

2.3.2 自動航行のための経路計画の設計法と検証

実施項目 1) 自動航行のための経路計画の設計法と検証 として、主として、操船に必要な地図参照項目とリアルタイム地図参照に関する基礎データの取得を実施した。目視航行と同じレベルの自動航行を実現するための経路計画にもとづき、都市河川航行での最適な経路生成法の確定を目標達成の指標とし、対象河川数 3 を目標値とした。表 5 に示したとおり、実績値はのべ 8 (実験数 6: 日本橋川 4 回, 神田川 3 回, 汐見運河等 1 回) である。

CLAS 利用の GNSS 測位データと、水平および斜めスキャニング LiDAR で得た点群を組み合わせた点群処理 (CLAS/SLAM) によって、5cm 程度の高精度な屋内外シームレス測位を実現するとともに、高密度点群を生成することができることを確認した (図 25)。このような処理結果 (推定軌跡) を次回経路計画に再利用アプローチや、得られたベースマップ (点群と推定軌跡から推定した水路面) からの中心線推定等によって、経路計画生成を自動化できる。しかしながら、従来型の地図データとして整備する場合は、係留中の船舶や、対向船舶、工事箇所、ボーリング調査箇所など、移動体や時間変化を伴う地物を分類し、削除する処理が必要である。

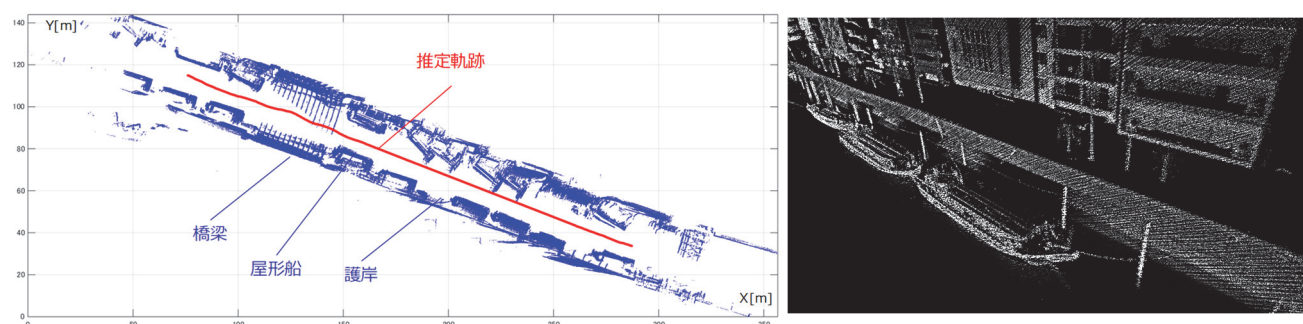


図 25. CLAS/CLAM 処理結果 (図左: 推定軌跡, 図右: 生成した高密度点群)

LiDAR 位置を原点として、高さを縦軸に、水平距離を横軸にとり、任意のシーンを可視化すると、周辺環境 (特に構造物の主桁など) が船舶の建築限界に抵触していないかを図示することができる (図 26)。青色の点の集まりが取得点群、黒い破線が水面位置 (水面の高さ)、赤い破線が船舶およびセンサ群 (LiDAR および全方向カメラ) の建築限界を示している。船舶が橋梁を通過できるかどうか (主桁への接触があるか等) の判定において、この高さ方向の情報を利用する。また、この可視化結果は 3D 計測した結果の一部であり、船舶の左舷・右舷側の対物距離 (護岸までの距離等) も可視化できる。

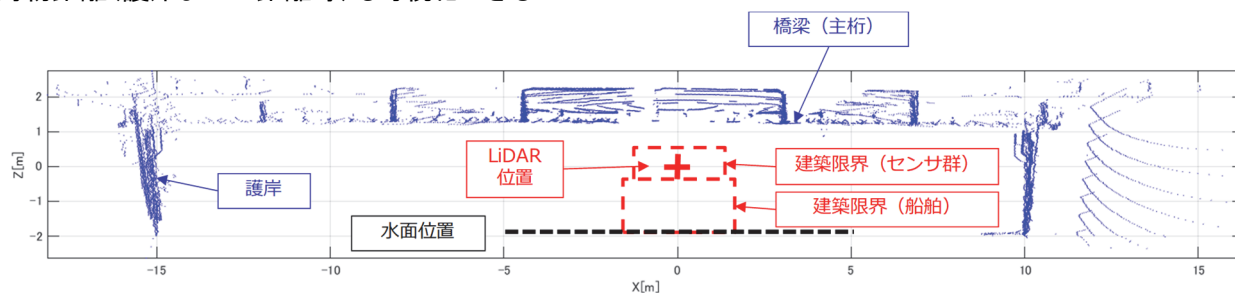


図 26. 建築限界の照合 (横断方向)

LiDAR 高さを 0m として、各シーンにおける船舶前方の上方方向 (船舶の左右 ± 3 m かつ前方 0~10m の範囲) における最低高さ (LiDAR からの相対高) を縦軸に、レーザースキャニングのシーン番号 (時間軸) を横軸にとる

と、航行区間における建築限界の照合(縦断方向)を可視化できる(図 27)。この図示の例は、GNSS 測位環境と非 GNSS 測位環境で構成される区間であるが、シームレスに高さ情報を可視化できている。

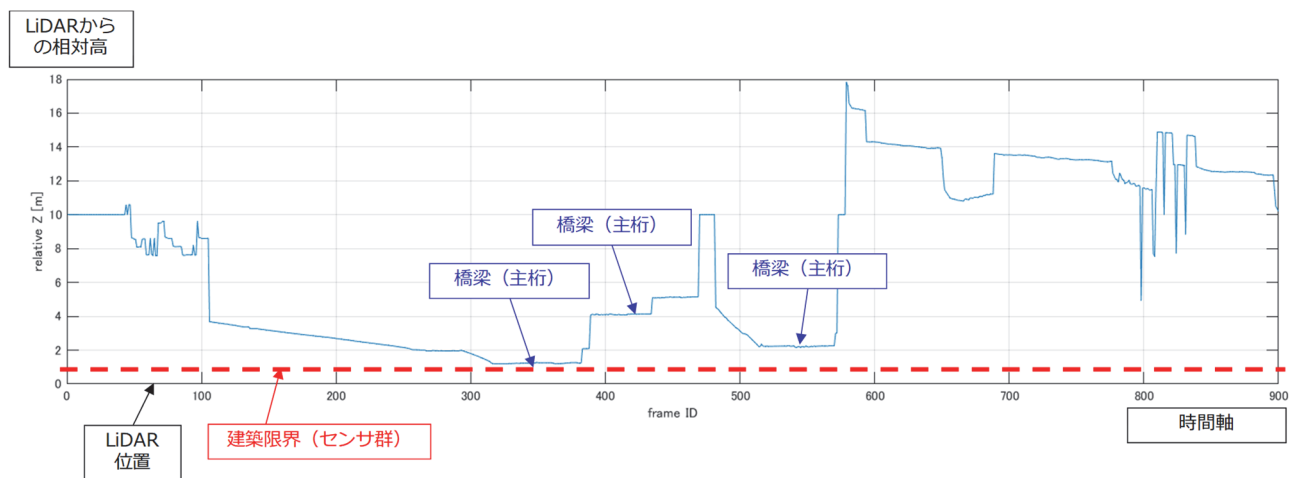


図 27. 建築限界の照合(縦断方向)

自動航行のための経路計画において、GNSS 測位環境・非 GNSS 測位環境に限らず、気中の情報は十分に取得できることを確認した。水中の情報については、レーザースキャニングや画像計測の適用は困難であるため、予備実験としてマルチビームソナーによる点群取得を実施した。マルチビームソナーは、音響測深で得た測距データに対して、2つのGNSSアンテナを用いるRTK-GNSS測位で推定した外部標定要素(位置と姿勢)を取得し、点群を生成する装置である。したがって、GNSS 測位環境においては点群を高精度に得られるが、非 GNSS 測位環境においては測距データのみしか得られない。また、浅すぎる箇所の計測も容易ではない。これらの課題は、音響測深データと CLAS/SLAM の処理を統合することで解決できるものの、高精度な音響測深で利用するデータ形式が開示されていないため、現状としては、本業務以上の予算をかけたマルチソナーデータ処理の開発研究が必要である点が課題である。

GNSS 測位環境において取得した点群を CLAS/SLAM で取得した点群と統合した結果を図 28 に示す。この結果から、自動航行の経路計画において利用する、河床、特に護岸・橋台・橋脚付近の浅瀬に関する情報を取得できることを確認した。

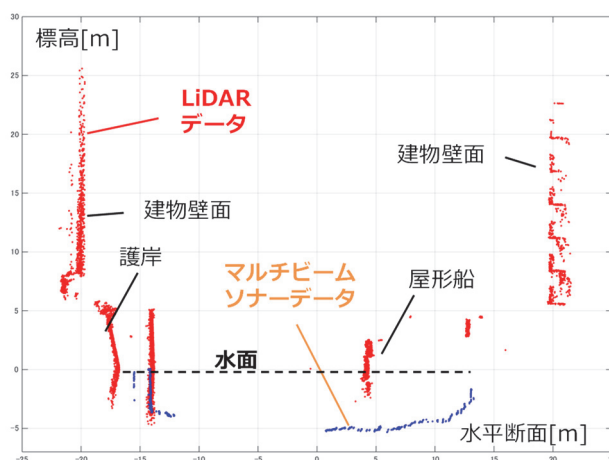


図 28. 地上計測と測深との点群統合例

2.3.3 構造物計測のための経路計画の設計法と検証

実施項目 2) 構造物計測のための経路計画の設計法と検証 として、主として、1) 自動航行のための経路計画の設計法と検証 で取得した基礎データに加え、変状の観測や SfM/MVS 画像撮影における撮影位置制約の基礎データの取得を実施した。

変状の観測や SfM/MVS 画像撮影における撮影経路計画にもとづいて、船舶の移動制約による撮影位置制約の明確化(定性評価)を目標達成の指標として、対象河川数 3 を目標値とした。表 5 に示したとおり、実績値はのべ 8(実験数 6: 日本橋川 4 回、神田川 3 回、汐見運河等 1 回)である。

本実施項目では、自動航行のための経路計画の設計法と同様に、GNSS 測位環境・非 GNSS 測位環境に限らず、経路計画における気中の情報は十分に取得できることを確認した。まず、CLAS 受信機の性能比較を実施し、オープンスカイ環境での測位精度が双方とも理論値どおりに 5~10cm であることを確認できたとともに、Fix 率が測位環境に対応した妥当な数値を出力することを確認できた(図 29)。次に、Fix 解と Float 解以下の測位解をマッピングし、測位環境の可視化を行うことで、構造物計測時の測位環境がほぼ非 GNSS 測位環境であることを評価できたとともに、構造物計測での船舶航行において、再 Fix する区間も断続的に出現すると評価できた(図 30)。

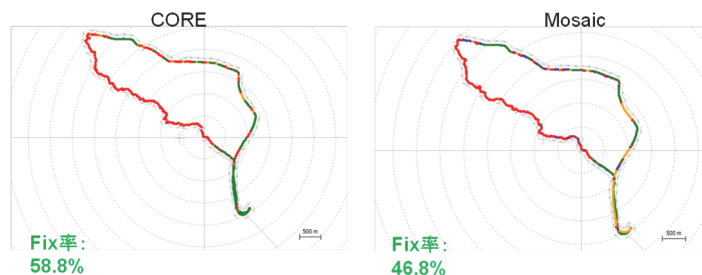


図 29. CLAS 受信機の性能比較

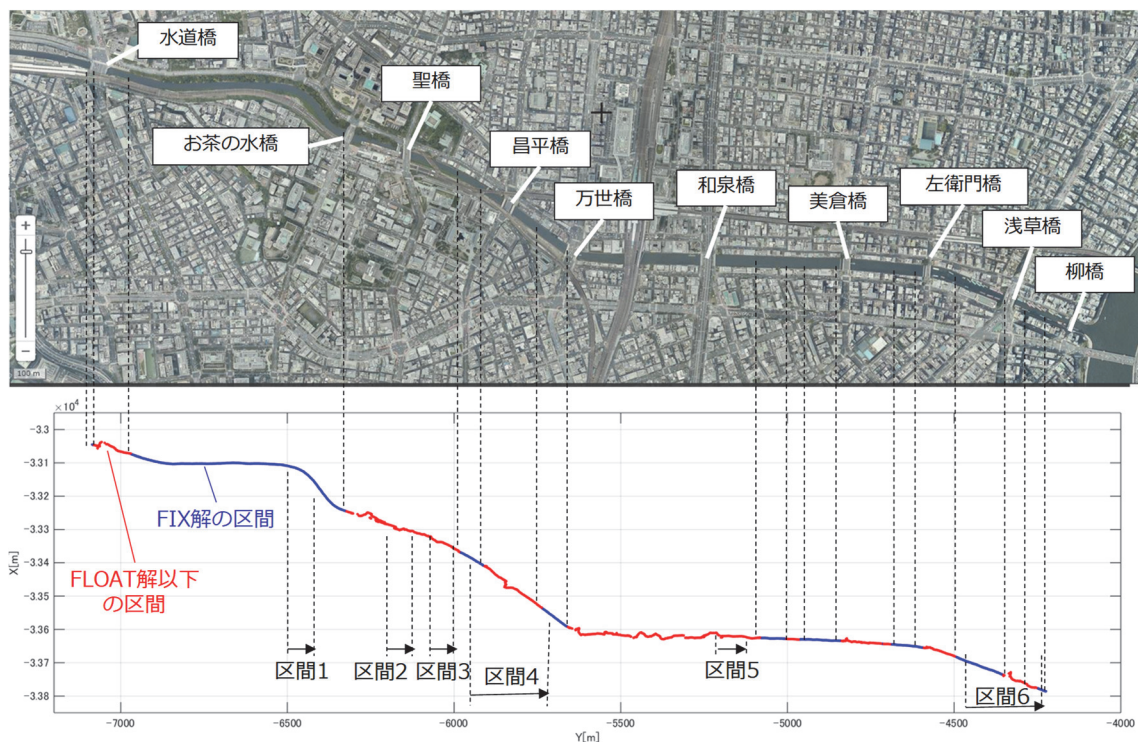


図 30. 測位環境の精密観測例(神田川)

観測できた変状(図 31)は、ひび割れ(コンクリート)や遊離石灰、剥落、鉄筋露出、塗膜剥がれなどがあつた。面的に広がる変状ほど、容易に観測することができた。特に、既点検箇所的位置特定においては、チョーク描きのある箇所が多く、これらはスクリーニングにおける画像からの変状の自動抽出において、有用な初期探索情報となる。一方で、目視点検(足場なし)で容易ではない観測対象である支承部や鋼橋の亀裂などは、観測が困難であつた。構造物の経路計画は、自動航行のための経路計画にもとづいた経路でも、短時間の観測時間でも目視点検(足場なし)と同等の種別数の変状を観測できることが確認できた点で、十分なスクリーニングを実施できることが確認できた。しかしながら、複数の橋脚で構成される橋梁の点検については、橋梁を通過する測線を複数設定する必要がある。複数測線への対応については、橋梁点検が主目的の航行では、観測効率が低下するものの対応可能である。一方で、船舶航行の主目的が水上交通や運搬の場合は、航行によって、通過させる橋脚間を意図的に変更させることで、観測データを収集するスケジュール設計が有効となると考えられる。

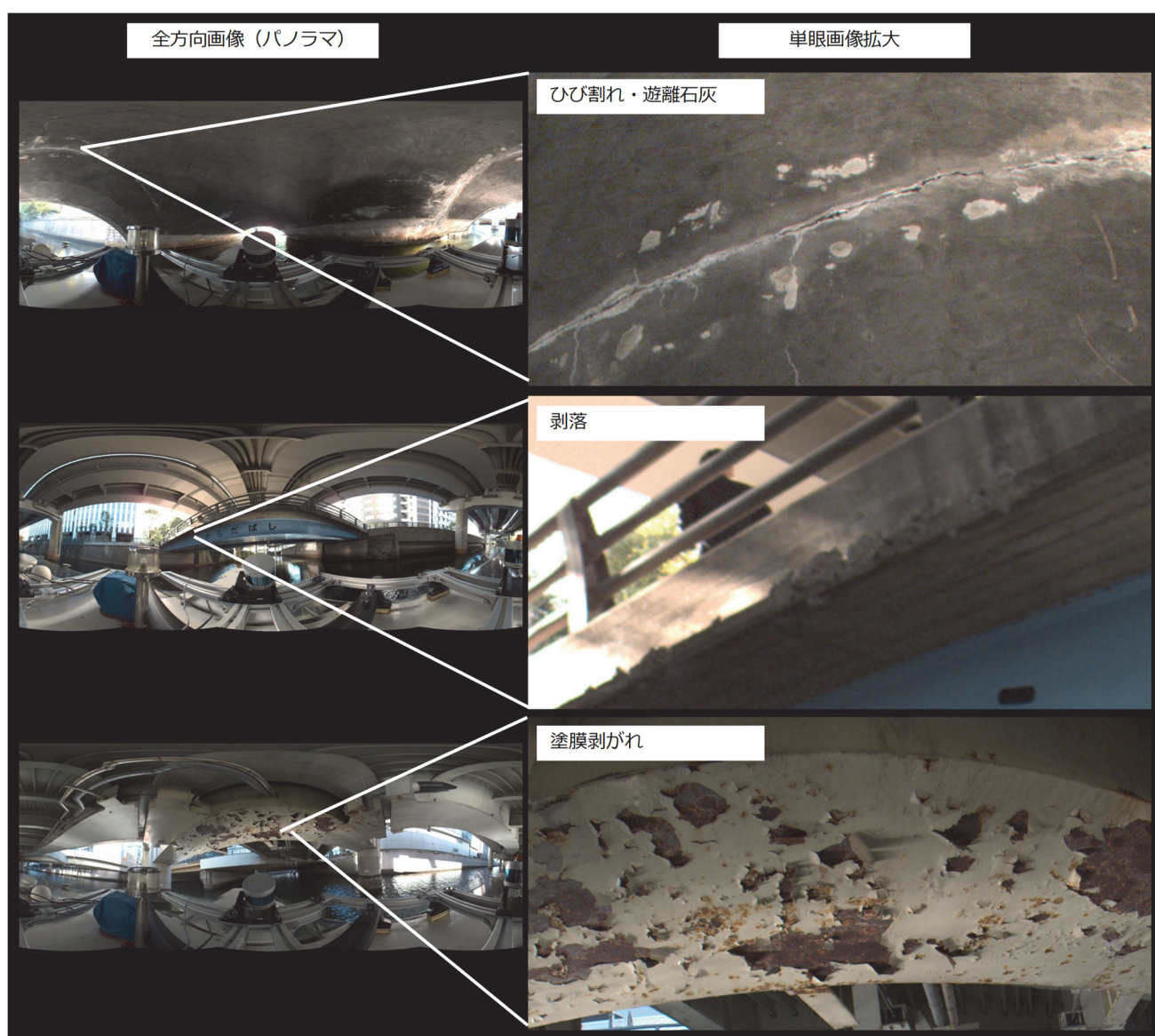


図 31. 観測した変状