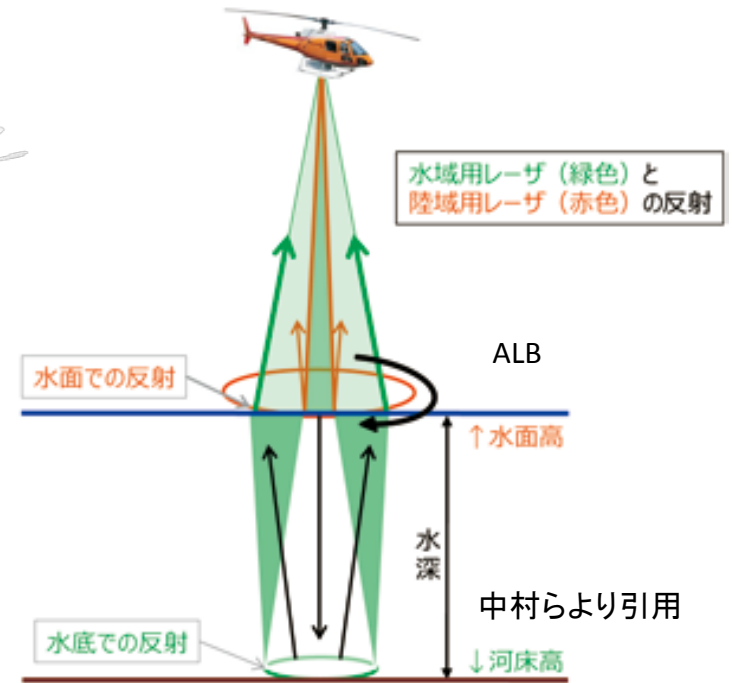
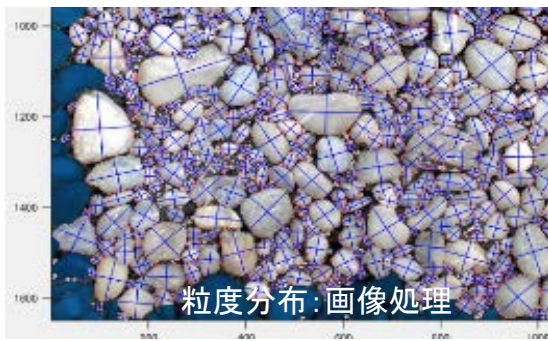


「動的空間としての河道の維持管理技術」

河道の維持管理: 時空間的に詳細な情報が得られる 時代において必要な基礎研究



1. はじめに (1)河道の維持管理:材料力学や構造力学の分野(MS分野)との比較からみた特性

- ・MS分野は、応力-歪み関係を基本とし、新しい素材や組合せがでてくれば、維持管理までを含む一連の研究体系
- ・MS分野においても経年的劣化や地震荷重が作用するなど時間的な変動はあるが、河川のように攪乱の有無が変化する方向性を大きく変えるものではない

・河川の場合は、洪水攪乱などの時間変動が礫河原に戻す場合もあれば、樹林化を促進する方向に行く場合もある)。ハビタットの創出・破壊も同様。

・河川分野では、個々の河川における河道の変状は、現象がおきている最中にとらえる(見る)ことが難しく、一般化も難しい。複雑な現象は全体システムの変化(流砂量の減少など)から来ている場合もあるが、あらわれかたは局所的で、(本来は議論すべき)全体システムの中の検討になりづらい。

・河川全体の中では局所的な流れになり、流れの3次元性が顕著となる場合(橋脚周りや護岸周辺の局所洗掘)が多い。研究分野としては高度な解析技術を要し、解析の初期条件として三次元的なデータが必要となる。

1. はじめに (2)河川の維持管理:河川管理者の経験が研究者に共有化されづらい

- ・災害になった場合は、河川に生じた変状が調査されるが、そうでない場合における護岸周辺の局所洗掘等は、事務所の維持管理工事の中で処理される。
- ・河川管理者においては小規模を含む被災事例の経験は蓄積されていくものの、研究者には大規模な事例しか伝わらない場合も多い。

- ・一方、被災事例の原因は定性的には把握できるものの、それを定量的に解明するためのデータは不足している場合が多い。定性的経験は事務所・管理者固有のものとして、蓄積されていく場合も多い。
- ・河川管理者側でも事務処理が増え、若手が現場に出る機会が減り、経験の蓄積が難しい状況にある。
- ・河川管理者においても河川の持つ固有特性があるため、他河川における経験の外挿は時として難しい。

- ・高度な解析技術も提案され、必要性が高いのにも係らず、解析用データの不足(もしくは取得する困難さ)から、「河道の維持管理」の研究人材がなかなか増えていかない。
- ・災害増加傾向の中で、水害・防災研究(堤防、氾濫):大幅増加、河道維持管理:横ばい、河川環境:減少傾向

2. 河川維持管理新時代 (1)ビッグデータと第三次AIブーム

「ビッグデータ」を用いることで人工知能(AI)自身が知識を獲得する「機械学習」の実用化
・知識を定義する要素を人工知能(AI)が自ら習得するディープラーニングの登場

・水工学でも、最先端の動きから10年くらい遅れてその活用が増えている。
流出解析、画像処理(粒度分布、植生分布)などで活用されている

	人工知能の置かれた状況	主な技術等	人工知能に関する出来事
1950年代			チューリングテストの提唱 (1950年)
1960年代	第一次人工知能ブーム (探索と推論)	・探索、推論 ・自然言語処理 ・ニューラルネットワーク ・遺伝的アルゴリズム	ダートマス会議にて「人工知能」という言葉が登場 (1956年) ニューラルネットワークのパーセプトロン開発 (1958年) 人工対話システムELIZA開発 (1964年)
1970年代	冬の時代	・エキスパートシステム	初のエキスパートシステムMYCIN開発 (1972年) MYCINの知識表現と推論を一般化したEMYCIN開発 (1979年)
1980年代	第二次人工知能ブーム (知識表現)	・知識ベース ・音声認識	第五世代コンピュータプロジェクト (1982~92年) 知識記述のサイクプロジェクト開始 (1984年)
1990年代	冬の時代	・データマイニング ・オントロジー	誤差逆伝播法の発表 (1986年)
2000年代	第三次人工知能ブーム (機械学習)	・統計的自然言語処理 ・ディープラーニング	ディープラーニングの提唱 (2006年)
2010年代			ディープラーニング技術を画像認識コンテストに適用 (2012年)

2. 河川維持管理新時代

(2)i-Constructionと河川維持管理(三次元測量を解して)

ドローン等による三次元測量は、河川維持管理にも大きなインパクトを与える

ICT技術の全面的な活用(土工)



①ドローン等による3次元測量

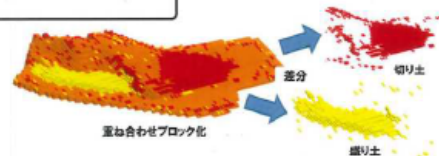


ドローン等による写真測量等により、短時間で面的(高密度)な3次元測量を実施。

②3次元測量データによる設計・施工計画



3次元測量データ(現況地形)と設計図面との差分から、施工量(切り土、盛り土量)を自動算出。



③ICT建設機械による施工

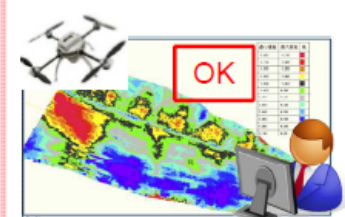
3次元設計データ等により、ICT建設機械を自動制御し、建設現場のIoT(*)を実施。



※IoT(Internet of Things)とは、様々なモノにセンサーなどが付され、ネットワークにつながる状態のこと。

④検査の省力化

ドローン等による3次元測量を活用した検査等により、出来形の書類が不要となり、検査項目が半減。



発注者

i-Construction

測量

設計・
施工計画

施工

検査

i-Construction ～建設現場の生産性向上の取り組みについて～ 平成27年12月
国土交通省資料の一部を抜粋

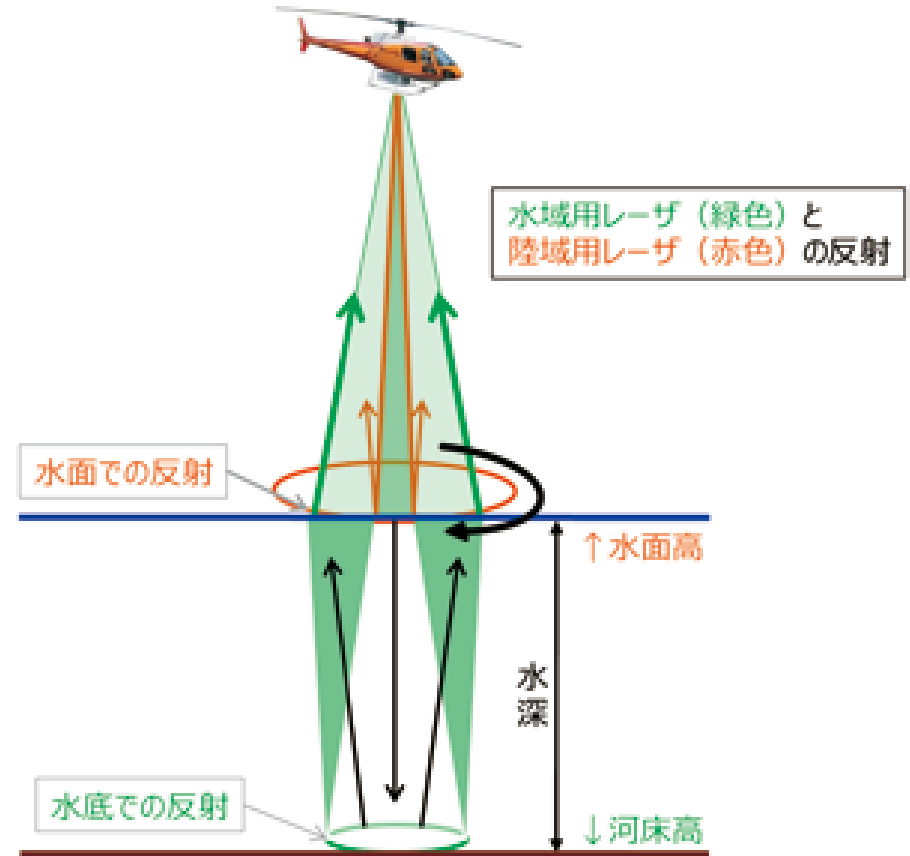
2. 河川維持管理新時代

(3) 河川測量の新技术が河川管理・河道維持管理研究を革新する

・LPデータは平成17年ごろから河川分野で活用され始め、**平面二次元の数値解析**を容易にした。しかし、水中を測れないため、河道内は横断測量(200mピッチなど)からの内挿データで解析される場合が多かった。

・LPデータ(水中データなし)は防災目的とした河川の氾濫計算の普及に貢献した。しかし、**局所的な変状(多くの場合、流れの三次元性が影響する)**を議論するのには、**やや不足したデータであった**。※解析は可能な段階にあるが検証データが不足

・河川分野における**グリーンレーザ**の河川測量への**活用と将来的な蓄積は、抜本的に状況を変える可能性がある**。



図面は、中村圭吾ら、グリーンレーザ(ALB)による河川測量とその活用, RIVER FRONT 84 より、引用

2. 河川維持管理新時代

(3) 河川測量の新技术が河川管理・河道維持管理研究を革新する: 2

- ・背景としては、LPデータの河川測量手法の確立・精度検証が進み、低価格化とi-ConstructionなどのICT技術の活用による生産性向上の取り組みで、三次元データの必要性が増大し、様々な分野で準備されていく途上にある。

- ・2018年3月16日: 国土地理院「UAVを用いた公共測量マニュアル(案)」及び「公共測量におけるUAVの使用に関する安全基準(案)」を作成

- ・UAVの普及により、個人研究者も植生や粒度分布を含む様々なデータを取得し、補うことができるようになってきた。

- ・UAVでALBとか、水中の粒度分布を取るとか、技術的には課題があると思われるが、近い将来、そうしたデータセットも時空間的に高頻度で得られると期待

- ・効率的な管理のためには、取得頻度について、目的・手法と合わせていく必要あり(重点箇所を選択と高頻度化)。蓄積データの見える化

- ・これまでは、「解析手法にデータが追いつかない時代」だったが、今後、「データはあるのに解析精度がそのデータを活用しきれていない時代」になる可能性もある。

- ・三次元データを活用し、かつ、技術分野・学会としての裾野を広くしていくための基礎研究の展開が必要である。

3. どのような基礎研究が必要か (1)全体

・三次元データと計算機の計算速度向上→三次元計算・個別要素法関連・経験則フリーの研究が進展することが期待される。しかし、三次元データがあるから、すべて三次元という必要性はない。要求される精度の中で選択が必要である。

・現場への適用に当たっては、三次元の研究から得られた成果を、二次元で解析した場合にも精度を高める研究(構成則・経験則の見直し)が必要である。

※第二次の二次流研究ブームの到来？

・平面二次元(准三次元)の計算でも、側岸付近、砂礫州の勾配急変箇所、構造物周辺、植生周辺における底面せん断力や、高さ方向の流速分布を推定するために必要な知見(三次元計算を数値実験ととらえ、水理実験も含めた一般化)が必要

・そうした基礎研究も含めて、一次元、準二次元解析だったもの(例:流下能力検討)は、二次元非定常解析による検討へと変化していく。

・さらに、水理模型実験で得られていた乱流現象や二次流の知見を現場レベルで検証していくことが求められる。

・現場の三次元データを分類した上で、新たな水理模型実験も必要になる。(植生は円柱群ではなく、本来は様々なバリエーションがある)

3. どのような基礎研究が必要か (2)河川環境:生息場

グリーンレーザにより水深が精度よく把握できるようになると、生息場(水深、平均流速で把握される場合が多い)の定量的把握が容易になる

(1)河床の計測、(2)PIV、PTV技術による表面流速場測定、(3)水面形の観測、
(4)二次元、三次元数値解析:低水時と小規模出水時の解析

→平均流速と礫間流速・局所流速の関係性などの知見を得ることが必要
これらの計測頻度、解析精度をあげることが出来れば、**生物の攪乱からの回帰**など、**河川特有の生態学の確立**につながる

例: 産卵場(砂がたまりやすい箇所の特定)

河床の粒度分布については、現地調査と画像処理の組合せなどが現状でも可能だが、大量に面的な分布を安価で入手できる方法の開発が望まれる

維持流量 1992 正常流量検討の手引き 2007 改定

流量変動、攪乱に関する内容は組み込まれていない(Habitatの健全度、寿命、回復(回帰)、移動)

魚&瀬で決まっている場合が多いが、そのえさ資源(付着藻、水生昆虫)を含むHabitatの理解が進むことが望ましい

環境流量は、瀬淵だけではなく、ワンド、砂礫堆(植生)等を含「物理環境」の理解(とその変動)に立脚することが望ましい

3. どのような基礎研究が必要か (3)樹木管理 (1/3)

現在までに行われている研究

流れ－植生－流砂－地形変化の相互作用系：主にリーチ～川幅スケール

- ・植生による**侵食抵抗増大**効果と流速低減効果
- ・植生**流失**と河床変動
- ・植生による**土砂堆積促進**効果
- ・植生生育と立地条件変化
- ・**川幅縮小現象**における植生のかかわり
- ・樹林化現象における**土砂流送**の変化

時空間的に精細なデータ

- ・LPデータから、地盤高さだけでなく、**植生(樹木、草本)**が詳細に把握可能
- ・樹木の成長速度や植生の遷移速度なども把握可能
- ・LPデータでなくても、UAVの空撮＋画像処理により、草本の動態も把握可能



今後

- ・**支川群と本川**の関係など、流域をシステムとしてとらえる研究(支川群における**貯留**、**合流ピーク**の変化)
- ・植生の状態をより正確に反映した研究
- ・植生周辺の三次元流れ、二次流を考慮した研究



3. どのような基礎研究が必要か (3)樹木管理 (2/3)

今後

- ・支川群と本川の関係など、流域をシステムとしてとらえる研究(支川群における貯留、合流ピークの変化)
- ・植生の状態をより正確に反映した研究
- ・植生周辺の三次元流れ、二次流を考慮した研究

この分野で必要な基礎研究

- ・河川全体の中である区間が樹林化すること大出水時へのインパクトを考え、どの程度の状態が適切か(あるいは防御ライン)を考える研究。その結果として、草原への誘導や、逆に高木化させ影響を減らすなど対策がある。
- ・樹木管理や盤下げもその中で議論されるべき
- ・樹木周辺の局所洗掘:特に側岸侵食による流木の生成、下流砂州への土砂の供給

例: 相対的に流下能力があり、下流への流出を遅らせ、他河川とのピーク合流を遅らせている草本・樹林帯

- ・低頻度管理、場合によっては高木へ誘導

例: 砂堆積、河床の低下も進み、冠水頻度が下がり、結果的に下流への流出を早めている樹林帯

- ・盤下げなど

例: 相対的に流下能力もなく、可能であれば、草本・礫河原状態にとどめたい

- ・侵入初期対策、高頻度

3. どのような基礎研究が必要か (3)樹木管理 (3/3)

1)樹林・草本抵抗の精度向上のための類型化・モデル化

抵抗に影響のあるもの、土砂洗掘・堆積に関係するものについては、数値解析や水理実験でモデル化される植生分布をより現実的にしていく
(特に枝下高さ・樹冠部分)

2)水理実験

- ・円柱群から、様々な組合せの実験が行われてきたが、植生帯内部の流速分布を得るという意味で、より多くの分布パターンでの研究が必要
- ・有限幅の樹林帯が周辺に作り出す二次流の研究が必要

3)数値解析: 足し合わせる際に線形で足し合わせる場合が多い(草本(底面せん断力) + 樹木抵抗)。実際は、遮蔽効果によって、樹木のCdも変わる。せん断力もマンニングの粗度係数で表現されるものではない

※植生そのものについては、草本・木本が混在した場における、

- ・流水抵抗という観点で植生を分類しその特性を相対水深変化で明らかにする研究
- ・植物の根圏による土壌緊縛力を明らかにする研究(流失・破壊)
- ・遷移に大きな影響を与える浮遊砂の堆積に関する研究

3. どのような基礎研究が必要か (4)局所洗掘

1)河床データの差分が精度よく取れる

経年的(洪水前後)に水面下のDEMが取ればその差分としての流砂量フラックスであったり、注目している区間の土砂収支がとれる。実際に移動している成分を測る現場研究が必要

2)三次元的な局所洗掘

ALBにより橋脚周りの三次元的な洗掘形状が把握可能になる。

- ・水理実験では多くの研究がなされてきた分野であるが、実際の河川では流木やゴミが橋脚に捕捉されて、大きく異なる場合もある。実河川での形状と出水履歴との比較研究が必要か
- ・上流からの砂の供給量との関連での研究が必要

3)河岸侵食の状況、護岸前面部の深掘れ、砂礫州の移動

- ・三次元的形状の把握
- ・経年的な変化状況の把握
- ・水理量との関連付け
- ・二次流の理解を深める
- ・三次元解析、準三次元解析
- ・二次元解析: 三次元的な特徴を、如何に二次元モデルで反映させるか

4. まとめ

i-Construction

- ・三次元測量データ (ALBで水面下の河床標高データも可能)

三次元数値解析
準三次元解析

局所洗掘や樹林化現象を、局所流ではなく、全体の流砂システムの中の一現象としてとらえる

AI技術

- ・機械学習
- ・画像処理技術 (河床材料、植生)

計算機の計算速度は向上したが、適切な手法選択は必要

治水だけではなく、「川の365日」において必要な環境・利水も含めたシステムの中の一現象: Habitatの理解

河川管理者

- ・河川維持管理の高度化
- ・解析手法の高度化

数値実験結果を、二次元問題へ落とし込む基礎研究、既存実験式の検証

三次元性をとらえる基礎水理実験と現場での検証

個人研究者

- ・UAVと画像処理技術とを用いて不足データの取得 (植生変化時系列) が容易

現象解釈としての数値計算から、予測も可能な数値計算へ
従来よりワンランク上の解析による戦略的な維持管理