

北海道大学工学部 ○坂口大作,田中文基,金井理,岸浪健史
北海道大学水産学部 斎藤誠一,飯田浩二,山内皓平

要 旨

海洋資源環境予測のためには、生態系を考慮した資源環境のモデル化が必要である。本研究では、全体の構造を捉え、要素が全体に与える影響を把握するのが容易であるオブジェクト指向モデリングを海洋資源環境予測システムへ適用する。

1. はじめに

海洋資源環境予測のためには、生態系を考慮した資源環境のモデル化が必要である。本研究では、部分・全体構造を把握するのが容易であるオブジェクト指向モデリングを応用して特定分野の資源環境モデル開発を行ない、また、これを具体的な資源環境シミュレーションへ応用する方法論を提案する。

2. 資源環境モデル開発の基本的な方法論

資源環境予測モデル開発の基本的な方法論を図1に示す。ISO/TC211 [1] に準拠した参照モデルである Feature モデルに基づき、資源環境時空間現象をそれらの因果関係、時空間変化、可観測性を考慮してサブクラス化し、資源環境モデルを構築する。続いて資源環境モデルを特定分野（海洋、農地など）に合わせてサブクラス化し、その分野の時空間現象をモデル化し、その分野の資源環境モデルを構築する（図2参照）。この特定分野の資源環境モデルをもとに特定分野の資源環境シミュレーションを行なう。このシミュレーション結果と検証用データとを比較することにより、資源環境モデルの検証を行なうことが可能である。また、資源環境モデルの開発が進みモデルの信頼度が向上すれば、現在のデータを初期値として、未来の資源環境予測を行なうことが可能となる。

3. Feature モデル

本研究では ISO TC/211 の参照モデル [1] に基づき、資源環境のモデルを構築した。図3に最も抽象化したモデルである Feature モデルを Express-G で示す。Feature とは実世界における現象を抽象化したものである。Feature は現象を特徴づける物理量を表す ThematicMeasure を値 (thematicValue) として持ち、現象が存在する空間 (spatialValue)、並びに時間 (temporalValue) は SpatialObject と TemporalPosition により表される。更に、現象が存在する空間の位置を示す Position をもつ。時間と空間には時間的・空間的な

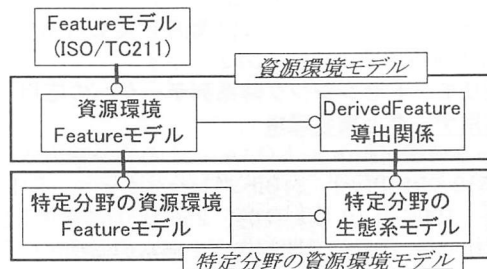


図2 特定分野の資源環境モデルの概略構造

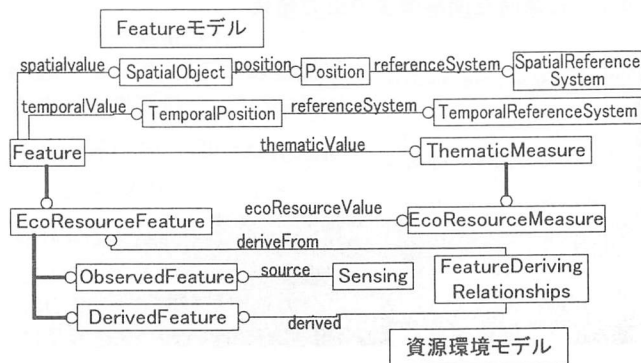


図3 Feature モデルと資源環境モデル

参照系 (ReferenceSystem) で定義される。

4. 資源環境モデル

次に、Feature のサブクラスとして資源環境モデルを定義する。資源環境 Feature は、ThematicMeasure をサブクラス化した資源及び環境に関連する物理量 (EcoResourceMeasure) を資源環境値 (EcoResource Value) として参照する Feature である。更に資源環境 Feature を可観測性を考慮した ObservedFeature と DerivedFeature とに分類する (図3下側)

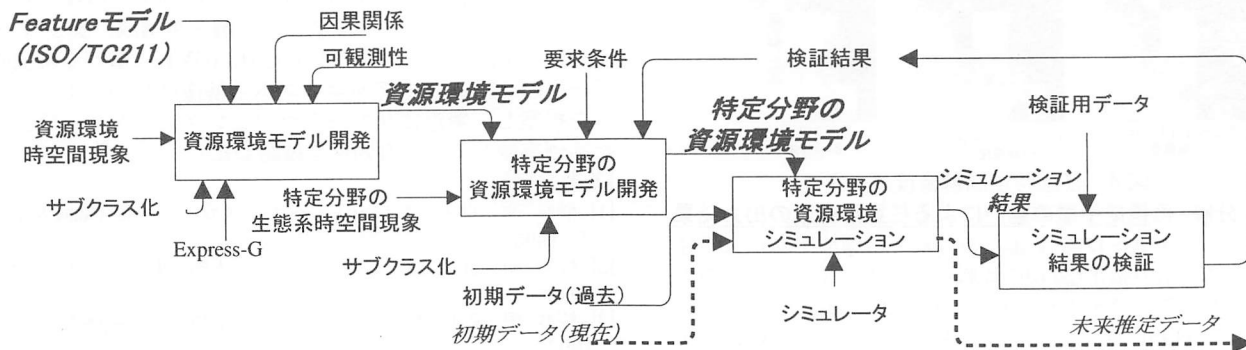


図1 資源環境モデル開発の基本的な方法論

Observed Feature とは観測源 (Source) から直接観測可能な Feature であり, 一方 DerivedFeature とは Feature DerivingRelationships により導出される Feature である. ここで, FeatureDerivingRelationships とは資源環境 Feature から DerivedFeature を導出する関係で, 数値シミュレーションなどを表す. ObservedFeature の資源環境値はシミュレーションの初期値や, シミュレーション結果の検証にも利用可能である.

5. 海洋資源環境モデル

5.1 海洋資源環境 Feature モデル

次に資源環境モデルを海洋分野の観点からサブクラスとして図 4 に示す海洋資源環境モデルを構築する. 海洋資源環境の Feature には, 可観測性による分類のほか, 資源環境値として濃度 (density) と速度 (rate) を持つ Compartment であるか否かという分類があり, それらの直積で表せる. Compartment としては植物プランクトン (PhytoPlankton) Feature, 動物プランクトン (ZooPlankton) Feature などがあり, Compartment 以外の Feature として, 光強度 (LightIntensityFeature) や, 表層混合層厚 (MixedLayer Depth Feature) などがある.

5.2 海洋生態系モデル

また FeatureDerivingRelationships を微分方程式で導出可能関係である DifferentialEquation にサブクラス化する. DifferentialEquation により導出されるのは, Compartment の DerivedFeature のみで, その他の DerivedFeature は代数計算や手続等により算出される. この海洋資源環境モデルには海洋表層混合層モデルと呼ばれる海水表層の栄養分の多い層の時間変化と, それらによる各 Compartment の濃度の関係を微分方程式で表現した簡単な 1 次元海洋生態系モデルを組み込んでいる [2]. 例えば, 植物プランクトンと動物プランクトンの単位体積当たりの窒素モル濃度 $P, Z (\mu molN/m^3)$ についての微分方程式は (1) (2) のようになる.

$$\frac{dP}{dt} = \sigma(I)P - \phi_p P - G_z(P)Z - M_p P \quad (1)$$

$$\frac{dZ}{dt} = \beta_z G_z(P)Z - \mu_z Z - M_z Z \quad (2)$$

ただし, $\sigma(I)$ は植物プランクトンの日平均成長率, $Q(N)$ は植物プランクトンの栄養塩制限要素, $G_z(P)$ は動物プランクトンによる植物プランクトンの捕食率, β_z は動物プランクトンの同化率, μ_z はデトリタス (Detitus)

の分解率, ϕ_p は植物プランクトンの死亡率, M_p, M_z は各々の表層混合層厚の時間変化に伴う鉛直拡散率を表す.

6. 資源環境予測シミュレーション

提案した海洋資源環境モデルをもとに資源環境予測シミュレーションをおこなった. シミュレーション海域は日本海で, 緯度・経度それぞれ 1 度ずつ (100km×100km) の 64 格子に対して行なった. 初期値として 98 年の植物プランクトン濃度を用いて 1 年間行なった. 図 5 にその結果を示す. 結果よりプランクトンなどの年変動の予測が可能であることを確認した.

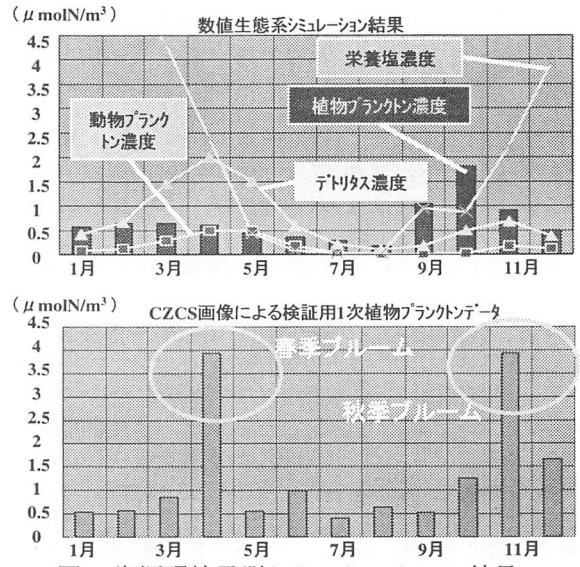


図 5 資源環境予測シミュレーション結果

7. おわりに

オブジェクト指向モデリングを応用して, 特定分野の資源環境モデル開発をする方法論を提案して生態系を考慮した海洋資源環境モデル開発に適用した. また, この方法論を応用し資源環境シミュレーションへの利用を通じて方法論の有効性を確認した.

参考文献

- [1] ISO TC/211 N911 (2000) :Reference model
- [2] 金相祐(1998):日本海表層における植物色素濃度の季節変化に関する研究.北大水産学部博士論文

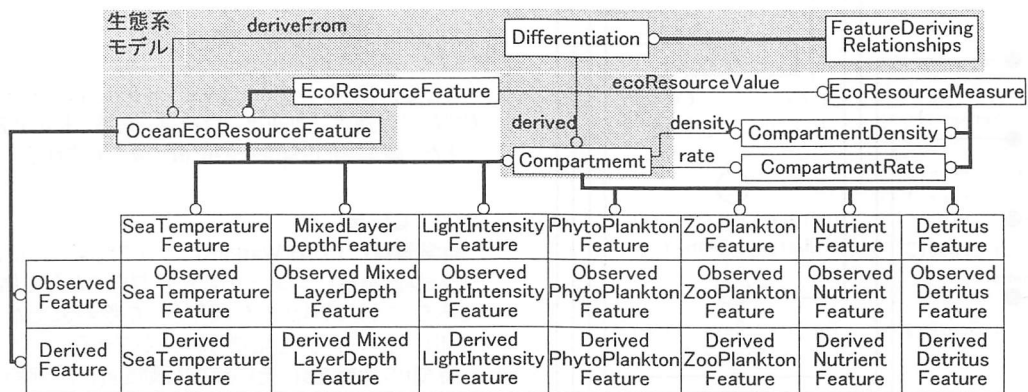


図 4 海洋資源環境モデル