

OS2 全体討論

【堀江（司会）】

昨年に引き続き数値解析の OS になります。三次元のデータ取得に伴い、高度な解析技術がどんどん進化しているということで、目的に応じた解析技術を選定しなければならないことや、社会実装への仕組みが必要ということなどの意見がありましたので、今回この OS を立ち上げたということです。

各発表者から色々な提案がされましたが、整理させていただくと大きく三つぐらいの観点があるかなと私は思います。

まず、①高度な数値解析技術の必要性、課題というところでは、河床変動計算の課題があることや、高度な数値解析技術を使う際に、どういうところで使っていったらいいのか等の課題があると思います。

次に、②社会実装の仕組み、課題としては、いろいろモデルがありますので、今後もさらにモデルが発展していくことも考えていくと、目的に応じたモデルの選定や要件をきちんと作った方がいいのではないかと思います。

最後に③人材育成と魅力向上です。ある特定の集団だけができる技術だけでなく、土木界で全体的にレベルアップを図っていく必要があるので、人材育成とか魅力向上についても議論しなければならないと思っています。

以上、論点として①～③の3つの観点で整理をしましたが、これらについてご意見がある方いらっしゃいますでしょうか。

【大本先生（会場）】

数値シミュレーションにおける適応限界というのがすごく気になっていまして、特に河川構造物、例えば橋脚とか堰とか、あるいは河岸付近でも水制とか含めて、そういったところは三次元的な構造というのは基本的なわけですね。例えば上昇流が現れるところとか、下降流が現れるとなると、二次元計算だとどうなるかというと、空間平均化されているからなまってしまって極大値極小値が出てこなくなるわけですね。そうすると土砂移動もそれに応じて変わってくるし、河床形状も全く合わなくなる。実務の中で時々見かけるんですけど、それっていいのかなと思ったりするんですけど、そのあたりいかがでしょう？

【福岡先生（パネリスト）】

私もそう思っています。どうも私たちは平面二次元で良いんだって言いがちですけど、本当は断面内の流速分布があるということは、大きな二次流があって流速分布に影響を与えているということですね。それが砂を浮かせ、それに乱れが重なってもっと浮遊砂量が増すという話で、基本的には平均流は三次元的であり、主流と二次流を一緒に解くべきだと思います。それを、二次流の存在を弱めて一次元計算を行うというのは、特に構造物の周辺の計算では問題があるというのは大本先生の言われる通りなんです。だから局所的な、ある限られた中では準三次元とか三次元で計算は今でもできるけれど、強い計算負荷がかかる場合は

OS2 全体討論

やむを得ず二次元でやっていると解釈すべきなんですよ。

正しく言えば、三次元や準三次元であっても構造物の周りのメッシュを小さくしていかないと、本当のところは解けていないというのがわかっている。だけれど、工学的に妥協しながら少しずつ技術レベルを上げてきた。今はコンピューターの能力が向上してきましたから、もう準三次元解析は当たり前のように使われるようになるだろうと思います。私たちは非静水圧の準三次元解析法で球磨川を 200km にわたって洪水流・河床変動解析を行いましたから、やる気になればできます。しかし、そういうのは普通ではないので、先生の言われることを私たちは考えながら計算法を選択し、できるだけ実状にあった解析をしていくことが大切であると思います。

【大本先生（会場）】

先生のお答えでよいと思いますけども、例えば河道の湾曲部内岸側が高速化するというのは、基本的には入り口のところです。そしてそれが短絡流的に、対岸側に入っていくわけですね。そこでショートカット的にすごい大きなエネルギー勾配で走っていくから非常に高速になるということで、このような物理現象というのはある意味どこでも現れているんじゃないかなと。ただ、その結果として内岸砂州が切れてくる可能性があり、物理現象として全く違う形をとるようになる。内岸には固定砂州があるという前提の下で場を解析すると、洪水時には全くこれらの配置とは関係のない流れの結果になってくる場合がある。こういった一連の現象は、超過洪水対策等ですごく重要になるだろうと思います。

【福岡先生（パネリスト）】

先生が言われるとおりだと思います。ただ先生が言われた中で一つだけ疑問を感じるのは、湾曲度が非常に強いと確かに突っ切って内岸が速くなります。でも、緩やかな蛇行だと、その間に二次流が発達していく過程の中で流速分布がどう変化するか、そして特に高水敷の遅い流れと低水路の速い流れがコンベクションの影響で混合します。それによって、流速場が変わるということだと考えています。これは特に、超過洪水のときに起こり易く、その結果、先生の言われる砂州の形状が変化し、私達が想像している洪水流と河床形状と全く異なるものが出現することから、このことを考慮した超過洪水対策が大変重要になります。

【石川先生（会場）】

今の二次流とか準三次元計算の話は、ちょっと議論が不完全じゃないかと思います。というのは、二次流っていうのは二種類あるんですよ。第一種の二次流というのは、今ご説明のあった流線の湾曲によるものでこれは割と簡単で、以前からいろいろ議論されているし、数値シミュレーションで大本先生がおっしゃったようなことも随分前から議論されているわけです。むしろ、議論が不十分なのは、第二種の二次流で、これは要するにレイノルズストレスの勾配によるわけです。だから直線水路でストレートに流れている場合でも、二次流

OS2 全体討論

が出るわけですが、構造物周りの議論をしようと思えばレイノルズストレスの不均一性はすごく高いはずなんです。そこの議論が抜けたまま準三次元計算をやっているかどうか。これはコメントです。

次に土砂流動シミュレーションについて原田先生にお伺いします。長良川はダムがないわけですね。ダム等があると人工的に河床粒径を変化させて河床構造を壊しちゃうわけですね。ところがそうでない河川の自然状態っていうのは、洪水があって初めて形成されるわけです。そういう意味で、数値シミュレーションで時間空間的に連続した計算をずっとやると、先ほどのようなことがどのくらい再現できるか、つまりどこかでクリティカルなところがあるはずだと思うのですが。以前、今ほど数値計算が発達していない頃は、そういうアーマールコート（Armor coat）の破壊の限界の流量がこのくらいで、その大きさの洪水がどのくらいの頻度で来るのかが現地データに基づき議論をされていたと思います。それが意味エンジニアリングの基礎知識だったわけです。今何でも数値シミュレーションでやっちゃうと逆にそういった現実の現象のポイントというのがわからなくなっていく感じがします。長良川の場合はダムがないですから昔とあんまり変わらないと思いますけど。

【原田（パネリスト）】

ありがとうございます。短めにコメントバックさせていただきます。どれぐらいの流量の時に、土砂移動現象として何が起これるかという感覚を磨くことは本当に非常に大事だと思います。特に河床変動計算を運用するときにも、田端さんの方から、足切流量等の閾値が無根拠にやられてしまっているとコメントありましたが、まさに、現象としてこういうことは起こる。なので、解析で表現したいのはこの部分である、そのためにはこういう条件設定をしなくては行けないという風に、使う側がちゃんと道具の特性と現象の二つを理解した上で、数値計算技術を使いこなせるようにするっていうのも、おそらく今日の OS で議論すべきことだったのかなと個人的に思っているところです。

【泉先生（会場）】

非常に興味深い力学的な議論が進んでいるところで、数値解析技術というものにコメントさせてもらいます。もうすでにかんまりのところまで数値解析技術が進んでいるということは私も感じています。ただ定量的にどこまで合うか。これはおそらく限界がありますよね。非線形現象ですから、天気予報と一緒に時間が経てば経つほど、だんだん定量的に合わなくなってくる。天気予報みたいにデータ同化みたいなのができれば良いですけども、そういうデータとかも河川の場合は取れませんし。ただ、アンサンブル平均ぐらいひょっとしたら取れるかもしれないと思って今考えていました。そういったものを使ってやれば計画も十分できるでしょうし、設計もある程度できるようなそういう感じがします。

ただし、一番ネックになっているのは、じゃあ誰が質を保証するのか。アメリカみたいにもうこれこれが標準でこれしか使わないみたいなことにすればいいでしょうけれども、そ

OS2 全体討論

うということが日本では必ずしも良いことじゃない。技術の発展を妨げる。それだとすると、僕はやっぱり品質の保証みたいなものは、オープンソース化みたいな方向に進むしかないんじゃないかなというふうに思ってたけど今日は聞いてみました。以上です。

【石川先生（会場）】

今の泉先生のお話に関連して、先ほど中村さんがおっしゃったようにマニュアル化や手引きを整備して業務発注者が指定すると、誰がやっても同じようになるような気もするし、多数の業者を参加させようとする、レベルの低いところに揃える結果になると思います。

だから今、泉先生が言われたように、もうちょっと自由度を与えて、発注者が自由度の意味をきちんと理解できるような技術力を持たなきゃいけないと思います。

そうでないと、マニュアルだけでみんながやるというのでは。コンサルタント会社はやりがいがないですね。コンサルタントっていうのは、元来、例えば経営コンサルタントなどは標準化された技術ではなく、ある突出したデータ分析技術があって、発注者がどうしても良いと相談に来た時にいい答えを出せるコンサルタントが儲かるわけです。そういう観点では、技術の標準化・マニュアル化は、あるべきことの逆を行くような気がします。

【中村（パネリスト）】

手引きの整備は最低限必要かなとは思っておりますが、それに依存してしまっても考えなくなる技術が増えてしまうというのはすごく懸念しております。したがって、説明を割愛してしまったのですが、やはりその基準が決まる背景とか過程とか、そういうのをしっかり理解した上で、どういう条件の下に使えるとか、あるいは、この現象にこういった解析が必要だとかそういったしっかり理解した上で提案するというのが最低限必要かなと思っています。その上でプラスアルファを提案していければいいのかなとは思っております。

【石川先生（会場）】

基準がまずできるっていうのが重要なんですよね。それが発注する側の能力の向上にもなる。

【田端（パネリスト）】

その通りだと思います。今日あまり入札契約的な話はしなかったですけども、コンサルさんの腕の見せ所をいかに引き出せるかっていうのは、発注内容そのものがかなり重要なところを占めているような気もしていて、それ次第で生かすも殺すもというところがあります。なので、業務仕様書の書き方を含めて、発注者はうまく考えないといけないんじゃないかなっていうのは強く思っているところです。

【安田氏（会場）】

OS2 全体討論

国交省とかでもっとやった方がいいと思うのが「技術の評価」です。例えば NETIS で一般の機材や施工技術の評価などはやっているのですが、今日の二次元、三次元の解析ソフトウェアについてはやれていない。別に○×をつけるのではなくて良いのですが、このソフトはこういう特性が優れているといった評価ができると良いと思います。この前、スウェーデンの学会に行ったときに、フィルダムの 5m ぐらいの高さのミニチュア版を置いて、わざと何種類かの欠陥部を作っておいて、いろんなセンサーなどを使って、どの技術が一番欠陥部の位置・形状を当てられるかというのをやっていました。田端さんの話の中での模型実験なんかはそれにちょっと通じるものがあると思いますし、あと、例えば福岡先生から今日は多摩川の話をしていただきましたが、内岸でガバッと掘れて、それが計算では再現できない、じゃあそれをどれだけ再現できるものを作れるのかだとか、それこそコンペなのか何かわかりませんが技術競争みたいなものがあってもいいと思います。先ほどいろんな事務所で何十かの実際の二次元、三次元のシミュレーション結果があったという発表ありましたけども、例えば何か事象が起こったりした時に、その検証をいろいろな数値計算ソフトでやってみるといった取組もあって良いかと思います。

発注者という立場だと、適用したモデル以外と比較検証するといったことは難しい部分もありますので、できれば土木学会みたいなところでピアレビューして、検証とか改善をどうするかだとかを、国交省、あるいは研究所とかが旗振りをして議論できたら面白いと思います。順位を付けるのは難しいと思うので、A さんの評価、B さんの評価でもいいと思います。学会とかいろんな人の知見とかをうまく活かせるような仕組みをぜひ作っていただきたい。今日は HEC の話もありましたが、そういったものに勝てるようにする上でも、そういう切磋琢磨する機能が働く仕組みづくりをぜひ頑張っていただければと思っているというコメントでございました。

【一言氏（会場）】

確か中村さんのご発表でオープンデータ化っていうお話あったと思いますけど、すごく大事なかなと思っていて、水文の方だと結構データが手に入りやすく、気象データも例えば標高のデータとかあと河川の水利用データなんかも簡単に手に入りますけど河道の中に入ると途端にデータが入りにくくなって、横断測量も手に入らない。粒度分布もないし、堤防高もないし途端に手を出しづらいんですね。オープンデータ化が進むと、もっとモデルの実証、モデルの開発が進むのと思っていますんですけど、なぜうまくいかないのか、それが進まないのかなと思っています。ちょっとどなたか知見のある方教えていただければと思っています。

【瀬崎（オーガナイザー）】

先ほど、うちの田端からもご説明した通り、まずは実験関係のところのデータのオープン化は国総研でできることになりますので、そこはどんどんオープンにしていきたい。あと、

OS2 全体討論

安田さんからのご質問もありましたように、コンペ、できればブラインドテストみたいな感じで、境界条件が明確な実験で起こる河床変動について、皆さん数値計算で当てられますか？という風なことで呼びかけて、参加いただいた人にだけ答えを教えるみたいなこととかも考えていきたいと内部では議論しています。

あと、河道データについては、今本省が旗を振ってオープンデータ化を進めているので、その流れの中でやられていくものと理解しています。

【竹崎氏（会場）】

先ほどの議論から脱線してしまいましたが、私は、3の人材育成、魅力向上というところに結構大きな問題があると思っておりまして、何かというと人材育成の前に人材確保の部分で大きな問題があるかなと思っていて、最近まで教育を受けていた身としては、教育機関とかアカデミックな場で河川研究室がどんどんなくなってしまってきている現状を踏まえると、最近東大で河川研がなくなっちゃいましたけど、いくら数値解析の技術とかを進めていっても後継者とか担い手不足とかに最後なってしまって、停滞してしまわないかなっていう懸念があります。人材確保とか優秀な人材をいかに河川の分野に呼び込むかっていう魅力的な場にしていくなかっていう、そこに対してお考えあれば教えていただきたいです。

【福岡先生（パネリスト）】

その通りだと思いますよ。だけど、僕はそれに関連して本日のメインである先ほどからの議論を聞いていて、人材育成の必要性が、何か河川の技術や学術に関して今の状況に大きな危機感を抱いていないなっていうのは、学会としては考える必要があると思います。

具体的に球磨川等で大洪水が出て一体河川で何が起きているかを見たときに、今まで通りの技術でいいんだと考えるのは問題であると言いたい。HWLまでは、これまでの技術・学術で対応できますが、気候変動が起こる、それによって流量や土砂の流れがこれまでと異なっていることは、既にいろんなところで起こっていて、これにどう対応するのかを考えなくてはならない。私は、そういうお話を聞くことがあって現地に行ったり、勉強する機会があるので、これを今後どうやって解決していくんだろうか、みんなの叢智を集める必要があるのです。私の場合は大学に関係者みんな来てもらって議論するってことやるんです。これも人材育成の一つであり、今から機会を見つけてやっておかないといけない。同じように我々が人材育成について甘かったなということと同じように、技術において危機感を持つことが少なく危険な状況があちこちで起こってきていることを広く知ってもらい、準備を今からしないと遅れて、今後に大きな問題を残すと僕は強く伝えたい。だから①の課題は、何か特別なグループがやってるんだということじゃなくて、また②、③のようなものが課題として大切なことはその通りですが、①で壊滅的な状態が起こり得るということを、もっと学会として対応していかなければならないというのが、これまでの議論を聞いていて感じた私の率直な気持ちです。

OS2 全体討論

【江頭先生（会場）】

先ほどデータのオープン化っていう、そういう話が出ましたけれども、特に河川の場合、河床材料には洪水の履歴はずっと残っているんですよね。ただ、下手に何も知らない人がデータを公表すると、逆に困るような問題も出てくるんですよね。だから、データ公表には賛成なんですけれども、その時の状況をきちっと同時に理解できるような情報も合わせて公表できればよいと思います。

それから、今日話を伺っていて、流れの計算は随分できるようにはなっているんですね。だけど、流砂の最近の研究で新しいアイデアがほとんど出てこないんですよ。どうなっているんでしょう？福岡先生いかがですか？

【福岡先生（パネリスト）】

確かに、洪水流の研究は進んでいますが、流砂の研究は河川の土砂問題の重要性が増大しているにもかかわらず停滞しているように思えます。実際には、流砂の研究は進んで来ますが、結果的には十分な説明が出来る段階に達していなく、今までのものとそう変わっていないように見えます。土砂移動に関する観測をもっと増やして、流砂研究についても、洪水流に対応する土砂移動の高度な計算も必要だということを見せていかなければならないと思っています。測ってるものが洪水中の水面形とか洪水前後の河床高分布だけのために洪水中に大きな河床変動が起こっていないように見えています。実は、洪水中には複雑な洪水・河床変動現象が起こっており、超過洪水時には特に変化が激しくなります。これらについて検討をする若手研究者は増えています。もっと分かってもらえるよう丁寧な説明が必要であると思います。先生のご質問に対して、流砂の研究も進展していると言ってよいと思います。

【江頭先生（会場）】

私はそう大したこと言えないんですけども、特に若い人には、きちっとダイナミックスを勉強して、取り組んでください。ぜひお願いします。

【山田先生（会場）】

数値計算には、石川先生がおっしゃったように、例えば非静水圧をどこまで扱うのか、乱流をどう扱うのかということがあります。

私は最近、集中的に最近の乱流モデルはどうなっているのか気になり、機械工学系の先生たちのレビューペーパーを読んでみたところ、この 2、30 年、乱流モデルにはほとんど新しいもの出されていないことがわかりました。そしてみな LES を使っています。ところが、LES というのはスマゴリンスキーや気象の人たちがやったものですが、どうしてうまくいくのか全然わかっていないんです。だけど、二次流が計算できてしまう。そこでみな納得し

OS2 全体討論

てしまっている。ここにこういう図があるんだよとか、こういうものが出てくるからああなるとか、ここに砂が入り込むからこうなんだとか、そういう議論がなくても答えが出てしまう。それが本当にこの業界の進歩と言えるのかどうか。だからもう一度、乱流は何なんだとか、あるいはハイドロの非定常性がそういうものにどこまで影響するのかとか、コントラクションや急拡大による渦が出るとか出ないとか、それはどうやって出るんだろうとか、そういうことが議論されずに絵だけが出てくるのは、非常に危険ではないかと思っています。

【江頭先生（会場）】

洪水の時っていうのは浮遊砂ってものすごいんですよね。ところがその浮遊砂を扱う乱流のところは全然ダメなんです。僕は拡散っていうのが大嫌いで、大嫌いというのは矛盾がものすごくてもう全然使えなくなっているんですけど、結局浮遊砂の問題をきちっとやるためには、山田先生がおっしゃったような乱流をきちっと理解して、ちゃんとした乱流構造を評価するところが非常に大事だと思います。特にあの LES なんかはですね、できるようでできない。例えば河床波上の LES なんかは全然きちっとした答えが出てこない。最近の感想を言っている程度ですが、とにかく頑張ってもらいたいということです。以上です。

【石川先生（会場）】

人材育成、魅力向上は、今すごく重要になっていますよね。だいたい国家公務員の技術職の応募者が減ってきて、途中でやめる人間も増えている。コンサルタントも学生の就職先としてあまり人気がない。大事なのは、今議論しているこういった内容は魅力的にするには多様性を認めるということだと思います。若い人が将来の道を選ぶ際に一番重要なことは、どのくらい自由度を持って考えられるか、あるいは考えることを許されるかということだと思います。そのときに、この業界のヒエラルキーっていうのが邪魔をしているような気がします。さっき中村さんのパワーポイントに「発注者様」とか書いてありましたが、私はコンサルタントの人に、様は余計だとよく言うのです。仕事をやってあげるんだからお金をもらうのは当たり前で、それでお金をもらうのは、やっていることに意味があるからだと考えるべきです。今の時代、人材育成、魅力向上を自由にできるポテンシャルが一番あるのは、多分コンサルタントなんですよ。そして、数値解析技術って若い人は好きでしょう。シミュレーションにしてもデータ解析にしても。だからそれを役所が標準化するんじゃなくて、ちょっとここを変えてみたらどうかという検討を会社の中で行っていただく。それを発注者が受け入れるかどうかは別の話です。そういった自由な要素を仕事に組み入れていく姿勢が③をなんとかしていく上ですごく大事だと思います。

【堀江（司会）】

ありがとうございました。最初にコンサルタントが重要なプレーヤーという瀬崎さんからの発表もありまして、今回の叱咤激励もありましたので、これからはコンサルタントも一

OS2 全体討論

生懸命勉強していかなきゃいけないかなと思いました。では最後に取りまとめということで岩見さんお願いします。

【岩見（オーガナイザー）】

解析技術をどうやっていくかっていうことについて、いろいろな話をいただいたのと、時間がないので極めて一言だけ言うとコンサルタントに対して非常に強いエールをいただいたなと思っています。我らも切磋琢磨していきたいと考えています。以上です。ありがとうございました。

【堀江（司会）】

それでは、今日話題提供いただいた皆様と、ご意見いただいた皆様に感謝しまして、拍手で終わりたいと思います。

以上