

全天球カメラによる深度マップ作成手法の検討

池田輝政[†] 遠藤正隆[‡] 中嶋裕一[‡] 松井瑠偉人[‡] 菱田隆彰[†]

愛知工業大学[†] 株式会社リオ[‡]

1. はじめに

近年、インフラ分野において生産性や安全性の向上を図るべく DX (デジタル・トランスフォーメーション) 施策が進められている。その中でも、災害復旧に関わる事業への IT の導入については様々な試みがなされている[1]。災害復旧においては、災害現場の様々な情報を収集し、災害査定を行った上で復旧計画を検討する必要がある。しかし、作業環境が劣悪であったり、二次災害の危険性があったりと、現場での情報収集作業には障害が多い。IT の活用によって作業の効率化が進められれば、安全性を考慮して現場に赴く人員を減らすなどの配慮がしやすくなる。また、収集出来る情報の種類や量の増加、精度の向上は、災害査定や復旧計画策定の効率化にも寄与する。

本研究では、災害現場で収集される情報の中から距離情報の重要性に注目し、実用に足る精度を保ちつつ、高速に距離情報を収集し利用出来るシステムの構築を目指す。その端緒として、2 台の全天球カメラで撮影した画像から深度マップを作成する手法について検討する。

2. 距離情報の収集手段とその問題点

災害現場で収集される情報の中でも特に重要なものとして距離情報が挙げられる。現場に存在する構造物同士の位置関係を把握したり、崩落した箇所を埋め立てるのに必要な土砂の量を算出したりと、様々な場面で距離情報が必要とされるため、何らかの方法で各所の距離情報を取得する必要がある。距離情報は従来、人間が測量器具を用いて測量を行い収集していたが、一度の計測で取得出来る情報が少なく、計測したい箇所を増やすことが作業量の増加に直結する。また、災害現場の場合は計測したい箇所の危険性が高く近寄れない場合があるなどの問題もある。距離情報の収集作業は IT の活用による

効率化が最も望まれる分野であると言える。最近では、より多くの箇所を効率的に計測する手段として LiDAR 機器によるリモートセンシングが利用されるようになってきた。LiDAR 機器は周囲 360 度の可視領域に存在する構造物と機器との間の距離を計測し、点群データとして取得することが出来る。点群データから作成した 3D モデル内に基準となる距離を設定することで、任意の計測点間の距離を推定することが出来る。計測精度も高く、国土交通省九州地方整備局ではこの点群データを元に災害現場の状況を 3D モデルとして再現し、災害査定の研修に利用している[2]。

LiDAR 機器の導入により、距離情報の収集作業の効率は飛躍的に上がったが、未だ問題も存在する。LiDAR 機器で取得したデータをモデル化するには、ノイズの除去やデータの重ね合わせなど下処理が必要で、取得してから実際に利用出来るようになるまでに相応の時間がかかる。したがって、災害時の初動対応など即時的に距離情報が必要となる場合には活用が難しい。そのような状況で、多少精度を落としても高速に距離情報を得られるシステムには一定の需要があると考えられる。

3. 全天球カメラによる深度マップの作成

我々はこれまでに、2 台の全天球カメラをベースライン上に並べてステレオ撮影を行い、その視差から三角測量の要領で被写体までの距離を推定する手法を提案した。また、推定される距離の妥当性を検証した[3]。まず左カメラの撮影画像から特定の被写体の範囲を抽出し、A-KAZE アルゴリズムによる特徴点抽出を行う。次に、右カメラの撮影画像内の各特徴点とマッチングを行うことで左右それぞれの画像内での被写体の座標を同定する。全天球カメラの撮影画像は正距円筒図なので、座標から三角測量に必要な内角を算出し、ベースラインから被写体までの距離、及びカメラから被写体までの距離を推定する。

本稿ではその応用として、左カメラで撮影さ

A study of a depth map generation method by using omnidirectional cameras

[†] Terumasa Ikeda, [‡] Masataka Endo, [‡] Yuichi Nakashima,

[‡] Ruito Matsui, [†] Takaaki Hishida

[†] Aichi Institute of Technology

[‡] RIO CORPORATION

れた画像全体を対象に特徴点抽出を行い、見つかった全ての特徴点において左右画像での特徴点マッチングと距離推定を行う。そして、各特徴点の周辺領域を距離に対応した色で塗りつぶすことで、簡易的な深度マップの生成を試みる。

また、前回のシステムからの改良点として、特徴点抽出の際に正距円筒画像から魚眼画像に変換してから行うようにした。これは正距円筒画像の性質上、上下端が左右に引き伸ばされてしまい、特徴点マッチングの精度が落ちてしまうことへの対処である。深度マップ作成時は、魚眼画像で見つかった特徴点の座標を正距円筒画像上の座標に変換した上で、対象領域の塗りつぶしを行う。

撮影装置として2台の RICOH THETA Z1 を用意し、ベースラインとなる直線状の金具の両端に設置した。カメラ間の距離は 1.0 m で、それぞれベースラインに対して垂直方向を向くように手作業でキャリブレーションを施した。この装置を大学の講義室の教卓上に設置し、撮影した画像から生成した深度マップ画像が図1である。カメラから特徴点までの距離を推定し、推定距離が 0 ~ 16 m の間にある特徴点に対して 0 度 (赤) から 240 度 (青) までの色相の変化に対応させた。16 m を超えた場合は白となる。部屋の奥行きはカメラから約 15 m, 左右の壁まではカメラから約 5 m である。

結果として、概ね実際の距離変化に応じたグラデーションで塗られていることが確認出来た。また、最前列の机などレーザー距離計で距離が測定出来た構造物に関しては、近い距離が推定されていることも確認出来た。更にカメラの仰角を 45 度, 90 度に傾けて撮影した画像でも深度マップを作成したが、その場合も実際の距離変化に応じたグラデーションが確認出来た。したがって、この手法で LiDAR 機器と同等の撮影

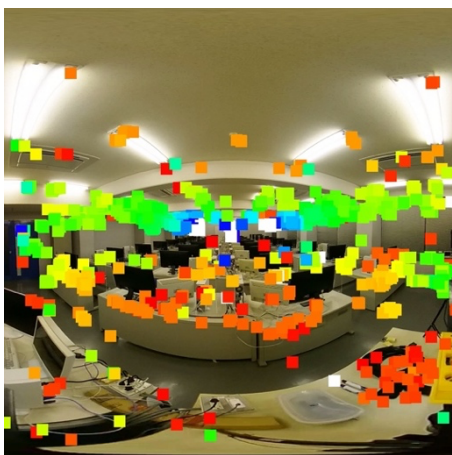


図1 出力された深度マップ (前面のみ)

範囲において妥当な距離推定が可能であると言える。

4. まとめ

災害復旧の現場における距離情報の収集において、大まかな距離情報を高速に収集するシステムの必要性を論じた。それを実現するために全天球カメラのステレオ撮影による距離推定手法を提案し、推定した距離情報を用いて深度マップを生成し、その内容の妥当性を確認した。撮影から深度マップの生成まで 10 秒程度であり、速度の点でも当初の目的を達成出来たとと言える。

課題としては特徴点マッチングの精度向上が挙げられる。この距離推定手法では、左右の画像でマッチングした特徴点が被写体の同じ位置を指していることが前提になるため、実際とは違う点がマッチングされてしまうと妥当な結果が得られない。深度マップ上で明らかに周りとは違う色で塗り潰されている点は、マッチングに失敗していると考えられる。パラメータの調整や検索範囲の限定などを試していく予定である。また、深度マップとしての情報量を増やすために、より多くの特徴量が抽出出来る方法を検討していく。

このシステムが実用に足るものになれば、LiDAR 機器では対応が難しい条件下での距離情報の収集手段の一つの選択肢となり得る。結果として、災害復旧に関わる事業の効率化に寄与出来る。

謝辞

本研究の一部は、JSPS 科研費 JP19K12073 の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] 国土交通省：災害復旧等の迅速化・効率化に関する ICT の活用,
<https://www.mlit.go.jp/river/bousai/hukkyu/pdf/00-index-ict.pdf> (参照 2021-12-20)
- [2] 国土交通省九州地方整備局：バーチャルツアー、3D モデルを用いたオンライン研修を実施
http://www.qsr.mlit.go.jp/press_release/r3/21052501.html (参照 2021-12-20)
- [3] 池田輝政, 遠藤正隆, 中嶋裕一ほか：ステレオ全天球カメラによる距離推定と「音のAR」への活用, インタクション 2020 論文集, pp. 256-257 (オンライン),
<http://www.interaction-ipsj.org/proceedings/2020/data/bib/1B-19.html> (2020)