

二次元振動流に生起すると考えられる。しかし過去のリップル実験のほとんどは、一次元振動流を発生させる二次元造波水路等の装置を用いており、二次元振動流下の三次元リップルを対象としてこなかった。そこで本研究では、互いに直交する二方向の正弦振動を同時発生できる二方向振動板装置を新たに開発し、三次元リップル実験に取り組んだ。この装置では各振動の周期、振幅、位相をさまざまに組み合わせることで多様な二次元運動を発生可能であり、砂を入れたトレイ（内径 1 m、深さ 2 cm）を円形水槽（内径 1.8 m、深さ 0.6 m）内の静水中で振動させることで二次元振動流下における現象を模式的に再現する。本研究では、実験砂の平均粒径を 0.2 mm、初期地形を平滑床、砂面上の水深を 15 cm とし、各振動の周期を 1-2.5 sec、振幅を 0-6 cm、位相差を 0-90° の範囲で組み合わせた 110 ケースの実験を行い、定常リップルを観察した。結果、室内実験において世界で初めて梯子状リップルの形成に成功し、(1) 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 ($\psi \geq 2$, ここに ψ はモビリティナンバー) を有することが必要であり、(2) 各振動周期が比較的近い場合には干渉リップルが、異なる場合には梯子状リップルが形成されることを明らかにした。

キーワード：ウェーブリップル、水理実験

O 18. 大学の GIS 実習で利用可能な地形学教材の開発

小口 高（東京大）・大澤幸太（東京大・院）・土志田正二（防災科研）

Takashi OGUCHI, Kota OSAWA and Shoji DOSHIDA: Developing geomorphological teaching material for GIS practice courses in universities

日本の地形学を長期的に発展させていくためには、地形学の若手研究者を増やさねばならない。そのためには、大学院の進学先を選ぶ前の学部生に、地形学の面白さを伝えることが重要である。近年、GIS の講義や実習を教育に取り入れる地理系や環境系の学部が増えているが、利用される教材は都市の構造といった人文系のものが多く、地形学に関するものは少ない。そこで、学部生に地形学の面白さを伝えることを念頭に、大学の GIS 実習で利用可能な地形学教材の作成を試みた。作成した教材のテーマは、鳥瞰図の作成と地すべりの分布解析である。前者は、鳥瞰図の歴史や空中写真の投影の特徴などに関するオンライン形式の講義と、DEM と空中写真を ArcGIS に読み込んで鳥瞰図を作成する実習とで構成される。後者は、地すべりを含むマスマーブメントに関する講義と、防災科研の地すべり分布データと DEM を用いた空間解析とで構成される。実際に学部 3 年生に教材を利用してもらったところ、好評な意見が多く出された。

キーワード：地形教育、GIS

O 19. 流域地形計測の技法

野上道男

Michio NOGAMI: Techniques of drainage geomorphometry

地形は位置を示す 2 次元平面上の高さで表現される（例えばラスタ型 DEM）。そのため位置平面を水平に置いた 3 次元 CAD の手法で形態分析が行える（勾配・ラプラシアン計算など）。しかし降雨流出がある気候帯では地形は水系網によって刻まれた特殊な形態であり、CAD の手法だけでは形態の成因である物質移動をとらえられない。斜面上の水（斜面物質も）の移動は最大勾配方向にしか起きないので、明らかに 2 次元の拡散流ではない。流域地形計測の第一歩は物質移動の方向（落水方向：Drainage Direction）、すなわち最大勾配方向を検出し、データ表現することである（DDMatrix）。DEM では物質移動は格子点でしか定義できないので、流

入・流出する近隣点は正六角形 DEM で 3 点，正方形で 4 点，正三角形で 6 点，直角三角形（正方形の 2 分割）で 8 点である。水系網の合流はほとんど 2 川合流であり，3 川合流は稀であることから，ここでは正方形 DEM を用いる。地形を DEM で表現した場合，出口のない凹陷点（pit）や水平点が必然的に存在する。注目点から出口がない，あるいは複数あるときはその点の高度を少しずつ高めながら，落水方向を探索する洪水法というアルゴリズムが用いられる。すべての点は DDM をたどるとき，海（河口）が DEM の縁に達することになる。流域面積は，合流してくる支流の面積（ピクセル数）の和に 1 を加えたのであると定義した関数を河口あるいは DEM の縁から呼び出して計算する（C 言語による関数の再帰呼出し）。このとき，DD とは逆方向の，流入方向を示すマトリックス（FlowinDM）を DDM から作成しておく必要がある。流域内の物質移動については再帰関数による定義が明解であり，しかも高速に計算が行える。繰返し演算の多い地形発達シミュレーションでは高速性は重要なポイントである。

キーワード：流域，地形計測，DEM，DDM，FDM，地形発達シミュレーション

O 20. 地形力学のための枠組み－地形学の力学的基礎（II）－

平野昌繁

Masashige HIRANO: A framework for geomorpho-dynamics – dynamic basis of geomorphology (II) –

地形変化過程は，地形構成物質がたどる標高 h と体積 V の一連の変化過程（地形学的サイクル）として捉えることができる。地形構成物質のもつ地形学的エネルギー U は，標高と体積を用いて $U = U(h, V)$ と表現できるので，地形変化の前後におけるその変化に注目する必要がある。風化は外部からのエネルギーが加わることに対応した現象で，それによりエネルギー準位が上昇し，体積の増加と強度の低下が生じる。地形構成物質は，エネルギーレベルが一定以上になると下方移動し，エネルギーの一部を失うことで安定化する。風化と疲労破壊，移動時の等価摩擦係数，落下による粉碎，のいずれもが地形学的エネルギー変化の基本例として理解できるが，これらの過程における粒子特性の変化が充填度に依存した空隙率と関係して体積増加と強度低下をもたらす。体積増加と地形学的エネルギーの関係はまだ十分解析できているとはいえないが，地形学的エントロピーの定義として $dS \propto dV/(\alpha h + \beta \text{grad}h)$ の形のものを考えることができる。ここでは dV は自由エネルギーを反映する。この定義から移流項つき拡散方程式が直接導びかれ，指数関数で近似される平衡河川の縦断面形の説明も可能である。

キーワード：地形力学，地形学的サイクル，地形学的エネルギー，地形学的エントロピー

O 21. 地層情報の保存性と層厚分布の再構成に関する理論研究

遠藤徳孝（金沢大）

Noritaka ENDO: Theoretical consideration about preservation potential of strata and reconstruction of bed thickness distribution

地層における同時時間面は堆積当時の地表面に相当し古地形を示している。通常，地層はあるユニット（単位）の集合と見なせるが，各層の厚さ（層厚）は地質学的に重要な量と見なされている。Kolmogorov (1951) は，確率論的な考察により，ある与えられた確率分布で発生する堆積・侵食量の関数から，ランダムに堆積及び侵食が繰り返された後に結果として保存される地層の層厚分布が一意的な解として求まることを示した。この計算過程は，実際の地層形成過程と同様に，堆積・侵食の繰り返しを原因とし，結果として地層を得るというもので，順問題（forward problem）である。一方，地層に残された層厚分布から実際に発生した堆積・侵食規模