

京都大学	博士（工学）	氏名	NOORHAZLINDA BINTI ABD RAHMAN
論文題目	MODELING FOR ACTIONS OF DIRECTIONAL SWITCHING AND GROUPING IN DEM-BASED CROWD BEHAVIOR SIMULATOR (個別要素法型群集行動シミュレータにおける方向転換とグループ行動に関するモデリング)		
（論文内容の要旨） 津波災害による人的被害の軽減には、迅速避難が重要であり、甚大災害の発生頻度が増加しつつある昨今、適切な避難経路および避難場所の整備の検討は急務である。数値シミュレーションによる避難計画の検討では、計算領域全体での避難状況を定量的に把握できること、また境界条件を容易に変更すること可能である。そのため、種々の想定シナリオに沿った避難計画の検討が、現地避難訓練と比較して容易に実施できる。また近年では、計算機性能の向上により百万人規模の群集行動の数値シミュレーションの実施環境が整備されつつあり、今後増々、避難計画に対する数値シミュレーションの貢献は高まるものと考えられる。 これまで、各種の群集シミュレータが抱える主要な課題として、人間特有の心理的な行動に関するサブモデルの検討が挙げられる。また、既存のシミュレータではグループ挙動に関するモデル化については十分な検討がなされていない。このような背景から、本論文では個別要素法型の群集行動シミュレータの心理行動に関するサブモデルとして進路変更モデルを、グループ挙動を模擬するためのモデルを開発するとともに、既往の実験データや観測結果との比較からサブモデルの妥当性を検証している。開発したサブモデルの適用事例として、沿岸に面したマレーシアの Langkawi International Airport (LIA) を対象に、現地調査に基づいた条件での津波時の群集避難シミュレーションを実施している。なお、サブモデルを導入していないシミュレーションでの避難過程や避難完了者数の時系列の結果は、サブモデルの導入した結果と比較して顕著な違いを示しており、避難計画に対する開発したサブモデルの重要性が示唆されている。 本論文は、以下に示す8章から構成される。 第1章は序論であり、研究の背景と目的、および本論文の構成について述べている。 第2章は既往の研究のレビューとともに、本研究の位置づけを示している。これまで開発されてきた多くの群集避難行動モデルを分類し、それらの特徴を調査するとともに、群集避難行動における進路変更およびグループ行動に関するモデル化に対する重要性を述べている。また、本研究の数値シミュレーションで採用されている個別要素法を基礎としたマルチエージェントモデルの特徴について述べている。 第3章では、群集行動のシミュレーションで使用する回避・追従モデル付きの個別要素法型の群集行動シミュレータを説明している。個々の人間要素の運動方程式ならびに、人間要素の運動を規定する物理接触、心理接触および自己回避に関する相互作用力のモデル化、数値解析法そしてモデル定数の設定法について詳細に記載している。 第4章では進路変更とグループ行動のモデルの定式化を述べている。前者のモデルは、視野範囲における他の避難者の密集度とそれらの平均歩行速度の低下をトリガーとする進路変更のモデルであり、進路変更の意志決定は、視野内密度の時間的応答効果を重畳積分の値によって表現している。一方、後者のグループモデルは、同一グループ構成要素間と他のグループ構成要素間および壁境界との相互作用力を新たにモデル化し、			

京都大学	博士（工学）	氏名	NOORHAZLINDA BINTI ABD RAHMAN
特に同一グループ構成要素間には、グループ形成のために斥力だけでなく引張り抵抗モデルを導入した定式化を示している。 第5章では、第4章で述べた進路変更およびグループモデルを導入した個別要素法を基礎としたマルチエージェントモデルを用いて、マレーシアの Langkawi International Airport（LIA）での津波時の群集避難過程を対象にしたシミュレーションをそれぞれ実施している。LIA の現地調査の内容（調査方法や収集データ）やシミュレーションの対象領域である LIA 周辺のエリアの PC 上でのモデリング方法を説明している。また、ビデオ画像からグループ歩行者の歩行軌跡追跡するために使用するアフィン変換について記載している。 第6章では、第4章で述べた進路変更モデルの妥当性を人間要素に作用する作用力の観点から検証した後、想定されたシナリオに基づいて LIA における津波時の群集避難シミュレーションを実施している。LIA でのシミュレーション結果からは、自然な進路変更過程が確認され、避難方向の変更が見込まれる計画に対してこの種のモデルの適用の有効性がうかがえる。 第7章では、現地観測結果からグループ歩行速度の統計データを示し、また得られたグループ歩行軌跡との比較から、開発したグループ行動モデルの再現性をグループスケール（数名の要素から構成されるスケール）の観点から明らかにしている。また、LIA における津波時の群集避難行動について、グループモデルを導入したマルチエージェントモデルを用いたシミュレーションを実施している。その結果から、グループを含む場合はそれを含まない場合と比較して避難完了に必要な時間が増加する結果を示しており、グループの効果を考慮したシミュレーションに基づいた避難計画の重要性が主張されている。 第8章は結論であり、本論文で得られた成果の要約である。			

(論文審査の結果の要旨)

個別要素法型群集行動シミュレータでは、要素間相互作用力によって個々の要素の運動、すなわち個人の行動が決定される。そのため、要素間相互作用力のモデル化が、群集行動の再現に対して鍵となる。しかしながら、心理的な効果の定式化は困難であり、これまで十分に検討されていない。本論文では、災害時の混雑状況において混雑を避けようとする心理の効果を表現するための進路変更モデルと、家族や集団などグループ行動をしようとする心理の効果に関するモデル開発が進められている。また、既往の研究や観測結果との比較から開発したサブモデルの再現性を示すとともに、マレーシアの Langkawi International Airport (LIA) での津波避難過程を対象にしたシミュレーションより心理的效果が結果に及ぼす影響について検討している。このように本論文は、個別要素法型群集行動シミュレータの再現性向上のために、群集の心理的效果に関するサブモデルを開発したものであり、主な成果は次のとおりである。

1. 混雑回避による進路変更挙動を、避難者の視野範囲に含まれる他の避難者の数密度と混雑に対する応答遅れを示す指数減衰型の応答関数の重畳積分によって表現した。既往の観測における計測値との比較から、開発した進路変更モデルの有効性が示された。
2. 異なるグループ間の相互作用力モデルを導入したグループ行動モデルを開発した。観測結果との比較から開発したモデルの良好な再現性が確認された。また、マレーシアの LIA を対象とした津波避難シミュレーションの結果から、グループモデルの導入が避難過程に大きく影響することを示し、グループ行動を考慮した避難計画の重要性を明らかにした。

個別要素法型群集行動シミュレータにおける心理的效果のモデル化の検討は、群集行動予測の精度向上に不可欠であり、本論文で取扱っている進路変更とグループ行動に関するモデリングは、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成27年1月26日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行って、申請者が博士後期課程学位取得基準を満たしていることを確認し、合格と認めた。

なお、本論文は、京都大学学位規程第14条第2項に該当するものと判断し、公表に際しては、当該論文の全文に代えてその内容を要約したものとすることを認める。

要旨公開可能日： 年 月 日以降