置・高さを簡易に測定できるため、前述の手法よりも安価かつ手軽に測定を行えることが利点となっている。

2. 研究方法

(1) **撮影システム**：本研究では2台のデジタルカメラを利用した平行ステレオの撮影システムを作成した(図1)。平行ステレオでは左右の画像の横方向の座標軸が平行となる。そのため対応点の検索が容易であり、三次元測定の最も基本的な撮影方法とされている。なお、本手法ではステレオ画像の撮影に COOLPIX P340 を利用した。このデジカメは35mmフィルム換算で焦点距離24mmの広角レンズを搭載している。

(2) **抽出アルゴリズム**：本研究では画像解析ライブラリである openCV を利用し解析を行った。様々な背景情報を持つ画像から対象となる街路樹を抽出し、2枚のステレオ画像から対応する点を検索するアルゴリズムを構築した。その後両画像における対応点の視差から目標の位置を算出し(式-1)、後述のキャリブレーションで求めた撮影距離と画素ピッチの関係式から高さを算出した。

$$X = \frac{x_l b}{x_l - x_r}, Y = \frac{y_l b}{x_l - x_r}, Z = \frac{f b}{x_l - x_r} \quad (1)$$

式(1)では、左カメラにおけるレンズ中心位置を原点とし、対象の位置をP(X,Y,Z)とする。左画像での画像座標を(x_l,y_l)、右画像での画像座標を(x_r,y_r)とし、焦点距離をf、基線長をbとした(図1)。また、対応点検索に関しては比較的計算処理が重くならないSSD(Sum of Square Difference)の理論を採用した。アルゴリズム内で行った具体的な処理のフロー図を図2に示す。

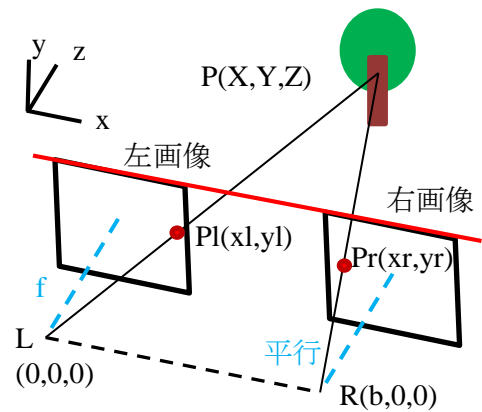


図1 平行ステレオシステム

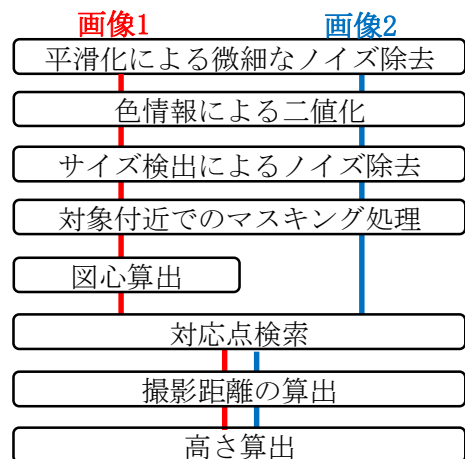


図2 アルゴリズムのフロー

キーワード：街路樹同定, 平行ステレオ, openCV, 画像解析

連絡先：〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641 TEL：04-7124-1501 (内線 4069) FAX：

04-7123-9766

4. 結果と考察

(1) **カメラキャリブレーション**: レンズによる画像の歪みの測定精度への影響を検証した. 1 cm×1 cm の格子が印刷されたフィルムをデジカメで撮影し, 画像上に描いた同スケールの格子とのズレから歪みの程度を検証した. 結果として画像端では 15 pixel 程度の歪みが見られたが, 今回解析する画像は縦 3000 pixel 横 4000 pixel であり, 歪みは測定精度に大きく影響しないものと考えられる. また画素ピッチと撮影距離との関係式を求めた (図3). これはカメラ正面に垂直に立てた 1 m の金尺を被写体とし, 画像上での金尺の長さを画素数で表し, 画素ピッチと撮影距離との相関式を求めた. なお, 撮影距離については 2 m から 10 m まで 50 cm 毎に変化させ全 17 ケースにおいて撮影を行った. 結果として画素ピッチ p と撮影距離 Z はほぼ比例関係にあることが分かった (式-2).

$$p = 0.0004Z - 0.0121 \quad (2)$$

(2) **基線比と位置同定精度の関係**: 屋内実験にてステレオ撮影の基線比(基線長を撮影距離で除したもの)が距離測定の精度にどのように影響するかを調査するため実験を行った. 撮影距離 5 m, 撮影高さ 1 m において, 被写体を高さ 2 m の標尺とし, 基線長を 50 cm, 1 m, 2 m, 3 m, 4 m, 5 m と変化させ距離計測を行った. 基線比と相対誤差の関係を図5に示した. 結果として, 基線比が最小である 0.1 のケースで測定精度が著しく低いことが分かった. 今回の結果として基線比が極端に低い条件ではステレオ画像を用いた三次元計測は十分な精度が得られないことが分かった.

(3) **街路樹抽出結果**: 図2に示したアルゴリズムを利用し抽出した二値化画像と元画像との比較を図4に示す. 更に街路樹が抽出された範囲を対象にマスキング処理を行った. なお対応点検索の検査ウィンドウサイズは反応画素の図心を中心として 400×400 pixel の領域とした. 抽出の精度は比較的良好であった (図4).

対応点検索に関しても図5に示した結果から 2 枚の画像から対応する点が精度良く抽出されていることがわかる.

(4) **街路樹同定実験**: 実際に屋外にて街路樹を撮影し, 位置と高さを算出した. 実際の現場では広い基線長をとることは難しいと考えられる. したがって基線比の条件については(2)の撮影実験で測定精度が保てた最小の基線比である 0.2 を採用した. なお, 実測した距離および高さは 14.5 m, 10.5 m であった. これに対して算出された距離と高さは 13.8 m, 9.8 m であり, 実測値に対する相対誤差は目標までの距離が 4%, 高さが 7% であった. 気象シミュレーションの入力データとしての三次元データの最高解像度は 1 m×1 m メッシュであるため, 本実験の測定精度は距離, 高さ共に概ね良好であったといえる.

4. まとめ

2. (1) において記述した平行ステレオ撮影システムを構築した. また実際の街路樹を対象に位置・高さ同定実験を行い, 概ね良好な精度が得られた. 今後は複数の街路樹が画像内に存在する場合での処理を可能にするアルゴリズムの高度化と, 画像解析によるカメラキャリブレーションの自動化が必要である.

参考文献: 1) 真壁ら, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol.70, p331-p336, 2014

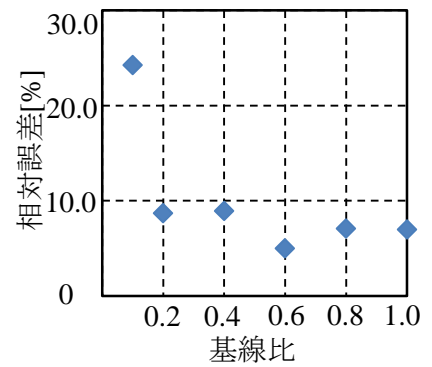


図3 相対誤差-基線比



図4 街路樹抽出結果



(左画像)



(右画像)

図5 対応点検索結果