



# 周辺他者への配慮を実現する行動計画

## Motion Planning for Human-friendly Interaction



### 歩行者間インタラクションの解析

歩行者との協調を実現するため、歩行者の予測モデルを構築

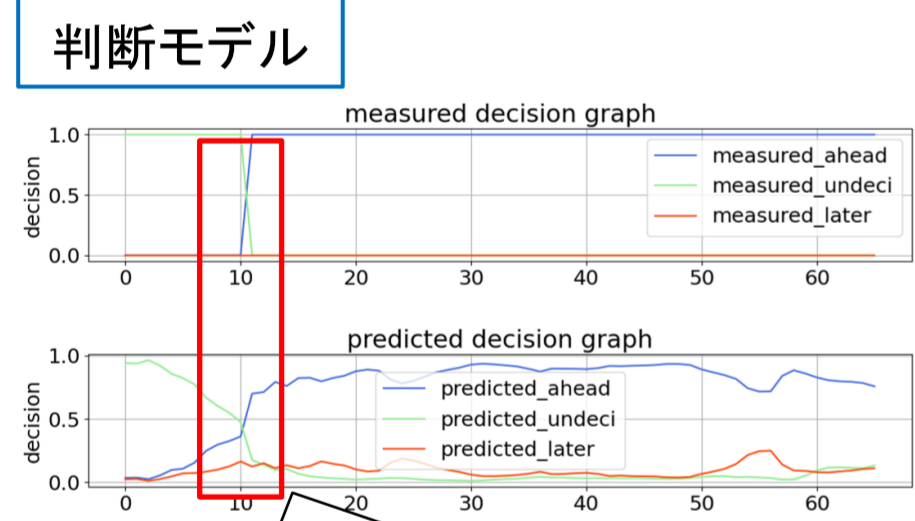
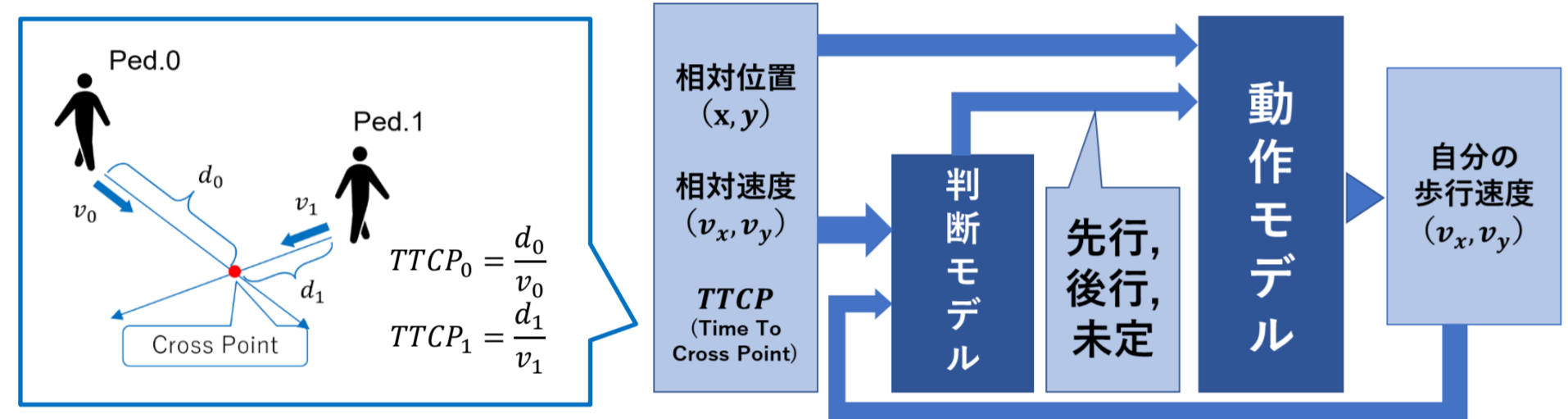


インタラクション観測実験

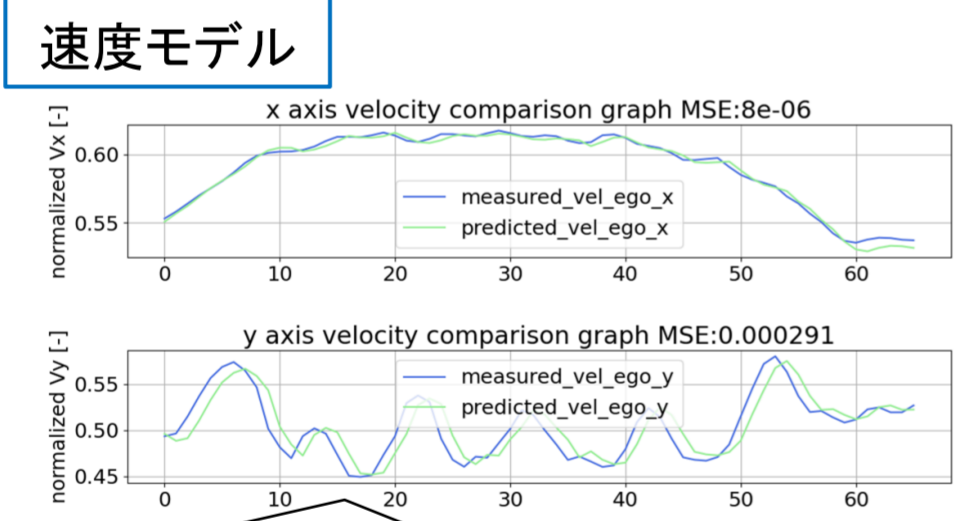
#### 【観測実験】

- 多数歩行者の位置・姿勢の観測
- 手持ちスイッチによる意図の明示的な観測

#### 深層学習 (LSTM) を用いたモデル化



実際の判断の切り替わりを正しく推定



歩行者の歩行速度をおよそ正しく推定

#### ロジスティック回帰を用いたモデル化

##### ロジスティック回帰モデル

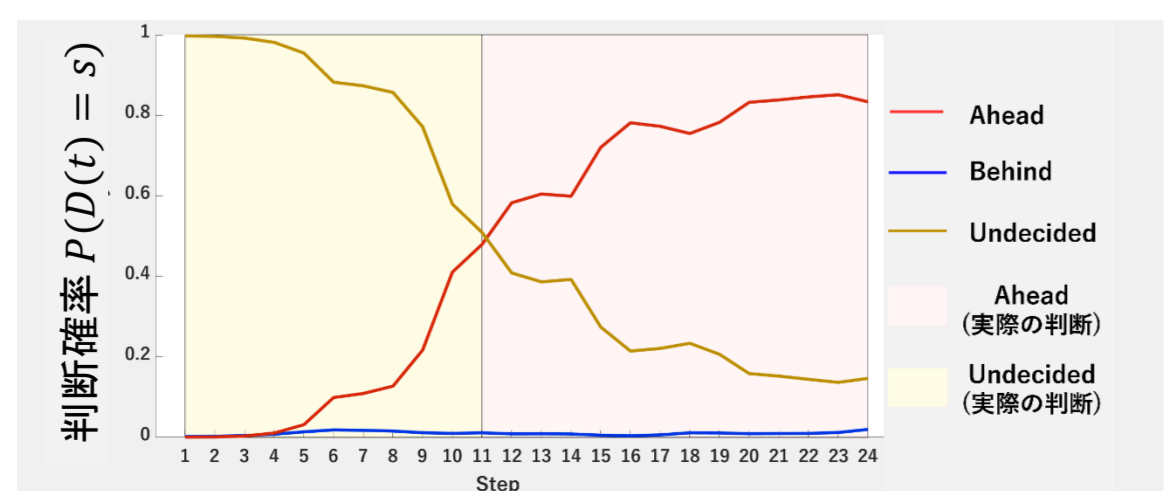
$$P(D(t) = s) = \begin{cases} \frac{\exp(\eta_s \phi(t))}{1 + \sum_{r \in \{A, B\}} \exp(\eta_r \phi(t))} & \text{if } s = A, B \\ 1 - \sum_{r \in \{A, B\}} P(D(t) = r) & \text{if } s = U \end{cases}$$

$D(t) \in \{A, B, U\}$ : 歩行者の判断  
 $P(D(t) = s)$ : 推定された判断"s"の確率  
 $\phi(t)$ : 説明変数ベクトル  
 $\eta$ : 係数ベクトル

##### ◆ 説明変数の候補

TTCPの差	T
相対位置(x方向)	$P_x$
相対位置(y方向)	$P_y$
歩行者0の歩行速度	$V_0$
歩行者1の歩行速度	$V_1$
歩行者0の向いている方向と歩行者1の位置の角度差	$\theta$

##### ◆ 予測された判断と実際の判断の推移



実際の判断の切り替わりを精度良く予測

### 他者とのインタラクションの最適化

自律移動ロボットの行動・意図は予測しづらいため、周辺他者は...

- どのような行動をとるべきか迷いやすい
- 衝突の不安を感じやすい



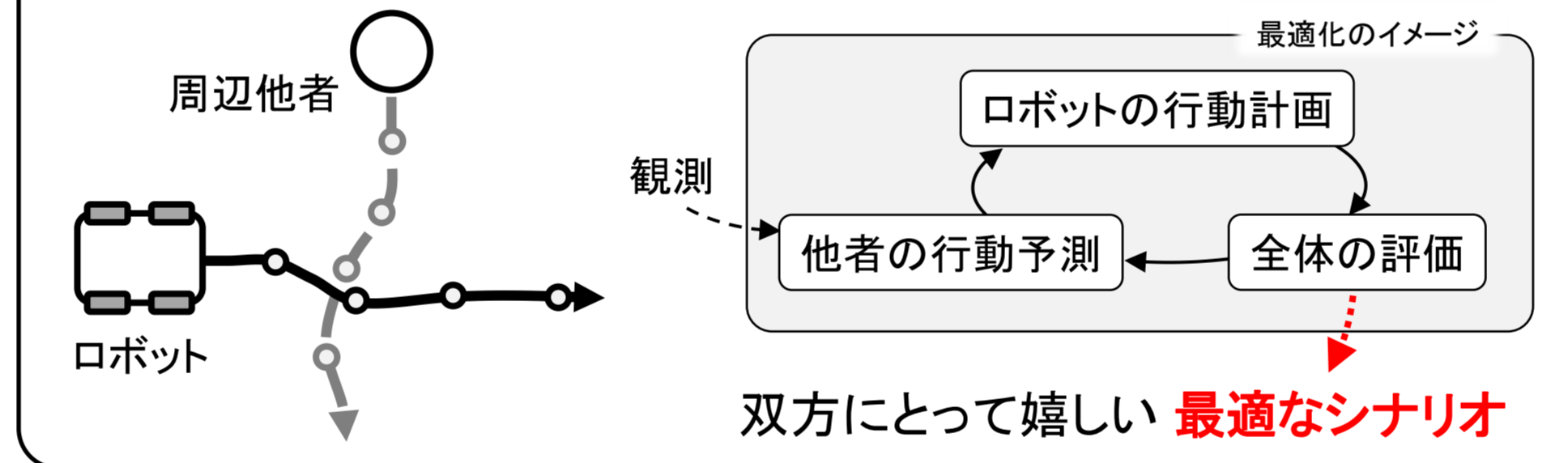
周辺他者の行動を予測し、**判断の迷いを低減**するようにロボットを制御

判断の迷いの大きさを示す評価指標 **判断エントロピー** を利用

#### ○ 行動計画によるインタラクション最適化

##### モデル予測制御 (MPC)

- 予測モデルを用いて状況を先読みし、最適な行動計画を立てる。



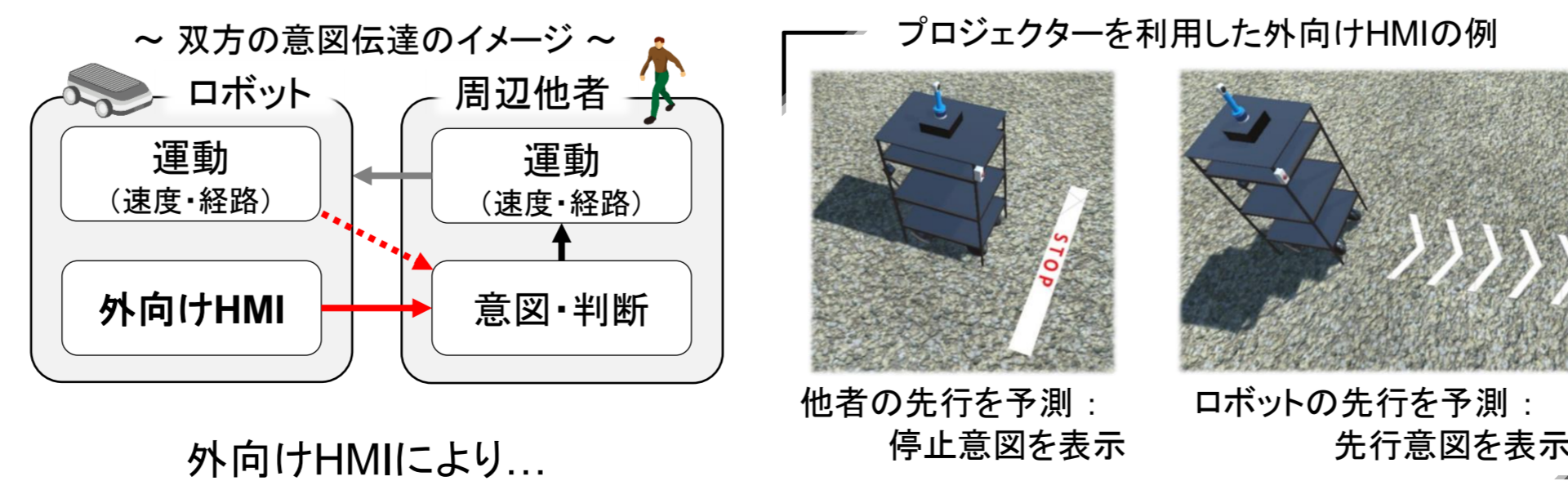
判断エントロピーを考慮して最適化を行うことにより...



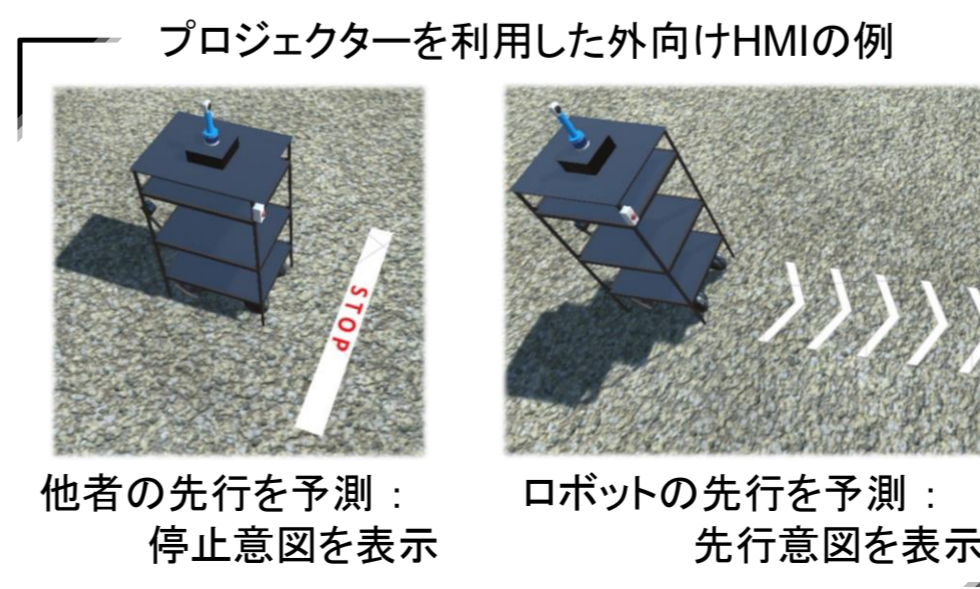
他者の先行を予測：早めに減速し、進路を譲る      ロボットの先行を予測：加速し、進路を素早く空ける  
迷いにくく、安心な **周辺他者に配慮した制御を実現**

#### ○ 周辺他者への情報提示によるインタラクション最適化

動作だけでは伝わりづらいロボットの意図を **外向けHMI** を利用して伝達



外向けHMIにより...



他者の先行を予測：停止意図を表示      ロボットの先行を予測：先行意図を表示

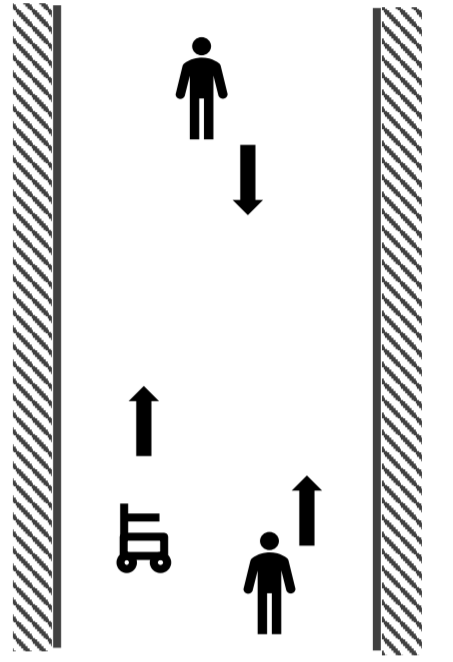
**明確に意図を伝達 & 最適なシナリオへの誘導を実現**

### 狭路での対向歩行者モデル

対向歩行者の意図をうまく予測できれば、円滑なインタラクションを実現可能

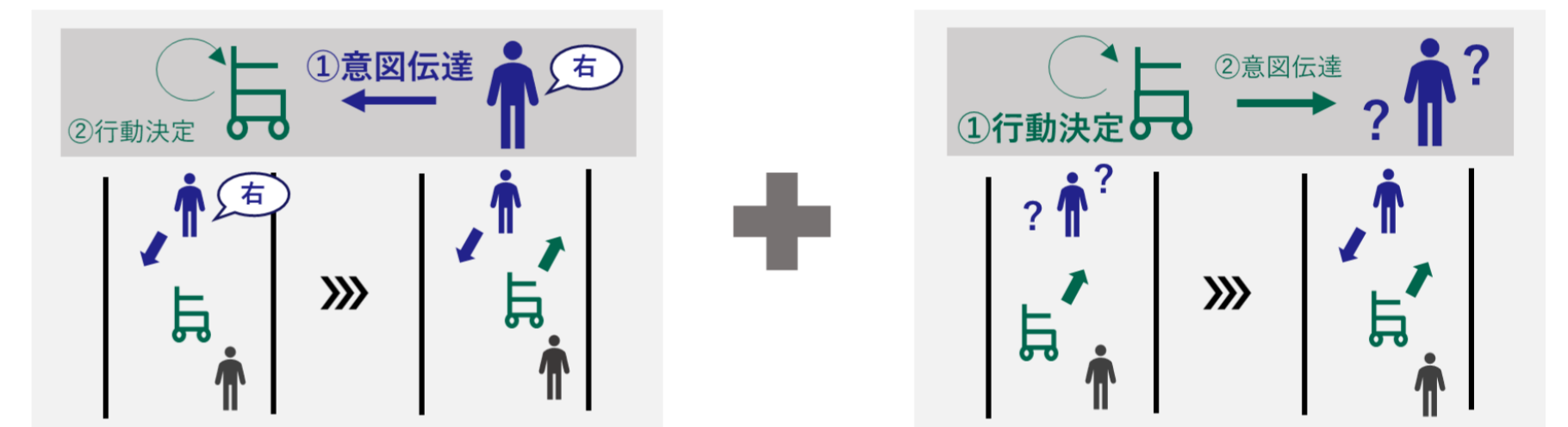
周辺歩行者の判断・意図に注目した歩行者モデルを構築

歩行者の行動予測・ロボットの行動計画に利用



#### 【行動計画のコンセプト】

歩行者が直進・回避 ⇒ 予測できれば歩行者に合わせて行動  
歩行者の判断が曖昧 ⇒ ロボットが積極的に働きかけ、判断を容易に

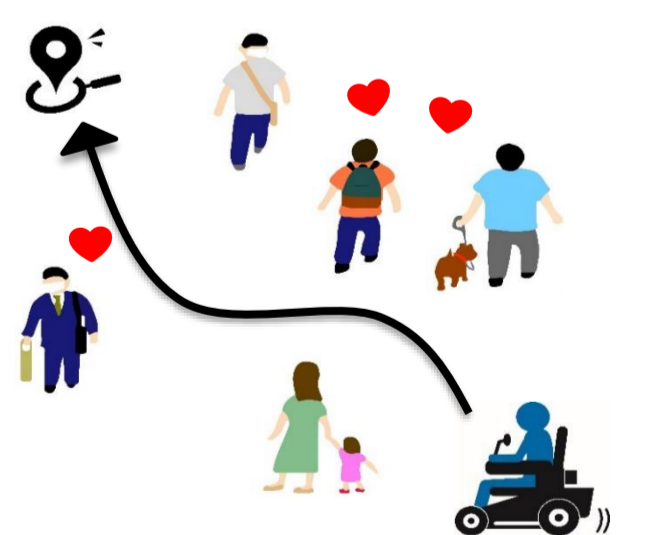


### 思いやりある行動の解析

パーソナルモビリティの思いやりある走行は...

- 搭乗者が安心できる
- 周辺歩行者に受け入れられやすい

思いやりある自律走行を実現するため、**「思いやり」とは何か** を解析



#### 【思いやり評価実験】

- 搭乗者の操作による「思いやりある走行」を解析 ⇒ 搭乗者視点の「思いやりある走行」の特徴を解析
- 周辺歩行者が他者視点でパーソナルモビリティの走行を評価 ⇒ 周辺歩行者視点での「思いやりある走行」の特徴を解析



シミュレーション実験



実環境実験