

非GNSS環境下における高精度自己位置計測システムの技術研究開発（1/4）

研究の背景

- GNSS電波が受信できない**非GNSS環境下では自己位置の計測精度が著しく低下**する。
- 現時点では非GNSS環境下の自己位置は、IMU（加速度計）によって計測されている。
- 非GNSS環境下における自己位置計測精度の向上では、国内外において①GPSリピーター、
- ②Visual SLAM、③Beacon、④高性能IMU、⑤ジャイロ스코プ等の技術の適用がすでに研究されているものの、必ずしも大幅な精度向上には至っていない。

研究の目的

GNSSが受信できないトンネル坑内でも、50km/h走行する車両の自己位置を、トンネル延長に関わらず、誤差±5cm以内に測位できる計測システムを開発する。

研究の課題と解決策

- 2023（R5）年10月に、**画像と距離を同時に計測できるセンサフュージョンシステム**がリリース。
- このセンサフュージョンシステムにて連続撮影された画像をマッチングすることにより、自己位置計測に必要な車両の位置（x,y,z）と傾き（roll,pitch,yaw）の算出が可能。

本研究では、画像と距離を同時に計測できるセンサフュージョンシステムによって、非GNSS環境下における自己位置計測の安定的な精度向上を目指す。

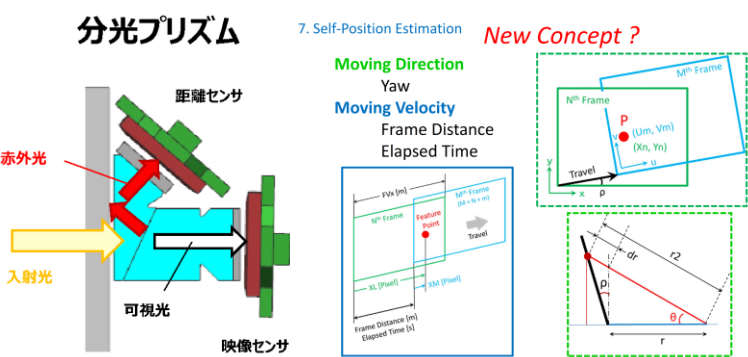


図1 画像と距離を同時に計測できるセンサフュージョンシステム
出典：JVC Kenwood、映像+ 測距によるセンサーフュージョンカメラカタログ

【1年目：2024（R6）年度】（予算:3000万円/年）

- 研究に用いる**センサフュージョンシステムの計測性能・実測精度の検証**。
- 自己位置計測システムに用いる**センサフュージョンシステムの改良**。
- センサフュージョンシステムによる**自己位置計測システム（試作機）の設計**。

【2年目：2025（R7）年度】（予算:5000万円/年）

- センサフュージョンシステムによる**自己位置計測システム（試作機）の製作**。
- 実験による**自己位置計測システム（試作機）の計測精度の検証**。
- センサフュージョンシステムによる**自己位置計測システム（実用機）の設計**。

【3年目：2026（R8）年度】（予算:5000万円/年）

- センサフュージョンシステムによる**自己位置計測システム（実用機）の製作**。
- トンネル走行試験による**自己位置計測システム（実用機）の計測精度の実証**。

**※ 2027（R9）年度～
GNSSに頼らない自己位置計測
システムの運用**

非GNSS環境下における高精度自己位置計測システムの技術研究開発（2/4）

令和6年度：進捗状況

A. センサフュージョンシステムの実測性能の検証

JVCケンウッドから調達したセンサフュージョンシステムについて、静的特性の計測評価を実施した。初回のレポートとして、ToF距離情報（depthデータ）の静的評価を実測により行った。

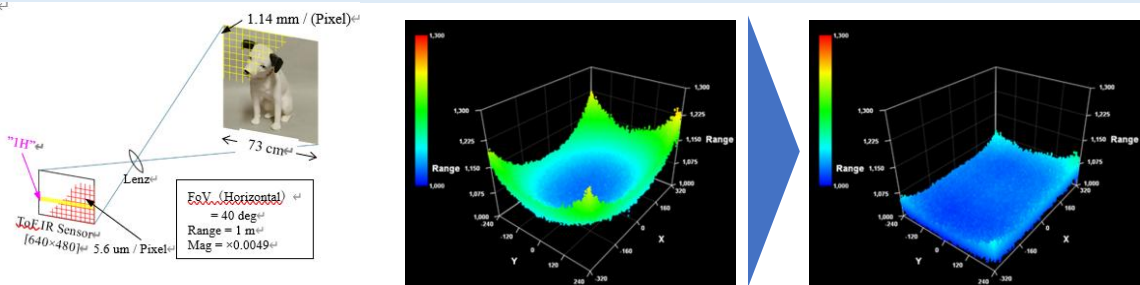


図2 センサフュージョンシステムによる静的特性の評価

B. センサフュージョンシステムの改良

開発を目指すシステムは、走行車両から連続撮影した画像をマッチングすることにより、自己位置を逐次計測するものである。連続撮影した画像をマッチングするためには、撮影画像から特徴点を高速で認識し、自己位置を逐次計測する必要がある。しかし、調達したセンサフュージョンシステムには異なる画像から同じ特徴点を識別し、撮影画像マッチングする機能が備わっていない。

そのため、調達したセンサフュージョンシステムに画像処理装置（GPU）を搭載し、連続撮影する画像から特徴点を高速で識別し、画像マッチングできる演算処理を追加するシステム改良を施した。

C. 自己位置計測システム（試作機）の設計

AおよびBの評価により、センサフュージョンシステムの静的計測性能を確認した。しかし、開発したシステムは走行車両への搭載を想定しているため、車載時における動的計測性能の把握が必要である。そのため、今後は電動移動ベルトを用いた室内実験と、走行車両を使用した屋外実験を通じて、開発システムの動的性能を評価する予定である。現在、特定の環境下で取得した動的計測データを基に、特徴点検出手法の解析を進めている段階である。この進捗は、令和6年度の計画通りに進行している。

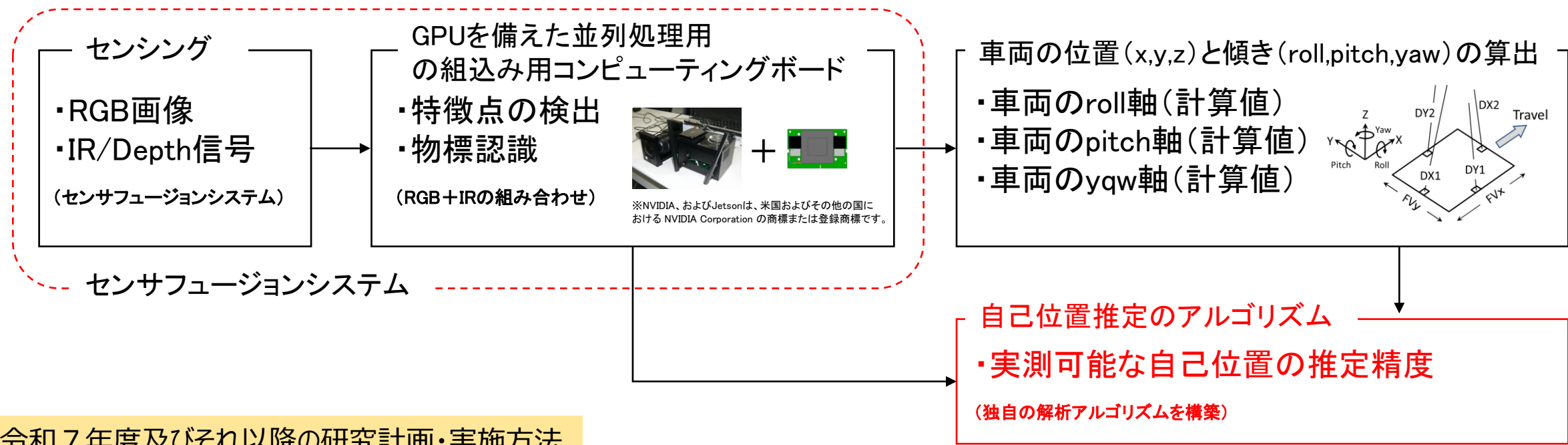
令和7年度：見通し

令和7年度は、令和6年度に設計した自己位置計測システムの試作機を製作し、センサフュージョンシステムの実測性能を検証する。その結果から、自己位置計測システムに適した仕様にセンサフュージョンシステムを改良するとともに、トンネル実証実験での評価を進める。現在のところ提案した予定通りで、計画の変更ない。



非GNSS環境下における高精度自己位置計測システムの技術研究開発（3/4）

センサフュージョンシステム：技術マップ



令和7年度及びそれ以降の研究計画・実施方法

【自己位置計測システム試作機の製作】
令和6年度に設計したNVIDIA（Jetson）のソフトウェアを用いる。そして、「センサフュージョンシステムのアルゴリズム構築 Ver1.00」に基づき、自己位置推定手法を解析する。また、レンズおよび光学設計を反映させたセンサフュージョンシステム（Ver2.00）に作製したソフトウェアを搭載する。

【自己位置計測システム試作機の検証】
令和6年度に整備した京都大学風洞実験室内の実験環境を活用し、電動移動ベルトによる室内実験を実施して、特徴点の精度およびサイズ検出の評価を行う。その後、道路トンネルの内面を実測するため、国土技術総合研究所の実大トンネル実験施設にて特徴点検出に関する評価を行い、開発中の自己位置計測システムに適したセンサフュージョンシステムの仕様を検討し、さらなる改良を進める。

非GNSS環境下における高精度自己位置計測システムの技術研究開発（4/4）

研究の実施体制

研究代表者

京都大学

光学システム設計の研究者

中央復建コンサルタンツ（株）

道路及び道路トンネルの建設コンサルタント

計測検査（株）

既存の走行型トンネル点検車（MIIM）の開発・保有業者

日本測器（株）

多種多様な計測センサを取り扱う業者

（株）JVCケンウッド

画像と距離を同時に計測できるセンサフュージョンシステムと自己位置推定ソフトウェアの開発業者

役割

➤ 自己位置計測システムの設計、精度検証。

➤ 自己位置計測システム（実用機）のトンネル走行試験。

➤ 自己位置計測システム（実用機）の検証。

➤ 自己位置計測システムに搭載するセンサの調達。

➤ センサフュージョンシステムの調達・改良。

➤ 自己位置推定ソフトウェアの作製。

研究の特徴

- 新たな計測システムに用いるセンサフュージョンシステムは、**撮影範囲における画素単位の画像（RGB）と距離（ToF）を数十ヘルツの頻度で同時計測できる**最新の計測機器。
- 開発する自己位置計測システムは、**連続計測により部分的にラップした画像をマッチングし、トンネル内面からの距離を逐次計測すること**によって、走行車両の自己位置を常時計測する全く新しい原理に基づく自己位置計測手法。
- この原理に基づく自己位置計測システムは、**走行車両のみで自己位置計測できる**ため、維持管理性や省力化の点からも有効。
- 開発する自己位置計測システムを**小型化して徒歩や小型ロボットに搭載**することにより、あらゆる非GNSS環境下における位置情報計測に発展させることが可能。

研究の実績：令和6年度

論文 SPIE（国際光工学会）：The international society for optics and photonics
IEEE（米国電気電子学会）：Institute of Electrical and Electronic Engineers

“Static characterization of sensor fusion systems”の題目で国際光工学会（SPIE）に示した。
Proceedings Volume 13198, Remote Sensing Technologies and Applications in Urban Environments IX; 131980F (2024)
<https://doi.org/10.1117/12.3031433>
Event: Remote Sensing, 2024, Edinburgh, United Kingdom

共同研究者