

審査の結果の要旨

氏名 池内 寛明

洪水は人的・経済的に多大な被害をもたらす自然災害であり、気候変動に伴い世界の多くの地域でリスクが増大すると予想される。特に河口デルタ地域において河川増水と高潮が同時に発生する複合洪水災害は、それぞれが単独で発生する場合よりもハザード規模および発生頻度の推定が難しく、リスク推計手法の高度化が求められている。本論文は、複合洪水災害によるリスク推計の基礎となる、河川増水と高潮の相互作用を考慮した洪水氾濫シミュレーションのための数値モデルを構築したものである。

第1章では、複合洪水災害の研究に関する背景を述べた後、既往研究における全球規模・領域規模での河川洪水モデル・高潮モデルおよび河川・高潮結合モデルについてレビューした。広域リスク推計のためにも全球スケールでの河川モデルと高潮モデルの結合による複合洪水災害シミュレーションが科学的・社会的に重要であるとまとめている。続く第2章では、本論文で構築する複合洪水氾濫モデルの基盤となる、全球河川モデル **CaMa-Flood**、領域2次元氾濫モデル **LISFLOOD-FP** および全球沿岸水位データセット **GTSR** について詳細な解説を行った。

第3章では、全球河川モデル **CaMa-Flood** に河川下流端境界条件として沿岸水位データセット **GTSR** を結合することにより、世界全域を対象とした河川・高潮結合シミュレーションを実施した。その結果、アマゾン川や長江といった下流部に低平地が広がる大河川において内陸部まで水位増加が見られること、東南アジアや北極海沿岸域では海水位変動を考慮することで河口付近において水位が **50 cm** も上昇することなど、海水位変動の考慮が河川水動態に広い範囲で影響を及ぼしていることが示された。またメコンデルタとガンジスデルタで観測水位を用いてモデル検証を行った結果、沿岸水位データと全球河川モデルとの結合によって、潮汐による河川水位の日変動や、サイクロンによる高潮の内陸への伝搬が再現できることが確認され、構築した結合モデルの物理的妥当性が示された。

第4章では、全球河川氾濫モデルと領域2次元氾濫モデルをネスティングすることで、高潮来襲時のデルタ域における複雑な水動態を高解像度でシミュレ

ーションする枠組みを開発した。これまでは領域2次元氾濫モデルを用いた大陸河川の複合災害シミュレーションは計算コストが制約となり困難であったが、標高・河道断面・集水域境界などの各種地形データを全球河川モデルと領域氾濫モデルで整合性が取れるように整備することで両者をスムーズに結合した。これにより、河口デルタ域の河道および氾濫原における地表水動態の2次元高解像度シミュレーションが実現した。

第5章では、ここまでに開発した河川・高潮結合モデルを用いて、エルベ川およびメコン川デルタを対象として複合洪水災害のシミュレーションを実行した。全球河川モデルとネスティングした領域氾濫モデルとの間でシミュレーション結果を比較することにより、異なるスケールの洪水氾濫モデルが表現する物理過程の違いが明確になった。領域モデルでは浸水深が滑らかに分布する一方で全球モデルでは集水域境界で水深の不連続性が見られた。また、エルベ川において高潮による海水位変動を下流端境界条件として与えた実験では、河口狭窄部の表現方法が異なるために河川・海洋間での水フラックス計算に差が出ることを示された。これらは、全球河川モデルで高速計算を実現するために導入された単位集水域におけるサブグリッドスケールの水動態近似に起因することが確認された。さらに、領域2次元モデルでは、氾濫原における流速分布や浸水開始時刻などをより詳細な空間分布をもって表現できるため、より具体的な洪水対策を議論する上で有用となりうることを示された。

このように本論文は、大陸河川スケールや全球スケールにおける河川増水と高潮の同時発生による複雑な水動態のシミュレーションを世界に先駆けて実現したものである。また、全球河川モデルと領域2次元氾濫モデルの結合により複合洪水災害のリスク推定の高度化に貢献しているほか、両モデルの比較によって全球河川モデルにおけるサブグリッド洪水物理過程を高度化する可能性を示唆するなど、社会的にも学術的にも重要な成果を上げている。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。