

## 数値シミュレーションモデルとは？

### はじめに

数値シミュレーションモデル(数値モデル)は、普段生活しているとなかなか気がつきませんが、私たちの生活の様々な場面で用いられています。例えば、天気予報などは数値モデルによる予測に基づいたものです。また、これ以外にも物理学、工学、生物学、経済学、免疫学、機械工学、天文学などでも数値モデルが使用されています。このように数値モデルが使用されている分野は非常に幅広く、実は私たちの生活に欠かせないものになっています。

### 数値モデルの特徴

数値モデルは予測したい事象を簡略化(モデル化)した上で、数式によって表現するのが一般的ですが、以下の様な特徴があります。

- ① 予測に影響を与える要因がわかっていない現象をモデル化することはできない
- ② 予測に影響を与える要因の全てをモデル化しても精度が良くなるとは言えない
- ③ 遠い未来を予測しようとするとも予測精度は低下してしまう
- ④ 予測には詳細な観測データが不可欠

まず、①に関して言えば、モデルはあくまで人間がとらえたい現象を数式で表現するため、数式で表現できない現象は当然モデル化もできません。さらに言えば、予測や変動に影響を与える要因を特定した上で数式化する必要があるため、その要因がわからない場合もモデル化ができません。しかし近年では、共分散構造分析のように数値モデルを構成する因子を探索的に求めることができる手法も提案されています。近い将来、現在変動予測ができていない現象もAIなどが予測してしまう時代が来るかもしれません。

次に、②に関してですが、予測や変動に影響を与える要因を特定できたとして、それら全てを数値モデル

に取り込もうとすると、かえって数値モデルによる予測が外れてしまうことがあります。例えば、海藻の現存量を予測する数値モデルを構築した場合、1) 光合成による生産、2) 呼吸による消費、3) 葉の脱落が主な現存量の変動要因になりますが、これら1)~3)の要因は何がどのくらい重要になるのか決めなくてはなりません。また、これらの条件は水温や塩分が変動しても変化してしまいます。海藻の数値モデルに関しては、1)~3)の要因について、実験室などで直接データを取得することが可能であるため、要因間の重み付けを定量的に求めることが可能です。しかし、実験室でデータを取ることが困難な事象や、自然現象を対象とするような事象をモデル化する場合、要因間の重み付けを決定することが困難になることから誤差が生じることになり、予測精度が悪くなってしまうことがあります。この問題を解決するために、要因の不確実性や変動性を把握する感度解析の手法が用いられたいります。また、各要因間の重み付けを統計的に算出する多変量解析法なども提案されていますが、モデルが複雑化するほど検証しなくてはならない事項も増え、単純に数値モデルの精度が向上するとは限りません。

③に関してですが、モデルの性質として遠い未来を予測するためには、近い未来をまず予測し、その計算結果を基にさらに遠くの未来を予測します。そのため、近くの未来を予測した結果が実際の結果と比べてズレが生じた場合、遠くの未来予測にはこのズレが含まれることになり、より遠くの未来を予測するほどこのズレが積算されてしまうため、誤差も大きくなってしまいます。予測値と観測結果を比較してズレを補正するデータ同化手法なども提案されていますが、3時間後の天気予報は当たっても半年後の予報が難しいように、遠い未来を予測するのは困難が伴います。

最後に④に関してですが、いくら理想的なモデルを

構築しても基礎となるデータが不足しているとモデルの予測精度は下がります。例えば、梅雨時の出水時の東京湾の水温や塩分分布を予測するとします。これらの分布に影響を与える要因としては、河川からの流入、降水影響、外海からの流入などが考えられます。この場合、影響を与える要因は明確ですし、要因間の重み付けも東京湾というボリュームに対してある程度推定できますが、梅雨の降水量データや河川流量データが無かったらどうでしょうか？当然ながら東京湾内の水温和塩分の分布は降水量、河川流量に強く左右されますから、これらのデータ無くして予測はできません。逆を言えば、きちんとしたデータが揃えば予測の精度は向上します。

### 環境影響評価への応用

数値モデルの特徴を踏まえた上で、海洋における環境影響評価のツールとしても数値モデルは使用されています。発電所の温排水問題では、数値モデルによって発電所建設後の温排水拡散範囲を予測し、これを基に影響評価を行うことが一般的です。なお、数値モデルを実行するには、海底地形、流れの特性、水温、温排水の流量、温排水の放出形式(表層放水なのか深層放水なのか)等のデータが必要となりますが、これらが揃えば高精度の解析が行えることがわかっています。そのため、数値モデルを用いることで、温排水の拡散範囲が最小となる取放水口の位置や取放水形式の条件を検討したり、海生生物にストレスの少ない物理環境になるための設計条件を提案したり、発電所リプレースに伴う影響の度合いを評価したりすることが可能です。

港湾構造物等が建設されることによって海産生物の生息環境が変化した場合の、生息量の予測にもHSIモデル(Habitat Suitability Index Model, ハビタット適性指数モデル)などの数値モデルの適用が期待されています。HSIモデルとは、対象とする生物の生息に関わる環境要因を抽出し、各要因の適性を適性指標SIを用いて点数化することで、生息環境の適性指数HSIとして評価するモデルです。詳細はここでは割愛しますが、HSIモデルは視覚的に

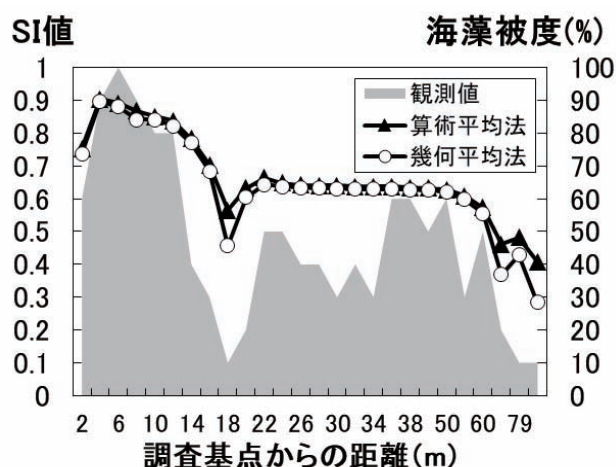


図 大型海藻類のHSI計算結果と海藻被度の観測値 (長谷川, 2012)

わかりやすく、合意形成を得るツールとして、有効であると考えられています。図は、京都府宮津海域でHSIモデルの内、算術平均法と幾何平均法で算出したHSI計算結果と大型海藻類被度の観測値を示しています。急激に被度が低下してしまう場所では計算値と観測値でズレが大きいことがわかりますが、大型海藻類の繁茂傾向をつかむことができました。

### おわりに

近年では技術の進歩により、スーパーコンピューターを使わなくても、個人用のパソコンで計算可能な数値モデルも増えてきました。また、簡易なモデルからより複雑なモデルまで様々なものが提案されています。そのため、これからは適正な数値モデルを選び出し、運用するスキルが研究者や実務者に求められるようになってくると思います。また、いくら良い数値モデルを構築しても、基になるデータがなければ精度は上がりません。海洋での調査や実験などによるデータ取得には多大な苦勞が伴いますが、良い数値モデルを作るには良いデータが必要です。

(事務局 研究調査企画グループ 長谷川 一幸)

### 参考文献

長谷川一幸(2012). 藻場造成と維持に関する研究, 日本水産工学会誌, 49(2):pp.69-76.