

# 航空レーザスキャナデータと空中写真画像を用いた河道内植生の鉛直分布特性の把握

環境リモートセンシング研究室 吉久 真弘

## 1. はじめに

過去の河川工事では、治水のため、河川の直線化や低水路(常に水が流れている場所)の固定化が行われた。その結果、出水や侵食による流路の変化が抑制され、河道内の土地被覆の変化が起こっている。

近年、河道内樹木の高木化や樹林化が、治水・河川管理上のさまざまな問題を招いている。現地調査によって河道内樹木の情報が収集されているが、河道内樹木の増加によって、一斉伐採を行うことが費用上困難であり、現状の調査方法では、伐採の優先順位を決定することも困難である。そのため、リモートセンシング技術による、河道内の植生状態の面的・定量的な把握が河道内樹木の管理に有効である。そこで本論文では、航空レーザスキャナデータと空中写真画像データを用いて、河道内植生の三次元分布を解析することで、河川の水位との関係を考慮して、河道内植生の鉛直分布の特性について把握することを目的とした。

## 2. 鉛直分布特性解析アルゴリズム

図1に本論文の鉛直分布特性の解析アルゴリズムの概要を示す。まず、航空レーザスキャナデータと空中写真を用いて、河道内の植生分布状態の把握と河道内植生の被覆率の把握を行った。被覆率の把握については、2つの基準を用いて行った。その後、河道内植生の河積阻害状態の把握と、河道内樹木伐採効果の検討を行った。

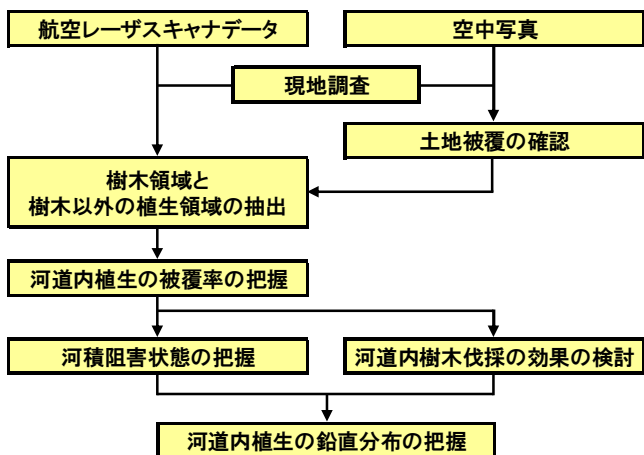


図1. 鉛直分布特性の解析アルゴリズム概要

## 2-1. DSM 画像及び DEM 画像の作成

本論文で使用した航空レーザスキャナデータは、三次元点群データであったので、解析可能なデータ形式にするため、点群データのラスタ化を行った。

本論文では、DSM(数値表層モデル)は、航空レーザスキャナデータをラスタ化したものから作成した。DEM(数値標高モデル)については、既に DSM のフィルタリング処理済で、地上解像度 1m の DEM の三次元点群データがあったため、これを使用した。

DSM 画像の作成にあたっては、微小領域  $\Delta L$  を 1 画素とし、微小領域内の最大値を代表値として画素値とした。微小領域  $\Delta L$  のサイズは、空中写真の分解能に合わせ 30cm とした。DEM 画像の作成は、まず、 $\Delta L$  を 1m としたものを DSM と同様の手法で作成し、リサンプリング処理によって 30cm/pixel とした(図 2)。

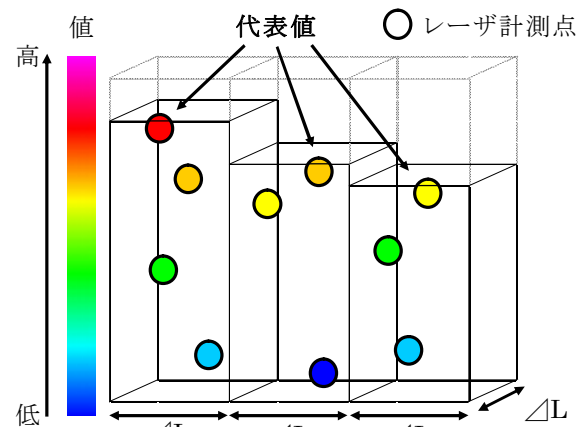


図 2. ラスタ画像化概念図

## 2-2. 解析領域マスクの作成

本論文で使用した航空レーザスキャナデータには、堤内地のデータが含まれていた。そのため、作成した DSM 画像及び DEM 画像にも、堤内地が含まれていた。そこで、解析効率向上のため、実際に解析を行う領域を設定する目的で、解析領域マスクを作成した。解析領域マスクは、堤外地マスクから、水域マスクを減算して作成した(図 3)

#### ・堤外地マスク画像の作成

堤外地の範囲は目視で決定し、堤防の道路上をトレースして堤外地マスク画像を作成した

#### ・水域マスクの作成

水域ベクタデータをラスタに変換し、水域マスク画像を作成した。

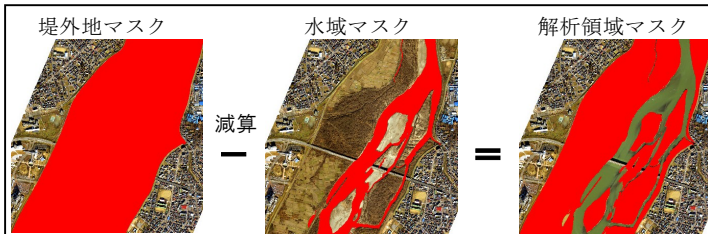


図 3. 解析領域マスク作成例

### 3. 使用データ

本論文では、国土交通省北陸地方整備局信濃川河川事務所が、平成 16 年 12 月に航空レーザ測量によって取得した航空レーザスキャナデータと航空レーザ測量時に撮影されたデジタル空中写真画像及び既存の河川調査資料を使用した。

### 4. 河道内植生の分布状態の把握

信濃川の大手大橋下流～蔵王橋上流の間を解析対象領域(図 4)とし、植生が河道内においてどのように分布しているか把握するため DSM 画像、DEM 画像をもとに、河道内の植生分布状態の把握を行った。

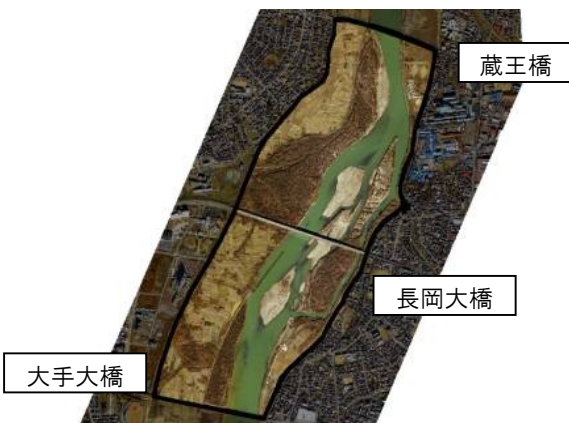


図 4. 解析対象領域

#### 4-1. 解析方法

まず、植生領域の抽出を行った。DSM から DEM を減算することで、地物の存在する場所を抽出した。本論文では、DSM から DEM を減算したデータを植生領域とした。

次に樹木領域候補地の抽出を行った。本論文では、植生の高さが 3m 以上のものを樹木領域とした。そして、植生領域から 3m 以上の値を抽出し、樹木領域候補地 1 とした。次に、地物の高さが大きく変化する領域を抽出するため、植生領域にレンジフィルタをかけ、これを樹木領域候補地 2 とした。最後に樹木領域候補地 1 と樹木領域候補地 2 を重ね合わせ、最終的な樹木領域(図 5)とした。

次に樹木以外の植生領域の抽出を行った。最終的な樹木領域以外の 3m 未満の植生領域は、樹木以外の植生領域(図 6)とした。

本論文では、地物の高さが 3m 以上となるものを樹木とした。これは、昨年 12 月、航空レーザ測量が行われた時季とほぼ同時季に、研究対象領域に近い信濃川河道内において、現地調査を行った際、樹木以外の植生の高さは、最大でも 3m 程度であったことに基づくものである。

また、レンジフィルタをかけた根拠は、以下の通りである。樹木が密に存在する場所であっても、局所的に樹木が無い場合、航空レーザ測量時にレーザ光が地表面にまで届くことが考えられる。地物データから 3m 未満の値を削除しただけでは、この局所部分が樹木領域ではないと判定されてしまう。そこで、レンジフィルタをかけることで、局所的に地物データの値が低い場所を補間することができ、より正確な樹木領域が抽出できるのではないかと考えた。

#### 4-2. 解析結果

樹木領域の抽出結果を空中写真と比較したところ、空中写真での樹木領域と抽出した樹木領域は、ほぼ対応していた。図 5 から、長岡大橋左岸側下流の大規模な河道内樹林のエリアと、長岡大橋右岸側上流の河道内樹林エリアに、樹木領域が多く抽出される結果となった。そのほかにも、空中写真から樹木あるいは樹林と判断できる領域には、樹木領域が抽出されていた。

図 6 から、解析対象領域全体に、1m 以下の植生があることが分かった。また、長岡大橋左岸側下流や長岡大橋右岸側上流など、河道内樹木の周囲には、1m を超える、少し背の高い植生があることが読み取れた。河道内樹木が生長しやすい場所とそれ以外の植生が成長しやすい場所は、同じような場所であると推測される。

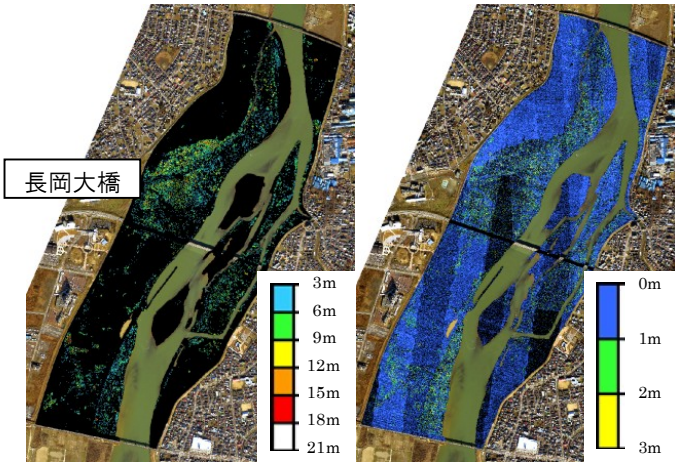


図 5. 樹木領域抽出結果

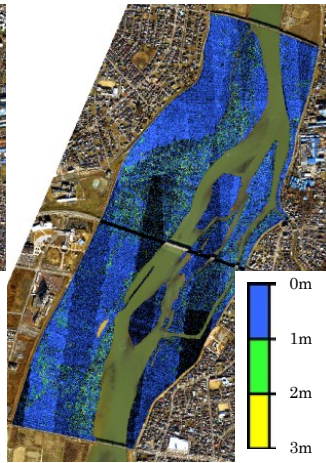


図 6. 樹木以外の植生領域抽出結果

### 5. 河道内植生の被覆率の把握

河積阻害要因を検討するため、河道内において、植生が鉛直方向から見て、どの程度遮蔽しているか面的に把握する目的で、DSM 画像及び DEM 画像をもとに、河道内植生の被覆率を算出した。解析対象領域は、五辺地区(図 8)、長生橋右岸側下流地区(図 9)、上片貝地区(図 10)の 3 地区を設定した。五辺地区は、過去に伐採の行われていない高木林が繁茂しており、高木林における、植生の鉛直分布を把握するため対象領域に選定した。長生橋右岸側下流地区は、航空レーザスキャナデータ取得の約 1 年前に河道内樹木の伐採が行われており、伐採されていない状態の植生と伐採 1 年後の植生の状態を比較するため対象領域に選定した。上片貝地区は、航空レーザスキャナデータ取得の 4~5 年前に河道内樹木の伐採が行われており、伐採数年後の植生状態を把握するために解析対象領域に選定した。それぞれの解析対象領域について、2-2 の方法で解析領域マスク(図 8~図 10 赤線)を作成した。長生橋右岸側下流地区については、伐採が行われた領域(図 9 黄線)と行われていない領域(図 9 赤線)が含まれているため、それぞれの解析領域マスクを作成し、解析を行った。上片貝地区についても、伐採された領域で解析を行った。

#### 5-1. 解析方法

本論文における被覆率とは、解析対象画像の着目画素を中心として局所領域を設定し、その領域内で、高さ  $\Delta H$  間の観測点が、局所領域内の全観測点に対してどれだけの割合で存在する

かを、百分率で表したものである(図 7)。本論文では、 $\Delta H=1m$  とした。局所領域の大きさは、空中写真を用いて調べた樹木の樹冠の大きさを参考に、9.3m とした。被覆率の式を(1)に示す。

$$\text{被覆率(\%)} = \frac{\text{局所領域内の}\Delta H\text{間の観測点数}}{\text{局所領域内の全観測点数}} \times 100 \quad \dots(1)$$

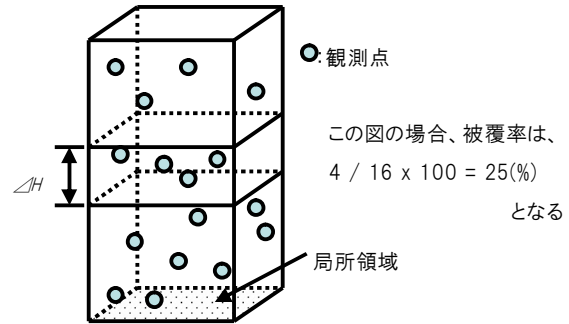


図 7. 被覆率算出の概念図

本論文では、水位との関係を把握するため、地盤高基準、標高基準という 2 つの基準で被覆率を求めた。地盤高基準の被覆率の算出は、DSM から DEM を減算したデータで解析を行った。地盤高を 0m として被覆率を算出し、植生の高さの違いによる被覆の変化を把握することができる。標高基準の被覆率の算出は、DSM を用いて解析を行った。増水したときに、水に浸かる植生の位置を把握することができる。



図 8. 五辺地区



図 9. 長生橋右岸側下流地区



図 10. 上片貝地区

## 5-2. 解析結果

図 11 に、地盤高から 0m~1m の高さの被覆率の算出結果を、図 12 に、各地区で被覆率が算出された最低の標高の被覆率の算出結果を示す。

解析の結果、地盤高基準の被覆率の算出については、五辺地区では、最大高さが 24m、長生橋右岸側下流地区(非伐採領域)では 11m、長生橋右岸側下流地区(伐採領域)では 2m、上片貝地区では 15m となった。また標高基準の被覆率の算出について、最大標高は、五辺地区では標高 62m、長生橋右岸側下流地区(非伐採領域)では標高 27m、長生橋右岸側下流地区(伐採領域)では標高 20m、上片貝地区では標高 66m となった。

どの地区においても、地盤高基準の被覆率の算出では、1m 未満の植生が高い被覆率を示し、標高基準の被覆率の算出では、地盤高と同じ高さで、被覆率が高くなるという傾向が見られた。これは、航空レーザスキャナデータの取得が 12 月に行われたためと考えられる。河道内樹木の多くが落葉樹のため、12 月には樹木の多くが落葉しており、樹木があってもレーザ光が遮られることなく、樹高以下の高さにまで届いたと考えられる。

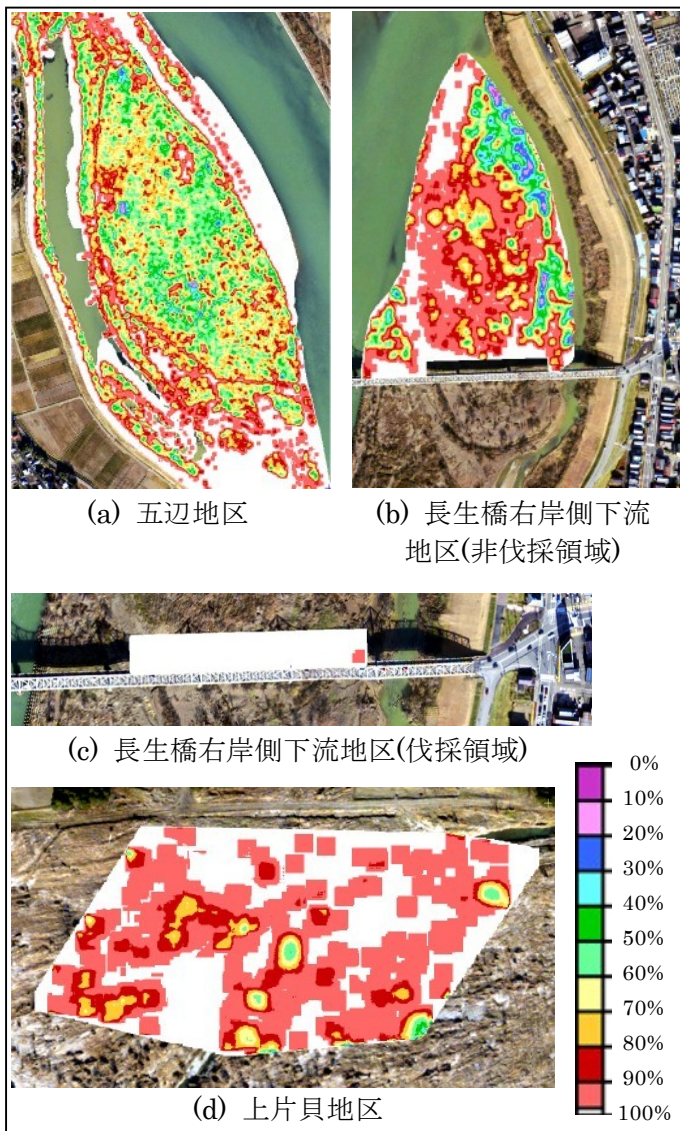


図 11. 地盤高基準の被覆率算出結果(0~1m)

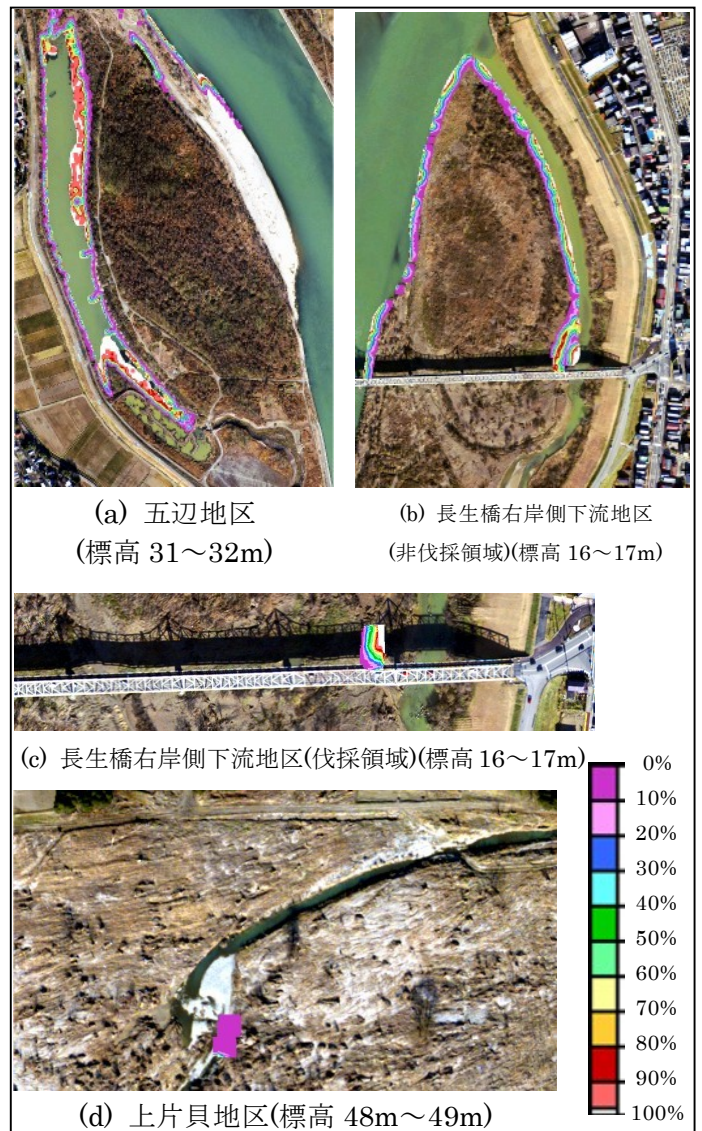


図 12. 標高基準の被覆率算出結果

## 6. 河道内植生の鉛直分布把握と河積阻害可能性の検討

4、5の結果を踏まえ、河道内植生の鉛直分布把握と、河道内植生による、河積阻害(河川の流れを妨げること)の可能性の検討を行った。

### 6.1 検討方法

河道内植生のうち、洪水時に流水の妨げとなると考えられるのは、堤防の標高以下の植生であると考えられる。そこで本論文では、計画高水位以下の標高にある植生に注目した。信濃川においては、距離標ごとに計画高水位が設定されている。

平均水位から、計画高水位までを1m間隔で分割し(図12)、水没率を算出することで、計画高水位以下の河道内植生の鉛直分布を把握するとともに、河積阻害の可能性について検討した。本論文において水没率とは、平均水位からある水位まで増水したときに水没する河道内植生の割合である。

検討対象領域は、五辺地区、長生橋右岸側下流地区、上片貝地区とし、水没率の算出は、5と同じ解析対象領域マスク内で行った(図8～図10)。

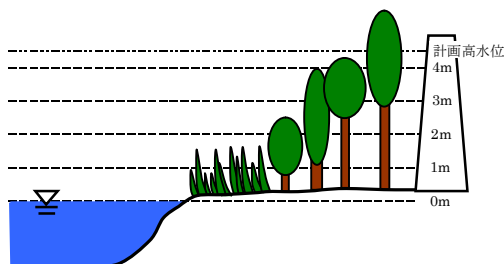


図12. 平均水位から計画高水位までを1m間隔で分割

### 6.2 標高と計画高水位以下の植生の関係

平均水位からの高さ和水没率の関係を図14に示す。また、各地区の観測点数の密度を比較するため、各地区の5m<sup>2</sup>あたりの観測点数を図15に示す。

### 6.3 河道内植生による河積阻害の可能性と

#### 河道内樹木伐採効果の検討

五辺地区では、水没率が緩やかに上昇した(図14(a))。五辺地区は、高木樹林帯であるため、計画高水位以下の空間全てに木々が存在し、河積阻害にあるといえる。そのため、水没率の緩やかな上昇につながったものと考えられる。

長生橋右岸側下流地区の伐採領域では、平均水位からの高さ4m未満までで、水没率が100%に達した(図14(c))。平均水位からの高さ4m以上は、空間的に、河積を阻害するものがないということである。非伐採領域では、この高さでの水没率が80%程度あるので(図14(b))、河道内樹木の伐採による、河積阻害の解消の効果があるものと考えられる。

上片貝地区では、平均水位からの高さ4m以上で水没率が90%を超えたにもかかわらず、計画高水位を超えなければ、水没率は100%に達しなかった(図14(d))。これは、少ないながらも計画高水位を超える樹木が存在し、地盤高基準の被覆率算出結果から3mを超える低木と思われる植生が存在することが考えられる。このことから、伐採跡地を継続的にモニタリングし、河積阻害が再び起きないように監視する必要があると考える。

図15から、各地区の全体での観測点数は、あまり差がないと考える。しかし、五辺地区では、計画高水位以下・以上の観測点数に他の地区と差が出た。五辺地区が高木樹林帯で、計画高水位以上の高さに樹木が多数存在するためと考えられる。また、計画高水位以下での長生橋右岸側下流地区の非伐採領域と伐採領域を比較すると伐採領域のほうが、点群密度が高くなった。被覆率の算出結果から、伐採領域の植生の高さは、ほとんどが1m未満であったので、河積阻害状態ではないと考えるが、今後の植生の成長によって、再び河積阻害状態に陥る可能性が考えられる。このことから上片貝地区と同様に伐採領域の伐採後の継続的なモニタリングの必要があると考えられる。



図13. 五辺地区高木林内部

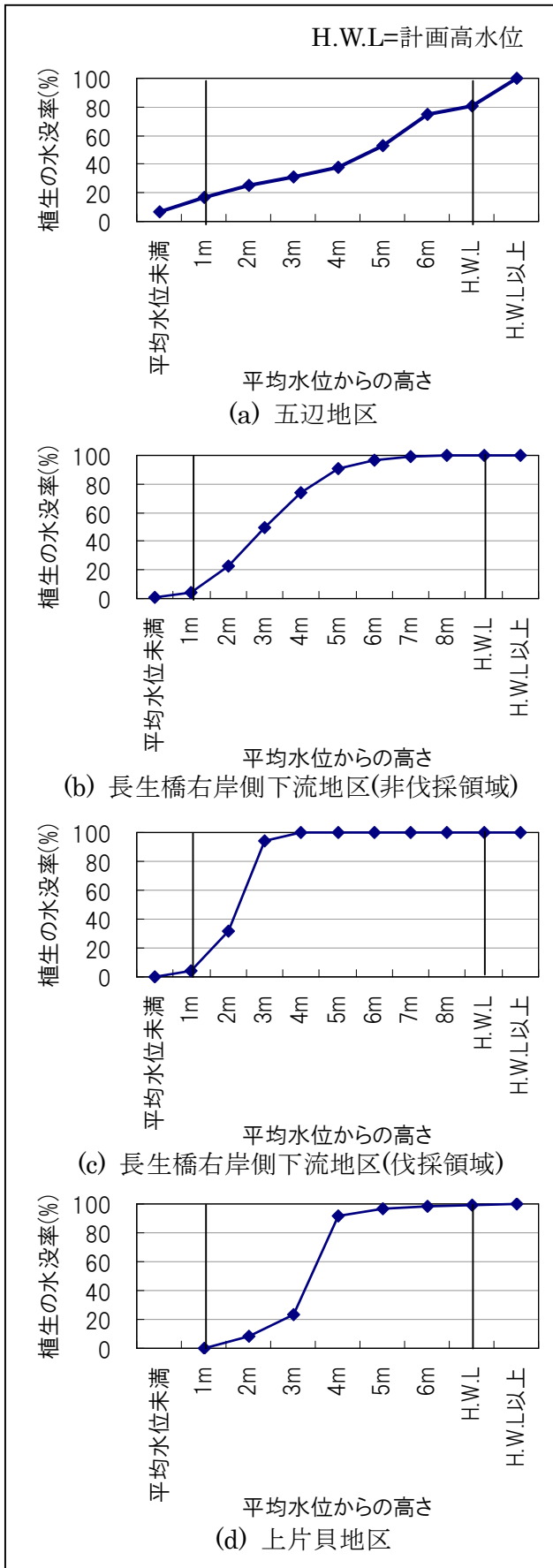


図 14. 平均水位からの高さ和水没率の関係

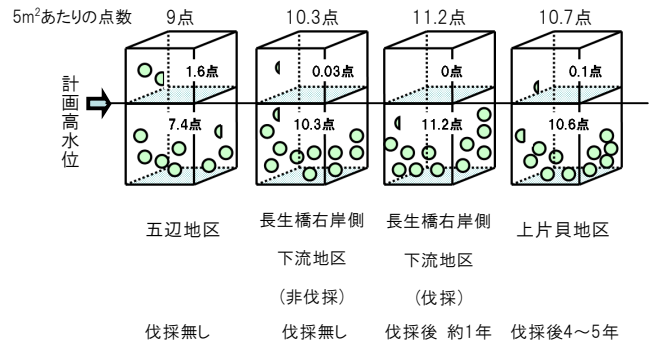


図 15. 5m<sup>2</sup>あたりの観測点数

## 7. まとめ

本論文では、航空レーザスキャナデータと空中写真を用いて、河道内植生の分布状態を解析した。その結果、水際より、堤防側に植生が繁茂しやすく、地盤高の高いところに樹木が生長しやすいことが分かった。

航空レーザスキャナデータと空中写真を用いて、河道内植生の被覆率を算出したところ、1mに満たない植生が多く存在することが分かった。

平均水位と計画高水位以下の植生の水没率を解析したところ、伐採跡地を継続的にモニタリングし、河積阻害が再び起きないように監視する必要があることが分かった。

本論文では、航空レーザスキャナデータを用いたことで、河道内植生の鉛直分布を面的に把握することができ、樹林の中心部の鉛直分布も把握することができた。しかし、航空レーザ測量では、樹冠に遮られて、その下にある情報が取得しにくいという課題がある。今回使用した航空レーザスキャナデータは 12 月に計測したものであるため、樹冠による影響は少ないと考えるが、今後は、航空レーザスキャナと地上型レーザスキャナを併用したより精度の高い鉛直分布の把握が望まれる。

## 参考文献

- 1) 国土交通省 河川局:  
<http://www.mlit.go.jp/river/index.html>
- 2) 長谷川達也:信濃川河道内樹木の伐採計画(案)について, 信濃川河川事務所, 平成 18 年度国土交通省国土技術研究会
- 3) 財団法人リバーフロート整備センター:河川における樹木管理の手引き, 1999
- 4) 山谷幹樹 他:河道内樹木管理支援のための多時期航空写真画像等による土地被覆履歴の把握, 長岡技術科学大学大学院修士論文, 2008