

平成22年 5月30日現在

研究種目：若手研究 (B)  
 研究期間：2007～2009  
 課題番号：19740309  
 研究課題名 (和文) 複雑な振動流下における三次元ウェーブリップルの自己組織化に関する実験的研究  
 研究課題名 (英文) An experimental study of self-organization of three-dimensional wave ripples under complex oscillatory flow  
 研究代表者  
 関口 智寛 (SEKIGUCHI TOMOHIRO)  
 筑波大学・大学院生命環境研究科・講師  
 研究者番号：90400647

研究成果の概要 (和文) : 本課題においては、海底や地層中に見られる、規則的パターンを示す三次元ウェーブリップルについて、水理実験を通じた研究を行った。特に二次元振動流場を模式的に再現する二次元振動板装置を開発し、定常二次元振動流や非定常一次元振動流の下で発達するリップルの形成プロセスや形成条件を明らかにした。

研究成果の概要 (英文) : Three-dimensional wave ripples were examined through laboratory experiments using two-directional oscillatory bed, which was newly developed in this study. The experiments showed that ripple formation processes and their formative conditions under steady two-dimensional oscillatory flow and those under unsteady one-dimensional oscillatory flow.

交付決定額

(金額単位：円)

|        | 直接経費      | 間接経費    | 合計        |
|--------|-----------|---------|-----------|
| 2007年度 | 2,300,000 | 0       | 2,300,000 |
| 2008年度 | 500,000   | 150,000 | 650,000   |
| 2009年度 | 500,000   | 150,000 | 650,000   |
| 年度     |           |         |           |
| 年度     |           |         |           |
| 総計     | 3,300,000 | 300,000 | 3,600,000 |

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：地球惑星科学・地質学

キーワード：地層，浅海環境，水理実験，ベッドフォーム

## 1. 研究開始当初の背景

ウェーブリップルとは砂質な海底に発達する周期的な波形の微地形であり、水面波が海底付近に引き起こす“振動流”によって堆積物粒子が動くことで自己組織化する。ウェーブリップルは現世の浅海域に広く認められ、リップルの痕跡はさまざまな地層から頻繁に見つかる。

“時間的・空間的に一様な一次元的振動流

場”でつくられる二次元的で単調なリップルについてはこれまでに多くの研究が行われており、リップルの形状・サイズと振動流の特性の関係、形成条件、形成メカニズムなどが明らかにされてきた。それら研究の成果をもとに、地層のリップルの形、サイズ、内部構造から形成時の水理環境が定性的・定量的に見積もられており、リップルは地層から過去の環境を読み解く上で不可欠なツールと

なっている。

一方、“時間的・空間的に複雑な振動流場”におけるリップルについての研究は進んでいない。特に、海底や地層に頻繁に観察される規則的な三次元パターンを示すリップルについては満足な再現実験すら行われておらず、形成条件、形成プロセス、形成メカニズムはほとんどわかっていない。これらを明らかにすることで地層学に新たなツールを提供することができると期待される。

## 2. 研究の目的

本研究の最終目標は、これまで研究例が少ない規則的な三次元ウェブリップルマークの形成条件、形成プロセス、形成メカニズムを明らかにすることである。そのためには流体運動の特性、流体運動の時間的・空間的变化、堆積物特性の三点がリップル形状におよぼす影響について系統的に検討する必要がある。そこで本研究では、三次元リップルに影響すると考えられている二次元振動流や、複合流と行った空間的に複雑な流れ場で発達するリップルの特性、時間的に変化する振動流に対するリップルの応答特性を明らかにすることを目的とした水理実験をおこなう。三次元リップルの形成に寄与すると考えられる二次元振動流については、通常の二次元造波水路、振動流トンネル、振動板装置では発生できないため、二次元振動流場を模式的に再現するための実験装置を新たに開発する。

## 3. 研究の方法

### (1) 二次元振動板装置の開発

既往研究で用いられてきた実験装置は一次元振動流をおこすことを想定しており、二次元振動運動をおこすことが出来ないことが、三次元リップルの研究が進まない一因であった。このため、本研究においては二次元振動流下における堆積物粒子の挙動を模式的に再現するため、互いに直交する二方向への振動が可能な振動板装置（二方向振動板装置）を開発する。

### (2) 水理実験

本研究において開発する二方向振動板装置と、現有する造波水路等を用いた水理実験をおこなう。二方向振動板装置を用いた実験では、特に二次元振動流下で発達する三次元リップルを対象とする。その他、二次元造波水路を用いて非定常振動流下のリップルの遷移、複合流ベッドフォームについての実験をおこなう。

## 4. 研究成果

### (1) 二方向振動板装置の開発

世界初となる二方向振動板装置を開発し

た。この装置は互いに直交する二方向に、独立かつ同時に振動運動をおこすことが出来る。各振動の振動数、振幅、位相それぞれについて、コンピュータプログラムを介して設定することができ、それらを適宜組み合わせることで任意の二次元振動をおこすことが出来る。この装置により、砂を充填した直径1 mの円形トレイを静水中で振動させることで、重複波下で生じる堆積物と水との二次元振動運動を、模式的に再現することが可能になった。

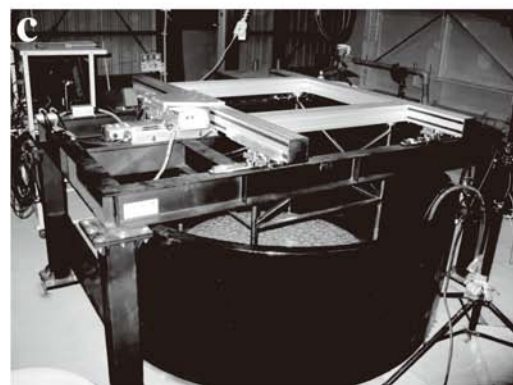
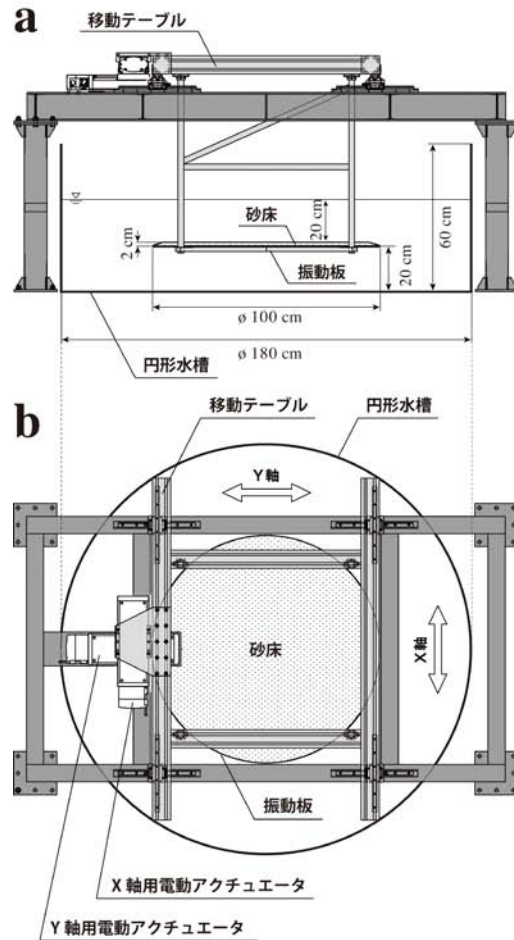


図1 二方向振動板装置

## (2) 二方向振動板装置を用いた三次元リップル実験

二方向振動板実験の結果、以下が明らかになった。

- ① 規則的三次元リップルの発達には各振動成分がリップル形成に十分な速度( $\phi \geq 2$ 、ここに $\phi$ はモビリティナンバー)を有する必要がある。
- ② ①の条件を満たし、かつ振動周期が比較的近い場合には interference ripple (IR) が発達する。特に円軌道の振動により IR が発達する場合、リップル波峰で囲まれる領域の直径は、円軌道の直径の1/3となる傾向がみられる。
- ③ ①の条件を満たし、かつ各振動周期が異なる場合には ladder-back ripple (LBR) が形成される。この場合、リップル波峰は各振動成分と直交し、各波長は各振動成分の軌道直径の約2/3となる。

これらの実験結果から、三次元リップルの形成は、干渉波下で生じる複雑な二次元振動流に起因し、特に LBR の形成には周期の異なる波の干渉が重要であることが示された。申請者の知る限り、LBR の形成に成功した研究はこれまでになく、今後の三次元リップル研究の基礎を成すものと期待する。

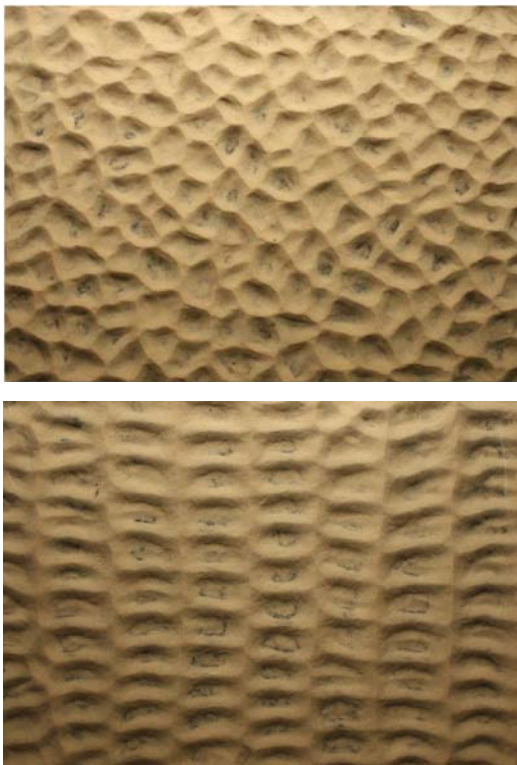


図 2 二方向振動板実験で形成された interference ripple (a) および ladder-back ripple (b).

## (3) 二次元造波水槽を用いたリップル遷移実験

非定常一次元振動流により規則的三次元リップルが形成される可能性について検証した。特に本研究では振動流の方向変化がない場合を想定した。その結果、一次元振動流の軌道直径が増加する場合、規則的三次元リップルが形成され得ることを示した(図3)。この場合、現存するリップルとそれに作用する振動流との相互作用により、底面付近に二次元的な流れ場が生じ、結果として三次元リップルの形成に至る。ただし、この種のリップルは遷移の途上で一時的に出現するものであり、定常的には存続し得ない。規則的三次元リップルを含め、非定常振動流下における遷移リップルについて総括した。

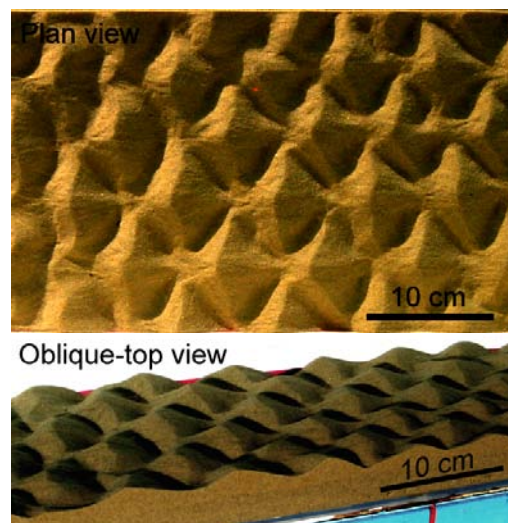


図 3 波浪条件の変化によって一時的に出現する遷移三次元リップル。

## (4) 二次元水路を用いた複合流実験

互いに平行な波と流れが同時に作用する定常複合流下において規則的三次元リップルの形成について検討した。しかし、そのような流れ場においては規則的三次元リップルは観察されなかった。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計3件)

- ① 関口智寛 (受理済) ウェーブリップルの遷移過程. 地質学雑誌特集号, 査読有. 2010
- ② Sekiguchi, T. (2009) Transient 3D-patterned ripples appear during deformation of a 2D ripple field under wave-induced oscillatory flow. Earth Surface Processes and Landforms, 34, 839-847, 査読有.

③ 関口智寛(2008) 二方向振動板装置の開発. 筑波大学陸域環境研究センター報告, 9, 25-28, 査読有.

〔学会発表〕(計6件)

① 関口智寛, 二方向振動板実験に基づく ladder-back ripple の形成条件. 日本堆積学会, 2010年3月27日, 茨城大学.

② 関口智寛, 三次元リップルに関する二方向振動板実験. 筑波大学陸域環境研究センター年次報告会, 2010年3月8日, 筑波大学.

③ 関口智寛, 海底に見られる規則的微地形の不思議—ウェーブリップルマークの多様性とその要因. 信州大学数理科学談話会, 2010年2月22日, 信州大学.

④ 関口智寛, 三次元リップルに関する二方向振動板実験. 日本地形学連合, 2009年10月4日, 京都教育大学.

⑤ 関口智寛, 複雑な振動流下のベッドフォーム: 二方向振動板実験による予察的報告. 筑波大学陸域環境研究センター年次報告会, 2009年3月3日, 筑波大学.

⑥ T. Sekiguchi and M. Yokokawa, Effect of wave period on combined-flow bedforms: a flume experiment. Marine Sandwave and River Dune Dynamics III, 2008年4月1日, Leeds大学, イギリス.

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

関口 智寛 (SEKIGUCHI TOMOHIRO)

筑波大学・大学院生命環境研究科・講師

研究者番号: 90400647