

神戸大学大学院 学生員 ○利守伸彦
 神戸大学大学院 学生員 盛岡淳二

神戸大学大学院 学生員 木村 諒
 神戸大学大学院 正会員 宮本仁志

1. はじめに

近年、日本の多くの河川では河道の樹林化が進行する。これは、河川の治水機能と生態系保全機能との両面に大きな影響を与える。よって、河川流域の特性を考慮し、河道内樹林を適切かつ合理的に管理することが重要となる。この河道内樹木の適正管理に向けて、筆者らは砂州上の植生動態を長期予測するための確率過程モデル^{1),2)}を構築してきた。しかし、現行のモデルには現地観測などで同定すべきモデル上の仮定などがある。本報では、加古川の植生観測より得られた樹木成長のデータを基にして、成長の分散効果が予測結果へ及ぼす影響を検討する。

2. 樹木動態の数理生態モデルにおける成長分散項の導入

図1に、樹木分布密度 $n(x,t)$ のサイズ x に関する分布とその経時変化を概念図で示す。なお、本報ではサイズ x は樹径 d とした。また、変化過程の要因として、サイズ x ごとの平均成長速度 g_t (m/day)、樹木死亡率 D (day^{-1}) を定式化している。図1を基にして、既報^{1),2)}のモデルにおいて $n(x,t)$ の経時変化は次式で与えられている。

$$\frac{\partial n}{\partial t} = -\frac{\partial(g_t \cdot n)}{\partial x} - D \cdot n \quad (1)$$

また、式(1)の最小サイズ x_{min} における境界条件として稚樹の新規参入 $J(x_{min},t)$ が与えられる²⁾。なお、現行のモデル対象樹種は現地に多く繁茂するヤナギ類である。

式(1)では成長速度 g_t を各個体サイズの期待値として与えている。しかし、樹木の成長には個体差が生じるので、本報では成長速度のばらつきを分散項として導入し、モデルを次のように定式化した。

$$\frac{\partial n}{\partial t} = -\frac{\partial(g_t \cdot n)}{\partial x} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2(\eta \cdot n)}{\partial x^2} - D \cdot n \quad (2)$$

ここで、 $\eta(x,t)$: 成長速度の分散係数(m^2/day)である。

3. 加古川植生観測による分散係数の同定

図2に、加古川流域の河道網と河口距離 23.6km 付近の河道内比高およびヤナギの観測樹径を示す。図には後述の樹木成長のモニタリング箇所を併示している。この 23.6km 地点では 2008 年より継続的にヤナギの現地植生観測を実施し、数理モデルのパラメータを同定してきた。2011 年 6 月からは、本報で対象とする分散係数の同定を主な目的として、右岸砂州上流部で動態予測モデル精緻化のための成長速度のモニタリング調査を実施している。この調査では、樹木密生度の異なるコドラードを図3に示すように同じ

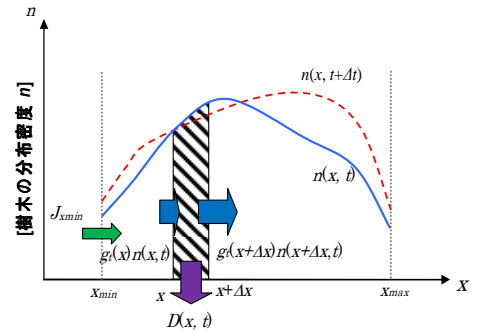


図1 樹木分布密度の経時変化の概要

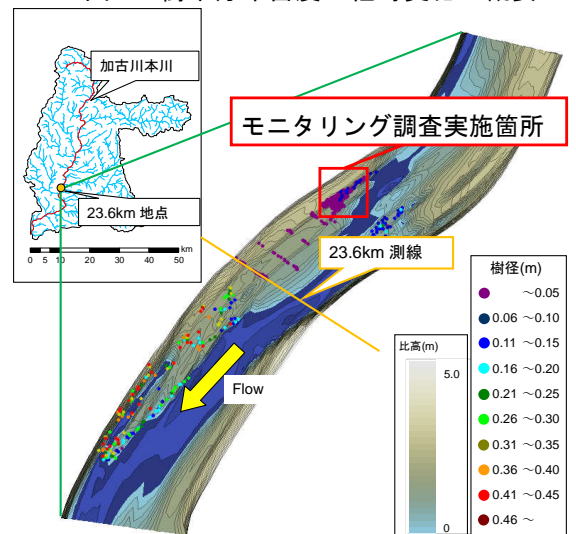


図2 加古川現地観測図

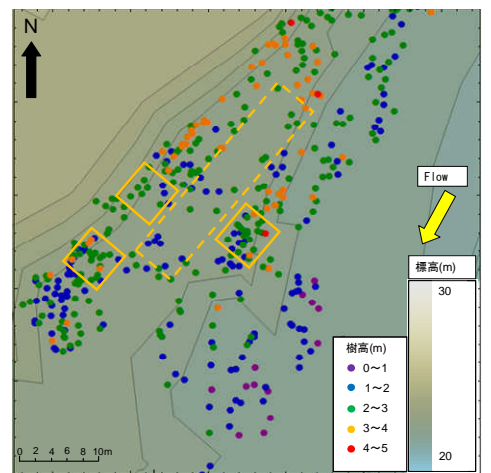


図3 モニタリングエリア詳細図

比高をもつ砂州上に設け、樹木サイズ(樹径 d , 樹高 h)の経時変化を測定している。図より、堤防側に比べて主流部側は樹高が小さい樹木が多く見られる。出水が生じたときに低水路方向に土砂の堆積が生じ、これにより形成される空きスペースに稚樹が新規参入するためではないかと考えられる。

図 4 に、本報でのモニタリング調査と既往文献³⁾から得られた樹径毎の成長速度を示す。図には、樹径 2cm 毎の平均値を緑のプロットで示し、また、現行モデルで用いている二次曲線を併示した。モニタリング調査による成長速度は、樹径 d の 1 年間の変化量を樹木の成長量とし、負成長のものは除いた。図 4 より、樹径の小さい樹木は、成長速度の個体差が非常に大きい。また、 $d=10\text{cm}\sim 30\text{cm}$ の樹木に関しては、二次曲線は平均値に近い値をとっている。しかしながら、現行の二次曲線は最小樹径付近の成長速度 g_t を過小評価している。今後、成長速度 g_t の関数を再検討する予定である。

図 5 は、観測値より算出される樹径 2cm 毎の分散である。図より、樹径が小さい樹木ほど分散値が大きく、樹径が大きくなるにつれて分散値が小さくなる傾向がみられる。したがって、図中の近似曲線は分散が樹径に対して反比例する関数形を与えた。本報では、この近似曲線でモデルの分散係数 η を与え、数理生態モデルにおける分散項の有無が分布密度 $n(d,t)$ の経時変化へ及ぼす影響を検討する。

4. 分散項が分布密度の経時変化へ及ぼす影響評価

図 6 に、分散項の有・無(モデル式(1),(2))に対する分布密度の経時変化を示す。ここでは、樹林消長解析^{1),2)}を 2000 回実施することで得られる分布密度の期待値 $\bar{n}(d,t)$ を 10 年ごとに示した。一事象の計算では、砂州の初期条件として裸地 ($n(x,t)=0$) を与え、100 年間の分布密度の経時変化を求めた。図 6 より、時間の経過とともに裸地に参入した樹木が成長するが、最終的には $d=0.3\text{m}$ あたりで極大値をもつ分布密度に収束する。これは、高木による低木への成長阻害^{1),2)}が顕著に表れているためだと考えられる。また、最小樹径付近の分布密度に着目すると鋭いピークが生じている。これは、先述したように、図 4 で与えている成長速度 g_t を最小樹径付近で過小評価しているためと予想される。図 6(a), (b) から、分散項の有・無で分布密度の経時変化に有意な差は見られないことが確認できる。これは、分散係数 η の絶対値が、成長速度の期待値 g_t と比べて非常に小さいことに起因するものである。

5. おわりに

本報では、数理生態モデルに成長速度の分散効果を導入することで、植生成長の個体差の影響を検討した。現地観測から得られた分散係数は全体的に小さく、分散を考慮しない既存モデルでの結果に対して有意な影響を及ぼさなかった。今後も、現地調査を実施し、植生動態モデルの検証を行う予定である。

【謝辞】 神戸大学の道奥康治教授、明石工専の神田佳一教授、国土交通省姫路河川国道事務所をはじめ、加古川樹林管理研究会の関係各位には現地観測でご協力いただきました。ここに記して謝意を表します。

【参考文献】 1) 宮本ら: 流量変動のインパクトを考慮した河道内樹林動態の確率モデル, 水工学論文集, 第 55 巻, pp.S_1405-S_1410, 2011. 2) 木村ら: 植生動態モデルとリンクマグニチュードによる河川水系複数河道での樹林化傾向の確率評価, 水工学論文集, 第 56 巻, pp.I_727-I_732, 2012. 3) リバーフロント整備センター: 河川における樹木管理の手引き, 山海堂, 204p, 1999.

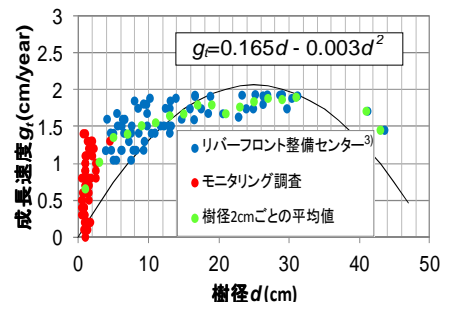


図 4 成長速度と樹径の関係

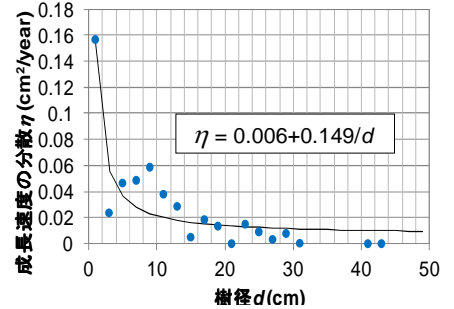


図 5 成長速度の分散と樹径の関係

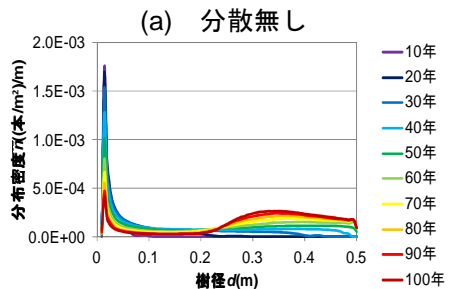
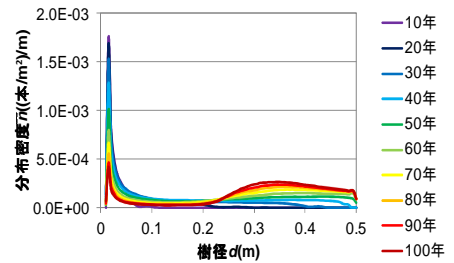


図 6 分布密度の経時変化