

京都大学	博士 (工学)	氏名	花 島 健 吾
論文題目	歩行者と自動車行動を考慮した水害避難シミュレーションモデル		
<p>(論文内容の要旨)</p> <p>本論文は、水害時の避難行動を個人レベルでシミュレートするモデルを開発した成果を取りまとめたものであり、7章で構成されている。</p> <p>第1章は序論であり、近年頻発する豪雨災害の特徴を整理し、水害時に命を守る手段として避難システムの確立が急務であること、しかしながら、避難行動は人間行動に起因する不確実性に左右され、その効果の測定や最適な計画の立案が極めて難しいことを指摘している。その上で、人や自動車などの避難主体の行動を様々な条件下でシミュレートできるモデルの重要性に触れつつ、本研究の背景と目的を述べている。</p> <p>第2章では、本論文で開発した水害避難シミュレーションのベースとなった水害避難ミクロモデルについて、既往研究との関係に注意しつつレビューし、その機能および問題点を整理している。その上で、新たに実現すべき機能として、歩行による避難者の行動をシミュレーションする場合には混雑の影響を考慮できること、また、自動車を用いた避難行動の再現ができることの重要性を指摘している。</p> <p>第3章では、避難経路上の混雑が避難者の行動に及ぼす影響をモデル化する方法について検討している。観測実験で得られた道路上の人の密度と歩行速度との関係を直接歩行速度の決定に用いる場合、密度を算定する道路セグメントの規模によって、不自然に歩行速度が低下し渋滞が発生するケースがあることを指摘し、これを回避すべく、個々人が障害物を回避する行動様式をルール化することで混雑を表現する方法について検討している。具体的には、各避難者の前方に衝突判定領域を設定し、そこに障害物が存在する場合、一定の距離を保ってその障害物を迂回するという比較的簡単な障害物回避行動ルールを設定することで、追い越しや減速、追従歩行といった混雑時に見られる現象を表現できることを明らかにしている。加えて、氾濫流の水深だけでなく流速が避難行動に及ぼす影響を表現する機能をモデルに追加している。</p> <p>第4章では、水害避難時における自動車挙動のモデリングについて考察している。従来の避難行動モデルに関する研究は、それぞれの解析目的によって、重視するパラメータは異なっているものの歩行による避難を前提としているものが多かった。しかし現実には、自動車を用いた避難も多数行われており、自動車を利用することによる利点や逆に危険になる点などを分析することが安全な避難システムを考える上で重要である。ところが、個々の自動車の行動を表現できるような既往の自動車交通シミュレーションモデルを、避難シミュレーションで用いられるような広範なフィールドで適用すると、多大な計算負荷による困難が生じる。一方、個々の自動車を再現せず、交通量を扱うモデルの場合、浸水による被害の状態を時間的、空間的に細かく把握することはできない。そこで、本研究では、自動車の走行シーンを定常走行時、減速停止時、加速発進時の3分</p>			

京都大学	博士 (工学)	氏名	花 島 健 吾
<p>類に単純化し，前方の自動車との距離と相対速度によって，自由走行モード，追従モード，減速停止モードの3つのシンプルなモードで自動車挙動を表現する方法を提案している．これにより，計算負荷を低減しつつ広域なエリアでも個別の自動車の挙動を再現することが可能となった．</p> <p>第5章では，信号制御を簡易なモデルで可能な限り現実的に再現する方法について考察している．特に自動車を対象とした交通シミュレーションを行う場合，信号制御を表現することは必須となるが，一般にシミュレーションの対象領域の信号設置状況や制御状況のデータは容易に入手することができず，また実地の調査にも困難を伴う．そこで本章では，数値地図等から得られる道路の接続関係から半自動でペアとなる道路アークを識別し，信号制御をシミュレートする方法を開発し，その妥当性を検討している．</p> <p>第6章では，避難を目的としない通常交通の状況が，車両による避難行動に及ぼす影響をモデル化する方法について検討している．対象地域における平時の交通量を示すデータは，十分な量が手に入るには言い難い状況である．また，個々の自動車の挙動を扱う交通モデルでは，必要なデータを実測によって補っているが，避難シミュレーションのような広域なエリアを対象とする場合はその全てを実測でまかなう事は現実的ではない．そこで，道路交通センサスのデータと最小限の観測地点における実測によるデータを用い，主要な道路の断面交通量データを推測する方法を提示した．また，それらの断面交通量データから，個々の自動車挙動を扱う推定モデルへの変換方法を提案した．上記の方法で得られた平時の交通量のデータと，氾濫解析のデータを用いて統合避難シミュレーションを行った結果，大規模な浸水が発生しつつある状況下では，通常交通の有無よりも浸水による交通障害が避難の成否に支配的要因となるものの，計画的避難行動に重要な浸水開始前や浸水初期の状態では，平時の交通量が避難行動の成否に相当程度の影響を与えうることを示した．</p> <p>第7章は結論であり，本研究で得られた成果を要約するとともに，今後の展望を述べている．</p>			

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、水害時の避難行動を個人レベルでシミュレートするモデルを取り扱ったものであり、従来の避難行動モデルをベースに、経路上の混雑が歩行者の避難行動に及ぼす影響を表現する機能や、避難行動に自動車を利用するケース、さらには、経路上で歩行者と自動車とが混在するケースを表現する機能を実現している。本論文に取りまとめられた主要な成果は以下のとおりである。

- 1) 水害時に徒歩で避難する場合に経路上で発生することのある混雑と、それが対象地域の全体の避難行動に及ぼす影響を取り扱うことのできる避難行動モデルを開発した。具体的には、従来一次元で表現されていた街路ネットワークを、簡便に二次元に拡張して表現する方法を提案するとともに、人を一定の領域を持つ円として表現し、これらが接触なしに行動するための回避行動ルールについて考察している。
- 2) 水害時の避難に実際には自動車が用いられる例が少なくないことに着目し、自動車の挙動を再現するモデルを構築した。特に、水害時の避難行動を解析する場合には、比較的広域を対象として多数の車両の行動を模擬する必要があることを指摘し、車両間の相対位置に応じて、自由走行・追従・減速停止といった3つのモードのみでその行動を表現する簡便な枠組みを採用することで、計算負荷の低減を図り、多数の自動車の動きを同時にシミュレーションすることを可能にしている。
- 3) 自動車による避難行動を考える際に必要となる通常交通のモデル化について検討し、十分な交通量データの無いところでも、道路交通センサスと最小限の観測地点での実測データを用いて、通常交通の存在が避難行動に与える影響を考えることのできるモデルを提案し、実地域に適用している。
- 4) 通常交通の存在の有無と、歩行および自動車による避難者が混在する状況について、洪水氾濫の規模を変化させつつ避難行動シミュレーションを行い、大規模な浸水が発生しつつある状況下では、通常交通の有無よりも浸水による交通障害が避難の成否に支配的要因となるものの、計画的避難行動に重要な浸水開始前や浸水初期の状態では、通常交通量が避難行動の成否に相当程度の影響を与えうることを示している。

以上のように、本論文は、水害時の避難行動を、歩行による場合、自動車を用いる場合、両者が混在する場合についてコンピュータ上で詳細にシミュレーションできるモデルを開発したもので、新規で有用な知見を含んでおり、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25年10月21日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行い、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。