

## 3 ラインセンサーを用いた河川の水深分布推定

国土交通省 国土技術政策総合研究所	正会員	井上 優
国土交通省 国土技術政策総合研究所	正会員	大沼 克弘
国土交通省 国土技術政策総合研究所	正会員	藤田 光一

## 1. 目的

ハビタット等の河川環境を評価する上で水深は重要な要素である。河川の水深は 200m 間隔で行われることの多い定期横断測量成果から把握できるが、河川環境評価を行うにはより短い間隔の横断測量や面的な水深分布の把握が必要である。そこで、広域的に面的なデータを把握できる画像解析に着目した。

海洋における水深推定は以前から試みられており、例えば、海底地質を考慮し、より多くのバンドを用いて衛星画像を解析することで水深推定の精度が向上することを示した全らの研究がある<sup>1)</sup>。河川において光学的特性も考慮した研究は、例えば、Legleiter らによるものがあるが、まだ緒に就いたばかりである<sup>2)</sup>。どちらの論文も水深推定の見通しを示せたとする一方で、画像の解像度を課題の1つとして上げている。

本報では近年登場した解像度の良い(0.2m 程度)デジタル画像を得られる 3 ラインセンサー(図 1)の画像を解析し、海洋の水深分布推定方法の河川への適用性についての検討と課題の抽出を行った。

## 2. 調査範囲と調査概要

多摩川水系多摩川の永田橋下流(51.3k)から羽村橋(53.2k)付近を対象とした。画像取得及び現地調査(水深、濁度、SS、底質のクロロフィル a 量)を 2004 年 12 月 1 日に行った。また、検証データとして本研究河川研究部河川研究室が 12 月 10 日に行った 25m 間隔の横断測量成果を利用した。なお、近傍の水位観測所のデータから両調査日の水位差はほとんどなかったことを確認している。

## 3. 解析方法

リモートセンシングによる海洋における水深推定で知られている Jerlov の反射理論に基づく数学モデル<sup>1)</sup>を次式のように変形して解析した。

$$DN(i) = b_i + \alpha_i \times e^{-\beta_i \times z} \quad \dots \dots \dots (1)$$

DN(i) : 水深が z の時、波長 i のセンサーの受光輝度。本報では 3 ラインセンサーの各バンドの DN 値に平滑化などの処理を行った値を用いた。

z : 水深。

b<sub>i</sub> : 水面や浮遊物質による反射等の誤差要因を考慮するための項。調査範囲内の SS 濃度は概ね 1mg/L 未満と小さいため、SS による影響は無視できるものとし、水面における反射のみを考慮することとした。水面における反射は、陸上における白色の地点(屋上等平坦で反射時に光の吸収が少ないと考えられる地点)の DN(i) の 5% とした<sup>3)</sup>。対象とした白色の地点の DN(i) の平均値は以下の通りである。

$$DN(\text{赤}) = 237, DN(\text{緑}) = 227, DN(\text{青}) = 202$$

i : 底質の反射率等を考慮するための定数。

i : 水等による消散等を考慮するための定数。

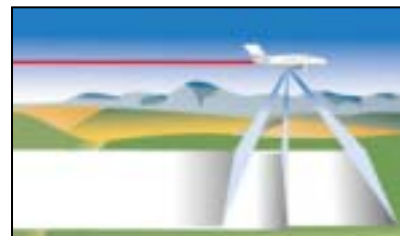


図 1: 3 ラインセンサーによる撮影イメージ



図 2: 調査範囲 (△は水質調査地点)

キーワード：河川環境評価，水深推定，面的把握，リモートセンシング，3 ラインセンサー，画像解析

連絡先 : 〒305-0804 茨城県つくば市旭 1 番地

国土交通省 国土技術政策総合研究所 環境研究部 河川環境研究室 TEL 029-864-2587

4. 水深推定結果と考察

(1)式は次式のように変形される。

$$\ln(DN(i) - b_i) = -\beta_i \times z + \ln \alpha_i \quad \dots \dots \dots (2)$$

ここで、 $b_i$ 、 $\alpha_i$ 、 $\beta_i$  は一定と仮定する。すなわち、調査範囲内での水面からの反射、底質、水質等は均質であるとする、 $\ln(DN(i) - b_i)$  は  $z$  の一次関数となる。 $z$  と  $\ln(DN(i) - b_i)$  の関係を図3に示した。最小二乗法で一次近似した結果、赤色光(相関係数  $R=-0.90$ )や緑色光( $R=-0.73$ )の相関は良かったが、青色光( $R=-0.16$ )は相関を示さなかった。最も相関の良かった赤色光の解析結果から得られた次式を用いて水深分布の推定を行った。

$$\ln(DN(\text{赤}) - 237 \times 0.05) = -0.45 \times z + 4.14 \quad \dots \dots \dots (3)$$

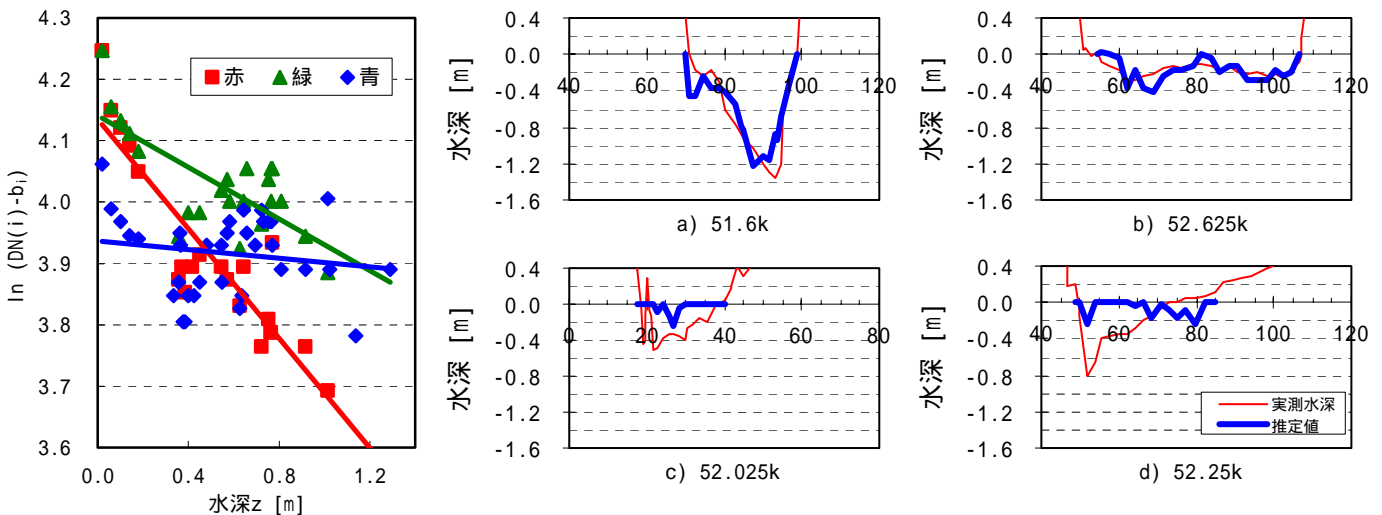


図3: 実測水深と DN(i) の関係

図4: 水深推定結果と実測水深の重ね合わせ

水深推定結果と実測水深の重ね合わせ図を図4に示す。横断測量成果の水面を示す測点の標高を各測点の標高から引くことで、実測水深としている。横軸は基準点からの距離である。

51.6k(図5a)は調査範囲内で最も深かった地点であり、最深部で水深1.4m程度であった。最深部の誤差は0.15m程度であり、精度良く河床形状を把握できている。調査範囲内の最深部を捉えることが出来ており、さらに深い場所への適用も期待できる。52.625k(図5b)は左右岸が若干深くなっていたが、水深推定結果からもその傾向を捉えることが出来ている。実測値との誤差も0.2m以内であり、精度が良い。73測線で同様の比較を行っているが、70%以上の測線で誤差0.2m以下の精度を得られている。

一方で、52.025k(図5c)や52.25k(図5d)のように、水深推定結果が実測値より大幅に浅くなっている地点も見られた。両地点ともに瀬になっており、波立っていた。また、52.25kの上下流ではSS濃度1mg/L未満、底質のクロロフィルa量10 $\mu$ g/cm<sup>2</sup>程度であるが、52.25k付近ではそれぞれ4mg/L、20 $\mu$ g/cm<sup>2</sup>程度と局所的に高かった。52.25k左岸に排水樋管があり、SS濃度に影響している可能性がある。以上のことから、水面からの反射、底質、水質等は均質であるとした仮定に反することが誤差要因と推察できる。

5. 結論

3 ラインセンサーで得られた画像の赤色光を解析し、精度良く水深分布を把握することが出来た。水深約1.4mでも精度良く推定でき、さらに深い場所への適用も期待できる。一方で、底質・水質・波立ちが誤差要因と推察された。これらの影響を取り除く方法について今後検討が必要である。また、本手法の適用限界の把握も今後の課題である。

<参考文献>

- 1) 全炳徳、後藤恵之輔、水深推測のためのリモートセンシング手法の比較と提案、日本リモートセンシング学会誌、Vol.13, No.4, pp.41-50, 1993
- 2) Carl J. Legleiter、Dar A. Roberts、W. Andrew Marcus、Mark A. Fonstad、Passive optical remote sensing of river channel morphology and in-stream habitat: Physical basis and feasibility、Remote Sensing of Environment、93、pp.493-510、2004
- 3) 黒木敏郎、海洋学講座 第14巻 海洋測定法、東京大学出版会、1972