

Wi-Fi観測誤差を考慮した歩行者流動解析手法の構築

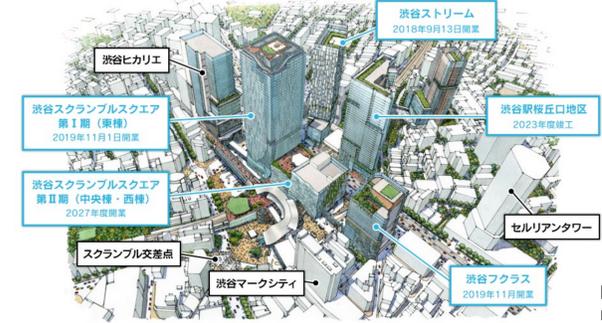
川田 蒼葉, 柳沼 秀樹, 寺部慎太郎, 田中 皓介, 海野 遥香
東京理科大学 理工学部 土木工学科

連絡先: 7620506@ed.tus.ac.jp

1. 背景

都心部の歩行空間において顕著化する混雑

- 都市機能の集積によって地域の賑わいを創造する再開発事業の進行
- 再開発地域では事業者が歩行空間まで考慮せずビル建設が先行
- 歩行空間の容量を超える集客により混雑が悪化



研究対象：渋谷地区
更なる開発による
歩行空間混雑の懸念

<https://www.tokyu.co.jp/shibuya-redevelopment/index.html>

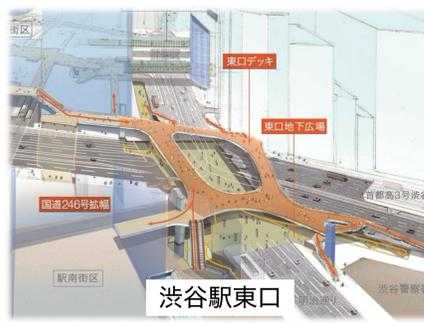
再開発が歩行空間に与える影響を考える必要

- 歩行空間を考慮した開発や整備がこれからの時代には求められる

2. 目的

精度の高いモデルを作成することで将来の歩行者挙動を予測

- Wi-Fi固定観測を用いた歩行ネットワーク解析手法の構築
- モデルによって将来の状況に合わせたシミュレーションを行う
- モデルの精度向上は不可欠



観測誤差がモデル作成時の課題

- モデル作成時に観測誤差を組み込むことで精度向上につなげたい

3. 観測

Wi-Fiパケットセンサによる歩行者流動観測



Wi-Fi packet sensor

時刻	電波強度	Macアドレス
0 05:04.8	11b -96dBm	9b7240f1e12bc211f32ca09de3c20
1 05:05.5	11b -94dBm	85fbc38b99c4ec16ae723cbe6052a77
2 05:07.2	11b -88dBm	b500b3abbd297b1a67c2ca6f6a95dbf0
3 05:07.2	11b -90dBm	b500b3abbd297b1a67c2ca6f6a95dbf0
4 05:08.5	11b -96dBm	4013beecb2ac13d135a30ca58696b6bf
5 05:22.5	11b -92dBm	5ed9920ac806e54ec153ecbcb7df15

取得されたデータの例

Wi-Fiパケットセンサの特性

- 移動データを大量かつ容易に取得可能

実験概要

- 観測対象は渋谷駅東口周辺
- 地上・地下 全11地点にて観測

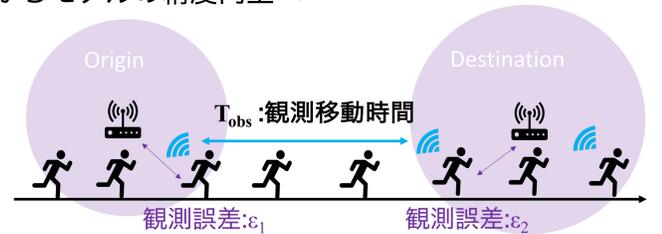
4. 観測誤差の考慮とモデル構造

DDRの概念を用いた観測誤差の補正

- 移動時間を推定しながらモデルの精度向上へ

$$T_{est} = T_{obs} \pm \epsilon_1 \pm \epsilon_2$$

$\epsilon_n = \alpha_n \sigma_n$
 α_n : パラメータ
 σ_n : 正規分布に従う乱数 (平均=0, 標準偏差=1と仮定)



関数の設定とパラメータ推定手法

効用関数
経路ごとの選びやすさを
数値として表現

$$V_k = \beta_1 T_{est} + \beta_2 N_{up} + \beta_3 EV \dots$$

パラメータ: β_n
歩行時の抵抗
E(x)ESあれば使う

移動時間の補正関数
尤もらしい移動時間を
推定する関数

$$T_{est} = T_{obs} + \alpha_1 \sigma_1 + \alpha_2 \sigma_2$$

パラメータ: α_n
観測点ごとの
ばらつき的大小

4. パラメータの推定結果

経路の選びやすさに関するパラメータ β_n の推定結果

説明変数	時間誤差考慮せず		時間誤差考慮	
	パラメータ	t値	パラメータ	t値
総時間(100秒)	-1.602	-4.13 ***	-4.72	-3.49 ***
登り階段段数(10段)	-0.231	-8.02 ***	-0.165	-5.14 ***
EVダミー	0.386	1.16	-0.438	-2.01 **
ESダミー	1.012	4.63 ***	1.054	5.94 ***
サンプル数	399		399	
初期尤度	-463.4		-404.7	
最終尤度	-324.5		-254.7	
尤度比	0.300		0.370	
修正済み尤度比	0.291		0.360	

** 5%有意 *** 1%有意

移動時間に対する
応答が敏感になった

階段パラメータが負
階段が多い経路は
選択されにくい

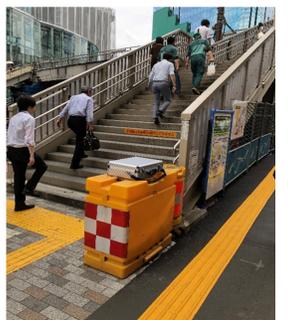
ESパラメータが正
ESがある経路は
選択されやすい

モデルの精度を示す
尤度比の向上

観測点ごとのばらつきを表すパラメータ α_n の推定結果

地点	パラメータ	観測場所	備考
地点①	8.56	デッキ上	
地点②	ODなし	デッキ上	
地点③	9.77	デッキ上	
地点④	欠損	デッキ上	
地点⑤	0.96	地上	アタッシュケースを使用
地点⑥	0.31	地上	アタッシュケースを使用
地点⑦	9.14	地上	
地点⑧	0.01	地下	
地点⑨	0.85	地下	
地点⑩	1.97	地下	
地点⑪	2.25	地下	

パラメータは絶対値で表記



アタッシュケースを使用した例

- パラメータは観測点ごとの誤差分散の大きさを示す
- 地上やデッキ上では観測時における誤差が大きいことが示された
- 地下やアタッシュケースを使用すると観測範囲を狭められる

5. 歩行者配分結果

推定したパラメータを用いた確率的配分をもとに確率的利用者均衡配分を実施した結果

① リンクコスト関数の設定

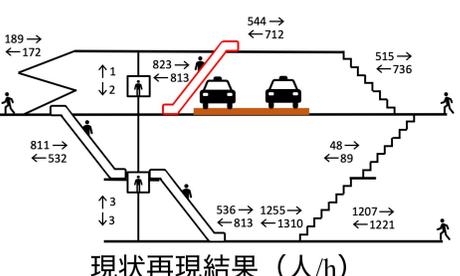
- BPR関数の採用

$$t_a(x_a) = t_{a0} \left\{ 1 + \alpha \left(\frac{x_a}{C_a} \right)^\beta \right\}$$

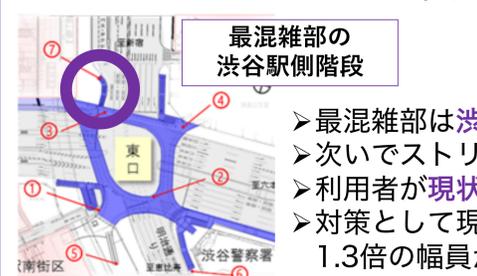
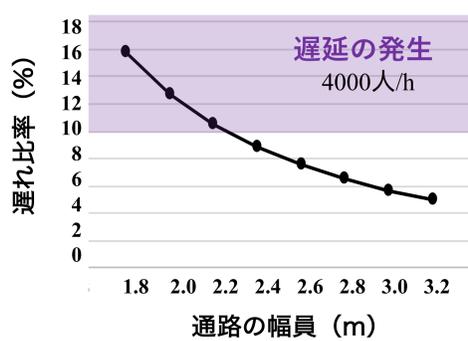
$\alpha = 0.1, \beta = 2, x_a =$ リンク交通量 (人/h)
 $t_{a0} =$ 自由歩行時の所要時間 (s)
 $C_a =$ リンク交通容量 (人/h)
→ 自由走行可能密度 0.3 (人/m²) より算出

渋谷ストリーム⇔渋谷駅 断面図

← 渋谷ストリーム方面 渋谷駅方面 →



② 需要増加を加味した歩行者配分の結果



- 最混雑部は渋谷駅側の階段
- 次いでストリーム側エスカレータが混雑すると予測
- 利用者が現状の3倍になると遅延が発生する
- 対策として現状の4倍の需要に対応するには1.3倍の幅員が必要と推定された

6. 今後の課題

RL型への拡張

- MNL型の場合



- RL型の場合



その他

- 検出率等を考慮したより緻密なモデル構築
- 新しいモデリング体系の作成
- 適切な設備配置の検討
- 人流をコントロールする策の検討