

# NEWS LETTER

2018年12月

Vol.  
7

$$\nabla \cdot \left( \frac{Kk_{rw}R_s}{\mu_w B_w} \nabla \Psi_{cw} \right) + \nabla \cdot \left( D_s \nabla \frac{R_s}{\alpha_{cw}} \right) - q_{cs} = \frac{\partial}{\partial t} \left( \phi \frac{S_w R_s}{B_w} \right)$$

$$\nabla \cdot \left( \rho_w \frac{Kk_{rw}}{\mu_w} \nabla \Psi_w \right) + m_{wv} - q_w = \frac{\partial(\rho_w \phi S_w)}{\partial t}$$

$$\nabla \cdot \left( \rho_g \frac{Kk_{rg}}{\mu_g} \nabla \Psi_g \right) - q_g = \frac{\partial(\rho_g \phi S_g)}{\partial t}$$

$$\nabla \cdot \left( \rho_g \frac{Kk_{rg}R_{wv}}{\mu_g} \nabla \Psi_g \right) + \nabla \cdot D_{wv} \nabla(\rho_g R_{wv}) - m_{wv} - q_g R_{wv} = \frac{\partial(\rho_g \phi S_g R_{wv})}{\partial t}$$

$$\nabla \cdot \left( \rho_w \frac{Kk_{rw}H_w}{\mu_w} \nabla \Psi_w \right) + \nabla \cdot \lambda_w (\nabla T_w) + (m_{wv} - q_w)H_w + E_{wg} + E_{ws} + cF_w$$

$$= \frac{\partial(\rho_w \phi S_w U_w)}{\partial t}$$

$$\nabla \cdot \left( \rho_g \frac{Kk_{rg}(H_g + R_{wv}H_{wv})}{\mu_g} \nabla \Psi_g \right) + \nabla \cdot D_{wv} H_{wv} \nabla(\rho_g R_{wv}) + \nabla \cdot \lambda_g (\nabla \Psi_g) - q_g H_g$$

$$- (m_{wv} + q_g R_{wv})H_{wv} - E_{wg} + E_{gs} + cF_g$$

$$= \frac{\partial[\rho_g \phi S_g (U_g + U_{wv} R_{wv})]}{\partial t}$$

$$\nabla \cdot \lambda_s (\nabla T_s) - E_{gs} - E_{ws} + cF_s = \frac{\partial}{\partial t} [\rho_s (1 - \phi) U_s]$$

## 【COI-S 第3回シンポジウム パネルディスカッション その1】

## 水循環研究のフロンティア

～若手研究者らが切り開く研究最前線、その挑戦と課題～

COI-S プロジェクトは、平成 28 年度から第 2 フェーズに入り、第 1 フェーズで開発した大気海洋・地表地下水系連成によるシミュレーション予測の実施や妥当性の検証などが着実に成果を挙げています。また、若手を中心とした研究者らによる新たな取り組みも進んでいます。パネルディスカッションでは、そうした若手研究者らに登場してもらい、その意欲的な研究内容を最新成果を交えて紹介してもらおうとともに、技術的に何が難しいのか、どこを攻略し、何をしなければならぬのかなどについて語ってもらいました。



司会・進行: 所 眞理雄  
COI-Sプロジェクトリーダー

### 水循環に人がどこまで関与できるか？ マルチスケールシミュレーションによる挑戦



大西 領 (海洋研究開発機構)

**大西:** 海洋研究開発機構 (JAMSTEC) では、地圏環境テクノロジー・登坂博行先生と一緒に、水循環モデルを開発しています。水循環モデルは、大気と海と地下水が結合したモデルで、個々のモデルは微視的なマイクロスケールと巨視的なマクロスケールの両方が含まれたマルチスケールモデルになっています。基本的にはマクロの方がサイズが大きい分、大きなエネルギーを持っていますが、マイクロの影響も重要であるなかで、マイクロとマクロがいかに影響し合うのかを明らかにすることが重要です。シミュレーションによって、マイクロ、つまりローカルにどのような対策を取れば、マクロスケールの水循環に影響を与えられるのかを評価するために、それを検討できるモデルをつくっていきたくいところ、この COI-S プロジェクトに参画させていただいています。

私はもともと雲のシミュレーションを行ってきました。その最新のシミュレーション結果 (図 1) を紹介したいと思います。左側が計算領域を表しています。計算領域は、横が 3cm、高さ方向は 3km というシミュレーションです。このようなとても極端なことをしながら、雲粒 1 粒 1 粒の運動を考慮して、雲粒が合体したらどうなるのかを追跡した結果です。図の左側は何も見えていませんが、実はエアロゾルが領域全部を満たしています。非常にマイクロなレベルの話です。エアロゾルから水滴ができて、最終的に雲のレイヤーができて、雲から雨が降るといったマクロな現象につながります。これにより、例えばマイクロの粒々を一部なくしてみると、少しだけ雨の降るタイミングがずれるといったことが分かります。こうしたマルチスケールシミュレーションで、今まで雲に特化して研究を行ってきましたが、今回の COI-S プロジェクトの

テーマは水循環ということで、どこにどんな対策をすればよりよい水循環が、より効率的にできるのかを評価できるモデルをつくっていきたくいと考えています。

**所:** 大西さんのモデルは、いくつもの物理プロセスのモデルを統合した 1 つのモデルで雲粒からその先まで表していますが、それができるのは、コンピュータの計算性能の向上が大きく関係しているわけですね。

**大西:** 最先端の「地球シミュレータ」を使って、やっとこのレベルができるようになりました。

**所:** マルチスケールのシミュレーションは、やはり別々のモデルを後で統合するのではなく、1 つのモデルで全部できるのがいちばんよいわけですね。

### 都市緑地の水・熱環境を知る上での課題は何か？ 連成シミュレーションによる挑戦

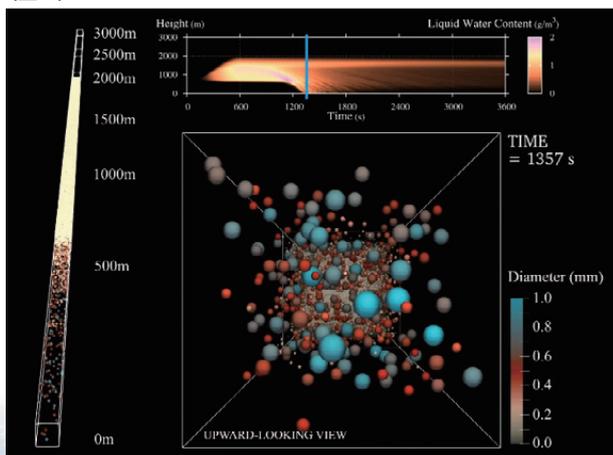


松田 景吾 (海洋研究開発機構)

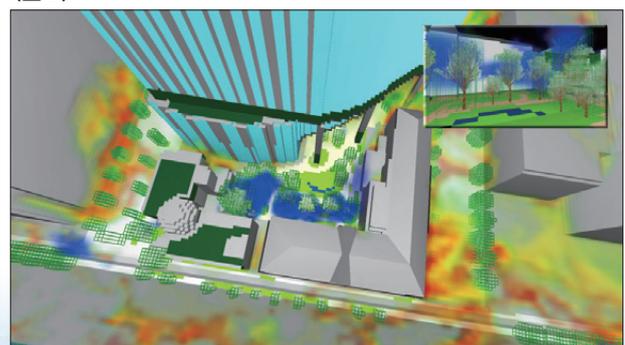
**松田:** JAMSTEC では、大気・海洋と陸面・地下の連成シミュレーションの開発とその検証を行っており、例えば今現在の関東の領域を対象に、その周辺の海と大気と地圏との間でどういったインタラクションがあるのかについてシミュレーションを実施しているところです。私たちが明らかにしたいと考えているのは、人々が暮らす都市部やそこにある緑地における水や熱の環境に対して、水循環がどのような影響を及ぼしているか、さらに水循環がそうした都市の構造にどのような影響を受けているのかについてです。そのひとつとして、特に注目しているのは、緑地や水辺によって都市の暑熱環境が緩和されるような効果です。

今回紹介するのは、三菱地所設計と竹中工務店との共同研究で実施したシミュレーションで、街中にオアシスのように存在する小さな緑地において、夜間に生成される冷気に対して、樹木がどのような影響を及ぼしてい

〈図 1〉



〈図 2〉



るかを明らかにすることがねらいです(図2)。1mという高解像度で、街区スケールの大気の流れのシミュレーションを実施しています。樹木の蒸散の効果や放射冷却の効果などを考慮してシミュレーションすることで、風が流れるなかで気温がどのように分布し、それに対し樹木がどういった役割を果たしているのかを解析しました。ただ、このシミュレーションでは、まだ地面の下の状態までは考慮できていません。これから都市の水環境や熱環境を明らかにしていくにあたっては、地下を含めた水循環がどういった影響を及ぼすのかを考えていくことが重要です。とはいえ、都市の構造は非常に複雑で、簡単に取り扱えるものではありません。例えば、日射を受けて温まった壁面により空気が温められる効果もあれば、緑地の蒸散によって水分が大気に出ていく効果もありますし、その蒸散の効果は地面の湿り具合の影響を受けています。また、地面の下も地下鉄が走っていたり、地下道や地下商業施設があったりと、非常に複雑な構造をしています。こうしたさまざまな影響が混在する都市構造を対象に、それらの効果をできるだけ整理し、何を取り入れていけばよいかを考えながら、連成シミュレーションに取り組み、地圏と大気・海洋の間に存在する都市部の水環境や熱環境に着目していきたいと考えています。

**所:** 連成シミュレーションですから、大西さんのように全部1つのモデルでやってしまうわけにはいきませんね。しかし、将来的にはそれができるのでしょうか。

**松田:** 将来的にはできるかもしれません。都市で起こった小さな現象が、さらに大きなスケールの現象にどのように影響を及ぼすのかは、今後の大きな検討課題です。

**所:** ご紹介いただいたシミュレーションでは、スーパーコンピュータをどれくらい使用しているのですか。

**松田:** このシミュレーションでは30分間の計算を行いました。そのときに使ったのは現在の「地球シミュレータ」の1世代前のものでしたが、だいたい1ヶ月程度かかりました。



### 社会環境の改善のための 方法論・技術・エビデンスはなにか?

杉山 徹 (海洋研究開発機構)

**杉山:** 都市の構造は複雑で、さまざまな要素が含まれるというお話がありました。大事なことは、そこには人がいて、生活しているということです。人間が活動することにより環境に与える影響もあります。そのため、そこにいる人々に、私たちが取り組んでいる研究のことを伝えることがとても大切です。「こうすればよくなる可能性がある」ということをきちんと伝えなければ、関わる人間の数は限られてしまいます。できるだけ多くの人々に納得して関わっていただかないと、効果が発揮されないこともあります。では、実際にどのように伝えていくのか。例えば、国レベルの場合には、法律の整備をすることもありますが、また企業が主体となってビジネスとして取り組むこともあると思います。その一方で、自治体レベル、住民レベルで取り組

むべきものもあります。ここでは、そうしたまちづくりの話を考えてみます。主体はそこに住んでいる市民です。主体となる人々に積極的に関与してもらい、具体的に行動していただかないと、効果は発揮されません。そのためにどうすればよいでしょうか。

例えば、地域の公民館などに行くと、町の立体模型が置いてあることがあります。その模型のなかに自分の家があると、ここが自分の住む町であることをはっきりと意識できます。「ここに自分の生活がある。この地域の環境は、まさに自分のことだ。環境をよくしていくにはどうすべきなんだろう」というように、自分事として考えると思います。つまり、積極的に関与してもらい、何か行動を起こしてもらうためには、人々に自分事として感じていただく必要があります。そのために、例えば町の模型にシミュレーションの計算結果が一緒に載っていれば、「こうなるんだ」ということが見やすくなるだろうと考えます。図などでグラフィックに見せる方法もありますが、どのように見せるかが大切です。例えば気温などの分布をただ地図上に載せただけでは、少し硬い感じがします。そこで、どうすれば硬い感じが取り除けるかを考えるわけです。最近では、Googleでも地形などを立体的に見られるようになってきているので、その画像の上にデータを載せれば、少し硬い感じがとれて、自分事として感じてもらえるのではないのでしょうか(図3)。より納得できる、現実味のあるデータの示し方とはどのようなものか、そうしたことを考えながら研究を進めています。それから、例えばまちづくり協議などでものごとを決めるとき、どのように話し合っ決めていくかという、多数決という方法は減多に取らないと思います。住民がみんなで円卓会議を開いたときは、「みなさん、これでよいですね。満場一致でこのように決めましょう」という方がスムーズな感じがします。そういったことも考慮して、こちらの結果を伝えれば、社会環境の改善にもっと活かしていただけるのではないかと考えています。

**所:** 例えば近くの川で護岸工事をするかしないかというようなことを住民の方々とディスカッションするとき、どうしたら住民により自主的、積極的に関与してもらえるか。そういう話だと思ってよいですか。そして、その際にいちばん大事なことは、正しいデータを分かりやすく提示するということでしょうか。

**杉山:** その通りです。

**所:** そうすれば、正しい情報を住民の方が得て、積極的に自分のこととして参加できるようになるだろうということですね。そして、理想はやはり“満場一致”だということですね。



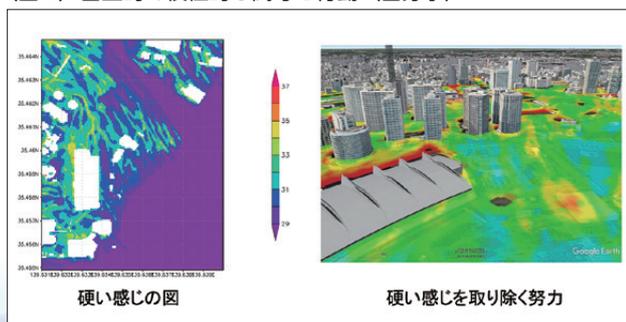
### 安心・安全に暮らせる水・人間環境の構築 システム制御の適用と課題

小島 千昭 (富山県立大学)

**小島:** 私の専門はシステム制御工学です。取り扱う対象を数理モデル化、つまり主に微分方程式で数学的に抽象化します。一旦抽象化しますと、いろいろな数学の理論が使えますので、それを実世界に戻すことによって、対象の望みの振る舞いを実現しようというものです。ここにおられるパネリストのみなさんが都市環境・地下水・都市計画などの特定の“土俵”を持っておられるのに対して、私の場合はシステム制御という手法をいろいろなところに適用していくというスタンスです。そのなかで、階層化制御というものも考えています。例えば都市計画では戸別の住宅・街区レベル・都市全体と、いろいろなスケールがあると思いますが、それらに応じて、複数の制御を同時に達成することをめざす枠組みです。特に私が考えているのは、システム制御によって、人間が暮らしやすで最低限求められる精神的な安心、あるいは物理的な安全性を満たす豊かな水・人間環境を構築できないかということです。

現在は、中央大学で石川幹子先生、原辰次先生にご指導いただき、時

〈図3〉 自主的で積極的な関与と行動 (自分事)



空間スケールに基づく階層化制御に取り組んでいます。どのようなものかという、神田川上流域、主に善福寺川と神田川が合流する領域をおおまかに3つのスケールに分けます(図4)。いちばん下層が戸建て住宅地エリア、中層はいくつかの住宅の集合があり下水道が繋がっている2次から6次の集水域エリア、いちばん上層は上流域全体のエリアです。この領域で考えられる現象は、下のほうのスケール、層で言えば戸建て住宅地や集水域エリアのレベルでは、例えばマンホールから水が溢れるといった内水氾濫が考えられます。一方、上層では善福寺川などの外水氾濫が考えられます。これらをいかに制御するかを考えていくわけです。例えば貯留タンクあるいは調整池を設置することは、アクティブ(Active)な制御で、これらを制御の装置として設置することで、危険な現象を防ごうというものです。一方、パッシブ(Passive)な制御は、例えば下層における雨水浸透枡です。家の庭に設置して地下水に水を浸透させ、下水道や河川に流す水を減らすことができます。こうしたアクティブな制御とパッシブな制御を適切に組み合わせることによって、相乗効果が期待できます。これが、階層化制御の狙いです。現在は、起こりうるさまざまな現象や想定されるシナリオを、平常時・緊急時合わせて列挙し、階層化モデルを導出することに取り組んでいます。それから、土地利用やビオトープマップに関するデータを取り込むための準備も合わせて進めています。今後は、個別住宅地、教育施設、集合住宅といった典型的な建築物を想定したベンチマークモデルによるシミュレーションや、和田堀公園を想定したケーススタディによって、有効性を検証していきたいと考えています。

所：パッシブとアクティブについて、もう1度説明していただけますか。

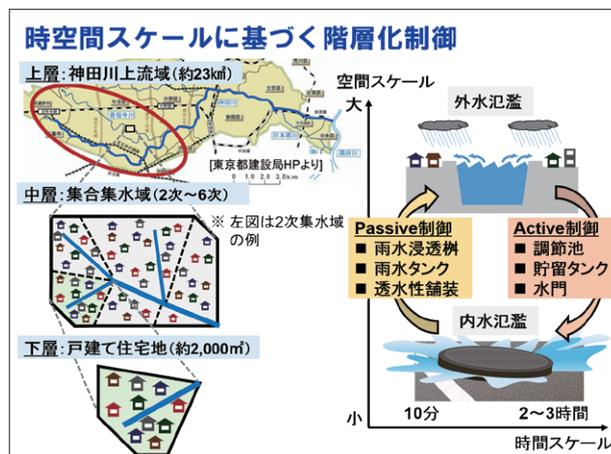
小島：アクティブな制御は、私たちが実際に操作することによって制御できる装置です。

所：例えば、水門を開けるということもその1つですか。

小島：水門を開ける、またはタンクに水を流すなどです。一方のパッシブな制御は、浸透枡をはじめ、間地を透水性のものに変えるなどで、こちらは、一度設置すればあとはノータッチで、何もしなくてよいわけです。

所：アクティブもパッシブも両方必要だということですね。

〈図4〉



(パネルディスカッション後半は次号に掲載)

## 受賞のお知らせ

小西裕喜(地圏環境テクノロジー)が  
日本地下水学会 2018 年春季講演会で  
若手優秀講演賞(ポスター発表)を受賞

小西裕喜(地圏環境テクノロジー)が2018年5月19日に埼玉大学で開催された、日本地下水学会2018年春季講演会において、若手優秀講演賞(ポスター発表)を受賞しました。

日本地下水学会は、地下水に関する総合的な学問の発展及び地下水の開発・保全に関する研究、技術の広範な普及を目的とした学会であり、若手優秀講演賞(ポスター発表)は、ポスターセッションにおいて優れた発表を行った35歳以下の発表者に贈られる賞です。

授賞式は、日本地下水学会2018年秋季講演会の会期中である2018年10月25日に行われました。

受賞ポスタータイトル:

大都市河川流域を対象とした水循環モデリング

受賞者:

地圏環境テクノロジー 小西裕喜

学会名:

公益社団法人 日本地下水学会

(<http://jagh.jp/>)



## 活動状況

平成30年度活動状況

- ・4月19日 第15回月例会(JAMSTEC東京事務所)
- ・5月22日 第16回月例会(JAMSTEC東京事務所)
- ・6月26日 第17回月例会(JAMSTEC東京事務所)
- ・6月28日 COI拠点サイトビジット(信州大学)
- ・7月24日 第18回月例会(中央大学後楽園キャンパス)
- ・8月21日 第19回月例会(JAMSTEC東京事務所)
- ・8月29~30日 JSTフェア2018  
(東京都江東区、東京ビックサイト)
- ・9月29~30日 研究合宿(神奈川県横浜市)
- ・10月27日 第20回月例会(JAMSTEC東京事務所)
- ・11月27日 第21回月例会(中央大学後楽園キャンパス)

平成30年度活動予定

- ・12月18日 第22回月例会(中央大学後楽園キャンパス)
- ・12月21日 COI拠点シンポジウム  
(東京都千代田区、イイノカンファレンスセンター)
- ・3月20日 COISシンポジウム(予定)
- ・月例会(月1回程度)



国立研究開発法人海洋研究開発機構(JAMSTEC)  
地球情報基盤センター(CEIST)

〒236-0001 神奈川県横浜市金沢区昭和町 3173 番 25  
国立研究開発法人海洋研究開発機構 横浜研究所

<http://www.jamstec.go.jp/>

■ 参画機関

・学校法人中央大学