

# 航空レーザー計測による建物壁面の被害把握に関する検討

東北大学 学生会員 ○久米 恭司  
東北大学災害科学国際研究所 正会員 越村 俊一

## 1. 序論

甚大な被害が生じる災害時には被災地からの情報が途絶えることがあり、そのような場合には災害直後から被災地の状況を把握する手段としてリモートセンシングによる被害把握が有用である。また災害時の人的被害発生要因の一つに建物の倒壊があるが、層破壊などの生存空間が失われる破壊パターンであるかを判別することは、迅速な人命救助活動に際し重要な判断材料となる(Schweier et al. (2006)). 従って、リモートセンシングによる建物の被災状態を把握する手法の確立が望まれるが、従来利用されてきた直下視の光学画像や合成開口レーダ画像による被害判読は画像の解像度や撮影の自由度から、被災の状態(破壊パターンなど)を把握した例は少ない(Dong et al. (2013)).

そこで航空レーザー計測技術を利用した建物被害の把握を検討する。航空レーザー計測は航空機に搭載したレーザースカナで地表を走査しレーザー反射点の座標を取得する計測技術で、非常に高密度かつ高精度なレーザー反射点の3次元データを取得できるため、被害状態まで把握することが可能になると期待できる。建物壁面の情報を取得することに主眼を置き、航空レーザー計測で壁面の情報をどれだけ取得できるか検討する。また、従来のレーザー計測時ではノイズとして処理されていた建物壁面での多重反射を建物状態の把握に利用する方法について検討する。

## 2. 情報取得に関する検討

航空レーザー計測では航空機の真下から左右に $\pm 10^\circ$  から  $\pm 30^\circ$  の範囲へ数万Hzの高頻度でレーザー光を発射し、反射した点の緯度・経度・標高の情報に加え、反射光の強度に応じたintensity値などが取得される。レーザーが照射されないところは計測できないため他の建物の陰や軒の陰となる箇所からの情報は取得できない。

そこで、まずは軒の長さや陰となる壁に長さの比を表-1に示し、高さ3mの建物で軒出1mと0.5mの場合を検討する。軒が0.5mの場合はスキャン角が30度の時にはレーザー

表-1 軒出に対する陰長さの比

スキャン角[度]	レーザーの照射方向[度]			
	0 (直角)	15	30	45
10	5.67	5.87	6.55	8.02
20	2.75	2.84	3.17	3.89
30	1.73	1.79	2.00	2.45

の照射方向が壁に対し45度でも壁の半分以上が計測でき、スキャン角が20度でもレーザーの照射方向が30度までなら壁の半分は計測できることから、ある程度の情報を取得できると考えられる。しかし軒が1mの場合はスキャン角度が30度の場合でも壁面の半分以上が陰になってしまうため軒が1m以上の場合は壁面の計測は難しい。

次に他の建物の陰を検討する。ある建物から1m離れた高さ3mの建物によって生じる陰を考えると、表-1に示した範囲ではスキャン角30度で直角方向からの照射が最も不利だが陰となる高さは地面から1.27mまでと、軒の影響よりは小さいことがわかる。

以上から、壁面の情報が取得できるか否かは軒の影響を大きく受け、建物壁面のみに着目しての被害把握は難しいためその他の情報も利用した被害把握手法を考える必要があることがわかった。

## 3. 多重反射に関する検討

壁面部へレーザーを照射するする場合、入射角が大きいため鏡面反射を起こしやすくなる。そのため壁面部で計測される点のintensity値は建物の屋根や地面と比べ小さくなりやすい。また、鏡面反射したレーザー光が地上などで拡散反射を起こしそれが計測される場合は多重反射となる。これは建物の内部からの反射として記録されるため従来はフィルタリングにより消去されていた。しかし建物の壁が壊れた際にも建物内部から反射が見込めるため、それらの点も消去されてしまうフィルタリングは不適切である。そこで、鏡面反射した点と壁が壊れて建物内から反射した点を区別するため、intensity値と壁面での対称性を利用した手法を提案する。

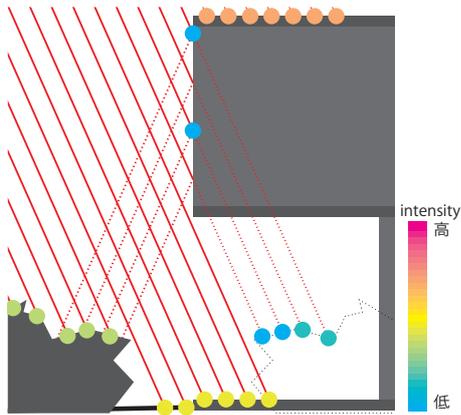


図-1 多重反射と壁面欠損時の反射イメージ

図-1に1階部分が損壊し2階部分でレーザー光の鏡面反射が起きた場合のイメージを示した。建物の損壊部に照射されたレーザー光は、建物の床からの反射として計測され、その反射強度は壁内外で大きく変わらないと考えられる。一方2階部分で鏡面反射をしたレーザー光が鏡面反射する場合は、建物外の地物を壁の位置で反転させた箇所からの反射だと計測され、また1回建物でレーザーが反射する際に多少散乱するため、intensity値は建物外と比べて小さくなると思われる。また、実際の計測結果として、図-2に示すような建物についてレーザー計測した結果（横断面図）を図-3に示す。この範囲では横断面図の左上から右下へ10度のスキャン角で計測されている。この建物の庇の下で1mほど地上からの反射があり、庇の下も10度分は庇外と同様に計測されていることが見て取れる。また、壁を挟んで庇と反対側からはintensity値の弱い反射が観測されており、前述のintensity値が小さくなることと壁面での対称性を示しているため、壁面で鏡面反射し庇で拡散反射を起こしたとわかる。

以上から壁面部の計測時に鏡面反射と壁面欠損時の反射はintensity値と対称性を利用することで判別ができることがわかった。

#### 4. 結論

建物の被害状態を把握するため、航空レーザー計測での壁面被害情報取得に関する検討を行った。軒の影響で壁面の情報を取得できない建物があるため、壁面のみに着目した被害把握は難しいこと、壁面部で発生しやすい鏡面反射と壁面欠損時の反射はintensity値と壁面での対称性を考慮することで判別が可能だということがわかった。

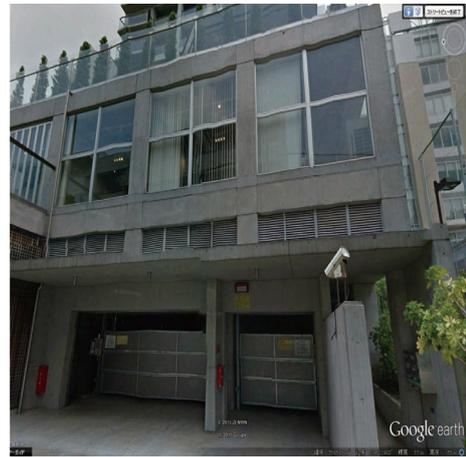


図-2 建物外観，Google earthにて取得

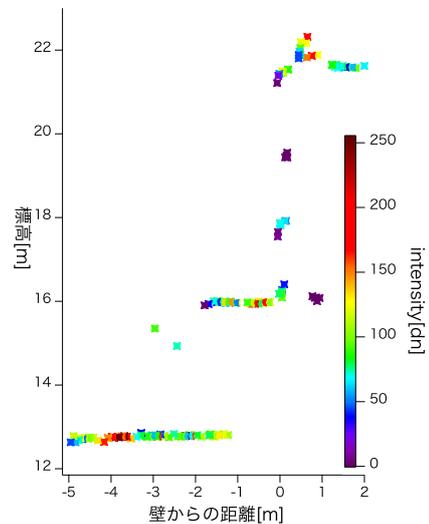


図-3 建物の横断面図

#### 謝辞

本研究を実施するにあたり、国際航業株式会社からデータを提供いただいた。ここに記して謝意を表す。

#### 参考文献

- Christine Schweier, Michael Markus (2006): Classification of Collapsed Buildings for Fast Damage and Loss Assessment, *B EARTHQ ENG.*, Vol.4, pp.177-192
- Laigen Dong, Jie Shan (2013): A comprehensive review of earthquake-induced building damage detection with remote sensing techniques, *ISPRS J PHOTOGRAMM.*, Vol.84, pp.85-99