



A書店における 最適なエレベーターの運行

沼田研究室

4401003

安部 由貴絵

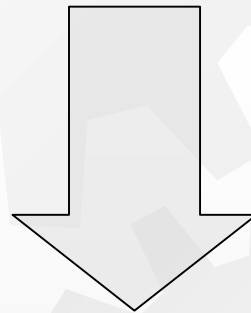
発表の流れ

1. はじめに
 2. A書店の現状
 3. 研究目的
 4. シミュレーションモデル
 5. エレベーターの運行計画
 6. シミュレーション実験
 7. まとめ
- 今後の課題
参考文献

1. はじめに

エレベーターは、人を階から階へ高速かつ楽に運ぶための設備のひとつである

都心の施設は高さの方向に発展せざるを得ない



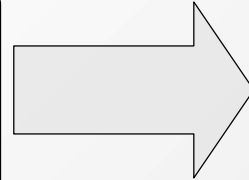
階段やエスカレーターのみでは移動が大変

エレベーターは必要！

施設は待ち時間短縮のため複数台のエレベーターを設置

しかし

各階止まり(全ての階に止まる)の運行では移動時間があまり短縮されていないとは言えない



全体の運行計画
(エレベーターの停止階選び)
が必要

個々の施設に合った運行計画を考える必要がある

状況に合わせて
異なる運行が異なる

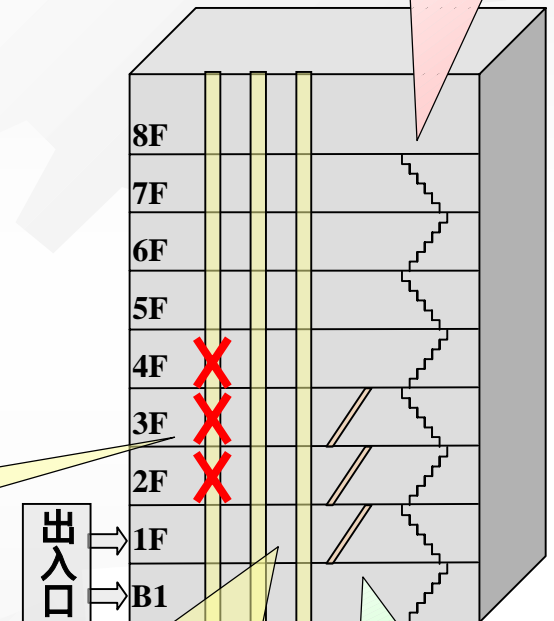
2. A書店の現状

- ❖ 地下1階から8階までである
- ❖ 書籍は1階から8階に陳列している
- ❖ 出入口は地下1階と1階のみ
- ❖ 移動手段の設置場所は全て10m以内
- ❖ エレベーターは1ヶ所のみ, 3台設置

問題点

- 混雑時ではないのにエレベーターの待ち時間が長い
- 人が多くて一度に乗ることができない

階段はB1~8F



1台は2・3・4階に停まらない

出入口

3台のうち2台は各停

エスカレーターは1F~4F

解決策

解決策

エレベーターの運行計画
を変える

エレベーターの台数・
収容人数を増やす

エスカレーターの
設置を増やす

よりよい運行計画を見つけることにより移動時間は
短縮できる

設備投資なし

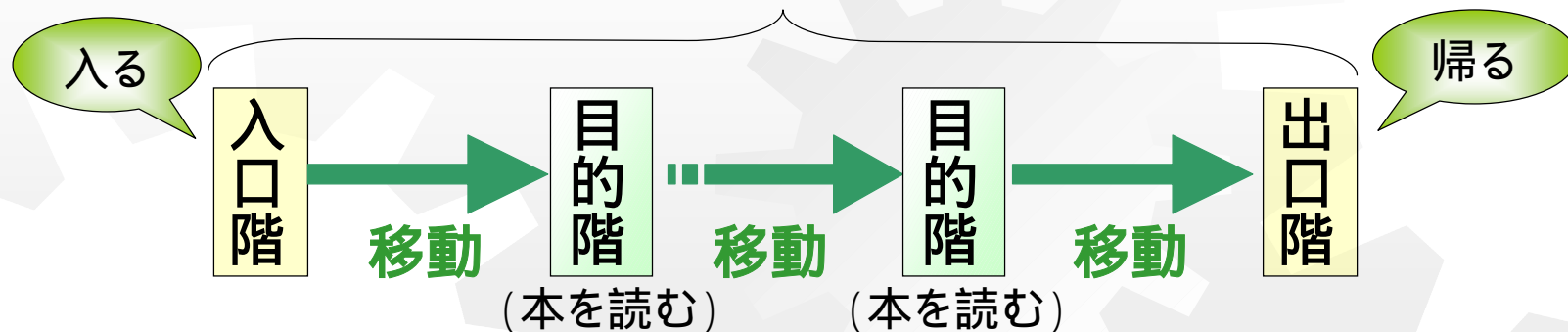
- ・設備投資をしなければならない
- ・書籍を陳列する場所が減る

3. 研究目的

本研究では、エレベーターの運行計画に問題があると思われるA書店を例に取り上げる

客が来店してから書店を出るまでの移動に要する平均所要時間が、より短くなるようなエレベーターの運行計画を提案する

移動に要する平均所要時間



4. シミュレーションモデル

4.1. 客の動き

Step1. 客は入口階(1F・B1)から入店

Step2. 最短な移動手段で目的階へ移動(複数回)

Step3. 出口階へ移動

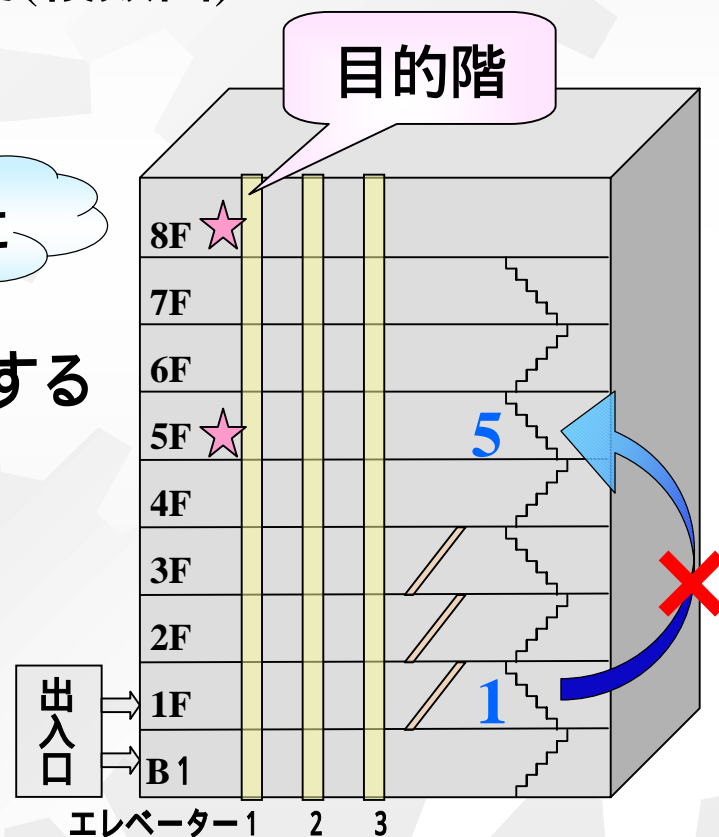
Step4. 出口階から出店

移動手段

- ★ 階段で4階分以上移動しないものとする
- ★ エレベーターと階段は乗り継ぎ可能

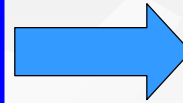
現実をもとに

入店・出店する



4-2. 客の移動手段選択

エスカレーターでの移動時間は
階段での移動時間と等しい



エスカレーターを階段とみなす

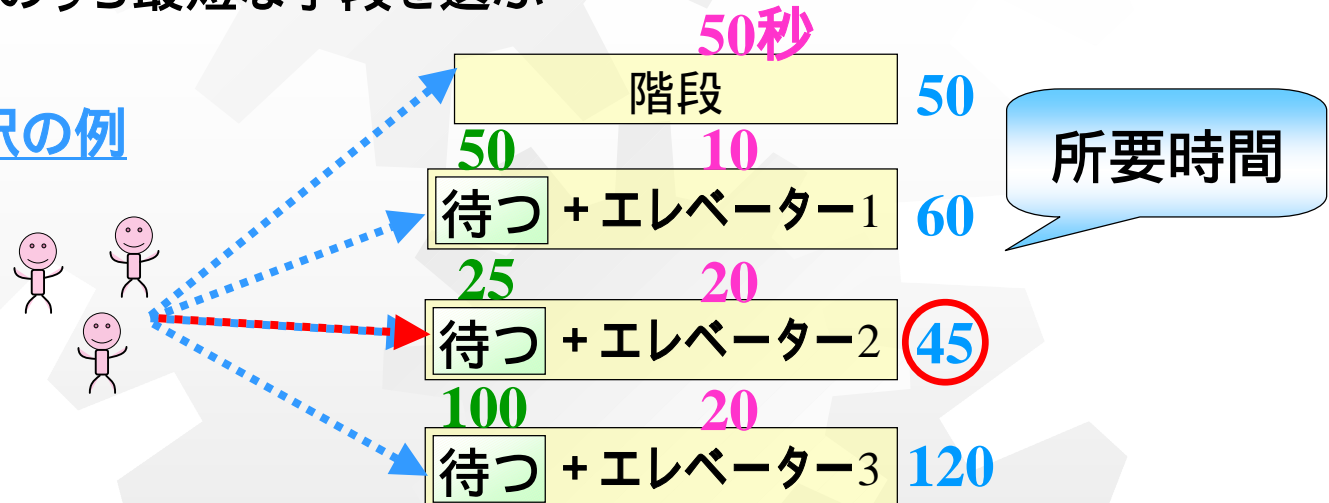
移動手段は、階段・エレベーター1・2・3の4手段とする

step1. 客は各エレベーターに乗る場合の待ち時間をあらかじめ知っている

step2. その待ち時間と移動時間を加算し、各移動手段の所要時間を算出

step3. 4手段のうち最短な手段を選ぶ

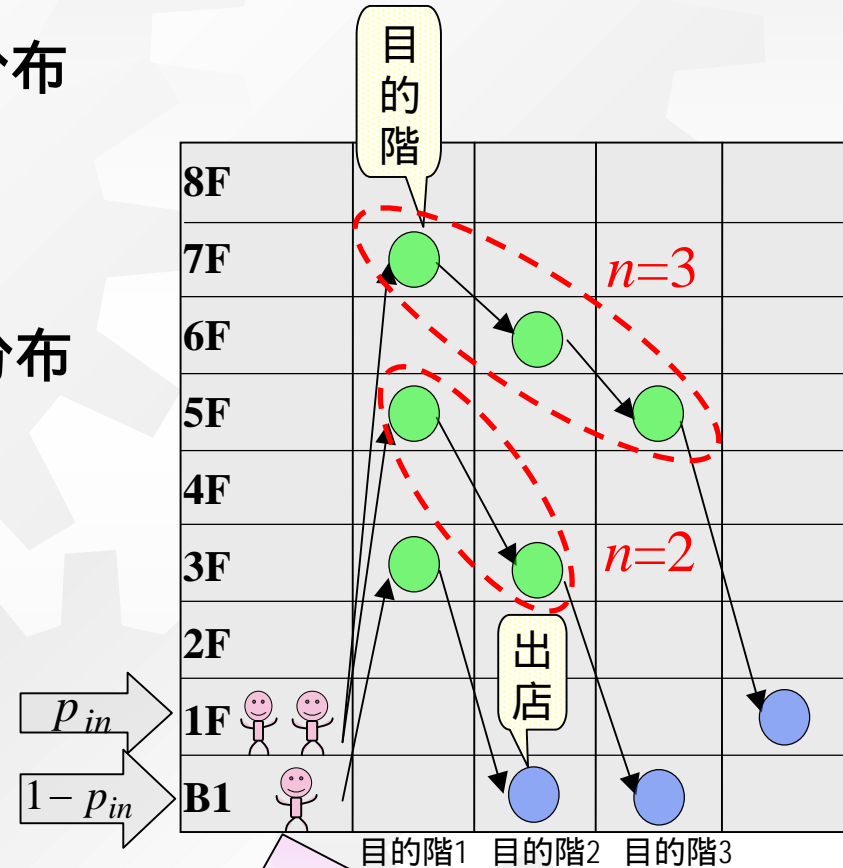
移動手段選択の例



4-3. 客の到着(退去)過程

客は入口階・出口階・目的階を与えられている

- ★ 客は到着率 λ (人/秒)のポアソン分布に従って到着する
 - ☀ p_{in} : 1Fから入店する確率
 - ☀ p_{out} : 1Fから出店する確率
- ★ n (目的階箇所数)は $1 \sim N$ の一樣分布に従うとする
- ★ 各エレベーター k が1往復するのに要する時間は D_k
- ★ 各エレベーターの待ち時間は $0 \sim D_k$ の一樣分布に従う



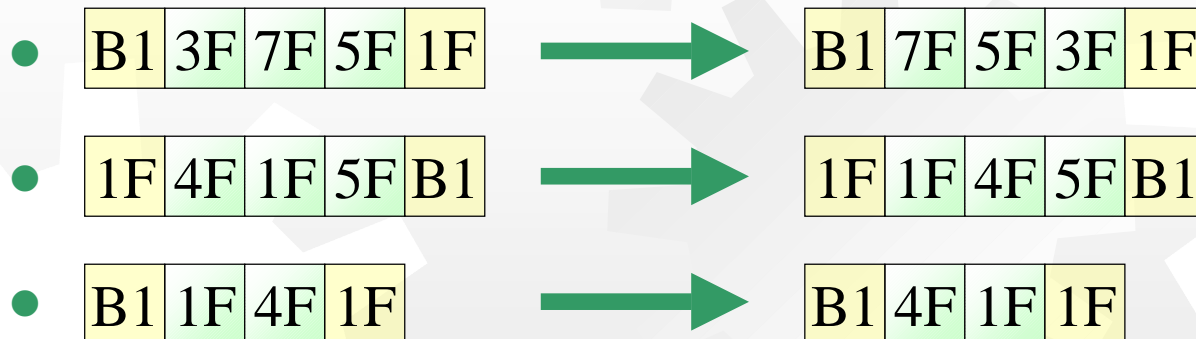
入口階B1・目的階3階・出口B1

4-4. 客の属性

- ★ 目的階は各階の利用頻度に従いランダムに決定する
- ★ 目的階を訪問する順番はランダム
- ★ n が3以上の場合は上層階から順番に下へ回るとする
- ★ 目的階に1Fが含まれている場合
 - ☀ 入口階が1Fならば, 1ヶ所目の目的階は1F
 - ☀ 入口階がB1で出口が1Fならば, 最後の目的箇所は1F

例

入口階 目的階 出口階



移動回数を減らしている

4-5. 移動手段の基本設定

3台のうち2台のエレベーターの運行計画
(停止階の決定)を考える

エレベーター

- ✳ 指定された停止階に必ず止まる
- ✳ 収容人数に定員はない
- ✳ 待ち時間は発生人数に依らない

階段

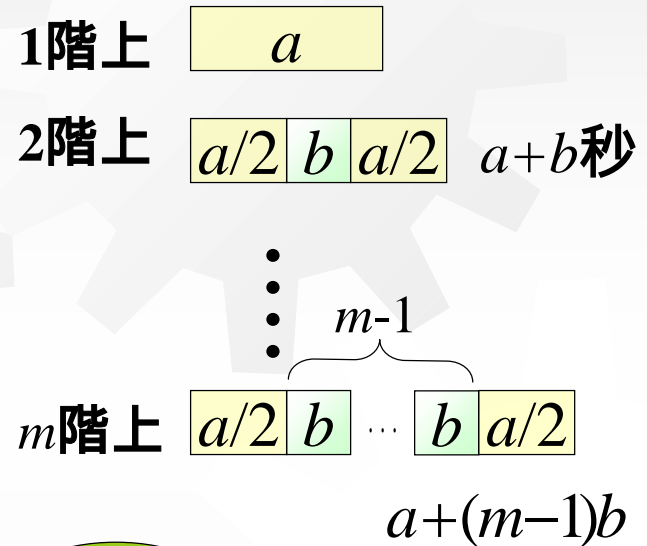
- ✳ 1階分移動する時間は s 秒とする

乗り継ぎに時間はかからないものとする

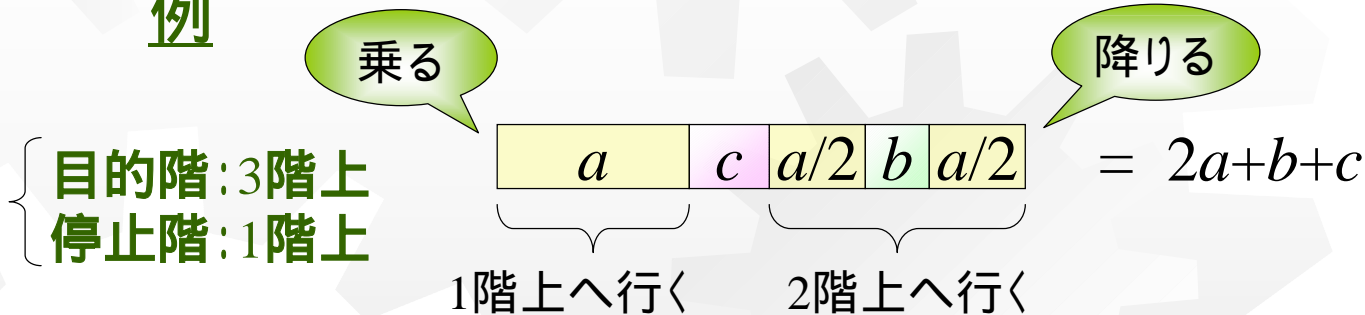
1台は基本運行のため各停とする

4-6. エレベーターの動作

- ★ 加速減速に要する時間を a 秒
- ★ 1階分を定速移動する時間を b 秒
- ★ i 階から $i+m$ 階まで止まらずに移動する場合かかる時間は $a+(m-1)b$ 秒
- ★ 開閉かつ乗り降りにかかる時間は c 秒



例



5. エレベーターの運行計画

考えられる全ての運行をシミュレーションする事は量が多すぎるためできない

あらかじめ所要時間が短縮されそうな運行のみを取り上げ、シミュレーションを行う

運行計画の絞込み

- ★ 1Fには3台とも必ず止まる
- ★ B1には少なくとも2台は止まる
- ★ 1台あたりの停止階数は4～6箇所とする

1階の利用頻度が高い

運行計画案

1. 低層階と高層階用に分ける (表1, 表4)
2. 1階おきに止まる (表2, 表3)

運行計画案より, 絞り込んだ運行を表1~4に記す

表1. パターン1の運行設定

階数		B1	1	2	3	4	5	6	7	8
エレベーター	1台目									
	2台目									

表2. パターン2の運行設定

階数		B1	1	2	3	4	5	6	7	8
エレベーター	1台目									
	2台目									

表3. パターン3の運行設定

階数		B1	1	2	3	4	5	6	7	8
エレベーター	1台目									
	2台目									

表4. パターン4の運行設定

階数		B1	1	2	3	4	5	6	7	8
エレベーター	1台目									
	2台目									

これら4通りの運行計画をシミュレーションにより比べる

6. シミュレーション実験

6-1. シミュレーション設定

Visual SLAM_[1]とVisual Basicを連動させて
シミュレーションを行う

- ★ シミュレーション時間は10800秒(3時間)
- ★ 客の到着率: $\lambda = \frac{1}{4}$
- ★ 1階から入店する確率: $P_{in} = 0.8$
- ★ 1階から出店する確率: $P_{out} = 0.8$
- ★ 最大目的階箇所数: $N = 3$
- ★ エレベーターの動作時間: $a = 10, b = 3, c = 7, s = 15$

A書店での実際の
観察をもとに

各階の利用比率は以下のように見積もった

表5. 各階の利用比率

階数	1	2	3	4	5	6	7	8
比率	0.3	0.2	0.1	0.05	0.05	0.1	0.1	0.1

以上の設定より、提案した4パターンの運行計画と、
全て各階止まり、現在の運行計画の合計6パターン
について、各5回ずつシミュレーションを行う

6-2. 実験結果及び考察

表6. シミュレーション結果の平均所要時間

	平均所要時間(秒)				
	1	2	3	4	5
全て各階止まり	207.0	206.3	206.9	213.1	209.4
現行	174.4	173.5	174.8	178.5	178.6
パターン1	149.6	149.9	150.1	153.1	151.5
パターン2	138.5	138.1	138.3	141.8	141.0
パターン3	148.9	149.1	148.7	152.2	152.0
パターン4	164.4	162.9	164.7	167.2	166.5

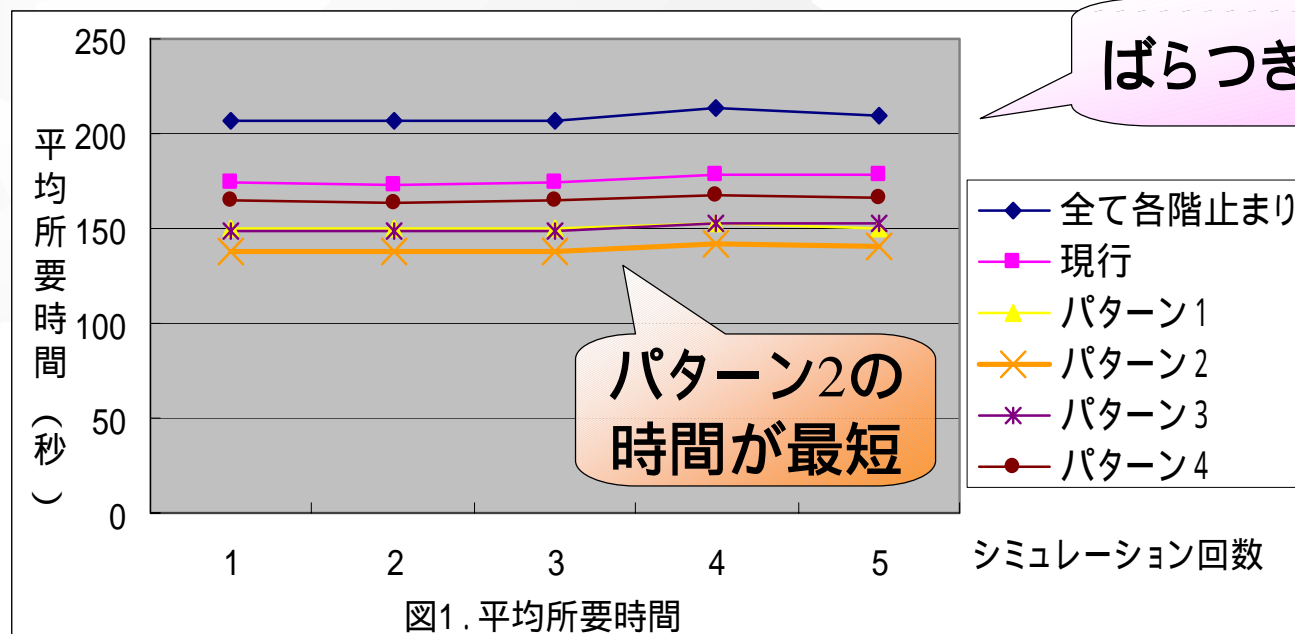
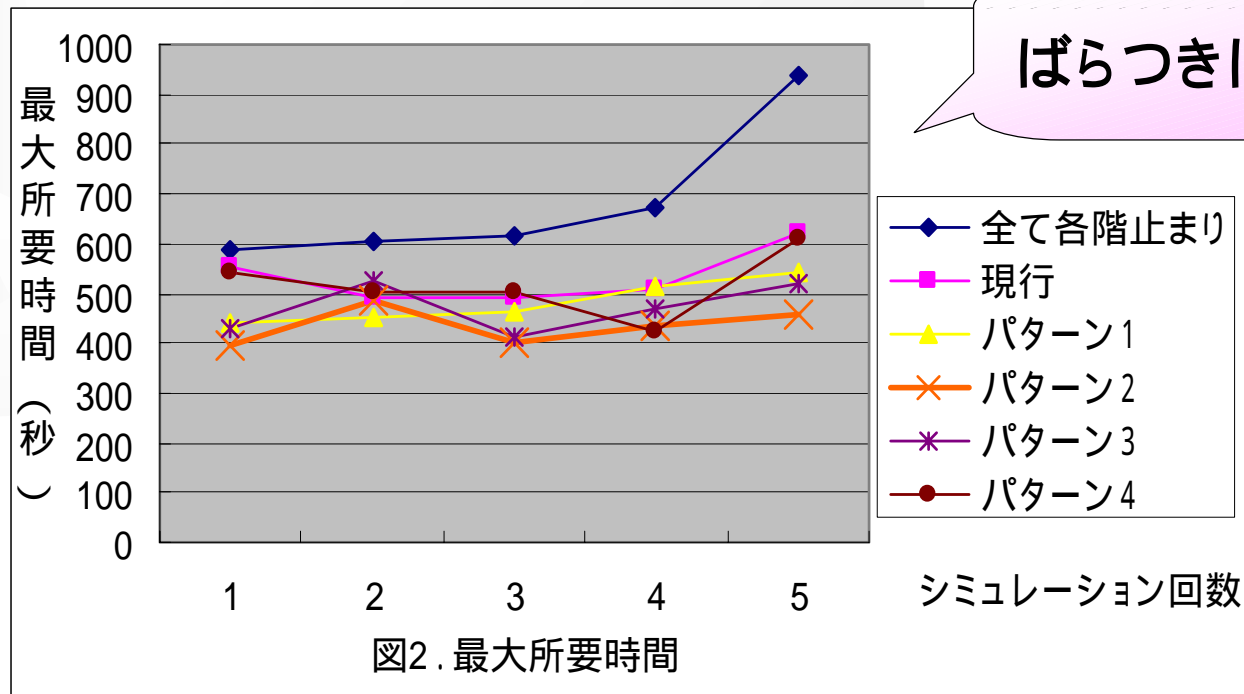


表7. シミュレーション結果の最大所要時間

	最大所要時間(秒)				
	1	2	3	4	5
全て各階止まり	585	607	616	670	937
現行	554	493	494	510	619
パターン1	441	450	466	514	541
パターン2	398	488	399	435	456
パターン3	431	524	413	467	522
パターン4	544	503	504	426	609

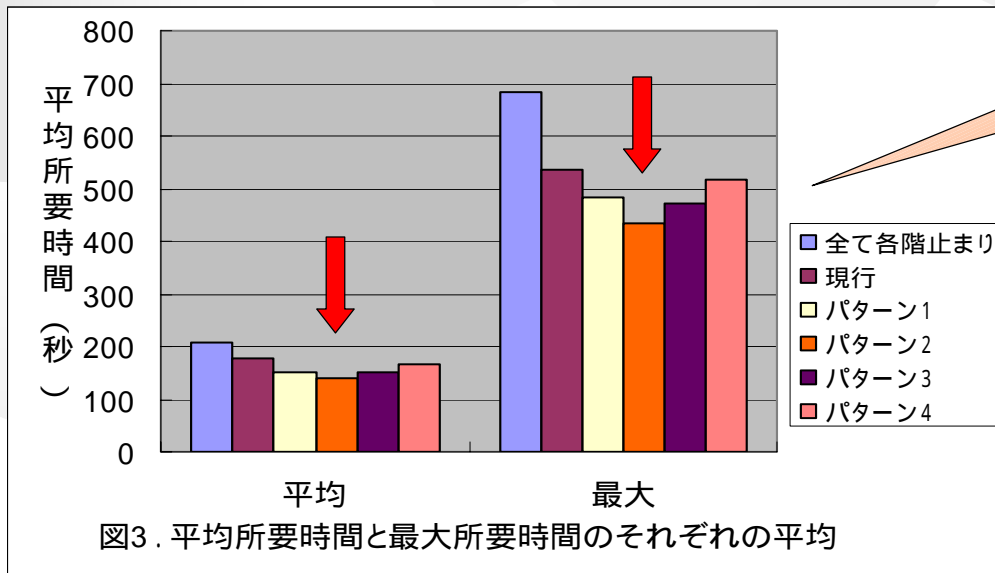


5回のシミュレーション結果の平均を表8に記す

表8. 5回のシミュレーションの平均

	平均(秒)	
	平均所要時間	最大所要時間
全て各階止まり	208.5	683
現行	176.0	534
パターン1	150.8	482.4
パターン2	139.6	435.2
パターン3	150.2	471.4
パターン4	165.2	517.2

パターン2の平均・
最大が最短



4パターンのうちパターン2
の運行計画がもっともよい
と思われる

本実験

全て各階止まりの運行よりも
現行の方が短縮されている

A書店における現行
設定はよかった

客を2700人発生
シミュレーション結果にばらつき
は少なかった

信頼性はある

運行計画は4パターン
のみと少ない

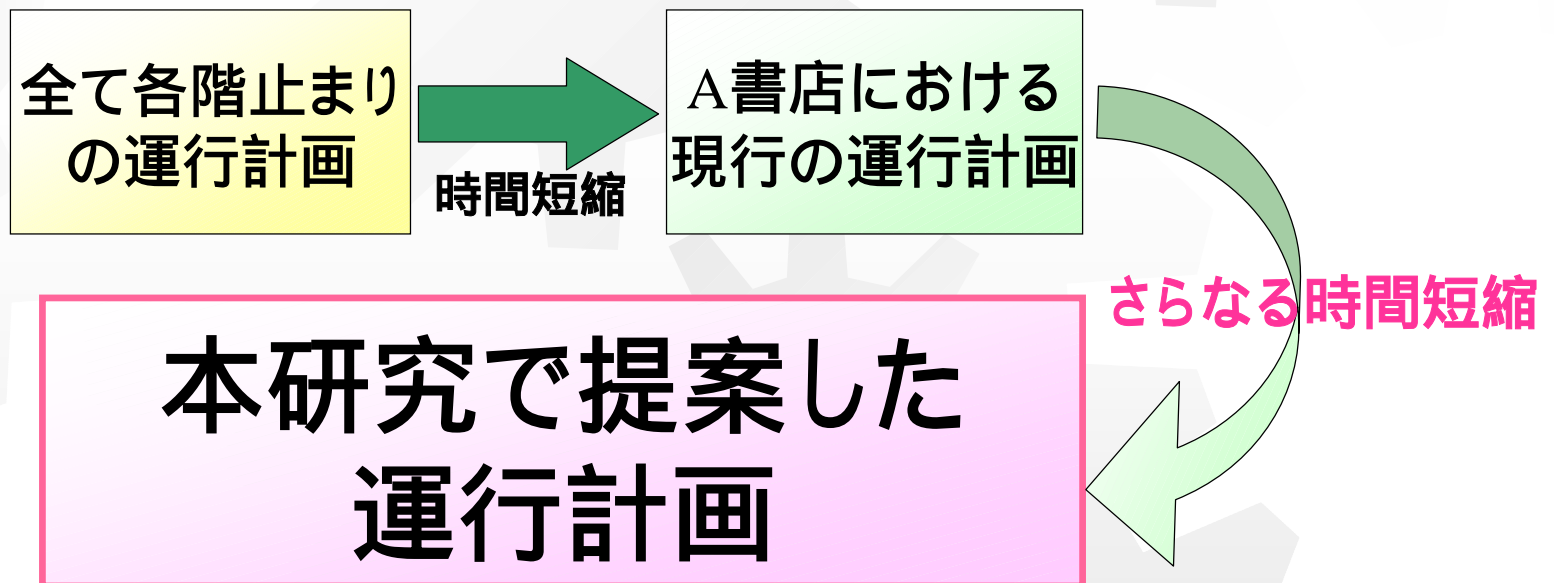
他の運行計画を試すと
さらによい運行計画が
ある

従来の運行よりパターン2
は約36秒と大幅に短縮

現在よりかなり短縮が
見込め、実験は有効
である

7. まとめ

- ★ A書店では客の移動時間が長く、運行計画の改善が必要
- ★ 運行計画をいくつか立案し、シミュレーションを行った
- ★ 本研究により、さらに短縮が見込める運行計画を提案できた



今後の課題

- ★ エレベーターを乗り降りする客がいない場合や満員の場合を考慮する
- ★ シミュレーション上で実際にエレベーターを動かす

参考文献

- [1] 森戸晋, 相澤りえ子, 貝原俊也: 「Visual SLAM によるシステムシミュレーション」, 共立出版(2001)
- [2] 大鹿譲, 一森哲男: 「オペレーションズ・リサーチ - モデル化と最適化 - 」, 共立出版(1993)
- [3] 若山芳三郎: 「学生のためのVisual Basic」, 東京電機大学出版局(1998)

抄録訂正

$$P.143 \text{ l.9} \quad \lambda = 3 \quad \longrightarrow \quad \lambda = \frac{1}{4}$$



付録

混雑時の場合

- ✳ 混雑時にはエレベーターの運行計画以前に処理能力の不足で待ち行列が発散してしまう
- ✳ この場合は、運行計画のみではあまり解決されない
- ✳ 本研究ではあまり混んでない時間のみを取り上げた

乗り継ぎの詳細

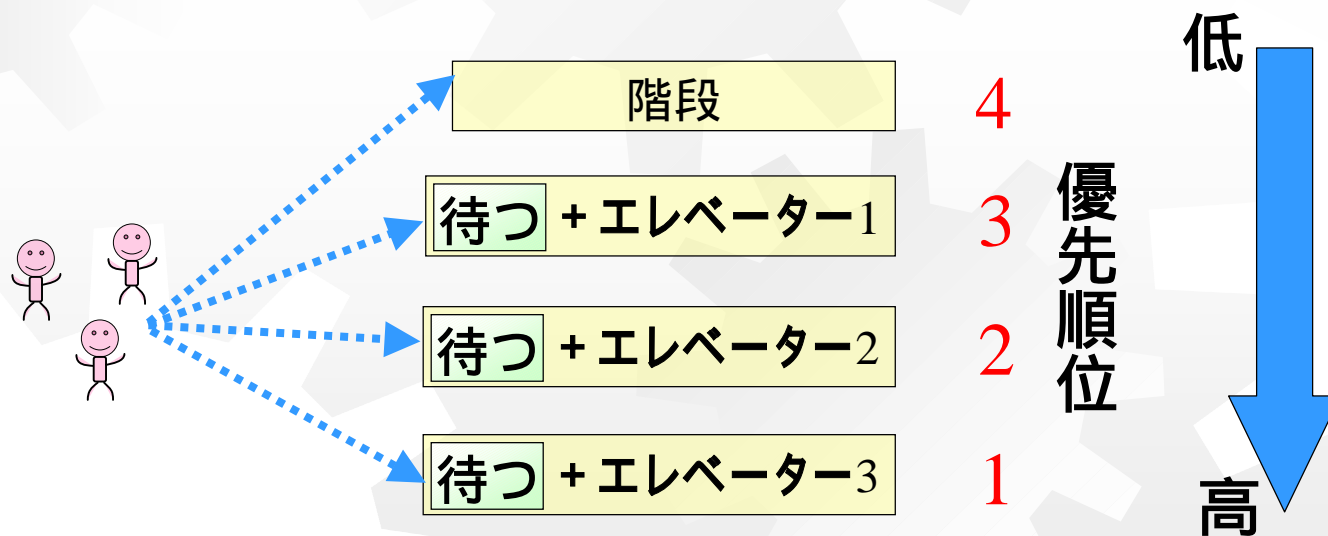
エレベーター → 階段

階段 → エレベーター

階段 → エレベーター → 階段

客の移動手段選択の詳細

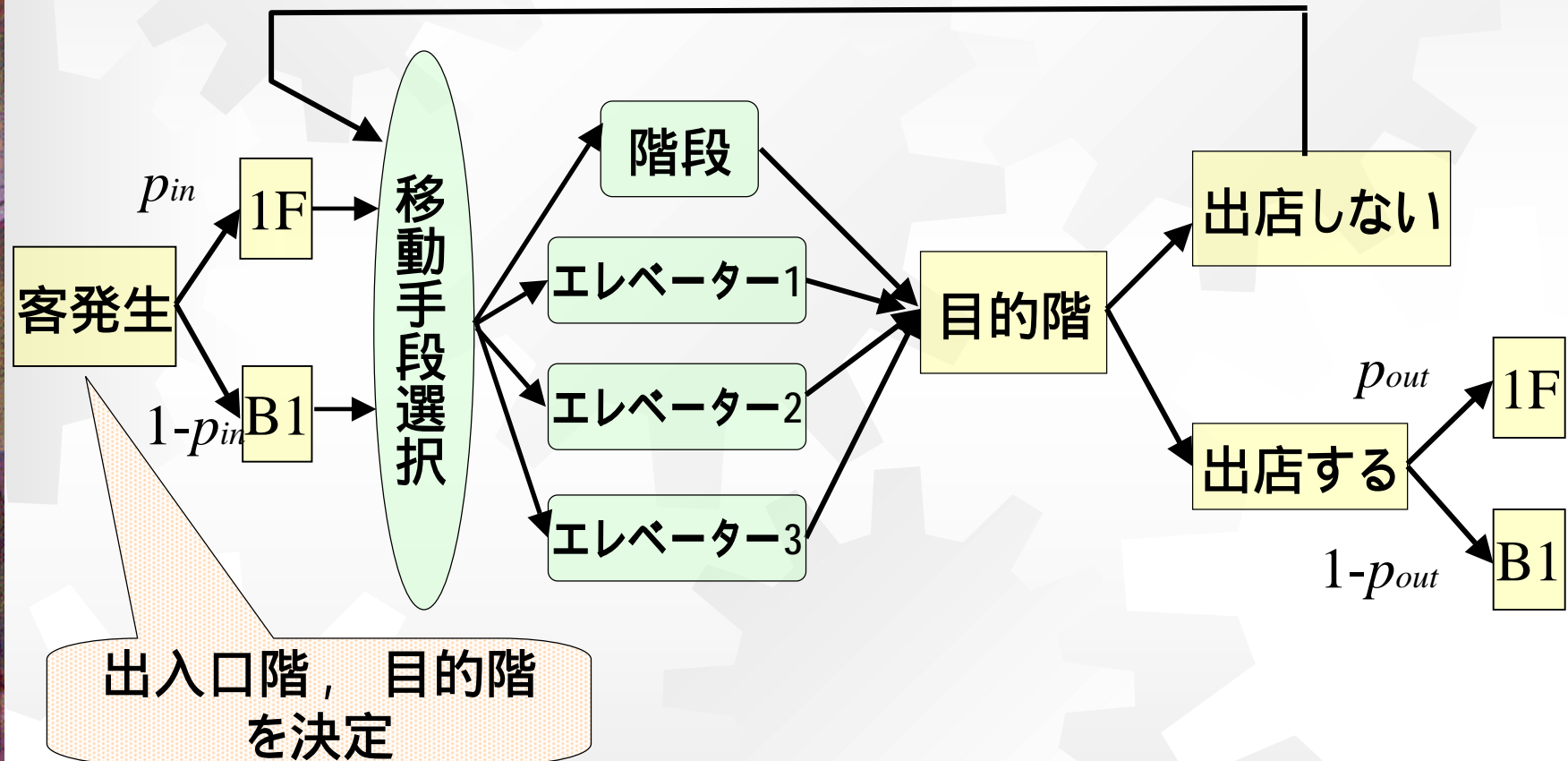
- ✳ 所要時間が等しい移動手段が複数ある場合は階段を使わない方法を優先する
- ✳ 優先順位は以下のようなになる



移動手段の詳細設定

- ★ 乗り継ぎをする場合, そのエレベーターを使った移動手段とみなす
- ★ エレベーターのみで移動できる場合を優先し, その移動時間を設定する
- ★ その4手段はそれぞれ最短時間になるような移動手段をとるとする

6-2. シミュレーションの流れ



エレベーターの各時間設定

エレベーター

- ★ エレベーターのみで*i*階から*j*階に行くのにかかる時間 d_{ij} は

$$d_{ij} = (h+1)(a-b) + b|i-j| + hc$$

(*h*:*i*から*j*へ移動する途中で止まる階の数)

- ★ 各エレベーター*k*が1往復するのに要する時間 D_k は

$$D_k = 2(r-1)(a-b+c) + 2zb$$

(*r*:片道で停止する階の数, *z*:最上階数と最低階数の差)

ポアソン分布

確率関数は次式で表される

$$f(x) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^x}{x!}$$

ただし, $x = 0, 1, \dots$, $\lambda > 0$

ポアソン分布の概形は図 1 のようになる。
が大きくなると正規分布に近づく

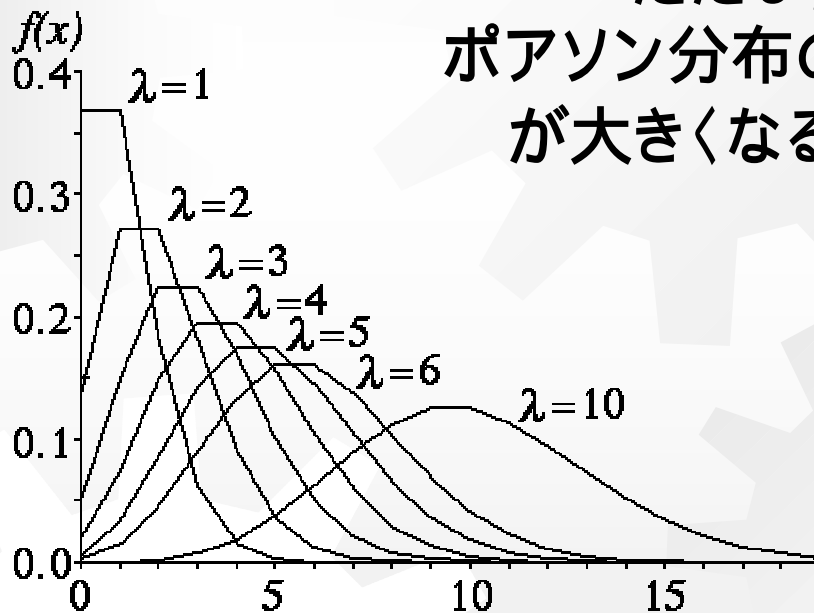


図 1. ポアソン分布の概形

エレベーターの容量

実際には収容できない
人数を収容している

エレベーターの収容
人数の上限がない



実験の信頼性に欠ける

パターン2における移動手段の利用人数

	平均利用人数 (人/秒)			
	階段	エレベーター-1	エレベーター-2	エレベーター-3
パターン2	7.1	10	15.7	2.2

パターン2における移動時間

エレベーター1

	B1	1F	2F	3F	4F	5F	6F	7F	8F
B1		10	25	40	33	48	53	68	73
1F	10		200	200	16	31	36	51	56
2F	25	200		200	200	46	43	58	63
3F	40	200	200		200	200	28	43	48
4F	33	16	200	200		200	13	28	33
5F	48	31	46	200	200		200	200	28
6F	53	36	43	28	13	200		200	13
7F	68	51	58	43	28	200	200		200
8F	73	56	63	48	33	28	13	200	

エレベーター2

	B1	1F	2F	3F	4F	5F	6F	7F	8F
B1		200	200	28	43	48	63	68	83
1F	200		200	13	28	33	48	53	68
2F	200	200		200	200	28	43	48	63
3F	28	13	200		200	13	28	33	48
4F	43	28	200	200		200	200	28	43
5F	48	33	28	13	200		200	13	28
6F	63	48	43	28	200	200		200	200
7F	68	53	48	33	28	13	200		200
8F	83	68	63	48	43	28	200	200	

移動時間

各階とまり

	B1	1F	2F	3F	4F	5F	6F	7F	8F
B1		10	27	44	61	78	95	112	129
1F	10		10	27	44	61	78	95	112
2F	27	10		10	27	44	61	78	95
3F	44	27	10		10	27	44	61	78
4F	61	44	27	10		10	27	44	61
5F	78	61	44	27	10		10	27	44
6F	95	78	61	44	27	10		10	27
7F	112	95	78	61	44	27	10		10
8F	129	112	95	78	61	44	27	10	

階段

	B1	1F	2F	3F	4F	5F	6F	7F	8F
B1		15	30	45	1000	1000	1000	1000	1000
1F	15		15	30	45	1000	1000	1000	1000
2F	30	15		15	30	45	1000	1000	1000
3F	45	30	15		15	30	45	1000	1000
4F	1000	45	30	15		15	30	45	1000
5F	1000	1000	45	30	15		15	30	45
6F	1000	1000	1000	45	30	15		15	30
7F	1000	1000	1000	1000	45	30	15		15
8F	1000	1000	1000	1000	1000	45	30	15	