

# マルチスケール数値実験に基づく防潮林効果の評価手法

|                    |      |        |
|--------------------|------|--------|
| ○東北大学工学部建築・社会環境工学科 | 学生会員 | 野村 怜佳  |
| 東北大学災害科学国際研究所      | 正会員  | 寺田 賢二郎 |
| 東北大学大学院工学研究科       | 正会員  | 高瀬 慎介  |
| 東北大学災害科学国際研究所      | 正会員  | 森口 周二  |
| 東北大学環境科学研究科        |      | 村松 真由  |

## 1. はじめに

一般に防潮林には津波・高潮などの被害を減することを目的として造成される。防潮林に期待される具体的な効果は、(1) 漂流物を押しとどめ、背後の家屋を保護する (2) 流れに対する抵抗として働き、流速や浸水位を軽減する (3) 津波にさらわれた人のすがりつく対象物となる (4) 砂丘を形成し、その高い地形が津波に対する自然の障壁となる<sup>1)</sup>などがあげれる。また、大規模事業となる防潮堤の設置に比べて経済効果が低いことがその利点の一つとしてあげられる<sup>2)</sup>。

従来の研究では、水理実験を行うことによって防潮林の抵抗則を求めていた。本研究では、数値解析により防潮林の抵抗則を直接求め、水理実験のみでは困難であった後背地における構造物に作用する流体力の評価を行うことにより、実被害時の減災を目指すことを目的とする。

## 2. 数値解析手法

### 2.1 マルチスケール数値実験

マルチスケール数値実験は、構造物の微視的構造を解析することによって、構造物全体の巨視的応答を得るために行われるモデリング・数値解析手法のことである。代表的なもので均質化法などにおいて特に用いられている。<sup>3)</sup> 本研究では防潮林というマクロスケールの構造物に流体が流れ込んだ時の挙動を解析するために、それを構成する樹木、枝などのミクロスケールでの解析を行い、それらの解析結果を用いることによって防潮林の効果を検討する。今回ミクロスケール、メゾスケール、マクロスケールの3つのモデルを設定しそれぞれを Phase1, Phase2, Phase3 としてマルチスケール数値実験を行った。

樹木の持つ幹の形状、枝木の配置などの個体差を考慮して防潮林効果を評価するのが理想的であるが、それにはモデル作製・解析に莫大な時間を費やしてしまう。そこで今回、マルチスケール数値解析を行うにあたって、防潮林というマクロスケールに対するミクロスケール構造（樹木、枝木など）の形状差は非常に微細であり、ほぼ同一のものであると考えることにする。すなわち、防潮林という巨視的構造が規則的な形状・配置のミクロ構造によって構成するとする多孔質体近似を用いる。本研究では圧力損失  $\Delta p$  を求めることによって、多孔質体の特性をあらわす多孔質パラメータ  $C$  を、次式のように求められるものとする。

$$\Delta p = \frac{1}{2} C \rho \Delta n \quad (1)$$

$\rho$  は流体密度、 $\Delta n$  は圧力損失を測定する任意の検査面間の距離である。求められた多孔質パラメータを次のスケールのモデルに、特性値として与えることによってスケールアップ型のマルチスケール解析を進めていく。

## 3. 数値解析例

### 3.1 枝木スケールの多孔質特性値同定のための数値実験

ミクロスケールモデルを図-1 のように設定し、境界条件（流入速度）、密度条件を変更し流れの解析を行った。各ケースでモデルを挟んだ任意の検査面間での圧力損失値を求め、式(1)によって多孔質パラメータ  $C$  を導出する。図2より、流速  $u$  が速くなるほど、自由表面の水面形が乱れていることが観測できる。また、解析結果をプロットした点を元に補間された応答曲面(図-3)からも、流速  $u$  が速くなるほど多孔質パラメータの値が大きくなることもわかる。

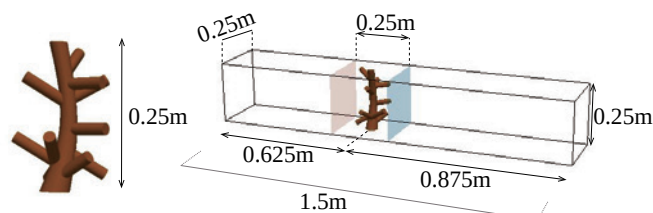


図-1 Phase1 モデルと数値実験の条件

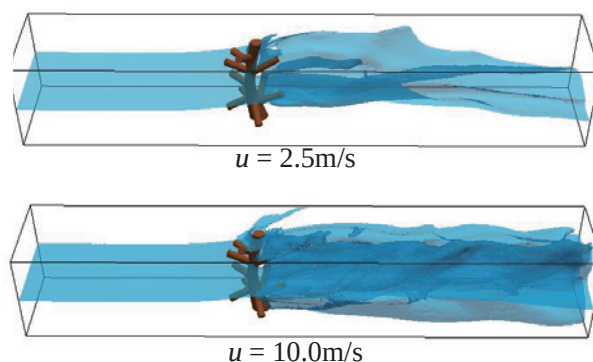


図-2 Phase1 での自由表面流の様子 (Time=5.0s)

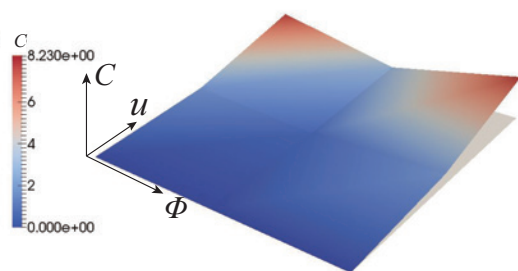


図-3 Phase1 モデルの多孔質特性値応答曲面

### 3.2 防潮林の多孔質特性値同定のための数値実験

Phase1 モデルでの数値実験を行うことによって得られた枝木スケールでの多孔質特性値を図-4 のような樹木モデルに与えた。Phase2 では、樹木の植栽密度による防潮林効果の違いを検討するため、配置形状は同一で、配置間隔のみが異なるという二つのモデル model- *a* , model- *b* を設定し Phase2 の解析を行った。(図-4) これら二つのモデルでそれぞれ、境界条件(流入速度), そして密度(境界端における水面高さ *h*) を変えたケースを設定し、数値解析を行った(図-5)。図-6 に示す応答曲面より, model- *a* , model- *b* では樹木をより密に配置した model- *a* の方が、密度が疎な model- *b* に比べて全体として高い多孔質パラメータを持つことが分かる。これは植栽密度の増加に伴って防潮林効果が高まるとする原田ら<sup>4)</sup>の結果と一致する。また、どちらのモデルにおいても、自由表面を有する場合に多孔質パラメータの値が高くなることが伺える。

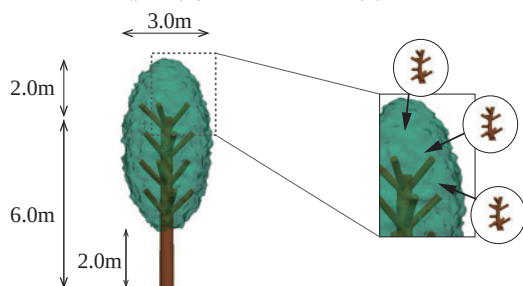


図-4 枝(マイクロモデル)の特性値を与えた樹木モデル

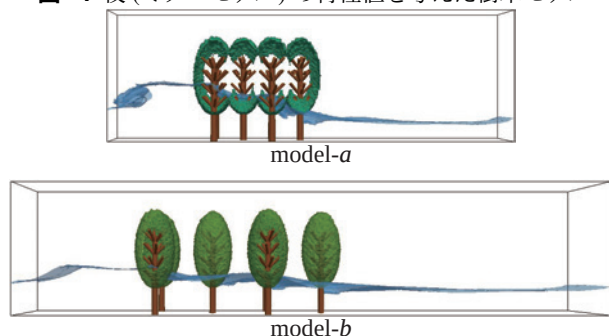


図-5 各モデルでの解析の様子 (Time = 2.0s, *h* = 2.5m, *u* = 5.0m/s)

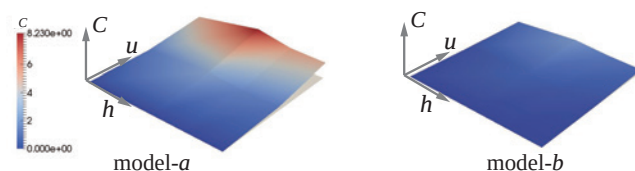


図-6 両モデルの多孔質パラメータ応答曲面

### 3.3 防潮林効果の解析

植栽密度、防潮林幅によってどれほど防潮林効果が異なるか検討するため、Phase2 で解析を行った model- *a* , model- *b* の多孔質特性値の両方を用いて解析を行った。Phase3 では、防潮林の背後に構造物を配置し、この構造物にかかる流体力を評価することによって防潮林効果を同定した。図-7 に、構造物に影響を及ぼす流体の時刻暦を示す。

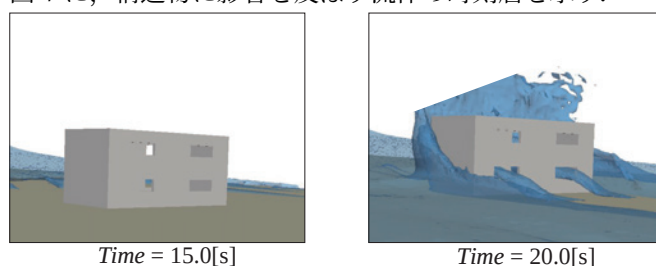


図-7 流体力を受ける構造物

## 4. 終わりに

これまで詳細な現地調査、模型作製を必要とした水理実験等の手法に代えて、マルチスケール数値解析手法を提案することにより、新たに防潮林効果の検討を行うことが可能となった。実際の解析では Phase1, Phase2, Phase3 のマルチスケール数値解析の結果より、構造物が受ける流体力の時刻暦を可視化することに成功した。また、従来評価が困難であった後背地に位置する構造物に作用する流体力を定量的に評価する可能性を示した。

### 参考文献

- 1) 首藤伸夫“ 防潮林の津波に対する効果と限界 ”, 第 32 回海岸工学講演会論文集, pp. 465-469, 1985
- 2) 今井健太郎, 松富英夫“ 樹冠部の変形を考慮した樹木の抵抗則とそれを用いた沿岸林域の氾濫計算 ”, 土木学会論文集 B, Vol64, pp. 214-225, 2008.9
- 3) 寺田賢二郎, 菊池昇“ 均質化法入門 ”, 日本計算工学会編, 丸善, 2003
- 4) 原田賢治, 今村文彦“ 防潮林による津波減衰効果の評価と減災のための利用の可能性 ”, 海岸工学論文集, 第 50 巻, P341 P345, 2003