

レンジ画像による電線形状の計測

星 仰[†] 前田 祐輔[†]
茨城大学[†]

1.はじめに

レンジ画像による地上からの計測としては、建物の外形を計測する応用が多く、ワイヤフレームの基礎データを抽出して、CAD データの一部に利用するケースも多い。本研究では、電線のような細い線形状に着目して、電線の弛み計測を試みる。特に電線の弛みは、電力会社により常に目視調査が行われ、必要に応じて対策が行われているのでレンジ画像を用いたデジタル処理化が可能であるかどうかの検討を行う。

本研究では、レンジスキャナを用いて取得したレンジ画像データを基に、電線の描く曲線を方程式で近似し、その形状を算出することを試みる。レンジ画像利用の問題点は、電線が細いために鮮明に写すことが困難であることである。そこで、CCD 画像の併用方法についても述べる。

2.レンジスキャナ

現在のところ、オーストラリア、フランス、カナダ、アメリカ、日本などの各国で製作され、多機種が市販されている。この中で、軽量で測定最大距離が大きく、目にやさしい機械の選択を行った。この研究で用いたレンジスキャナは、RIGEL 社製の Laser Mirror Scanner LMS-Z210 である。この装置は垂直走査角度 $\pm 40^\circ$ 、水平走査角度 $\pm 166.5^\circ$ 、測定範囲 2~350m、測定精度 $\pm 2.5\text{cm}$ である。画像を構成する各画素の斜距離、垂直角、水平角、受光強度を測定することができる。

3.レンジ画像による電柱形状の計測

本研究の目的である電線の計測を行う前に、対象となる電線で結ばれた 2 本の電柱の形状計測を行う。それにより、2 本の電柱を通る平面を抽出し、その平面上のデータを用いて電線の計測を行うことにする。電柱は $x-y$ 平面上の円方程式を算出し、円柱での近似を行う。計測対象となる電線と電柱のレンジ画像を図 1 に示す。

a)電柱候補データの抽出

電柱の形状を計測するにあたり、前処理として、電柱が存在する領域のデータのみを抽出する。そこで取得したレンジ画像データの受光強度での画像を表示し、電柱と確認できる 1 画素を選択する。その画素の距離データをもとに、その点から $x-y$ 平面において、ある一定の半径 r の範囲内に収まるデータのみを電柱を構成する候補データとして抽出する。

b)電柱の円方程式の算出

電柱候補として抽出したデータを、ある一定の高さごとに数区間に分割する。そして、区間ごとに最小 2 乗法を用いて $x-y$ 平面における円方程式の算出を行う。ここで、円方程式を算出するとき、不必要なデータを含んで計算を行った区間を、後の円柱近似のため除外する。ここでの不必要なデータとは電柱に付属する電線や信号機、その他付属物などの柱以外のデータのことである。本システムでは、算出した円方程式と、計算に用いた点データとの誤差を算出する。算出する誤差は円の半径と点の中心からの距離の差である。それを用いて標準偏差を計算する。不必要なデータを含んだ区間は必然的に標準偏差の値が大きいので除外する。

c)電柱の円柱近似

全区間において、円方程式の算出と標準偏差による選別が終了したら、それらの方程式群を用いて円柱での近似を行う。この際も、レンジ画像装置での測定誤差や、前述の不必要なデータを含んだ円方程式の影響を避けるため、円の半径を用いてその半径が大きすぎるものと、小さすぎるものをいくつか除外し、円柱での近似を行うこととする。

4.レンジ画像による電線形状の計測

電柱の形状が計測できたので、目的とする電線の形状計測を行う。電線の点データを用いて電線の描く曲線を 2 次方程式で近似する。

a)電線候補データの抽出

計測した電柱の $x-y$ 平面における中心座標を用いて、2 本の電柱を通る平面を抽出する。対象となる電線はその平面上に存在するので、平面上の点データを電線候補データとして抽出する。

b)レンジ画像データの座表変換

電線の描く曲線方程式は $y-z$ 平面に投影された曲線を算出する。そのため、前処理として 2 本の電柱を通る平面を観測点と並行にする必要がある。そのためヘルムート変換を用いて座標変換を行う。座標変換を行ったのち、 $y-z$ 平面に投影した画像（正面図）を図 2 に示す。

c)電線の曲線方程式の算出と弛みの測定

電線候補データを抽出したら、そのデータを用いて最小 2 乗法により曲線の方程式を算出する。また、電線の弛み量を計算する。曲線の方程式での高さ z の最小値を算出し、電線と 2 本の電柱との接続点とを結んだ直線との高さ z の差を電線の弛み量とする。

5.CCD 画像併用による電線形状の計測

レンジ画像による電線形状の計測を行うが、レン

Measurement of electric wire form using range image

[†] Takashi Hoshi

[†] Yusuke Maeda

[†] Ibaraki University

レンジ画像に電線の形状が鮮明に写っていないことがある。その原因は、レンジスキャナは放射状にレーザーを飛ばし、各画素の距離を求めるので、その対象点までの距離に影響し、電線のような細いものとデータを得られない可能性が高い。そのため、レンジ画像では不鮮明な電線形状を CCD カメラで撮影した画像で補う方法を用いる。使用する CCD 画像の例を図 3 に示す。

a) 電線候補点の抽出

撮影した CCD 画像における電線の候補点の抽出を行う。そのとき、用いる CCD 画像はカラー画像から 2 値化画像に変換した画像を用いることにする。地上から電線を対象として撮影した場合、電線が写っている近傍の背景は非常に高い建物などが無い限り空であることが多い。そのため、2 値化する際の閾値の与え方によって背景と電線の区別が容易である。カラー画像を用いる場合はエッジ抽出などの方法により電線を区別しなくてはならないため 2 値化画像を用いることとし、以下のような方法で抽出を行う。

i) 連結成分による電線の候補点取得

2 値化画像を用いて電線の画素を取得するその第 1 段階として、まず手で電線の 1 画素を選択し、

その画素を中心としたある矩形範囲内における 8 連結成分を取得する。

ii) 2 次方程式による電線の候補点取得

8 連結成分による取得した電線の候補点の 2 次元座標をもとに、最小 2 乗法を用いて曲線の方程式を算出する。算出した曲線をもとに曲線との距離が近い点を電線の候補点として取得していく。この際、一度に全てを取得するのではなく、一定範囲を取得したらもう一度曲線方程式を算出し直して取得する。

b) 疑似アフィン変換による CCD 画像の幾何補正

CCD 画像における電線の候補点を取得できたら、CCD 画像をレンジ画像の対象平面（2 本の電柱を通る平面）と合わせる処理を行う。このとき、疑似アフィン変換を用いて画像の幾何補正を行う。

c) 電線の曲線方程式の算出と弛みの計測

4.c)と同様の方法で、曲線方程式と弛みの計測を行う。

6. 考察

図 1 に示した対象となる電線の曲線方程式と弛みをレンジ画像のみ（方法 A とする）と、CCD 画像併用（方法 B とする）の 2 つの方法で求めた結果を表 1 に示す。

表 1 計測結果

電線	方法	曲線方程式	高さの最小点 (y, z)	弛み (cm)
①	A	$y = 5.474 - 0.007x + 0.008x^2$	(0.46, 5.47)	24
	B	$y = 5.475 - 0.004x + 0.006x^2$	(0.23, 5.47)	22

電線①の計測結果において高さの最小点の位置にズレを生じる問題が発生している。このズレが生じるのは CCD 画像を疑似アフィン変換により幾何補正するとき生じるものと、弛み計測位置を決定するときの誤差が考えられる。本稿では、電線②の結果を求めるに至っていないので講演時に述べる予定である。本システムでは変換に用いる標定点を、手動で選択するという方法をとっているため、その誤差に大きく影響されてしまう。

7. まとめ

本システムはまだまだ、レンジ画像のみで計測を行ったときと CCD 画像とを併用したときの誤差が不安定のため、より多くの実験を積み重ねる必要がある。特に前述した幾何補正のときに生じる誤差を今後改善する研究も必要であろう。また、標定点を手動選択ではなく計算により求めるような方法を考案する必要もあろう。

参考文献

- 1) 星仰, 野中政嗣: 距離画像を用いた平面の抽出, 情報処理学会第 64 回全国大会, 2002
- 2) 星仰, 米倉和彦, 本島学: 距離画像用基本モジュールの開発, 情報処理学会第 62 回全国大会, 2001



図 1 対象電線のレンジ画像

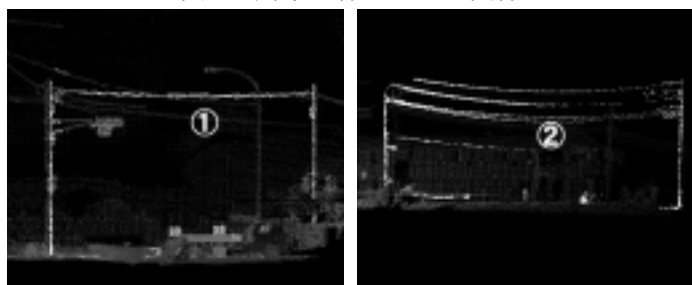


図 2 対象電線の正面図



図 3 対象電線の CCD 画像