

Japan Geoscience Union Meeting 2011

(May 22-27 2011 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2011. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



SCG064-01

会場:202

時間:5月24日 14:15-14:30

火星における堆積学的研究の現状と課題 A review of sedimentary research on Mars

後藤 和久^{1*}, 小松吾郎², 松井 孝典¹

Kazuhisa Goto^{1*}, Goro Komatsu², Takafumi Matsui¹

¹ 千葉工業大学 惑星探査研究センター, ² ダヌンツィオ大学

¹Chiba Institute of Technology, ²Universita' d'Annunzio

A large volume of data is now available for sedimentary research on Mars. The data include topographic data from the Mars Orbiter Laser Altimeter (MOLA) and several kinds of satellite imageries. The spatial resolution of the images obtained from the High Resolution Imaging Science Experiment (HiRISE) reaches up to approximately 25 cm/pixel. This resolution is high enough to analyze large boulders (>25 cm) on the Martian surface, which might have been deposited through several processes such as meteorite impacts, slope failures, and hydrological activities. Sedimentary rocks, formed through various processes including aeolian, impact cratering, fluvial/lacustrine, have already been reported from many places on Mars, and such rocks are selected as possible landing sites for future rover missions by NASA and ESA. In this study, we will review the current understanding of sedimentary rocks on Mars, and will discuss how field geologists can contribute to the sedimentary research on Mars. In addition, we will briefly introduce how to use the available topographic and satellite datasets through the use of GIS software.

SCG064-02

会場:202

時間:5月24日 14:30-14:45

西クンルン山脈（チベット高原）の氷河流動速度の季節変化：底面滑り、氷河侵食、そして造山運動か？

Seasonal changes in glacier velocity detected in West-Kunlun, Tibet: Glacier erosion and subsequent mountain building?

古屋 正人^{1*}, 安田 貴俊¹

Masato Furuya^{1*}, Takatoshi Yasuda¹

¹ 北海道大学理学研究院

¹Hokkaido University

西クンルン山脈は、100km スケールで平均すると、世界で最も標高が高い。チベット高原はしばしば世界の屋根と称されるが、西クンルン山脈は、そのなかでも一際高い。しかし、その位置がチベットの北端であり、また近傍には逆断層型の運動や地震が観測されていないことからすると、この高い標高は奇妙である。なぜ、西クンルン山脈の標高はこれほど高いのか？

最近、我々は、西クンルン山脈の山岳氷河の流動速度が顕著な季節変化を持つことを偶然発見した。このデータに基づいて、氷河による侵食が西クンルン山脈の山岳形成に影響を与えた可能性を議論する。西クンルン山脈の氷河は、低緯度ながら、標高が4000mを超しており、一般には寒冷氷河と見なされて来たため、顕著な季節変化自体、予想されていたことではない。

山岳域における気候とテクトニクスの密接な関連は、理論的には多くの研究で示されたが、説得力ある観測的証拠は少なかった (Whipple, 2009)。摩擦が卓越する critical-tapered orogen での研究は多いが、侵食の効果は、厚みを持った高温な山岳域においては、より高い可能性がある。しかし、これまでそのような研究事例は少なかった。我々は、西クンルン山脈がそのような事例である可能性について議論する。

キーワード: 氷河侵食, 造山運動, クンルン山脈

Keywords: glacial erosion, mountain building, Kunlun mountains

SCG064-03

会場:202

時間:5月24日 14:45-15:00

海溝陸側地域におけるダイナミック不整合論 Dynamic aspect on unconformity in the trench landward areas

小川 勇二郎^{1*}

Yujiro Ogawa^{1*}

¹ 東電設計株式会社

¹ Tokyo Electric Power Services Co., Ltd.

海溝陸側斜面はダイナミックに安定・不安定を繰り返している。付加体の成長・侵食・崩壊の原理は、すでに多くの研究者によって説明されているが (Suppe-Davis-Dahlen 一派, Ho and Wang, Zhan など)、基本は土圧理論にもとづく。斜面から海溝にかけて、少なくとも1本のスラストが活動的であり、底面でのせん断力と、全体の重力が、バックストップからの力と釣り合うかが問題であり、それにより斜面の安定成長、厚化、薄化、またその間の侵食や地すべりなどの現象が説明される。スラストベルトはしばしばブルドーザモデルで語られるが、それは安息角を超えたところで絶えず崩壊しつつ前進している。しかし、土圧理論によるとそれ以外の場合もあり、バックストップからの圧力が強すぎるために逆断層が起きて厚化する受動土圧様態と (スラスト帯成長ステージ)、弱すぎるために重力崩壊し薄化する (正断層を伴う) 能動土圧様態 (崩壊ステージ) があることが知られている。その間は、安定した角度 (クリティカルティパー) を保つ。このうち、時系列の中での変化として地質的に証拠として残るのは、不整合や地すべり堆積物である。それは、付加体の成長の中で、スラストによって短縮し、急傾斜したために表面が侵食され、その後そこが堆積場になって上からの堆積物 (当初の多くの場合は、地すべり堆積物) で埋積される場合が多いと考えられる (多くの場合、スラストのすぐ陸側の小海盆である。一般にベンチ、海溝斜面海盆などと呼ばれるが、大規模な前弧盆であることもある)。その堆積が進むと、スラストベルト全体は今度は荷重によって不安定となり、側方に伸長するようになる。付加体の場合は、沈み込みの引きずりにより、スラストベルトの後方に前弧盆ができることが多い。今日の南海トラフの多くの場所がそのような状況であると思われる。一方、前方で海山が沈み込んだり、スラストの成長で側方に短縮されたりすると、大規模な不安定が生じ、大崩壊を起こすであろう。今日 (あるいは現在の直前) の南海トラフの東端の天竜海底谷周辺 (御前崎沖) は、そのような状況である (Kawamura et al., 2009 GSAB; also in press, Springer)。

海溝斜面の陸側には大規模な前弧盆の発達が続いている場所もあり、その底面にも古期の付加体上に前弧盆堆積物が不整合で載る。その隠れた例は、日本海溝の陸側にある。ここには、付加体の発達しない沈み込み帯の典型例であり、前弧盆は一見存在しないようにも思われるが、白亜紀から中新世に至る蝦夷堆積盆が南北に続いていたことが、石油資源 (株) などによる基礎試錐 (加藤ほか) と安藤らの詳しい研究によって判明している。それによると、白亜紀からの堆積盆の最大層厚は鹿島灘沖において6 km に達する。層序は陸上の地質とも対比されていて (柳沢ほか; 加藤ほか)、少なくとも古第三紀と新第三紀において何度も不整合が知られている。つまり、この日本海溝陸側斜面は、何度もの上昇 (削剥) と、沈降 (堆積) を繰り返した。多くの不整合は陸上侵食も示す。それは大規模な斜面の不安定がこの時期に特に著しかったことを示しており、連続する沈み込みよりも、むしろこの時期のより大規模なプレート間の相互の運動 (たとえば、日本海側の変動) に関連した、ダイナミック不整合論として論じられる。このように、沈み込み帯の陸側の発達は不整合をダイナミックに論じることで初めて全面的に理解可能であろう。このような全体的比較は、現在の南海トラフと日本海溝を規範とするが、陸上における過去の例としては新生代の三浦・房総半島および現在の相模トラフから房総三重点にかけての地形・地質が一例となる。ここには、立石の不整合、アブズリの不整合、黒滝の不整合、神余の不整合、安房崎の不整合などが知られ、それぞれ特徴的な発達をする。どれにもさまざまな要素を備えるが、基本的には直上には地すべり堆積物が発達し、急激な変形・上昇ののち、急激な沈降・堆積があったことを示す。海溝斜面における多くの不整合は、そのような意義のあるものであろうと考えられる。

キーワード: 海溝陸側地域, 前弧盆, 付加体, 不整合, テクトニクス

Keywords: trench landward area, forearc basin, accretionary prism, unconformity, tectonics

IODP 第315次航海で採取された熊野海盆南部及びその下位の付加体最上部に分布する砂の岩石学的特徴と後背地解析 Compositions and provenance of the sands in the southern Kumano Basin and the underlying accretionary prism, IODP Exp315

眞砂 英樹^{1*}, 横山 隆臣², 平田 岳史²

Hideki Masago^{1*}, Takaomi D. Yokoyama², Takafumi Hirata²

¹ 海洋研究開発機構, ² 京都大学

¹JAMSTEC, ²Kyoto University

IODP 第315次航海にて採取された海底下のタービダイト砂層の岩石学的記載を行い, その供給源を推定した。掘削地点は南海トラフ・熊野灘の熊野前弧海盆南縁部 (C0002 サイト) 及び外縁隆起帯の海側斜面 (C0001 サイト) の2地点で, それぞれ海底下 1053 m, 458 m までのコアリングを行った。C0002 サイトでは, 海底下 922 m までは熊野海盆の堆積物が堆積しており, コア及び検層データに基づき, 上位よりユニット I~III に区分される [1]。砂泥互層を主体とするユニット I (海底下 ~ 海底下 136 m) 及び II (海底下 136 ~ 830 m) から夫々5 試料, 4 試料を採取した。ユニット III は泥質で砂層は認められない。その下に分布する付加体堆積物 (ユニット IV) からは3 試料を採取した。一方 C0001 サイトでは, 海底下 207 m までは泥質の斜面堆積物 (ユニット I) が分布し, その下に付加体堆積物 (ユニット II) が分布する。砂層はユニット I 基底部の約 20 m 程の層準に偏在し, そこから3 試料を採取した。これらのコア試料と別に, 紀伊半島から静岡沿岸の代表的な河川の砂を比較の為に採取し, 同様の分析を行った。

C0002 サイトに於いては, エピドート/クリノゾイサイトと普通角閃石が重鉱物の大半を占めるが, ユニット I とユニット II で深とではそれ以外の重鉱物に於いて明瞭な差異が認められる。一方, ユニット II とユニット IV との間には, テクトニックセッティングの違い (前者は前弧海盆, 後者は付加体) にもかかわらず, 殆ど差は認められなかった。ユニット II 及び IV に産出する最も特徴的な鉱物はアルカリ角閃石である。アルカリ角閃石の組成は Fe^{3+}/Al 比, Na (M4) 量に於いて藍閃石からリーベック閃石, 或いはウィンチ閃石までの広い範囲に亘る。又, ザクロ石は全てのユニットに普遍的に含まれるが, ユニット II, IV の物はユニット I の物に比べて比較的グロシュラー成分に富み, スペッサルティン成分のパリエーションが大きいという特徴を有す。これらの岩石学的特徴は, ユニット II, IV の砂の後背地に低温高压型変成帯が存在した事の決定的な証拠である。又, 同ユニットのジルコンの U-Pb 年代分布は, 60-100 Ma にピークを有する。一方, ユニット I の砂には輝石等火成起源を示唆する重鉱物と変成鉱物が混在するが, アルカリ角閃石等高压を示唆する鉱物は全く含まれない。ジルコン年代分布は 10-20 Ma 付近に最頻値を持つが, ユニット II, IV 同様 60-100 Ma にもピークが認められる。陸上の河川砂との比較からは, ユニット II 及び IV の岩石学的特徴は, 天竜川の砂の物と酷似しており, 低温高压型変成岩は三波川帯に, 中新世のジルコンは領家帯花崗岩に夫々由来する物であると考えられる。但し, 天竜川の砂には藍閃石は見出されず, 天竜伊那地域の三波川帯からも藍閃石の報告は無い。この点については, 藍閃石を含む高変成度の層準は, ユニット IV ~ II 堆積時には地表に存在したが, 現在は完全に削られたのであろうと解釈している。ユニット I に特徴的な火成起源の重鉱物及び 10-20 Ma のジルコンは熊野酸性岩にその由来を求めるのが最も自然である。然しながら, 同ユニットには中新世のジルコンに代表される様に天竜川的な要素も含まれる事から, 天竜・熊野両河川からの混合物と解釈される。ユニット II からユニット I に掛けての供給源の劇的な変化は, 両ユニットの境界年代である 1 Ma 前後に起こった海底地形の変化により天竜川からの供給がブロックされた為に, 紀伊半島東部 (熊野川) からの供給が相対的に増大したと考えると上手く説明出来る。

C0001 サイトに於いては, 重鉱物の大半が輝石, 普通角閃石で占められ, C0002 サイトの砂試料とは明瞭なコントラストを成す。それ等の多くは自形で, 火山噴出物起源と考えられる。ザクロ石化学組成及びジルコン年代分布は, C0002 サイト・ユニット I のそれに似る。本サイトの構成鉱物量比は, トラフ軸近傍で採取されたコア試料中の物との類似性が高く [2], 伊豆・小笠原衝突帯からトラフ軸に沿って流れてきた物である可能性が高いと考えられる。

引用文献

[1] Expedition 315 Scientists (2009), Expedition 315 Site C0002. *In*: Kinoshita, M. et al. (eds.), Proc. IODP, 314/315/316.

[2] Expedition 316 Scientists (2009), Expedition 316 Site C0007. *In*: Kinoshita, M. et al. (eds.), Proc. IODP, 314/315/316.

キーワード: 後背地解析, 前弧海盆, 南海トラフ, アルカリ角閃石, ザクロ石, ジルコン U-Pb 年代

Keywords: sand provenance, forearc basin, Nankai Trough, sodic amphibole, garnet, zircon U-Pb chronology

Japan Geoscience Union Meeting 2011

(May 22-27 2011 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2011. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



SCG064-05

会場:202

時間:5月24日 15:15-15:30

古生物情報に基づいた堆積物から読み取る侵食作用 Study of the erosion based on paleontological approach

市原 季彦^{1*}

Toshihiko Ichihara^{1*}

¹ 復建調査設計株式会社

¹ FUKKEN CO LTD

堆積物から得られる情報に基づいて侵食作用を読み取る事は困難である。長期的な堆積過程の中で生じる侵食は、地層中から読み取れる場合がある。特に古生物学的な情報を用いて侵食作用を読み取る方法を紹介する。

生痕を用いた侵食の推定:

生痕の形状観察から、侵食の有無、侵食状況を調べることができる。

ラグ堆積物中の貝殻遺骸:

ラグ堆積物は侵食によって形成された堆積物である。ラグ堆積物を調べることは、堆積・侵食の過程を把握する重要な手がかりとなる。ラグ堆積物中の貝殻遺骸群集解析を行った。侵食作用によって動いた貝殻を抽出し、その年代値を調べることで、どの程度の侵食が生じているのかを知る事が可能である。

キーワード: 侵食, 生痕, ラグ堆積物

Keywords: erosion, trace fossils, lag deposit

SCG064-06

会場:202

時間:5月24日 15:30-15:45

石英の ESR 信号強度と結晶化度によるタクラマカン砂漠における砂の供給源と運搬システムの解明

Estimation of sand's source and transport system in the Taklimakan desert by quart's ESR intensity and crystallinity

烏田 明典^{1*}, 多田隆治¹, Hongbo Zheng², 磯崎裕子¹, 豊田新³, 吉田知紘¹
akinori karasuda^{1*}, Ryuji Tada¹, Hongbo Zheng², Yuko Isozaki¹, Shin Toyoda³, Tomohiro Yoshida¹

¹ 東大・理・地惑, ² 南京大学, ³ 岡山理科大学 理学部

¹ DEPS Univ. Tokyo, ² Nanjing Univ., ³ Okayama Science Univ.

中国西部タリム盆地に広がるタクラマカン砂漠は北部を天山山脈, 東部をカラコルム山脈, 南部を崑崙山脈に囲まれた世界二位の広さを持つ砂漠である。そしてその特異な地理配置と気候により現在北半球における風成塵の主な発生地域の一つである (Zheng et al., 2003)。そのためこの砂漠における風成塵生成, 運搬システムを理解することはタリム盆地による過去, 現在, 未来の北半球への影響を正當に評価する上でとても重要である。しかしこれまで砂の移動を追う妥當な指標が存在しなかったため研究が進んでいなかった。そこで我々は今回石英の電子スピン共鳴 (ESR) の信号強度測定と結晶化度の測定から地域ごとに砂の特徴付けを砂の供給源と運搬過程の推定を行った。

石英の ESR 信号強度は石英内に存在する酸素空孔の量を示すことが知られており (Toyoda and Ikeya, 1991), 石英の母岩形成年代が古い程 ESR 信号強度が高くなることが判明している (Toyoda and Hattori, 2000)。また石英の結晶化度は晶出する温度と早さの条件変化を反映することから, 変成岩などで高くチャートや火成岩で低い値を示すことが知られている (Murata and Norman, 1976)。この2つの指標は石英の性質を反映するが, それぞれ独立した指標である。今回我々はタクラマカン砂漠全域で砂漠砂と流入してくる河川の堆積物のサンプリングを行い, 各サンプルを風による運搬が容易な 16 μ m 以下の細粒と風による運搬が困難な 64 μ m 以上の粗粒に分画した上で測定を行った。

河川堆積物の測定より天山山脈, カラコルム山脈, 崑崙山脈由来の石英はそれぞれ独自の値を持ち供給源推定に使用できること, また崑崙山脈周辺の細粒砂は天山山脈の細粒成分が混入している可能性が示された。今発表では砂漠砂のデータを加える事でタクラマカン砂漠全域における各供給源からの砂の分布を明らかにし, 粒度別の砂の運搬システムを河川と風による運搬能力に着目して考察を行う。

キーワード: 砂漠, 堆積, 侵食, 物質移動, 電子スピン共鳴, 結晶化度

Keywords: desert, deposition, erosion, material transfer, ESR, Crystallinity

SCG064-07

会場:202

時間:5月24日 15:45-16:00

コロモゴロフの順・逆問題と水理実験との比較 Comparison of Kolmogorov model and experimental data

遠藤 徳孝^{1*}, アドリュー・ペター², クリス・パオラ²
Noritaka Endo^{1*}, Andrew Petter², Chris Paola²

¹ 金沢大学, ² ミネソタ大学

¹Kanazawa University, ²University of Minnesota

Kolmogorov (1951) は確率モデルを用いてある与えられた、層厚に関する発生確率分布から、侵食や堆積（以下イベントと呼ぶ）を無限回繰り返した後に生じる地層の層厚分布を推測する議論を行った。また、Endo (2010) はその逆問題がある仮定の下で数学的に計算可能であることを証明した。ここでの仮定は、侵食を負の厚さを持つ堆積と見なしたときの統計分布が連続であることである。この仮定が、現実の堆積プロセスにおいて常に成り立つかは自明ではないため、実験による検証を試みた。ミネソタ大学で行なわれた実験では、堆積物の断面写真と、実験途中の地形データが得られている。地形データの解析から、ある時間内の地表の上下量の統計分布は連続と見なせるものであることが分かった。これにより、モデルの仮定成立が示唆される。次に、地形データの時間分解能は粗いため、地層での層厚分布をもとに逆問題を解き、これを用いて、任意回数のイベント後の層厚分布（順問題計算）と一定期間ごとに取った地形データ（実験値）との比較を行なった。その結果、8時間間隔で取得した地形データから得られた地表の上下量の統計分布は、モデルからの予想とよい一致を見た。しかし、16時間間隔の地形データから得られた地表の上下量は、モデルによる予想とあまり一致しない。モデルから計算される期待値より小さい値を持つ確率は、モデルと実験でさほど違わないが、期待値に近い値を取る確率が、モデルに比べて実験では非常に大きくなり、期待値より大きい値を取る確率はモデルに比べて実験で低い。これは、ある程度短い時間ではイベントの厚さは独立の確率事象と見なせるが、長い時間では事象生起が独立と見なせなくなること示唆する。従って、長時間にわたる堆積量をより正確に推定するには、履歴を考慮した確率モデルが必要であると言える。

キーワード: 確率モデル, 堆積モデル, 層厚分布

Keywords: Probabilistic model, Sedimentation model, Bed thickness distribution

SCG064-08

会場:202

時間:5月24日 16:00-16:15

デルタシステムにおける流量の変化に対応するボトムセットの輸送様式変化：水槽実験

Flume experiments on the change of transport mode on the bottomset in delta system: the response to flow discharge

鈴木 太郎^{1*}, 遠藤 徳孝¹

Taro Suzuki^{1*}, Noritaka Endo¹

¹ 金沢大学

¹Kanazawa University

In delta system, the muddy sediment on the bottomset are interpreted as what was transported by (A) low density suspension load (Nishida et al., 2010) or (B) high concentrated flow such as hyperpycnal flows caused by a river of flood (Normark and Piper, 1991; Sasaki, 2010) and fluid mud (Nishida et al., 2010). To understand the formative mechanics of delta topographies, it is useful to conduct flume experiments dealing with each individual elements of processes. In this study, we performed experiments of micro-delta system to investigate the change of sediment transport mode on the bottomset and its dependence on the increase rate of discharge.

The experimental flume was 1 m long, 15 cm deep and 2.5 cm wide, and was designed to assume a 2-D system between river ? still water area. Used sediment was silt (mean density 2.2 g/cm³, median diameter 37.8 micrometer, mode diameter 48.8 micrometer). We limited runs into the cases that the sediment transport modes on the topset were bedload sheet (Reesink and Bridge, 2007, 2010). In each run, the water depth on the topset changes according to flow discharge spontaneously. The observation area was set to be 50 cm downstream from the supply point of mixture of water and silt to take account of erosion of topset when the water discharge increases. The initial flow discharge was set 200 ml/min at which the sediment supplied from topset deposited only on foreset by turbidity currents.

In this study, both modes of sedimentation process corresponding to the above were observed from (A) low density suspension and (B) high concentrated flow. Sedimentation from low density suspension was previously reported in experimental runs at high constant flow discharge (600 ml/min) (Suzuki and Endo, 2010). Here we observed that similar processes occurred under waxing flows at low increase rate when the flow became high discharge. At this time, the shape of foreset became steep slope and 'angular contact (Jopling, 1965).' It was found that only at high increase rate of flow discharge, high concentrated flow occurred due to topset erosion and the sediment deposited onto the foreset and bottomset. At this time, the shape of foreset became gentle slope and 'tangential contact (Jopling, 1965).'

SCG064-09

会場:202

時間:5月24日 16:30-16:45

Experiments on channel head bifurcation Experiments on channel head bifurcation

Atinkut Mezgebu Wubneh^{1*}, Juniya Nagahara¹, Norihiro Izumi¹
Atinkut Mezgebu Wubneh^{1*}, Juniya Nagahara¹, Norihiro Izumi¹

¹Grad. Sch. Eng., Hokkaido University

¹Grad. Sch. Eng., Hokkaido University

Channelization is an important aspect of geomorphological processes which attributes to the configuration of a landscape mainly in fluvial dominated areas. Besides, Channelization comprises of different phases: starting from the inception phase transforming to extension then finally to deletion. Therefore, profound understanding of these processes is fundamental to the study of the channel drainage networks evolution. Specifically, identifying the controlling factors and their threshold conditions for the onset of channel head bifurcation is very important in the field of landscape evolution study, particularly on channel networks. Hence, in this study we focused on the process of channel head bifurcation, which is the dissection of channel head into two or more channel branches.

We premeditated our experimental setup in a way that able to evaluate the validation of the theoretical finding that has been done by Mizushima, et al 2007, and to study the details of channel head bifurcation processes and their controlling factors. The theoretical study hypothesized that if the flow concentration is maximized at the top of the channel head, the channel migrates upstream without bifurcating. On contrary, if the flow depth at top edge of the channel head disperses, the channel head splits into two or more channels. They studied this problem using linear stability analysis and finally able to conclude that the channel head becomes unstable when the Froude critical depth divided by the bottom friction coefficient becomes sufficiently small compared with the width of the channel head.

Accordingly, we considered the findings of the theoretical study as our reference input for the experimental setup. A wide flat plain bed ending with a sudden fall at the downstream end was used to simulate a flat plain receiving shallow overland flow from a catchment. A small channel is introduced at the center of the downstream end, always made before the commencement of every experiment. we monitored the development of the channel as the experiment runs. When the experiment starts, the overland flow from upstream end flows as a very shallow water and heading towards downstream end, mainly to the channel head, because by keeping the flat plain horizontal we realized the flow on the flat plain as subcritical flow in the Froude sense so the upstream flow is influenced by the channel. The development of the channel was continuously monitored by recording successive photos from upstream top part of the flat plain, observation by our naked eye was made as well.

In this study we presented the relationships between the controlling factors such as flow depth and surface roughness with respect to the channel head width, for threshold conditions for the commencement of channel head bifurcation. In addition, we observed that channel head bifurcates when the channel head is enlarged in width into the level where the flow depth is sufficiently reduced to the level the flow is reorganized into two or more flow concentrations, and the bifurcation is realized when each small reorganized flows still persists eroding capacity to make the channel migrating upstream. Finally, we noticed that the experimental results are consistence with the basic considerations and results of the theoretical study.

キーワード: channelization, bifurcation, channel head, channel networks

Keywords: channelization, bifurcation, channel head, channel networks

浅水方程式ベース粒子法による地形変動解析

Geophysical evolution analysis using particle method based on shallow-water equation

松島 亘志^{1*}, 貝阿彌 淳¹, 山田 恭央¹

Takashi Matsushima^{1*}, Jun Kaiami¹, Yasuo Yamada¹

¹ 筑波大学システム情報工学研究科

¹ University of Tsukuba

河川地形の形成・発達過程の解明は、地形学・地質学などの理学分野のみならず、河川やダム維持管理、洪水対策、周辺地盤の物性予測などの多くの工学分野にとっても重要な課題である。特に、近年のコンピュータの進歩とともに、このような長期問題への数値解析的アプローチの可能性が広がってきており、さまざまな手法が提案されてきている [1,2]。そこでは、如何に複雑現象のエッセンスのみを抽出して、簡便な長時間解析の可能なモデルを構築するか、というコンセプトが重要となる。

本研究では、河川工学の分野で広く用いられている浅水方程式をベースとし、それを差分法で解く代わりに粒子法を用いる解析手法を構築した [3]。粒子法は流体解析や固体の大変形解析などで近年用いられている Lagrange 的な解析手法であり、連続体中の物質点の変位を計算粒子の運動として表現する手法の総称である。その流儀・名称は数多くあるが、ここでは、分子動力学法や個別要素法などの離散体解析手法に極めて近い方法を採用している。すなわち、計算粒子の運動は、個々の運動方程式を解くことで陽的に計算し、更に流体間の相互作用力を、近傍の粒子の smoothing で求めずに、単純な 2 体間ポテンシャルによって与えている。その理由は、前者の方法では近傍粒子数が少ない場合に異常な応答値が計算されて計算が不安定になるため、妥当な計算を行うのに相当数の粒子が必要であるのに対し、後者の方法では精度を犠牲にする代わりに安定性を確保でき、少ない粒子数で計算が可能であるからである。

浅水方程式によれば、計算粒子に作用する力は、(a) 慣性力、(b) 底面せん断応力、(c) 地形勾配による圧力、(d) 流体高さの水頭による圧力、(e) 隣の流体との粘性応力 + 乱流拡散応力、となる。(b) 底面せん断応力は、Manning の平均流速公式を適用し、更に固相率が高い場合にも適用できるように、流動限界勾配を導入する。(c) 地形勾配によって生じる重力水頭の圧力ベクトルは、通常の差分法による解法と同様に求める。地形はメッシュデータとしてあらかじめ与え、後述のように流砂過程によって変動するものとする。(d) の流体高さの水頭による圧力および (e) 隣の流体との粘性応力 + 乱流拡散応力が、前述の計算粒子間の相互作用力となるが、本研究では (e) の効果は無視し、(d) については近傍の計算粒子間の 2 体相互作用として簡便に与えるものとした。具体的には、粒子間距離に応じて、基準距離から近づくとも反発力、遠ざかると引力が作用するというバネを考えることになるが、このバネの値は 1 次元の水頭換算によって一義的に (すなわちパラメータなしに) に求める。注意すべきは、この相互作用力は、流体の圧縮性とは関係なく、水頭換算で求めるため、計算の時間刻みを大きくとれることである。また、粒子間距離がある程度離れると相互作用力が働かないとすることで、計算粒子単体でも自然な運動が再現できる。最後に、このようにして求めた力を足し合わせた力により、個々の粒子の運動方程式を差分法で解くことで、次の時間ステップでの計算粒子の位置を求める。

流体の固相率 (土砂の割合) が小さい領域では、Meyer-Peter-Muller の掃流砂量式による土砂移動を計算する。無次元限界掃流力は、岩垣の実験式を用いるが、本研究では、実験に合わせて、単粒度に近い砂を対象としている。ただし、非平衡な流れでの砂の侵食・体積を表現するため、掃流砂量式によって計算される限界掃流砂量に至るまでの遅延時間を考慮している。これにより、比較的实验に近い侵食・堆積状況を再現できることがわかった。

また、本解析手法は、地震や豪雨による斜面崩壊と、その後の土石流の流動計算なども対象にしている。その場合には、流動限界勾配以上の位置に固相率の高い流体粒子を配置して計算することにより、斜面崩壊とその影響範囲を簡便に表現できる [3]。

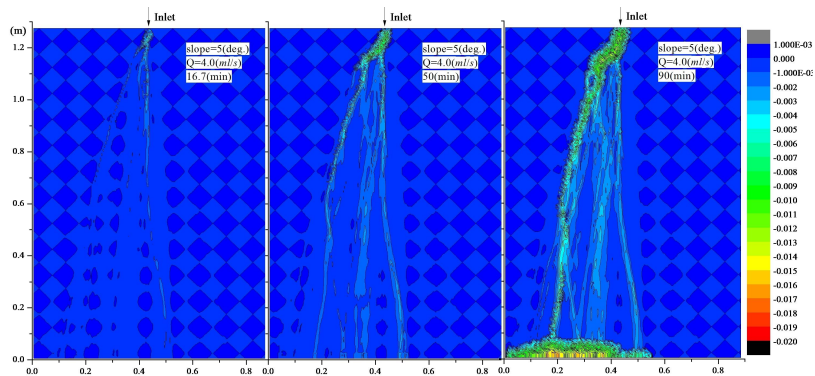
図は、長さ 1.28m、幅 0.88m の板に、粒径約 0.2mm の砂を敷き詰めたものを、傾斜 5° に傾けて、上流から 2ml/s で水を流した場合の数値解析結果である。ここでは、初期の地表面高さの擾乱を正弦関数で与えている。初め左右に振れていた流路が、あるところで固定され、そのまま定常の流れになっている様子が見られる。実際の実験では、傾斜が大きくなった側岸が崩壊し、それによって流路が間欠的に変動する様子が観察された。発表では、そのような斜面崩壊モデルを組み込んだ計算結果も紹介する予定である。

参考文献

[1] 関根正人：移動床流れの水理学、共立出版。

[2] 後藤仁志：数値流砂水理学、森北出版。

[3] ホアン・ジャクエンほか：衛星画像から得られる 2.5m メッシュ標高データを用いた土砂流動解析、地盤工学会関



キーワード: 土砂流動, 粒子法, 地形進化

Keywords: Sediment dynamics, Particle method, Geographical evolution

砂丘骨格模型による3次元砂丘の動力学 Three-Dimensional Dune Morphodynamics Using Dune Skeleton Model

新屋 啓文^{1*}, 粟津 暁紀¹, 西森 拓¹
Hirofumi Niiya^{1*}, Akinori Awazu¹, Hiraku Nishimori¹

¹ 広島大学大学院理学研究科

¹Hiroshima University

砂丘は地上で最大の粉粒体地形であり、大域的なネットワークを構成し、風向きの変化に応じ、バルハン、横列砂丘、縦列砂丘、星型砂丘、ドーム型砂丘、放物線型砂丘などの様々な形状を示す。砂丘の形状は、主にその地域における風向きの定常度と砂量の2つの条件で決定されると考えられている。例えば、風向きが変化しない地域では、三日月型砂丘であるバルハンと風向きに直交する方向へ尾根が伸びている横列砂丘の2種類の砂丘が現れる。そして、バルハンは砂量が少ない場所で、横列砂丘は砂量が多い場所で形成される。

また、バルハンの一般的な性質として、一定の形状比を保ちながら風下へ移動する点と、移動速度が高さにほぼ反比例する点があげられる。これらの性質は、水槽実験や格子模型などの数値計算により、再現されつつある [1][2]。しかし、バルハン以外の砂丘の解析は定性的にしか行われておらず、砂丘形態の理論的な理解はほとんど進んでいないのが現状である。そこで、我々は2次元断面の結合系から構成される数理模型(砂丘骨格模型)を提唱し、(i) 砂量や流れの強さに応じた砂丘形態 (ii) 横列砂丘およびバルハンの安定性 (iii) 観測・実験で確認されるバルハンのスケールリング則について調べた。

バルハンと横列砂丘は、向きの変わらないほぼ一定の風の下で形成される。また、砂丘の形状にそって砂が表面を流れることで、変形、移動すると考えられる。そこで、砂丘の概形を、風向きの方向に移動し風向きに直交する方向に面を向けた断面を風向きに直交する方向に一定間隔で並べる事で表現し、各断面の運動によって砂丘の運動、変形を表現する。また、砂丘表面では、後方からの砂の供給、尾根を越える砂の流れ、斜面に沿って流れる横方向の砂の流れが存在する。本モデルでは、これらの砂丘表面上の砂の流れを、断面内の流れと断面間の相互作用に分ける。以上の砂の流れを考慮することで、各断面の高さ h と位置 x に関する連立常微分方程式が得られる。

まず、初期の断面の高さと風速に強く影響を受けるパラメータの変化に応じ、直線状・波状の横列砂丘とバルハンの3形態が得られた。そして、砂量と断面間の砂の流量の増加は横列砂丘の安定性を強めるが、砂量の減少と断面内の砂の流量の増加は横列砂丘の不安定性を強め、バルハンへの変形を促すことが分かった。また、横列砂丘の安定性は、砂丘全体を2つの断面で代表するように断面を抜き出し、抜き出した2断面系での線形安定性解析より確認でき、砂丘形状の安定性条件を理論的に(解析的)特定することができた [3]。

次に、バルハンに焦点を当て、単体のバルハンに対し、上流から砂を一定の割合で供給しつづけるという条件の下、その形状と安定性を調べた。その結果、供給方法・量をパラメータとして変化させることで、以下のことが分かった。(i) 上流から空間的に一様な砂を供給する場合、バルハンが定常に維持される供給量の範囲が狭く、そのとき形成されるバルハンのサイズはほぼ一意的となる。(ii) バルハンの中心軸付近へ局所的に砂を供給する場合、供給量に応じたサイズの異なる定常バルハンが形成され、その形状および移動速度は、観測・実験事実と定性的に一致する。

[1] N. Endo, T. Sunamura and H. Takimoto: Earth. Surf. Process. Landforms **30** (2005) 1675

[2] A. Katsuki, M. Kikuchi, H. Nishimori, N. Endo and K. Taniguchi: Earth Surf. Process. Landforms (2010) n/a. doi: 10.1002/eps.2049

[3] H. Niiya, A. Awazu and H. Nishimori: J. Phys. Soc. Jpn. **79** (2010) 063002.

キーワード: 砂丘, バルハン, 横列砂丘, 数理モデル, 数値計算, 線形安定性解析

Keywords: sand dunes, barchan, transverse dune, mathematical model, numerical simulation, linear stability analysis

SCG064-12

会場:202

時間:5月24日 17:15-17:30

河床上昇・低下を伴う砂州の線形安定解析 Linear stability analysis of fluvial bars with aggradation or degradation

高畑 知明^{1*}, 泉典洋²

Tomoaki Takahata^{1*}, Norihiro IZUMI²

¹北海道大学大学院工学院, ²北海道大学工学研究院

¹Hokkaido University, ²Hokkaido University

Riverbed degradation causes many engineering and environmental problems. For example, it destabilizes basements of river structures, and sometimes damages habitats of aquatic organisms because of severe local scours. In the Ishikari River in Asahikawa, the bedrock is exposed due to riverbed degradation. It is suspected that the bed degradation is caused by a decrease in sediment supply from the upstream region by flood control facilities such as dams, or an increase in bed shear stress due to the reduction of the width of low-water channels in river improvement works.

Though it is generally said that bed aggradation destabilizes the flat bed while bed degradation does the opposite, no studies have been done on the behavior of bars under non-equilibrium conditions to the authors' knowledge. Most of previous studies focus on bars only under equilibrium conditions. The existing linear stability analysis assumes that the river bed is in equilibrium, and that bed slope and flow in the base state are in normal flow conditions.

In this paper, linear stability analysis of bars under weakly non-equilibrium conditions is performed by the use of the WKBJ method. Bed aggradation or degradation is assumed to be sufficiently slow compared with bed evolution due to bed instability, and its non-dimensional speed is used as a small parameter. We introduce two spatial variables with two different length scales: the length scale of aggradation or degradation, and that of bar wavelength. The former is assumed to be much larger than the latter. By solving the base state problem, it is found that one-dimensional base flow is a function of the slowly varying spatial variable. For instance, the flow velocity is accelerated in the streamwise direction, and riverbed has an upward-convex shape under degradation. In the perturbed problem, we expand all the variables with two small parameters: the non-dimensional aggradation/degradation speed, and the amplitude of perturbations. Substituting the asymptotic expansions into the governing equations, and comparing each order of the two small parameters, we obtain base state equations and perturbed equations with the weakly non-equilibrium effects. Solving all the equations with appropriate boundary conditions, we obtain the growth rate of perturbations including the non-equilibrium effects, and instability diagrams for several values of non-dimensional aggradation or degradation speeds.

The analysis shows that, under degradation, the unstable region in the instability diagram is reduced, implying that there is a tendency of the flat bed being stable. In the unstable region, the dominant bar wavelength increases. Meanwhile, under aggradation, the unstable region in the instability diagram is expanded, which means that there is a tendency of the flat bed being unstable. In the unstable region, the dominant wavelength is reduced, implying that bars with short wavelengths are formed. In addition, alternate bars are more affected by bed aggradation/degradation than multiple bars are done.

キーワード: 線形安定解析, 単列砂州, 河床上昇, 河床低下, 土砂供給量, WKBJ 法

Keywords: linear stability analysis, alternate bars, aggradation, degradation, sediment supply, WKBJ method

SCG064-13

会場:202

時間:5月24日 17:30-17:45

自由水面を持たない管路内における界面波の形成 THE FORMATION OF BOUNDARY WAVES IN CLOSED CONDUITS WITHOUT FREE WATER SURFACE

平塚 智史^{1*}, 泉 典洋¹

Tomofumi Hiratsuka^{1*}, Izumi Norihiro¹

¹ 北海道大学工学院

¹ Hokkaido University

Wavelike configurations are self-formed at the boundary between water and sediment under open channel flow, and are called dunes or antidunes depending on the flow regime. There have been a large number of studies on boundary waves in rivers. It has been found that the boundary waves are strongly related to the Froude number. The formation of dunes and antidunes is caused by a phase lag and lead, respectively, between the bed and water surface profiles; so that it is suspected that the presence of free water surfaces is important for the formation of dunes and antidunes.

Meanwhile, there are only few studies on the bed configurations in closed conduits without free water surfaces. Could any similar boundary waves be formed without free water surfaces? If so, what are the boundary waves like? These are questions that have not been completely solved yet. The stability of the boundary between water and sediment in closed conduits is not completely understood. In order to predict the flow resistance of closed conduits such as sediment bypass and ice-covered rivers, it is important to obtain detailed information on boundary waves formed in closed conduits.

Seki and Izumi [2008] proposed a linear stability analysis for the formation of small scale boundary waves in closed conduits and compare with their experimental results. According to analytical results, the Shields number and the Euler number are the dominant parameters that determine the formation of boundary waves in closed conduits. In addition, they reproduced the boundary waves without free water surface in small scale experimental conduits. However, there is room for improvement of the correspondence between analysis and experimental data.

One of purposes of this study is to improve a linear stability analysis for the formation of boundary waves in closed conduits. The previous analysis by Seki and Izumi assumed that the roughness on the sand layers is same as the roughness on upper walls of conduits. Therefore we introduce the rate of friction velocities as a new parameter, and express the difference of the roughness in the linear stability analysis. As a result, this improves the correspondence and proves the importance of the new parameter.

In addition, we proposed weakly nonlinear stability analysis in order to obtain more detailed information near the critical condition for the wave formations.

キーワード: デューン, 管水路, 線形安定解析, 弱非線形安定解析

Keywords: dune, closed conduit, linear stability analysis, weakly nonlinear stability analysis

SCG064-14

会場:202

時間:5月24日 17:45-18:00

アンティデューンとサイクリックステップ：浮遊砂指数・流速係数に関わるそれらの特徴

Antidunes and cyclic steps: relating their features to a suspension index and a velocity coefficient

横川 美和^{1*}, 高橋憂紀¹, 山村浩人¹, 杵島靖¹, パーカー ゲイリー³, 泉 典洋²

Miwa Yokokawa^{1*}, Yuki Takahashi¹, Hiroto Yamamura¹, Yasushi Kishima¹, Gary Parker³, Norihiro Izumi²

¹大阪工業大学, ²北海道大学, ³イリノイ大学

¹Osaka Institute of Technology, ²Hokkaido University, ³University of Illinois

There are very few comparative studies of the differences in hydraulic conditions and morphologic features of bed- and water-surface-waves associated with cyclic steps and antidunes. In this study, the features of both the bed and the water surface, as well as hydraulic conditions are examined over the spectrum from antidune to cyclic steps. Experiments were performed using a flume at the Osaka Institute of Technology. The resultant features of the bedforms are as follows. In the case of antidunes, bed waves and water surface waves are in phase except when they collapse. Antidunes show several kinds of behavior; migrating downstream, standing, or migrating upstream. Upstream-migrating antidunes are divided into three types such as with-breaking-waves, with-hydraulic-jumps and stable. Breaking antidunes appear alternatively with the plane bed state. Cyclic steps migrate upstream regularly associated with trains of hydraulic jumps, which divide each step. There is a significant change in water depth at the hydraulic jump, so that the phasing between the bed waves and water surface waves break at the each hydraulic jump. There is a kind of compromise between cyclic steps and antidunes, which we designate as intermediate steps. They move upstream and are associated with regular trains of hydraulic jumps. The jumps, however, occasionally collapse toward upstream. When this happens, bed waves move rapidly upstream; low-amplitude water surface waves and bed waves become in phase all over the bed shortly after the collapse. Then after some time, water surface waves become sufficiently prominent to yield regular hydraulic jumps. This cycle is then repeated.

The hydraulic conditions for these bedforms were examined using three non-dimensional parameters, i.e. the Froude Number, the Suspension Index, and the Velocity Coefficient. The suspension index is the ratio of the shear velocity divided by the settling velocity of the sediment. The velocity coefficient is the ratio of mean flow velocity on the plane bed divided by the shear velocity on the plane bed. Data from previous experimental studies are examined together with the present data in studying the characteristic regimes of bedform formation.

In a diagram of Froude Number v.s. Suspension Index, antidunes, intermediate steps and cyclic steps can be divided along the axis of the Suspension Index. In the lowest range of the suspension index, downstream-migrating antidunes and upstream-migrating stable antidunes are found. The intermediate steps discussed above and antidunes with hydraulic jumps are located in the middle range. The highest range corresponds to cyclic steps and antidunes with breaking waves. As described above, the Suspension Index can serve as a scale to quantify the spectrum between antidunes and cyclic steps. The use of the parameter also helps verify that suspension plays an important role in the formation and maintenance of cyclic steps.

On the other hand, antidunes with breaking waves are located in the highest range of the velocity coefficient whereas cyclic steps located in the middle range. It is related to the stability of upstream-migrating antidunes, which is suggested by the weakly nonlinear stability analysis.

キーワード: アンティデューン, サイクリックステップ, 水路実験, 安定解析, 浮遊砂指数, 流速係数

Keywords: Antidunes, Cyclic steps, Flume experiment, Stability analysis, Suspension index, Velocity coefficient

SCG064-15

会場:202

時間:5月24日 18:00-18:15

Transportational cyclic step formation in subaqueous environment Transportational cyclic step formation in subaqueous environment

Duleeka Dahampriya Dias^{1*}, Norihiro Izumi¹

Duleeka Dahampriya Dias^{1*}, Norihiro Izumi¹

¹Grad. Sch. of Eng., Hokkaido University

¹Grad. Sch. of Eng., Hokkaido University

Supercritical flow in the Richardson sense over a steep fragile bed may generate ephemeral short wave bed forms like antidunes, most commonly observed to migrate upstream. In some cases, however, antidunes give way to a much more stable cousin bounded by internal hydraulic jumps in the flow above them, which stabilize the flow morphodynamics while leaving depositional records unlike the antidunes. This long wave manifestation of the instability is christened as cyclic steps, by researchers and categorized under two main folds; erosional steps and transportational steps.

In subaqueous environments positive feedback between turbidity currents and the erodible bed gives rise to sediment waves and circumstantial evidences by numerical simulations and field observations have proven these sediment waves are non other than the cyclic steps. Studies related with the subaqueous cyclic step formation are not abundant and idealized models employing the mathematical elucidation of this formation phenomenon yet to be tested in this research arena. This is an endeavor to mathematically elaborate the formation of transportational cyclic step in subaqueous environment powered by the density driven turbidity current.

An idealized model has been developed preserving the essential physics of the system, employing one dimensional (1D) shallow water equations along with the dispersion equation of suspended sediment and Exner equation of sediment continuity. Assuming the interaction of sea water with the turbid underflow is considerably small in most of the region of our concern entrainment coefficient related terms are dropped in the continuity equation of the turbidity current. Being on the logic that the response of flow is sufficiently quick compared with the response of bed, quasi steady assumptions are employed during the solution phase for further simplification of the governing equations. Conservation of the suspended sediment through the hydraulic jump, zero bed evolution at the either ends of the selected step, specified threshold velocity for the incision of the bed erosion at the upstream end of the step and the Richardson critical conditions at the origin of the stream wise coordinate are employed as boundary conditions during the rigorous calculation procedure.

Considering a single step which migrates upstream preserving its shape, model is solved starting from the vicinity of the Richardson critical point where flow transits from sub critical to supercritical, to obtain the shape of the step along with the behavior of the characteristic parameters govern this formation process at the so called base state.

キーワード: cyclic steps, turbidity currents, subaqueous environment, 1D shallow water equations

Keywords: cyclic steps, turbidity currents, subaqueous environment, 1D shallow water equations

SCG064-16

会場:202

時間:5月24日 18:15-18:30

基盤岩侵食によって発生するサイクリックステップ Cyclic steps formed by bedrock incision

泉 典洋^{1*}

Norihiro Izumi^{1*}

¹ 北海道大学工学研究院

¹ Fac. Eng., Hokkaido Univ.

粘着性土で構成され侵食が卓越したり、細砂で構成され侵食と堆積が同時に生じたりするような急勾配の水路床上には、サイクリックステップと呼ばれる周期的な河床形状が形成される。この内、前者は erosional cyclic step、後者は transportational cyclic step と呼ばれ、その形成機構や形成条件、波長や波高などのスケール等について、いくつかの実験および理論、数値シミュレーションが行われている。同様の周期的ステップ形状が、勾配が大きい露岩河床にも形成されることが知られている。これは erosional cyclic step の一種と考えられているが、基盤岩の侵食過程は粘着性土のそれとは異なる特性を有しており、同様の侵食式で表すことはできない。本研究は、基盤岩の一部が露出した河床の侵食特性を定式化し、それをを用いて基盤岩侵食によって発生するサイクリックステップの形成機構や形成条件、形状や波長、波高などのスケールを理論的に明らかにしたものである。基盤岩を侵食する主たるプロセスは、表面流が輸送する砂礫による岩盤表面の磨耗による侵食である。岩盤表面を砂礫が覆う割合を表す変数 p を導入し、それと掃流能力（河床が完全に砂礫で覆われている場合の掃流砂量）を用いて実際に輸送される砂礫量、そして、基盤岩の侵食量を定式化した。解析によって、サイクリックステップの形成機構が明らかとなった。また、粘着性土で構成された斜面と同様に波長や波高が決まることが明らかとなった。

キーワード: サイクリックステップ, 基盤岩, 侵食, 跳水

Keywords: cyclic step, bedrock, erosion, hydraulic jump