

D-015

エレベーター動作履歴に基づく乗場待ち客数の推定 Estimating Passenger Queue Length Based on Elevator Control Log

田口 浩† 鈴木 直彦† 鹿井 正博†
Hiroshi Taguchi Naohiko Suzuki Masahiro Shikai

1. はじめに

エレベーターの運行制御の最適化や運行効率の評価を行ううえで、乗場の待ち客数の情報は有用な情報である。従来、乗場待ち客数を計測する手法として、画像処理による手法が提案されている [1, 2]。しかしながら、これらの手法では乗場にカメラを設置する必要があり、設置できない場合には適用することができない。

本稿では、カメラなどの計測装置を用いずに、一般的なエレベーターで取得し得る動作履歴データのみに基づいて乗場待ち客数を推定する手法を提案する。

2. エレベーター乗場の待ち行列の考察

実際に待ち行列が生じている2つの物件のエレベーターにおいて、乗場待ち客数を5分毎に目視で計測した結果を図1に示す。物件1のエレベーターは定員24人のかごが6台あり、物件2のエレベーターは定員17人のかごが4台ある。いずれもオフィスビルであり、朝の出勤時間帯に主階床で待ち行列が生じている。

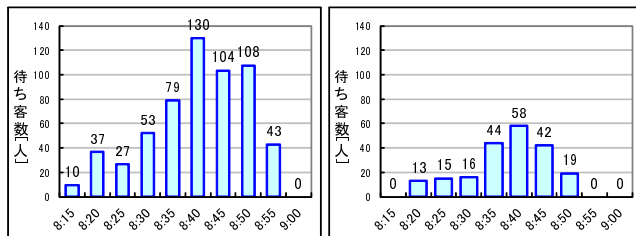
両グラフより、待ち客数の推移にはピークがあり、待ち行列の発生開始からピークまでは待ち客数が増加の傾向に、ピークから待ち行列解消までは待ち客数が減少の傾向にあることが分かる。これより、待ち行列発生期間と、待ち客数がピークとなる時刻とそのときの人数が分かれば、待ち客数の推移を推定できると考えられる。

3. 動作履歴に基づく乗場待ち客数推定

本手法は、一般的なエレベーターで取得し得る動作履歴データに基づき、階床別・方向別の5分毎の待ち客数を推定する。動作履歴データには、かご内重量やかご位置などの情報が含まれる。処理手順を図2に示す。

3.1 待ち行列発生期間の推定

はじめに、待ち行列発生期間、すなわち乗場に待ち行列が継続的に生じている期間を推定する。待ち客数がかごの実質的な満員人数以下の場合、かごが到着すると待ち客がいなくなるので待ち行列が継続的には生じない。



(a) 物件1 (かご6台, 定員24人) (b) 物件2 (かご4台, 定員17人)

図1: 乗場待ち客数の目視計測結果

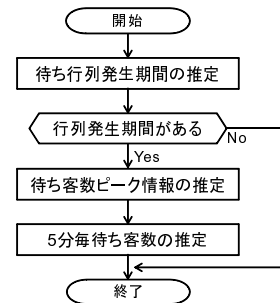


図2: 待ち客数推定の処理手順

それゆえ、待ち客数が概ね満員人数以上の状態が継続している時間を待ち行列発生期間と見なすこととする。

乗場に待ち行列が継続的に生じている場合、かごが到着するたびに待ち客はかご内に順序良く乗車していき、かご内が満員状態になると出発するという状況が繰り返される。よって、待ち行列発生期間中は出発あたりの乗車人数が多く、かつ、出発時のかご内重量が満員相当の状態が続いていると推測される。そこで本手法では、出発時かご内重量と出発あたり乗車人数の2つの指標を、かご内重量の情報を主な拠り所として求める。そして、両指標ともに所定の閾値を超えている期間を待ち行列発生期間と推定する。なお、かご内重量は定格積載重量に対する割合 (単位は%) で表すものとする。

実質的な満員人数はエレベーター毎に異なるので、両指標の閾値は混雑時における出発時かご内重量の統計により決定する。出発時かご内重量の閾値 W_t は、ばらつきを考慮して、出発時かご内重量が50%以上の場合における平均値 μ と標準偏差 σ に応じて、 $\mu - 2\sigma$ と定める。出発あたり乗車人数の閾値 P_t は、 W_t とかご定員 P_c に応じて、 $W_t \times P_c$ と定める。

3.2 待ち客数ピーク情報の推定

待ち行列発生期間があると推定した場合は、その期間中で待ち客数がピークとなる時刻とそのときの人数を推定する。それぞれをピーク時刻、ピーク人数と呼び、両方を合わせて待ち客数ピーク情報と呼ぶ。

まず、ピーク時刻を推定する。実データの分析から、ピーク時刻付近では出発あたり乗車人数が特に多くなる傾向が見られた。これは、待ち客数が多くなるほど、1回でなるべく多く乗車しようという心理が強く働くためと考えられる。それゆえ、直近5分間の出発あたり乗車人数の平均値が最大である時刻をピーク時刻とする。

次に、ピーク人数を推定する。ピーク時刻の時点で待ち行列に並んでいた人と、その後で発生、すなわち乗場に現れて待ち行列に加わった人の全員が乗車し終わると待ち行列は解消する。それゆえ、ピーク時刻から待ち行列解消までの間 (以降、終息期間と呼ぶ) の乗車人数は、ピーク人数と終息期間中の発生人数の和に等しい。した

†三菱電機株式会社先端技術総合研究所

がって、ピーク人数は、終息期間中の乗車人数と発生人数の差となる。終息期間中の乗車人数はかご内重量の情報に基づいて求められるので、終息期間中の発生人数を推定できれば、ピーク人数を推定することができる。

2.で考察したとおり、終息期間では待ち客数が減少の傾向となる。これは、ピーク時刻を境に乗客の発生が落ち着くためである。そこで、終息期間中の乗客発生頻度は待ち行列解消直後と同程度であると仮定する。待ち行列が継続的に生じていない場合、単位時間あたりの発生人数と乗車人数は概ね同程度となる。よって、終息期間中の5分間あたりの発生人数は、待ち行列解消直後の5分間の乗車人数に等しいと見なして、終息期間中の発生人数を推定する。そして、動作履歴データから算出した終息期間中の乗車人数との差をピーク人数とする。

3.3 5分毎待ち客数の推定

最後に、待ち客数ピーク情報に基づいて待ち行列発生期間中の5分毎待ち客数を推定する。待ち行列発生開始からピーク時刻までの間は待ち客数が増加の傾向となる。これは、単位時間あたりの発生人数が乗車人数を常に超過しているためである。単位時間あたりの発生人数と乗車人数の差を超過人数と呼ぶこととすると、待ち行列発生開始からピーク時刻までの超過人数の累積がピーク人数となる。それゆえ、ピーク人数から5分間毎の超過人数を推定することで5分毎の待ち客数を推定する。

上述のとおり、待ち客数が多くなるほど、1回でなるべく多く乗車しようという心理が強くなるため、出発あたり乗車人数や出発時かご内重量と待ち客数には相関があると考えられる。このことを踏まえ、5分間毎の超過人数は出発時かご内重量に比例すると仮定して、超過人数の合計がピーク人数となるように5分間毎の超過人数を求める。そして、5分毎の待ち客数は、待ち行列発生開始からその時刻までの超過人数の合計値とする。

4. 評価

4.1 推定結果

2.で考察した2つの物件について、本手法で5分毎待ち客数を推定した結果を図3に示す。両物件ともに、待ち行列発生期間およびピーク時刻は正しく推定できていることが分かる。それぞれ終日のデータを対象に推定を行ったが、出勤時間帯以外の時間を待ち行列発生期間と誤判定することはなかった。

ピーク人数は、物件1では目視計測結果に対して-36人、物件2では+24人の推定誤差が生じている。5分毎待ち客数は、物件1ではピーク時刻以外においては概ね

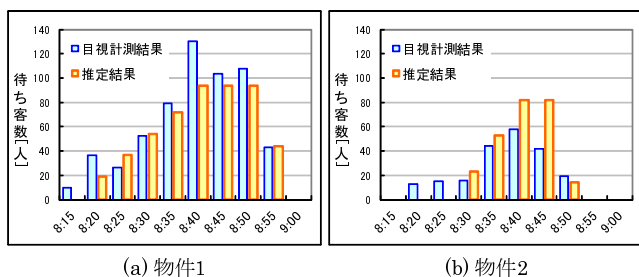


図3: 5分毎待ち客数の推定結果

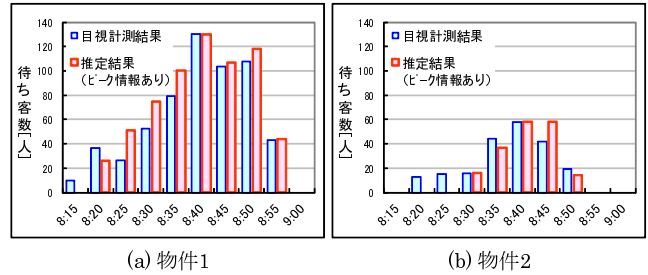


図4: ピーク情報を入力として与えた場合の推定結果

表1: 5分毎待ち客数の推定誤差

ピーク情報の入力	物件1		物件2	
	なし	あり	なし	あり
平均誤差	12.1人	11.5人	17.0人	5.6人
最大誤差	36人	24人	40人	16人

正しく推定できており、待ち行列発生期間全体の平均誤差は12.1人であった。物件2ではピーク人数の推定誤差に伴ってその直後の時刻でも大きな誤差が生じ、平均誤差は17.0人であった。

4.2 推定精度向上の検討

上述の推定結果より、ピーク人数の情報をより正確に得ることができれば、5分毎待ち客数の推定精度の向上が期待できる。ピーク時刻とピーク人数のみであれば、目視である程度正確に計測することも可能と考えられる。そこで、本手法において、待ち客数ピーク情報は入力として得られると仮定した場合の待ち客数推定精度を評価した。

目視計測によるピーク情報を入力として与えた場合の5分毎待ち客数の推定結果を図4に示す。また、ピーク情報の入力なしの場合と入力ありの場合のそれぞれにおける5分毎待ち客数の推定誤差を表1に示す。ピーク情報を入力として与えることによって両物件ともに推定精度が向上し、平均誤差が物件1では11.5人に、物件2では5.6人に低減した。

5. おわりに

本稿では、エレベーターの動作履歴データに基づく乗場待ち客数の推定手法を提案した。

実際のエレベーターにおいて精度評価を行った結果、待ち客数が最大130人に達する場合においても、5分毎待ち客数を平均12.1人の誤差で推定できた。さらに、待ち客数ピーク情報を入力として与えることができれば、より高精度に推定できることを確認した。したがって、本手法により、カメラなどの計測装置を不要にして乗場待ち客数を把握できる可能性があるといえる。

参考文献

- 依田晴夫, 本池順, 江尻正員, 弓仲武雄, “実時間画像処理を用いた待客数検出方式,” 信学論, vol.J69-D, no.11, pp.1679-1686, Nov. 1986.
- 辻俊明, 田代浩紀, 阿部茂, “エレベータ乗場画像の移動体上端に着目した待客数計測方式,” 電学論 D, vol.130, no.3, pp.334-340, March 2010.