

審査の結果の要旨

氏名 佐々木勇弥

流砂系の総合的な土砂管理においては、河川と海岸が接続する河口部の水理現象や土砂移動を理解することが重要である。特に河口部においては、波・流れ・潮汐等の流体外力が海洋および流域の気象・海象条件によって大きく変動し、その結果として生じる土砂移動や地形変化は、非線形的に相互関連する複雑過程として、十分な解明が進んでいない。現象の激しさ、複雑さから実験や数値解析によるアプローチにも限界があり、その全体像を理解するためには、現地調査に基づく知見の蓄積が重要である。しかし、既往の現地研究は、調査の時間密度が低いこと、継続的でないこと、三次元的な地形情報が乏しいこと、そして、イベント発生時の観測が非常に少ないこと等の問題がある。本研究は、天竜川河口部において、約3年間にわたる申請者自身の継続的観測を、関連する諸データと合わせて分析することにより、数時間から数年間の多重スケールで変化する河口地形の変形機構を解明したものである。分析の対象は、長期的なサイクルにおける季節スケールの外力特性と地形変化との関係、先行イベント影響を強く受ける複合的な地形変動機構、複雑な地形を持つ河口各地点での砂州の岸沖断面地形の変動特性、遡上域の流体運動と地形変化の対応などであり、これらが詳細かつ継続的な現地調査結果に基づき実証的に明らかにされている。具体的には、天竜川河口域において、河口沖の水位変動を含む各種水理データの分析、高頻度で継続的な河口砂州地形の断面地形測量を含む現地調査結果の分析、河口を両岸から監視するカメラで連続的に撮影した画像の解析などが実施されている。

数か月以上の長期的な河口地形変化の分析では、来襲波浪の季節的な変動特性に応じ、砂州の伸長や変形が生じる過程が明らかにされている。すなわち、季節風の作用が支配的となる冬期には、斜めから入射する短周期波浪の作用により沿岸漂砂が発達し、砂州が伸長する。これに対し、巨大波浪がイベント的に作用する台風期には、岸沖漂砂が支配的となり、砂州の河道側への押し込みや、砂州越流に伴う砂州の陸側への移動が発生することが観察された。また、砂州の大規模変形をもたらす越流は、入射波浪の周期が長い場合に限定的に発生し、その発生条件として長周期変動が本質的な指標であることを見出すとともに、その発達特性を明らかにした。

砂州の越流過程は、監視カメラで取得した台風時の連続画像を分析することにより、さらに詳細に解明されている。巨大な波浪と河川の出水が時間差を伴いながらもほぼ同時に作用する台風イベントにおいて、監視カメラの画像をもとに、砂州上の諸地点の水理・土砂移動を反映するタイムスタック画像を作成し、その分析から、砂州部の越流と地形変化機構を解明した。その結果、(1)有効砂州高（海側、河道側）、(2)長周期波の発達、(3)開口部周辺の岸向き土砂移動、(4)地形の履歴の4つの指標が河口部の地形変化を考えるうえで重要な物理概念であることが実証的に明らかにされている。

以上、本研究では、土砂管理の基本的結節点である河口部の水理・土砂移動・地形変化現象に

対して、地形計測、入射波・河川流などの流体運動の分析、監視カメラを用いた状態把握などを組み合わせることにより、数時間から数か月のスケールで生じる地形変化のメカニズムを解明することに成功している。台風や洪水などのイベントにより急激に変化する諸現象に対して、取得することが極めて困難な各種データを組み合わせて、波浪と河川流など非線形的に相互影響する複数因子の関係を現実の観測データを用いて実証的に解明した点に、学術上の意義が認められる。長周期変動の役割や有効砂州高の概念などに代表される本研究の成果は、個々の概念モデルの妥当性を検証するプロセスが十分とは言えず、数値モデルなどによるさらなる精緻化が今後の課題として残されてはいるものの、現段階においても、流砂系の環境改善に向けた取組が本格化しつつある天竜川の河口管理に具体的に活用できるのみならず、河川工学と海岸工学の境界に位置する河口において、その科学的・工学的理解を進めるうえで、一般的かつ基本的な枠組みを提示するものであり、学術的、社会的貢献は極めて大きい。

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。

審査の結果の要旨

氏名 佐々木勇弥

流砂系の総合的な土砂管理においては、河川と海岸が接続する河口部の水理現象や土砂移動を理解することが重要である。特に河口部においては、波・流れ・潮汐等の流体外力が海洋および流域の気象・海象条件によって大きく変動し、その結果として生じる土砂移動や地形変化は、非線形的に相互関連する複雑過程として、十分な解明が進んでいない。現象の激しさ、複雑さから実験や数値解析によるアプローチにも限界があり、その全体像を理解するためには、現地調査に基づく知見の蓄積が重要である。しかし、既往の現地研究は、調査の時間密度が低いこと、継続的でないこと、三次元的な地形情報が乏しいこと、そして、イベント発生時の観測が非常に少ないこと等の問題がある。本研究は、天竜川河口部において、約3年間にわたる申請者自身の継続的観測を、関連する諸データと合わせて分析することにより、数時間から数年間の多重スケールで変化する河口地形の変形機構を解明したものである。分析の対象は、長期的なサイクルにおける季節スケールの外力特性と地形変化との関係、先行イベント影響を強く受ける複合的な地形変動機構、複雑な地形を持つ河口各地点での砂州の岸沖断面地形の変動特性、遡上域の流体運動と地形変化の対応などであり、これらが詳細かつ継続的な現地調査結果に基づき実証的に明らかにされている。具体的には、天竜川河口域において、河口沖の水位変動を含む各種水理データの分析、高頻度で継続的な河口砂州地形の断面地形測量を含む現地調査結果の分析、河口を両岸から監視するカメラで連続的に撮影した画像の解析などが実施されている。

数か月以上の長期的な河口地形変化の分析では、来襲波浪の季節的な変動特性に応じ、砂州の伸長や変形が生じる過程が明らかにされている。すなわち、季節風の作用が支配的となる冬期には、斜めから入射する短周期波浪の作用により沿岸漂砂が発達し、砂州が伸長する。これに対し、巨大波浪がイベント的に作用する台風期には、岸沖漂砂が支配的となり、砂州の河道側への押し込みや、砂州越流に伴う砂州の陸側への移動が発生することが観察された。また、砂州の大規模変形をもたらす越流は、入射波浪の周期が長い場合に限定的に発生し、その発生条件として長周期変動が本質的な指標であることを見出すとともに、その発達特性を明らかにした。

砂州の越流過程は、監視カメラで取得した台風時の連続画像を分析することにより、さらに詳細に解明されている。巨大な波浪と河川の出水が時間差を伴いながらもほぼ同時に作用する台風イベントにおいて、監視カメラの画像をもとに、砂州上の諸地点の水理・土砂移動を反映するタイムスタック画像を作成し、その分析から、砂州部の越流と地形変化機構を解明した。その結果、(1)有効砂州高（海側、河道側）、(2)長周期波の発達、(3)開口部周辺の岸向き土砂移動、(4)地形の履歴の4つの指標が河口部の地形変化を考えるうえで重要な物理概念であることが実証的に明らかにされている。

以上、本研究では、土砂管理の基本的結節点である河口部の水理・土砂移動・地形変化現象に

対して、地形計測、入射波・河川流などの流体運動の分析、監視カメラを用いた状態把握などを組み合わせることにより、数時間から数か月のスケールで生じる地形変化のメカニズムを解明することに成功している。台風や洪水などのイベントにより急激に変化する諸現象に対して、取得することが極めて困難な各種データを組み合わせて、波浪と河川流など非線形的に相互影響する複数因子の関係を現実の観測データを用いて実証的に解明した点に、学術上の意義が認められる。長周期変動の役割や有効砂州高の概念などに代表される本研究の成果は、個々の概念モデルの妥当性を検証するプロセスが十分とは言えず、数値モデルなどによるさらなる精緻化が今後の課題として残されてはいるものの、現段階においても、流砂系の環境改善に向けた取組が本格化しつつある天竜川の河口管理に具体的に活用できるのみならず、河川工学と海岸工学の境界に位置する河口において、その科学的・工学的理解を進めるうえで、一般的かつ基本的な枠組みを提示するものであり、学術的、社会的貢献は極めて大きい。

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。

審査の結果の要旨

氏名 佐々木勇弥

流砂系の総合的な土砂管理においては、河川と海岸が接続する河口部の水理現象や土砂移動を理解することが重要である。特に河口部においては、波・流れ・潮汐等の流体外力が海洋および流域の気象・海象条件によって大きく変動し、その結果として生じる土砂移動や地形変化は、非線形的に相互関連する複雑過程として、十分な解明が進んでいない。現象の激しさ、複雑さから実験や数値解析によるアプローチにも限界があり、その全体像を理解するためには、現地調査に基づく知見の蓄積が重要である。しかし、既往の現地研究は、調査の時間密度が低いこと、継続的でないこと、三次元的な地形情報が乏しいこと、そして、イベント発生時の観測が非常に少ないこと等の問題がある。本研究は、天竜川河口部において、約3年間にわたる申請者自身の継続的観測を、関連する諸データと合わせて分析することにより、数時間から数年間の多重スケールで変化する河口地形の変形機構を解明したものである。分析の対象は、長期的なサイクルにおける季節スケールの外力特性と地形変化との関係、先行イベント影響を強く受ける複合的な地形変動機構、複雑な地形を持つ河口各地点での砂州の岸沖断面地形の変動特性、遡上域の流体運動と地形変化の対応などであり、これらが詳細かつ継続的な現地調査結果に基づき実証的に明らかにされている。具体的には、天竜川河口域において、河口沖の水位変動を含む各種水理データの分析、高頻度で継続的な河口砂州地形の断面地形測量を含む現地調査結果の分析、河口を両岸から監視するカメラで連続的に撮影した画像の解析などが実施されている。

数か月以上の長期的な河口地形変化の分析では、来襲波浪の季節的な変動特性に応じ、砂州の伸長や変形が生じる過程が明らかにされている。すなわち、季節風の作用が支配的となる冬期には、斜めから入射する短周期波浪の作用により沿岸漂砂が発達し、砂州が伸長する。これに対し、巨大波浪がイベント的に作用する台風期には、岸沖漂砂が支配的となり、砂州の河道側への押し込みや、砂州越流に伴う砂州の陸側への移動が発生することが観察された。また、砂州の大規模変形をもたらす越流は、入射波浪の周期が長い場合に限定的に発生し、その発生条件として長周期変動が本質的な指標であることを見出すとともに、その発達特性を明らかにした。

砂州の越流過程は、監視カメラで取得した台風時の連続画像を分析することにより、さらに詳細に解明されている。巨大な波浪と河川の出水が時間差を伴いながらもほぼ同時に作用する台風イベントにおいて、監視カメラの画像をもとに、砂州上の諸地点の水理・土砂移動を反映するタイムスタック画像を作成し、その分析から、砂州部の越流と地形変化機構を解明した。その結果、(1)有効砂州高（海側、河道側）、(2)長周期波の発達、(3)開口部周辺の岸向き土砂移動、(4)地形の履歴の4つの指標が河口部の地形変化を考えるうえで重要な物理概念であることが実証的に明らかにされている。

以上、本研究では、土砂管理の基本的結節点である河口部の水理・土砂移動・地形変化現象に

対して、地形計測、入射波・河川流などの流体運動の分析、監視カメラを用いた状態把握などを組み合わせることにより、数時間から数か月のスケールで生じる地形変化のメカニズムを解明することに成功している。台風や洪水などのイベントにより急激に変化する諸現象に対して、取得することが極めて困難な各種データを組み合わせて、波浪と河川流など非線形的に相互影響する複数因子の関係を現実の観測データを用いて実証的に解明した点に、学術上の意義が認められる。長周期変動の役割や有効砂州高の概念などに代表される本研究の成果は、個々の概念モデルの妥当性を検証するプロセスが十分とは言えず、数値モデルなどによるさらなる精緻化が今後の課題として残されてはいるものの、現段階においても、流砂系の環境改善に向けた取組が本格化しつつある天竜川の河口管理に具体的に活用できるのみならず、河川工学と海岸工学の境界に位置する河口において、その科学的・工学的理解を進めるうえで、一般的かつ基本的な枠組みを提示するものであり、学術的、社会的貢献は極めて大きい。

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。