

機関番号：82503

研究種目：基盤研究 (C)

研究期間：2007～2010

課題番号：19540486

研究課題名 (和文)

電磁波反射法を用いた水路実験 3次元モニタリングとその河川堆積相への適用

研究課題名 (英文)

Application of ground-penetrating radar (GPR) to fluvial deposits in flume experiment

研究代表者

熊代 浩子 (岡崎 浩子) (KUMASHIRO HIROKO, OKAZAKI HIROKO )

千葉県立中央博物館自然誌歴史研究部地学研究科・主席研究員

研究者番号：10250135

研究成果の概要 (和文)：

本研究では、高周波の GPR を用いて小型平面水路における流路形態の 3次元解析をおこなった。まず、使用する小型平面水路による河川流路の再現をおこなった。本実験で形成した蛇行流路は、流量や勾配、給砂の増加によって、網状流路へと変化し、既存の河川研究報告とよく一致した。次に、1.5GHz アンテナの GPR を用いて、この実験でできた河川流路の探査をおこなった。その結果、初期流路の 3次元形態が得られ、1.5GHz アンテナは探査深度約 15cm でその分解能は 3-5cm であることが明らかになった。さらに、実験材料をかえることにより探査反射面の性質を検証した。比誘電率、導伝率に差のある土や砂鉄、珪砂などが効果的であった。

研究成果の概要 (英文)：

Ground penetrating radar (GPR) offers a fast and efficient method for visualizing three-dimensional (3D) images of shallow subsurface structures. The research reported here the application of GPR for nondestructive imaging of deposits formed in a small experimental flume. This research used two separate runs for (1) selecting a frequency of the GPR antenna with appropriate resolution for analyzing experimental structures, (2) reconstructing 3D buried architecture in a flume and (3) revealing characteristics of reflection boundaries. Experimental materials were loamy soil, magnetite sand and quartz sand. The first run showed that a 1.5 GHz antenna was suited for laboratory use, offering depth resolution estimated at 3-5 cm and full penetration of a water-saturated sediment bed 10-25 cm thick. The GPR scanning yielded a reconstruction of the 3D architecture of a model river channel using magnetite marker beds, with the depth and width of channel accurately detected and delineated from the GPR profiles. The second run successfully imaged a boundary surface between loamy soil and quartz sand defined by the difference in their dielectric permittivities.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	700,000	210,000	910,000
2008年度	1,700,000	510,000	2,210,000
2009年度	500,000	150,000	650,000

2010年度	500,000	150,000	650,000
総計	3,400,000	820,000	4,420,000

研究分野：地層

科研費の分科・細目：地球惑星科学・地質学

キーワード：GPR, 非破壊解析, 3次元モニタリング, 水路実験, 河川堆積物

### 1. 研究開始当初の背景

河川を対象とした水路実験は地形学的、土木学的分野でも数多く行われてきており、これらの実験をもとに河床形態や河道変動のシミュレーションモデルも開発されている (Mosselman, 1995; Hooke, 2003 など)。これらの研究から河川地形の形成過程の水理条件が解明されてきている。堆積学的視点から行われている河川の水路実験やシミュレーションでは主に海水準変動と河川の発達様式との関係に主眼がおかれ、シーケンス層序モデル構築の一端を担っている (武藤, 1998; Paola, 2000; Sheet et al., 2002 など)。研究代表者はH14~H17度科学研究費補助金基盤研究C (課題番号14540433。研究代表者岡崎浩子) で、河川作用の中の氾濫作用に着目し、その氾濫堆積物から陸域環境指標の抽出の可能性を探った。本研究で用いる電磁波反射法 (地中レーダー) は、物体に電磁波を放ちその散乱信号を検出することによって内部構造を探索するもので、土質調査から鉄筋コンクリートの配筋調査まで幅広く利用されている。地中レーダーの利用は最近堆積学分野でも増えつつあり、沖積の海浜平野断面などが得られている (七山ほか, 2006; Bristow, 2006 など)。しかし、小型水路実験堆積物に応用された例はなかった。

したがって、このような水理解析のすすんでいる河川実験において、電磁波反射法を用いてその堆積物断面をとり、陸域環境指標として重要な河川堆積物の堆積相解析を進展させることは堆積学分野のみならず古環境分野でも重要な研究課題といえた。

### 2. 研究の目的

(1) 電磁波反射法による実験堆積物の高分解能非破壊解析: 数 GHz の中心周波数を持つ高周波のレーダを用いて cm オーダーで実験

堆積物の構造を非破壊で把握する。走査断面はリアルタイムで画像化されるため、繰り返し測定による堆積構造の形成過程の可視化を行う。このようなレーダーアンテナを平面実験水路に設置し実験堆積物の3次元断面のモニタリング手法を開発する。

(2) 平面水路における河川堆積物の3次元分布特性とその水理条件: 平面水路を用いて上記のレーダーによってモニタリングをしながら、河川堆積物を形成する。流量、河床勾配、供砂量、供砂組成などを変化させ、河道内および氾濫原で発生する堆積物の形状とその粒度特性を推定する。

(3) 実験堆積物との比較による地層にみられる河川堆積物の形成過程と環境条件の推定: 地層でみられる侵食谷の形状やその埋積形態および氾濫原堆積物の層相を、実験堆積物と比較する。比較対象地層としては更新統など河川系やその形成年代の詳細が比較的明らかで、環境条件の異なるいくつかの地層群を選定し、その形成過程の推定と環境条件の推定をおこなう。

### 3. 研究の方法

(1) 地層からえられる河川システムおよび洪水堆積物などの情報を整理し、これらの特徴の再検討をおこなった。

(2) 平面水路における流路変遷: 実験は長さ 360cm×幅 90cm×高さ 30cm の可変勾配型平面水路を用いた。実験材料として園芸用土を用いて流量、勾配、供砂の変化させた run を行った。

(3) 電磁反射法による流路の3次元解析: 1.5GHz アンテナ (本体 SIR3000:GSSI 社製) の探査深度と分解能、実験堆積物の3次元画像、および反射面特性を知るために3つの実験をおこなった。最初に幅の狭い水路 (長さ

300cm×幅 19cm×高さ 40cm)を用いてフォーセット層理を形成し、その層理面の2次元画像により探査深度と分解能を確認した。次に平面水路を用いて、河川実験をおこない、流路の埋積過程を3次元画像で検討した。また、実験材料をかえることにより探査反射面の性質を検証した。

#### 4. 研究成果

(1) 小型平面水路(長さ 360cm×幅 90cm×高さ 30cm)による河川流路で形成した蛇行流路は、流量や勾配、給砂の増加によって、網状流路へと変化し、既存の河川研究報告とよく一致した。

(2) 探査結果 1[探査深度および分解能](Fig. 1)

水路：幅 19cm×長さ 300cm×高さ 40cm, 実験砂：珪砂 5号と7号の混合砂を用いた。実験堆積物として、層厚(高さ)約 10-13cm, 層理幅約 1cm のフォーセット層理を形成した。また随時、マーカーとして砂鉄をいれ、幅 3-5cm 程度の砂鉄による層理を形成した。探査結果として1側線の探査による2次元画像によって、砂鉄による層理が感知された 1.5GHz アンテナの探査深度として 10-25cm 程度がえられ、分解能として 3-5cm 程度の面は判別されることが明らかになった。

(3) 探査結果 II[3次元画像(マーカー：砂鉄)](Fig. 2)

水路：幅 90cm×長さ 360cm×高さ 30cm, 実験砂：ローム質園芸用土, 平均粒径は約 1mm, 数%程度の泥サイズ粒子を含む。比重は約 1.2, 実験堆積物として、幅約 6-10cm 程度、深さ約 3-12cm の蛇行流路を形成した。この流路を初期流路として、流路底にマーカーとして砂鉄をしき、その後、実験砂を供給しながら流水すると、流路は洪水をおこしながら分岐を繰り返し、同時に初期流路は埋積されていった。探査は実験終了後、上面に残った地形が全て隠れるように実験砂で平に覆い、水路全体を約 15cm の厚さにした。8本の側線で水路全体を探査し、3次元画像を求めた。結果として、初期流路や段丘面が認識された。探査終了後、実験堆積物を切り出して、その探査反射面が砂鉄層

であることを確認された。

(4) 探査結果 III:[3次元画像(マーカー：珪砂)]探査 IIと同様の水路、実験砂を使用して初期流路として幅約 9-14cm, 深さ約 2-4cm の蛇行流路を形成した。この初期流路底に6号珪砂をマーカーとして敷き、実験 IIと同様に流水・給砂による流路変化を観察後、探査をした。その結果、初期流路の3次元画像が得られ、反射面として珪砂層を確認した。これらの結果から比誘電率、導伝率に差のある土や砂鉄、珪砂などを用いることによって流路などの明瞭な3次元像が得られることが明らかになった。

Fig. 1  
Fig.1 Okazaki

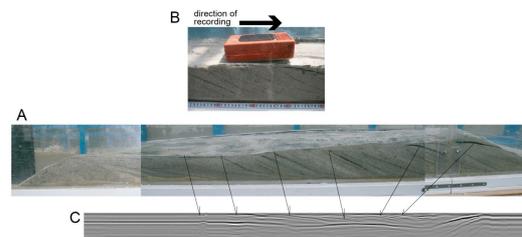
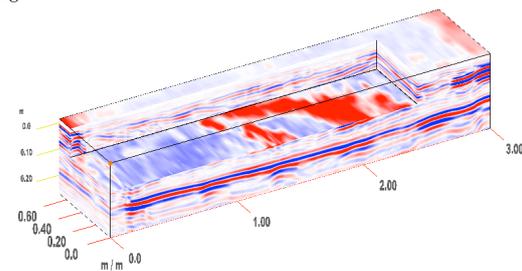


Fig. 2



#### 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5件)

- ① 岡崎浩子・郭 栄珠・中里裕臣. 小型平面水路でみる流路変遷と3次元解析の試み, 堆積学研究, 投稿中, 査読有.
- ② Okazaki, H., Kobayashi, M., Momohara, A., Eguchi, S., Okamoto, T., Yanagisawa, S. and Kiyonaga J., Early Holocene coastal environment inferred from deposits at the Okinoshima archeological site, Boso

Peninsula, central Japan.

Doi:10.1016/j.quaint.2009.11.002

- ③ Okazaki, H. and S. Isaji. 2008, Comparative Study of Sedimentary Processes Forming Bone-bearing Beds between m Early Cretaceous Kuwajima Formation, Central Japan, and Wonthaggi Formation, South Australia. *Natural History Research*, 10(1), 1-9, 査読有.
- ④ 岡崎浩子・黒住耐二, 2008. 国指定天然記念物「木下貝層」(更新統下総層群木下層)の地質学的意義. 千葉県立中央博物館自然誌研究報告, 10(1), 1-13, 査読有.
- ⑤ Hirayama, R., N. Kaneko and H. Okazaki, 2007, *Ocadia nipponica*, a new species of aquatic turtle (Testudines: Testudinoidea: Geoemydidae) from the Middle Pleistocene of Chiba Prefecture, central Japan. *Pleontological Research*, 11(1), 1-19, 査読有.

[学会発表] (計 15 件)

- ① 岡崎浩子・郭 栄珠・中里裕臣・平塚賢二郎. GPR (地中レーダー) による実験堆積物 3 次元解析. 日本地質学会, 2010.10.8, 富山大学.
- ② 岡崎浩子・郭 栄珠・中里裕臣, 小型平面水路での河川流路形態の 3 次元復元. 日本第四紀学会, 2010.8.22, 東京学芸大学.
- ③ 岡崎浩子・郭 栄珠・中里裕臣・平塚賢二郎, 小型平面水路でみる蛇行河川の形態変化. 日本地球惑星科学連合, 2010.5.21.
- ④ 岡崎浩子・郭 栄珠・中里裕臣・平塚賢二郎, 平面水路でみる流路変遷と 3 次元解析 (予報), 日本堆積学会, 2010.3.27, 茨城大学.
- ⑤ H. Okazaki, Facies change on steep slopes of the Pleistocene coarse-grained, gilbert-type delta, Japan. 27<sup>th</sup> IAS Meeting, 2009.9.21, Alghero – Italy.
- ⑥ 岡崎浩子・中里裕臣, 堆積構造の 3 次元解析手法としての電磁波反射法 (地中レーダー) の可能性 (予報), 日本第四紀学会, 2009.8.28, 滋賀県立琵琶湖博物館
- ⑦ 岡崎浩子, 更新統洪水堆積物の 3 次元復元. 日本堆積学会 2009 年京都・枚方大会, 2009.3.29, 大阪工業大学.

- ⑧ 小林真生子・百原 新・岡崎浩子・清永丈太・岡本東三・柳澤清一・千葉大学文学部考古学研究室, 沖ノ島遺跡から見つかった植物化石群の堆積季節の推定. 日本地球惑星科学連合 2008 年大会, 2008.5.28, 幕張メッセ.
- ⑨ 岡崎浩子・黒住耐二, バリアー島システム中の潮汐三角州の発達過程—更新統下総層群木下層の例—. 日本地球惑星科学連合 2008 年大会, 2008.5.27, 幕張メッセ.
- ⑩ 岡崎浩子・江口誠一・百原 新・小林真生子・岡本東三・柳澤清一・千葉大学文学部考古学研究室・清永丈太・林 成多, 千葉県沖ノ島遺跡にみられる完新統イベント堆積物の堆積過程. 日本堆積学会, 2008.4.26, 弘前大学.
- ⑪ Okazaki, H., A. Mmomohara, M. Kobayashi, T. Okamoto, and S.Yanagisawa, The early Holocene coastal environment inferred from an event deposit in the Okinoshima Jomon site, Boso Peninsula, central Japan. 日本第四紀学会創立 50 周年記念国際シンポジウム, 2007.11.25, 産業技術総合研究所.
- ⑫ 岡崎浩子・中里裕臣, 中後期更新世の浅海域堆積シーケンスから読み取る地域的特性. 日本第四紀学会 2007 年大会, 2007.8.31, 神戸大学.
- ⑬ 岡崎浩子・中里裕臣, 関東構造盆地の東部にみられる中後期更新世の堆積シーケンス. 日本地質学会関東支部第 1 回研究発表会, 2007. 6. 10, 早稲田大学.
- ⑭ 岡崎浩子・中里裕臣, 更新統下総層群木下層の浅海堆積システムの形成にみられるテクトニクスと堆積物供給の影響. 日本地球惑星科学連合 2007 年大会, 2007. 5.26, 幕張メッセ.

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

熊代 浩子 (岡崎 浩子) (KUMASHIRO HIROKO (OKAZAKI HIROKO))

千葉県立中央博物館地学研究科・主席研究員

研究者番号 : 10250135

(2)研究分担者

中里 裕臣 (NAKAZATO HIROOMI)

(独)農業・食品産業技術総合研究機構・農  
村工学研究所・主任研究員

研究者番号：00373225

(3)研究協力者

池田 宏 (IKEDA HIROSHI)

元筑波大学陸域環境センター

(4) 研究協力者

郭 栄珠 (KAKU YONJU)

(独)土木研究所／水災害リスクマネジメ  
ント国際センター (ICHARM)