

2019年度 河川技術に関するシンポジウム

—新しい河川整備・管理の理念とそれを支援する河川技術に関するシンポジウム—

2019年6月12-13日 東京大学農学部

日時：2019年6月13日 11:00~12:00

オーガナイズドポスターセッション2 (OPS2)

河川技術分野における数値解析 の役割と今後の展望

オーガナイザー

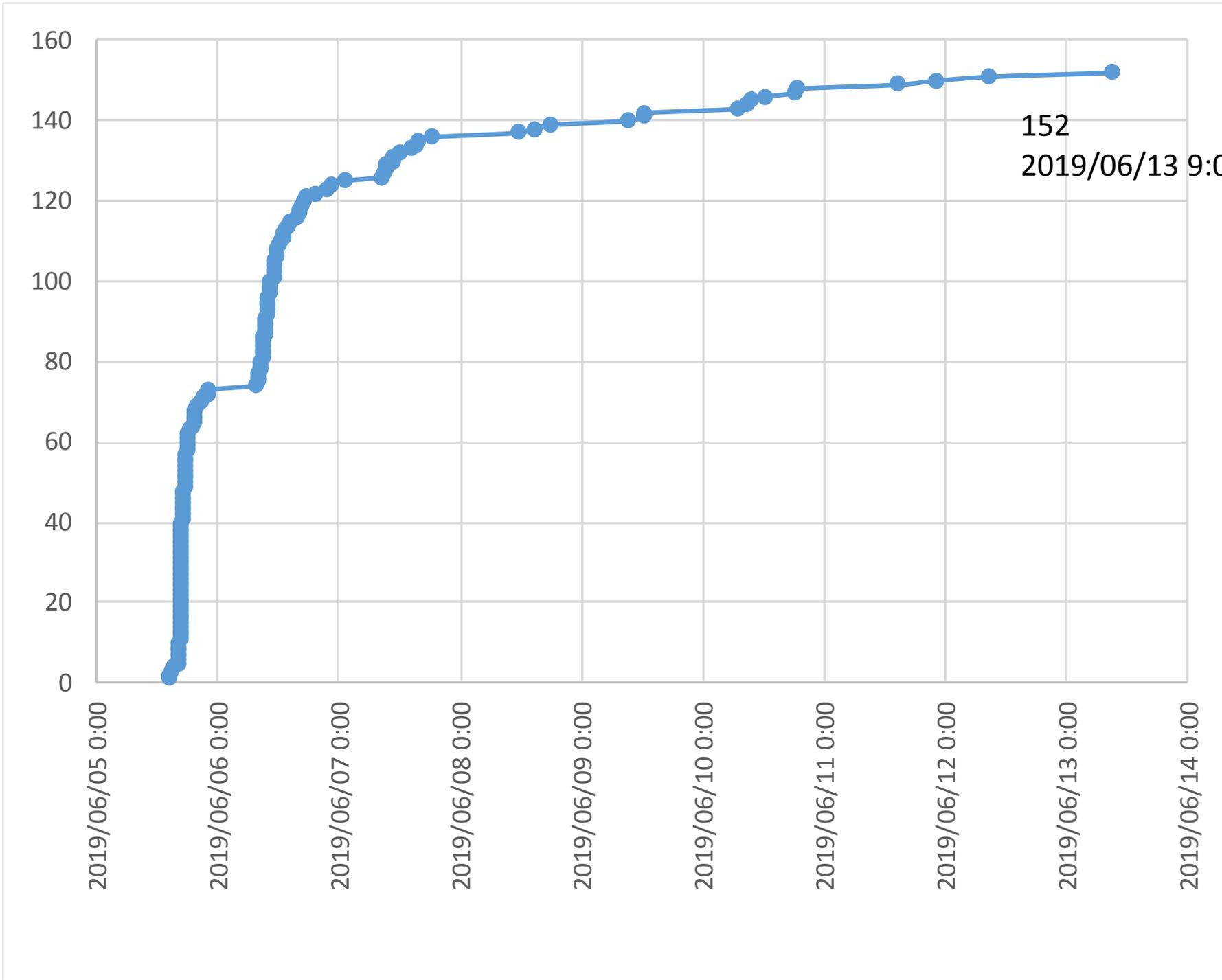
広島大学

国土交通省 水管理・国土保全局 島本和仁

いであ (株)

内田龍彦

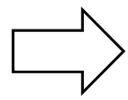
堀江克也



背景

コンピュータ技術の急速な発展に伴い，河川技術分野における研究や実務の内容は大きく変わってきた。即ち，河川における流れや土砂輸送の複雑な方程式を数値的に解くことや，そのインプット，アウトプットデータの処理に留まらず，各種計測やビッグデータ解析など様々なところでコンピュータによる高速かつ膨大な演算・情報処理能力が活用されている。**河川技術分野における数値解析の役割も多面的となっており，多くの技術者，研究者がそれぞれの立場で活用するようになっている。**

数値解析の区分：目的と利用方法の面から



解析解を得ることが困難である方程式系を
コンピューターを用いて数値的に解くツール

複雑あるいは多量の境界条件やモデル式を含む方程式系の解のふるまいを理解
実現象の内外挿補間を力学的に行う。多量の入力条件に対する方程式の解を数値
的に解くことにコンピューターが用いられる。

実測、実験、数値解析
により見出した、ある
いは問題となっている
現象を再現するための
必要条件を知る。
(モデル化と検証)



信頼性が保証され
た数値解析結果か
ら、新たな情報を
抜き出す
(シミュレーショ
ン、数値実験)

複雑な方程式の解の性質を知り、現象の本質をつかむ
複雑な偏微分方程式を数値的に解くことにコンピューターが用いられる。離
散化や妥当性の検証には厳密さが求められる。

本OPSのねらいと進行

ねらい

開発者、ユーザーなど数値解析に様々な立場に関わってきた参加者間で、現状の課題や様々な考えを共有し、河川技術において数値解析に期待される役割と今後の展望を探る。

◆ 河川流の三次元挙動の数値解析に関する投稿論文からの話題提供

1. 中央大学研究開発機構，福田朝生

改良された袋詰玉石工の洪水時の安定性評価技術の開発とこれを活用した袋詰玉石工の構造・配置の技術的検討

2. 長岡技術科学大学，楊 宏選

二次元固定床模型実験及びそれを再現する数値解析モデルによる床止め工の圧力と流速等の考察

3. 電力中央研究所 地球工学研究所 佐藤隆宏

流体科学領域ダム洪水吐のゲートレス化に係わる放流特性の水理模型実験と三次元数値流体解析の比較検討

4. 中央大学研究開発機構，竹村吉晴

巨岩・巨石が点在する山地河川に対する平面二次元解析法の課題と新しい解析法の提案

◆ アンケート結果に基づくパネルディスカッション

アンケート設問：<https://forms.gle/vyPinrpAFFpE5Cu49>

パネルディスカッション

司会 広島大学 内田龍彦

パネリスト

福田朝生（中央大学研究開発機構）

楊 宏選（長岡技術科学大学）

佐藤隆宏（電力中央研究所 地球工学研究所）

竹村吉晴（中央大学研究開発機構）

島本和仁（国土交通省 水管理・国土保全局）

堀江克也（いであ（株））

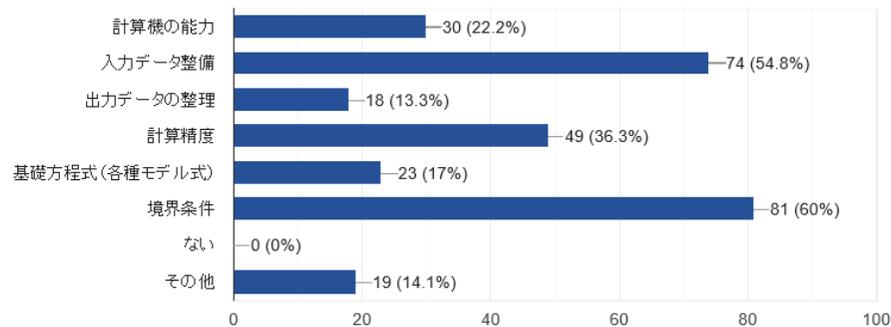
議題

1. 現状の数値解析の課題，要望
2. 多量のインプット，アウトプットデータ処理，結果の解釈と検証
3. 河道，洪水データの今後のあり方
4. 数値解析を活用した新たな河川技術の展開に向けて
（まとめ）

数値解析法の課題に関するアンケート結果 (148)

4. 数値解析の課題はどのように考えていますか (必須, 複数回答可)

135件の回答



数値解析の課題は用いるデータ, モデル, 計算機, 可視化などさまざまであるが, 扱う空間スケールが大きいほどデータの課題, 小さいほど基礎方程式・計算機の課題が顕著になる傾向にある。可視化については領域が大きい方が課題がある傾向にある。

		大 ← 空間スケール → 小							
		全体	かかわったことがない	その他 (流出解析, 水循環解析など各種解析法の組み合わせ等含む)	一次元解析	準二次元解析	二次元解析	準三次元解析	三次元解析
データ	入力データ整備	0.25	0.20	0.38	0.21	0.31	0.21	0.25	0.05
	境界条件	0.28	0.30	0.20	0.38	0.29	0.29	0.30	0.21
モデル	基礎方程式 (各種モデル)	0.08	0.00	0.03	0.10	0.07	0.09	0.15	0.11
	計算精度	0.17	0.30	0.15	0.17	0.16	0.14	0.10	0.42
計算機	計算機の能力	0.10	0.00	0.08	0.00	0.07	0.14	0.15	0.21
可視化	出力データの整理	0.06	0.00	0.10	0.07	0.04	0.06	0.05	0.00
	その他	0.06	0.20	0.05	0.07	0.07	0.08	0.00	0.00
	凡例	0	0.05	0.1	0.15	0.2	0.25	0.35	0.4

1. 現状の数値解析の課題, 要望

課題

- ・河床変動計算では、流れの解析精度は十分であるが流砂量の計算精度が低いために、河床変動計算結果を河川管理にそのまま活かすことができていない。言い換えれば、河床変動計算はまだ河川管理には使い物になっていない。流砂量式の整備は永遠の課題である。
- ・河床変動計算：河床材料に関するデータが不備な河川が大半。流出計算：分布型モデルを用いても、地形データ不足により結局のところ粗度係数一定、川幅一定、河床勾配一定としなければならず、集中型モデルと実質的に同じ内容の計算とせざるを得ないことが多い。
- ・流域からの供給土砂の質と量を予測できる解析法
- ・河床変動の予測について、一洪水くらいはある程度実用的に予測できるかもしれませんが、複数洪水のあとの変化などは、その水理量（ハイドログラフ）を正確に与えたとしても、ほとんど定量的に把握できていないように思います。実際には、どんな洪水がくるか事前にわからないということも、河床変動の中長期的な難しさだと思いますが、このような条件のなかで、例えば護岸の洗掘の危険性などを適切に評価しているようなアプローチがあるとよいのではないかと思います。
- ・土砂移動、河床変動を大きく伴う場での洪水解析

要望・目標

- ・河道の維持管理を実施するためには、河床高変化を長期的に高精度に予測できる解析法が必要と考える。
- ・維持管理を考えると10～20年程度の中期予測技術が、総合土砂や流域特性などを踏まえた場の特性を理解するためには、100年レベルの長期予測技術が必要と思う。
- ・上流から下流（土砂生産域から河口）までの、洪水・土砂・流木の流動および侵食・堆積を再現でき、被災範囲の予測ができる解析手法。
- ・土砂崩れによる河床変動、河道閉塞等を含めた大規模災害の一体的解析
大規模洪水発生時に河道に流入する土砂流入量ハイドログラフを考慮して、洪水流と河床変動を解析し、河岸・堤防侵食危険個所を予測するための解析法。
- ・河川横断構造物の破壊危険性を予測し、今後どのような観測データが必要か考えるきっかけにするための解析法。
- ・構造物の劣化に伴う破壊や流木の影響等を考慮すると、粒子法が重視されると思う。

2. 多量のインプット，アウトプット データ処理，結果の解釈と検証

データ処理

- ・最終的にはAIで全てできる時代になるのかもしれませんが、現象の成り立ちや数値解析のロジックが分かる人材はこれからも重要だと考えています。
- ・気候変動や降雨帯、降雨量の予測など、AIの活用範囲は検討が進んでいくと考える。課題は、その信頼性と人間の判断をどの様に加味していくか、ということだろう。結果の責任は人間が取ることをしっかりと認識すべき。
- ・河床変動解析では不確かな要素が大きい。例えば、流入土砂量（LQ式）を考えると、流入土砂量は流量のべき乗関数とされているが、実際には様々な要素（斜面の状況、短時間雨量等）の影響を受けるはずである。このような経験式の不確かさを、AIである程度解決できるのではないか。
- ・ビッグデータを対象としたAIによる解析は歓迎すべき。ただし、AIによる評価・判断プロセスがブラックボックス的である点に留意し、その解釈について技術者による解説が（今後の技術発展には）必須だと思う。
- ・解析に用いる与条件に不確実性がある中で、計算機の機能向上と計算技術の向上により、1つの解が意味を持つのではなく、複数の解をもち、幅をもった結果の整理が重要になってきているものと考えられます。その中で、膨大な実測値と与条件の組合せ別の解析結果をAIにより分析することで、より高度な解析結果の解釈ができるようになるものと期待できますが、AIによりもたらさせる結果に対し、どのような論理を持って取り扱うかが技術的共通認識のもとで整理された上で、数値解析結果の解釈・活用がされていく必要があると考えます。

2. 多量のインプット, アウトプット データ処理, 結果の解釈と検証

結果の解釈・技術者育成

- ・解析が高度化, 複雑化する中で, 数値解析の中身を理解し, 適切に使い分けられる技術者を育成する必要があると思う.
- ・数値解析が観測データの内外装的な役割を持つとすれば, 高精度な数値解析から得られた情報 (粗度係数や樹木群係数等) と画像データ (粗度の大きさ・配置, 植生の繁茂状況等) を関係づけるような研究も必要.
- ・数値解析分野には有料/無料を問わず多くのソフトウェアがインターネット入手することができるようになりましたけども, 解析の基礎方程式の数値計算アルゴリズムの詳細や初期条件設定が, 説明不十分な事が多くて, 自己開発プログラムプログラム/数値解析モデルの検証に, 苦慮する事がある.
- ・Common/Mp 等の, 今後の展開に期待します. 2.リアルタイム情報での適正なverification 又は calibration 手法の確立
- ・verification 又はcalibration 手法には, 数値解析の初期値/境界値からの数値計算を逸脱しているような取り組みもあるように危惧して居ます. 多くの人の参加での議論する事が大切と思います
- ・河床変動解析では不確かな要素が大きい. 例えば, 流入土砂量 (LQ式) を考えると, 流入土砂量は流量のべき乗関数とされているが, 実際には様々な要素 (斜面の状況, 短時間雨量等) の影響を受けるはずである. このような経験式の不確かさを, AIである程度解決できるのではないか.
- ・不確実な現象の推定では, 複数の数値解析結果をAIが処理し, 必要な情報を抽出するアプローチが増えていくのではないのでしょうか.
- ・現象の理解とAIによる解析は必ずしも一致しないと考える. AIを水位予測に適用した経験があるが, 算出過程がブラックボックスとなるため, なかなか難しい.
- ・着目するスケールによるかもしれません. セグメントやリーチスケールくらいのざっくりした長期的な変化を予測する手法として有用な気がしますし, 1 m以下のグリッドでの変化の記述などは物理ベースの方法が適しているように思います.
- ・AIの学習による解析結果は膨大なデータから導かれた最適な結果と考えられるので, いわば経験値の集約と推察されます. 数値解析については水理学的な理論に基づいた結果なので, 2つの解析手法は根幹が異なるものと思われます. お互いに長短があると思いますので, 両方の解析を比較して使い分けを考えるべきだと思います. 特に経験のない既往災害以上の予測結果は大きな乖離が出る可能性があるため, お互いに足りないところを補うシステムに成熟させていく必要があると思います.

3. 河道, 洪水データの今後のあり方

- ・今後ALB測量により河床形態の3次元点群データが得られていくので、それに適応した解析手法が必要となる。
- ・グリーンレーザ等の地形の3Dデータを用いた解析(流出・河道・氾濫)
- ・中小河川を含めたデータの集約・蓄積がまず必要(プラットフォームの整備)
- ・河道断面データの取得方法の検討が必要だと思います。
- ・数値解析モデルの検証を行う際、いわゆるベンチマークとなる検証データが整備されておらず、開発者が個別に検証材料を探したり、実験・観測でデータを取得している状況にある。検証データを整備したり、例えばデータベース化することで、解析技術の精度・信頼性の向上に繋がるのではないか。
- ・大容量のデータの整理、保管、スパコン使用時の通信
- ・解析手法が不十分
- ・3次元解析の検証はどのようなデータで行なっているのか？現在取得されているデータで十分か？
- ・河川の数値解析技術の発展のため、学際的に河川の数値解析技術を議論できる枠組みを増やしていくことが重要だと思います。
- ・水文気象、降雨流出解析、洪水流解析等の個別の技術はそれぞれ発展しているが、これらの連携は必ずしも十分でないように思う。これらの連携が行われればより発展した研究が行われる可能性がある。例えば、水文分野の知見は洪水流や河床変動の解析を行うことによって地先の問題の解決に役立つし、洪水流解析においても水文気象の解析から得られる流量などの情報を境界条件として用いることができる。
- ・河川分野でのこれまでの解析は河川分野独自で発達したものが多く、河川専用解析プログラムが実務ではよく使われています。そのため、他分野で発達した解析プログラムを河川技術に適用する際に、抵抗を受けるお客さんも多くいる印象です。そのため、河川以外で発達した解析技術などを取り込んでこれまでの河川技術に関する数値解析と融合させていくような仕組みが発達していくことが今後の解析技術高度化につながると考えます。
- ・ALB等で地形データを取得するにしてもどれくらいの密度で観測する必要があるかは、解析との関係から議論し見極めていく必要がある。
- ・地形変化のデータは深淺測量などが得られているが、粒度分布の経年変化のデータがあまりないため、粒度分布の解析精度を必ずしも十分に検証できないことも多い。粒度分布のデータを空間的に得ようとする、現状ではやはり労力が大きい、粒度分布の観測技術の向上が期待される。
- ・水位、面的な地形データは充実してきているが、河床粒度分布、水質・生物データ等は依然、不足している。また、長期的な解析をするためのデータはまだこれから継続的なデータ取得の努力が必要だが、予算・人員面などから継続性がどこまで担保されるのか不透明。
- ・雨量データの高精度・高密度化や、DEMデータの公開が進む一方、河川の基本となる河川横断測量データの公開が遅れていると感じる。

4. 数値解析を活用した新たな河川技術の展開に向けて（まとめ）

1. 現状の数値解析法の課題，要望

河床変動解析，リアルタイム解析，広域解析，長期予測，高精度化

2. 多量のインプット，アウトプットデータ処理，結果の解釈と検証

AIのブラックボックス，適切な適用・応用，入力データの不確実性に対する幅をもった結果の整理・解釈，解析を適切に理解できる技術者の育成

3. 河道，洪水データの今後のあり方

三次元解析の検証・**Verification Validation**，データと解析のバランス，水面形の時間変化の再現の重要性とそのデータ整備，粒度分布，横断測量からALB（点群データ，三次元データ），三次元データとリアルタイムデータのプラットフォームとその活用

4. 新たな視点

- ・解析のマクロ現象（水面形の時間変化という）とミクロ現象（流れと流砂の相互作用）の両面の妥当性の議論が現象解明に重要.
- ・三次元解析によるこれまでできなかった新たな問題へのチャレンジとそれによる一次元，二次元解析法などの体系化に向けた挑戦が技術発展に重要.

オーガナイズドポスターセッション2 (OPS2)

日 時 : 2019 年 6 月 13 日(木) 11:00~12:00
テーマ : 河川技術分野における数値解析の役割と今後の展望
企画・進行 : 観測・解析 WG 内田・島本・堀江

◆企画趣旨

コンピュータ技術の急速な発展に伴い、河川技術分野における研究や実務の内容は大きく変わってきた。即ち、河川における流れや土砂輸送の複雑な方程式を数値的に解くことや、そのインプット、アウトプットデータの処理に留まらず、各種計測やビッグデータ解析など様々なところでコンピュータによる高速かつ膨大な演算・情報処理能力が活用されている。河川技術分野における数値解析の役割も多面的となっており、多くの技術者、研究者がそれぞれの立場で活用するようになっている。本 OPS では、まず数値解析の主たる目的である、流れや土砂の複雑な挙動解析の投稿論文の著者から、解析に関する最新の研究成果と現状の課題等について話題提供いただく。そして、話題提供者をパネラーとして迎え、著者の皆様からのアンケート結果などをもとに、会場と併せて意見交換を行い、開発者、ユーザーなど数値解析に様々な立場で関わってきた参加者間で、数値解析に期待される役割と今後の展望について共有する。|