

# 震災後早期における混雑情報の 提供が帰宅行動に及ぼす効果

計画マネジメント研究室  
指導教授

工藤 知徳  
皆川 勝



# 研究背景と目的

首都直下型地震のような大災害が発生した場合、多くの帰宅困難者・滞留者が発生すると予想されている

帰宅・避難支援施設整備の取組みや、混雑地域を予想する研究・シミュレーションは多い



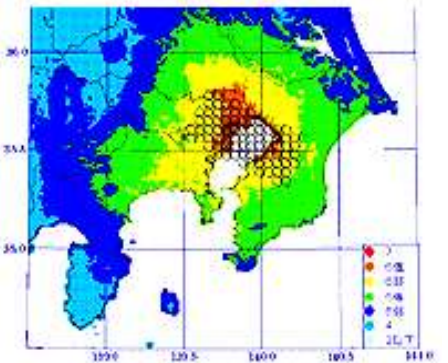
歩行者向けの情報提供の効果や帰宅支援に関する研究は少ない



混雑情報の有無をパラメータとしてマルチエージェントシステム（MAS）を用いたシミュレーションを実施  
道路の混雑情報や歩行者の群集化による移動速度の変化を考慮したモデルを作成



**混雑状況の提供が歩行者の帰宅行動に及ぼす効果を検証**

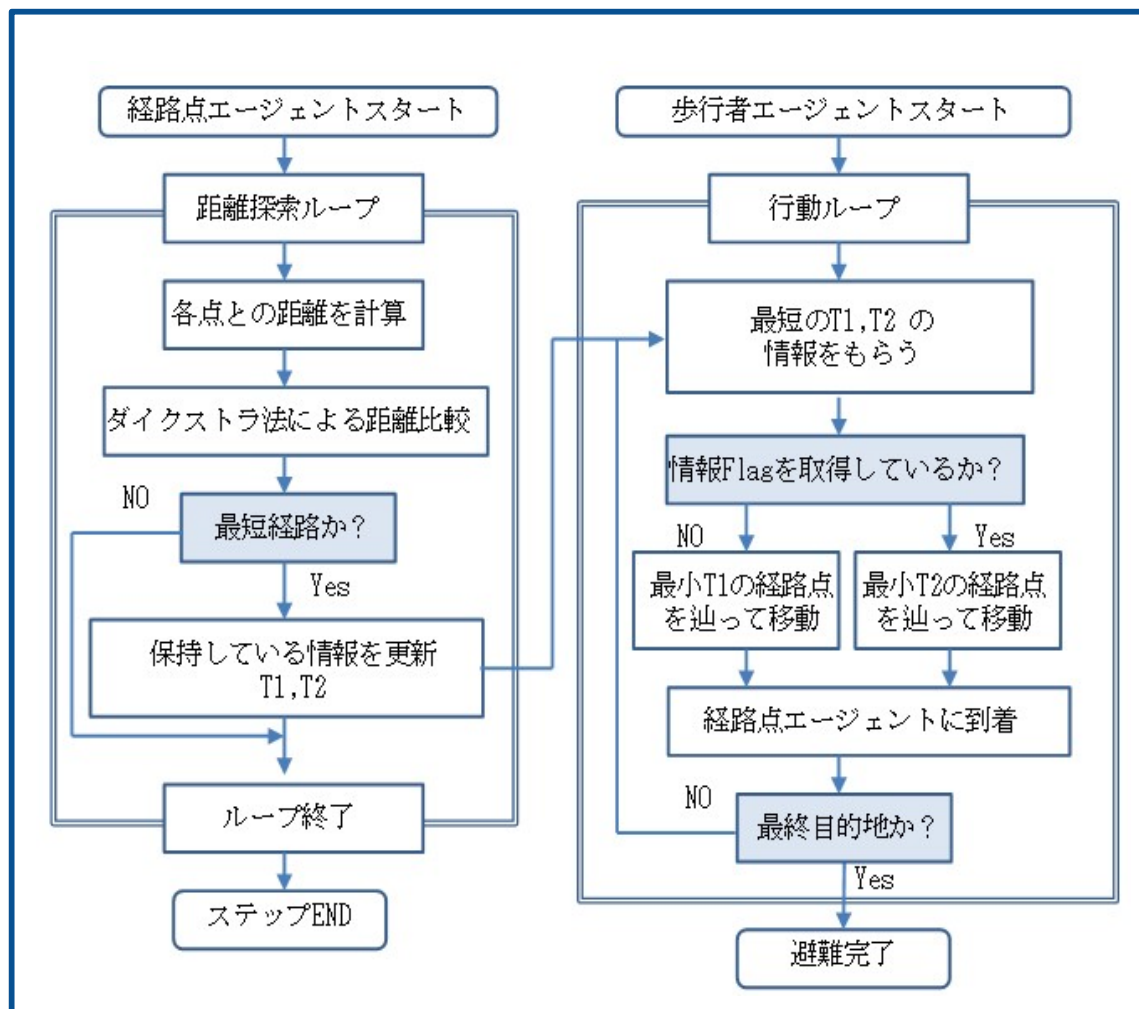


想定される首都直下型地震

東京都23区内の  
横浜市民  
昼間滞在人口  
**約36万人**

# シミュレーション概要

- 歩行者を**歩行者エージェント**，移動経路を**経路点エージェント**とし、個別に要素を持たせることで個性を表現



シミュレーションの流れ

## 歩行者エージェントの持つ要素（抜粋）

- ・ 平均移動速度
- ・ 移動距離
- ・ 移動時間
- ・ 周囲の混雑度による色と速度
- ・ 視野
- ・ 向かう経路点の情報 ( $ID_i$ )
- ・ 1つ前の経路点の情報 ( $ID_{i-1}$ )
- ・ 2つ前の経路点の情報 ( $ID_{i-2}$ )
- ・ 情報所持Flag
- ・ 離脱Flag

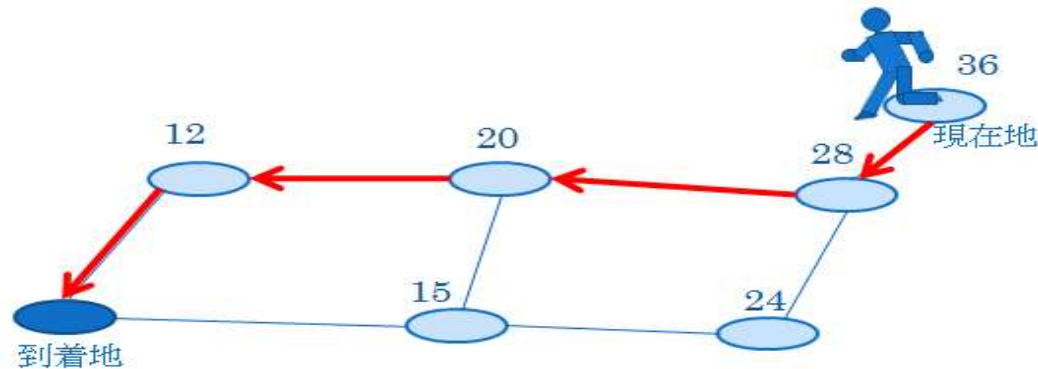
## 経路点エージェントの持つ要素（抜粋）

- ・ 自分の情報 (ID)
- ・ 目的地までの円滑移動時の必要時間 ( $T_1$ )
- ・ 混雑度を反映させた目的地までの時間 ( $T_2$ )
- ・ 周囲の混雑度による色と速度
- ・ 視野

# ダイクストラ法を用いた経路選択モデル

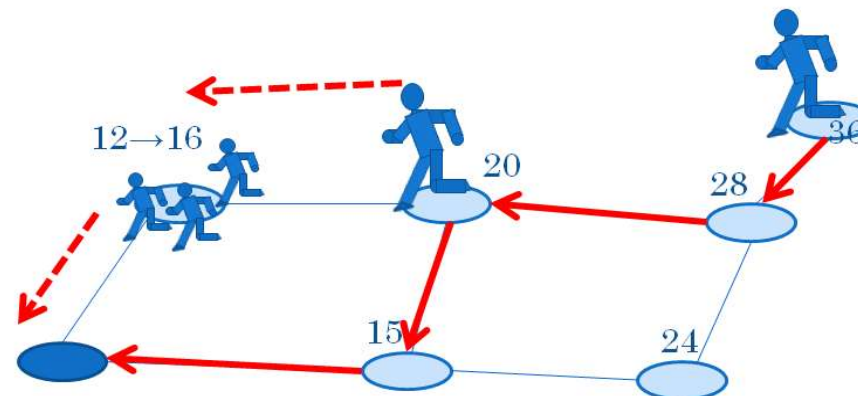
## 最短経路選択モデル

経路点エージェントが $T_1$ （目的地までの距離）を随時更新し、小さい数値の経路点を辿って歩行者エージェントが移動



## 混雑回避モデル

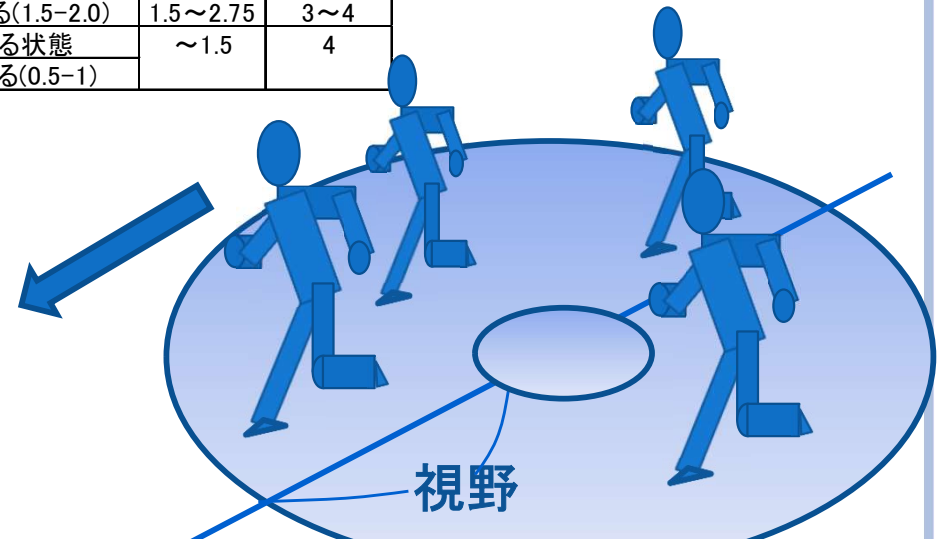
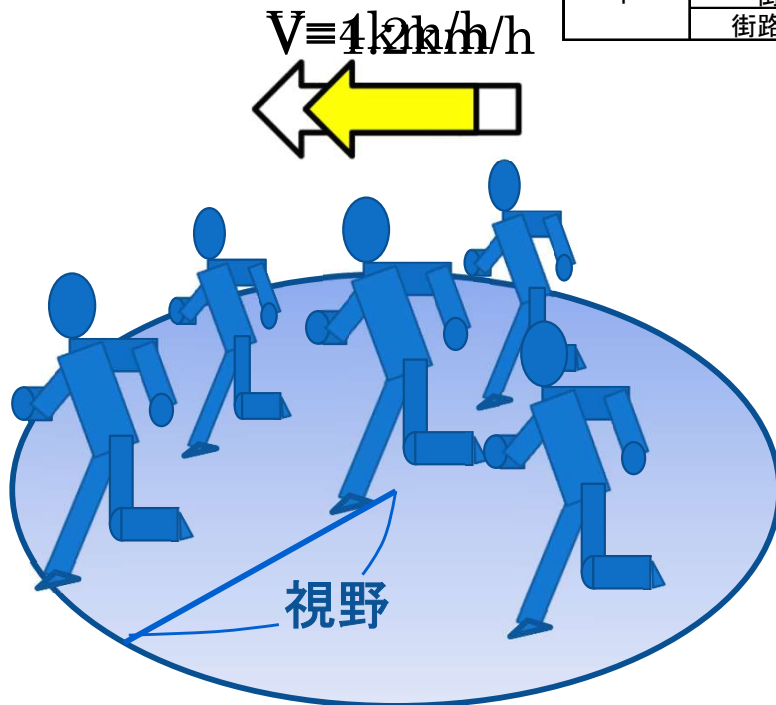
経路点エージェントが周囲の混雑度から $T_2$ （混雑度を反映させた目的地までの距離）を算出し、歩行者エージェントは $T_2$ について小さい数値の経路を辿ることで混雑を回避して移動



# 混雑状況の反映

- 歩行者エージェント、経路点エージェントが自身の周囲の歩行者エージェントをカウントし、下表のルールで混雑度を要素に反映させる

混雑度 ランク	混雑状況[()内は混雑度(人/m <sup>2</sup> )]	混雑度 (人/m <sup>2</sup> )	歩行速度 (km/h)
A	群集なだれが引き起こされる(7.2)	6~	~0.4
	ラッシュアワーの満員電車の状態(6.0-6.5)		
	ラッシュアワーの駅の改札口付近(6.0-6.5)		
B	ラッシュアワーの駅の階段周辺(5.5-6.0)	5.25~6	0.4~1
	危険性を伴う群集の圧力と心理的ストレスが大きくなり始める(5.4)		
C	駅の連絡路のラッシュ時で極めて混雑した状態(4.0-4.5)	4~5.25	1~2
	エレベータ内の満員状態(4.0-4.5)		
D	劇場での満員状態(3.5-4.0)	2.75~4	2~3
	ラッシュ時のオフィス街路(2.5-3.0)		
E	街路等で普通の歩行ができる(1.5-2.0)	1.5~2.75	3~4
F	街路で前の人を追い越せる状態	~1.5	4
	街路で普通に混まずに歩ける(0.5-1)		

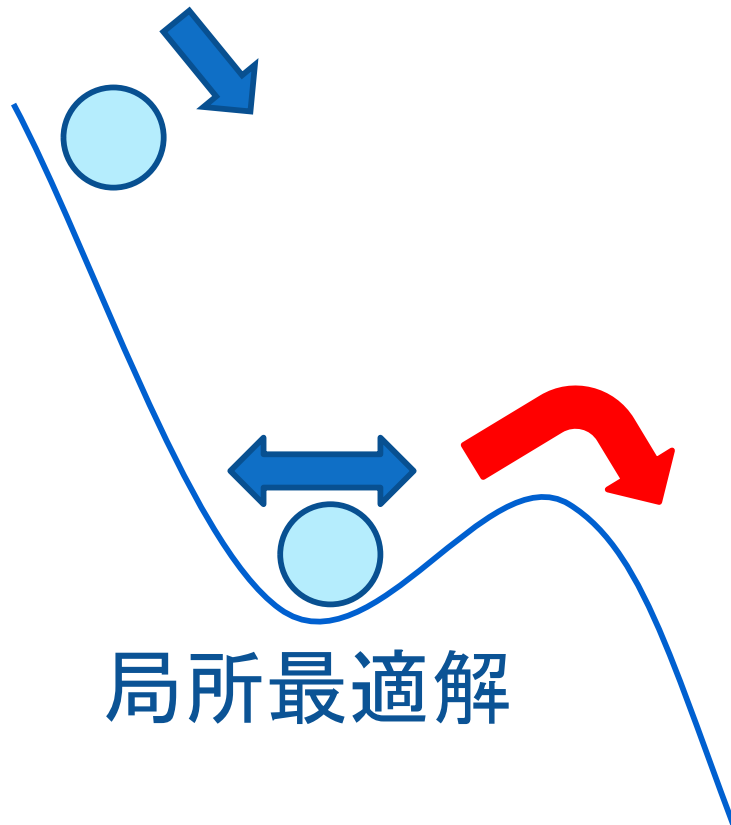


$$T_2 = \text{目的地までの時間} - 4 * \text{視野} / V_{i0} + 4 * \text{視野} / V_i$$

( $V_{i0}$  = 円滑時の速度,  $V_i$  = 混雑度ランク対応速度)

# 局所最適解問題について

- 最適解を求める際、局所的な最適解が発生し、真の最適解が求まらない問題

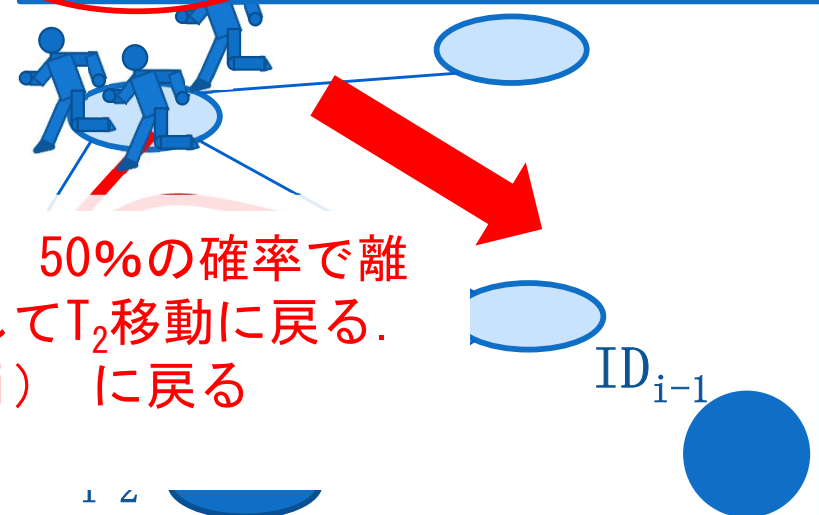


局所最適解

最適解

## 歩行者エージェントの持つ要素（抜粋）

- ・ 平均移動速度
- ・ 移動距離
- ・ 移動時間
- ・ 周囲の混雑度による色と速度
- ・ 視野
- ・ 向かう経路点の情報 ( $ID_i$ )
- ・ 1つ前の経路点の情報 ( $ID_{i-1}$ )
- ・ 2つ前の経路点の情報 ( $ID_{i-2}$ )
- ・ 情報所持Flag
- ・ 離脱Flag



iii) x時間後, 50%の確率で離脱Flagを無くして $T_2$ 移動に戻る.  
戻らない時はii) に戻る

目的地

# 首都圏を対象とした適用事例

平日に横浜市から東京都23区に通勤・通学する人が正午に震災に遭遇し一斉に帰宅する状況を想定

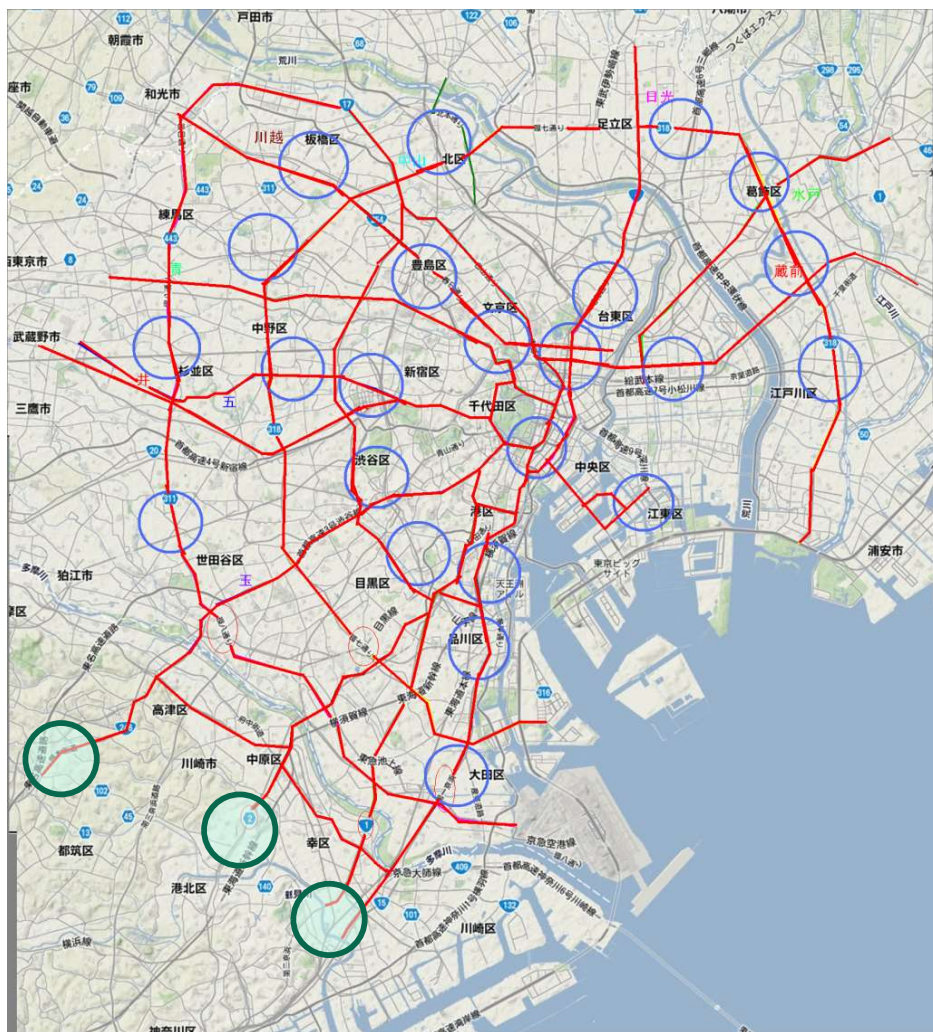
- 歩行者発生対象地域：東京都特別区部  
約25,000(m) × 約35,000(m)
- 避難行動エージェント数：36,770
- 1ステップ：1分
- シミュレーション時間：12時間（720ステップ）
- 情報所持率：0%, 20%, 40%, 60%, 80%, 100%  
(混雑情報を活用する歩行者の比率)
- 道路幅員：3m（比較的広い歩道を想定）
- 歩行者エージェントの行動完了の条件：  
最終目的地（横浜市）への到達





# シミュレーションの諸設定

- ・ エージェント発生数はパーソントリップ調査より鉄道を利用した昼間滞在人口を抜粋
- ・ 各区の主要駅を中心に半径1kmの範囲に歩行者エージェントをランダム配置（青円部分）
- ・ 東京都が指定する帰宅支援道路である16の幹線道路を中心に経路点エージェントを配置し、シミュレーションに使用する道路ネットワークを構築（赤線）
- ・ 目的地は図の緑円部分に設定



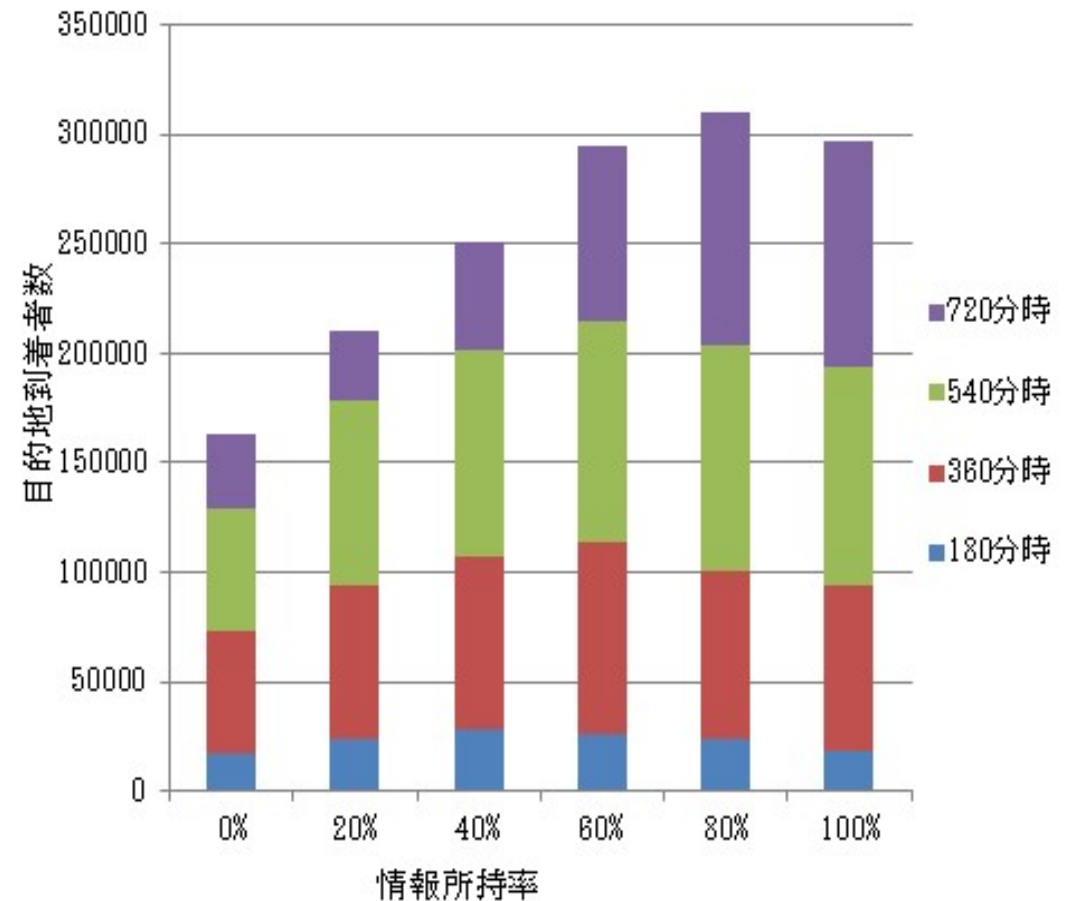
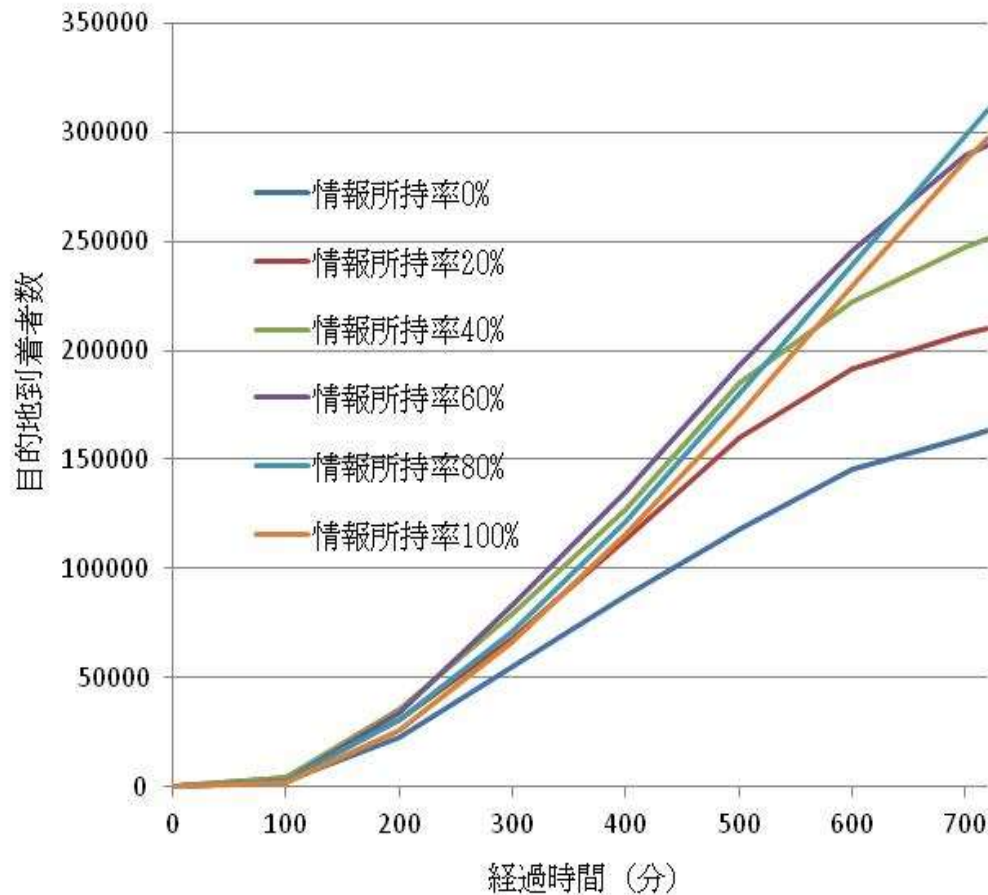
	実際の人数	エージェント数
千代田区	61569	6157
中央区	41995	4200
港区	82240	8224
新宿区	23783	2378
文京区	6849	685
台東区	7276	728
墨田区	4066	407
江東区	10921	1092
品川区	38659	3866
目黒区	10052	1005
大田区	32767	3277
世田谷区	9020	902
渋谷区	23848	2385
中野区	1458	146
杉並区	1798	180
豊島区	4715	472
北区	2337	234
荒川区	955	96
板橋区	921	92
練馬区	405	41
足立区	699	70
葛飾区	224	22
江戸川区	1112	111
合計	367669	36770





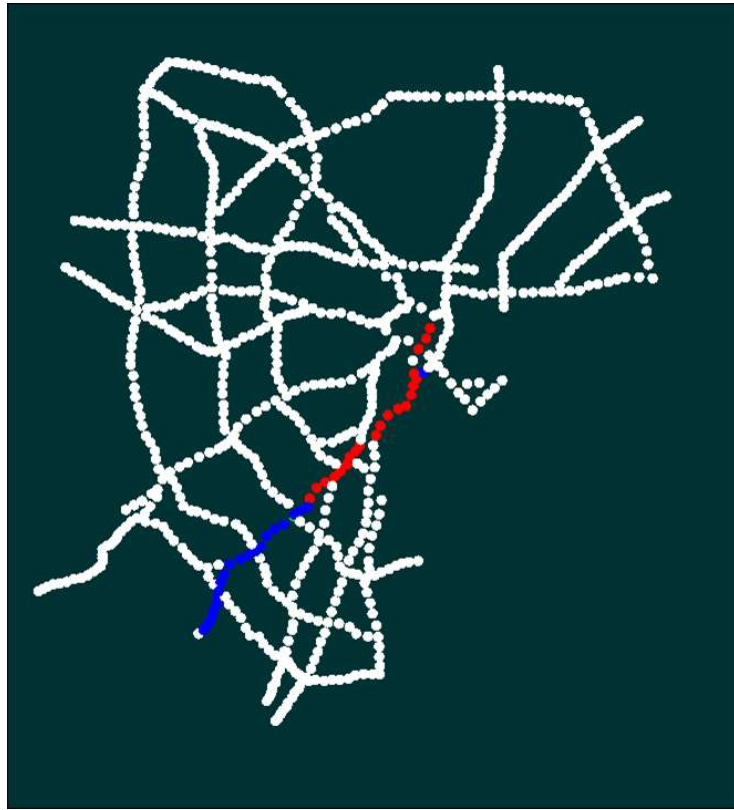
# 目的地到達者数について

- **情報所持率の増加に伴い、目的地到着者数が増加したのが確認できた**
- 60%から100%はほぼ横ばいとなっている
- 540分時までは60%が最も高い値を取り続けている



# 移動経路の混雑状況について

- 情報所持率の増加に伴い、**本適用事例で最も混雑の集中する経路の混雑が緩和される**のが確認できた



情報所持率0%時

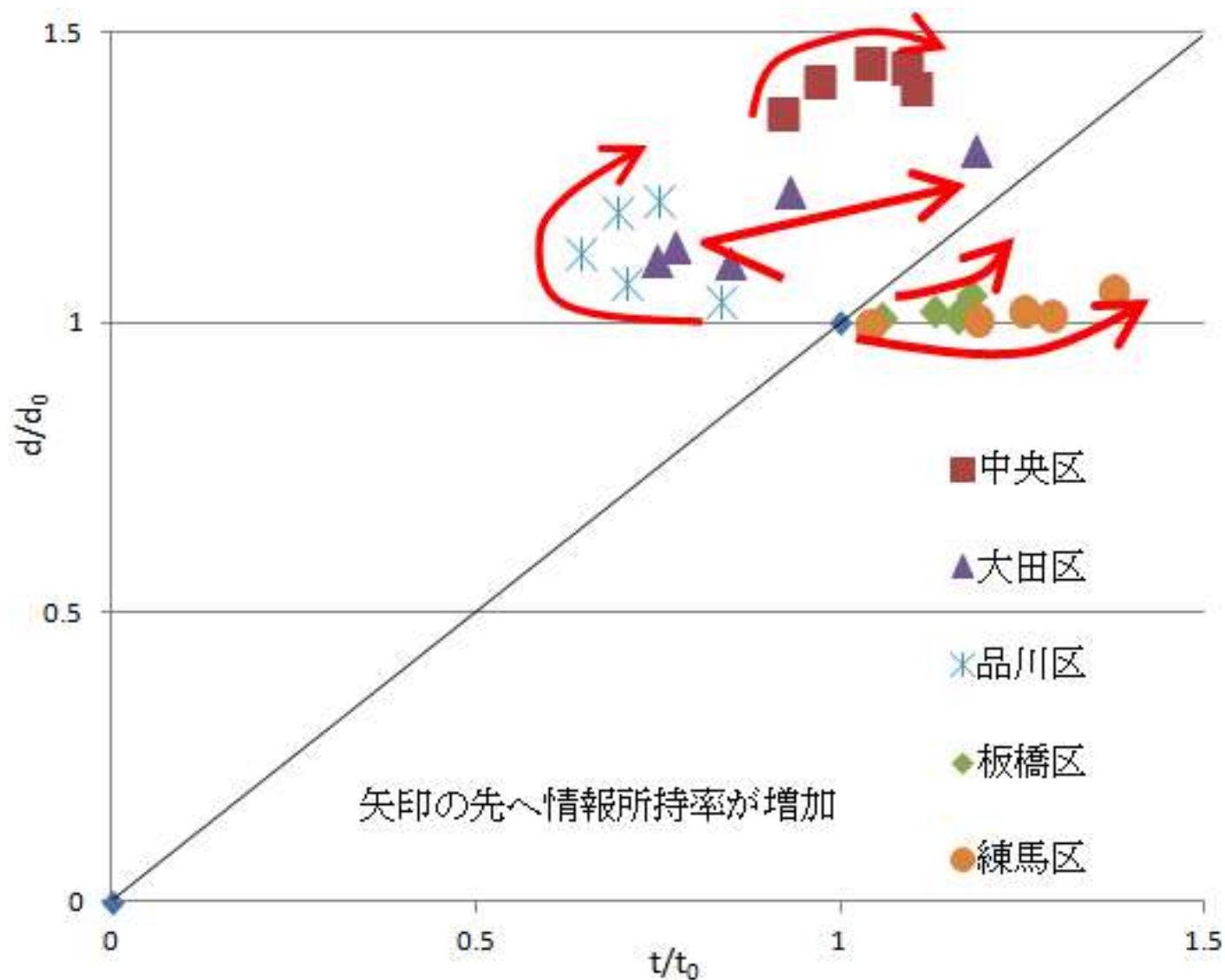


情報所持率60%時



# 情報所持による移動距離と速度の変化

- 複数の区について見ると、情報所持率が高くなるにつれ、移動時間の変動や移動距離の増加が見られた



# 区別目的地到着者数の変化

- 区別に見たところ、**情報所持率が増えるに従って目的地到着者数も増加**している。
- 100%時が必ずしも最高値ではないことから、全ての歩行エージェントが混雑を回避することで移動の効率が悪くなっている場合もあると思われる

区別エージェント発生数		情報所持率別帰宅者数					
		0%	20%	40%	60%	80%	100%
千代田区	6157	0	1210	2094	3288	3753	3370
中央区	4200	396	1113	1668	2367	2887	2868
港区	8224	3431	4759	6046	7349	7393	6786
新宿区	2378	477	1001	1758	2378	2378	2339
文京区	685	0	133	225	364	521	494
台東区	728	0	106	242	344	374	357
墨田区	407	0	72	124	173	200	217
江東区	1092	0	194	284	429	758	775
品川区	3866	3866	3865	3866	3866	3866	3866
目黒区	1005	1005	1005	1005	1005	1005	995
大田区	3277	3277	3277	3277	3277	3277	3277
世田谷区	902	902	902	902	902	902	902
渋谷区	2385	1843	2239	2383	2385	2362	2171
中野区	146	146	146	146	146	146	146



# 区別移動速度について

- 情報所持率が高くなることで移動速度の増減が見られた
- 0%時に目的地到着者数が0の区では20%時に平均速度が最も高いが、これは混雑を回避して目的地に着いた歩行エージェントの数が少なく、円滑な移動ができた為だと考えられる。
- 今回の値は目的地到着者の値のみで、未着者の数値が考慮されていないので、到着者を含む全ての歩行者エージェントの数値で考察が必要である

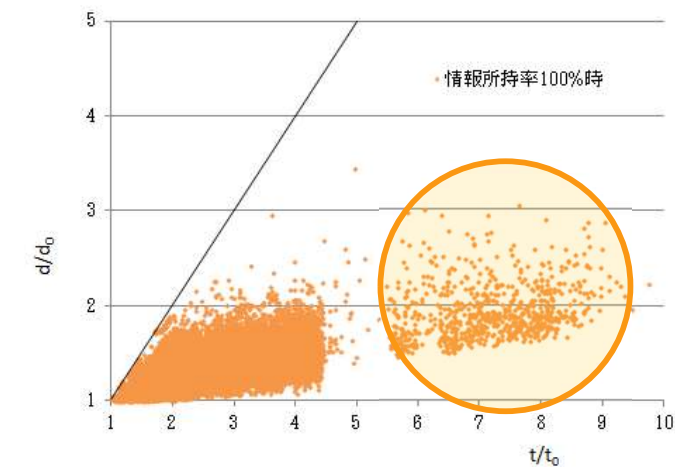
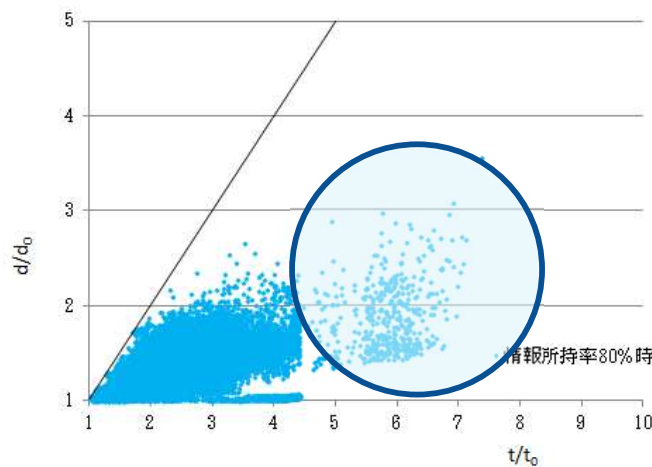
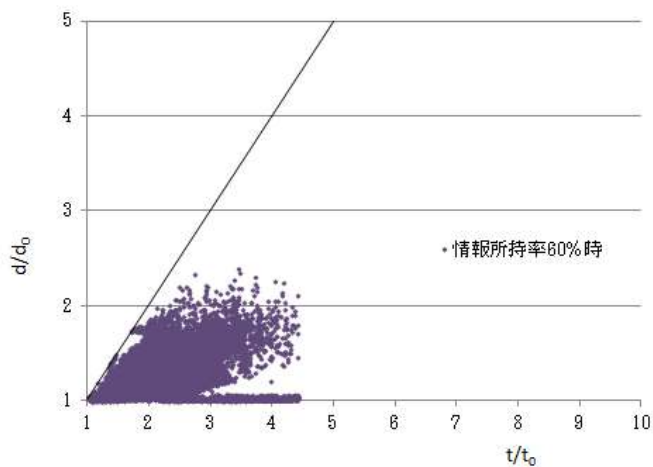
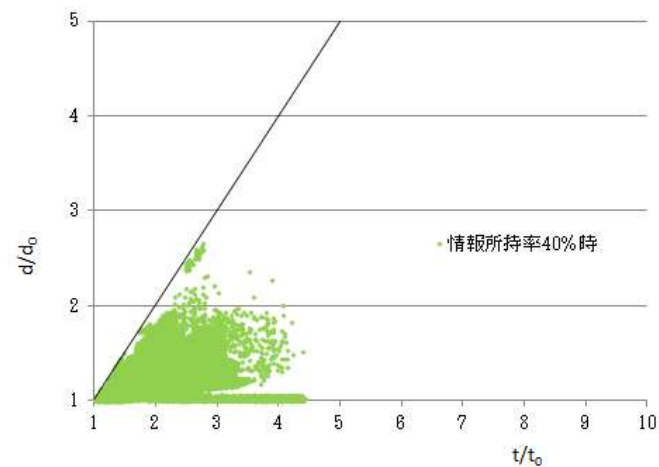
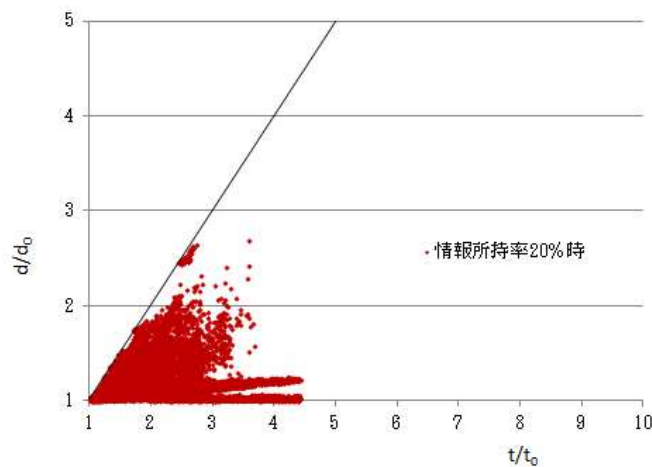
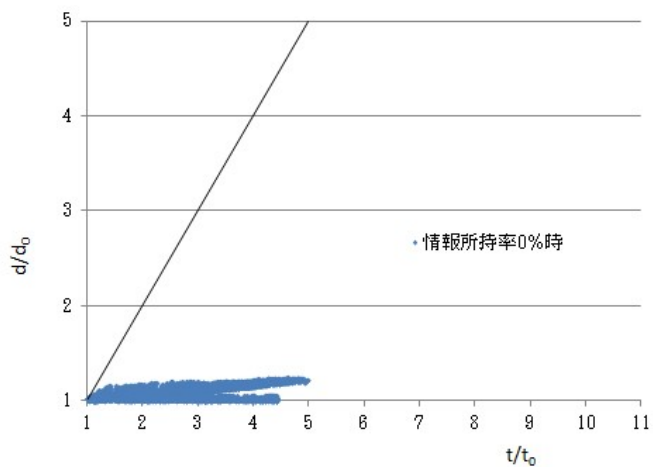
情報所持率	移動速度平均(km/h)					
	0%	20%	40%	60%	80%	100%
千代田区	-	3.34	3.08	2.85	2.76	2.68
文京区	-	3.55	3.40	3.11	3.09	2.98
台東区	-	3.15	3.13	2.89	2.77	2.63
墨田区	-	3.27	3.10	2.91	2.64	2.56
江東区	-	2.86	2.72	2.54	2.45	2.46
荒川区	-	3.46	3.45	3.35	3.26	3.11
足立区	-	3.33	3.08	2.91	2.65	2.60
葛飾区	-	3.57	3.35	3.21	3.30	3.20
江戸川区	-	3.52	3.37	3.26	3.20	3.02
世田谷区	3.10	3.13	3.19	3.19	3.20	3.22
渋谷区	1.68	2.06	2.31	2.52	2.71	2.61
品川区	1.41	1.82	2.21	2.44	2.44	2.37
目黒区	2.51	2.56	2.64	2.69	2.63	2.58
豊島区	3.78	3.57	3.32	3.31	3.26	3.37
北区	3.65	3.56	3.36	3.30	3.24	3.42
大田区	1.75	2.22	2.41	2.35	2.28	2.07





# 距離と時間の関係

- 情報所持率が高くなるにつれ分散している
- 80%時と100%時に不自然な空白があり、時間増加率が大きくなっている
- 情報所持率0%時と20%時の2層化は初期配置時の誤差である



# 結論

- 混雑回避行動をとる歩行者エージェントを情報所持率に併せた割合で発生させることで、同じ条件下でのシミュレーション結果において、目的地到達数の増加と経路混雑度の緩和を確認
- 混雑情報の提供が帰宅行動の支援に効果があると確認できた

# 今後の展望

- 未着者を含む全てのエージェントについての情報の収集と得られた諸数値についての考察
- 移動時間や距離等、現実的な範囲内での考察
- 局所最適解問題の解決
- シミュレーション規模の拡大



御清聴ありがとうございました



情報所持率(%)	0	20	40	60	80	100
帰宅完了者数	163010	210400	250970	294290	309870	296920
平均速度 (km/h)	1.89	2.31	2.45	2.45	2.43	2.41
平均移動距離 (km)	11.03	13.76	15.22	16.52	17.45	17.37
平均移動時間(分)	389	382	392	417	446	449



情報所持率	移動速度平均(km/h)					
	0%	20%	40%	60%	80%	100%
千代田区	-	3.34	3.08	2.85	2.76	2.68
中央区	1.80	2.68	2.59	2.46	2.33	2.25
港区	1.64	1.87	1.94	1.94	1.85	1.97
新宿区	1.73	2.51	2.42	2.44	2.63	2.74
文京区	-	3.55	3.40	3.11	3.09	2.98
台東区	-	3.15	3.13	2.89	2.77	2.63
墨田区	-	3.27	3.10	2.91	2.64	2.56
江東区	-	2.86	2.72	2.54	2.45	2.46
品川区	1.41	1.82	2.21	2.44	2.44	2.37
目黒区	2.51	2.56	2.64	2.69	2.63	2.58
大田区	1.75	2.22	2.41	2.35	2.28	2.07
世田谷区	3.10	3.13	3.19	3.19	3.20	3.22
渋谷区	1.68	2.06	2.31	2.52	2.71	2.61
中野区	3.61	3.76	3.77	3.75	3.81	3.70
杉並区	3.43	3.57	3.65	3.58	3.53	3.39
豊島区	3.78	3.57	3.32	3.31	3.26	3.37
北区	3.65	3.56	3.36	3.30	3.24	3.42
荒川区	-	3.46	3.45	3.35	3.26	3.11
板橋区	3.94	3.76	3.43	3.57	3.48	3.50
練馬区	4.00	3.85	3.39	3.27	3.16	3.08
足立区	-	3.33	3.08	2.91	2.65	2.60
葛飾区	-	3.57	3.35	3.21	3.30	3.20
江戸川区	-	3.52	3.37	3.26	3.20	3.02





情報所持率	移動距離平均(km)					
	0%	20%	40%	60%	80%	100%
千代田区	-	28.73	28.83	28.54	28.90	27.67
中央区	15.27	20.75	21.65	22.13	21.99	21.47
港区	10.87	12.13	13.03	13.65	14.32	14.56
新宿区	17.53	18.26	18.56	19.19	19.63	20.33
文京区	-	28.37	28.26	28.74	28.84	29.04
台東区	-	28.72	28.84	29.23	30.42	28.81
墨田区	-	28.22	28.32	28.82	27.98	27.80
江東区	-	25.31	24.87	25.04	23.91	23.94
品川区	10.67	11.05	11.42	11.93	12.69	12.91
目黒区	10.62	11.07	11.33	11.57	12.02	11.72
大田区	5.24	5.77	5.81	5.92	6.43	6.80
世田谷区	10.76	10.83	10.97	10.97	11.08	11.17
渋谷区	13.63	14.69	15.45	16.25	17.25	17.90
中野区	17.58	17.70	17.76	17.95	17.68	17.99
杉並区	15.79	16.39	16.79	17.76	17.96	18.62
豊島区	23.45	23.72	24.93	25.64	26.69	27.02
北区	25.68	26.27	26.75	27.39	28.05	29.62
荒川区	-	32.00	33.23	33.42	36.83	35.34
板橋区	24.55	24.71	24.76	25.02	25.28	25.69
練馬区	20.47	20.42	20.54	20.88	20.76	21.60
足立区	-	29.41	30.62	28.36	27.49	27.62
葛飾区	-	34.17	33.17	34.18	36.85	36.93
江戸川区	-	32.85	32.35	32.80	35.94	34.07



情報所持率	帰宅所要時間平均(分)					
	0%	20%	40%	60%	80%	100%
千代田区	-	517	565	603	631	625
中央区	529	487	513	551	577	583
港区	457	438	441	453	495	472
新宿区	614	490	502	500	460	453
文京区	-	482	502	559	563	591
台東区	-	547	554	608	657	660
墨田区	-	518	552	598	637	653
江東区	-	532	551	597	592	592
品川区	468	391	330	301	324	351
目黒区	269	274	270	270	295	293
大田区	207	175	154	160	192	245
世田谷区	213	212	210	209	211	211
渋谷区	509	471	434	407	397	429
中野区	291	282	282	287	278	292
杉並区	276	274	276	298	309	334
豊島区	372	399	450	464	492	482
北区	422	442	477	497	518	519
荒川区	-	557	578	600	677	682
板橋区	374	394	433	421	437	440
練馬区	306	317	363	382	394	420
足立区	-	531	600	589	622	640
葛飾区	-	574	596	639	671	693
江戸川区	-	561	579	605	671	677

