

ライン引きロボットにおける位置 情報精度向上手法の検討

九州工業大学大学院
生命体工学研究科

人間知能システム工学専攻
宮本研究室

楊 旭



研究背景

現在，日本では少子化が想定を上回るペースで進んでいる



活力のある社会のため，国民の運動を推進している



競技場ライン引き作業の熟練者や後継者が不足になることが考えられる



自動で正確なラインを引くロボットの開発が必要である



ライン引き作業

研究背景

当研究室では、競技場ライン引きロボットの研究開発を行っている



RTK-GPS測位より自己位置推定



ライン引きロボット

GPS と RTK-GPS の違い

- **従来のGPSの特徴**

一般的にGPSと呼ばれる位置情報サービスで使われている測定方法は、単独測位というものです。広く普及している基本的な測定方法で、単独の受信機で4つ以上のGPSやGNSSの衛星から信号を受信して、各衛星からの距離を測定することで、位置を算出します。

- **RTK測位の特徴**

RTKとは「リアルタイムキネマティック (Real Time Kinematic)」の省略形で、「相対測位」と呼ばれる測定方法のひとつです。固定局と移動局の2つの受信機で4つ以上の衛星から信号を受信する技術で、2つの受信機の間で情報をやりとりしてズレを補正することで、単独測位よりも精度の高い位置情報を得ることができます。主に、農機や建設機械、ドローンの自動航行など、より正確な位置情報を求められる分野で活用が広がると考えられています。

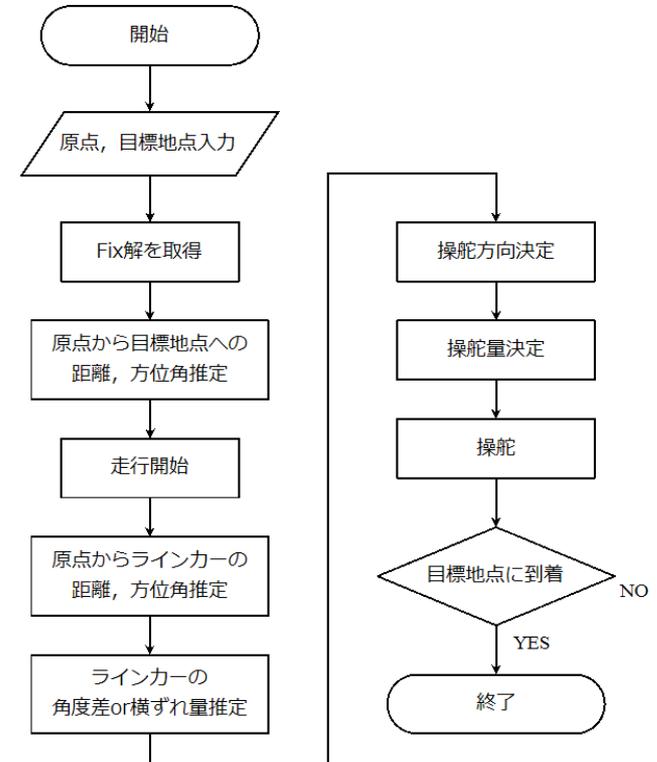


先行研究

平成30年度には，RTK測位による高精度な位置情報を用いたラインカーユニットの直線走行手法が提案された。



問題点として，RTKがFix解取れるかが走行精度に大きく影響する



直線走行フローチャート

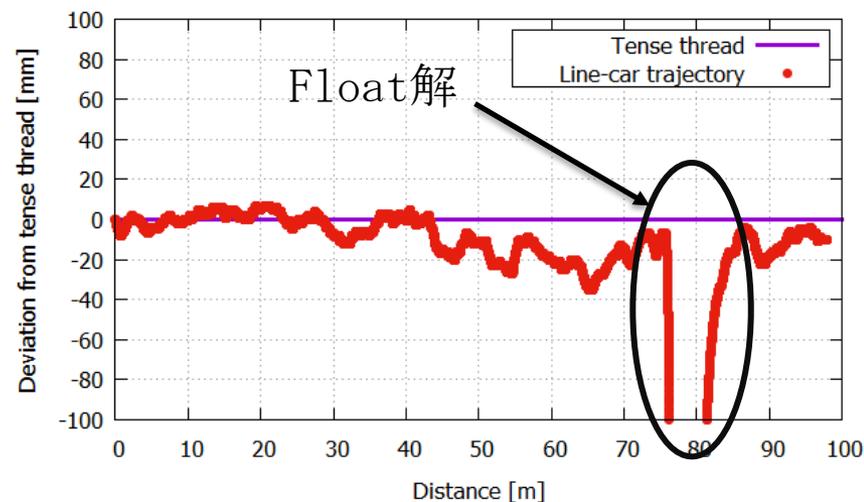
先行研究

平成30年度には，RTK測位による高精度な位置情報を用いたラインカーユニットの直線走行手法が提案された。



Fix解：数mm～数cmの精度

Float解：数10cm～数mの精度



直線走行実験結果

研究目的

RTK-GPS測位の問題点に対する解決法



オドメトリ+カルマンフィルタ



移動型ランドマーク



外部オブザーバー情報を利用することで，RTK-GPSに補助し，常に高精度な位置情報を推定することを目的にした

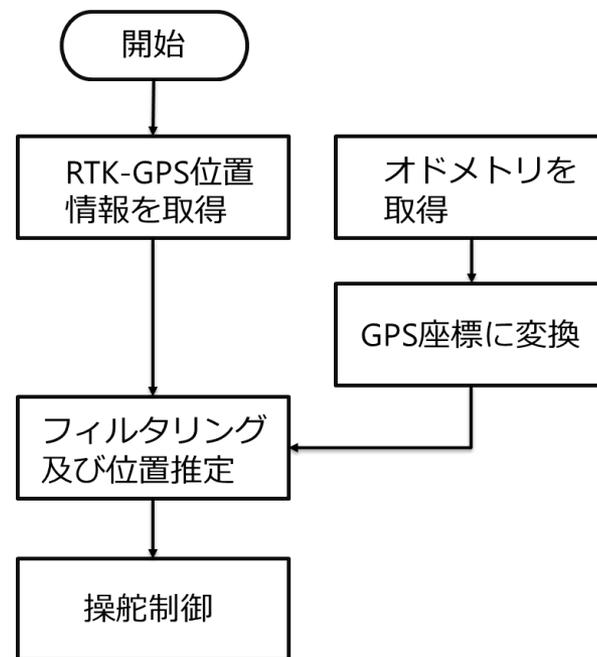
提案手法

ライン引きロボットのオドメトリを計測し，RTK-GPS位置情報とカルマンフィルタによりフィルタリングすることで自己位置推定を行う



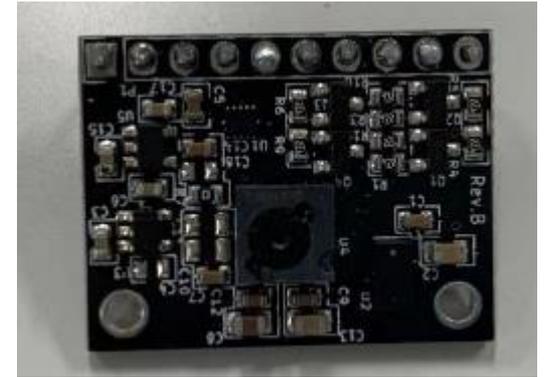
オドメトリ計測方法

- 舵角・速度から求める
- オプティカルフローセンサより計測する



オプティカルフローセンサユニット

本研究で使用するオプティカルフローセンサユニットはBitcraze製PWM3901オプティカルフローセンサ二つとArduino UNO一つで構成される



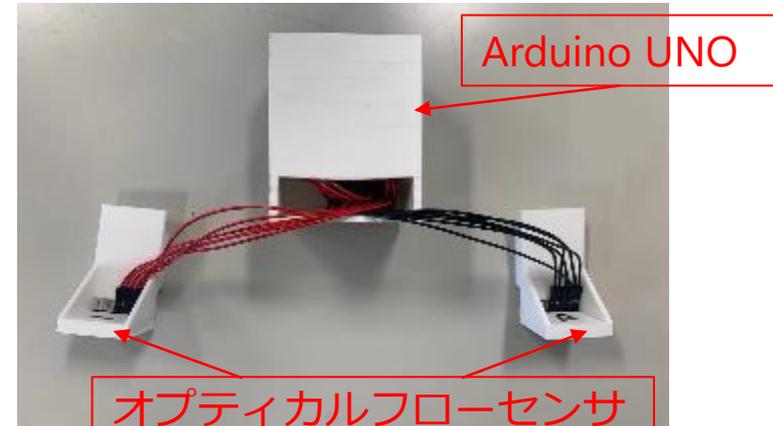
PWM3901オプティカルフローセンサ



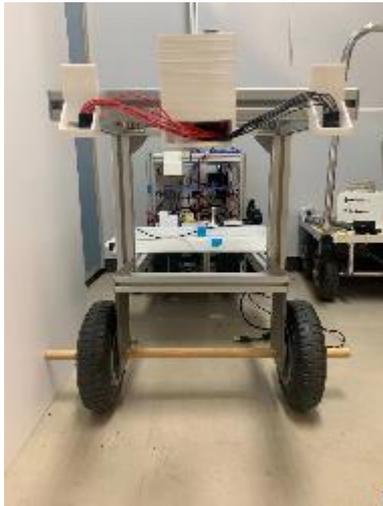
Arduino UNO

オプティカルフローセンサユニット

本研究で使用するオプティカルフローセンサユニットはBitcraze製PWM3901オプティカルフローセンサ二つとArduino UNO一つで構成される



オプティカルフローセンサユニット



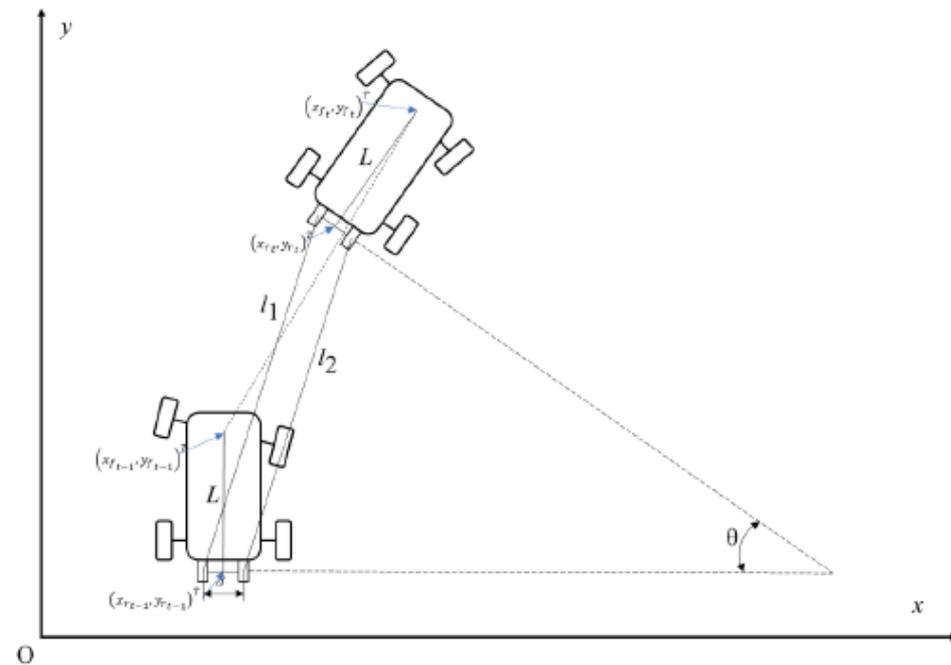
正面図



側面図

オプティカルフローセンサによる オドメトリ計測

オプティカルフローセンサよりロボット後部の移動 l_1 , l_2 が計測できる。これでロボット前部（RTK-GPSアンテナ位置）の位置が求められる



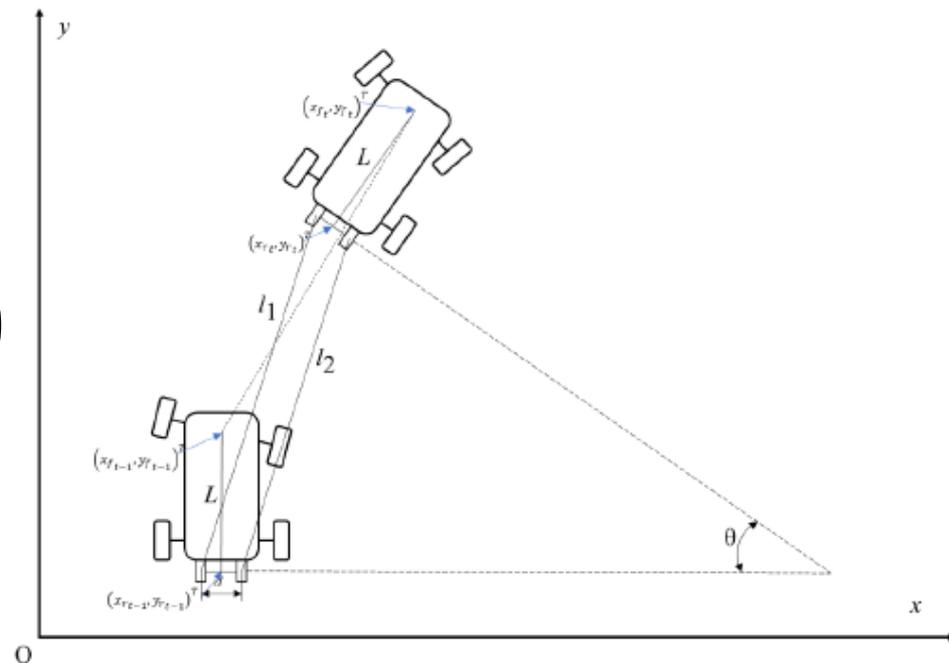
オプティカルフローセンサーによる オドメトリ計測

$$\theta = \frac{l_1 - l_2}{d}$$

$$\begin{pmatrix} x_{r_t} \\ y_{r_t} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos\left(\frac{\pi - \theta}{2}\right) \\ \sin\left(\frac{\pi - \theta}{2}\right) \end{pmatrix} \left(\frac{l_1 + l_2}{2}\right) + \begin{pmatrix} x_{r_{t-1}} \\ y_{r_{t-1}} \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} x_{f_{t-1}} \\ y_{f_{t-1}} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_{r_{t-1}} \\ y_{r_{t-1}} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ L \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} x_{f_t} \\ y_{f_t} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_{r_t} \\ y_{r_t} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \sin\theta \\ \cos\theta \end{pmatrix} L$$



カルマンフィルタによる位置推定

状態

$$\hat{x}_{\bar{t}} = A\hat{x}_{t-1}$$

$$\hat{P}_{\bar{t}} = A\hat{P}_{t-1}A^T$$

予測

$$K_t = \frac{\hat{P}_t H^T}{H\hat{P}_t H^T + R}$$

$$\hat{P}_t = (I - K_t H)\hat{P}_{\bar{t}}$$

$$\hat{x}_t = \hat{x}_{\bar{t}} + K_t(z_t - H\hat{x}_{\bar{t}})$$

$\hat{x}_{\bar{t}}$: 時刻tの観測位置

\hat{x}_{t-1} : 時刻t-1の観測位置

$\hat{P}_{\bar{t}}$: 時刻tの誤差共分散行列

K_t : 時刻tカルマンゲイン

z_t : 時刻tのオブザーバ位置

\hat{x}_t : 時刻tの推定位置

実験

直線走行実験方法

舵角・速度より求めたオドメトリとGPS情報でフィルタリングする手法の検討を実機走行実験で行った

走行アルゴリズムは平成30年度に提案されたロボット位置と目標軌道の横ずれ量により操舵する手法を採用した



実験場所



実験風景

実験

直線走行実験方法

舵角・速度より求めたオドメトリとGPS情報でフィルタリングする手法の検討を実機走行実験で行った

走行アルゴリズムは平成30年度に提案されたロボット位置と目標軌道の横ずれ量により操舵する手法を採用した

実験手順：

1. 直線ラインの原点，目標地点の座標を入力する
2. 原点にロボットを設置する
3. ロボットの走行を開始する
4. 目標地点に到着したロボットを停止させる
5. 移動軌跡の経緯度座標を記録・保存する



実験

直線走行実験結果

実験 2 データ 10 : 走行距離 10m, ステアリング制御パラメータ 5, Float 解

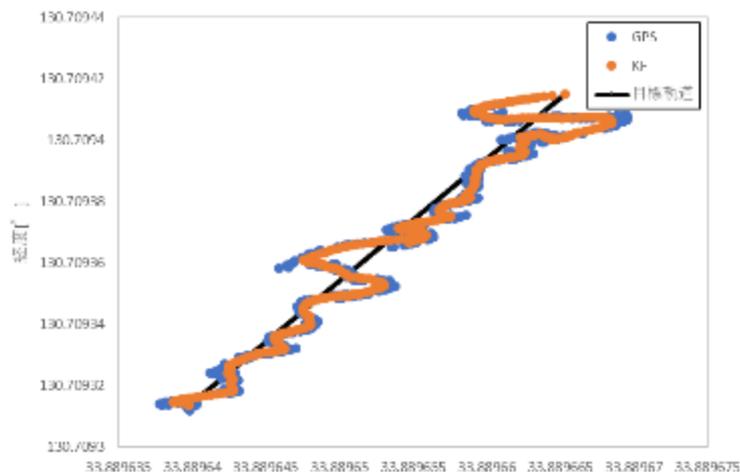


図 1

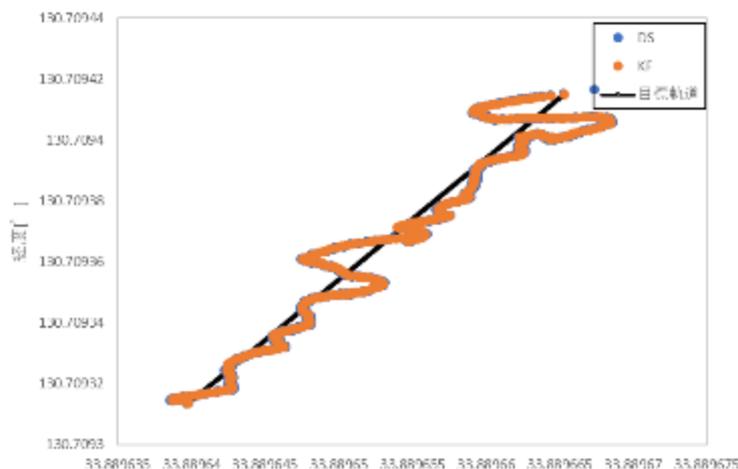


図 1

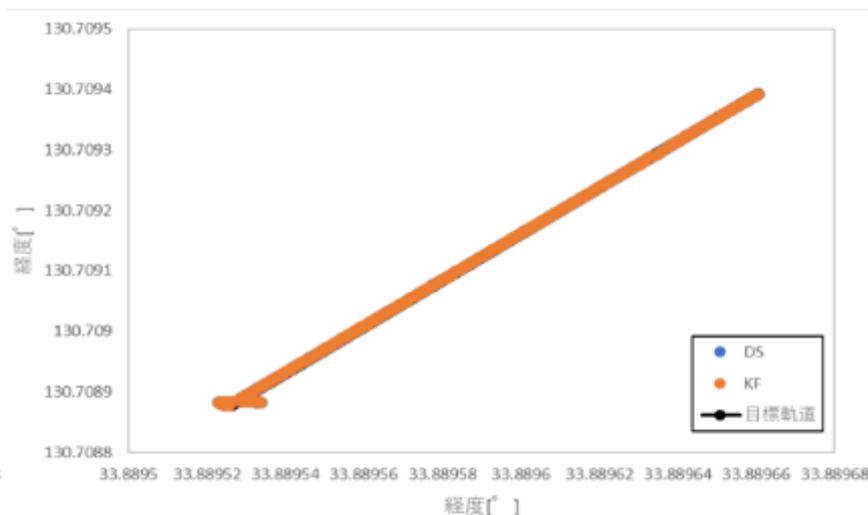
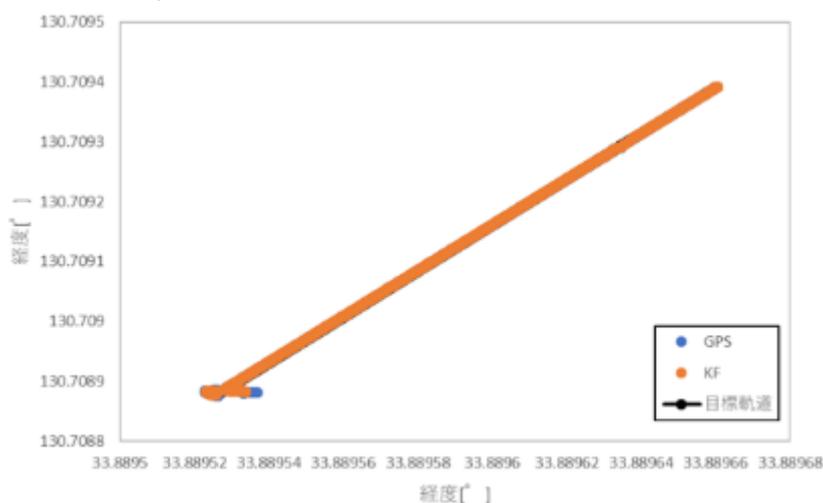
各軌跡と目標軌道の最大横ずれ量[mm]

GPS	DS	KF
73.6	68.4	67.7

実験

直線走行実験結果

実験2データ14：走行距離60m，ステアリング制御パラメータ5，Fix解



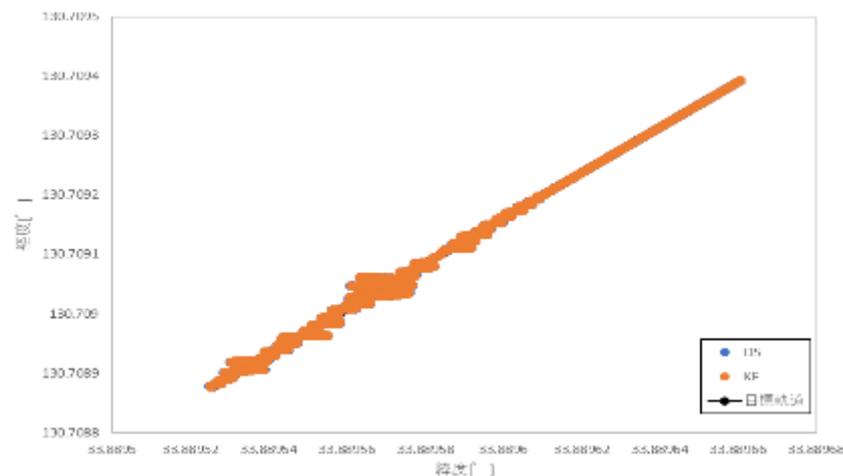
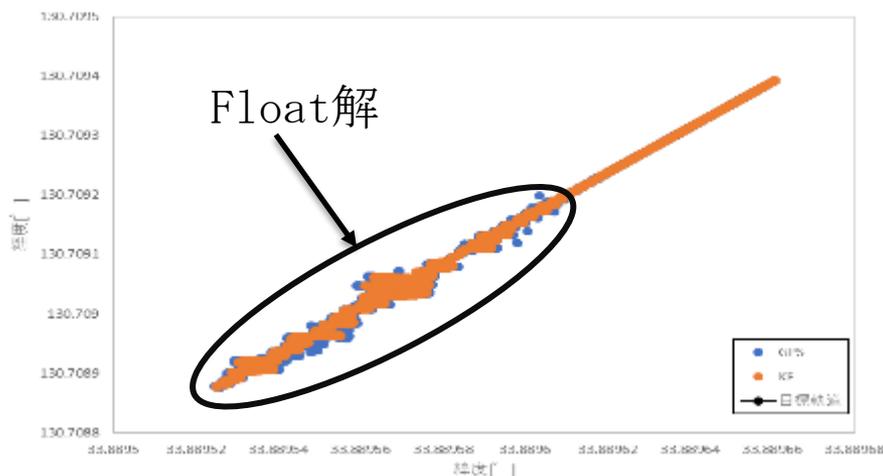
各軌跡と目標軌道の最大横ずれ量[mm]

GPS	DS	KF
107.0	79.4	78.2

実験

直線走行実験結果

実験2データ17：走行距離50m，ステアリング制御パラメータ10，Fix/ Float解



各軌跡と目標軌道の最大横ずれ量[mm]

GPS	DS	KF
111.0	94.2	94.4

結論

- オプティカルフローセンサにより測定したオドメトリでフィルタリングすることで，位置情報の精度向上ができることを証明できた。
- 舵角・速度により測定したオドメトリでフィルタリングし，実機走行で位置情報の精度向上ができた。

問題点と今後の課題

- オドメトリ測定方法とするオプティカルフローセンサは影や明るさの変化等に影響されやすい
- 速度・姿勢制御が不足