

|          |                                                                                                                                                                |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 氏 名      | Nining Sari Ningsih                                                                                                                                            |
| 学位(専攻分野) | 博 士 (工 学)                                                                                                                                                      |
| 学位記番号    | 工 博 第 1879 号                                                                                                                                                   |
| 学位授与の日付  | 平成 12 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   | 工学研究科土木工学専攻                                                                                                                                                    |
| 学位論文題目   | Three-Dimensional Model for Coastal Ocean Circulation and Sea Floor Topography Changes: Application to the Java Sea<br>(沿岸海洋での海水循環・海底地形変動予測モデルに関する研究：ジャワ海への適用) |

|        |                  |         |          |
|--------|------------------|---------|----------|
| 論文調査委員 | (主 査)<br>教授 高山知司 | 教授 酒井哲郎 | 助教授 間瀬 肇 |
|--------|------------------|---------|----------|

### 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は波浪や海流、底質移動の相互作用を考慮した海水循環および海底地形変動の予測の数値シミュレーション手法を開発し、現地への適用性を検討するとともに、ジャワ海へ適用して、ジャワ海における風波や流れ、底質移動の特性を調べたもので、以下の7章からなっている。

第1章は序論であり、沿岸海洋での流れの特性および外力を明確にした後、それらを数理モデルで記述するための最近の研究動向を総括している。風を外力とする波浪・乱流・平均流の相互作用（多重構造の流れ場）と粘着性底質輸送モデルを結合した数理モデルの構築を目指しているため、海洋循環モデルとしてPOM (Princeton Ocean Model)、海洋波浪のモデルとしてWAMモデル（波浪推算モデル）、粘着性底質輸送モデルとしてCOSINUS (Cohesive sediment transport and bed morphodynamics with integrated Numerical Simulation models)、海上風のデータとしてECMWF（欧州共同体中規模気象予測センター）等の気候再解析データについて総括を行っている。

第2章はジャワ海における気象および海象の特性に関する研究である。気象的特性として、ジャワ海での気候海上風特性はアジアモンスーンの大気運動およびENSO（エルニーニョ+南方振動）に支配された、いわゆる中規模の気象変動に強く依存しているため、ここでの海水・エネルギー・物質循環を考えるためには中規模気候再現解析結果に基づいた外力特性を把握することが必須であることを示し、海上風としてECMWFの表層風速データを援用している。また、ECMWFデータとジャカルダ湾沖の気象ブイ観測による風ベクトルとを比較し、ECMWFデータの使用が可能であることを示している。

第3章は沿岸における流れの3次元モデルに関する研究である。海底の底泥や浮遊物輸送のように鉛直分布を持つスカラー量の移動を予測するためには空間の3次元特性を考慮できる数理モデルが必須であるため、POMと同様の海洋循環モデルを構築している。すなわち、重力波と内部波とのモード分離による計算の効率化、シグマ座標、鉛直方向の2方程式乱流モデルを用いている。大陸棚を含む仮想の湾模型で数値実験を行い、モデルの特性を検討するとともに、大阪湾の潮流を対象として主要4分潮の振幅および位相の再現性によってモデルの適用性を検証している。

第4章は沿岸海洋での流れに及ぼす風波の影響に関する研究であり、海洋での流れの場の海底・海面せん断応力に及ぼす風波の影響を考慮したモデルを構築している。海洋波浪モデルとしては、波浪成分間の非線形干渉を考慮した、いわゆる第3世代モデルのWAMを用いている。海面せん断応力は、海面粗度に及ぼす波齢の影響をKusaba & Masuda (1988)の定式化を用いて評価している。また海底摩擦に及ぼす風波の影響はGrant & Masuda (1979)のモデル化を用いている。このモデルをジャワ海に適用し、風波の存在が海底および海面せん断応力を増幅する効果があることを明確にしている。

第5章は非粘着性の海底底質の輸送モデルに関する研究である。第4章の海洋循環モデルによる流れの計算結果に基づき、ラグランジュ的に求めた数値トレーサーによる表層、下層での1年間の物質移動特性を示している。これにより、ジャ

ワ海での物質移動、海水交換には流れの鉛直分布特性が極めて重要であることを指摘している。さらに、下層トレーサーの堆積パターンとジャワ海の砂・シルト、マッドの分布図との比較から、マッド（細粒底質）の分布が下層トレーサーの堆積パターンとよく一致していることを示し、東西モンスーンの繰り返しの繰り返しにより、底質の細粒成分がジャワ海の中央部に堆積する機構を明確にしている。また、流れおよび波浪による漂砂量フラックスの時空間分布を求め、非粘着性の海底底質を仮定した場合のジャワ海の海底地形変化（1年間）を算定している。

第6章は粘着性の海底底質の輸送モデルに関する研究であり、沿岸海洋における海水循環モデルにシルトの輸送モデルを組み込み、粘着性底質の海底地盤変化を予測するモデルを構築している。粘着性底質の輸送モデルは、現在進行中のEUの研究プロジェクトCOSINUSと同型のモデルとし、流体層（平均流、乱流、波浪成分）、泥質流体層、圧密層に分割したモデル化を行っている。また、COSINUSで行われた潮流場での底質輸送フラックスの計算結果との比較を行い、モデルの検証を行っている。さらに、これをジャワ海へ適用し、一様な粘着性海底底質特性を仮定した場合のジャワ海の海底地形変化（1年間）を算定している。

第7章は結論であり、本論文で得られた成果について要約すると共に、今後の研究の課題をまとめている。

### 論文審査の結果の要旨

本論文では成分波間の非線型干渉を考慮した第3世代波浪推算モデルと鉛直方向の流速分布が算定できる3次元海洋循環モデルに流れによる物質輸送モデルを加えて、海底地形変化を予測するシステムを構築している。そして、このシステムをジャワ海に適用して、海底地形変化特性を調べている。得られた主要な成果は以下の通りである。

1. ジャワ海での吹送流を再現するためにはアジアモンスーンの海上風特性を再現する必要がある。そこで、ECMWFの表層風データから内挿して求めた風と観測された海上風とを比較した結果では、ECMWFの表層データは長期的な海上風特性を再現する気候値として適用できることを示した。

2. 海上風を外力とする波浪場や乱流場、平均流場間の相互作用を考慮して、多重構造の流れ場として吹送流の数値モデルを構築した。

3. 波浪予測モデルとしては成分波間の非線型相互作用を考慮した第3世代のWAMモデルを用い、海面せん断応力の評価として海面粗度に及ぼす波齢の影響を考え、これを平均流場と共用するモデル化を行った。

4. 沿岸海洋循環モデルを構築した。このモデルは平均流モデルと2方程式乱流モデルとで構成され平均流モデルは海面せん断応力を介して波浪予測モデルと結合させ、平均流場の海底せん断応力に及ぼす波浪の効果も考慮した。沿岸海洋循環モデルを大阪湾における潮流計算に適用し、主要4分潮の再現結果からその適用性を検証した。さらに、これをジャワ海に適用し、東西両モンスーンの風域場、潮流場における流れの3次元構造を再現し、その特性を明らかにした。

5. 沿岸海洋循環モデルにシルトの輸送モデルを組み込み、粘着性底質の海底地盤変化予測モデルを構築した。粘着性底質の輸送モデルは、流体層（平均流、乱流、波浪成分）、泥質流体層、圧密層に分割したモデル化を行い、EUのCOSINUSプロジェクトの成果を援用して、モデルの適用性を検証した。さらに、粘着性底質の海底地盤変化予測モデルをジャワ海へ適用し、一様な底質特性を仮定して、ジャワ海の海底地形変化を1年間算定した。その結果、ジャワ海における底質移動特性を明らかにすることができた。

以上、本論文は波浪や沿岸海流、底質移動の予測モデルを組み合わせる海洋地形変化を予測するシステムを構築し、ジャワ海に適用して、そこでの地形変化特性を明らかにしており、学術上、実際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値のあるものと認める。また、平成12年1月21日、論文内容とそれに関連した試問を行った結果、合格と認めた。