

研究論文

エレベータ運転台数の削減による省エネルギー効果と利用者便益の変化に関する定量的分析

Quantitative Analysis of Energy-Saving Effects and Changes in User Benefits by Reducing the Number of Operating Elevators

上野 剛* · 中野 幸夫** · 中島 慶人***
Tsuyoshi Ueno Yukio Nakano Chikahito Nakajima

(原稿受付日2006年5月30日, 受理日2006年8月22日)

Abstract

This paper describes a monitoring research in which electric power, the number of users of elevators, and waiting times of users in an office building were measured. The energy-saving effects and reduction of user benefits by reducing the number of operating elevators were clarified. In case the number of elevators was changed from two to one in the office building (six floors, employee: 130 persons), power consumption decreased by only 0.7%. On the other hand, total waiting time of users increased by 53%. The measured data show that cutting the number of elevators hardly reduces power consumption, but increases the waiting time of users markedly. Increment in total waiting times is supposed to be 220 hours per year (opportunity cost: 560,000 yen) and the power reduction is supposed to be 31 kWh per year (reduced electricity charge: 310 yen).

1. はじめに

近年世界各国において、エネルギー問題に対する様々な取り組みが行われている。京都議定書による我が国のCO₂排出削減目標は2008年から2012年までの平均排出量を1990年比で6%削減するものであるが、環境省による2004年の排出量は1990年を7%以上上回っており、削減目標の達成のためには、これまで以上の省エネルギー、温室効果ガス排出量の削減が必要不可欠である。しかしながら、エネルギーは本来、人々の日常生活や経済活動などにおける便益を得るために利用されており、便益を著しく低下させる省エネルギーには疑問が生じる。効率的に、持続可能な省エネルギーを行うためには、エネルギー消費とそれにより得られる便益、あるいは省エネルギーとそれにより失う便益との関係を十分に把握し、効果の高い省エネルギー方策を選択することが重要である。

オフィスビルでは、冷暖房時における室温の調整や、休憩時間中の消灯など、いくつかの省エネルギー方策が行われているが、その省エネルギー効果、並びに省エネルギー行動により損なわれる利用者の便益については、十分に議論されているとは言いがたい。例えばビルにおける省エネ

ルギー方策として「エレベータの運転台数の削減」という方策が提案¹⁾され、実際に採用されているが、エレベータの設置台数や稼働速度などは建物の階数や建物の用途、利用人数などを基に決定されており^{2),3)}、たとえ台数の削減により電力消費量が減少しても、待ち時間が著しく増加して利用者の便益が大きく失われては、エレベータ本来の使命を果たしていないように思える。

効率の良い省エネルギーを行うためには、精神論に走らず、方策による省エネルギー効果と便益の変化量について、正確に評価する必要がある。そこで本論文では、あるオフィスビルにおいてエレベータの電力消費量と利用実態を計測し、運転台数を削減することによる省エネルギー効果と、移動時間の増加によりユーザーがこうむる便益の低下に関して分析を行った結果について報告する。

2. エレベータの消費電力及び利用実態に関する計測調査

2.1 計測対象エレベータ

計測対象としたのは、(財)電力中央研究所粕江地区にある6階建てのビルである。1～5階がオフィス部及び実験室(3階は補修中のため人が少ない)、6階は食堂となっており、常時利用の従業員は約130名である。エレベータは、定員15名(積載量1,000kg)のトラクション式が2台並列に設置されている。トラクション式エレベータは、カゴとつ

* (財)電力中央研究所 システム技術研究所 特別契約研究員

E-mail: ueno@criepi.denken.or.jp

** / / 上席研究員

*** / / 主任研究員

〒201-8511 東京都粕江市岩戸北2-11-1

第22回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集 P503-506, 第25回エネルギー・資源学会研究発表会にて発表

りあい錘の重量をバランスさせ、上部に取り付けた巻上機で駆動する形式のエレベータ⁴⁾であり、広く利用されている^{5), 注1)}。なお文献²⁾では、計測対象ビルの場合、6人乗りエレベータを2台設置という目安になっている。

2.2 消費電力及び利用実態の調査概要

図1に計測システムの概要を示す。消費電力については、屋上階の機械室に計測器を設置し、2台のエレベータの1秒ごとの消費電力瞬時値を個別に計測した。電力計測調査は2005年10月中旬より2006年3月まで、1日24時間通して行われ、データはパソコンに記録された。

利用実態については、各階のエレベータホールにWebカメラを設置し、利用者のホールへの到着、エレベータへの乗車時刻などを記録することにより、エレベータの利用人数や待ち時間などを計測した。利用人数計測調査は、2005年10月中旬より12月中旬まで行った。ただし、記録容量の制限のため、利用実態の計測は平日の7~22時(15時間)のみ行った。

図2にWebカメラが撮影した画像の例を示す。画像ファイルは1秒間に6枚(0.17秒/枚)から16枚(0.06秒/枚)程度得られた。利用者がエレベータの前に現れてからエレベータが開くまでが、エレベータの待ち時間である。また、

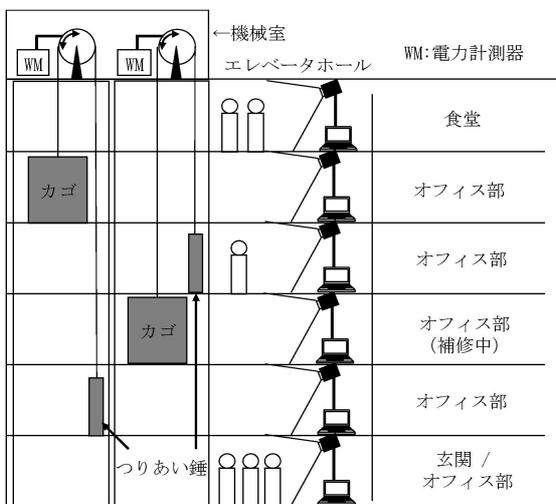


図1 計測システム概要

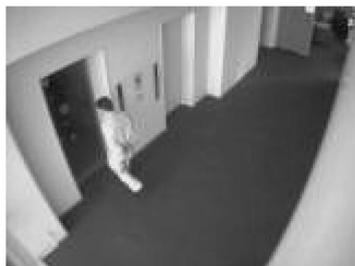


図2 Webカメラ撮影画像(2秒間隔)

注1) 計測対象エレベータは「機械室ありのロープ式エレベータ」に分類されるが、(社)日本エレベータ協会が会員会社に行ったアンケートによると、会員会社が平成16年度に事務所ビルに新規設置したエレベータ約2,900台のうち、35%がこのタイプであった⁶⁾。

エレベータ前で観測できる画像内の輝度変化領域(塊)の数が、待ち人数を反映している。そこで、画像内の輝度変化領域を検出してから、エレベータが開くまでの間を待ち時間として計測し、エレベータが開くまでに各画像内で検出した輝度変化領域の最大数をエレベータが到着するまでの待ち人数として計測した。

3. エレベータの運転台数変更による省エネ量と便益変化の分析

3.1 分析対象期間

分析対象期間は、利用実態計測を行った、2005年10月中旬から12月中旬までの平日36日間(祝日などの休日及びデータ欠損日を除く月曜から金曜)とした。分析対象期間中、エレベータを1台のみ運転した日(以下、1台運転日と言う)は23日間、エレベータを2台とも運転した日(以下、2台運転日と言う)は13日間であった。

3.2 エレベータの電力消費実態

3.2.1 稼働時における消費電力

図3に2005年10月13日の8:30から10分間の消費電力計測結果を示す。利用人数や移動階数などに関し、特に条件や制限は設けておらず、通常利用時の計測結果である。3kW未満にピークを持つ、消費電力の小さな稼働と、12kW程度にピークを持つ大きな稼働が交互に現れている。撮影画像より得られる利用者の動きやエレベータのドアの開閉に関する情報と、消費電力の計測値を照らし合わせると、図4のように、エレベータの動きと電力消費パターンとの関係が明らかになる。図4に示した例では、1階でエレベータに乗車した利用者が5階で降車した後、エレベータは次の利用者のために10秒後に自動で1階に下降している。図4より、1階から5階への上昇時には消費電力は小さく、5階から1階への下降時には消費電力は大きくなっていることが分かる。これは計測対象としたタイプのエレベータの場合、カゴ内の人数が少ない時にはつりあい錘の方が重いため、カゴの上昇時にはほとんど電力は消費されず、下降時に多く消費されるためである。なお、計測対象としたエレベータのモーターの定格出力は11[kW]であった。

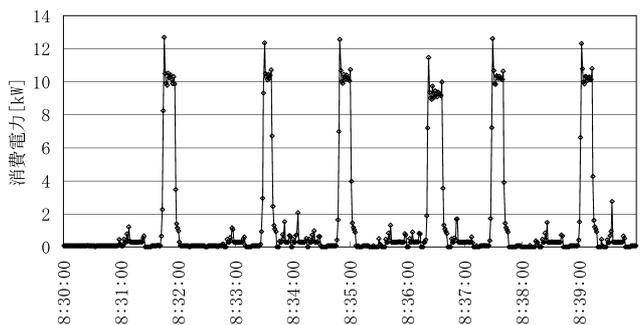


図3 エレベータ消費電力計測結果(10/13, 1秒間隔, 10分間)

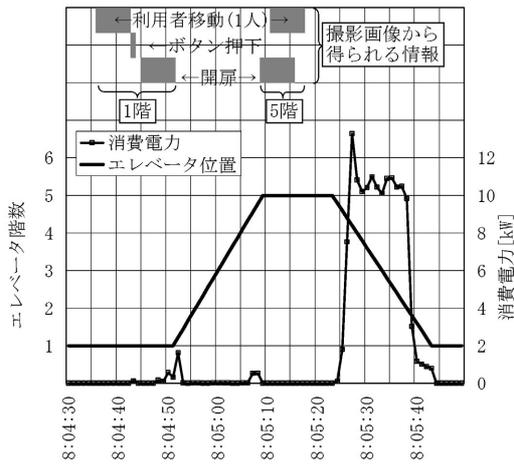


図4 利用者の動きと消費電力

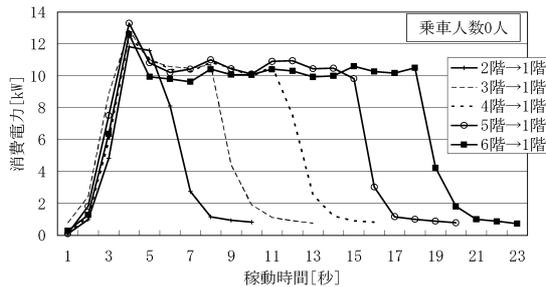


図5 各階から1階に下降した際の消費電力(乗車人数0人)

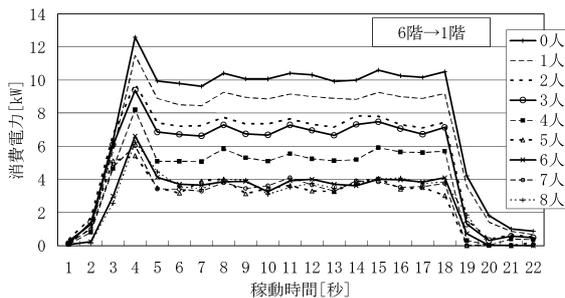


図6 乗車人数が変化した場合の消費電力の変化(6階から1階への下降時)

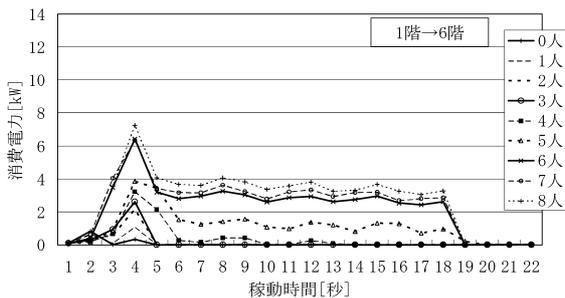


図7 乗車人数が変化した場合の消費電力の変化(1階から6階への上昇時)

図5に、乗車人数0人で2～6階の各階から1階にカゴが下降した際の消費電力の推移を示す。移動階が異なっても、ピーク時の消費電力、その後定常状態となった後の消費電力ともあまり差はなく、ピーク時は12kW程度、その後は10kW程度となっている。また図6に乗車人数が0～8人の場合に6階から1階に下降した際の消費電力の推移を示す。乗車人数が少ない時には、乗車人数が多くなる

ほどカゴとつりあい錘の重さが近くなるために消費電力が低下するが、5人以上ではあまり変わらなかった。

図7に乗車人数が0～8人の場合にカゴが1階から6階に上昇した際の消費電力の推移を示す。上昇時は下降時と比較して電力消費が小さく、乗車人数が4人以下の場合には、起動時以外にはほとんど電力が消費されていない。

3.2.2 停止時における消費電力

図8に運転日及び運転休止日(1台運転日における運転していない方のエレベータ)における、エレベータ停止時の消費電力の推移を示す。ただし、運転日の消費電力は、稼動終了直後からの消費電力を示している。運転日では、稼動後60秒間は消費電力が102～105W程度(平均103.3W)で推移し、その後98.6W程度に落ち着く。一方、運転休止日には消費電力は87～92W程度(平均89.7W)で推移する。停止時には、主に制御機器が電力を消費している。

停止時の消費電力は、稼動ピーク時における消費電力の約0.6%と非常に小さいが、停止している時間が長いために積算するとエレベータの電力消費量全体に対して無視できない量となる。

3.2.3 運転台数変更による消費電力の変化

図9に1台運転日23日間、2台運転日13日間におけるエレベータの消費電力(5分間平均)の平均値を示す。1台、2台運転日ともに、2台の合計値を示している。7時台に掃除などで利用された後、出社時間帯の8時30分及び昼休みの前後にピークを持つが、退社時刻は様々であるため、退社時のピークは見られず、夕方以降の消費電力は徐々に減少している。ピーク時における消費電力は1台運転日より2台運転日の方が0.6kW程度大きくなっているが、その他の時間帯においては両者間にあまり差は見られない。

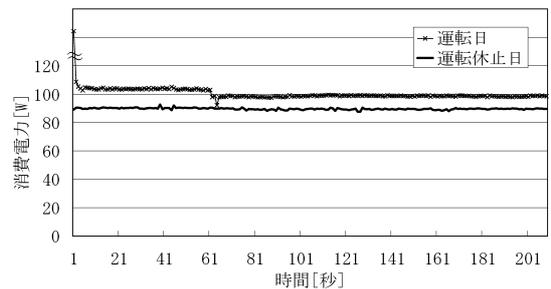


図8 運転日及び運転休止日における停止時の消費電力

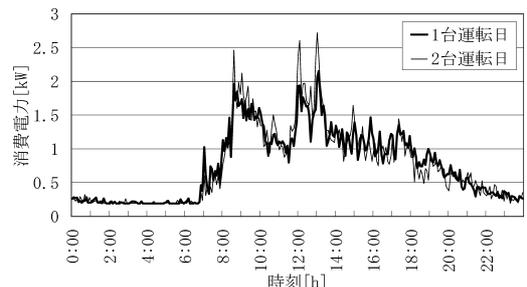


図9 1台、2台運転日の電力日負荷曲線(2台合計値)

またエレベータの停止時においても電力が消費されているため、夜間においても2台合計で200W弱消費されている。

図10に、1台及び2台運転日における1日あたり電力消費量の最小値、最大値及び平均値を示す。ただし平均値については、稼動時における電力消費量と停止時における電力消費量に分けて示す。両者の平均値を比較すると、1日あたり電力消費量は1台運転日で18.11[kWh/日]、2台運転日では18.24[kWh/日]となっており、2台運転日は1台運転日より0.13[kWh/日] (約0.7%) 増加している。なお、1日あたり電力消費量の標準偏差は1台運転日で1.20kWh (平均値の6.6%)、2台運転日で1.58kWh (平均値の8.6%) であり、上記の0.13[kWh/日]の差は標準偏差よりも十分小さかった。

稼動時の電力消費量は1台運転日が平均14.51[kWh/日]、2台運転日が平均14.78[kWh/日]となっており、2台運転日は1台運転日より約1.9%増加している。また停止時の電力消費量は1台運転日が平均3.60[kWh/日]、2台運転日が平均3.46[kWh/日]となっており、2台運転日は1台運転日より約4.0%減少している。図8に示したように、停止時における消費電力[W]の2台合計値は2台運転日の方が1台運転日より大きくなるが、2台運転日の方が停止時間が短いため、停止時の電力消費量[Wh]は1台運転日より減少している。両者の電力消費量を利用人数の差を無視して単純に比較することはできないが、エレベータの運転台数の変更による電力消費量の変化は非常に小さいと言える。分析対象とした36日間の当該ビル全体の1日あたり平均電力消費量は約4,280kWhであり、エレベータの電力消費量は建物全体の0.4%程度 (稼動時0.34%、停止時0.08%) であった。

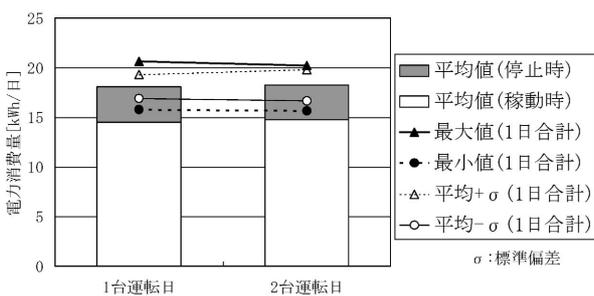


図10 1台、2台運転日の1日あたり電力消費量 (2台合計値)

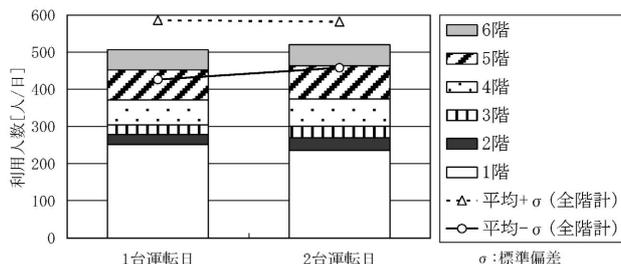


図11 1台、2台運転日の1日あたり利用人数

3.3 エレベータの利用実態

図11に1台及び2台運転日における1日あたりの平均利用人数を示す。全階の合計では、2台運転日の利用人数は520人/日、1台運転日の利用人数は506人/日であり、両者の差は小さかった。標準偏差は1台運転日で80人/日、2台運転日で63人/日と、1台運転日の方が若干大きかった。2台運転日ともに、1階から乗る人の割合が約半分を占めている。3階は補修中で人が少ないため、また2階は階段を利用する人が多いために、利用人数が少なかったものと考えられる。なお、設計時に想定された利用人数は、3階にも利用者がいることから、計測時よりも多いものと考えられる。

図12に各階の1日あたり総待ち時間を示す。1階から6階までの総待ち時間は、1台運転日で159[分/日]、2台運転日で104[分/日]となっており、運転台数を2台から1台に変更することにより、総待ち時間は約55[分/日] (53%) 増加すると言える。待ち時間の標準偏差は、1台運転日で35分/日、2台運転日で20分/日となった。

図13に、利用者の待ち時間の分布を示す。1台、2台運転日ともに、3秒程度にピークがあるが、これはボタンを押した時にカゴがその階にあり、ほとんど待たずに乗ってきた場合である。2台運転日の方が、1台運転日に比べて待たずに乗れた人の割合が高い。また、1台運転日は24秒を中心に、2台運転日は14秒を中心とした小さなピークがある。これは、ボタンを押した時にエレベータがその階になく、他階から来た場合であるが、この場合には、1台運転日より2台運転日の方が平均して10秒程度早く乗れている。また、待ち時間が60秒以上となった利用者の割合 (長待ち確率^{7), 8)} は、1台運転日で2.2%、2台運転日で

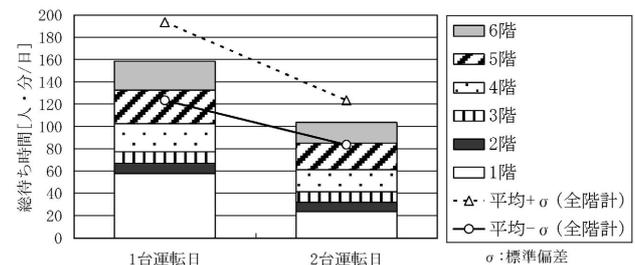


図12 1台、2台運転日の1日あたり総待ち時間

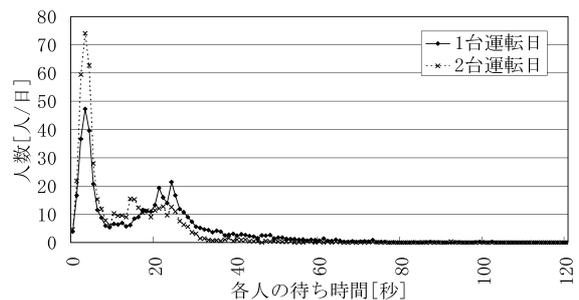


図13 1台、2台運転日の待ち時間の分布

0.6%であり、2台運転日の方が小さいが、1台運転日の値も大きくはない。

図14に、5分間ごとの利用者の総待ち時間の推移を示す。2台運転日は1台運転日と比較して1日中概ね小さいが、特にピーク時において著しく小さくなっており、利用者の待ち時間が低下していることが分かる。

計測を行ったエレベータは、1台で運転した場合には、次の利用者のために自動的に1階に移動し、待機状態となるように制御されている。一方、2台で運転した場合には、1台が1階、もう1台が異なる階で待機状態となり、1台が動いた場合にはもう1台が逆の動きをし、常に1階と他の階で1台ずつが待機状態となるように制御されている。

図15は、1台及び2台運転日において、1階から5階に2人の利用者が移動しようとした場合のエレベータの動きを模したものである。1台のみ運転している場合には、1人目の利用者はボタンを押した後すぐにエレベータに乗れるが、2人目の利用者はエレベータが1階に戻るまで待つ必要がある。一方でエレベータが2台とも運転している場合には、1人目の利用者が5階に移動している間に、もう

1台のエレベータが1階に下降してくるために、2人目の利用者もすぐにエレベータに乗ることができる。エレベータは1台、2台運転時ともに上昇を2回、下降を2回しており、両者間の電力消費量に差は生じない。出社時間帯などの、人の流れが一方向に向く場合においては、このようなことが頻繁に起こり、1台運転と2台運転における電力消費量の差が小さくなったものと考えられる。

3.4 運転台数の変更による機会損失

1台及び2台運転日における総待ち時間の差である55 [分/日]は、利用者にとっては機会損失である。年間平日日数を240日として計算すると、機会損失は年間220時間となる。ここで平日日数は、2005年における土・日、祝日、1/1～3、8/15～17、12/29～31以外の日として計算した。平成15年度における産業大中分類別常用労働者1人平均月間現金給与額⁹⁾及び実労働時間数⁹⁾より、事業所規模30人以上における平均的な給与を計算した結果である2,533 [円/時]を1時間あたりの機会損失額とすると、エレベータ運転台数の減少による待ち時間の増加により、年間約56万円の機会損失が発生すると言える。

一方、2台運転から1台運転に変更することによるエレベータの電力削減量は約31 [kWh/年] (年間平日日数240日として計算)となり、電気料金を10 [円/kWh]とすると年間310円の省コストとなる。機会費用を考慮すると、エレベータの運転台数の削減は費用対効果が非常に悪い省エネルギー方策である。またCO₂排出量原単位を0.421 [kg-CO₂/kWh] (全電源平均、2004年実績値)¹⁰⁾とすると、CO₂削減量は13.1 [kg-CO₂/年]となり、CO₂の削減単価は約43,000 [円/kg-CO₂]となる。

3.5 時刻ごとの運転台数の変更による効果

(パレート最適)

現状では、計測対象としたエレベータの運転台数の変更は、手動で設定されている。しかしながら、仮に運転台数の変更を自由にプログラムすることができれば、省エネルギー性と利用者の便益(待ち時間)のトレードオフを考慮した運転を行えると考えられる。ここでは、1時間ごとに運転台数を可変とし、エレベータの電力消費量と総待ち時間を最小化することを目的とした多目的最適化を行う。計算のフローを示す。

Step1. 7～22時の15時間帯に対し、1台及び2台運転日の平均電力消費量 [Wh/時] 及び平均待ち時間 [人・分/時] を計測値 (図9 及び図14参照) より求める。

Step2. 各時間帯の運転台数を1台または2台とし、15時間帯を足し合わせることで1日あたり電力消費量と待ち時間を計算する。組み合わせとしては高々2の15乗通り (32,768通り) のため、全ての組み合わせを求めた。

Step3. 全ての組み合わせの中から、電力消費量と待ち時間

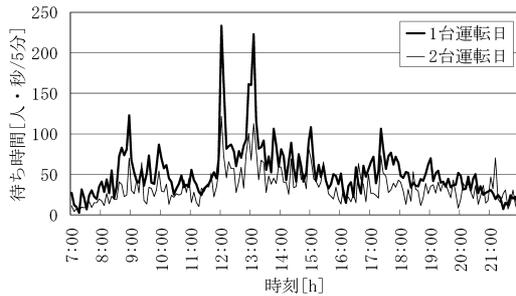
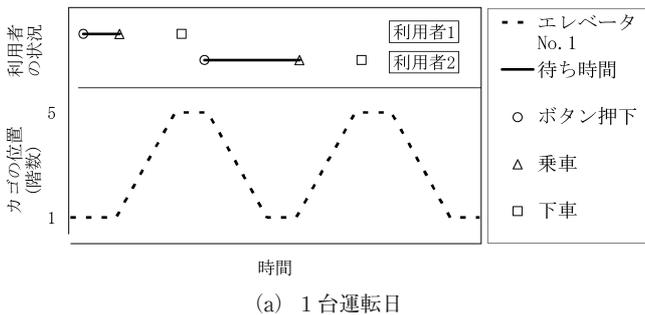
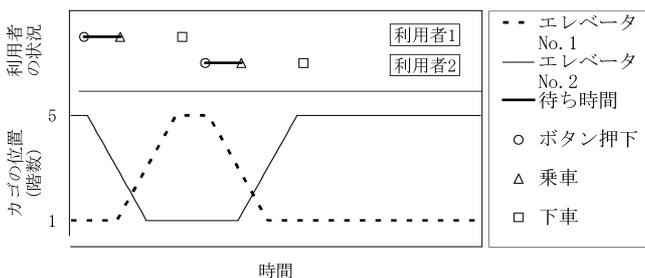


図14 1台、2台運転日の総待ち時間の時刻変化



(a) 1台運転日



(b) 2台運転日

図15 エレベータ運転状況模式図

が同時にそれ以上は小さくならない組み合わせ、すなわちパレート解^{注2)}を探索する。パレート解は全探索して求めた。

Step1において、本来であれば、利用人数や移動階数といった利用状況が全ての時間帯において全く同じ状況で計算を行うのが好ましいが、補正は困難であったため、計測値をそのまま用いた。なお、この問題をN台に拡張する場合には、N台運転時における電力消費量と待ち時間を用意し、同様に計算すれば良いが、Step2では組み合わせ数が現実的な時間内に求められないため、明らかに最小とならない解をあらかじめ外すなどの工夫が必要となる。

図16に電力消費量と待ち時間のパレート解及び1台、2台運転日の計測値を示す。電力消費量を最も削減したい場合には、総待ち時間は最小で138[分/日]程度となり、総待ち時間を最も削減したい場合には、電力消費量は最小で16.1[kWh]程度となる。また2台運転日の計測結果はパレート解に近く、これ以上省エネルギー性と利用者の便益を同時に向上できる可能性は低い。その一方、1台運転日の計測結果はパレート解と離れており、利用状況に応じて運転台数を切り替えることにより、1日中1台で運転するよりも、むしろ省エネルギーになり、かつ快適性を向上させることができるという結果になった。

図17に、各パレート解における各時刻の運転台数を示す。

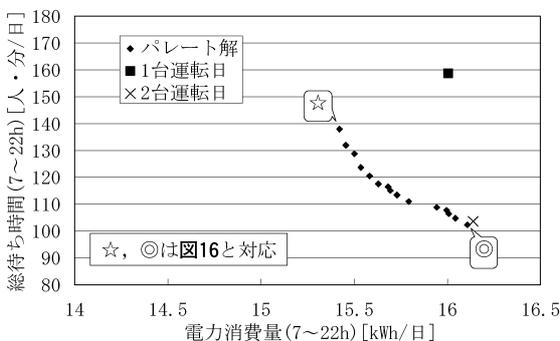


図16 電力消費量と総待ち時間のパレート解

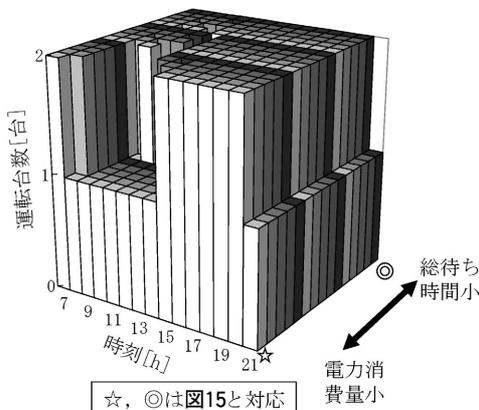


図17 各時刻における運転台数の変化

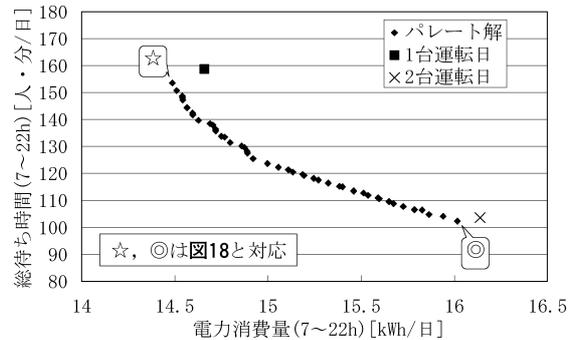


図18 電力消費量と総待ち時間のパレート解 (運転休止エレベータの消費電力を0Wとした場合)

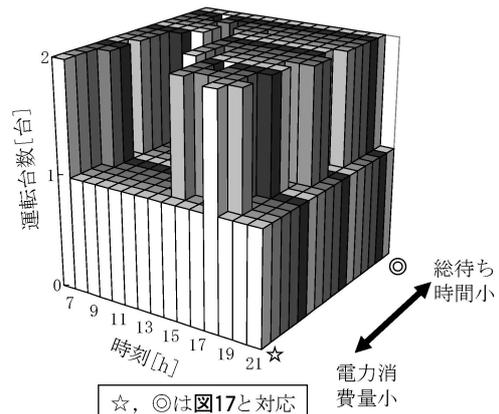


図19 各時刻における運転台数の変化 (運転休止エレベータの消費電力を0Wとした場合、抜粋)

手前側に電力消費量が小さくなるケース、奥側が総待ち時間が小さくなるケースの結果を示している。午前中は、電力消費量が小さくなるケースでは運転台数が1台となるのに対し、総待ち時間が小さくなるケースでは運転台数が2台となる時間帯が多くなる。一方、午後は2台運転日の方が1台運転日より待ち時間、電力消費量ともに計測値が小さかったため、どのケースでも2台運転するという結果になった。また夜間(22時~7時)においては、人数の計測は行っていないが、消費電力の計測結果より、ほとんど利用されていないことが分かる。そのため、待ち時間に比べて電力消費量の影響が強くなり、運転台数は1台になると考えられる。

ここで、3.2.2節に述べたように、計測したエレベータでは運転していないエレベータ(運転休止日におけるエレベータ)も90W程度の電力を常時消費していた。しかしながら、制御機器の改良などにより運転していないエレベータの消費電力を0Wにすることが可能であれば、運転台数の変更による省エネルギー効果は現状より大幅に大きくなる。そこで、運転していないエレベータの消費電力を0Wとして、再度計算を行った。図18及び図19に計算結果を示す。ただし、運転しているエレベータの停止時については制御のために消費電力は必要と考え、計測値のままとし

注2) 「 $x^0 \in X$ がパレート最適解であるとは、 x^0 と比べてすべての目的関数(評価指標)を同時によくなるような実行可能解は存在しない」と定義¹⁾される。

ている。この場合には、運転台数を1台にすることによる電力削減量が大きくなり、1台運転による省エネ効果が大きくなるために、1日中1台で運転する場合もパレート解に近くなった。

4. 終わりに

本論文では、オフィスビルにおけるエレベータの電力消費量と利用実態を計測した結果について述べ、運転台数を1台及び2台とした場合に電力消費量及び待ち時間がどのように変化するかを示した。電力消費量や利用者の待ち時間などはエレベータの仕様、利用人数などによって大きく異なるため、一般化して論じることはできないが、オフィスにおけるエレベータの実態を調査した一つの例として有用であると考えている。

主な知見は以下のとおりである。

1. 計測したビルにおいては、エレベータの運転台数を2台から1台に変更しても電力消費量の削減量は0.7%にとどまった。これは運転していないエレベータも電力を消費していることが主要な原因である。
2. エレベータの運転台数を2台から1台に変更すると、総待ち時間は約55[分/日] (53%)増加した。運転台数の変更による待ち時間の増加分における機会損失額は年間約56万円となる。
3. 1時間ごとのエレベータの電力消費量と待ち時間の実測値を用い、1時間ごとのエレベータ運転台数を可変として仮定し、運転台数を説明変数、電力消費量の削減と利用者の待ち時間の削減を目的変数とした多目的最適化を行い、パレート解を得た。1台運転日の計測結果はパレート解から大きく乖離しており、省エネルギー性と利用者の便益を同時に向上できる可能性がある。一方、2台運転日の計測結果はパレート解に近いため、省エネルギー性と利用者の便益を同時に向上で

きる可能性は低い。

本論文では、あるビルにおける計測結果について述べており、利用人数やエレベータの設置台数が異なる場合の電力削減量、待ち時間の変化量については更なる研究が望まれる。現在一般に、エレベータの運転台数が2台の場合には本計測対象エレベータのように、2台が連動して稼働するが、エレベータの台数が多い場合には、学習制御やエレベータごとに利用階の制限など、エレベータ群の運転制御の方式が多数存在する。特に多台数の場合には、運転台数の削減による電力消費量、待ち時間の変化量は運転制御の方式により大きく異なると考えられる。しかしながら、停止時における消費電力が電力削減量に影響を与えるという点では、台数や利用状態が異なっても本計測結果と同様に議論できると考えられる。

参考文献

- 1) 内閣府国民生活政策ホームページ；<http://www5.cao.go.jp/>
- 2) HITACHI-事務所ビル設置台数の目安；
<https://ele.hitachi.co.jp/trafficcalc/explain/typeP.html>
- 3) 前田卓志，駒谷喜代俊；エレベーターの設備計画における交通計算，電学論D，118，7/8，(1998)，836-842.
- 4) 国土交通省住宅曲建築指導課；昇降機技術基準の解説，(2002).
- 5) 社日本エレベータ協会；<http://www.n-elekyo.or.jp>
- 6) 社日本エレベータ協会事務局；平成16年度昇降機台数調査報告，エレベータ界，159，(2005)，1-8.
- 7) 江口 徹 他4名；Genetic Network Programmingによるエレベータ群管理システムの基礎検討，電学論C，125，7(2005)，1055-1062.
- 8) HITACHI-将来予測知能群管理エレベータ；
http://www.hitachi.co.jp/Prod/elv/jp/products/ele/fi600/c_prod_elv_fi600_toku.html
- 9) 厚生労働省；<http://www.mhlw.go.jp>
- 10) 電気事業連合会；<http://www.fepc.or.jp>
- 11) 中山博隆，谷野哲三；多目的計画法の理論と応用，(1994)，コロナ社.

協賛行事ごあんない

「エコトピア科学に関する国際会議2007 (ISETS07)」

- 〔主催〕 ヒューマンインタフェース学会
 〔日時〕 2007年11月23日(金)～25日(日)
 〔場所〕 名古屋大学IB電子情報館 (名古屋市千種区不老町)
 〔問合せ先〕 名古屋大学エコトピア研究所 ISETS07事務局 瀧本
 TEL/FAX: 052-789-4310 E-mail: isets07@esi.nagoya-u.ac.jp
 ※詳細は、<http://www.esi.nagoya-u.ac.jp/h/isets07/index.html> 参照