

エージェントシミュレーションを用いた エスカレーターの利用方法による輸送効率の比較

A Comparative Analysis of Transport Efficiency by Usage Method of Escalator Using Agent Simulation

小川 圭一
(立命館大学)

1. はじめに

多くの地域ではエスカレーターの片側に停止し、片側を急ぐ人が歩行で利用するようにする「片側空け」が定着している。しかしながら、片側空けは片側を歩くことで停止している人との接触の原因となることから、近年では鉄道会社などが両側停止の利用ルールを呼び掛けることも増えてきている。また、歩行で利用する人が少ない場合、エスカレーター入口の片側のみに長蛇の列ができてしまう。このため、実質的にはエスカレーターが1列でしか利用されないことになり、非効率な利用状況になってしまう。より多くの利用者がエスカレーターを安全かつ効率的に利用するためには、どのような利用方法を推奨すべきかを考える必要がある。

エスカレーターの利用方法に関する既存研究としては、大竹らが、鉄道駅におけるエスカレーターの左右選択の要因について観測調査を通じて分析し、片側空けのメリットやデメリットを分析している¹⁾。森田らは、左側停止・右側歩行という条件下でエスカレーターの左右の最大捌け人数を比較して、右側の方が最大捌け人数が大きいことを示している²⁾。また元田らは、観測調査にもとづき、エスカレーター上での停止・歩行の割合や歩行速度、停止・歩行別の飽和交通流率など、エスカレーターの交通特性を明らかにしている³⁻⁶⁾。また構造計画研究所では、横2列エスカレーターにおける人の移動をシミュレーションを用いて再現し、両側歩行、片側空け、両側停止の3通りの利用ルールでの利用者の所要時間の比較をおこなっている⁷⁾。また中井は、エスカレーターでの歩行に反対する人の割合は高いにもかかわらず多くの人が歩行していることから、多元的無知が生じている可能性を指摘し、歩行・片側空けに対する多元的無知の生起や、多元的無知が歩行・片側空けの行動に与える影響について分析をおこなっている⁸⁾。

本研究では、エージェントシミュレーションを用いてエスカレーターの利用方法、利用者数と平均所要時間、通過完了時間との関係を分析し、エスカレーターを安全かつ効率的に利用するための利用ルールの検討をおこなうこととする。

2. 分析方法

想定する利用ルールは「片側停止・片側歩行」「両側停止」「片側停止・片側歩行→両側停止」の3種類とする。「片側停止・片側歩行→両側停止」は、停止利用者が歩行利用者より多い場合に、最後の歩行利用者がエスカレーター入口を通過した後に両側停止に変更するものである。これは、歩行利用者がいない場合にエスカレーターが1列でしか利用されず、非効率になることを防ぐことを想定している。なお「両側歩行」については、後述の観測調査による歩行時の速度と停止時・歩行時の利用者の間隔にもとづくと、もっとも効率が良いことが自明となるため考えないこととする。

これをもとに「利用者数」と「停止・歩行の割合」を変化させ、シミュレーションを実行する。各々の利用ルールでの「平均所要時間(全体)」「平均所要時間(停止利用者)」「平均所要時間(歩行利用者)」「通過完了時間」を算定し、その比較をおこなう。ここで「平均所要時間(全体)」は各々の利用者がエスカレーターの出口に到達するまでの所要時間の平均値、「平均所要時間(停止利用者)」は停止利用者のみの所要時間の平均値、「平均所要時間(歩行利用者)」は歩行利用者のみの所要時間の平均値、「通過完了時間」は移動を開始してからすべての利用者がエスカレーターの出口に到達するまでの所要時間を指す。

3. 分析結果

JR 琵琶湖線(東海道線)南草津駅に設置されたエスカレーターの全長(水平距離)が12.5m、移動速度が30[m/分]であったため、これを再現したシミュレーションモデルを作成する。またJR草津駅、南草津駅、京都駅での観測調査の結果、エスカレーター上での歩行時の速度の平均値が66.3[m/分]、停止時の間隔の平均値が1.96段、歩行時の間隔の平均値が2.23段であったため、これらをシミュレーションの設定条件とする。

まず、各々の利用ルールでの平均所要時間(全体)の算定結果を表-1に示す。また、平均所要時間(停止利用者)の算定結果を表-2に、平均所要時間(歩行利用

者)の算定結果を表-3に示す。これらを見ると、歩行割合が0.5~0.6付近の場合に片側停止・片側歩行の方が両側停止よりも平均所要時間が短いという結果となった。片側停止・片側歩行の場合にエスカレーターの片側に利用者が偏ると平均所要時間が長くなり、両側停止の方が平均所要時間が短くなるのがわかる。

つぎに、各々の利用ルールでの通過完了時間の算定結果を表-4に示す。これを見ると、利用者数が100人以下であれば歩行割合が0.6付近の場合に、利用者数が100人より多くなると歩行割合が0.5付近の場合に、片側停止・片側歩行の方が両側停止よりも通過完了時間が短いという結果となった。平均所要時間と同様に、片側停止・片側歩行の場合にエスカレーターの片側に利用者が偏ると通過完了時間が長くなるのがわかる。また、歩行利用者がいなくなった時点で両側停止にすると初めから両側停止とする場合に近い結果になることがわかる。

4. おわりに

本研究では、エージェントシミュレーションを用いてエスカレーターの利用方法、利用者数と平均所要時間、通過完了時間との関係について分析をおこなった。

その結果、現状で多くの地域でおこなわれている片側停止・片側歩行では、利用者が少ない(100人以下)場合には歩行割合が少し大きい方が効率よく移動でき、利用者が多い(100人以上)場合には停止と歩行が同じ割合のときに効率よく移動できることがわかった。

しかしながら、実際に停止・歩行の割合をコントロールすることは難しい。実際には停止利用者の方が多く、エスカレーター入口の片側のみに待ち行列ができてしまうことが多い。とくに利用者数が多い場合に停止利用者が多くなると片側停止・片側歩行では平均所要時間、通過完了時間ともに大きくなるため、初めから両側停止で利用することが望ましいといえる。また、片側停止・片側歩行で停止利用者が多く片側のみに待ち行列が発生した場合、片側を空けたままにせず両側停止に変更することが効果的ともいえる。輸送効率の観点からは、エスカレーター入口の片側のみに利用者が待ち行列を作る状況をなくし、常に両側を利用するような利用方法を推奨することが必要であると考えられる。

謝辞

本研究は、筆者が立命館大学理工学部都市システム工学科および環境都市工学科の研究室において、所属する学生の卒業論文の一環としておこなったものをもとにしている。実施に当たっては、当時の研究室の学生諸氏のご協力をいただいている。ここに記して感謝の意を表する次第である。

参考文献

- 1) 大竹哲士, 岸本達也: 鉄道駅におけるエスカレーター上の歩行行動に関する研究, 都市計画論文集, Vol.52, No.3, pp.263-269, 2017.
- 2) 森田泰智, 森地茂, 伊東誠: 駅昇降施設の最大捌け人数に関する研究 -

表-1 平均所要時間(全体)の比較

利用 ルール		両側 停止		片側停止・片側歩行										片側停止・片側歩行 →両側停止					
歩行割合		0.0	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
利用 人数 (人)	1	*	35	*	*	*	*	*	*	*	*	*	19	*	*	*	*	*	*
	2	35	36	*	*	*	*	*	27	*	*	*	20	35	*	*	*	*	*
	20	42	50	46	42	39	36	34	33	32	32	32	34	42	42	40	38	36	34
	40	50	66	59	53	48	44	42	41	41	42	45	50	50	51	48	46	44	42
	60	58	82	72	63	57	52	50	49	50	53	58	65	58	59	56	54	52	50
	80	66	98	85	74	66	61	58	57	60	64	71	79	66	67	64	62	60	58
	100	74	114	98	85	75	69	65	65	69	75	84	94	74	75	73	70	68	66
	120	82	130	111	96	85	77	73	74	78	85	97	110	82	82	80	78	76	73
	140	90	146	124	107	94	85	81	81	86	95	109	127	90	90	88	86	84	81
	160	98	162	137	118	103	94	89	90	95	107	123	142	98	99	96	93	91	89
180	106	178	150	129	112	102	98	98	104	116	134	156	106	107	104	102	100	97	
200	114	194	164	139	122	110	104	106	114	126	147	172	114	115	112	109	107	106	

単位：秒

[単位: 秒]

表-2 平均所要時間(停止利用者)の比較

利用 ルール	両側 停止	片側停止・片側歩行											片側停止・片側歩行 →両側停止						
歩行割合	0.0	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	
利用 者数 (人)	1	*	35	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
	2	35	36	*	*	*	*	35	*	*	*	*	35	*	*	*	*	*	
	20	42	50	48	47	45	44	42	40	39	37	36	*	42	45	45	45	44	
	40	50	66	63	60	56	53	50	47	44	40	37	*	50	54	54	54	53	
	60	58	82	77	72	68	63	58	53	48	44	39	*	58	63	64	64	62	
	80	66	98	92	85	78	72	66	60	53	47	40	*	66	71	73	73	71	
	100	74	114	106	98	90	82	74	66	58	50	42	*	74	80	82	82	80	
	120	82	130	120	111	101	92	82	72	63	53	44	*	82	89	91	92	89	
	140	90	146	134	124	112	101	90	79	67	56	45	*	90	97	100	101	98	
	160	98	162	149	136	124	111	98	85	72	60	47	*	98	106	109	110	107	
180	106	178	164	149	135	120	106	91	77	63	48	*	106	115	118	119	116		
200	114	194	178	162	146	130	114	98	82	66	50	*	114	124	128	128	124		

[単位: 秒]

表-3 平均所要時間(歩行利用者)の比較

利用 ルール	両側 停止	片側停止・片側歩行											片側停止・片側歩行 →両側停止						
		歩行割合																	
		0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	
利用者数 (人)	1	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	19	*	*	*	*	*	*	
	2	*	*	*	*	*	*	19	*	*	*	20	*	*	*	*	*	*	
	20	*	*	20	21	23	24	26	28	29	31	32	34	*	20	21	23	24	26
	40	*	*	21	24	28	31	34	37	40	43	46	50	*	21	24	28	31	34
	60	*	*	23	28	32	36	42	46	51	56	60	65	*	23	28	32	37	42
	80	*	*	24	31	36	43	49	56	63	68	74	79	*	24	31	36	43	50
	100	*	*	26	34	41	49	57	64	73	81	88	94	*	26	34	41	50	57
	120	*	*	27	37	46	56	64	75	85	93	103	110	*	28	37	46	56	65
	140	*	*	29	40	51	60	72	83	95	105	116	127	*	29	40	51	62	71
	160	*	*	31	42	55	68	80	94	104	119	131	142	*	31	43	55	67	80
180	*	*	32	46	60	74	87	102	115	129	144	156	*	32	46	60	75	88	
200	*	*	34	49	65	80	95	111	127	141	158	172	*	34	50	65	80	97	

[単位: 秒]

表-4 通過完了時間の比較

利用 ルール	両側 停止	片側停止・片側歩行											片側停止・片側歩行 →両側停止						
		歩行割合																	
		0.0	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
利用者数 (人)	1	*	36	*	*	*	*	*	*	*	*	*	20	*	*	*	*	*	*
	2	36	38	*	*	*	*	36	*	*	*	*	22	36	*	*	*	*	*
	20	50	66	63	60	57	54	50	47	44	44	46	50	50	54	54	54	54	50
	40	66	98	92	86	79	73	66	60	63	68	74	81	66	70	70	70	70	66
	60	82	130	121	110	102	92	82	74	85	94	102	110	82	86	86	86	86	82
	80	98	162	150	137	123	111	98	94	107	119	128	140	98	102	102	101	102	98
	100	116	194	178	162	146	130	114	111	129	144	158	172	116	118	118	117	117	114
	120	130	226	207	188	169	150	130	133	150	167	187	203	130	134	134	134	133	130
	140	146	258	234	214	191	169	146	148	170	190	214	234	146	150	150	149	150	146
	160	162	290	265	239	214	188	162	170	191	221	246	266	162	166	166	164	164	162
180	178	322	294	265	236	207	178	187	212	242	271	292	178	182	181	180	181	178	
200	194	354	322	290	258	226	194	205	236	264	297	326	194	198	198	196	197	194	

[単位: 秒]

都心部周辺の急速な都市開発による鉄道駅の激しい混雑への対応に向けて、土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol.69, No.5 (土木計画学研究・論文集, Vol.30), pp.1_595-1_611, 2013.

- 3) 元田良孝, 宇佐美誠史: エスカレーター内の歩行に関する基礎研究, 第38回交通工学研究発表会論文集, CD-ROM, pp.221-225, 2018.
- 4) 元田良孝, 宇佐美誠史: エスカレーター輸送の基本特性に関する研究, 土木計画学研究・講演集, Vol.58, CD-ROM, No.17, 2018.
- 5) 元田良孝, 宇佐美誠史: 1人乗りエスカレーター輸送の基本特性に関する研究, 土木計画学研究・講演集, Vol.59, CD-ROM, No.165, 2019.
- 6) 元田良孝, 宇佐美誠史: エスカレーターのかかぐ 交通・輸送手段から考える, 成山堂書店, 2024.
- 7) 構造計画研究所: MAS community artsoc モデル集 エスカレーターモデル, <https://mas.kke.co.jp/escalator/> (2025年11月17日最終閲覧)
- 8) 中井宏: エスカレーターでは立ち止まるべき?, 交通科学, Vol.55, No.3, pp.15-16, 2024.