

京都大学	博士（工学）	氏名	陳 振宇
論文題目	A Decision Support System for Warning and Evacuation against Multi Sediment Hazards (複合土砂災害に対する警戒避難の意思決定支援システム)		
<p data-bbox="188 394 448 427">(論文内容の要旨)</p> <p data-bbox="172 479 1417 640">本論文は、豪雨時に洪水氾濫や小規模な斜面崩壊による道路遮断などのハザードが避難行動に影響を与える状況下で発生する土砂災害（ここでは複合土砂災害という）に対する警戒避難意思決定支援システムに関する研究をまとめたものであって、7章からなっている。</p> <p data-bbox="172 651 1417 768">第1章は序論であり、本研究で対象にしている土砂災害の特徴の一つであるハザードの複合性について、2009年の台湾・小林村での大規模災害を事例に挙げて調査し、本研究の支援システムで対象とする複合土砂災害の特徴を明確にしている。</p> <p data-bbox="172 779 1417 1193">第2章では、台湾や日本で用いられている土砂災害の発生予測に基づく警戒避難システムについて比較しながら整理し、過去の事例を対象にして土砂災害の発生予測の正確さや警戒情報に基づく住民の避難率などについて調査した。警戒情報が発表された地域で実際には災害が起らなかった率が両国とも約80%と高く、実際に土砂災害が発生した地域のうち予測されていたものの割合は両国とも50~60%であること、また、警戒避難が発表された地域で実際に住民が避難した率が台湾で50%、日本で10%と低いことを示している。ついで、2009年の台湾・小林村での災害について、深層崩壊が発生する前の洪水氾濫や土石流の発生の場所とタイミング、警報発令のタイミングなどを調査し、避難困難時間帯にハザードの6割が発生したこと、深層崩壊の発生の前に様々なハザードが連続して発生したことなどを示している。</p> <p data-bbox="172 1205 1417 1664">第3章では、行政および住民に対してアンケート調査を行い、AHP解析により避難行動に関係する要因の重みを分析した。要因は大きな分類のレベル1とそれを細分化したレベル2に分けられ、行政に対して6個のレベル1のカテゴリーと23個のレベル2のカテゴリー、住民に対しては、それぞれ5個、20個のカテゴリーを設定した。解析の結果、県、郷、村の各行政レベル間での重みの違い、災害経験のある住民とない住民の重みの違いが示され、たとえば、県では降雨時の現場状況の重みが最も高く、郷や村では降雨量と災害の発生、道路遮断の重みが一番大きいこと、住民では、災害経験の有無にかかわらず、避難場所の安全性の重みが最も高く、経験者は次に災害経験、非経験者は隣人の避難の重みが大きいことが示されている。この解析から警戒避難情報の重みが大きくないことが示され、的中率の向上や詳細な内容の警戒情報を提供することがこれを改善するために重要であることが示されている。</p> <p data-bbox="172 1675 1417 2020">第4章では、避難のための重要な情報となる斜面崩壊の予測手法について新たな手法を提案している。的確な避難には、斜面崩壊の発生時刻、場所、規模の情報を提供することが重要であり、実用性を考えるとリアルタイムで予測する必要がある。従来の斜面崩壊の予測モデルでも発生時刻、場所、規模を推定することは可能であるが、計算に時間を要しリアルタイムでの予測が困難である。この研究では、各斜面が固有の崩壊限界水分量を持つことに着目し、斜面内水分量の時間変化を解析することで斜面崩壊を予測する手法を提案し、系統的な条件設定により、斜面内水分量の変化や崩壊規模を算定する回帰式を求め、リアルタイム予測を可能にしている。このモデルは2012年8月に</p>			

京都大学	博士（工学）	氏名	陳 振宇
<p>宇治市志津川流域で発生した斜面崩壊に適用し、短時間で解析できるモデルであるがその精度が従来の方法と同程度あることが検証されている。また、降雨時の斜面崩壊のリスクの時間変化にも利用できることが示されている。</p> <p>第5章では、流域スケールでの降雨流出・土砂流出モデルに、第4章の斜面崩壊のモデルを組み込み、時系列的に流域で起こる洪水氾濫、崩壊による道路遮断などが解析できるようにしている。この結果、豪雨の間、流域の中で発生する様々なハザードを時々刻々予測することが可能になる。このモデルを異なる降雨パターンに適用し、総降雨量が同じでも、ハザードの件数や発生時刻が異なることが示されている。</p> <p>第6章では、この研究で開発したシミュレーションモデルを用いた警戒避難支援システムを提案している。このシステムでは、洪水氾濫や道路遮断の危険度、斜面崩壊発生の危険度を第5章のモデルによって評価し、その危険度に応じて注意報と警報を発表するものである。この方法を志津川流域に適用し、このシステムでどのような情報が提供できるかを示している。また、ある降雨条件に対して現在の台湾での警戒避難情報を提供した時とこのシステムでより詳細な情報を提供した時について、行政側と住民側の警戒避難行動の変化をアンケート調査により分析した。その結果、後者の方がより早期の避難行動につながることを示され、この研究がより的確な警戒避難行動を可能にする実用性の高いものであることが示されている。</p> <p>第7章は結論であり、本論文で得られた成果について要約し、今後の問題についても提言している。</p>			

## (論文審査の結果の要旨)

本論文は、豪雨時の複合土砂災害に対して、的確な避難を実行するための警戒避難の意思決定支援システムの開発を行ったものであり、得られた主な成果は次のとおりである。

1. 台湾や日本の警戒避難システムのベースである土砂災害予測手法の精度は高くなく、ハザードの情報も単純であるため住民の避難率が低いことが示された。また、ハザードの詳細情報だけでなく避難のタイミングも重要であることを示し、本研究の背景を明確にしている。
2. 行政の避難行動の意思決定に係る要因のうち、降雨時の現場状況の重みが大きく、住民の避難行動には、避難場所の安全性や災害経験などが強く影響することがわかった。警戒情報の重みが大きくないのは、土砂災害の予測精度が低いことや詳細な警戒情報の提供がないことによると分析され、本支援システムの目指す点が明確にされた。
3. 本支援システムの開発において、各斜面が固有の崩壊限界水分量を持つことに着目し、斜面内水分量の時間変化を回帰式で解析することで斜面崩壊をリアルタイムで予測する手法を提案し、また崩壊規模を予測する回帰式も提示した。このように新規性のある斜面崩壊リアルタイム予測手法の実用化を図った。
4. 降雨流出、土砂流出、斜面崩壊を同時に解析するモデルを構築し、洪水氾濫や崩壊による道路遮断の危険度を評価することのできる新規性と独創性のあるモデルを構築した。これを用いて、避難のタイミングを見つける方法が提示された。
5. 本支援システムを用いて、ある降雨条件に対して避難行動を阻害する洪水氾濫や道路遮断の危険度や直接的な災害につながる斜面崩壊発生の危険度が解析され、それぞれの注意報と警報を発表する実例を示した。また、本システムによる警戒情報の提供により、行政や住民の早期避難行動を促すことができることがアンケート分析により示された。このように、土砂災害に対する高度な警戒避難行動を可能にする実用性の高い支援システムに関する研究成果が得られた。

本論文は、複合土砂災害に対して、的確な避難が行えるように支援する警戒避難の意思決定支援システムの開発を行ったものであり、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26年8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。