

バックパック型モバイルマッピング機材による リアリティキャプチャー

桑野 裕士 (ライカジオシステムズ株式会社)

1. はじめに

国内では、ICT施工を目的とした土工・舗装現場での効率的な計測機器・手法の進化に対応する目的や、経年変化の進んだ地下・屋内施設や複数の工事が同時進行する施設建設現場における効率的な現況把握に固定式3次元スキャナーが広く採用されるようになり、3次元で迅速に空間計測を行うリアリティ・キャプチャー技術へのニーズがますます高くなっている。

海外でも同様に、電気・ガス・鉄道施設等の経年変化が進んだインフラ施設整備改築に向け、面的に均一なデータ取得を行うニーズが高い。また、近年世界各国で頻発している自然災害に対し、被災現場状況を正確に把握・情報提供できる情報収集スキーム改革が求められている。

経年変化が進んだ施設の現況把握を面的に・効率良く行い、計測対象物の空間位置情報に加え、それがいつ計測されたもので現状を示している情報なのか、つまり情報の新鮮度という視点からも計測・情報管理を行う必要があると考えられる。

現況を迅速に計測することに不可欠な技術として屋内・屋外をシームレスに計測を行うことが必要で、移動体計測技術がこの目的に最も効率的に現況把握・次期計画を迅速に行うこ

とできる。要求技術はセンサーからデータ処理をカバーし、最終成果までの効率的な計測・解析はもとより、データ利活用に自由度を持った技術が望ましいといえる。

センサーの技術革新が進み計測対象・範囲・アプリケーションは拡大する一方、ワークフォースは縮小傾向にあるため、計測自身は熟練技術者ではなくてもヒューマンエラーを低減し簡易・迅速に行え、後処理処理・情報管理において測量技術者の知見が発揮されるような技術になることが望ましいともいえる。

本稿では、移動体・モバイルマッピングによるリアリティ・キャプチャー技術紹介から、海外での利活用事例を紹介する。

2. ペガサス・バックパック

2.1 機材概要

今回紹介する機材は背負子型のモバイルマッピング機材、ペガサス・バックパックで、図2に概要を示す。レーザースキャナー、5台のカメラ、GNSS/IMUを搭載した機材である。取得衛星はGPSに加え、Glonass/BeiDu/QZSSを受信することができ、森林・都市部など衛星受信状況が悪い状況でも可視衛星情報を効率的に組み合わせ後処理に適用・最適化している。内



建設現場・地下道・下水道



電気・ガス・インフラ設備



鉄道施設

図1 代表的な屋内インフラ設備

Pegasus Backpack
機材概要:



図2 ペガサス・バックパック概要

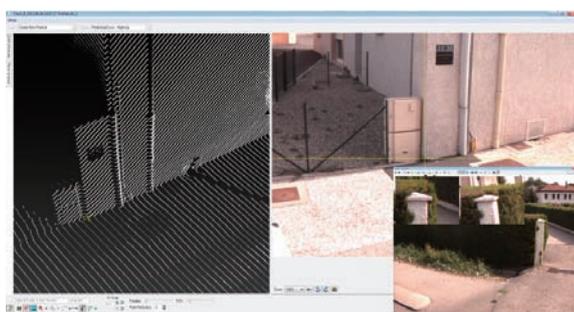


図3 3次元計測機能 右下・ステレオ画像計測機能
後・カメラ/レーザー重畳計測機能

部に搭載されているジャイロの計測頻度は125Hz/秒で、移動中の計測者・センサー挙動を正確に再現することができる。

インフラ情報の取得はカメラ・レーザー同時計測を行い、それぞれのセンサー情報を目的に応じ単独または組み合わせで活用することができる。カメラはレーザーとの位置・角度関係のキャリブレーションが済んでおり、それぞれのデータを重畳しながら3次元計測が可能である。また、各カメラも移動しながらステレオ画像撮影をしており、ステレオ画像による3次元抽出や迅速なGIS化が可能である。

2.2 機材精度

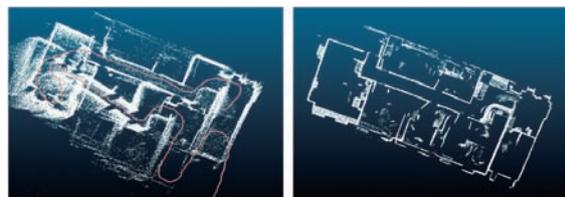
屋外計測での位置精度は、2-3cm精度を達成し、車載搭載型のMMSに劣らない性能を有している。

TS計測検証点を用いた地上基準点精度検証の結果を(表1)に示す。基準点精度検証は直接定位により得られた3次元点群位置とTS基準

表1 TS基準点との格差

	基準点較差 (m)	
	盛土 (178検証点)	切土 (144検証点)
最小	-0.040	-0.040
最大	0.069	0.069
平均	0.014	0.014
標準偏差	0.019	0.019
RMS	0.024	0.024

(施工総合研究所様との共同結果により)



IMU/GPSのみ IMU + SLAM + 機械学習
図4 SLAMによる屋内計測例

点位置精度格差を比較し標高較差を求めた。点群の基準点調整計算を行わず、直接定位検証を行うことで移動体計測の利点を最大限に生かす精度検証を行った。

レーザー点群は植生・ノイズを含む生データのまま精度検証を行ったため、最大値は主に植生の上端部から、最小値はノイズによる大きな値が出たと考えられるが、平均・標準偏差は5cm以内に収まっており、機材は起工測量・出来高管理を移動体計測技術にて達成できる良好な結果であった。

ペガサス・バックパックはGNSS受信ができない屋内においても自己位置を確立できるSLAM (Simultaneous Location And Mappingの略) 技術を搭載し、屋外・屋内でのシームレスなデータ計測を可能にしている。(図5) 左に示すGPS+IMUのみの移動軌跡は衛星不可視が長引くと自己位置が不正確になり、結果として屋内計測データの形状が不明瞭になる。一方、SLAMを採用した場合、レーザーデータより自己位置を推定するため屋内でも自己位置を正確に求めることができる。ペガサス・バックパックは、SLAMに加えジャイロデータと組み合わせた自己位置の精度向上、同一エリアの複数回計測

には機械学習による自己位置自動張り合わせ・補正機能を採用し、処理の自動化を図っている。

2.3 ペガサス・バックパックによる計測

移動体計測により、これまで面的にデータ取得を行うことが困難であった場所（広い範囲・屋内）の計測が面的に行うことが可能になり、またその機動性から計測頻度を上げることで空間情報のリフレッシュレート（情報の新鮮度）を上げることができる。計測の効率化・最新情報の配信が行えることで、安全に貢献できる計測・測量が可能になると思われる。



図5 ペガサスバックパックによる改革適用事例

3. 海外計測事例紹介

3.1 自身被災現場での活用（イタリア・メキシコ地震）

自然災害発生後の現場状況を迅速かつ面的に把握するため、ペガサス・バックパックが採用された事例を紹介する。

2016年8月/10月に複数の大地震がイタリアにて発生し、2019年9月にはメキシコで大地震が発生した。ペガサス・バックパックは、地震後に初動情報収集機器として歩いて現場に立ち入り、ジオリファレンスされた周囲写真とレーザーデータで被災現場を迅速に3次元化する目的で計測を行った。

計測データを現場からクラウドサーバにアップし、ウェブブラウザ経由でデータにアクセスすることで、行政担当者は遠隔地より現況の把握・支援指示を出すことができ、災害発生後対応の時間短縮に繋げた事例である。



図6 イタリア地震被災現場での計測事例



図7 被災現場における状況把握速度の向上プロセス

3.2 駅構内・地下街の避難路計画策定事例（ドイツ）

以下の事例はドイツにおける地下鉄駅での計測事例である。ベルリン地下鉄は173駅より構成され、駅構内及び隣接施設は商業施設・飲食店・ホテルが接続され、各施設の現状把握から案内板を含む避難経路案内が適切に管理されているかが安全管理上重要なポイントとなる。

ペガサス・バックパック計測により、屋外・屋内空間をシームレスに取得し写真・レーザーデータで現況調査を行った。

本計測により、施設管理者は施設をレーザー及び画像の3次元空間情報として管理することができるようになった。

対象エリアが屋外・屋内と入り組んでいること、公共空間であることから計測時時間をかけることができないことから、移動体計測による



図8 地下鉄駅構内への計測状況

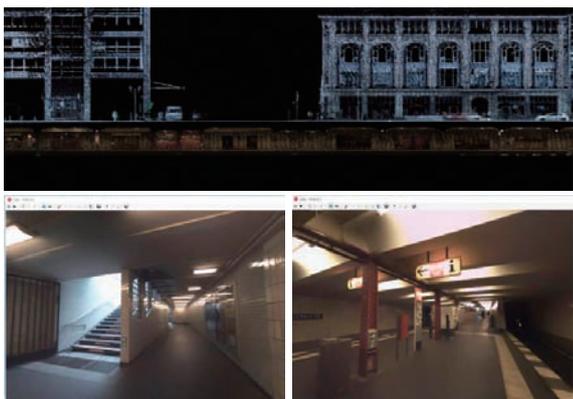


図9 屋外・屋内のシームレスデータ取得

表2 固定式スキャナーとの効率性比較例

	3次元スキャナー計測 (時間)	PegasusBackpack計測 (時間)
計測作業	8.5	0.45
解析	4	1
合計	12.5	1.45

迅速なデータ取得は必要不可欠である。(表2)にStaddmitte駅で固定式3次元スキャナーと同時計測を行い、計測・後処理の効率性比較を行った結果を示す。

ペガサス・バックパックは歩行速度で計測が行えるため、公共空間の閉鎖を行わず現況計測が安全かつ迅速に行え、計測エリアが広いほどその効率性が増していくことが分かる。計測時間を比較した効率性だけではなく、現場立ち入り時間が非常に短いことで、早朝などの乗客の少ない時間に計測を終了することもでき、従来の方式では困難であった計測対象をターゲットにすることができ、利活用分野も広げることができる。計測データより、3次元空間を



図10 計測データから緊急避難路の策定

モデリングし、CIMへの利活用や避難経路策定に適用した事例である。

3.3 プラント施設における施設安全管理事例 (米国)

建設現場において現況の把握は、日々状況の変化する現場の出来高管理・工程管理に必須である。また、安全第一が重視される現場において、設備機器入れ替え・保守整備期間に資材搬入が適切に行われるかのクリアランス確認を3次元で迅速に把握・工程計画を立てる必要がある。

本事例は米国・プラント現場における事例を紹介する。プラント施設において、熱交換器交換を定期的に行う。機器交換に必要な現場作業区域が確保されているか、工程計画が適切に行われるか確認を目的とし、現場状況を3次元で把握することを目的とした。

レーザー点群に加え、写真により現場状況を詳細に把握することができた。バックパック型の機材により、計測中にプラント設備内にその

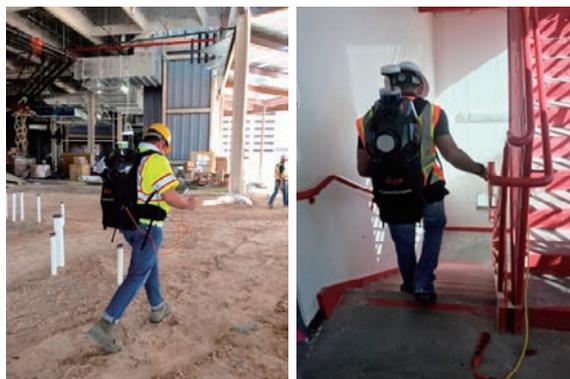


図11 立ち入り時間・空間が限られた場所での計測

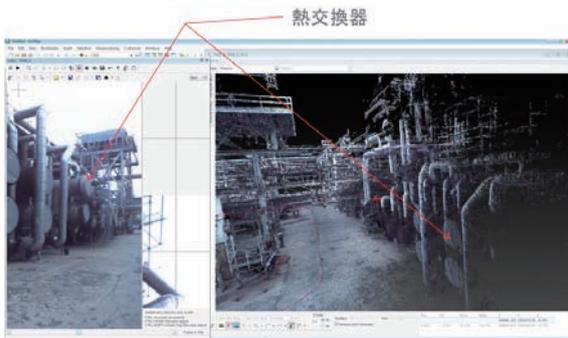


図12 プラント施設熱交換器計測事例1



図13 プラント施設熱交換器計測事例2

他計測機材を設置する必要が無いため、計測中の安全確保にも貢献できるメリットがある。

ペガサス・バックパックの活用は、安全確保が優先される区域全体の最新状況の把握、工程計画策定で威力を発揮する。詳細な配管モデリング、施設設計には固定式スキャナーを用い、目的に応じたセンサーの採用を行いそれぞれの3次元スキャナーの特性を組み合わせ3次元リアリティキャプチャーを行うことがポイントである。

4. おわりに

本稿では計測機器の紹介から始め、計測センサーと移動体計測技術を組み合わせることで可能になったアプリケーションの事例を紹介した。ウェアラブルなセンサーにより計測時間の短縮を行い、安全に貢献しつつ省力化を図ることができる。

移動体計測で達成できる業務もあれば、固定式機材と組み合わせ局所的・目的別に高精度・高密度データと組み合わせたデータフュージョンが適した業務もある。3次元点群は一般的にデータボリュームが大きくなる。災害対応事例のようにウェブビューアー上で発注者が必要なデータにリモートで迅速にアクセスし、データの配信・利活用を踏まえた提案も必要になる。データ取得時の技術的制約を低減し、リアリティキャプチャーを簡易に行いつつ、高度な利活用ができる技術提案を今後も広げていきたい。

■執筆者

桑野 裕士 (くわの ゆうじ)

ライカジオシステムズ株式会社

ジオスペーシャルソリューションズ事業部