

列車被災時における乗客の挙動と危険度評価に関する研究

中央大学大学院 学生会員 ○井原 毅
 東京大学生産技術研究所 正会員 沼田 宗純
 東京大学生産技術研究所 正会員 目黒 公郎

1. はじめに

近年、大きな地震によりさまざまな鉄道被害が報告されている。1995年に発生した兵庫県南部地震は、大都市圏を襲った戦後初の大規模直下型地震であり、阪神地区を中心として甚大な被害をもたらした。鉄道についても、列車の脱線、高架橋の損壊、軌道変状、盛土の崩壊などの大きな被害が出た。

しかし、幸いにも地震の発生した時刻が早朝であったため、約6,000人の鉄道利用者に被害は出していない。また、2004年の新潟県中越地震では、上越新幹線が時速約200(km/h)で走行中に被災し脱線した。この時も対向する列車が無かったので利用者に被害は出なかったが、ダイヤが混み合う時間帯に大地震が発生した場合、鉄道利用者に甚大な被害が出る可能性がある。

そこで本研究では、通勤ラッシュ時に大地震が発生し、走行する列車に衝撃が加わったときの状況を想定し、その際の満員電車内の乗客の挙動を追跡し、人体に作用する力を考察する。

2. 楕円形個別要素法

本研究では、杉本ら(2004)、岡本ら(2005)によって構築された個別要素法(DEM)による群衆行動解析モデルを用いた。このモデルでは、人間の断面形状を楕円形と考え楕円形要素を用いている。DEMを用いることで、各時間ステップでの要素の位置、各要素に働く力を定量的に評価できる。

3. 解析モデル

鉄道車両は緊急時に車両を停止させるとき、非常ブレーキ(4.5km/h/s)を使用する。前章で紹介したモデルを用いて、図1で示す首都圏で一般に使用されている通勤型の6ドア車両について考える。乗客の密度は朝夕のラッシュ時に相当する10(人/m²)を仮定し、70(km/h)で走行中の電車が被災し、非常ブレーキを使用し停止する車内の乗客の状況と、列車が脱線して車両が傾いたときの車内の乗客の状況を検討する。なお、図中の青色要素はつり革や手すりを持っている乗客を表し、赤色要素は何も持たずに立っている乗客を表している。

4. 解析結果

4.1 非常ブレーキと地震波による挙動

通勤型車両について、非常ブレーキをかけて停止するまでの間に乗客に作用した最大圧迫力と乗客の初期位置の関係を図1に示す。非常ブレーキによ

る慣性力が働くことで、車両の進行方向前方へ乗客が押し流され、前方にいる乗客に大きな圧迫力が作用していることがわかる。

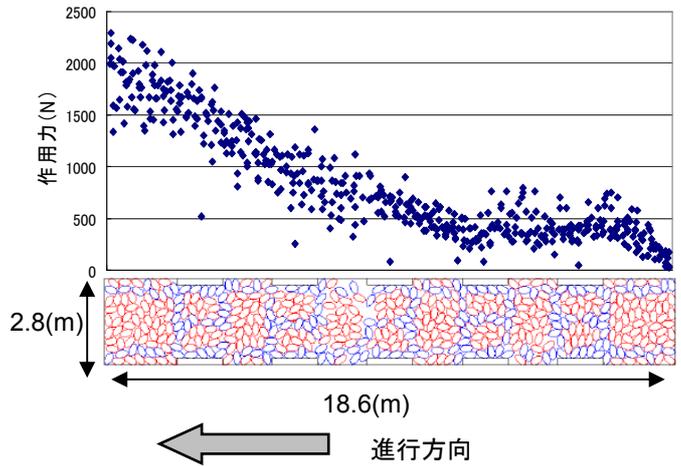


図1 作用する最大圧迫力と初期位置の関係

4.2 脱線による挙動

車両が脱線した場合の乗客の挙動と圧迫力を分析するために、脱線後10秒後に30度傾斜した場合と、20度傾斜した場合について解析した。なお、列車は速度70(km/h)から非常ブレーキ(4.5km/h/s)が作動して、15.5秒後に停止すると仮定した。図2は車両の傾斜が30度のときの乗客の挙動である。車両が傾くことで、乗客が前方の下方向に流れ、初期配置の時点で進行方向左側にいる乗客が押しつぶされ、大きな圧迫力が作用している。図3と図4は、車両の傾斜がそれぞれ20度と30度のときの比率を示す。

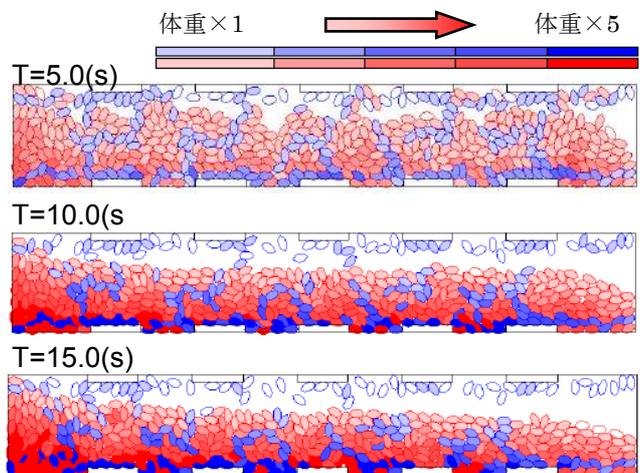


図2 車両の傾斜が30度の時の乗客の挙動

キーワード：個別要素法、満員電車、脱線、鉄道事故、危険度評価

〒153-8505 東京都目黒区駒場 4-6-1 東京大学生産技術研究所 B 棟 目黒研究室 Tel: 03-5452-6436

4.3 つり革増設による圧迫力の軽減効果

ここでは、通勤型車両の中央部につり革を1列増設することで、車両脱線時に乗客の受ける圧迫力がどのように変化するか、また、どの程度の車両の傾斜までつり革による被害軽減効果が現れるかについて検証した。つり革を増設した場合に、乗客に作用する圧迫力の時刻歴を図5と図6に示す。図3と図5、図4と図6を比較すると、脱線時の傾斜が20度の場合には、つり革の増設によって車両が傾いても、つり革につかまっている乗客が他の乗客の流れを抑制し、車両の傾きによって生じる大きな圧迫力を受ける乗客数が軽減された(図5)。しかし、脱線時の車両の傾斜が30度の場合には、つり革増設によって圧迫力は軽減されなかった。

5. まとめ

本研究では、楕円形個別要素法を用いた避難行動モデルに対し、車両脱線時の影響を取り入れ、鉄道車両内の乗客の挙動と作用する力についてシミュレーションを行った。その結果、脱線時の乗客の危

険度は車両の傾きに大きく依存し、車両が傾くことで乗客に大きな被害が出る可能性があることを示した。また、つり革を増設することで車両の傾きが20度の場合には乗客に作用する力を軽減できることを示した。しかし、車両の傾きが30度の場合には乗客に作用する力は軽減されない結果になった。

【参考文献】

- 1) 杉本太一:都市施設の安全性評価を目的とした群集挙動の解析的研究, 中央大学大学院修士論文, 2004.
- 2) 岡本睦:楕円形個別要素法を用いた鉄道車両内の危険度評価に関する研究, 中央大学卒業論文, 2005.
- 3) 清野純史, Charles Scawthorn, 東山寛之:密集空間における人体への作用力について, 土木学会第59回学術講演会, I-799, 2004.

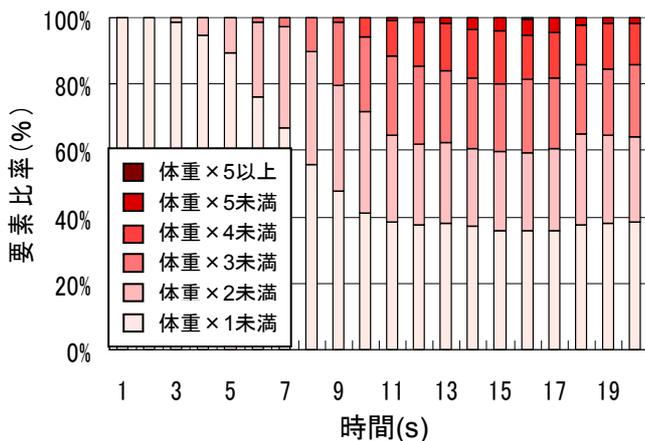


図3 乗客に作用する圧迫力の時間変化 (傾き 20 度)

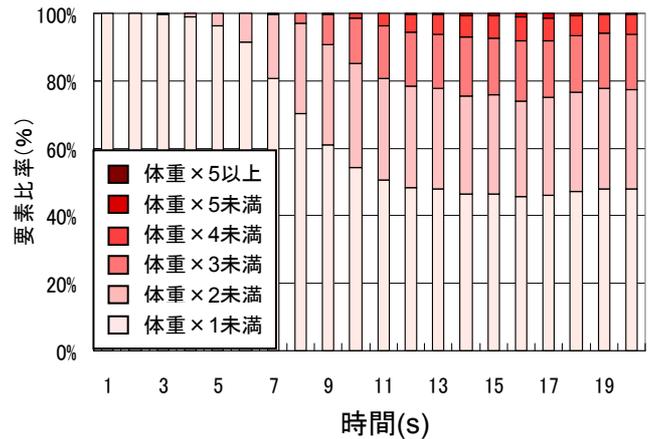


図5 乗客に作用する圧迫力の時間変化 (傾き 20 度 つり革増設)

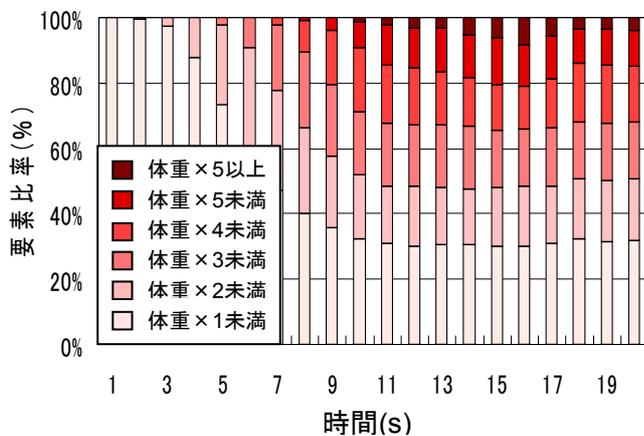


図4 乗客に作用する圧迫力の時間変化 (傾き 30 度)

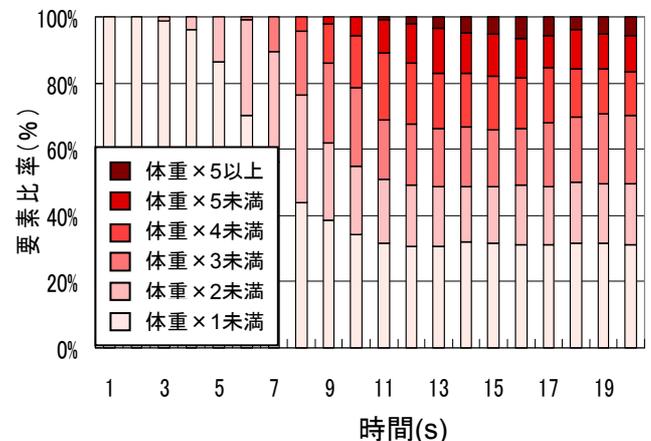


図6 乗客に作用する圧迫力の時間変化 (傾き 30 度 つり革増設)