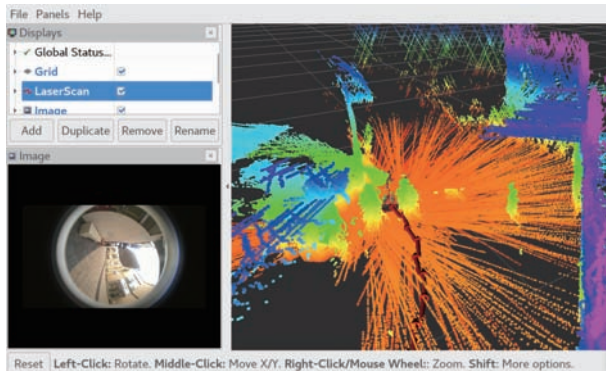


# CONTENTS トランジスタ技術 10

2019 第56巻 第10号 通巻第661号

**Transistor Gijutsu**

<https://toragi.cqpub.co.jp/>



# 特集 GPS×カメラ×地図 初歩の自己位置推定


レーダ / LiDAR, AI, ロボットOS…自動運転の役者はそろった

**別冊付き** **自動運転対応！リアルタイム1cm測位 F9Pレシーバの研究**



- Google Earth センチメートル・ナビの製作
- ESP32 ポータブル RTK 局の製作
- 2周波 RTK 搭載 自動運転車の研究
- GNSS 用アンテナの選び方 など

**特集連動セミナー開催**



- (1) 実習・センチメートル高精度衛星測位入門**  
講師：岡本 修 9月22日開催
- (2) 実習・最新RTK測位モジュール F9P スタートアップ入門**  
講師：吉田 紹一 10月18日開催
- (3) 自己位置推定ロボティクス入門**  
講師：赤井 直紀 12月17日開催

**キット頒布** **トラ技2周波RTK スタータ・キット [高速測位タイプ]**



- ZED-F9P モジュール (ケーブルロック)
- L1 (1575.42MHz), L2 (1227.60MHz) 対応
- GLONASS/Galileo/QZSS/Beidou 同時受信
- 価格：45,360円 (税込)

**付録 DVD-ROM** **F9P測位レシーバ入門ムービー&位置推定プログラム集**

- カメラ用の高速な移動距離推定プログラム libviso2
- 高速認識! 定番の画像認識プログラムYOLO
- 衛星による自己位置推定プログラム RTKLIB
- LiDAR用自律移動プログラム AutoNavi

ほか

# トランジスタ技術 10

## 特集 LiDAR, AI, ロボットOS...自動運転の役者はそろった GPS×カメラ×地図 初歩の自己位置推定

イントロダクション LiDAR/カメラ/ディープ・ラーニング/GPU/SLAM...先端技術を総動員

40 空間計測から地図作成まで! 無人移動ロボットのテクノロジー

松岡 洋

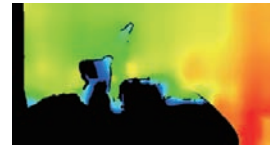


### 第1部 1cm精度で秒速Fix! 最新RTK測位モジュールF9P誕生

第1章 位置精度mmの地上基準局が受信した1.5GHzの波長との差を利用

47 ナビの100倍高精度! センチ・メートル測位「RTK」

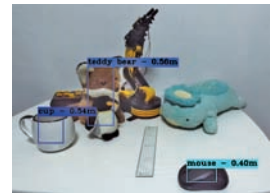
吉田 紹一



第2章 Fixしたら外れない自動運転対応センチ・メートル測位モジュール

49 300万円が数万円に! リアルタイム2周波RTK「ZED-F9P」

吉田 紹一



第3章 パソコンとu-centerの間のUSB通信バスを確立する

51 2周波RTKモジュールF9Pの初期設定とUSB制御

吉田 紹一

第4章 設定アプリ u-center で出力するデータの中身やフォーマットを指定

55 移動局の準備① 初期設定と基準局との接続

吉田 紹一



第5章 基準局との位相差を計算したり, 位置精度を解析・表示したり

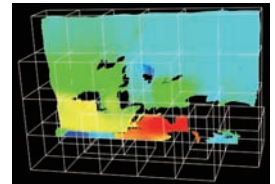
62 移動局の準備② 多機能測位アプリ RTKLIBの初期設定

吉田 紹一

第6章 SDをSSDに! 全天見晴らし地にアンテナ! 安心のセンチ・メートル測位

69 専用基準局の製作① ハードウェアの準備

吉田 紹一



第7章 利用するGNSSシステムや移動局に送信するデータの種類を選択する

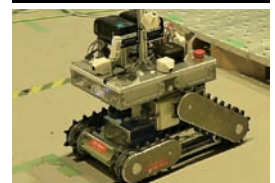
71 専用基準局の製作② F9Pの初期設定

吉田 紹一

第8章 移動局&基準局ネットワークへのデータ配信から問題解析, 異常停止まで

74 専用基準局の製作③ 測位解析&配信アプリをラズパイで動かす

吉田 紹一



Appendix 秒速7km, 加速度10gの超高速飛行隊をリアルタイム測位

79 酷なドップラー・シフトに負けない! ロケット用RTKレシーバFireFly

海老沼 拓史

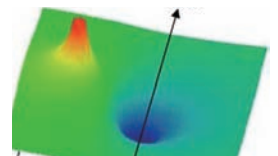
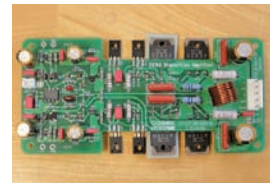
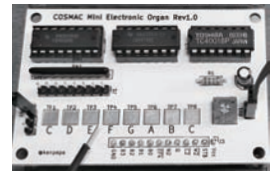
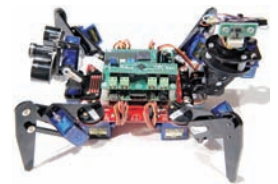
Appendix2 単独測位で1km移動の積算誤差1m! M8TやF9PのRawデータから速度と方向を計算

81 裏技! 搬送波ドップラーを利用する自己位置推定

日黒 淳一

## 第2部 初めての自己位置推定ロボティクス

- |     |                                      |       |
|-----|--------------------------------------|-------|
| 第1章 | 超高速演算器とロボット制御ライブラリで3次元画像処理           |       |
| 83  | 自己位置推定ツール① 2眼カメラ×ROS2×GPU            | 三好 健文 |
| 第2章 | 現在の画像と1フレーム過去の画像から移動を把握              |       |
| 93  | 自己位置推定ツール② カメラ×移動推定ライブラリ libviso2    | 松岡 洋  |
| 第3章 | Cで並列プロセッサを直接叩いて、0.1秒の超高速照合           |       |
| 97  | 自己位置推定ツール③ AI画像認識ライブラリ YOLO×GPU      | 松岡 洋  |
| 第4章 | 確率統計処理で誤差の蓄積を最小化！1kmの長距離自走に成功        |       |
| 102 | 自己位置推定ツール④ オドメトリ×カルマン・フィルタ           | 内村 裕  |
| 第5章 | 地図作成/LiDAR/カメラ…無人機プロトタイプ専用フレームワーク    |       |
| 110 | 自己位置推定ツール⑤ 自律移動ロボットを高速開発！ROS入門       | 渡辺 敦志 |
| 第6章 | LiDAR空間スキャンによる誤差の蓄積を減らす              |       |
| 117 | 自己位置推定ツール⑥ 3D点群とモデルで推定！粒子フィルタ        | 赤井 直紀 |
| 第7章 | 自動運転車両の安全性を確保するための人工知能               |       |
| 129 | 自己位置推定ツール⑦ 推定結果の信頼度を数値化！ニューラル・ネットワーク | 赤井 直紀 |



## 一般

- |     |  |       |
|-----|--|-------|
|     | 初期化完了！プログラム始動                            |       |
| 139 | プリント基板でつくる！COSMAC Toy Computer           | 大内 和博 |
|     | 柱や家具をよけながら目標地点に確実到達！PSoC & ROSでプログラムして製作 |       |
| 158 | LiDARで自己位置推定！1万円自律移動ロボット「PiBoT」          | 砂川 寛行 |

## 連載

- |     |  |          |
|-----|--|----------|
|     | 誰でもキマル！プリント基板道場<30>  |          |
| 149 | 大電流部/高入力抵抗部から空中/電源/リターンまで…神は細部に宿る<br>THD+N 0.0003%！40Wゼロディストーション・パワーアンプの製作 | Takazine |
|     | ダイレクト・サンプリングFM SDRの製作<11>  |          |
| 166 | ミキサ/フィルタ/周波数コンバータ…RF信号処理ロジックの作り方がわかる<br>ハードウェアCORDICのFPGA実装                | 林 輝彦     |
|     | USBマルチ測定器 Analog Discoveryで作る私のR&Dセンタ<14>                                  |          |
| 176 | シャント抵抗の選別やアンプの安定性評価に<br>100μΩまで！超低インピーダンス・アナライザの製作                         | 遠坂 俊昭    |
|     | 強コネクティビティ&高セキュリティ PSoC6の研究<4>  |          |
| 185 | 電源を切っても表示し続ける超低消費電力ワイヤレス・ディスプレイ<br>Bluetooth電子ペーパー・タグの製作                   | 圓山 宗智    |
|     | 新アナログ&デジタル・フィルタ理論と実践<8>  |          |
| 199 | 最新プロセッサとシミュレータで無線&計測信号処理<br>LCフィルタ設計ソフトの計算アルゴリズム                           | 西村 芳一    |
|     | 私の部品箱<95>  |          |
| 206 | 低入力バイアス10pAのμVセンサ用ゼロドリフトOPアンプ LTC1050                                      | 漆谷 正義    |

207 Reader's FORUM

208 Information

210 次号のお知らせ/編集余録

発行所 CQ出版株式会社  
〒112-8619 東京都文京区千石4-29-14  
電話 編集 03-5395-2123  
広告 03-5395-2131  
販売 03-5395-2141  
振替 00100-7-10665

発行人/編集人 寺前 裕司  
© CQ出版株式会社2019  
(無断転載を禁じます)  
2019年10月1日発行 (毎月1回1日発行)  
日本ABC協会加盟誌  
(新聞雑誌部数公費機構)

(定価は表四に表示してあります)

印刷 三晃印刷株式会社/大日本印刷株式会社  
三共グラフィック株式会社/クニメディア株式会社  
製本 三晃印刷株式会社  
Printed in Japan



本書に記載されている社名、および製品名は、一般に開発メーカーの登録商標または商標です。なお本文中では、TM、®、©の各表示を明記していません。