

GPS非依存の位置推定手法における 実環境での適用性評価

e-Kagaku 松本 慎太郎 大塚 雄日 神山 瑠星



1.概要と目的

本研究では、**GPSを用いない**位置推定手法の比較を行った。
具体的には、**IMUとvSLAM**(画像からの自己位置推定)の精度を、GPSと比較している。
本研究の目的は、実環境におけるGPS非依存の位置推定手法を評価し、それぞれの技術の利点と限界を明らかにすることである。
この比較により、ナビゲーションシステムや水中ドローンなど、GPSが利用できない状況における最適な位置推定手法を見つけ出すことが期待される。

2.What is vSLAM?

vSLAM(Visual Simultaneous Localization and Mapping)とは、カメラの画像データを利用して自身の**位置推定と周囲の環境のマッピング**を同時に行うことができる技術である。vSLAMの用途には拡張現実、ロボティクス、自動運転などが挙げられる。単眼カメラ(カメラが1つ)の場合、画像データから距離を計算することが**非常に困難**であるため、今回はステレオカメラ(今回は50cmの間隔のある2つのカメラ)を使用した。

右のQRコードより、実際にvSLAMを用いて位置推定、マッピングを行っている様子を見ることができる。



3.What is IMU?

IMU(Inertial Measurement Unit)とは**3次元**の慣性運動を測定する装置である。IMUの用途には自動運転、精密農業、ドローンなどが挙げられる。今回取得したデータは加速度、ジャイロ、磁気、方向をそれぞれ3軸で、スマホアプリである**MATLAB Mobile**を使用してデータを取得した。

4.IMUの精度検証

単振り子を活用し、9軸センサの**精度評価**を目的とした実験を実施した。
単振り子は**一定の周期性**を持つため、**フーリエ解析**を適用することで9軸センサの精度を定量的に求めることが可能である。
スマートフォンをタッパーに入れ、**1mの紐**で吊るして単振り子の運動を行わせた。
MATLAB Mobileを使用して**IMUセンサーデータ**を取得し、**フーリエ解析**によって精度検証を実施した。
単振り子の周期の公式、 $t=2\pi\sqrt{l/g}$ を用いて、計算上の振り子の周期とフーリエ解析によって求めた周期を比較し、**精度検証**を行った。

Fig.1は、スマートフォンで取得したデータをグラフにしたものである。
このデータをフーリエ変換すると、Fig.2のようにピーク周波数が**4.79Hz**になっている。
つまり周期が**2.1276秒**となる。
先述した公式に代入すると、周期は $t=2.0064$ となり、誤差が**0.1秒程度**となる。

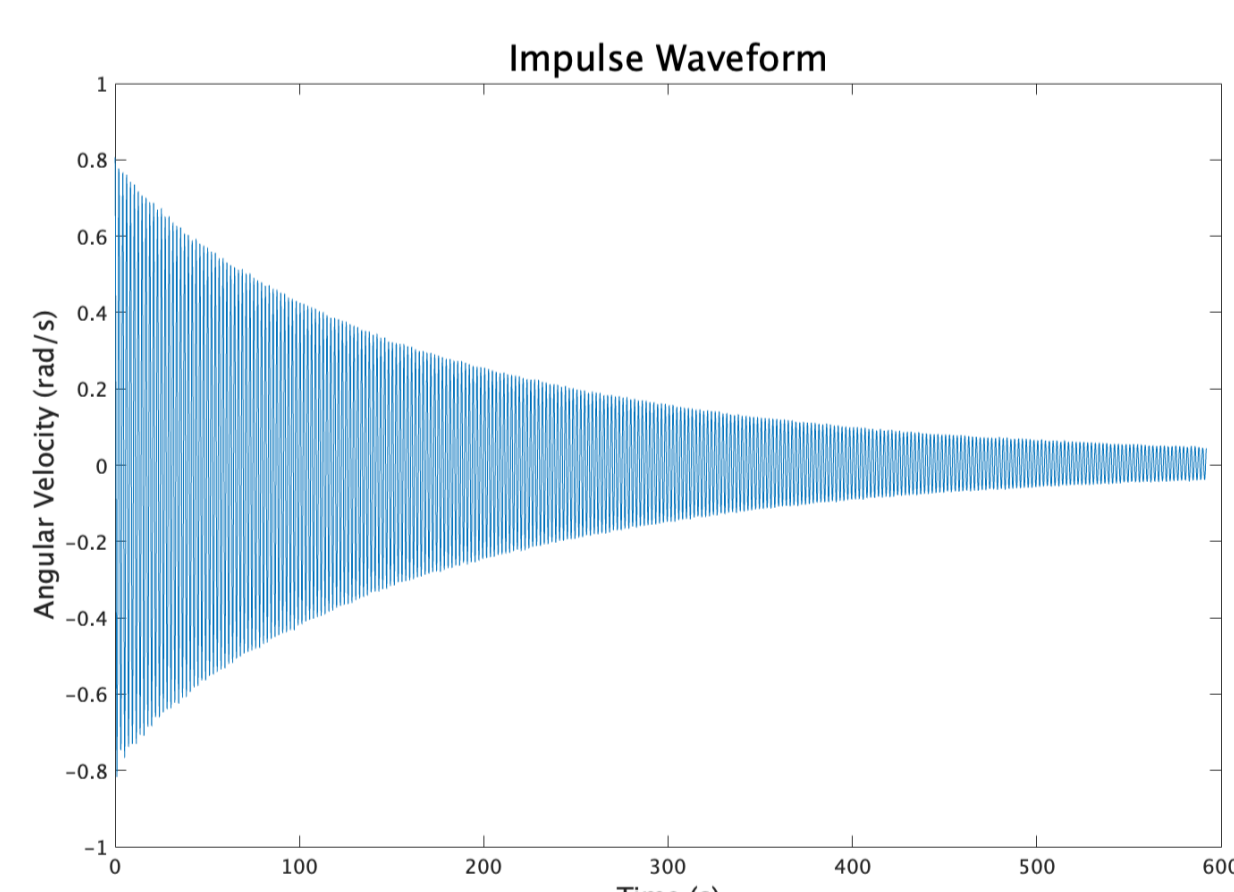


Fig.1 取得された加速度データのグラフ

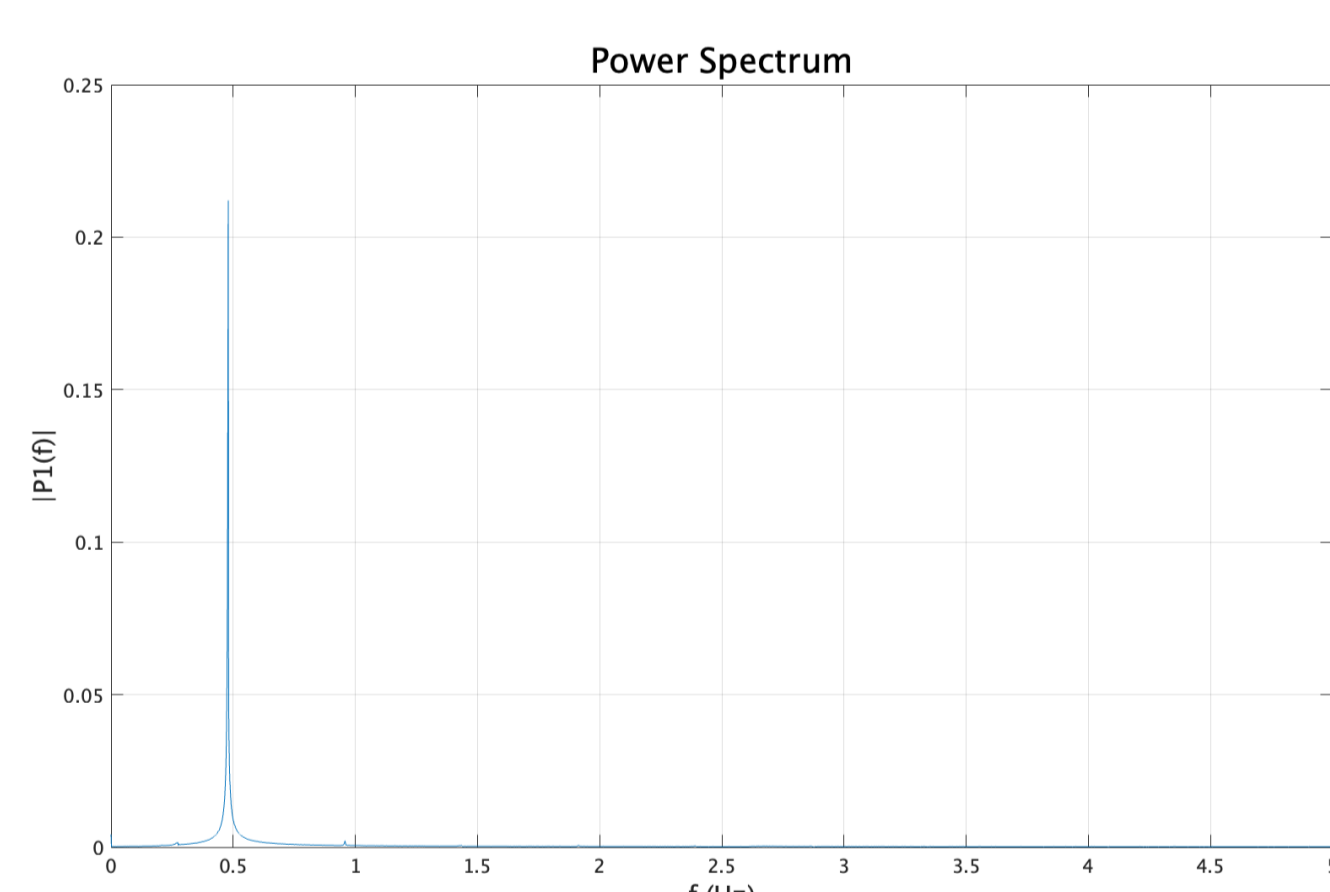


Fig.2 加速度データをフーリエ解析したグラフ

5.実験手法

GPS非依存の位置推定を行うために、道路でのvSLAMとIMUセンサを用いた**位置推定**を行った。
自転車にスマートフォンとGoPro2台を固定し、実際に走行した際のデータを取得した。
取得したIMUのデータとvSLAMからそれぞれ位置推定を行った。最終的にvSLAMとGPSのデータを**比較**して精度の検証を行った。
家や木などが並ぶ道路を自転車ですぐ**100m程度**進み、実際にvSLAMを使って位置を推定した。

Fig.3はデータを取得するのに使用した自転車の写真であり、Fig.4は今回分析に使用したルートを矢印で示している。



Fig.3 データ取得用自転車の装置構成



Fig.4 分析に使用した走行ルートの写真

6.結果

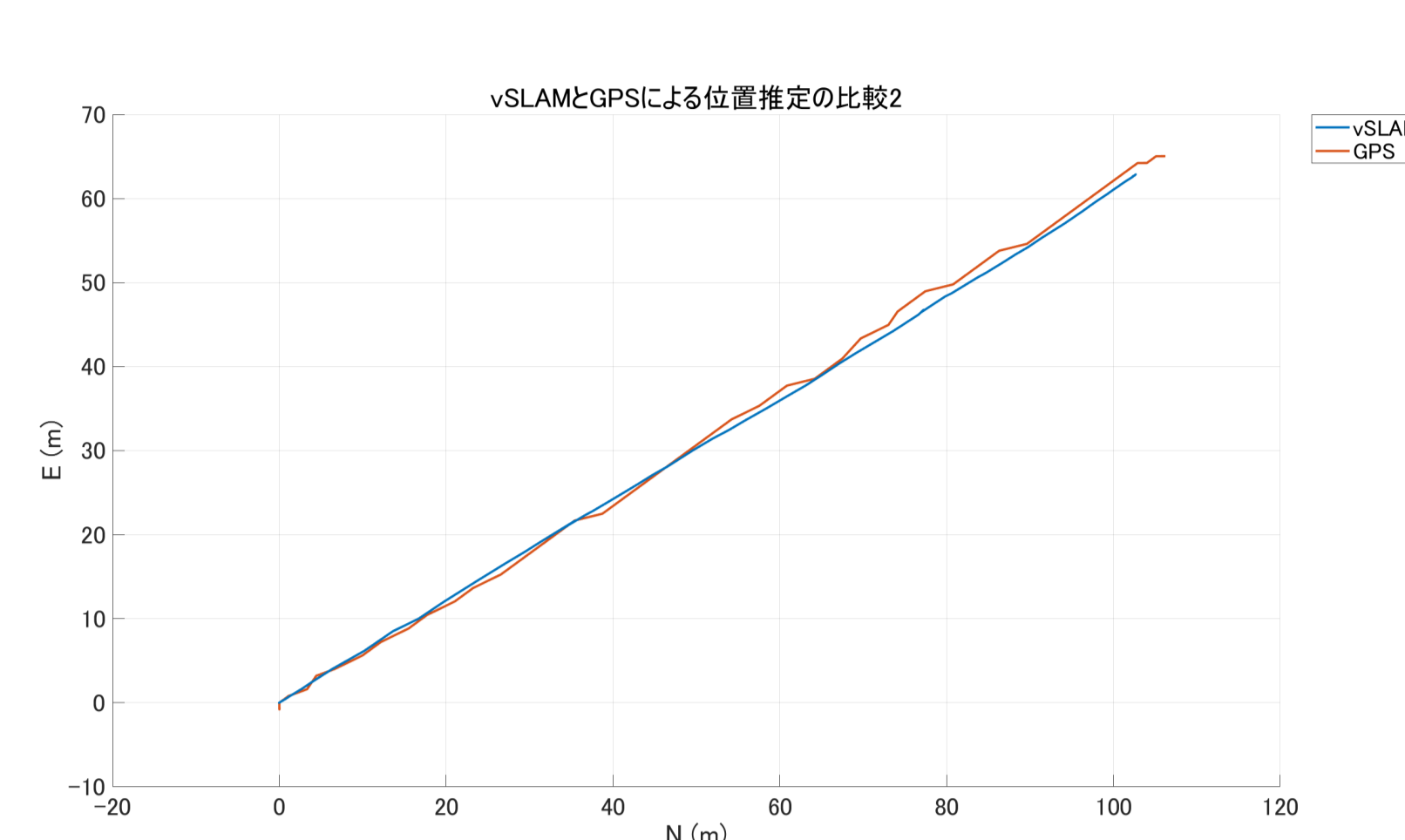


Fig.5 vSLAMとGPSによる位置推定の比較

Fig.5はvSLAMとGPSによる**位置推定の結果**をプロットしたもので、緑がGPSでピンクと赤がvSLAMによる位置推定の結果である。この結果から、vSLAMの位置推定結果はGPSと**ほぼ同等**とわかる。

Fig.6はIMUからの加速度を**積分**して求めた位置推定であるが、進行方向のY軸の移動距離が800m、X軸の移動距離が-9000mとなっており、**大きなずれ**があることが分かる。

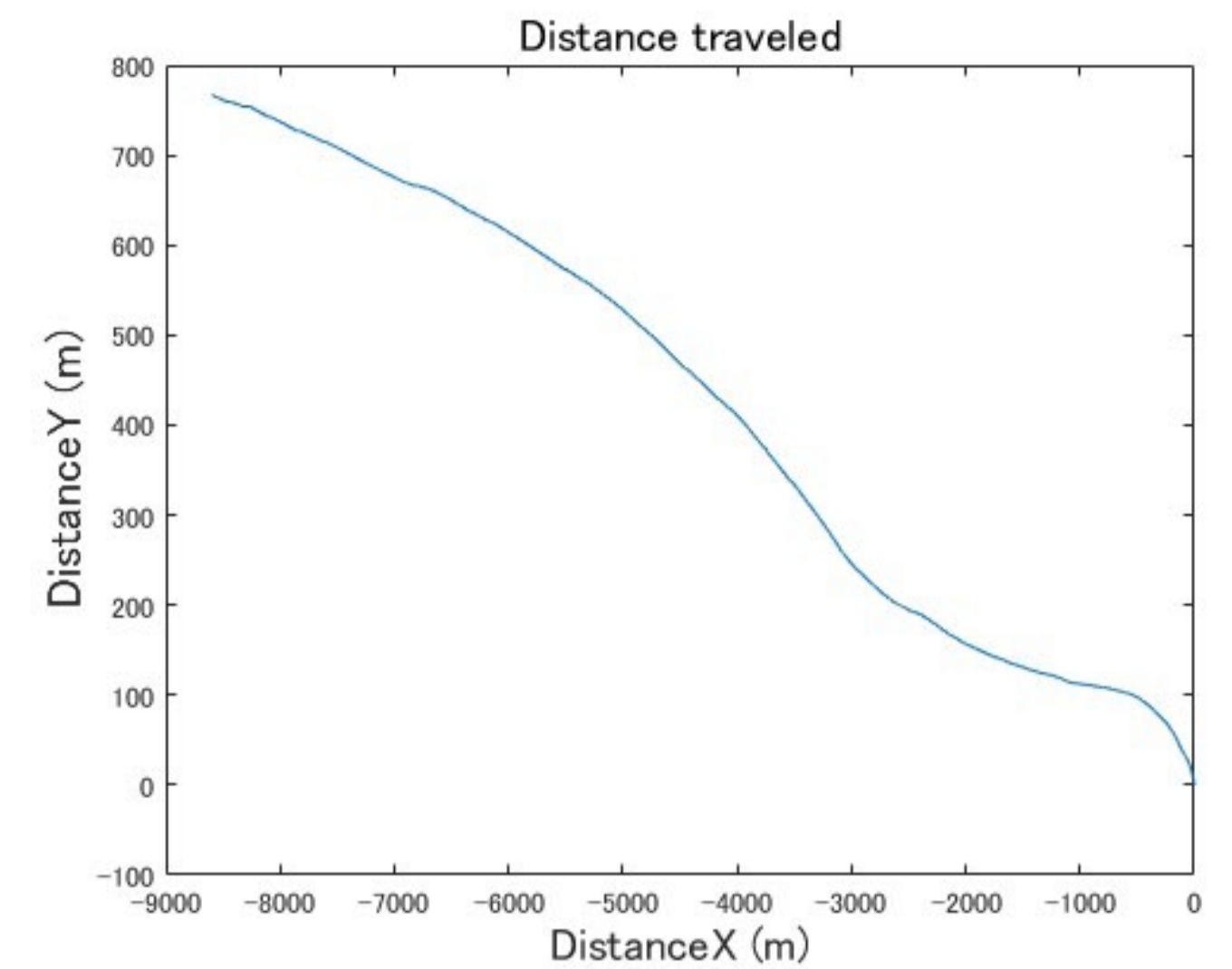


Fig.6 IMUでの位置推定

7.考察

IMUのみを用いた位置推定の場合、**誤差が蓄積**されてしまうため、実用的ではない。vSLAMのみを用いる場合、特徴点が見つからなかった際に**位置推定が行えない**ため、IMUとvSLAMの**データを統合**して、位置推定の精度を向上させることが望ましいと考える。

Fig.7はvSLAMによるマッピングをプロットしたもので、右下がスタート位置である。vSLAMによる位置推定ではGPSと**ほぼ同等**になっており、このマッピングのプロットを観察すると、スタート位置からの距離がGPSに近い、約100mまでマッピングできていることが確認できる。
従って、vSLAMの精度はかなり高く、水中ドローン等に応用が可能である。これにより、複雑な環境下での位置推定がより**正確に行える**ようになり、様々な実用アプリケーションに適用できる可能性が広がると期待される。

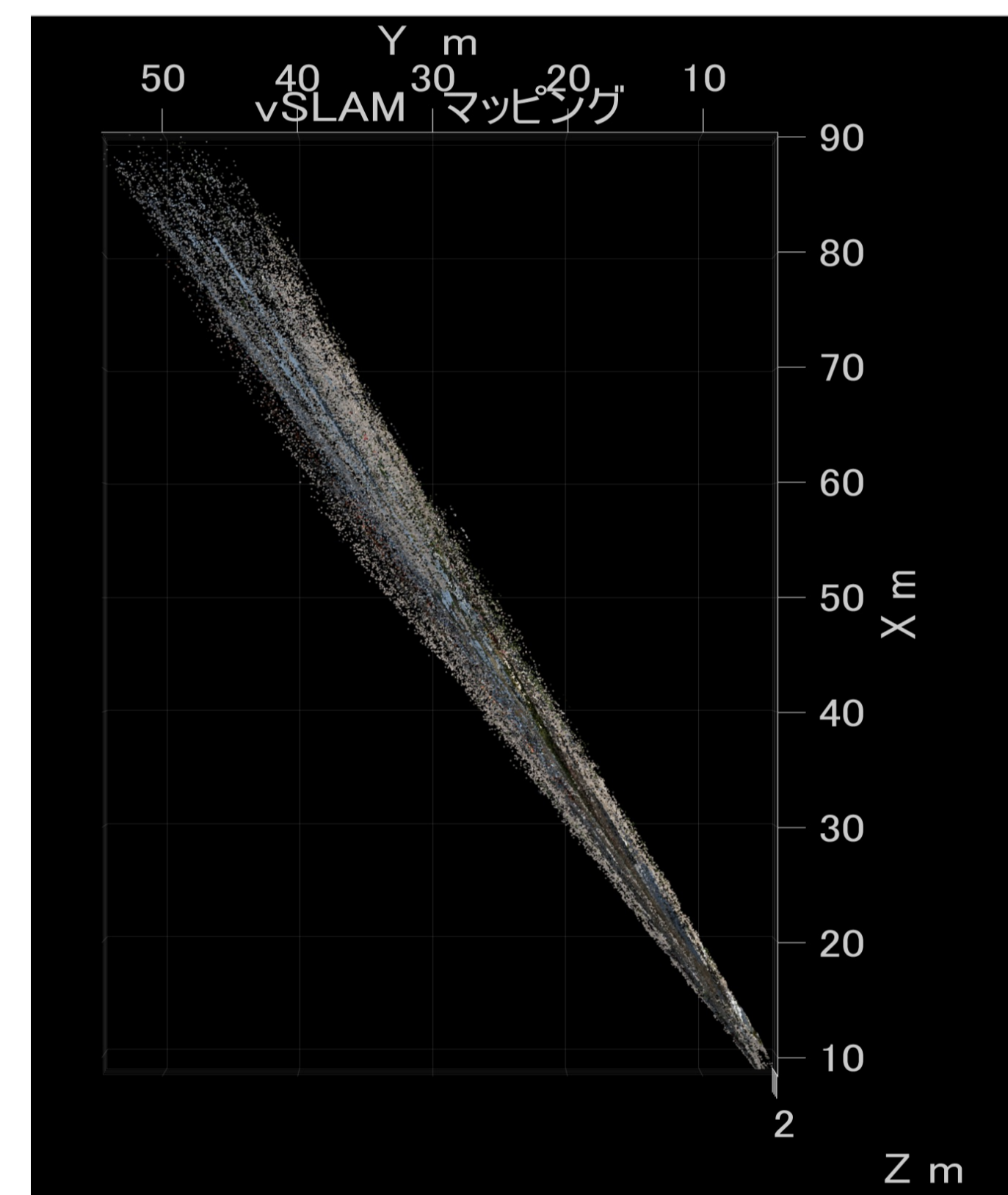


Fig.7 vSLAMを用いたマッピング

8.今後の展望

- 今後、以下の取り組みを実施したい。
- vSLAMの精度向上のために、**深層学習**を用いた**セマンティック セグメンテーション**を実行し、車などを**除去**する。
 - vSLAMとIMUの統合により、位置推定とマッピングの精度を**向上**させる。
 - IMU, vSLAM, IMU+vSLAM, GPS で精度比較を行い、それぞれの技術の**利点と限界**を明らかにする。
 - 異なる環境や状況に対応できるように、アルゴリズムの**ロバスト性**を向上させる。
 - 計算コストを**抑えた**高性能な位置推定アルゴリズムを開発し、**リアルタイム処理**やリソース制約のある環境での利用を可能にする。
 - 今回得られた成果を活かし、実際に**水中ドローン**などを作成し、位置推定を実施する。

9.まとめ

IMUセンサは振り子などの周期が短い状況ではほぼ正確なデータが得られるが、位置推定においては誤差が**徐々に大きくなる**。
vSLAMはGPSと**ほぼ同等**の位置推定はできたものの、特徴点が少なく正確な自己位置が推定できなかった場合は他のセンサ等で**位置を補完**する必要がある。
今後は、今回得られた成果を活かし、**水中ドローン**などの位置推定を行う。

10.出典

- ウェアラブルカメラと慣性センサ群のデータ統合に基づくパーソナルポジショニング
興格 正克, 蔵田 武志
- 慣性センサ群とウェアラブルカメラを用いた歩行動作解析に基づくパーソナルポジショニング手法
興格 正克, 蔵田 武志
- 慣性計測装置(IMU)の基本とセンサデバイスとの違い
EPSON
- Visual Simultaneous Localization and Mapping (vSLAM)
MathWorks
- Stereo Visual Simultaneous Localization and Mapping
MathWorks