

避難時の階段歩行のイベントシミュレーション

三浦 龍二*, 金子 裕良, 阿部 茂(埼玉大学)

Event Simulation of Stairs walk in Evacuation

Ryuji Miura, Yasuyoshi Kaneko, Shigeru Abe (Saitama University)

1. まえがき

バリアフリーや高齢化の進展により、高層ビルで働く身障者や高齢者の数が増え、火災時などの避難に階段と現在認められていないエレベータを併用する研究が世界的に盛んである⁽¹⁾⁽³⁾。我々はエレベータを利用した場合の避難時間短縮効果や運転方式などを研究してきたが、階段に関しては輸送能力の経験式⁽¹⁾がある程度で、エレベータと併用してシミュレーションできる手法が必要である。

階段のイベントシミュレーション手法を検討したので報告する。単位時間に階段に到着する歩行者数と輸送能力、トラベル時間の関係を示し、経験式と比較する。

2. 階段歩行シミュレーション

2.1 階段モデル

階段は段数 N_S と一段の定員 S_C で表し、総避難時間を T 、1人が N_S 段降りる時間をトラベル時間 T_T とする。混雑時の最上段での待ち時間 T_W は今回は省略した。

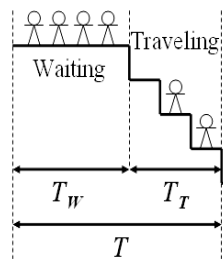


図1. 階段モデル

Fig1. Model of Stairs

2.2 階段歩行モデル

表1に示すように、階段歩行速度は、階段を1段下りる時間で表し、前の段が空いているか否かを判断する判断時間 T_J と、1段下りる1段移動時間 T_{DN} で表す。閑散時は $T_{DN}, T_J, T_{DN}, T_J, \dots$ を繰り返して下りてゆくが、混雑時は前が詰まり $T_{DN}, T_J, \dots, T_J, T_{DN}$ と判断時間が増えてトラベル時間 T_T が増す。混雑具合は1分間に階段に到着する人数で表し、到着時刻はランダムとした。歩行速度は人毎に設定可能であるため、遅い人が1人含まれる場合も検討した。

表1. 階段と避難客の仕様
Table1. Specification of Stairs and Evacuation People

階段数	$N_S=20$ 段
一段移動時間(普)	$T_{DN}=0.8$
一段移動時間(遅)	$T_{DNH}=3.0$
判断時間(普)	$T_J=0.1$
判断時間(遅)	$T_{JH}=0.2$
段の定員人数	$S_C=2$

2.3 アルゴリズム

イベントシミュレーションでは次に示す「到着」、「判断」、「移動」の3イベントを、イベントリストに登録し、時間順に実行することにより、階段を下りる人を模擬した。

到着:	ランダムに設定した到着時刻まで時間を進める
判断:	判断時間から移動開始時刻、再判断時刻を登録
移動:	歩行速度から移動完了時刻を登録。

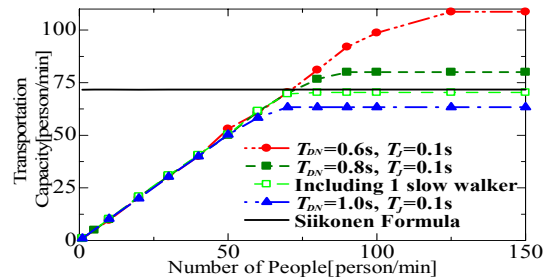


図2. 階段輸送能力
Fig2. Transportation Capacity of stairs

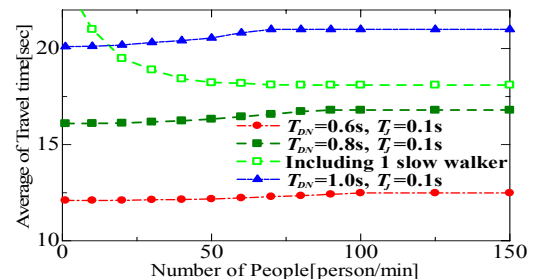


図3. 平均トラベル時間
Fig3. Average of Travel time

3. シミュレーション結果と考察

図2に1分間当たりの到着歩行者数と輸送能力の関係を示す。ある歩行者数までは両者は比例するが、それ以上では輸送能力が飽和する。歩行速度が増すと、輸送能力の飽和値(最大値)と飽和が始まる歩行者数も大きくなる。歩行速度0.6m/sの時のSiikonenの輸送能力式⁽¹⁾の値は $T_{DN}=0.9s$ の飽和輸送能力とほぼ一致する。

図3に1分間当たりの歩行者数と平均トラベル時間の関係を示す。平均トラベル時間は歩行者数に依らずほぼ一定である。階段出口の混雑を考慮した場合や最上階の待ち時間を含めればトラベル時間は増すと考えられる。

歩行の遅い人を1人入れると輸送能力は低下し、平均トラベル時間も増す。遅い人の後方が混雑するからである。

4. むすび

階段歩行のイベントシミュレーション手法を提案し、検討した。結果は常識や解析式とほぼ一致する。本手法では歩行速度の個人差を考慮できる。今後モデルの精度、機能高め、エレベータの交通シミュレーションとの統合を行う予定である。

文献

- (1) Siikonen 他: 「Transportation Design for Building Evacuation」, ASME Workshop on Use of Elevators in Fires and Other Emergencies, 2-8, (2004)
- (2) 関沢他: 「高層ビルにおける EV 避難の可能性に関する研究(その2)」, 平成 16 年度日本火災学会研究発表会概要集, (2004)
- (3) 出利葉・金子・阿部: 平成 18 年電学全大, 4-235