

# 大学講義棟内における 学生の教室間移動のシミュレーション

井原大地<sup>†1, a)</sup> 松崎頼人<sup>†1</sup> 花田良子<sup>†2</sup> 村中徳明<sup>†2</sup>

大学講義棟内においては日常多くの学生が集まり、講義間の休み時間には教室移動に伴い、廊下や階段で混雑が生じる。人が過度に集中する場所では群集事故が発生する可能性があるため、混雑を緩和することは重要な課題である。本研究では関西大学の理工系の学部生が利用する講義棟を対象とし、混雑シミュレーションの構築を通じて、混雑の状況を解析し、その緩和について検討する。

## 1. はじめに

古くから人が集まる場所では、しばしば人の密集が原因となり事故が発生する。これを群集事故と呼び、国内で発生した最近の群集事故としては、2001年の明石の歩道橋事故が挙げられ多くの被害者が出た。国外でも同様の事故が多く発生している。発生場所としては水平方向に逃げ場のない歩道橋やトンネル、吊り橋などであり、このような場所における事故の発生要因を出来るだけ排除することが望ましい。群集事故が発生する要因としては構造的要因と人的要因がある。主な構造的要因としてボトルネック構造があり、群集の滞留を発生させる。人的要因としては群集間の情報伝達の困難さが挙げられ、集団の進路上の障害物情報が後方に伝達されない事もある [1]。

大学校内も例外ではなく、講義棟では日常的に多くの学生が集まる。特に講義間の休み時間における教室移動で混雑が発生し、群集事故が発生する可能性があるため、混雑の緩和が課題である。大学の教室間移動における混雑解消を目的とした研究には前川 [2]の研究がある。

本研究では関西大学千里山キャンパスの理工系講義棟を対象に、講義終了と同時に学生が一斉に教室移動を行うとしたモデルのもとにシミュレーションを構築し、混雑状況の解析と検討を行う。

## 2. 混雑の現状とモデル化の手順

関西大学の理工系3学部には現在、4学年合わせて約5200人が在籍しており、その大多数が1つの理工系講義棟で講義を受ける。さらに、理工系3学部以外の学部向けの講義も行われているため、理工系講義棟には常時人が多く集まり、混雑が発生しやすい状態になっている。講義棟は5階建てで教室が32部屋あり、各階を移動する階段は棟の両端と中央の3箇所に存在する。教室移動の際には特に中央の階段で混雑が発生している。また、昼休みにはほとんどの学生が講義棟外へと出るため、群集の避難に似た動きが見られる。大学の講義棟からの避難に関する研究としては北

島 [3]の研究がある。

本研究では理工系講義棟における学生の教室間移動のシミュレーションを行う。1000人規模の大人数を同時に双方方向移動させるため、学生それぞれをエージェントとして個別に衝突判定や移動法則の判定を行うマルチエージェント型のメッシュモデルでは計算コストが高い。そこで個々の判定を行わないネットワーク型モデルを採用する。モデルの構築においては講義棟内の教室前の通路を教室の壁に沿ってブロックに分割し、これらをノードとして現実空間の配置通りに繋いでグラフ表現する。図1が立体構造を表した例であり、図2が簡略化により平面化し、教室の壁に沿って区切ったものである。さらに図3のように現実の繋がりをもとに抽象化したネットワークモデルとする。

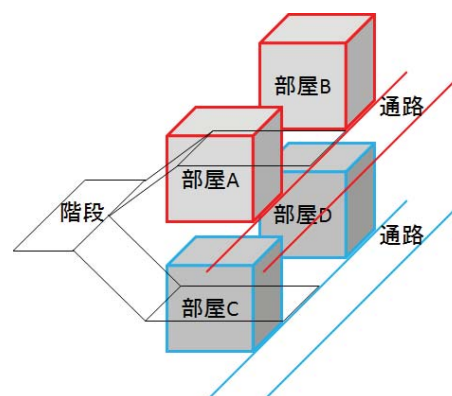


図1 立体構造の例

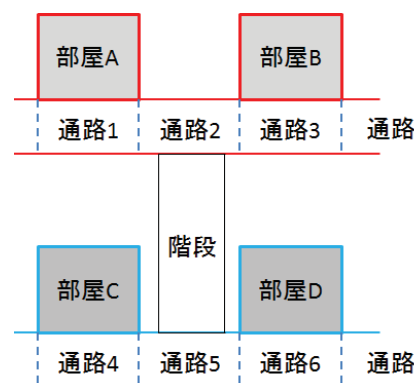


図2 簡略化された構造例

†1 関西大学 大学院 理工学研究科  
大阪府吹田市山手町3丁目3番35号  
†2 関西大学 システム理工学部  
大阪府吹田市山手町3丁目3番35号  
a) [k972849@kansai-u.ac.jp](mailto:k972849@kansai-u.ac.jp)

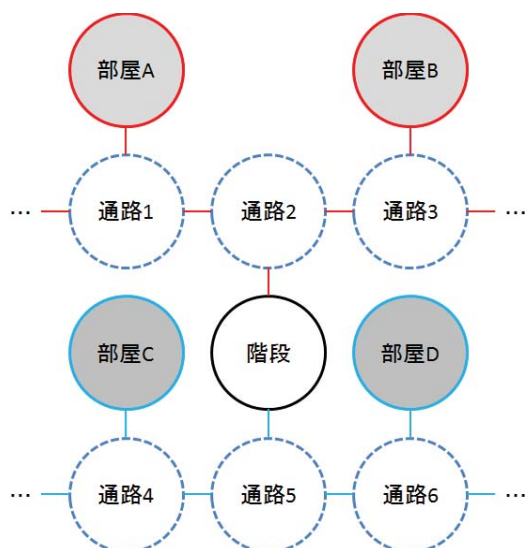


図 3 ネットワーク状のモデル化例

### 3. ネットワークと人モデルの設定

#### 3.1 講義棟を表現するネットワークの構成

本ネットワークモデルを構成するノードは、シンクとソースの役割を果たす教室を表すノード、移動経路上の通過点候補を示すノード、および機能的にハブの役割を果たす階段ノードの3種からなる。各ノード間をつなげるエッジはノード間の繋がりを表現する。学生はこのモデル上でノードを辿って移動する。各ノードは収容人数の上限と滞留時間（隣接ノードへ遷移するのにかかる時間）、最大流出量をもつ。最大流出量は通路幅を考慮した、単位時間あたりに隣接ノードへ移動できる人数の上限量である。これらのパラメータは実際の講義棟の計測から得られる通路の長さ、通路幅から求める。一般に階段では歩行速度が下がるため、階段を表すノードは滞留時間を他のノードよりも長く設定する。

#### 3.2 移動経路の設定

学生は、ある教室ノードからいくつかのノードを辿って目的の教室ノードへと移動する。その移動経路は経由するノードの順列表現により記述される。移動の始点ノードと終点ノードはいずれも学生の履修情報を利用する。

移動経路は次の手順で導出する。同じ階の教室ノードから教室ノードへの移動ならば迂回路を選択する学生はいないと考え、教室間の移動コストが最短の経路を求める。ここで移動コストはノードの接続情報と滞留時間に基づく。別の階の教室ノードへ移動する場合には、混雑を予想し迂回路を通る学生が存在することを考慮して、経由する階段ノードを指定せず、迂回路も含めた複数の移動経路候補を求めておく。そして、経路選択は移動コストが少ない経路ほど優先度を高くする。

全教室間の移動コストを高速に求めるため、ワーシャルフロイド法を採用する。なお、ノード間の移動は隣接ノード

に限るため、それ以外のノード間での移動は無限のコストがかかるものとする。

#### 3.3 ノードの滞留量のシミュレーション

本モデルは移動経路に基づき、各ノードの滞留人数と、ノードがカバーする領域の床面積から算出されるノードの群集密度 [人/m<sup>2</sup>]により混雑度を評価する。群集密度は群集の歩行速度に関係することが平井 [4]などの研究により明らかにされている。本研究ではこれを参考にパラメータを決定する。各ノードは時刻  $t$  での滞留人数  $S_t$  から次の時刻  $t+1$  の滞留人数  $S_{t+1}$  を決定することで群集密度の推移を求める。他のノードへの移動(流出)については各ノードにいる学生全員の滞留時間をノードごとに一定量減少させることで表現する。滞留時間が0になった人数を実際の流出量とする。減少量については群集密度に比例するものとする。一方、他のノードからの移動量(流入)については、移動先の最大収容人数と現在の滞留人数の差により求まる流入余裕にしたがって算出する。移動元のノードの最大流出量と移動先のノードの流入余裕を比較して小さい方をその時刻における移動元のノードの移動量の上限値とする。実際の流出量が上限値を超える場合は超過人数分の移動を一時的に停止する。これは学生の過集中を表し、群集事故が発生する可能性が高い状態であるといえる。

上記の流出流入の繰り返しにより得られるノードの群集密度の推移を見ることで理工系講義棟全体の混雑状況の評価する。

### 4. まとめと今後の課題

本研究では、大学講義棟における混雑状況を観測するためのモデルを構築した。今後、2013年度の理工系3学部の4学年全体の学生の履修データをもとに各教室ノードの総移動人数を求め、実際の講義間の休み時間10分における移動を再現する。また、迂回路をとる学生の割合の変化が混雑に与える影響を検討する。

#### 参考文献

- 岡田光正: 群集安全工学, 鹿島出版会, (2011).
- 前川廣太郎, 澤勢一史, 延原肇: 教室移動時間最適化のための群集団移動と多重解像ダイクストラ法を取り入れたマルチエージェントシステムと遺伝的アルゴリズムの開発, ファジィシステムシンポジウム講演論文集, Vol.28, pp.275-279, (2012).
- 北島徹也, 伊津野和行, 八木康夫, 大窪健之: 大学の講義棟における災害時避難に関する一考察, 日本地震工学会論文集, Vol.11, No.1, pp.72-80, (2011).
- 平井則行, 柏原士郎, 吉村英祐, 横田隆司: 歩行実験に基づく群集密度と歩行速度の関係について, 日本建築学会近畿支部研究報告集. Vol.33, pp.481-484, (1993)