Raspberry Piを用いた
二輪倒立振子による移動体の追跡

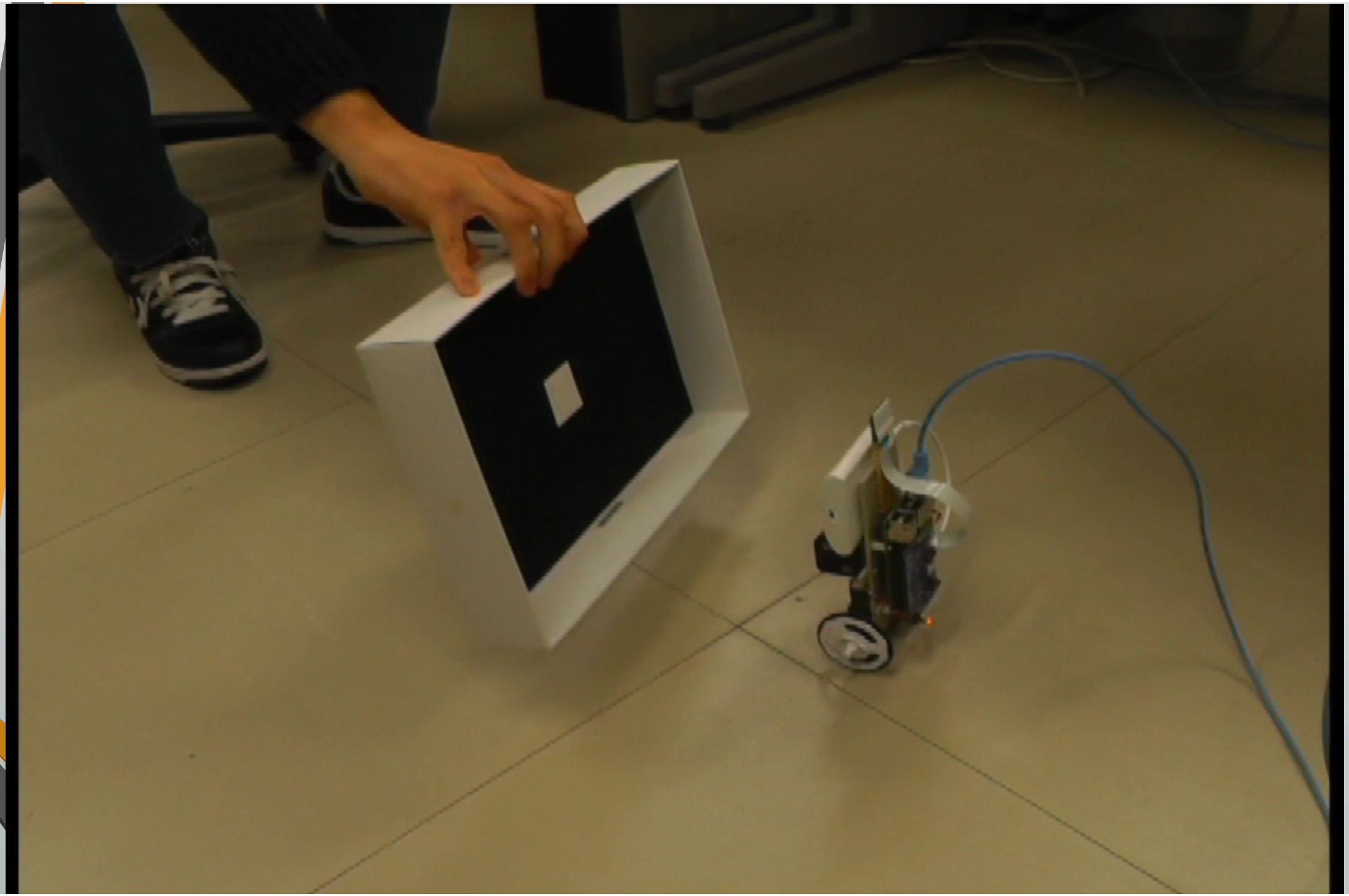
蚊野研究室　河合良輔

研究の背景・目標

- 背景：二輪での自動運転という新しいモビリティへの挑戦
- 目標：二輪倒立振子での移動体の追跡

移動体の検出と追跡

- 移動体
  - 箱の内側中央に白い紙片を貼り付けたもの
  - 手持ちで動かした状態を撮影し、紙片の大きさを画素単位で測定する
- 追跡
  - 紙片の大きさが小さい場合、前進させる
  - 大きい場合、後退させる
  - それ以外の場合、静止させる

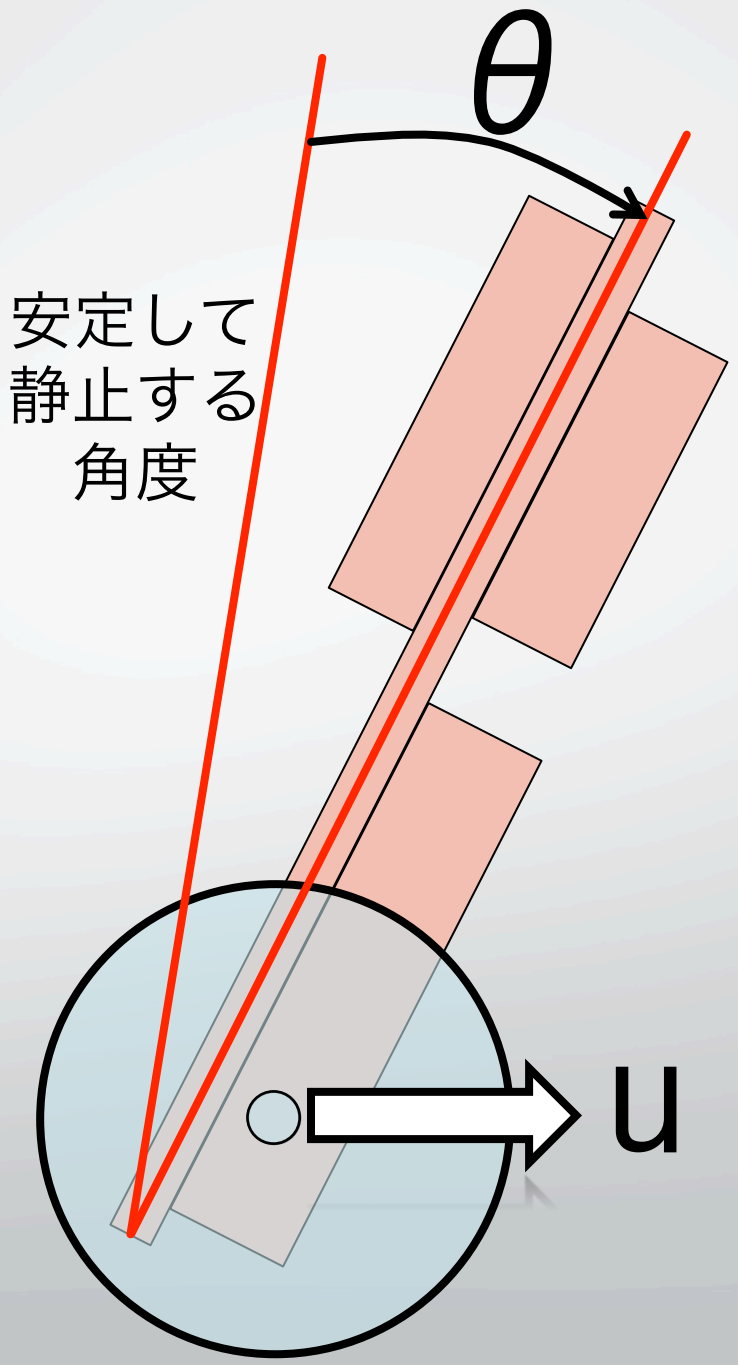


傾き角θ

に比例したトルクu

をモーターに加える

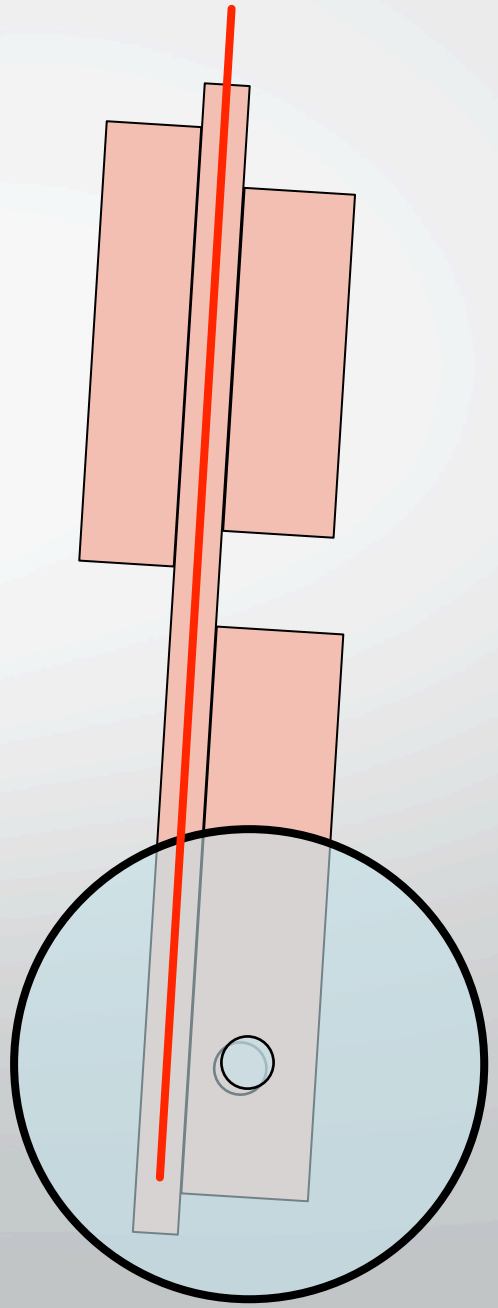
$$u = F1 \cdot \theta$$



傾き角θ

に比例したトルクu
をモーターに加える

$$u = F1 \cdot \theta$$

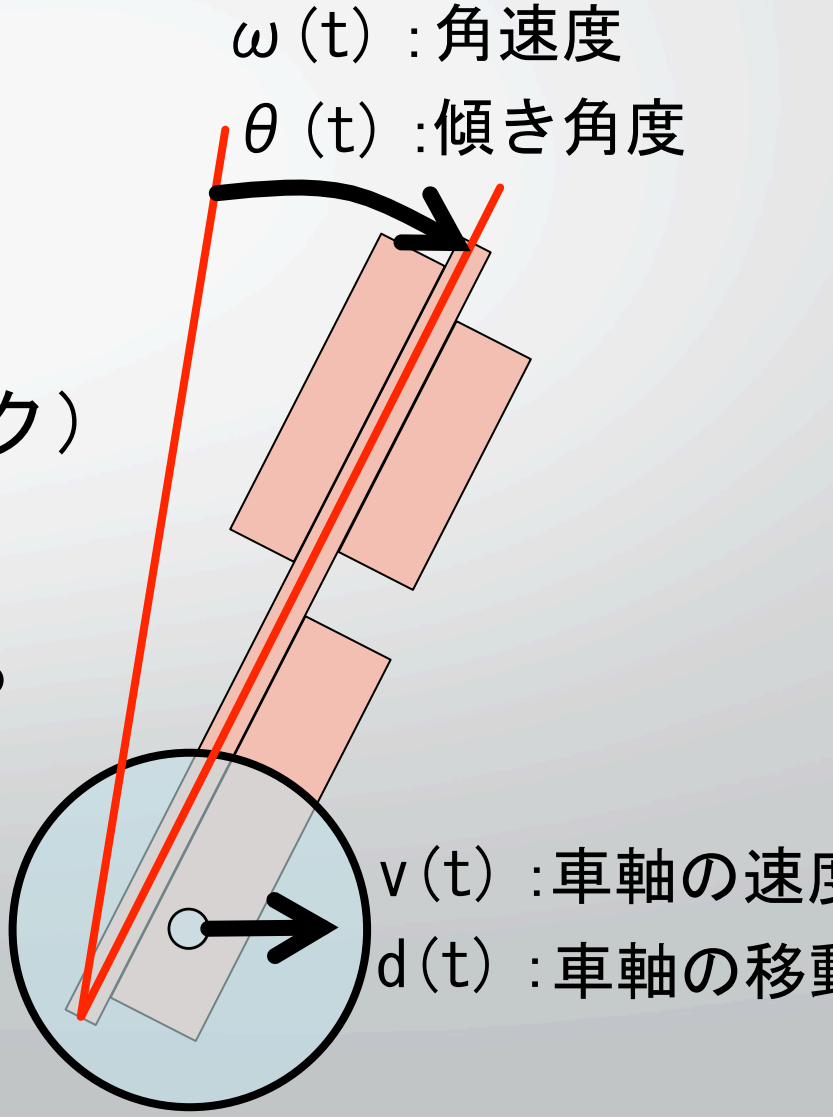


二輪倒立振子の原理

- u(t) = F1・θ(t) + F2・ω(t)
  + F3・v(t) + F4・d(t)

- u(t)はモータに加える制御量（トルク）
- F1～F4はゲイン定数
- ω, θ, v, dを測定・推定し、上式から
  モータに加える制御量を決定する

- 今回はF4・d(t)の項は0とした.

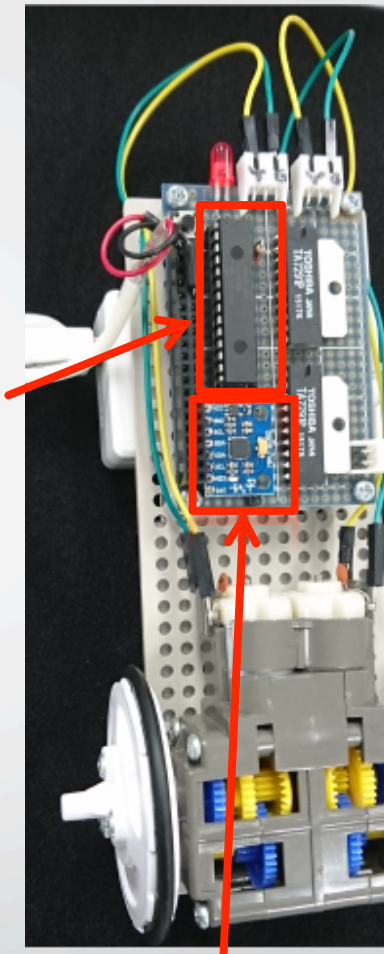


研究内容

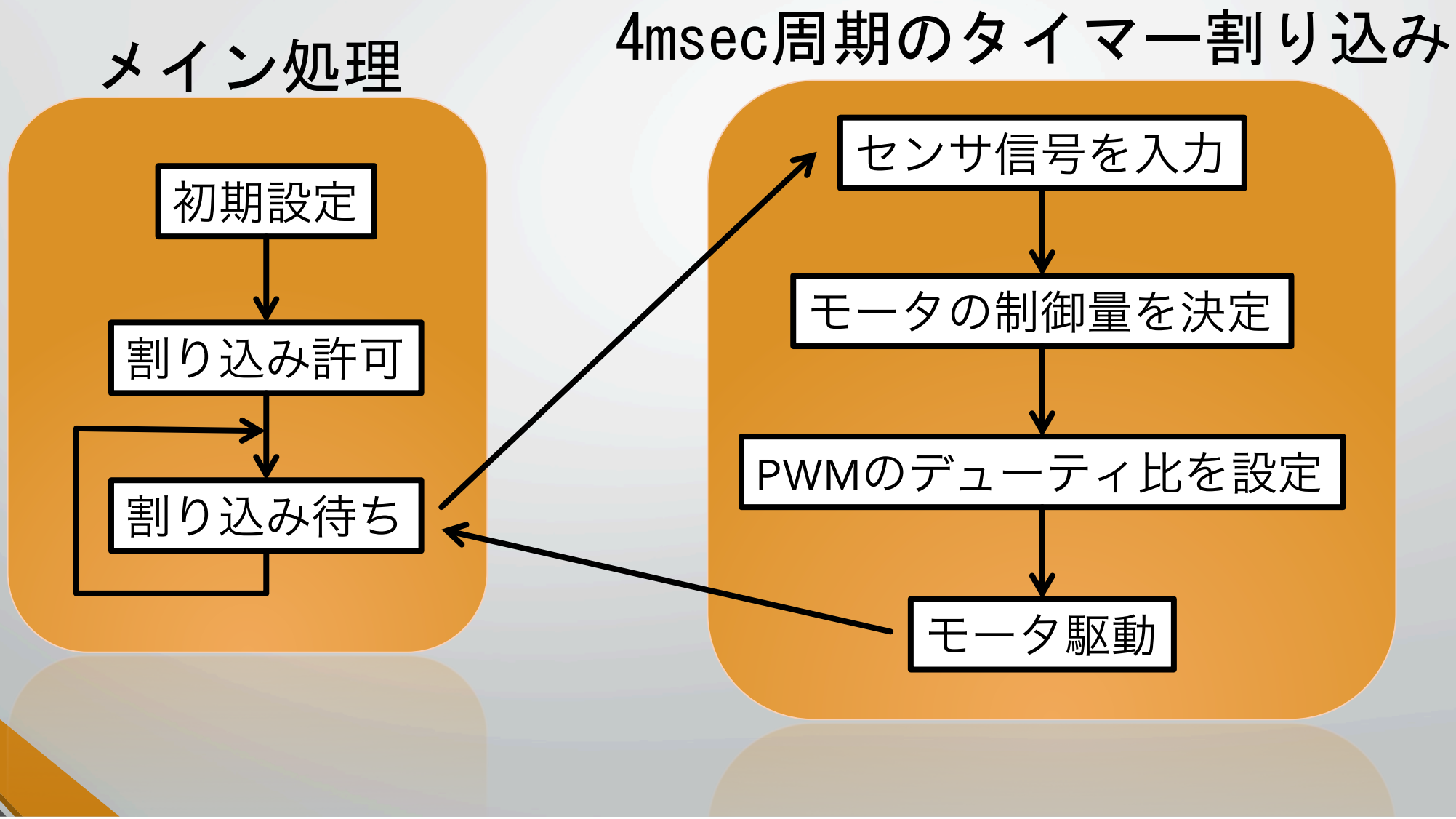
1. PICマイコンを使い二輪倒立振子の動作を検証
2. Raspberry Piで二輪倒立振子を実装
3. Raspberry Piを使った二輪倒立振子に、画像処理による移動体追跡機能を付加

PICマイコンによる二輪倒立振子

- 組み込み制御に向くPICマイコンで二輪倒立振子を実装
- InvenSense製のジャイロ・加速度センサmpu6050を使用
- F1～F3のゲイン定数は実験的に決定



PICマイコンによる倒立振子プログラムの流れ



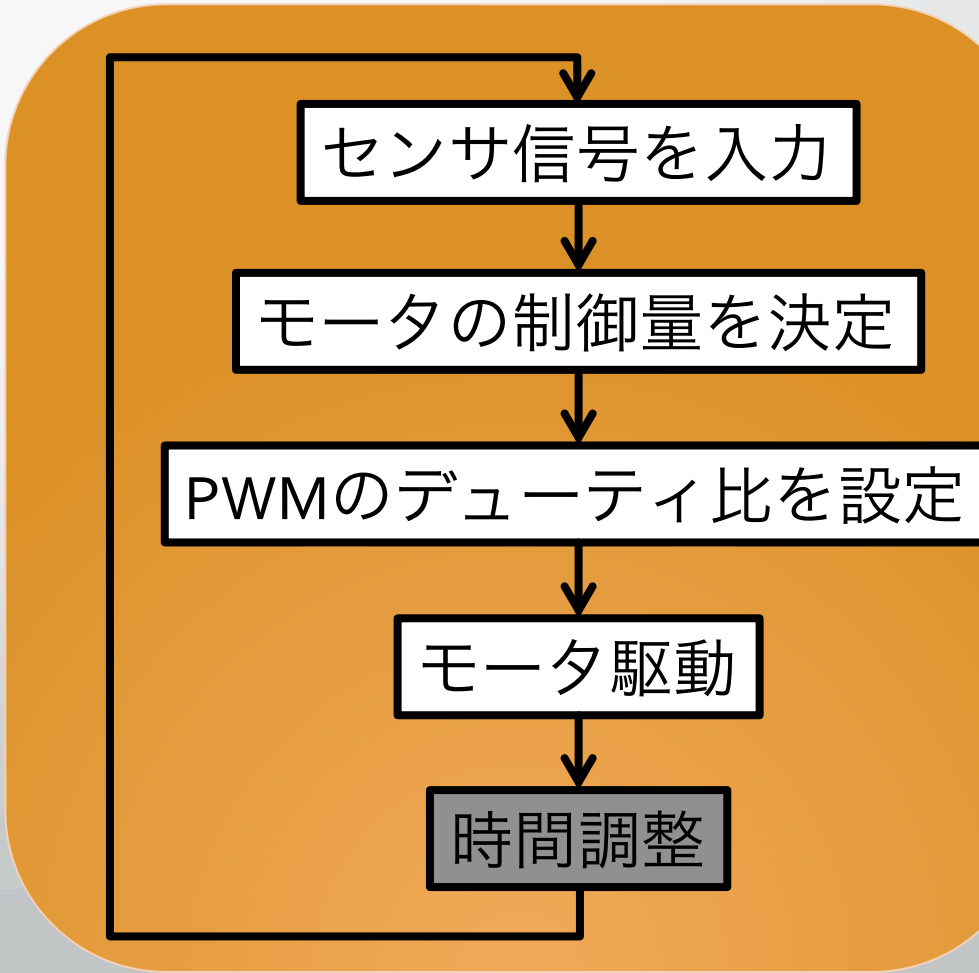
Raspberry PiとPICマイコンの比較

- Raspberry Piは、
  - はるかに処理速度が速い
  - プログラムの開発が容易で、カメラなどの周辺機器も接続しやすい
  - 厳密なリアルタイム処理が難しい

Raspberry Piを用いた二輪倒立振子

- PICマイコンの動作に可能な限り近いプログラムで動作確認
- 時間調整なしのループでも動作した

倒立振子プログラム

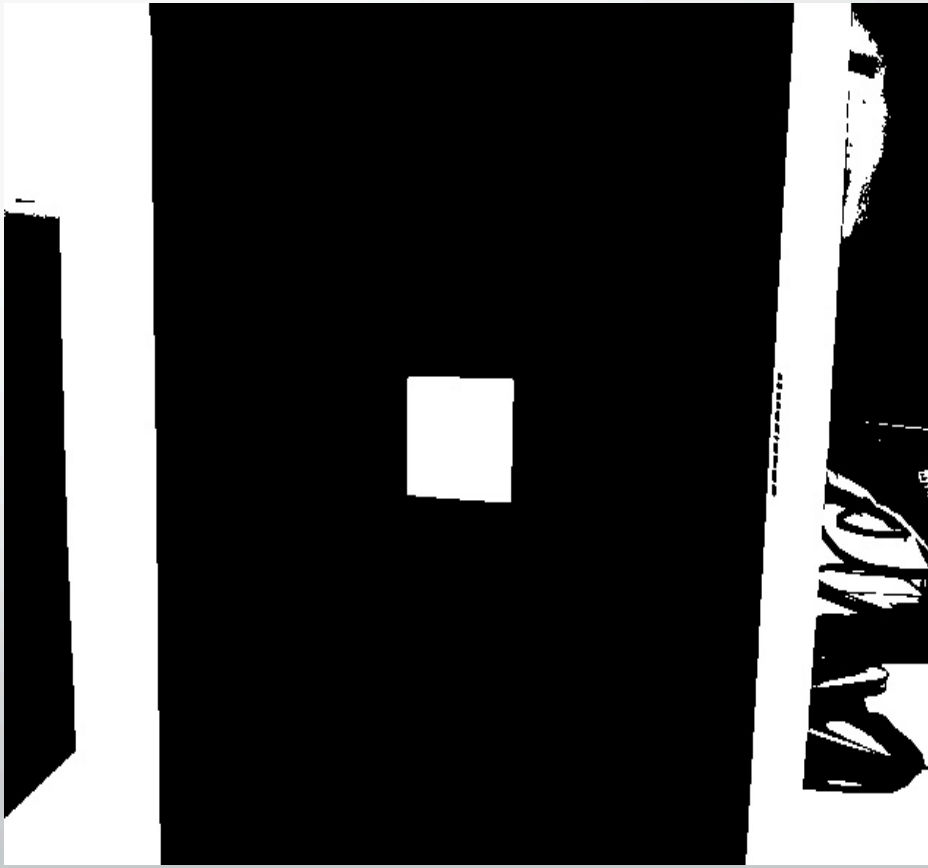


画像処理と倒立制御のプロセス間通信

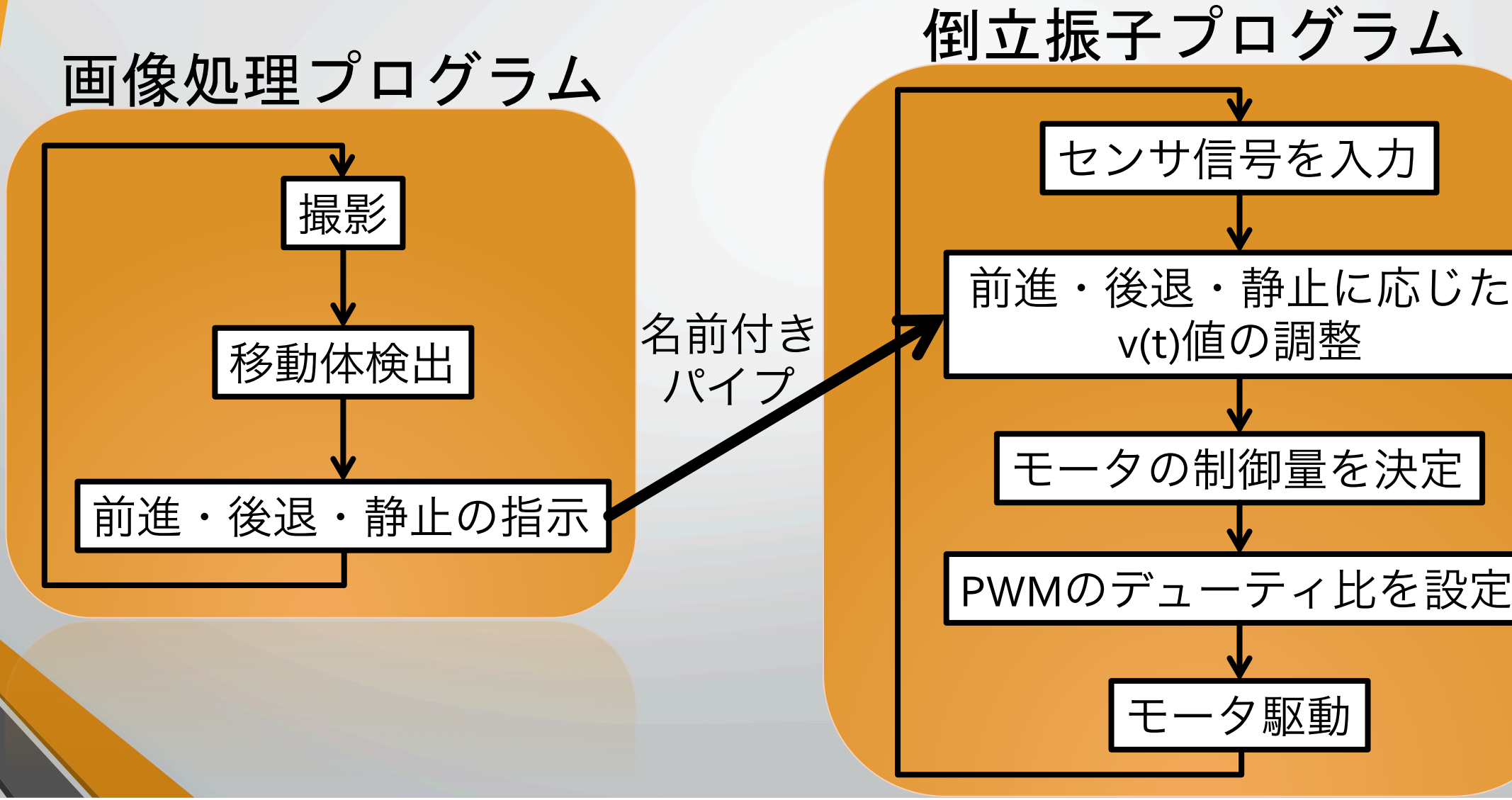
- 画像処理プログラムから倒立振子プログラムに前進・後退・静止の指示を伝える
- プログラム間でデータのやり取りをするために、「名前付きパイプ」を利用

移動体検出と追跡

- 撮影した画像を二値化する
- 枠がすべて黒画素である時、
  枠内の白画素数を測定する
- 白画素数によって前進、後退、
  静止の指示



二輪倒立振子による移動体追跡



二輪倒立振子の前進・後退・静止制御

- 制御式
  $u(t) = F1 \cdot \omega(t) + F2 \cdot \theta(t) + F3 \cdot v(t)$
  において、速度 $v(t)$ を
  - 前進の場合、増やす
  - 後退の場合、減らす
  - 静止の場合、調整しない

結論

- 成果
  - Raspberry Piによる二輪倒立振子で、移動体追跡が可能であることを実証した。
- 課題
  - 追跡可能な移動体が非常に簡単なものにとどまっている。
  - 二輪倒立振子の移動方向が前後だけで、カーブ走行が実現できていない。