

確率的モデルによる 歩行者の障害物回避経路予測

日本大学 工学部 電気電子工学科

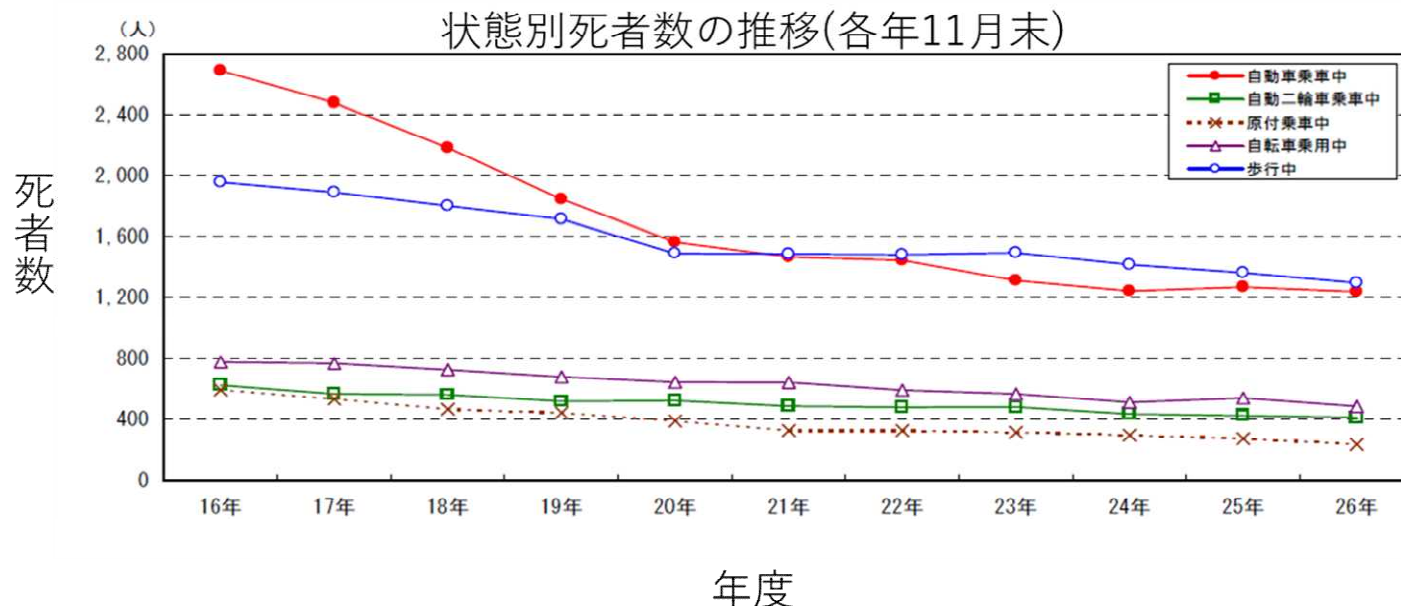
准教授 高梨 宏之

taka74h@ee.ce.nihon-u.ac.jp

2017年1月17日 (火)

本技術開発の背景

- 国内の交通事故は発生件数，負傷者ともに減少傾向
⇒ 運転支援技術の普及が一因
- 状態別死者数は「歩行中」が全体の35.3% (H26年度)
⇒ 歩行者事故低減が課題



出典([https://www.npa.go.jp/toukei/koutuu48/before/toukei/PDF/H26/Month\(11\).pdf](https://www.npa.go.jp/toukei/koutuu48/before/toukei/PDF/H26/Month(11).pdf))

従来技術とその問題点

- 予防安全技術では、歩行者や自転車を捉え、追従しながら自車からの距離を計測
⇒ 危険度に応じた対処技術
- 歩行者行動を**確定的なモデル**で表現¹⁾し、シミュレーションなどを行うことは多い(主体が車)
- 歩行者の動きは**確率的に表現**することが自然

1) 林, 青柳, 高梨, 永井: 実データに基づく狭路における歩行者の急横断行動の分析とモデル化, 自動車技術会論文集, Vol.44, No.2, 579/585(2013)

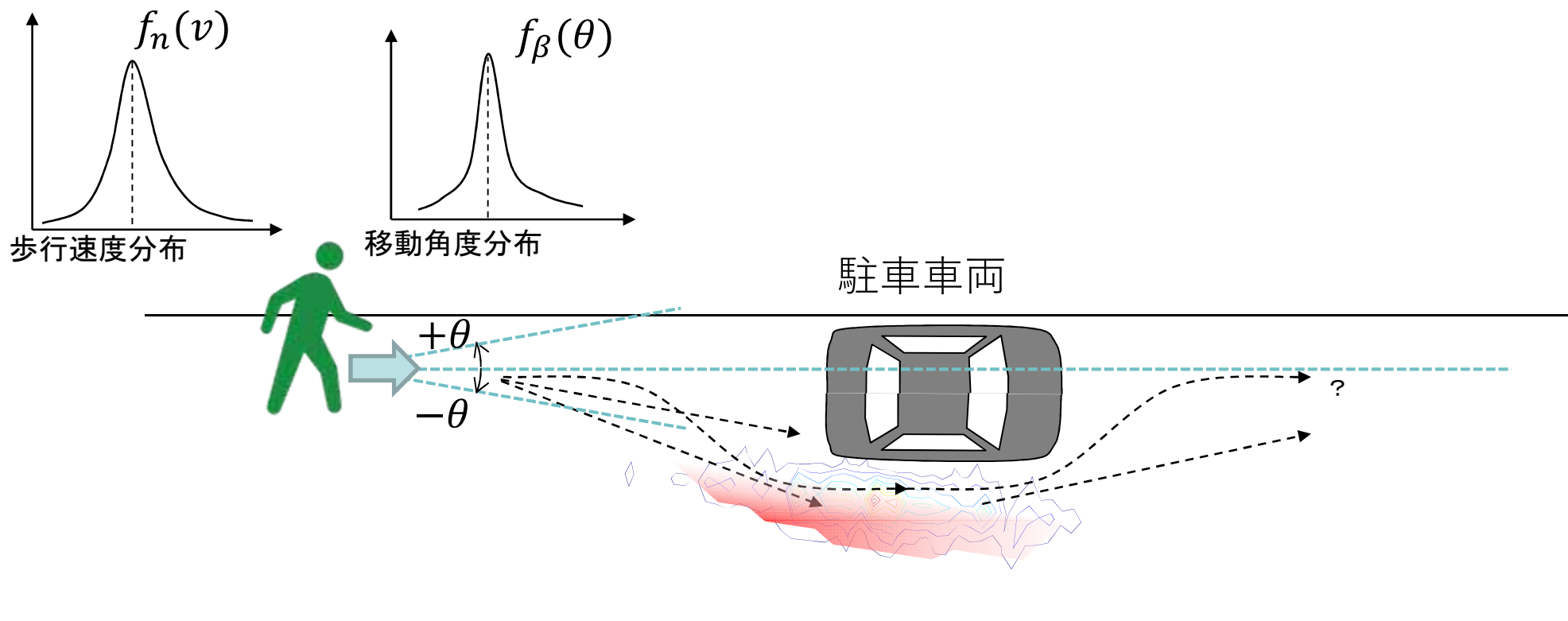
新技術の特徴・従来技術との比較

- 歩行者の“自然な動き”＝“確率的な動き”を表現するモデルを構築
- 従来は確定的なモデルであったため、始点と終点が決まれば、その区間を一定速度で移動するモデル
- 確率的なモデルの開発により、歩行者が数秒後に**存在する可能性のある場所**を推定可能

新技術の概要

- 障害物回避時の歩行軌跡を計測し、任意の位置での歩行速度と進行方向の分布を作成
- 連続分布で近似した、任意の位置での歩行速度と進行方向を確率的に選択することで、1ステップ先の存在位置を推定（数ステップ先、数秒先を予測）

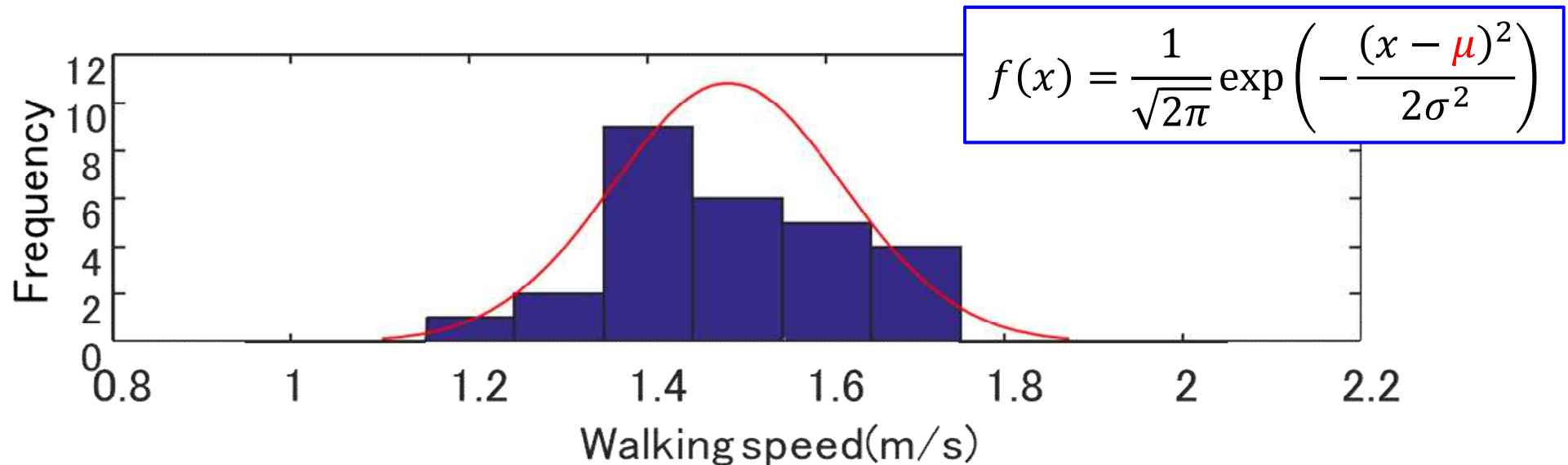
歩行者行動予測のイメージ



歩行者が数秒後に**存在している可能性のある範囲**
をモデルで表現

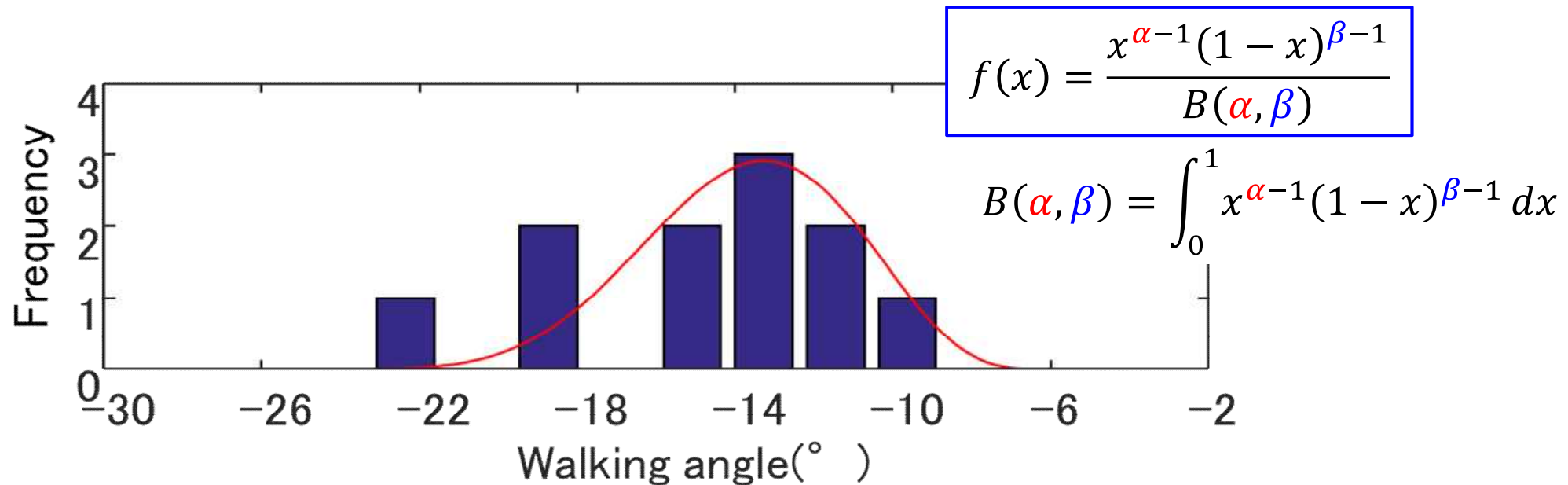
歩行速度のモデル化

- 障害物周辺の領域を細分化し、各領域を通過した歩行者の歩行速度をヒストグラム化
- 歩行中に速度が大きく変化することは少ないと仮定し、**正規分布**でヒストグラムを**近似**(全領域)
- 領域ごとに平均値 (μ) と標準偏差 (σ) を導出



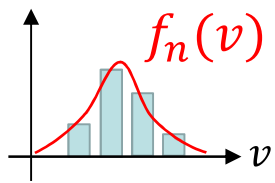
進行方向のモデル化

- 障害物からの位置に応じ、偏り具合の変動が大きい
- 全領域を正規分布で表現することは困難
⇒ ベータ分布の適用
- 領域ごとにパラメータ(α , β)を導出

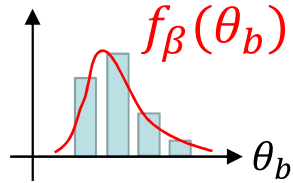


モデルに基づく確率的な予測

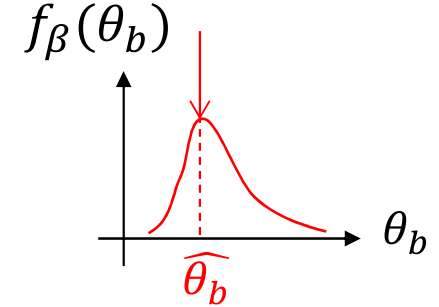
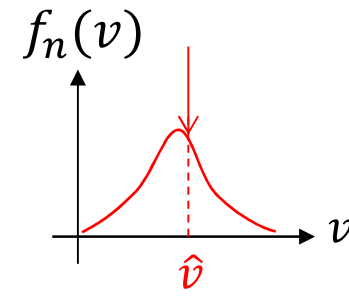
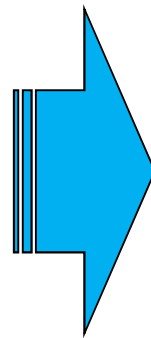
歩行速度



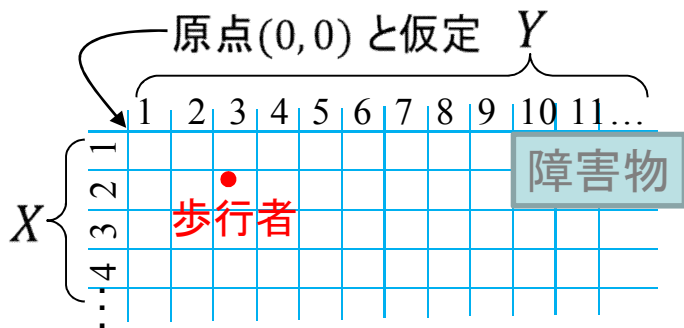
進行方向



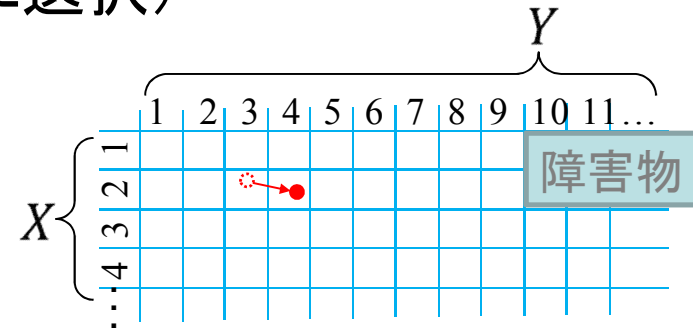
歩行計測実験から得られた速度, 方向の分布を, 連続分布で近似



近似した連続分布から, 現在位置での速度, 進行方向を確率的に決定 (正規分布, ベータ分布に基づいてランダムに選択)



障害物からの任意の位置での歩行速度, 進行方向

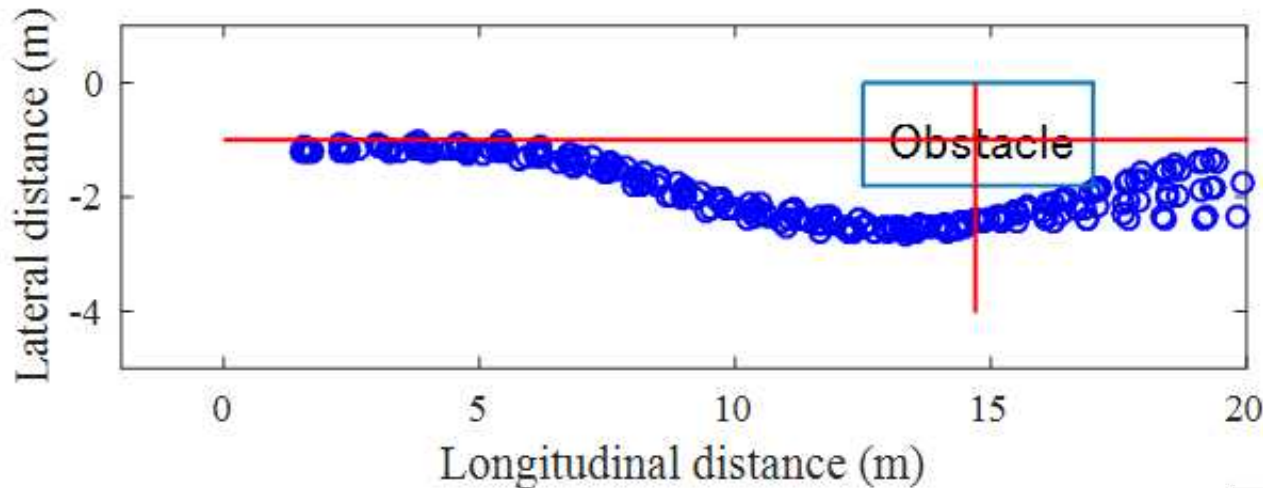


移動後の位置は x (m), y (m)



要素位置は X, Y

予測軌跡と実軌跡の比較例

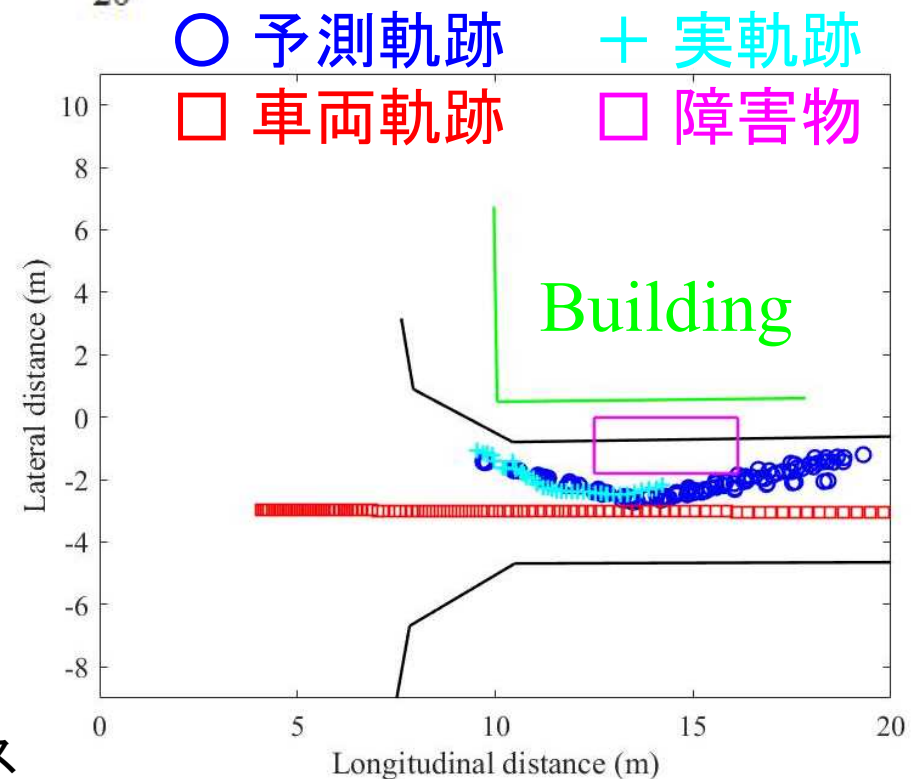


確率分布に基づいた
複数回の歩行シミュレ
ーション軌跡

実際の障害物回避軌跡と
予測モデルの軌跡

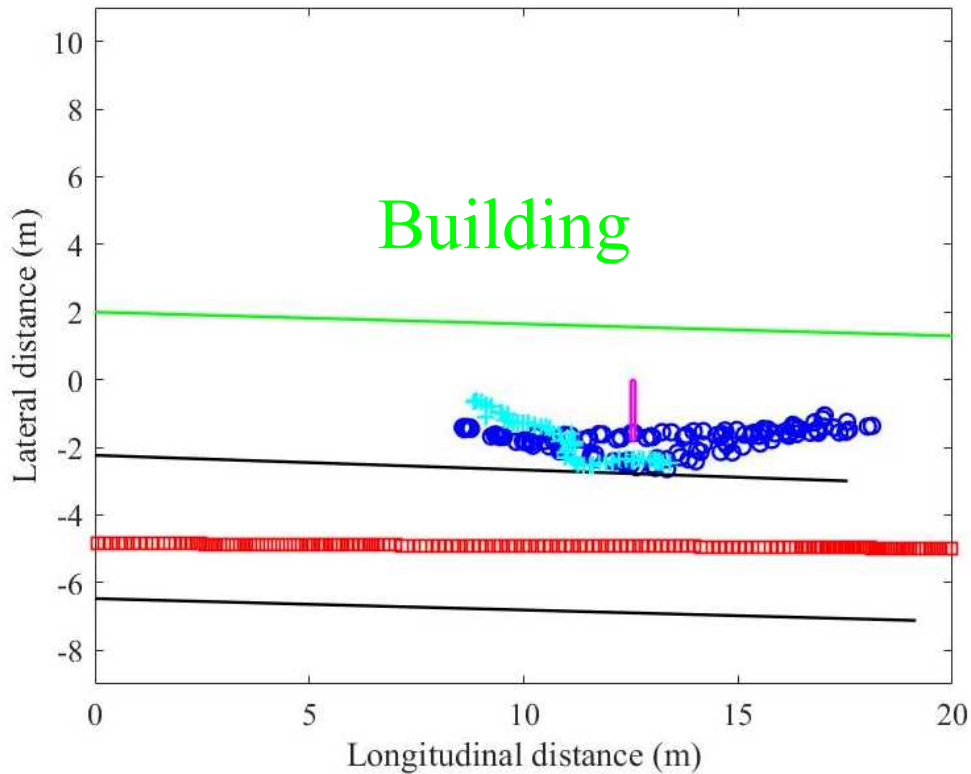
場所:ビル街
障害物:駐車車両
歩行速度:1.34 (m/s)
PS*:0.66 (m)

*PS:パーソナルスペース

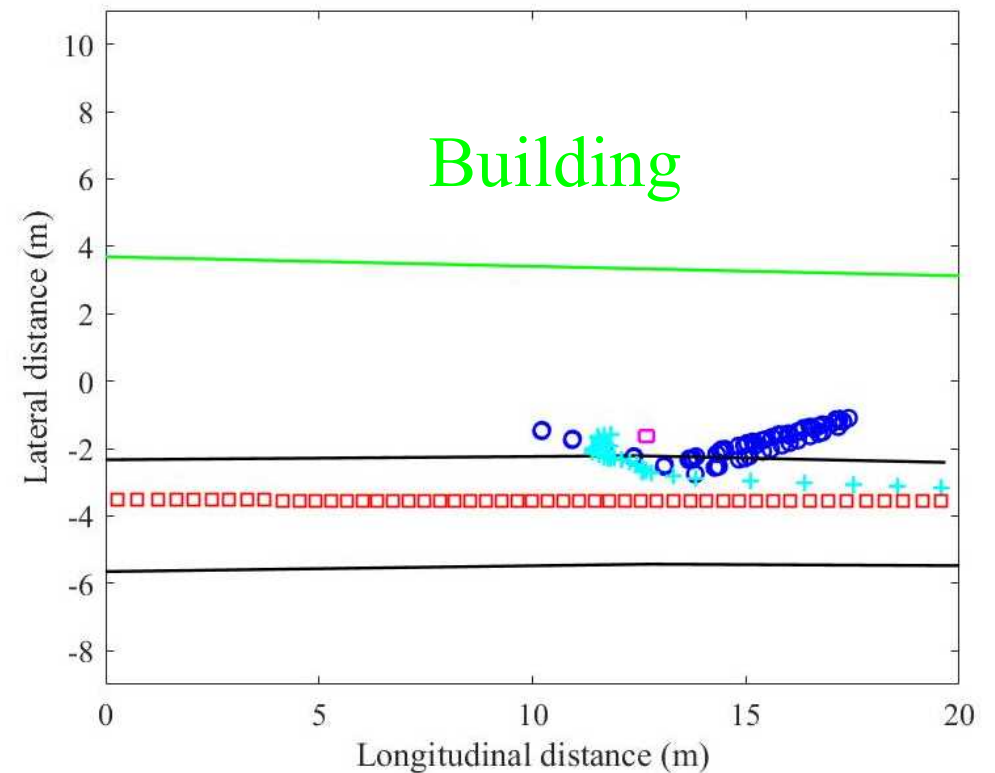


その他の障害物回避軌跡の例

○ 予測軌跡 + 実軌跡 □ 車両軌跡 □ 障害物



場所: 商店街
障害物: 自転車
歩行速度: 1.63 (m/s)
PS: 0.61 (m)



場所: 商店街
障害物: 信号機(柱)
歩行速度: - (m/s)
PS: 0.50 (m)

現行モデルの適用可能範囲と課題

【Case 1】

一人の歩行者の位置予測

- 障害物に対して一人の歩行者が歩行
- 障害物との相対位置のみで、瞬時の歩行速度、方向を決定

【課題】

- 複数の歩行者が存在する場合の、**歩行者間の干渉**や**相互作用**の取り込み
- **確率的な予測**ではあるが、**動的な予測**になっていない

【Case 2】

障害物が静止している場合

- 静止障害物に対して(一人の)歩行者が歩行
- 障害物に対し右のみに回避

【課題】

- **移動する障害物**(対向する歩行者など)に対する回避への拡張
- **境界条件**を取り込んだ回避方向の決定

想定される用途

- 自動車の予防安全分野において、車両前方に存在する歩行者の中から、**車道に飛び出してくる可能性のある歩行者を推定 & 特定**
- 歩行者（前方に存在している移動体）の位置を確率的に推定することで、**自身の経路推定に適用可能**
- ドライビングシミュレータ環境での歩行者行動の再現

実用化に向けた課題

- 単独歩行者の確率的な予測モデルは開発済み。複数の歩行者が存在する場面への拡張が課題
- 予測軌跡と実軌跡の誤差修正ロジックの実装
- どの歩行者の移動軌跡を予測すれば良いか、の判断基準が未定
- ドライバへの情報提供の方法

企業への期待

- 本技術をベースとして、**歩行者事故低減に向けた技術開発**を実施していきたい
 - 確定的な予測と確率的な予測の違いを実験的に検証
 - 集団歩行者の突然の飛び出しに備えたシステムの開発へ展開

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 回避経路推定装置、回避経路推定方法及び回避経路推定プログラム
- 出願番号 : 特願2016-169761
- 出願人 : 日本大学
- 発明者 : 高梨宏之

産学連携の経歴

- 2009年-2010年 JSTシーズ発掘試験に採択
- 2011年-2012年 A-STEP FSステージ探索タイプに採択

- 2008年-2009年 三菱自動車 共同研究
- 2010年-2011年 トヨタ自動車 共同研究
- 2011年-2013年 三菱自動車 共同研究

お問い合わせ先

日本大学

コーディネーター 小野 洋一

TEL 03-5275-8139

FAX 03-5275-8328

e-mail ono.youichi@nihon-u.ac.jp