

フラッシュレーダの精度を高める超解像

移動ロボットは、何らかの方法で「見える」必要がある。多くの障害物が異なる高さで存在し、ロボットも最低限の自主性をもたなくてはならない都市型戦闘のような用途では、フラッシュレーダ（レーザによる検出と測距）は「視覚」へのもっとも確実なアプローチの一つであることが判明した。フラッシュレーダは、近赤外（NIR）の拡散パルスによって飛行時間やイメージングセンサ（必要があれば強度情報も収集可能）を通じて3次元（3D）情報を提供する。

しかし、フラッシュレーダ機器は、一般に約256×256ピクセル程度に制限される焦点面アレイを使用する。これは実用的用途では改善が必要な解像度である。これを改善する一つの方法としては、「超解像」の利用がある。サブピクセルサイズずつシフトした複数の画像を撮影し、得られたデータを処理して1枚の超解像画像を作り出す方法である。

米陸軍研究所、米国立標準技術研究所、米ナイトビジョン&電子の標準理事会の研究グループはこの技術の有効性を実験的に評価し、ターゲットの識別を大幅に改善することがわかった⁽¹⁾。

手持ちカメラ

この実験装置は、850nm、20MHzでパルス発光する照明としての55個のLEDと176×144ピクセルの検出器、fナンバー1.4のレンズで構成されている。ピクセル毎の試料サイズは光学回折点よりも大きい。

超解像を成功させるためには、多様なピクセルサイズの整数倍ではなく多数の画素シフトによって撮影されなくてはならない。実験では、手持ちカメ

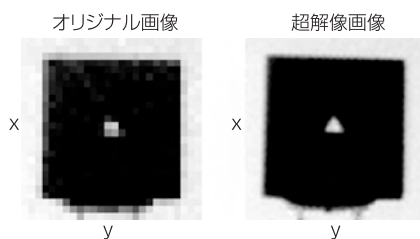


図1 フラッシュレーダによってTODのターゲットのグレースケールの画像が作られる。単一画像（左）では三角形の解像度は低い。超解像画像は三角形の方向を明確に示している（右）。（資料提供：ショウウエン・フー氏）

ラの自然な動きの結果としてフレーム間のサブピクセルシフトが取得される。カメラはXおよびY方向に平行移動するが、大きく回転はしない。この研究では距離データ（強度ではなく）のみが使用された。

中央に7.5cmの正三角形が切取られた四角い盤が被写体として使用された。三角形のサイズは解像限界と同等もしくはわずかに上回るように選択された（図1）。実験は、3、3.5、4、4.5、5、5.5、6mの距離（どの距離も20MHzパルスの繰返率に起因する曖昧な距離よりも短い）で行われた。

この三角形は、開発済みの三角形方位認識（TOD）と呼ばれる実験法に従って、4方向（頂点が上、下、右、左）の一つに方向を合わせて置かれた⁽²⁾。TODにおける最終的なセンサは、この実験で結果としてもたらされたフラッシュレーダのイメージを観察し、三角の方向を見分けようとする人間である。

フラッシュレーダカメラの積分時間は、飽和しないが十分な光をカメラが得られるように設定された。距離によるが、積分時間は15～25msの間まで下がった。フレームシリーズ内で取込まれた各画像はエッジを強調するため

に前処理が施された。超解像アルゴリズムは、その後、各画像のサブピクセルシフトの量を決めるためだけに、前処理画像を使用してこのフレームシリーズに適用された。未処理画像は残りのアルゴリズムに使用された。

より正確に、より早く

フラッシュレーダによって取得された単一画像のTOD正解率は3m距離での73%から6m距離での25%まで変化したが、超解像画像のTOD正解率はほとんどの距離で100%であり、6mでは95%に下がった。超解像画像ではより正確に三角形の方向を見分けられることに加えて、被験者は単一画像に対するよりも超解像画像に対するほうがより素早い反応を見せた。6mを除く全ての距離では最少でも48%速度が上がった（6mでは超解像ではない画像の三角形を識別するのは非常に難しく被験者は即座に無作為な方向を選ぶ傾向があった）。

研究グループでは、理想的な次のステップは、超解像フラッシュレーダを異動ロボットに組み込み、それらが障害物の方向をナビゲートする際の性能を通常のフラッシュレーダシステムのロボットの性能および従来の走査型レーダシステム（非常に高解像度だが横一直線の走査のみ）のロボットの性能と比較することだと考えている。究極の目標は、屋内および都市環境の屋外でも切り抜ける軽さ、小ささ、敏捷さを備えたロボットである。（John Wallace）

参考文献

- (1) Shouwen Hu et al., Appl. Optics 49, 5, p. 772 (Feb. 10, 2010).
- (2) P. Bijl and J.M. Valetton, Opt. Eng. 37, p. 1976 (1998).