

学 位 審 査 報 告 書

(ふ り が な) 氏 名	やまぐち なおふみ 山口 直文
学位 (専攻分野)	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	理 博 第 号
学位授与の日付	平成 21 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
研 究 科 ・ 専 攻	理学研究科 地球惑星科学 専攻
(学位論文題目) Effects of sediment settling in oscillatory flow on ripple morphodynamics (振動流中の堆積物沈降がウェーブリップルの移動と形態に与 える影響)	
論 文 調 査 委 員	(主査) 関口 秀雄 教授 釜井 俊孝 教授 石川 裕彦 教授

理 学 研 究 科

(論文内容の要旨)

海浜変形の特徴は、様々な時空間スケールのプロセスが複雑に関与していることにある。申請者は、非碎波領域の波浪環境下における砂漣（リップル）の形態および移動特性に関する知見が、海浜地形環境学はじめ、堆積学や浅海地質学の進歩に繋がるとの視点に立って、2シリーズの波浪水槽実験を行い、海浜過程におけるリップル移動による堆積物輸送の重要性を調べた。

まず、水中における堆積物粒子の運動の特徴はその間欠性にあるという仮説に基づき、波浪による振動流下の砂床応答を系統的に調べるうに、流体外力の非定常性を積極的に検討する意義を強調した。リップル地形と底面振動流の相互作用によって発生する渦動運動の影響を考慮するために、新たな無次元沈降パラメータを導入した。

進行波の下における底面流速の非定常性を端的に実現するために、造波方法および水槽端部での消波装置に工夫を凝らし、sinusoidal な底面流速変化の間に間欠的に低流速の期間、すなわち流速の”空白”が生じる2種類の造波パターンの実現に成功した。すなわち”押—引—空白”パターンと”引—押—空白”パターンである。比較のため、規則波実験も行った。その結果、リップルの形態は底面流速の”空白”の影響を受けないが、リップルの移動方向は、流速の”空白“の入るタイミングに応じて、岸向きあるいは沖向きとなることを示した。リップルの移動速度は底面流速の大きさや非対称性とはほとんど相関がなく、底面流速加速度の歪度と極めてよい相関を持つことを明らかにした。高速度カメラを駆使して堆積物の運動を詳細に観察し、底面流速の”空白”によって強調される堆積物の沈降域の空間的偏りが、リップルの移動方向を決めていることを明らかにした。

水深が比較的小さくなると、波浪場は一般に浅水変形の影響を受ける。それをふまえた一連の波浪水槽実験を行った。砂質堆積物の粒径を3種類に変えて、沈降現象の影響を詳しく検討した。その結果、底面流速の非対称性が強くなるとリップル頂部が丸まった形態をとることを発見し、それを定量的に表現できる指標を導入した。この指標は無次元沈降パラメータと極めてよい相関があることを明らかにした。高速度カメラによる詳細観測の結果、振動流の方向の反転（岸向きから沖向き）に応じて、各リップルの頂部—岸側斜面への堆積物の沈降が選択的に強調され、リップルは岸向きに移動していく機構を明らかにした。リップル移動による堆積物輸送を定量的に把握し、既存掃流砂輸送モデルによる予測値との比較を行った。既存掃流砂輸送モデルによると、堆積物輸送量を決めるのは底面水平流速の大きさであり、堆積物の沈降機構は組み込まれていない。その本質的な限界を、無次元沈降パラメータを指標にした分析に基づいて明快に指摘した。

実海浜でのリップル移動に関する既往事例報告の分析によると、既存掃流砂輸送モデルは、粗粒の砂浜海岸におけるリップル移動による堆積物輸送を過小評価する一方、細粒の砂浜海岸に対してはリップル移動による堆積物輸送を過大評価している。これらの傾向は、無次元沈降パラメータの値に着目すると、申請者による室内実験において見出された傾向と調和的である。申請者の実験結果によると、リップル移動による岸沖方向の堆積物輸送量は、汀線1m当り、概ね $0.5\text{m}^2/\text{day}$ に達する。この輸送量は、漂砂セルの堆積物収支の検討において無視できない大きさであり、海浜変形評価に新たな視点を与えるものである。

上記のように、本研究は、非碎波領域での波浪環境を視野に入れて、リップルの形態および移動特性におよぼす堆積物の沈降ポテンシャルの重要性を系統的に説明したものである。

(論文審査の結果の要旨)

海岸侵食により、わが国では毎年 160ha におよぶ砂浜面積が消失し、沿岸域の環境・防災上、深刻な課題になっている。世界的に見ても、河川や海岸砂丘からの堆積物供給の減少傾向、地球温暖化にともなう海面上昇の進行により、海浜地形環境の変化を精度高く予測する科学的方法が要求されるようになっている。海浜変形の特徴は、様々な時空間スケールのプロセスが複雑に関与していることにある。従来、砂浜海岸の長期地形変化を論ずるには、沿岸漂砂の寄与が卓越するとして岸沖方向の漂砂過程を無視することが多かった。しかも、沖側境界として「地形変化に関する限界水深(closure depth)」を想定し、その内側の海域、特に砕波帯内の漂砂の動態に関心が集中するきらいがあった。申請者は、非砕波領域の波浪環境下における砂漣(リップル)の形態と移動によって生じる岸沖方向の漂砂過程に着目した水槽実験を行い、海浜過程におけるリップル移動による堆積物輸送の重要性を調べた。

まず、水中における堆積物粒子の運動の本性はその間欠性にあることから、波浪による振動流下の砂床応答を系統的に調べるために、流体外力の非定常性を検討した。リップル地形と底面振動流の相互作用によって発生する渦動運動の影響を考慮するために、新たな無次元沈降パラメータを導入した。水槽実験においては、造波の方法および水槽端部での消波装置に工夫を凝らし、sinusoidal な流速変化の間に間欠的に低流速の期間が生じる 2 種類の造波パターンを実現することに成功した。すなわち”押—引—低流速”パターンと”引—押—低流速”パターンである。比較のため、規則波実験も行った。その結果、リップルの形態は間欠的な低流速期間の有無の影響を受けないが、リップルの移動方向は、低流速期間の入るタイミングに応じて、岸向き、あるいは沖向きとなることを示した。リップルの移動速度は、底面流速の大きさや非対称性とはほとんど相関がなく、底面流速加速度の歪度と極めてよい相関を持つことを明らかにした。さらに、堆積物の運動を詳細に観察し、間欠的な低流速期間によって強調される堆積物の沈降域の空間的偏りが、リップルの移動方向を決めていることを明らかにした。

次いで、浅水変形の影響を受ける非砕波領域を対象とした一連の水槽実験を行った。その結果、底面流速の非対称性が強くなるとリップル頂部が丸まった形態をとることを発見し、それを定量的に表現できる指標を導入した。この指標は無次元沈降パラメータと極めてよい相関があることを明らかにした。堆積物粒子の運動の詳細観測の結果、振動流が岸向きから沖向きに反転する際に、各リップルの頂部—岸側斜面への堆積物の沈降が選択的に強調され、リップルは岸向きに移動していく機構を明らかにした。リップル移動による堆積物輸送を定量的に評価し、既存輸送モデルによる予測結果との比較を行った。その結果、既存掃流砂輸送モデルは、無次元沈降パラメータの値が小さくなる条件下ではリップル移動による堆積物輸送量を過小評価することを見出した。実海浜でのリップル移動・堆積物輸送に関する既往事例報告の分析を行い、同様の傾向が見られることを指摘した。リップル移動による岸沖方向の堆積物輸送量は、申請者の実験結果によると、汀線 1 m 当り、概ね $0.5\text{m}^2/\text{day}$ に達する。この堆積物輸送は、「いわゆる地形変化限界水深」を横切る岸沖方向の漂砂過程として無視し得ない規模であること指摘した。

上記のように、本研究は、非砕波領域の波浪環境を視野に入れて、リップルの形態および移動特性におよぼす堆積物の沈降ポテンシャルの重要性を系統的に説明したものである。「いわゆる地形変化限界水深」を横切る重要な堆積物輸送機構として、リップル移動を理学的にはじめて明確に指摘した研究として高く評価される。よって、本論文は博士(理学)の学位論文として価値あるものと認める。また、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。