

総 B 棟 EV の混雑時利用実態と改善案の導入実験

～快速エレベータの効果～

大石叡人 皆川圭祐 山下貴也 高珮
アドバイザー教員 谷口綾子

1. 研究背景

筑波大学の総合研究棟 B 棟(総 B 棟)は、地上 12 階、地下 1 階の建物で、システム情報工学研究科や数理物質科学研究科の研究室がある。この総 B 棟にはエレベータが 3 台設置されており、2 台は乗用エレベータで、内 1 台には車いす用操作盤が設置されている。また、他 1 台は人荷共用エレベータである。人荷共用エレベータは地下 1 階から 12 階までのすべての階に停止するが、乗用エレベータは 1 階から 12 階のみ停止する。

総 B 棟の昼休み時間には、主に昼食を取るために移動する人や、教室移動をする人がエレベータを利用している。この時間はその他の時間と比較し、利用者が多くなり、エレベータが混雑する可能性がある。そのため、この混雑に伴いエレベータの待ち時間や乗車時間が増加し、授業に遅刻することや、あるいはバスに乗り遅れるといった事例が発生する恐れがある。

総 B 棟のエレベータの混雑を低減する方法としては、エレベータの増設、最新のエレベータの導入、より効率的に人を運搬可能なエレベータのアルゴリズムへと変更などが考えられる。しかし、エレベータを増設する方法では、コストに見合った利益が得られない可能性が高い。これは、エレベータの混雑が発

生するのは、昼休み時間といった一時的な現象のためである。また、最新のエレベータを導入する[1]こともエレベータの増設と同様である。さらに、エレベータのアルゴリズムをより効率的なもの[2-3]に変更するという方法は、エレベータを導入する企画段階ならば低コストで実現可能である。しかし、すでに購入し、使用されているエレベータのアルゴリズムを変更し、実用するにあたって、不備がないことを点検し、実装するには多くのコストがかかる。したがって、エレベータを増設せず、また現在使用されているエレベータを変えることもなく、エレベータの混雑による利用時間の増加を防ぐ方法が必要である。

2. 研究目的

本研究では、コストが多分に必要とならない方法を用いて、筑波大学総 B 棟のエレベータの混雑を低減することを意図し、改善案を策定し、その検討を行う。したがって、この改善案が有効であるか否かを導入実験により評価するとともに、総 B 棟エレベータの効率的な利用方法について提言することが目的である。

3. 手法

本研究の流れを図1に示す。本研究ではまず、昼休み時間に総B棟のエレベータが混雑していると仮定し、これを改善する方法を設定した。そして、エレベータが実際に混雑しているのか、また混雑が原因でエレベータの利用時間が増加しているのかを調べるため、事前アンケート調査を行った。また並行して、エレベータの混雑状況を定量的に明らかにするため、実態調査を行った。その後、改善案が問題なく導入できるのかプレ実験を通し検証し、本導入実験にて、エレベータの利用時間の変化を定量的に測定した。また、それらの結果から改善案に対する意見を事後アンケートによって集計した。

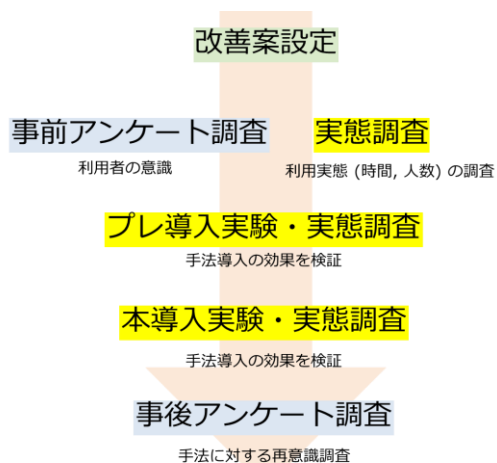


図1 研究の流れ

4. 改善案

本研究では、コストが多分に必要とならない方法として、乗用エレベータの停止階を制限することで混雑を改善することを考える。エレベータが停止する階の設定は複数の場合が考えられる。本研究では、1, 4, 7, 10, 12階にのみに停止すると制限する。これは、

階段での移動の負担を考え、少なくとも1階の移動でエレベータを利用できる設定である。

通常時、人荷共用エレベータの利用は、荷物の運搬時のみに制限される。本研究では、人荷共用エレベータの停止階を制限しない。そのため、車いすや大きな荷物を運搬し、停止しない階へと、エレベータでの移動が必要な人には、人荷共用エレベータを利用することで解決する。

本研究では、混雑時を昼休み時間と定義している。よって、筑波大学の昼休み時間を含む、平日の午前11時20分から午後12時20分までの1時間を混雑時間として、乗用エレベータの停止階を制限する。

5. 事前アンケート調査

5.1. 対象と調査内容

本研究では、4節で定義した、総B棟のエレベータの混雑に対する改善案の導入実験を行うにあたり、総B棟エレベータの利用者に対して意識調査を行った。この調査は、総B棟に研究室や居室を持つ学生および教員と、事務室職員を対象に行った。配布方法は、各研究室および事務室を巡回し、また教員にはメーリングリストを用いてアンケートを配布し、協力をお願いした。アンケートの回収数は137であった。

アンケートでは、本研究が4節で定義した、乗用エレベータの停止階を制限する方法を念頭に行った。配布したアンケートの内容を付録Aに示す。なお、アンケートを作成する際に、既存研究のエレベータの待ち時間に対する考察[4]を参考とした。

5.2. 調査結果

アンケートに回答した方の平均年齢は、26.6歳で、男性比率が82.4%であった。

設問(2)において、昇りでは平均で3.3階、降りでは平均で4階の移動からエレベータを利用したいと回答した。また、昇り降りに関わらず、約2%の方が1階の移動に、エレベータを利用したいと回答した。

設問(2)の回答結果を表1に示す。1階分の階段での移動を、昇りで約74%、降りでは約89%の方が、容易またはとても容易だと回答した。また、1階分を階段で昇ることを、きついまたはとてもきついと回答する方は約16%を占め、降りと比較するときついと回答する割合が多かった。

表1 1階分の移動を大変だと思う人の割合

	とてもきつい	きつい	どちらとも言えない	容易	とても容易
昇り	1.5%	14.6%	10.9%	39.4%	33.6%
降り	0.7%	2.2%	8.0%	35.0%	54.0%

設問(5)では、約25%の方がエレベータの混雑により予定に遅刻したことがあると回答した。これらは特に、昼休み時間にエレベータの待ち時間が長かったことや、エレベータが目的階に到着するまで何度も停止したことによる遅延が原因だと回答した。

設問(6)の結果を図2に示す。4節で定義した改善案の導入に賛成する方は約54%存在し、半数以上が乗用エレベータの停止階を制限することに賛同した。しかしながら、停止階を制限するシステムに反対する方は約20%存在し、そのうち、大反対は4.4%であった。

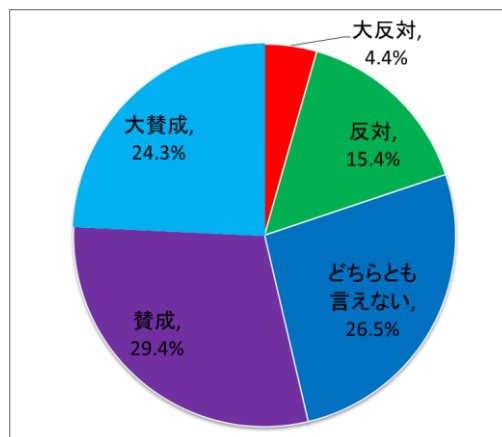


図2 改善案の導入に対する見解

6. 実態調査

6.1. 調査内容と対象

エレベータの混雑を低減する方法を探るために、エレベータの利用実態を調査した。調査は、筑波大学の春学期の授業期間である6月下旬の平日3日間に行った。時間は、改善案と同様に、午前11時20分から午後12時20分までの1時間で行った。

調査対象は筑波大学総B棟の乗用エレベータ2台である。調査項目は、エレベータの待ち時間と乗車時間、エレベータに乗車した階と降車した階である。エレベータの待ち時間とは、総B棟1階において、エレベータを利用するために操作ボタンを押した時間から、エレベータが到着し、利用者が全員エレベータに乗車し、扉が閉まり始めるまでの時間と定義する。また、エレベータの乗車時間とは、利用者がエレベータに乗り、扉が閉まり始める時間から、目的の階に到達し扉が開き始めるまでの時間と定義する。

6.2. 調査結果

エレベータを利用する学生および教職員が乗降車した階を図3に示す。これから、1階

で乗降車する方が多く、6階から10階は約100人程度利用することが分かる。

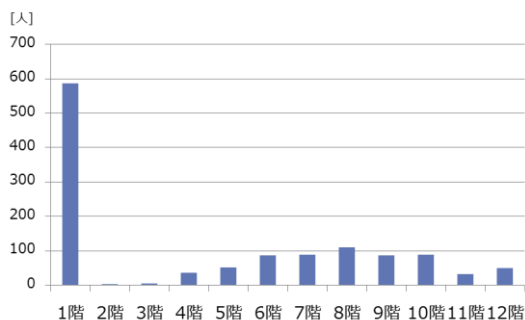


図3 エレベータの利用階の人数

また、エレベータの待ち時間と乗車時間の結果を図4と図5に示す。

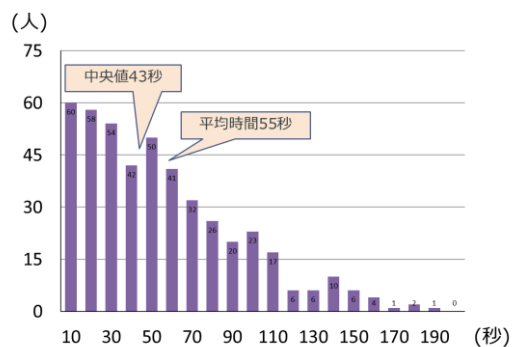


図4 エレベータの待ち時間

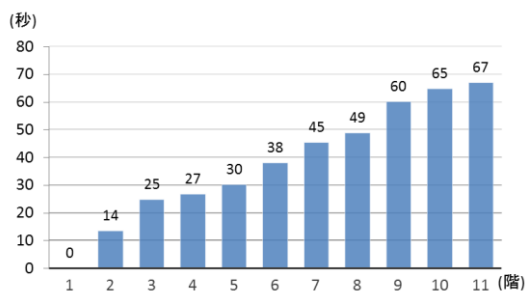


図5 移動階数ごとの平均乗車時間

7. 本導入実験

筑波大学総B棟のエレベータにて、筑波大学の春学期Cにあたる7月下旬に、4節で定

義した改善案のプレ実験を行った。乗用エレベータの停止階を制限した時、問題は発生しなかった。そのため本導入実験を実施した。

7.1. 実験内容と対象

調査は、筑波大学の秋学期の授業期間である10月上旬の平日2日間に行った。実験は、4節で定義した改善案と同様の条件で行った。調査項目は、実態調査と同様に、エレベータの待ち時間と乗車時間、エレベータに乗車した階と降車した階である。

7.2. 実験結果

乗車時間、待ち時間の実験結果をそれぞれ図6、図7に示す。これらの図は6節の実態調査で得た、通常時の乗車時間および待ち時間と比較したグラフで、図中の実験中が、改善案を実施している時の結果を表す。

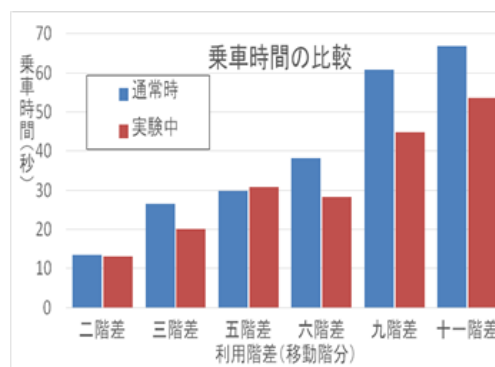


図6 乗車時間の比較

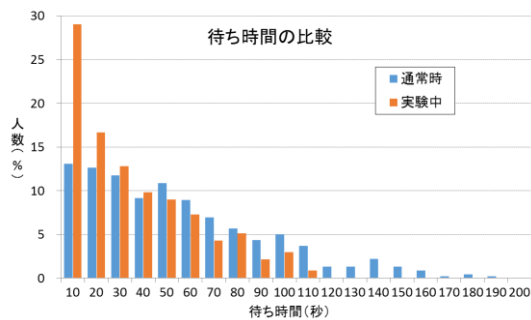


図 7 待ち時間の比較

図 6 より、階差が大きくなると、通常時の乗車時間と比較して、改善案導入時は、乗車時間が減ることが分かる。ただし、2 階差と 5 階差では通常時と改善案導入時での乗車時間に差が見られない。

図 7 では、実験中の待ち時間が 10 秒だった人の割合は通常時よりも 2 倍近くいたことが分かる。また通常時は、待ち時間が 120 秒以上だった人の割合が 8% 近くあるが、実験中では 0% であった。

また、実態調査と本導入実験の待ち時間の平均を t 検定で統計分析を行った結果を表 2 に示す。P 値は 0.01 以下となり、有意水準 0.01 で帰無仮説が棄却でき、有意差が示された。

表 2 待ち時間の平均の検定結果

	Mean	SD	平均値の差の t 検定		
			t 値	dF	P
実験前	43.91667	34.88496			
実験中	31.5	26.11255	1.647901	501	5.89E-06

8. 事後アンケート調査

8.1. 対象と調査内容

7.2 節で述べた改善案の導入実験の結果を用いて、本研究で設定した改善案に対する意識調査を行った。この調査は、リスク工学専攻の学生を対象に行った。配布方法は、各研究室を巡回し、アンケートを配布し、協力を

お願いした。アンケートの回収数は 51 であった。

アンケートでは、通常時と改善案の導入時の乗車時間と待ち時間を比較したグラフを掲載し、その結果の元、改善案の効果と意見を調査した。配布したアンケートの内容を付録 B に示す。

8.2. 調査結果

アンケートに回答した方の平均年齢は、24.6 歳で、男性比率が 13.7% であった。また、本導入実験時にエレベータを利用した人は 68.6% だった。

設問(3)と設問(4)の結果を図 8 に示す。約 80% の方が、改善案の導入によって利用時間の短縮に効果があると回答した。一方で、改善案の導入に賛成する人は約 56% にとどまり、利用時間短縮に効果があると考えながらも、改善案の導入には反対の意見を持つ方が存在した。設問(5)では、停止階の設定方法を疑問視する意見が複数寄せられた。

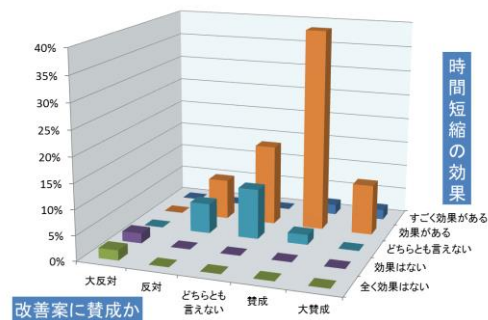


図 8 改善案の導入に対する見解

9. 考察

実験を行った結果、待ち時間に有意差を確認した。これにより、本研究で設定した改善案を導入することで、昼休み時間における総 B 棟エレベータの混雑を低減することを確認

した。しかし、実際に本導入実験を実施している際に、エレベータを利用せずに階段で移動する人や、人荷共用エレベータを使用する人が増えたように感じられた。今後は人荷共用エレベータの状況についても同時に調査分析を行う必要がある。また、今回は導入反対の意見も複数いただいていることから、①エレベータ+階段利用の負担感も含めたトータルでの評価、ならびに、②①の効果が検証されたなら、総合 B 棟全体としての合意形成、が今後の課題である。

なお、図 6 より 5 階差分の乗車時間が、実験前と実験中で差が見られなかった。5 階差分の移動となるのは 7-12 階の利用がある。総合 B 棟の 12 階には、7 階に研究室および居室を持つ学生と教職員の事務室がある。そのため、通常時においても、7-12 階の利用時に途中で停止することが少なかったためだと考えられる。

本研究で提案した改善案では 1, 4, 7, 10, 12 階を利用する人にとっては、階段を利用する必要がなく、単純に時間短縮する案である。しかし、他の階を利用する人にとっては通常時には必要のない階段移動を強いる案である。利用階による不公平を改善する案となりうる意見を、エレベータ利用者から実験中に頂いた。その意見は実際に導入する際は 1 階以外の制限時の停止階を曜日や日にち等によってローテーションさせる方法である。例えば、本研究の改善案であれば、1, 4, 7, 10, 12 階に止まるのだが、次の日は 1, 2, 5, 8, 11 階に止まり、またその次の日は 1, 3, 6, 9, 12 階に止まるといった方法である。この方法であれば、12 階以外の階は公平にエレベータを利用することが可能である。

謝辞

本研究を進めるにあたり、アンケートに回答してくださった皆様と、実験にご協力くださった皆様に、心から感謝の意を表します。

また、実験の実施にご協力いただき、許可を下された教職員の方々に感謝いたします。

参考文献

- [1] 東芝エレベータ株式会社, 最新技術のご紹介,
<http://www.toshiba-elevator.co.jp/elv/technology/newtechnology/> (最終閲覧日 2014 年 10 月 20 日)
- [2] 江口徹, 周金, 平澤宏太郎, 古月敬之, マルコン シャンドル, ランキング処理とノード間数最適化を考慮した Genetic Network Programming によるエレベータ群管理システム, 2006, 計測自動制御学会論文集, Vol. 42, No. 3, 2006
- [3] 峯岸達矢, 宮本俊幸, マルチカーエレベータのかご制御と割り当て問題に対する制約プログラミングと混合整数計画ハイブリッド手法, 電子情報通信学会論文誌, Vol. J97-A, No. 10, pp.618-628, 2014
- [4] 東芝エレベータ株式会社, エレベータの未来形,
<http://www.toshiba-elevator.co.jp/elv/newsnavi/volumes/18/news/special11.html> (最終閲覧日 2014 年 10 月 18 日)

付録 A 配布した事前アンケートの内容

総合研究棟 B 棟のエレベータの利用に関するアンケート

リスク工学専攻 博士前期課程 1 年
大石叡人 皆川圭祐 山下貴也 高珮

私達は授業の一環で、総合研究棟 B 棟のエレベータのより便利で快適な利用方法を提案していきたいと思っております。お手数ですが、以下の 9 問のアンケートにぜひご協力をお願い致します。

(1) あなたは <input style="width: 40px;" type="text"/> 歳 <input type="checkbox"/> 男 <input type="checkbox"/> 女	(2) 何階分以上の移動時にエレベータを利用したいと思いますか。 (1 階から 4 階の移動は 3 階分の移動とします) 昇り <input style="width: 40px;" type="text"/> 階分 降り <input style="width: 40px;" type="text"/> 階分
(3) 1 階分の階段を移動することは大変ですか。 とてもきつい きつい どちらとも言えない 容易 とても容易 昇り降りそれぞれについて、当てはまるもの 昇り <input type="checkbox"/> ————— <input type="checkbox"/> ————— <input type="checkbox"/> ————— <input type="checkbox"/> ————— <input type="checkbox"/> を選んでください。 降り <input type="checkbox"/> ————— <input type="checkbox"/> ————— <input type="checkbox"/> ————— <input type="checkbox"/> ————— <input type="checkbox"/>	
(4) あなたがエレベータに乗車する際の待ち時間で長いと感じる時間はどれくらいからですか。 <input style="width: 40px;" type="text"/> 分 <input style="width: 40px;" type="text"/> 秒	
(5) 予定に間に合わなかった際に、エレベータが原因だと思ったことがありますか。 <input type="checkbox"/> ある→(6)へ <input type="checkbox"/> ない→(7)へ	
(6) (5)で「ある」と回答した方、それはどのような状況でしたか。具体的にご記入ください。 (例：授業に行く際にエレベータを待っていてもなかなか自分の階に来なかった)	
(7) あなたが 1 階以外でよく利用する階はどこですか。よく利用される階を 3 つまで選び丸をつけ、合計が 100 になるように割合 (%) でお答えください。 2 階 <input style="width: 40px;" type="text"/> % 3 階 <input style="width: 40px;" type="text"/> % 4 階 <input style="width: 40px;" type="text"/> % 5 階 <input style="width: 40px;" type="text"/> % 6 階 <input style="width: 40px;" type="text"/> % 7 階 <input style="width: 40px;" type="text"/> % 8 階 <input style="width: 40px;" type="text"/> % 9 階 <input style="width: 40px;" type="text"/> % 10 階 <input style="width: 40px;" type="text"/> % 11 階 <input style="width: 40px;" type="text"/> % 12 階 <input style="width: 40px;" type="text"/> %	
(8) 現在私達はエレベータの待ち時間軽減のために、 混雑時に「1 階、4 階、7 階、10 階、12 階」のみに停止するシステム の提案を考えております。このシステムを導入することに対して、どう思われますか。また、その理由をお聞かせください。 (例：1 階→8 階へ行きたい場合：7 階で降りて階段で 1 階分昇る、又は 10 階で降りて階段で 2 階分降りる)	
理由	<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> 大反対 反対 どちらとも言えない 賛成 大賛成 </div> <div style="text-align: center; margin-top: 10px;"> <input type="checkbox"/> ————— <input type="checkbox"/> ————— <input type="checkbox"/> ————— <input type="checkbox"/> ————— <input type="checkbox"/> </div>
(9) エレベータをこうしたらいいのに。といったご意見をお持ちでしたら、ご記入ください。 (例：片方をすべての階に止まるエレベータ、もう片方を 1 階と 7 階以上の高層階専用とする)	

ご協力ありがとうございました。アンケートは 6 月 23 日(月)に回収に参ります。

ご質問等ありましたら、以下の連絡先までご連絡ください。

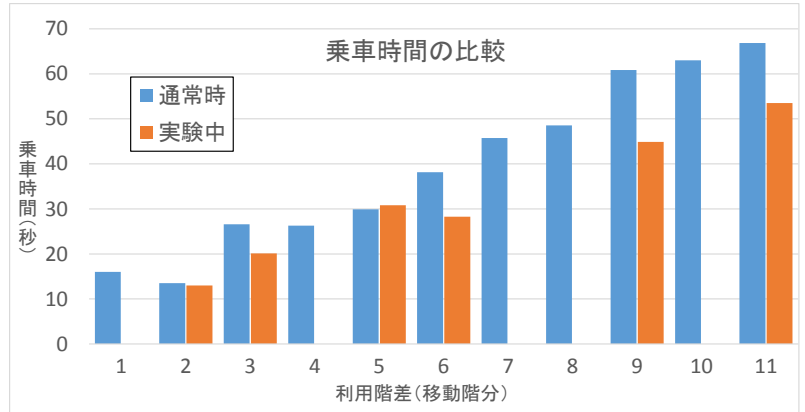
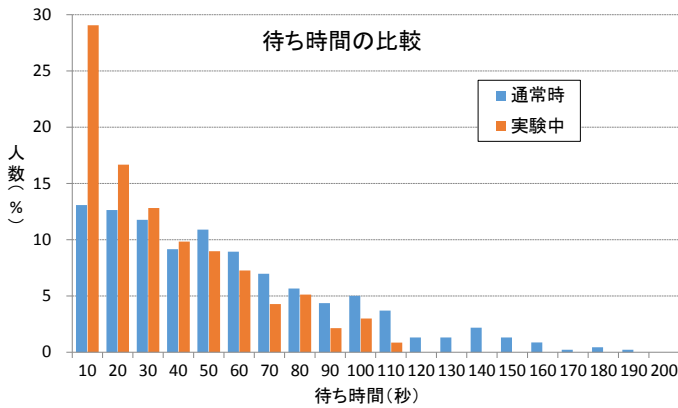
岡島研究室 大石叡人 メールアドレス：s1420562@u.tsukuba.ac.jp 内線：8206

付録B 配布した事後アンケートの内容

総合研究棟 B 棟のエレベータの利用に関するアンケート

リスク工学専攻 博士前期課程 1 年
大石叡人 皆川圭祐 山下貴也 高玥

私達は授業の一環で、総合研究棟 B 棟のエレベータのより便利で快適な利用方法を提案していきたいと思っております。特に私達は、エレベータの待ち時間軽減に注目しています。そこで、10 月 9 日、10 日の 11:20-12:20 において、**総 B 棟エレベータの停止階を「1 階、4 階、7 階、10 階、12 階」のみに制限する**実験を行いました。



以上の結果を踏まえまして、お手数ですが、以下の 5 問のアンケートにぜひご協力をお願い致します。

(1) あなたは 歳
 男 女

(2) 10 月 8 日、9 日、10 日の 11:20-12:20 で実施したエレベータの実験中にエレベータは利用しましたか。
 利用した 利用していない

(3) エレベータの停止階を「1 階、4 階、7 階、10 階、12 階」のみに制限するシステムは、エレベータの利用時間短縮に効果があると思いますか。

全く効果はない 効果はない どちらとも言えない 効果がある すごく効果がある

————— ————— ————— —————

(4) エレベータの停止階を「1 階、4 階、7 階、10 階、12 階」のみに制限するシステムに賛成ですか。

大反対 反対 どちらとも言えない 賛成 大賛成

————— ————— ————— —————

(5) 何かご意見をお持ちでしたら、ご記入ください。

ご協力ありがとうございました。
ご質問等ありましたら、以下の連絡先までご連絡ください。
岡島研究室 大石叡人 メールアドレス：s1420562@u.tsukuba.ac.jp 内線：8206