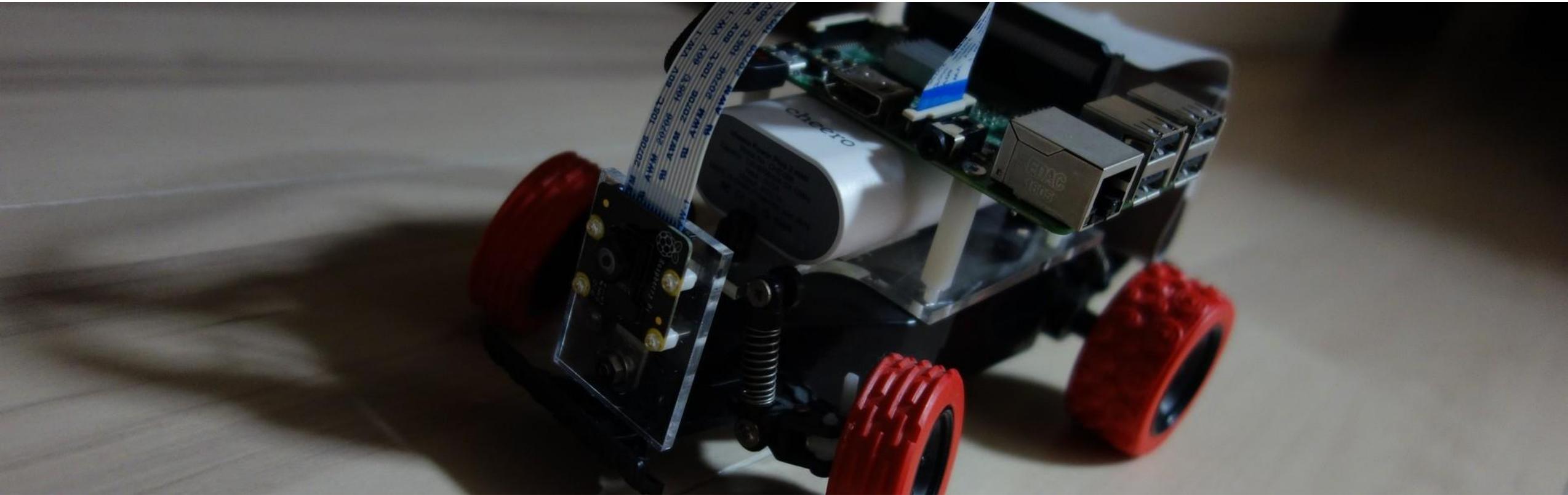


Coyote Racer



レースカーのおもちゃ



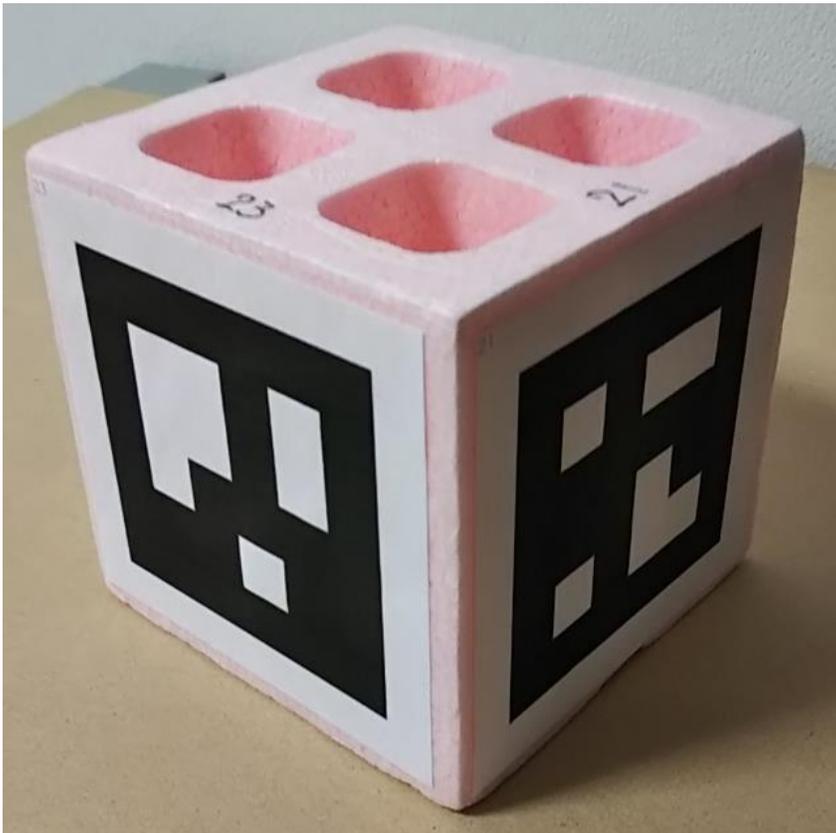
- ミニ四駆は楽しいけど・・・コースを用意するのが面倒



自律走行レースカー



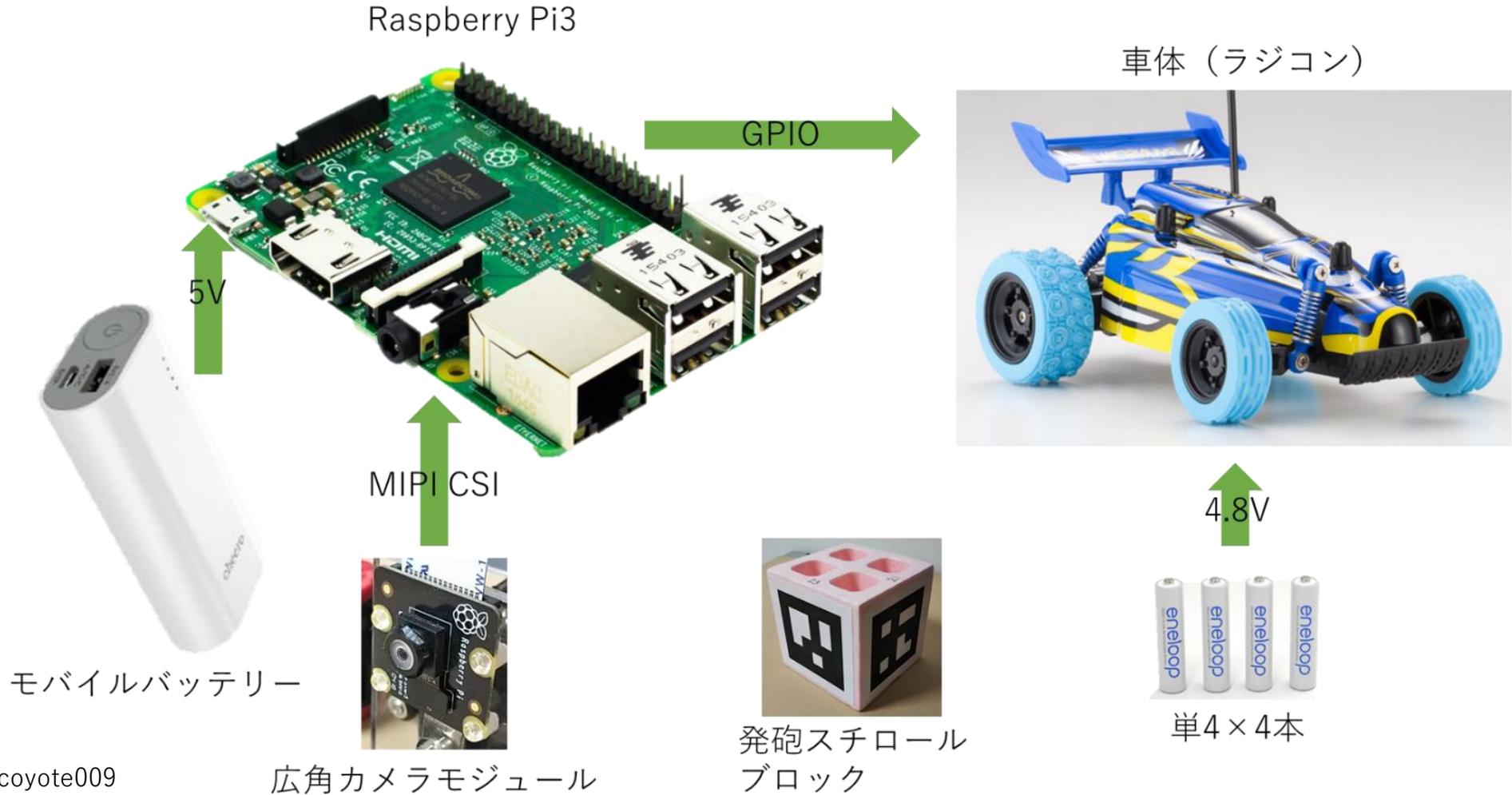
- そこで、ARマーカーを並べるだけで遊べるレースカーを作ってみた





Coyote Racerとは

- Raspberry Piとカメラだけで作る自律走行レースカー



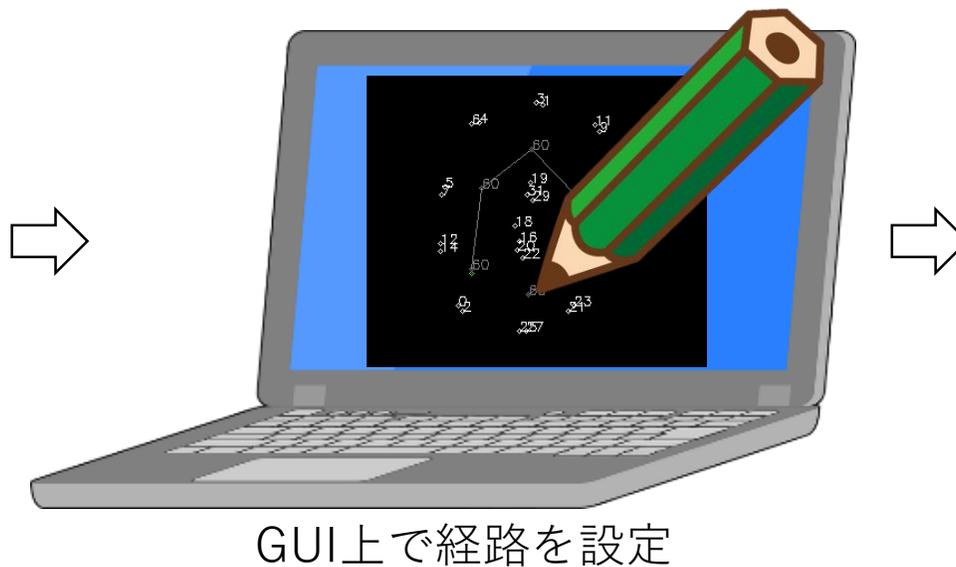
Coyote Racerでできること



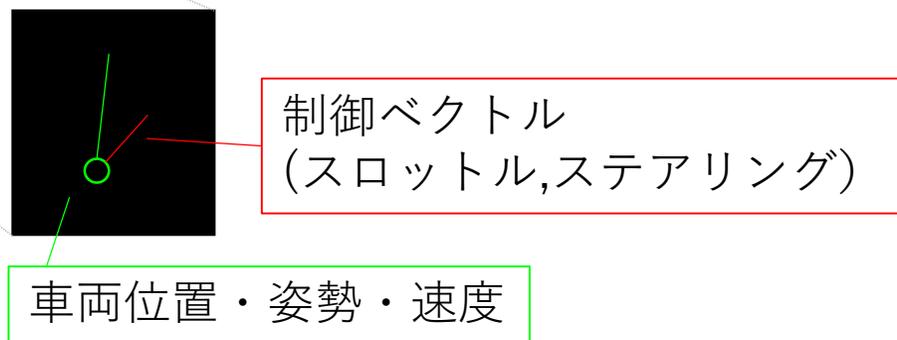
Step1: Map生成



Step2: 走行経路設定(PC上)



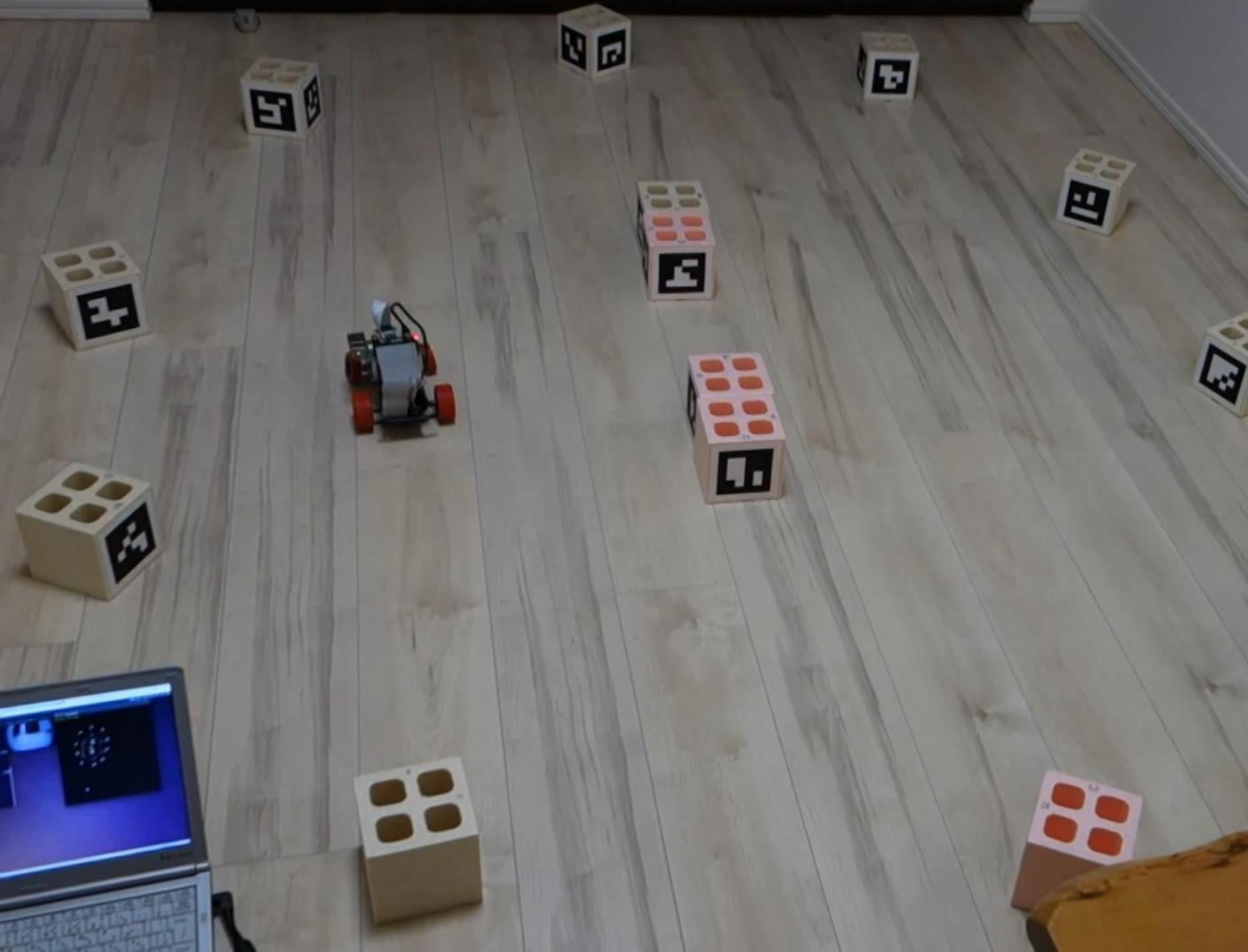
Step3: 経路上を自律走行



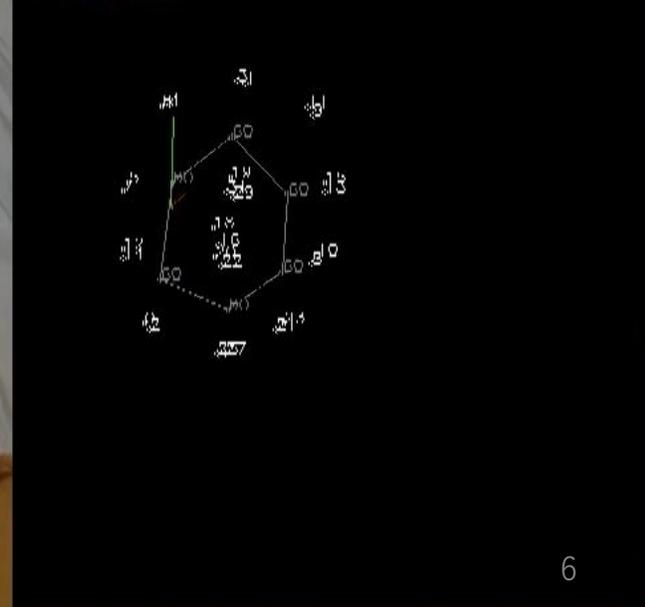
*車両はマニュアル操作
Copyright 2019 coyote009

自動的に経路追従

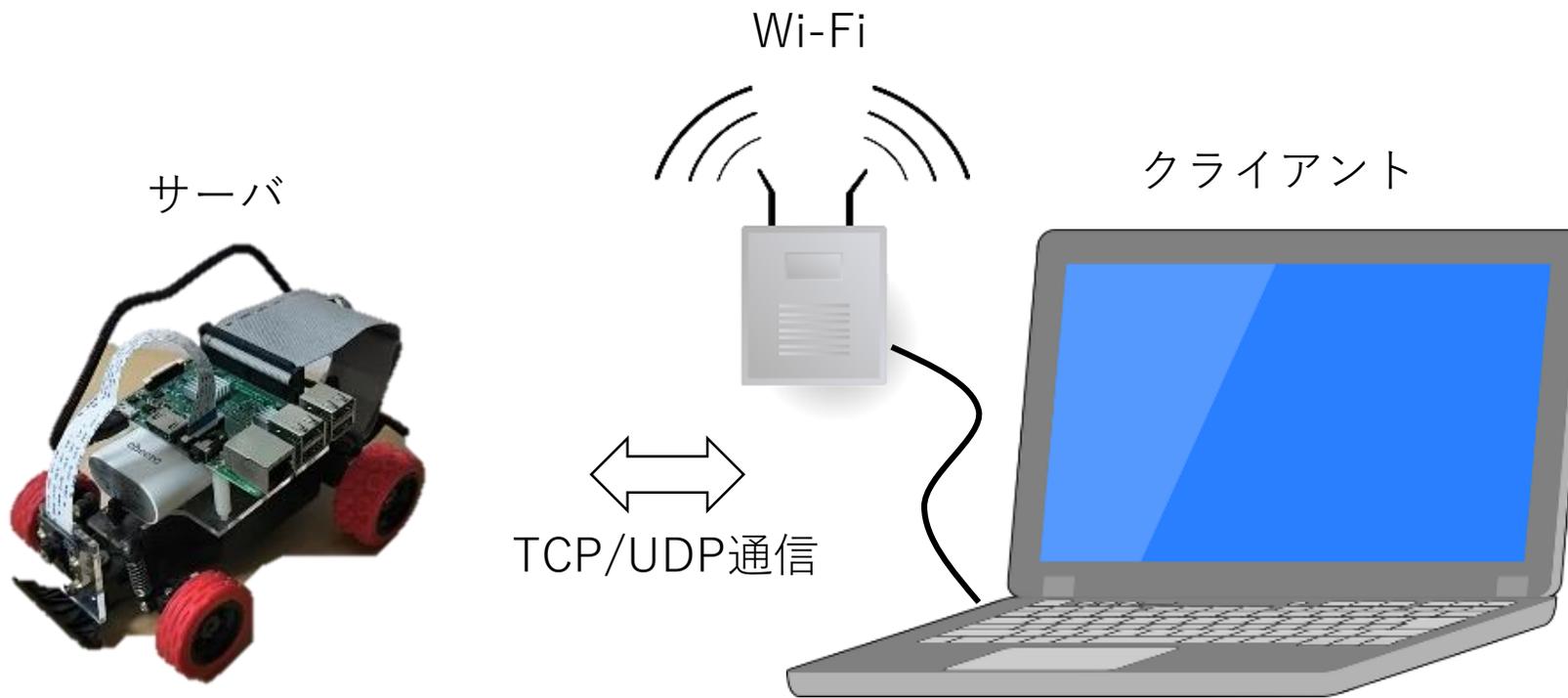
[デモ動画はこちら](#)



time=1.502008



ネットワーク構成



Coyote Racer Server
(マーカー検出、MAP生成、制御、etc.)

OpenCV

pigpio

MMAL

Raspbian (Linux)

Coyote Racer client
(GUI、マニュアル制御、Path入力、他)

OpenCV

Linux



シャーシ／動力駆動系

- シー・シー・ピー社製
瞬足バギーターボ
- シャーシ、モーター、
モータードライバ回路を
そのまま利用

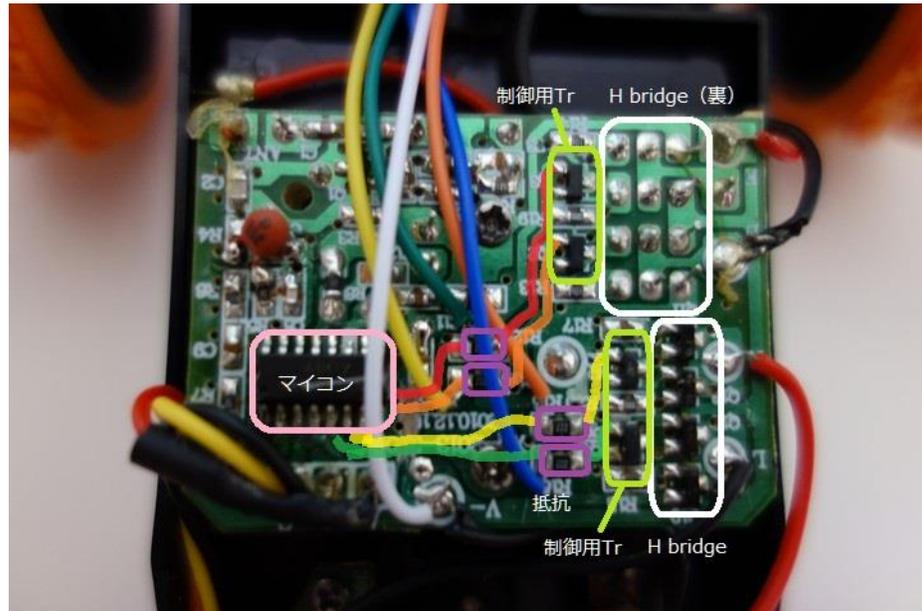




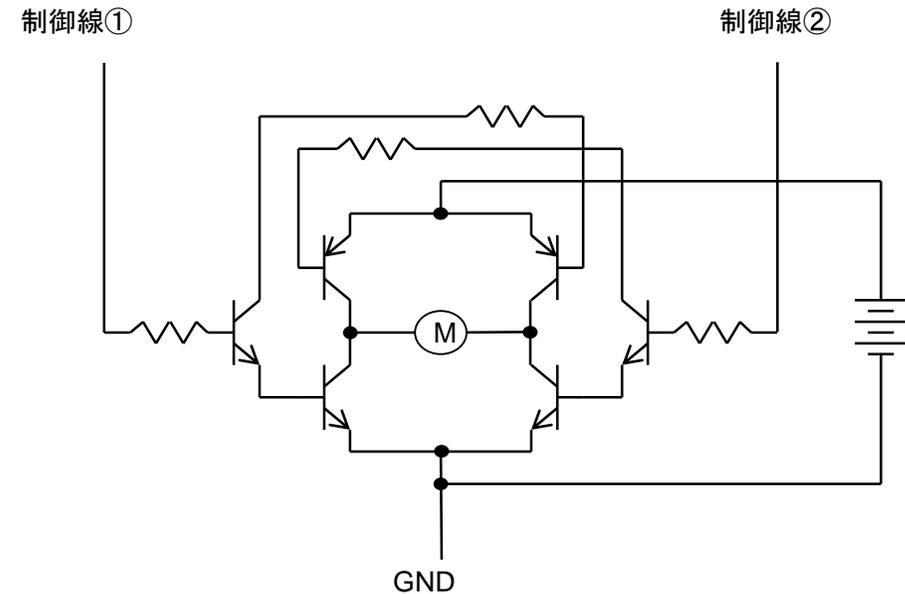
モータードライバ

- 瞬足バギーターボ搭載のドライバ回路をそのまま利用
- 基板上の信号線をパターンカットし、Raspberry PiからのGPIO信号をはんだ付け

瞬足バギーターボ搭載のドライバ回路



ドライバ回路 (Hブリッジ)



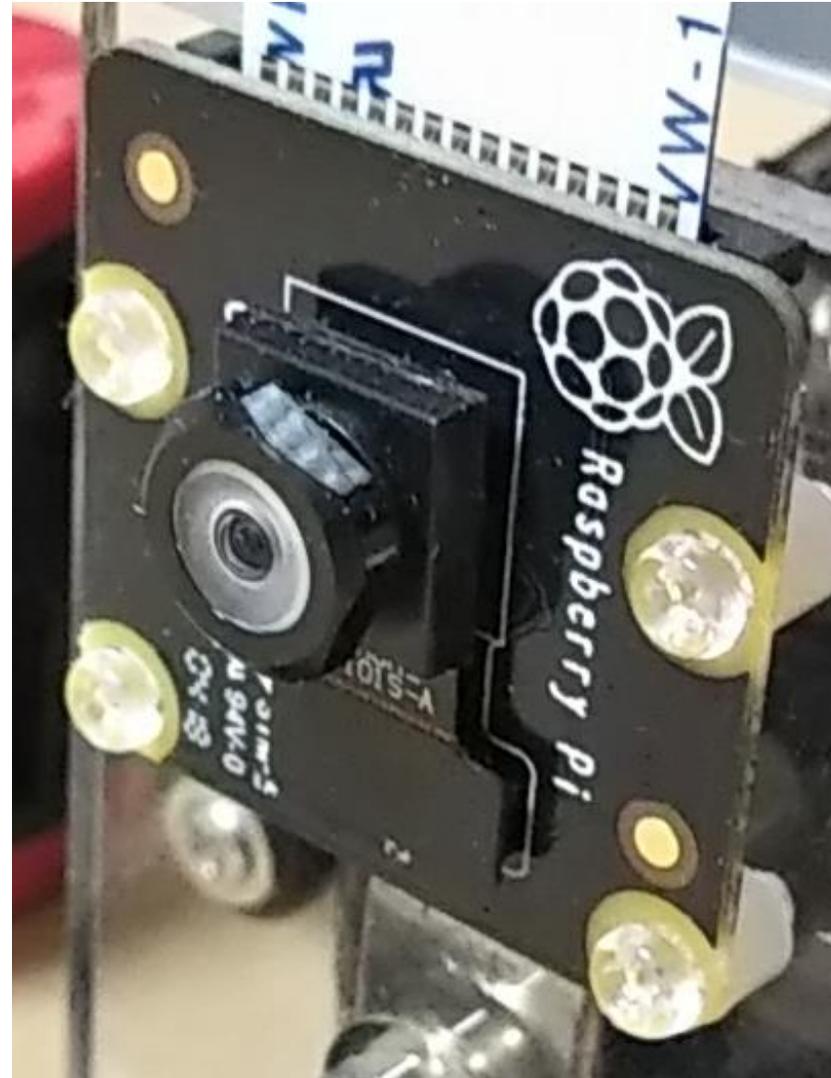


広角カメラ

- 双峰エンタープライズ製
Raspberry Pi向け薄型広角
8Mpixカメラ基板

SE219FE-00-RPB

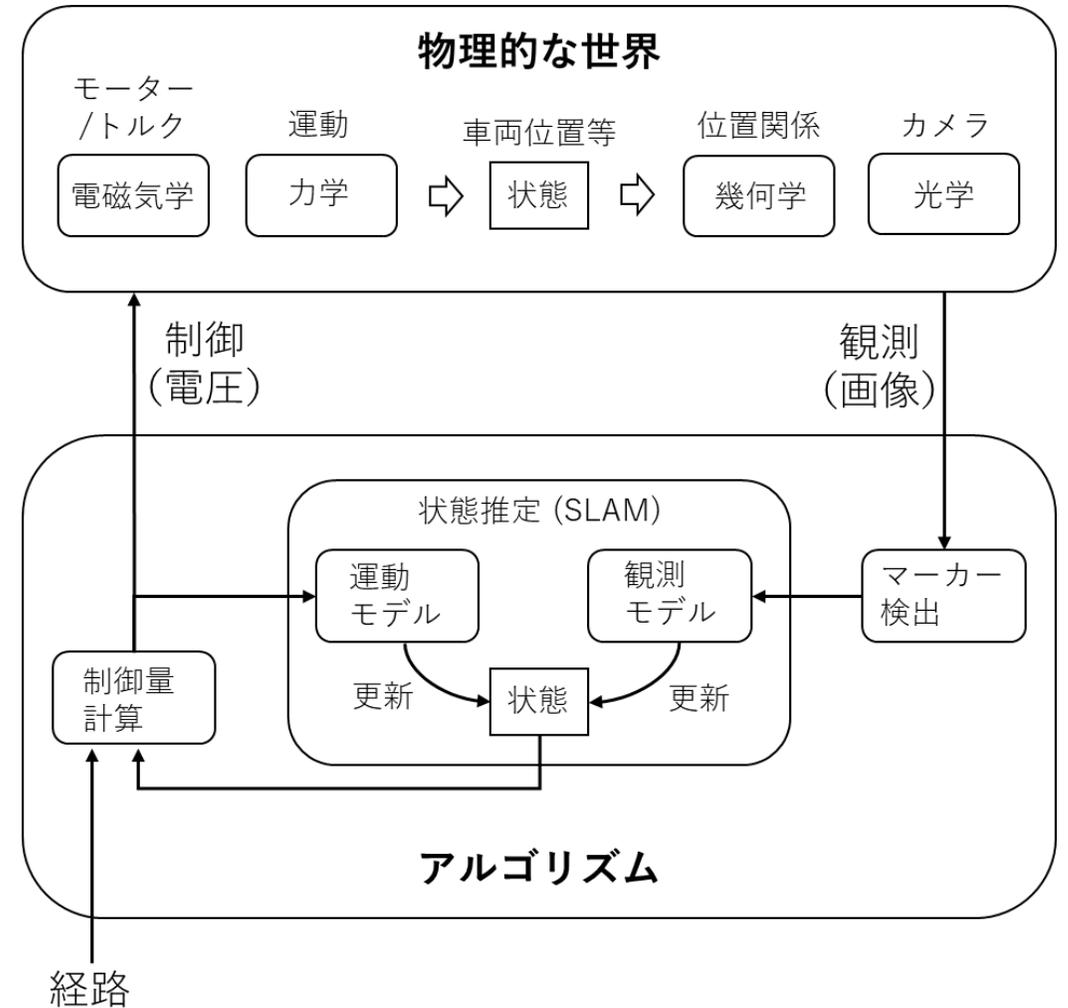
- Sony IMX219センサー
- 画角187°
- マーカや車両の自己位置の検出
などに用いる



自律走行処理の全体像



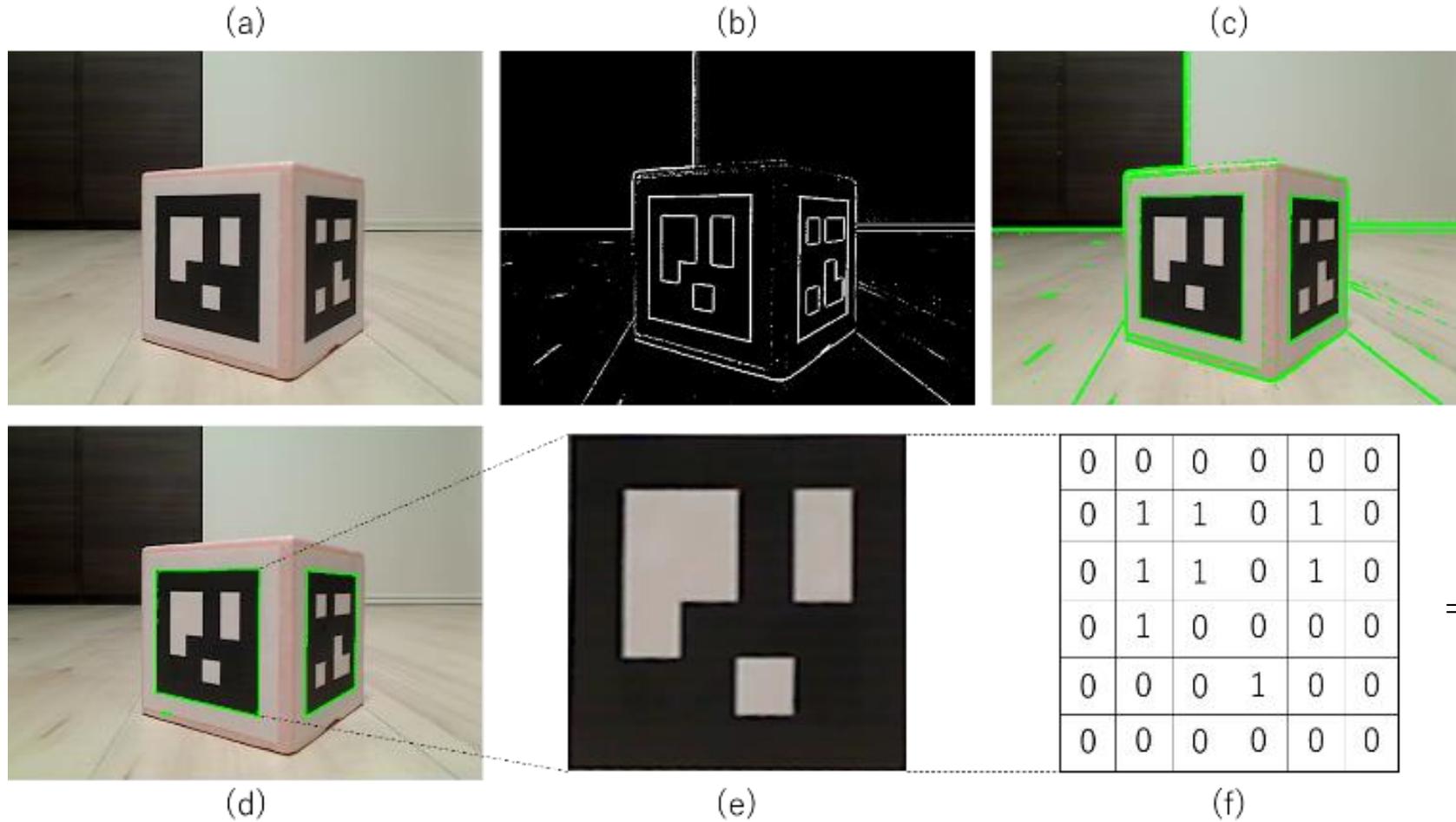
- マーカー検出
 - 画像中のマーカー位置を検出
 - 床面上の2次元座標に変換
- 状態推定 (SLAM)
 - マーカー位置と制御量から、現在の車両位置を推定
- 制御量計算
 - 車両位置と設定経路から、制御量を算出





マーカ一検出

- OpenCV ARUCOモジュールによりマーカ一検出



⇒ マーカ一ID
マーカ一座標

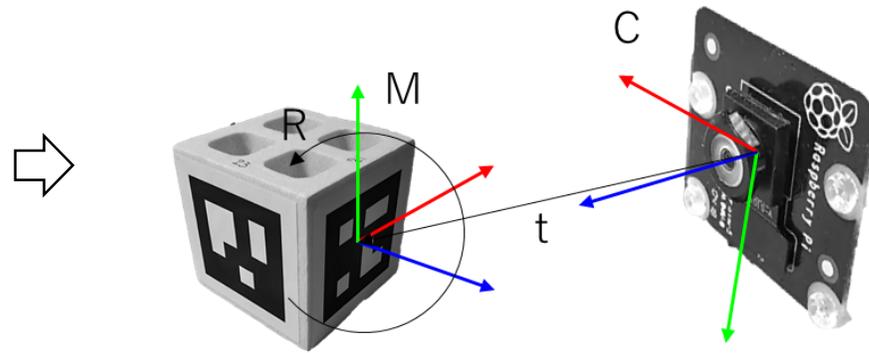
座標変換



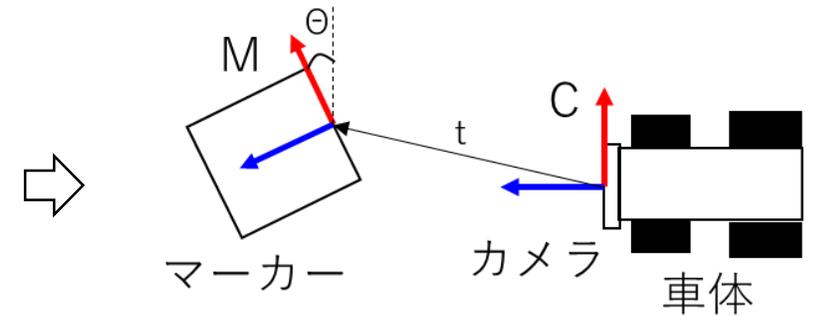
- 画像上のマーカー位置から、車体とマーカーの2次元座標上の位置関係を求める



マーカーの4頂点の座標



3次元空間中のカメラに対するマーカー位置及び姿勢

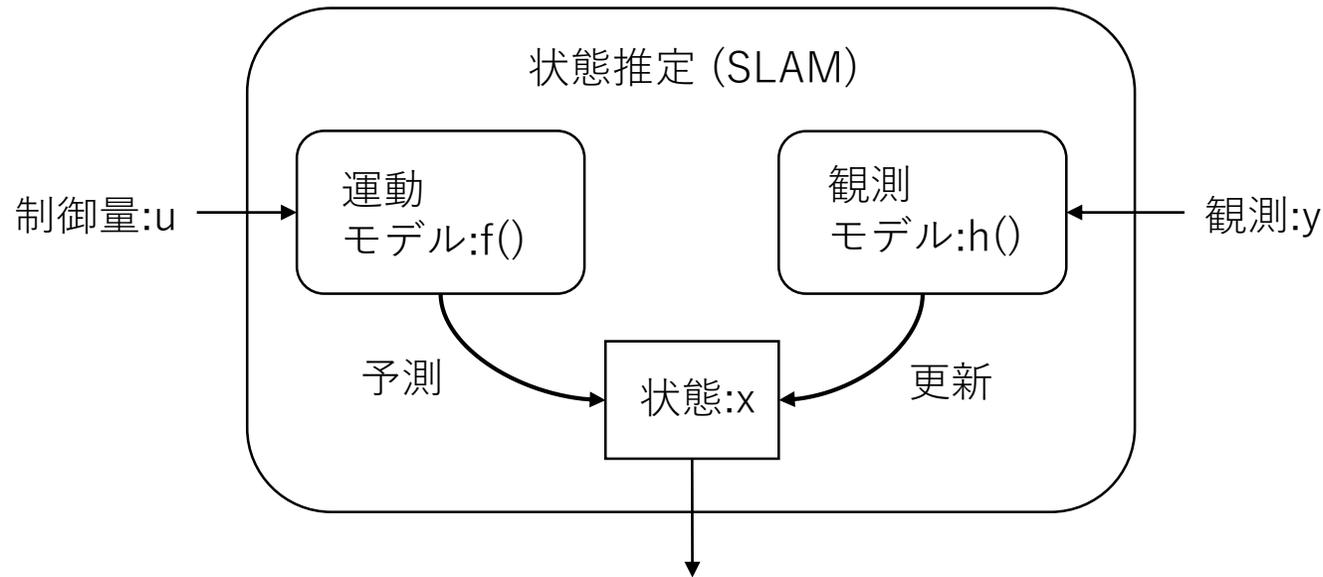


床面に平行な2次元空間中のカメラに対するマーカー位置及び姿勢



状態推定 (SLAM)

- 拡張カルマンフィルタ (EKF) によるSLAM
- 運動モデルによる状態予測と、観測モデルによる状態更新



$$x_t = f(x_{t-1}, u_t) + w_t$$

$$y_t = h(x_t) + v_t$$

状態(x)は、

- 車体の位置・姿勢・速度
- マーカーの位置・姿勢



制御量計算

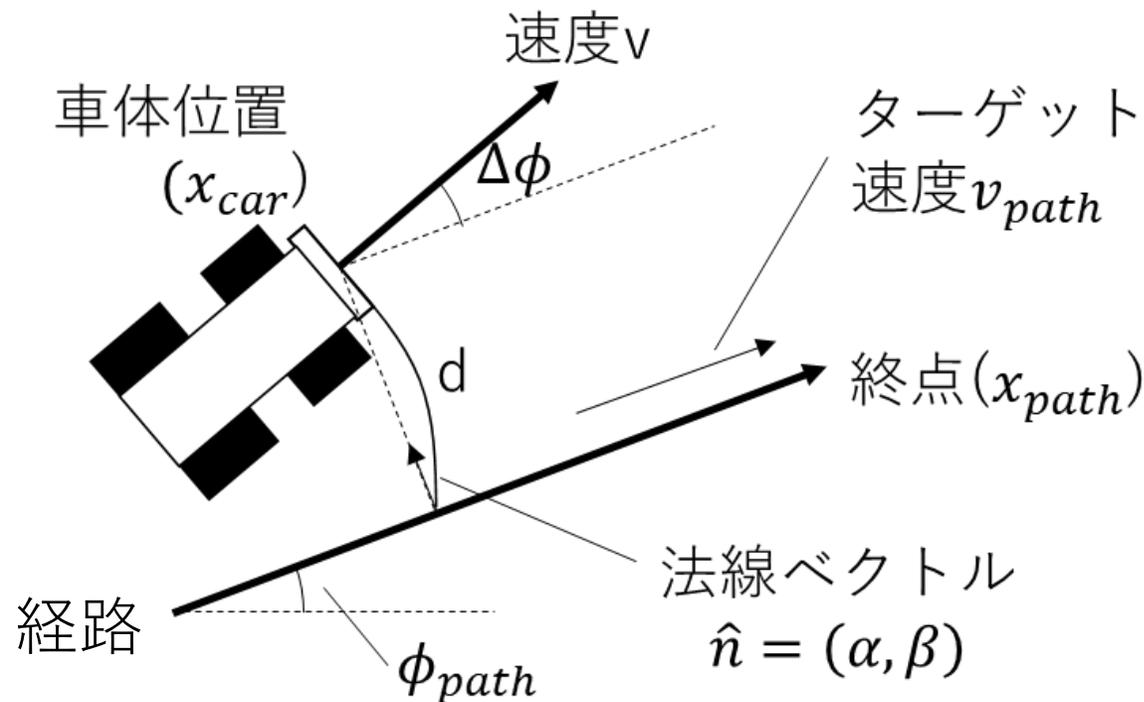
- 経路からのずれ量に比例した制御量を計算

- d : 経路からの距離
- Δv : 設定速度からの差異
- $\Delta \phi$: 経路との方向の差異

- 制御量は、

- E : スロットル制御量
- θ : ステアリング制御量

$$\begin{bmatrix} E \\ \theta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} k_{00} & k_{01} & k_{02} \\ k_{10} & k_{11} & k_{12} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} d \\ \Delta v \\ \Delta \phi \end{bmatrix}$$

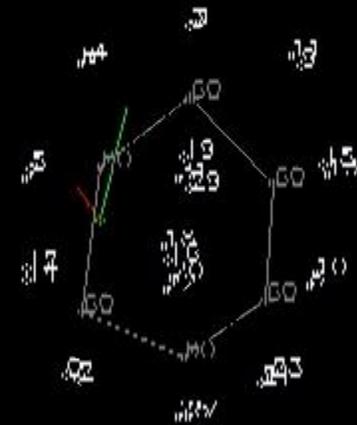


まとめと今後の展望

- 分かったこと
 - 設定したパス上の自律走行ができた
 - Raspberry Pi 3とカメラとラジコンのみで実現可能
 - この程度の制御なら、Linuxでも（RTOSでなくとも）問題ない
- 今後の課題
 - SLAMや運動モデルの精度改善
 - マーカーレスで行えるようにする
 - これから何を目指してやっていく？



time=0.1153089





Reference

- ウェブサイト
 - Coyote#009 [<https://www.coyote009.com/>]
- デモ動画
 - YouTube [<https://youtu.be/yVzI5n1v7pc>]
- ソースコード
 - Github [https://github.com/coyote009/coyote_racer.git]
- 広角カメラモジュールの入手先
 - 双峰エンタープライズ株式会社 [<https://soho-enterprise.com/products/>]