

**平成30年度日中韓フォーサイト事業  
実施報告書（平成26年度採択課題用）**

**1. 拠点機関**

日本側拠点機関：	東北大学材料科学高等研究所
中国側拠点機関：	北京大学
韓国側拠点機関：	仁荷大学

**2. 研究交流課題名**

(和文)：階層的ヘテロ流れのモデリング、シミュレーションとその材料科学への応用

(英文)：Modeling and Simulation of Hierarchical and Heterogeneous Flow Systems with Applications to Materials Science

研究交流課題に係るウェブサイト：[http://www.wpi-aimr.tohoku.ac.jp/mathematics\\_unit/A3foresight/](http://www.wpi-aimr.tohoku.ac.jp/mathematics_unit/A3foresight/)

**3. 採択期間**

平成26年8月1日～平成31年7月31日

(5年度目)

**4. 実施体制****日本側実施組織**

拠点機関：東北大学材料科学高等研究所

実施組織代表者（所属部局・職・氏名）：材料科学高等研究所・所長・小谷元子

研究代表者（所属部局・職・氏名）：材料科学高等研究所・特任教授・西浦 廉政

協力機関：東北大学情報科学研究科、理学研究科、東京大学、京都大学

事務組織：東北大学国際交流課

**相手国側実施組織**（拠点機関名・協力機関名は、和英併記願います。）

(1) 中国側実施組織：

拠点機関：(英文) Peking University

(和文) 北京大学

研究代表者（所属部局・職・氏名）：(英文) School of Mathematical Sciences・Professor・  
Pingwen ZHANG

協力機関：(英文) Xiamen University

(和文) 厦門大学

(2) 韓国側実施組織：

拠点機関：(英文) Inha University

(和文) 仁荷大学

研究代表者 (所属部局・職・氏名)：(英文) Department of Mathematics・Professor・  
Hyeonbae KANG

協力機関：(英文) KAIST (Korea advanced institute of science and technology)、  
Chungnam National University

(和文) 韓国科学技術院、忠南大学校

## 5. 研究交流目標

### 5-1. 全期間を通じた研究交流目標

あらゆる現象の記述、理解、予測、さらにそれから生み出される実体的なもののデザインに数理的方法論は不可欠である。それなくしては網羅的、経験的となり、また他分野への応用も難しくなる。計算機の発達により、数理モデルが考案されれば、大規模計算はある程度可能となるが、現在我々が抱える大きな問題として次の3点がある。一つは既存の枠組みでは記述が困難な新たな現象が多数発見され、それらを如何に数理の土俵に乗せられるのかという「モデル化問題」、二つ目はモデルの解析、計算で得られた膨大なデータから何を取り出すかという「抽出問題」、そして3番目は計算結果そのものの「信頼性問題」である。本事業における最大の目標は、物質と流れを伴うヘテロ複合現象に対する多彩なダイナミクスに対し、既に大きな蓄積のある日中韓の数理科学者が結集することにより、それらのモデル化と計算法を飛躍的に発展させると共に、さらに新たな計算トポロジーの方法を介在させることにより、上記3つの課題に対し包括的な解決への大きな枠組みを与えることである。3年後に向けて3国の既存の滞在型 visitor center を核とする新たなネットワーク型 Virtual Institute を形成し、持続的発展を図る。若手人材育成についても各機関のプログラムを活用しつつ、人的フローを加速し、ジョイントディグリー制度への貢献も目指す。

研究課題としては日中韓数値解析セミナーの長い蓄積を基盤に「階層的ヘテロ流れ」のモデル化と計算、さらにその「材料科学への応用」に焦点を当てる。モデル化においては、流れ場とカップルしたフェーズフィールド型モデルなどいくつかの基本部材モデルを基盤として複雑ヘテロ問題への拡張を図る。同時に計算アルゴリズムの高機能化と信頼性を飛躍的に向上させる。抽出問題においてはこれまでにない新たなトポジカル手法を導入する。これは材料科学や流れの問題において全く新たな革新的骨組抽出方法論であり、3次元複雑モルフォロジーの遷移はもちろんのこと、時系列データ解析など他分野へも大きな力を発揮すると期待される。信頼性問題においても計算トポロジーは得られた計算データの大き枠としての品質保証を与える可能性を秘めており、従来の数値解析的手法との組み合わせにより斬新な枠組の構築を目指す。

東北大学には Tohoku Forum for Creativity という訪問滞在型センターが平成25年に発足し、北京大の BICMR、韓国の CAMP と合わせ、4年後には日中韓3国の訪問滞在型

研究交流を促進する Virtual Institute の最重要ハブを東北大学に構築することを目指す。

## 5-2. 平成30年度研究交流目標

### ＜研究協力体制の構築＞

3つの拠点大学：東北大学、北京大学、仁荷大学を核として平成29年度の研究実績、若手育成の成果を受け、更なる研究体制の構築に向けて、共同研究・セミナー・研究者交流を以下のように実施していく。とりわけ平成30年度は事業の後半になるため、平成31年1月に東アジア数学大学院生フォーラムを合同開催し、A3の成果を共有すると同時に日中韓の若手交流をさらに活性化させる。他の課題に関わるセミナー、チュートリアルも以下のように開催し、これまでの成果と今後の展開を展望する。平成30年5月に2018 A3 ワークショップ「数学と生物をつなぐ分野横断的研究Ⅲ」を広島大学で開催する。これは共同研究テーマ R-1「階層的ヘテロパターンと流れの数理と計算」に寄与するものであり、とくに若手研究者による斬新な企画とその成果が期待される。平成30年8月に A3 GSIS 国際サマー・スクール「均質化法」を東北大学で開催する。これまで継続してきた評判の高い若手育成も兼ねたサマー・スクールである。平成30年10月に全体セミナー「階層的ヘテロ流れのモデリング、シミュレーションとその材料科学への応用Ⅴ」を江陵原州大学で開催する。ここでは最終年度に向けた成果のまとめを討議する。平成30年12月に A3 ソフトマター研究会Ⅳを東北大学で開催する。

平成31年3月に淡路市にて第4回 A3 ワークショップ「渦力学と特異な流体運動の数理」を開催する。これまでの実績をベースに A3 の今後に向けたテーマ形成を図る。

### ＜学術的観点＞

階層的ヘテロ流れにおける「モデル化」「抽出問題」「計算信頼性」に対して、引き続き3カ国の知見を集約することにより、数理的デザイン原理の確立に向けて貢献していく。

これまでの A3 の活動により、材料科学、生命科学、流体科学に共通基盤となりうるものとして、フェーズフィールド型モデリングの有効性が確認されつつある。元来は材料科学とくに結晶成長の分野で作られたアイデアであるが、現在は生命科学をはじめ、極めて広い分野で数理モデリングの標準的モデリング手法となりつつある。結晶界面は亀裂面、細胞膜あるいは高分子2重膜であっても良いわけで、適切なエネルギーが定義できるならば極めて汎用性の高い概念である。また数値計算技法としても、自由境界を直接求める従来の手法に比べフェーズフィールド法は安定かつ計算コストの低い効率性の高い計算法を与える。実際に以下のセミナーにおいて関連話題が議論され、同時にチュートリアルも開催予定である：「数学と生物をつなぐ分野横断的研究Ⅲ」、「階層的ヘテロ流れのモデリング、シミュレーションとその材料科学への応用Ⅴ」、ソフトマター研究会Ⅳ、第4回 ワークショップ「渦力学と特異な流体運動の数理」。これら一見全く異なる分野から共通のモデリングと数値解法の枠組みが抽出され、汎用性の高い理論体系が形成されることの意義は大きい。

### <若手研究者育成>

若手育成については、これまでの経験を踏まえ評価の高いチュートリアル型を中心に実施していく。平成 30 年 5 月に広島大学で開催予定のワークショップ「数学と生物をつなぐ分野横断的研究Ⅲ」においては、上述のフェーズフィールド型モデリングのチュートリアルを実施する。これまで東北大学で実施してきた国際サマー・スクールにおける連続講演シリーズは、その質の高さと内容の充実度において極めて評判が高く平成 30 年においても 8 月に東北大学で正宗淳らの企画により、均質化法及びトポロジー最適化法の理論の世界的権威であり教育も高く評価されている Gregoire ALLAIRE (Ecole Polytechnique, France) 教授を招聘して 15 時間の連続講義を実施予定である。また平成 31 年 1 月に実施予定の東アジア数学大学院生フォーラムにおいては、より大きな数学分野での日中韓の若手交流を実施予定であり中長期的視点から良い効果をもたらすと考えられる。

### <その他（社会貢献や独自の目的等）>

特になし

## 6. 平成 30 年度研究交流成果

### <研究協力体制の構築状況>

3つの拠点大学：東北大学、北京大学、仁荷大学を核として平成 29 年度の研究実績、若手育成の成果を受け、更なる研究協力体制の構築に向けて、共同研究・セミナー・研究者交流を以下のように実施した。最終年度に向け、昨年度と同様に共同研究体制が進んでいるクラスターについては、論文成果・研究発表という目に見える形での成果公表をさらに進めた。

平成 30 年 5 月に東広島市広島大学において 2018 A3 Workshop on Interdisciplinary Research Connecting Mathematics and BiologyⅢ（「数学と生物をつなぐ分野横断的研究Ⅲ」）を秋山正和、李聖林を中心として開催した。これは共同研究テーマ R-1、R-2 の課題に密接に関わるものであり、各国から「細胞の形や機能に関するテーマ、システムバイオロジー、ウイルスダイナミクス、ロボティクス」について議論が数多く実施されたが、とりわけ昨年度より継続的に Phase Field Method に関わる研究発表が数多くあり、今後の共同研究などを見据えて連携の強化が各国で了承された。セミナーの HP を作成し、国内の研究者に向けてアピールを実施している。<https://kobalabhirosima.wixsite.com/a3workshop>

平成 30 年 8 月には正宗 淳を中心として東北大学にて GSIS Summer School “Homogenization”（「均質化法」）を開催した。本セミナーでは均質化法、トポロジー最適化法への応用の理論を効率的に学ぶチュートリアルを実施した。これらは本事業における中心的課題であるヘテロ性とサイズ問題におけるモデル定式化と計算アルゴリズム及びそのシミュレーション解析の強力な手法であり、2年前にその基礎、昨年度は不確定要素がある場合のチュートリアルを実施した。今回は均質化法、ならびにトポロジー最適化法の理論の世界的権威であり教育においても高く評価されている Gregoire ALLAIRE (Ecole Polytechnique, France 教授) を招聘して 15 時間の集中講義を行い、さらに数学や数値解

析、工学の専門家による 2 日間のワークショップを実施した。

平成 30 年 10 月には第 5 回全体会議 “Modeling and Simulation of Hierarchical and Heterogeneous Flow Systems with Applications to Materials Science V” (「階層的ヘテロ流れのモデリング、シミュレーションとその材料科学への応用 V」) を韓国、江陵市において開催した。全体会議では Vortex layers、界面流れ、Cahn-Hilliard equation、表面プラズモン、液晶、Therapy in glioblastoma、計算トポロジーなど本事業の主テーマに関する最新結果が報告された。前回の全体会議において、日中韓の応用数理学の multi-lateral cooperation について審議したことを受けて、この第 5 回全体会議においても日中韓の連携に関して審議し具体的な提案 2 件を実施していくことで合意した。一つは各国の応用数理学会の website での情報交換の実施であり、もう一つは平成 31 年 7 月にスペインの Valencia で開催される ICIAM2019 において、日中韓 3 国共同提案によるミニシンポジウムを企画することであり、これは既に採択されている。日本側も multi-lateral cooperation に継続的に貢献する。

平成 30 年 11 月には A3 Workshop on soft matterIV (ソフトマター研究会IV) を中国、北京において義永那津人を中心として開催した。昨年度中国側の Masao DOI 教授のソフトマターにおける変分原理に関する連続講演を元を実施した議論を踏まえ、本年度は、液晶や複雑流体、そしてアクティブマターにおける変分原理の有効性について議論した。

平成 31 年 1 月に East Asia Core Doctoral Forum on Mathematics cooperation with A3 FORESIGHT PROGRAM (東アジア数学大学院生フォーラム) を、東北大学にて小谷元子、山崎隆雄らを中心として開催した。計 40 名の学生講演者と三名の基調講演者のほかに、学内外から講演聴講者も多く訪れ、組織委員まで含めると参加者は総計 64 名に上った。

これは日中韓の数学博士課程の学生が研究成果を発表し討論を行うことで、次世代の研究者間ネットワーク形成を目的とするものであり、本事業の趣旨と合致するものである。日本・中国・韓国・台湾の各国から 10 名ずつ、博士課程在籍中の学生がそれぞれの研究成果を講演およびポスターで発表した。その内容は数学の全分野にわたり、研究成果の水準は概して高く、次世代の指導的研究者に成長する上で必要なさまざまな資質を育成する機会となった。

同じく 1 月には平岡裕章、國府寛司を中心として国際ワークショップ「応用トポロジー」を京都大学にて開催した。前回に引き続き、世界最先端の応用トポロジーの研究者を多数招待し、研究討論をおこなった。日中韓の参加者はそれぞれの研究分野ごとに別れて応用トポロジー的研究テーマについて議論をおこなった。応用トポロジー、応用幾何学、応用力学系を中心に講演を企画し、さらに脳科学、生命科学、材料科学などの応用分野の紹介も行った。総勢 120 名を越す研究者が参加し、そのうち半数以上が海外からの参加者となっている。そのような最先端の研究分野に日中韓の若手研究者が各自の研究テーマを意識しながら参加できたことは、極めて有意義であった。

平成 31 年 3 月に The 4th A3 Workshop on Vortex Dynamics and Mathematics of

singular fluid phenomena (第 4 回「渦力学と特異な流体運動の数理」) を神戸市・理化学研究所において、坂上貴之を中心として開催した。過去 3 回のワークショップ(沖縄・釜山・杭州)の成功を受け、この流れを A3 の枠組みでさらに発展させることができた。特に、渦力学と乱流現象を代表とする複雑かつ特異な挙動を示す流体運動の数理解析や数値解析についての問題意識が日中韓三カ国の若手研究者の交流の促進と共に共有できたことは大きな成果であった。

以上より全体的に研究協力体制は着実に築かれていると言える。特に全体会議で述べたように、本事業終了後も日中韓の multi-lateral cooperation が様々な形態で今後実施されていくことが明確になりつつある。

### <学術的観点>

階層的ヘテロ流れにおける「モデル化」「抽出問題」「計算信頼性」に対して、引き続き 3 カ国の知見を集約することにより、数理的デザイン原理の確立に向けて貢献していく。共同研究テーマ R-1 「階層的ヘテロパターンと流れの数理と計算」及び R-2 「計算トポロジー、力学系、離散幾何の材料科学、生命科学への応用」に関しては、前年度より Phase field model についての知見が深まってきた。とくに平成 30 年 5 月に広島大学において開催されたワークショップ「数学と生物をつなぐ分野横断的研究Ⅲ」では、ロボティクスまで含めた極めて幅広い観点からの議論がなされた。さらに 10 月に江陵での第 5 回全体会議では、前年度からの Xiamen 大学の Jie SHEN 教授の Phase Field 型問題への数値解析手法に関する討論は最終的に共同研究・R-1 における材料科学のナノ微粒子形態形成問題、とくに空間 3 次元問題への解法に大きな示唆を与えるものとなった。

平成 30 年 8 月 GSIS Summer School “Homogenization” においては招聘した Gregoire ALLAIRE 教授の集中講義後のグループ・ワークにより、その内容を深化させ、工業製品の形状などの現実問題へ応用例をきっかけにして、数学と工学の共同研究が開始した。

11 月の A3 Workshop on soft matterⅣにおいては非平衡状態におけるソフトマターを中心に最近の研究結果を議論され、特に、エネルギーを消費しながら自発的に運動をするアクティブソフトマターに関連する理論的研究の情報交換をすることができた。アクティブソフトマターでは、個々の粒子が運動しているため方向性をもっており、自然に配向秩序が生じる。そのため、前年度まで議論してきた液晶の理論を適用することができ、欠陥などの特徴づけが可能になる。また、細胞運動のような複雑な現象をどのように数理モデルで表現するかということも大きな問題であるが、この点に関しても液晶の理論と界面ダイナミックスのモデルとを組み合わせることで数理モデルを構成することができることが日本側の John MOLINA の発表で明らかになった。さらに液晶に関しては韓国側の Jinhae PARK 教授を中心にこれまで議論され、界面ダイナミックスについては、中国側の Xianmin XU 教授、Yana DI 准教授、そして日本側は Karel SVADLENKA らを中心に実施してきた。そのことは今年度の Karel SVADLENKA による国際会議での成果発表にも現れている。一方、大きな課題として残っている非平衡定常状態の解明は、一般的には変分問題として記述できないので容易で

はない。しかし、本研究会では、少なくとも一部のモデルに関しては、数学的に厳密に非平衡定常状態を示すことができることが韓国側の Jaeseung LEE から紹介され、一般的な理解に向けた議論を交わすことができた。

共同研究・R-3 はすでに昨年度に共同論文という形で一応の収束は見たが、今年度も多くの成果を生み出した。この先の更なる共同研究の実施に向けて、韓国研究者との情報交換をおこなった。とくに、韓国の Sun-Chul KIM 教授がソウル KIAS にて平成 30 年 12 月 26 日～28 日に主催した国際研究集会 Mathematics of Fluid Motion II: Theory and Computation にて坂上貴之が招待講演者として発表を行い、更に韓国内の若手流体研究者との研究交流が実施できた。また Sung-Ik SOHN 教授の渦層の研究などについても最新の成果について情報交換を実施した。

全体として今年度も前年度に引き続き、順調な論文成果、国際会議等での発表がなされた。とくに「数学と生物をつなぐ分野横断的研究」グループの若手の台頭が著しく今後が大いに期待される。

#### <若手研究者育成>

若手育成については、これまでの経験を踏まえ評価の高いチュートリアル型を中心に実施した。平成 30 年 5 月に広島大学で開催したワークショップ「数学と生物をつなぐ分野横断的研究Ⅲ」においては、上述のフェーズフィールド型モデリングのチュートリアルを材料科学、生命科学からロボティクスまでの広い視点から実施した。国際サマー・スクールにおける連続講演シリーズは、その質の高さと内容の充実度において極めて評判が高く平成 30 年も均質化法及びトポロジー最適化法の理論の世界的権威であり教育も高く評価されている Gregoire ALLAIRE (Ecole Polytechnique, France) 教授を招聘し、8 月に東北大学で連続講義を実施した。この講義と参加者の研究成果をまとめた研究集会プロシーディングズを出版することが決まり、A3 若手活動の成果を知らしめると同時に、今後の ARCHIVE 資料としての役割を果たすことが期待される。また平成 31 年 1 月に実施した東アジア数学大学院生フォーラムにおいては、より大きな数学分野での日中韓の若手交流を実現でき、中長期的視点から重要となると考えられる。平成 31 年 3 月に実施した第 4 回「渦力学と特異な流体運動の数理」は最後の R-3 の会合であるため、これからの研究連携を目指した未来志向の発表が数多くなされた。特にデータサイエンスに関する基礎研究 (YUAN、宇田、中井、杉谷、宮武) の成果発表は、今後の研究展開が期待されており活発な意見交換が行われた。また南あわじ市鳴門海峡への学術ツアーは、博物館での渦潮発生メカニズムの水理模型の観察、ビデオによる現在の学術状況の理解、そして実際の渦潮形成メカニズムの観察と、今後の数学・数理科学により流体力学の問題としての挑戦的課題としての認識を若手のみならず全参加者が持ったことは素晴らしい成果であった。

全体として若手研究グループの活性度が顕著に上がったと言える。これまでの様々な若手育成の成果がようやく目に見える形になってきたと言える。

<その他（社会貢献や独自の目的等）>

特になし

<今後の課題・問題点>

平成 29 年 10 月の中国青島市での第 4 回の全体セミナーにおいて A3 の各国代表、JSIAM、CSIAM、KSIAM 及び中国の科学技術政策の関係者が一同に集まり、日中韓の応用数理科の multi-lateral cooperation について審議されたことを受けて、平成 30 年 10 月の韓国江陵での第 5 回全体会議において、日中韓の連携に関して具体的な提案がなされた。一つは各国の応用数学会の website での情報交換の実施である。もう一つは平成 31 年 7 月にスペインの Valencia で開催される ICIAM2019 において、日中韓 3 国共同提案によるミニシンポジウムが企画され、これは既に採択されている。日本側も本プログラムが継続する期間中（平成 31 年 7 月まで）は、これらに継続的に貢献する。本テーマによる A3 プログラムは 7 月で終了するが、個々のサブテーマについては、本事業で形成された次世代の若手研究者ネットワークにより日中韓連携の模索は始まっており、今後は拠点間連携を通じて、それらをサポートし、次のステージへと発展させたい。



## 7. 平成 30 年度研究交流実績状況

## 7-1 共同研究

整理番号	R-1	研究開始年度	平成 26 年度	研究終了年度	平成 31 年度
研究課題名	(和文) 階層的ヘテロパターンと流れの数値と計算 (英文) Hierarchical and Heterogeneous Patterns and Flows				
日本側代表者 氏名・所属・職 名・研究者番号	(和文) 西浦廉政・東北大学・特任教授・1-1 (英文) Yasumasa NISHIURA・Tohoku University・Specially Appointed Professor・1-1				
相手国側代表者 氏名・所属・職 名・研究者番号	(英文) China: Pingwen ZHANG・Peking University・Professor・ 2-1 Korea: Hyeonbae KANG・Inha University・Professor・3-1				
30年度の研究 交流活動	<p>平成 30 年 5 月に広島大学において開催されたワークショップ「数学と生物をつなぐ分野横断的研究Ⅲ」では、ロボティクスまで含めたフェーズフィールドモデルの応用が示され、それらの数値計算も含め、極めて幅広い観点からの議論がなされた。10 月に江陵での第 5 回全体会議では、材料科学、流体から計算トポロジーまでの 28 件の口頭発表と 13 件のポスター発表がなされた。平成 30 年 8 月に均質化法及びトポロジー最適化法の理論に関する Gregoire ALLAIRE (Ecole Polytechnique, France) 教授による連続講義を東北大学で実施した。平成 30 年 11 月に A3 Workshop on soft matterⅣ (ソフトマター研究会Ⅳ) を中国、北京において義永那津人を中心として開催された。本年度は、液晶や複雑流体、そしてアクティブマターにおける変分原理の有効性について議論した。</p>				
30年度の研究 交流活動から得 られた成果	<p>10 月に江陵にて開催された第 5 回全体会議では、前年度からの Xiamen 大学の Jie SHEN 教授の Phase Field 型問題への数値解析手法に関する討論は最終的に共同研究・R-1 における材料科学のナノ微粒子形態形成問題、とくに空間 3 次元問題への解法に大きな示唆を与えるものとなった。8 月の GSIS Summer School “Homogenization” において実施された Gregoire ALLAIRE 教授の連続講義と参加者の研究成果をまとめた研究集会プロシーディングズを出版することが決まり、A3 若手活動の成果を知らしめると同時に今後の ARCHIVE 資料として残ることとなった。11 月の A3 Workshop on soft matterⅣでは直接、変分問題としては定式化できない非平衡状態に関わる問題の一部については、数学的に厳密に非平衡定常状態を示すことができることが韓国側の Jaeseung LEE から紹介され、より一般の枠組み構築に向けて大きな刺激となった。</p>				

整理番号	R-2	研究開始年度	平成 26 年度	研究終了年度	平成 31 年度
研究課題名	<p>(和文) 計算トポロジー、力学系、離散幾何の材料科学、生命科学への応用</p> <p>(英文) Computational Topology、 Dynamical Systems、 Discrete Geometry and Their Applications to Materials Science and Life Science</p>				
日本側代表者 氏名・所属・職 名・研究者番号	<p>(和文) 國府寛司・京都大学・教授・1-13</p> <p>(英文) Hiroshi KOKUBU・Kyoto University・Professor・1-13</p>				
相手国側代表者 氏名・所属・職 名・研究者番号	<p>(英文) China: Pingwen ZHANG・Peking University・Professor・2-1</p> <p>Korea: Hyeonbae KANG・Inha University・Professor・3-1</p>				
30年度の研 究交流活動	<p>平成 31 年 1 月に「Workshop on Applied Topology 2019」を平岡裕章、國府寛司を中心として京都大学にて開催した。この活動は平成 29 年 8 月に行ったワークショップのフォローアップに相当する企画であり、前回に引き続き、世界最先端の応用トポロジーの研究者を多数招待し、研究討論をおこなった。日中韓の参加者はそれぞれの研究分野ごとにわかれて応用トポロジー的研究テーマについて議論をおこなった。応用トポロジー、応用幾何学、応用力学系を中心に講演を企画し、さらには脳科学、生命科学、材料科学などの応用分野の紹介もおこなうことで、数学からの学際研究の試みを世界的に示すことができた。</p>				
30年度の研 究交流活動から得 られた成果	<p>平成 29 年度に企画した国際会議「Applied Algebraic Topology」を開催することで、応用トポロジー研究の最先端の話題を日中韓で共有できたことはとても大きな成果であった。この成功を受け、さらなるフォローアップの必要性を感じ、今年度の研究集会の開催に至った。総勢 120 名を越す研究者が参加し、そのうち半数以上が海外からの参加者となっている。そのような最先端の研究分野に日中韓の若手研究者が各自の研究テーマを意識しながら参加できたことは、将来的にも極めて重要である。現時点でこの分野は日本が中心になっているが、今後は中国・韓国でも今回のワークショップ参加者らが中心となり、分野の発展が実現できるようにさらなる活動を継続する予定である。</p>				

整理番号	R-3	研究開始年度	平成 27 年度	研究終了年度	平成 31 年度
研究課題名	(和文) 回転球面上の渦斑の安定性 (英文) Stability of a vortex patch on rotating sphere				
日本側代表者 氏名・所属・職 名・研究者番号	(和文) 坂上貴之・京都大学・教授・1-23 (英文) Takashi SAKAJO・Kyoto University・Professor・1-23				
相手国側代表者 氏名・所属・職 名・研究者番号	(英文) Korea: Sun-Chul KIM, Chung-Ang University, Professor・ 3-17 Sung-Ik, SOHN, Gangneung-Wonju National University, Professor・3-30				
30年度の研 究交流活動	<p>本研究課題はすでに論文という形で掲載が完了したが、この先のさらなる共同研究の実施に向けて、韓国研究者との情報交換をおこなった。とくに、韓国 Sun-Chul KIM 教授がソウル KIAS にて 2018 年 12 月 26 日～28 日に主催した国際研究集会 Mathematics of Fluid Motion II: Theory and Computation に招待講演者として講演を行い、韓国内の若手流体研究者との研究交流を行った。Sung-Ik SOHN 教授の渦層の研究などについても最新の成果について講演を聞く機会も得た。</p>				
30年度の研 究交流活動から得 られた成果	<p>上記国際研究集会の継続を予定している。また、この国際研究集会のもう一人の主催者である In-Jee JEONG 研究員から、来年度中の韓国 KIAS への招待を受けた。その機会に集中講義や KIAS の研究者とのさらなる連携を進めて、日韓の研究者の共同研究のさらなる推進のための人的な基盤が構築された。また Kim Sun-Chul 教授や Sung-Ik Sohn 教授との多様体の上の渦運動に関して研究打ち合わせを行い、トーラス面の上でも回転の効果がどのように現れるか、またトーラス面でこれまで考えていた点渦ではなく渦斑や渦層といった別の渦分布になった場合にどうなるかといったことについて議論を行った。その一つの結果として坂上は連続な渦度分布を持つ Stuart 渦のトーラス面の上での構成に成功した。</p>				

## 7-2 セミナー

整理番号	S-1
セミナー名	(和文) 2018 A3 ワークショップ 「数学と生物をつなぐ分野横断的研究Ⅲ」 (英文) 2018 A3 Workshop on Interdisciplinary Research Connecting Mathematics and BiologyⅢ
開催期間	平成 30 年 5 月 17 日 ～ 平成 30 年 5 月 20 日 (4 日間)
開催地 (国名、都市名、会場名)	(和文) 日本、東広島市、広島大学学士会館 (英文) Japan、Higashi Hiroshima、Hiroshima University Faculty Club
日本側開催責任者 氏名・所属・職名・研究者番号	(和文) 秋山正和・北海道大学・助教・1-74、李聖林・広島大学・准教授・1-76 (英文) Masakazu AKIYAMA・Hokkaido University・Assistant Professor・1-74、Sungrim SEIRIN-LEE・Hiroshima University・Associate Professor・1-76
相手国側開催責任者 氏名・所属・職名・研究者番号 (※日本以外で開催の場合)	(英文)

## 参加者数

派遣先 派遣元		セミナー開催国 ( 日本 )		備考
		A.	B.	
日本	A.	4/ 15		
	B.	14		
中国	A.	7/ 27		
	B.	0		
韓国	A.	10/ 38		
	B.	0		
合計 〈人／人日〉	A.	21/ 80		
	B.	14		

A. 本事業参加者 (参加研究者リストの研究者等)

B. 一般参加者 (参加研究者リスト以外の研究者等)

※人／人日は、2／14 (= 2 人を 7 日間ずつ計 14 日間派遣する) のように記載してください。

※日数は、出張期間（渡航日、帰国日を含めた期間）としてください。これによりがたい場合は、備考欄にその内訳等を記入してください。

セミナー開催の目的	<p>H29 年開催の 2017 A3 Workshop on Interdisciplinary Research Connecting Mathematics and Biology では、各国から「細胞の形や機能に関するテーマ、システムバイオロジー、ウイルスダイナミクス、ロボティクス」などに関するテーマに関して発表があった。特に、形を数学的に表現する方法として有名な Phase Field Method をテーマとした研究発表が数多くあり、今後の共同研究などを見据えて、連携をさらに強めて行くことが各国で了承された。そこで今回の A3 Workshop では、単に各人の既存の研究テーマを発表するだけでなく小林亮を始め Phase Field Method の方法論がどのように生命科学の現象を扱う上で、便利なツールであるかを議論しそれをベースに今後どのような共同研究が可能であるかを議論することを最大の目的にする。</p> <p>また前回にロボティクスに関する講演を小林亮に依頼したが、その際、中国・韓国の反響が大きかったため、ロボティクス関連の講演枠を増やす。</p> <p>セミナーの HP を作成しさらに周知活動もおこなうことで、国内の研究者に向けてアピールを行う。</p> <p><a href="https://kobalabhiroshima.wixsite.com/a3workshop">https://kobalabhiroshima.wixsite.com/a3workshop</a></p>		
セミナーの成果	<p>日中韓の生命科学分野におけるさらなる研究連携と 3 カ国間の若手交流と育成を強化することができた。また、Phase-field 法の生命科学への応用のみならず、位相数学と統計数理の手法を用いた生命科学への新たな応用の可能性を見つけることができた。</p>		
セミナーの運営組織	<p>日本側：秋山正和（北海道大学）、李聖林（広島大学）          韓国側：Jae Kyoung KIM (KAIST (Korea Advanced Institute of Science and Technology))          中国側：Lei ZHANG (Peking University)</p>		
開催経費分担内容と金額	日本側	内容 国内旅費 日本国内旅費 (中国・韓国側研究者)	金額 655,402 円 70,927 円
	中国側	内容 外国旅費	/
	韓国側	内容 外国旅費	

整理番号	S-2
セミナー名	(和文) 日本学術振興会日中韓フォーサイト事業 GSIS 国際サマ ー・スクール「均質化法」
	(英文) JSPS A3 Foresight Program GSIS Summer School “Homogenization”
開催期間	平成 30 年 8 月 5 日 ~ 平成 30 年 8 月 12 日 (8 日間)
開催地 (国名、都市 名、会場名)	(和文) 日本、仙台市、東北大学情報科学研究科
	(英文) Graduate School of Information Sciences, Tohoku University, Sendai, Japan
日本側開催責任者 氏名・所属・職名・研 究者番号	(和文) 正宗 淳・北海道大学理学研究院・教授・1-9
	(英文) Jun MASAMUNE, Department of Mathematics, Hokkaido University, Professor・1-9
相手国側開催責任者 氏名・所属・職名・研 究者番号 (※日本以外で 開催の場合)	(英文)

## 参加者数

派遣先 派遣元		セミナー開催国 ( 日本 )		備考
		A.	B.	
日本	A.	4 / 15		
	B.	29		
中国	A.	2 / 20		
	B.	0		
韓国	A.	5 / 50		
	B.	0		
合計 〈人 / 人日〉	A.	11 / 85		
	B.	29		

A. 本事業参加者 (参加研究者リストの研究者等)

B. 一般参加者 (参加研究者リスト以外の研究者等)

※人 / 人日は、2 / 14 (= 2 人を 7 日間ずつ計 14 日間派遣する) のように記載してくだ  
さい。

※日数は、出張期間 (渡航日、帰国日を含めた期間) としてください。これによりがたい場  
合は、備考欄にその内訳等を記入してください。

セミナー開催の目的	<p>本セミナー開催の主目的は、本事業のメンバーが均質化法、ならびに、そのトポロジー最適化法への応用の理論を最先端の話題までを効率的に学ぶサマー・スクールを開催することにある。これは 2 年前に開催したサマー・スクール「均質化法と数値解析」、また、前年度に開催したウインター・スクール「不確定均質化法」の発展である。均質化法、ならびにトポロジー最適化法は、本事業における中心的課題であるヘテロ性とサイズ問題におけるモデル定式化と計算アルゴリズム及びそのシミュレーション解析の強力な手法であり、2 年前にその基礎を取り扱い、昨年度はその発展として、不確定要素がある場合を行った。今回はさらなる発展を目指す。より具体的には、均質化法、ならびにトポロジー最適化法の理論の世界的権威であり、教育も高く評価されている Gregoire ALLAIRE (Ecole Polytechnique、France 教授) を招聘して 15 時間の集中講義を行ってもらい、さらに数学や数値解析、工学の専門家による関係する問題の紹介および解説と今後の発展について議論をする場を二日間のワークショップとして設ける。ただし、ALLAIRE 教授などは本事業のメンバーではないため、別予算で招聘する。</p>
セミナーの成果	<p>セミナーの主な成果は次の 4 点である。</p> <p>(1) Gregoire ALLAIRE 教授の集中講義により、数学及び数値解析、また、工学など多彩な切り口から均質化法、ならびにそのトポロジー最適化法への理論とその応用を深めた。</p> <p>(2) グループ・ワークでは集中講義の内容を深化させ、工業製品の形状などの現実問題へ応用した。これをきっかけにして、数学と工学の共同研究が開始した。</p> <p>(3) サマー・スクール、かつグループ・ワークの形態をとることで、本事業の最重要課題である 3 ヶ国の研究者の間に交流を促した。3 ヶ国の研究者間で均質化法、トポロジー最適化法に関する未解決問題に関する情報交換さらに問題解決へ向けての深い議論が行われた。</p> <p>(4) 集中講義ならびに参加者の研究成果をまとめた研究集会 Proceedings を出版することにした。A3 若手活動の成果を知らしめると同時に今後の資料としての ARCHIVE としての役割を果たすことが期待される。</p>

セミナーの運営組織	日本側：正宗 淳（北海道大学） 韓国側：Jinhae PARK (Chungnam National University) 中国側：Lei ZHANG (Peking University)		
開催経費分担内容と金額	日本側	内容 国内旅費 会議費	金額 604,711 円 27,810 円
	中国側	内容 外国旅費	/
	韓国側	内容 外国旅費	/



整理番号	S-3
セミナー名	(和文) 日本学術振興会日中韓フォーサイト事業「階層的ヘテロ流れのモデリング、シミュレーションとその材料科学への応用 V」 (英文) JSPS A3 Foresight Program “Modeling and Simulation of Hierarchical and Heterogeneous Flow Systems with Applications to Materials Science V”
開催期間	平成 30 年 10 月 17 日 ～ 平成 30 年 10 月 20 日 (4 日間)
開催地 (国名、都市名、会場名)	(和文) 韓国、江陵市、Lakai Sandpine Hotel (英文) Korea、Gangneung、Lakai Sandpine Hotel
日本側開催責任者 氏名・所属・職名・研究者番号	(和文) 西浦廉政・東北大学材料科学高等研究所・特任教授・1-1 (英文) Yasumasa NISHIURA・AIMR、Tohoku University・Specially Appointed Professor・1-1
相手国側開催責任者 氏名・所属・職名・研究者番号 (※日本以外で開催の場合)	(英文) Hyeonbae KANG・Inha University・Professor・3-1

## 参加者数

派遣先 派遣元		セミナー開催国 ( 韓国 )		備考
		A.	B.	
日本	A.	9/ 48		
	B.	4		
中国	A.	17/ 85		
	B.	0		
韓国	A.	21/ 84		
	B.	0		
合計 〈人／人日〉	A.	47/ 217		
	B.	4		

A. 本事業参加者 (参加研究者リストの研究者等)

B. 一般参加者 (参加研究者リスト以外の研究者等)

※人／人日は、2／14 (= 2 人を 7 日間ずつ計 14 日間派遣する) のように記載してくだ

さい。

※日数は、出張期間（渡航日、帰国日を含めた期間）としてください。これによりがたい場合は、備考欄にその内訳等を記入してください。

セミナー開催の目的	平成 26 年度韓国・済州島での第一回、平成 27 年度中国・厦門での第二回、平成 28 年度日本・仙台での第三回、そして平成 29 年度中国青島での第四回全体セミナーを経て、第 4 回全体セミナーを韓国江陵原州大学にて開催する。3つの拠点大学：東北大学、北京大学、仁荷大学を核として、階層的ヘテロ流れのモデリング、シミュレーションとその材料科学への応用に関わる共同研究成果の発表と最終年度に向けての総括と討論の場とする。とくにフェーズフィールド法の汎用的有用性について、Special session を設けて議論を深めたい。また昨年度は中国 CSIAM(China Society for Industrial and Applied Mathematics)との同時開催であったため、日中韓の SIAM 関係者及び数学会関係者が一同に会し、今後の東アジアでの研究交流促進と若手育成について議論がなされたが、本セミナーにおいても A3 の成果が見えるような形での新たな貢献についても議論する。		
セミナーの成果	物質科学、生命科学の広い話題、すなわち Vortex layers、界面流れ、Cahn-Hilliard equation、表面プラズモン、液晶、Therapy in glioblastoma、計算トポロジーなど本事業の主テーマに関する最新結果が一堂に議論され、情報交換できた意義は大きい。本全体会議では、前年度から継続議論されてきた Phase Field 型問題への数値解析手法、とくに高速化と安定性に関する知見が得られ、最終的に共同研究・R-1 における材料科学のナノ微粒子形態形成問題、とくに空間 3 次元問題への解法に大きな示唆を与えるものとなった。		
セミナーの運営組織	日本側：西浦 廉政（東北大学）、平岡裕章（京都大学） 中国側：Pingwen ZHANG（Peking University） 韓国側：Hyeonbae KANG（Inha University）		
開催経費分担内容と金額	日本側	内容 国内旅費 外国旅費	金額 157,300 円 741,037 円
	中国側	内容 外国旅費	/
	韓国側	内容 国内旅費、会議費	

整理番号	S-4
セミナー名	(和文) 日本学術振興会日中韓フォーサイト事業 国際ワークショップ「応用トポロジー」 (英文) JSPS A3 Foresight Program international workshop “Workshop on Applied Topology 2019”
開催期間	平成 31 年 1 月 7 日 ~ 平成 31 年 1 月 11 日 (5 日間)
開催地 (国名、都市名、会場名)	(和文) 日本、京都市、京都大学 (英文) Japan、Kyoto、Kyoto University
日本側開催責任者 氏名・所属・職名・研究者番号	(和文) 平岡裕章・京都大学高等研究院・教授・1-11 國府 寛司・京都大学高等研究院・教授・1-13 (英文) Yasuaki HIRAOKA、Kyoto University、Kyoto University Institute for Advanced Study、Professor・1-11 Hiroshi KOKUBU、Kyoto University、Kyoto University Institute for Advanced Study、Professor・1-13
相手国側開催責任者 氏名・所属・職名・研究者番号 (※日本以外で開催の場合)	(英文)

## 参加者数

派遣先 派遣元		セミナー開催国 (日本)		備考
		A.	B.	
日本	A.	5/23		
	B.	14		
中国	A.	2/14		
	B.	0		
韓国	A.	0/0		
	B.	0		
合計 〈人／人日〉	A.	7/37		
	B.	14		

A. 本事業参加者 (参加研究者リストの研究者等)

B. 一般参加者 (参加研究者リスト以外の研究者等)

※人／人日は、2／14 (= 2 人を 7 日間ずつ計 14 日間派遣する) のように記載してください。

セミナー開催の目的	本国際会議は、力学系の位相的方法とランダム力学系、およびランダムトポロジーに関する話題を取り扱う。近年この分野は生命科学、脳科学、材料科学、情報通信など活発な理論および応用研究が進められている。この国際会議を通じて、当該分野で必要となる十分な知識を持ち、かつそれらを活用できる若手研究者の育成に取り組む。		
セミナーの成果	応用トポロジー、応用幾何、および応用力学系の最先端の研究者を多数招待し、研究討論をおこなった。日中韓の参加者はそれぞれの研究分野ごとに議論をおこなった。集会では脳科学、生物学、材料科学などへの具体的な応用数学研究に関する講演も行われた。とりわけ材料科学への応用に関しては、複雑合金や多結晶材料に対するトポロジー的観点からの新たな記述子による展開が見られた。また現在加速度的に発展している最先端計算トポロジーの様々なパースペクティブを若手研究者に提供できたことは、今後の中期的研究指針を策定する上で貴重な材料となったと考えられる。		
セミナーの運営組織	日本側：國府寛司、平岡裕章（京都大学） 中国側：Pingwen ZHANG（Peking University） 韓国側：Hyeonbae KANG（Inha University）		
開催経費分担内容と金額	日本側	内容 国内旅費 日本国内旅費 (中国側研究者)	金額 554,190 円 10,000 円
	中国側	内容 外国旅費	/
	韓国側	内容 外国旅費	

※日数は、出張期間（渡航日、帰国日を含めた期間）としてください。これによりがたい場合は、備考欄にその内訳等を記入してください。

整理番号	S-5
セミナー名	(和文) 日中韓フォーサイト事業 ソフトマター研究会Ⅳ (英文) JSPS A3 Workshop on soft matterⅣ
開催期間	平成 30 年 11 月 8 日～ 平成 30 年 11 月 10 日 (3 日間)
開催地 (国名、都市名、会場名)	(和文) 中国、北京市、中国科学院 (英文) China、 Beijing、 Chinese Academy of Sciences
日本側開催責任者 氏名・所属・職名・研究者番号	(和文) 義永那津人・東北大学・准教授・1-4 (英文) Natsuhiko YOSHINAGA・TOHOKU University・Associate Professor・1-4
相手国側開催責任者 氏名・所属・職名・研究者番号 (※日本以外で開催の場合)	(英文) Masao DOI・Beihang University・Professor・2-39

## 参加者数

派遣先 派遣元		セミナー開催国 ( 中国 )		備考
		A.	B.	
日本	A.	4 / 15		
	B.	0		
中国	A.	5 / 15		
	B.	10		
韓国	A.	5 / 15		
	B.	0		
合計 〈人／人日〉	A.	14 / 45		
	B.	10		

A. 本事業参加者 (参加研究者リストの研究者等)

B. 一般参加者 (参加研究者リスト以外の研究者等)

※人／人日は、2 / 14 (= 2 人を 7 日間ずつ計 14 日間派遣する) のように記載してください。

※日数は、出張期間 (渡航日、帰国日を含めた期間) としてください。これによりがたい場合は、備考欄にその内訳等を記入してください。

セミナー開催の目的	<p>平成 29 年度の研究会において、中国側の Masao DOI 教授のソフトマターにおける変分原理に関する連続講演を中心にして、濡れや界面の問題に対してこの理論を適用した話題が紹介され、その正当性や有用性について議論が行われた。これらの議論を踏まえて、本年度は、液晶や複雑流体、そしてアクティブマターにおいて変分原理がどの程度有効であるかを議論する。変分原理は、与えられた数理モデルに対して定常状態を計算する非常に強力な数理解析のツールであるが、この手法が、複雑流体のような、非常に多くの変数が存在し、マクロな変数をどのように定義すべきかが未解明である問題や、アクティブマターのような平衡状態から遠く離れた現象に有効であるのかを明らかにすることを目的とする。また、変分原理の手法は数学的に厳密でない部分はまだ多く残されているので、各研究者の専門分野・手法の視点からこの手法の数学的な理解を深めることも目的としている。</p>
セミナーの成果	<p>本研究会では、非平衡状態におけるソフトマターを中心に最近の研究結果を議論した。特に、エネルギーを消費しながら自発的に運動をするアクティブソフトマターと呼ばれる研究分野が最近大きく成長しているが、それに関連する理論的研究の情報交換をすることができた。アクティブソフトマターでは、個々の粒子が運動しているため方向性をもっており、自然に配向秩序が生じる。そのため、前年度まで議論してきた液晶の理論を適用することができ、欠陥などの特徴づけが可能になる。また、細胞運動のような複雑な現象をどのように数理モデルで表現するかということも大きな問題であるが、この点についても液晶の理論と界面ダイナミックスのモデルとを組み合わせることで数理モデルを構成することができることが日本側の John MOLINA の発表で明らかになった。液晶に関しては韓国側の Jinhae PARK 教授を中心に議論され、界面ダイナミックスについては、中国側の Xianmin XU 准教授、Yana DI 准教授、そして日本側は Karel SVADLENKA らを中心に行ってきたことである。一方で、この分野の大きな問題として、平衡状態が存在せず、定常状態においても局所的な要素はダイナミックに入れ替わっていることがある。このような非平衡定常状態は、一般的には変分問題で記述できないので、これをどのように表現するのかは現在でも残された課題である。しかし、本研究会では、少なくとも一部のモデルに関しては、数学的に厳密に非平衡定常</p>

	状態を示すことができることが韓国側の Jaeseung LEE から紹介され、一般的な理解に向けた議論を交わすことができた。		
セミナーの運営組織	中国側：Masao DOI (Beihang University) 韓国側：Jinhae PARK (Chungnam National University) 日本側：義永那津人、西浦廉政 (東北大学)		
開催経費分担内容と金額	日本側	内容 国内旅費 外国旅費	金額 126,474 円 354,000 円
	中国側	内容 国内旅費 会議費	
	韓国側	内容 外国旅費	

整理番号	S-6
セミナー名	(和文) 日本学術振興会日中韓フォーサイト事業 東アジア数学 大学院生フォーラム
	(英文) East Asia Core Doctoral Forum on Mathematics cooperation with A3 FORESIGHT PROGRAM
開催期間	平成 31 年 1 月 9 日 ~ 平成 31 年 1 月 11 日 (3 日間)
開催地 (国名、都市 名、会場名)	(和文) 日本、仙台市、東北大学
	(英文) Tohoku University、 Sendai city、 Japan
日本側開催責任者 氏名・所属・職名・研 究者番号	(和文) 小谷元子・東北大学材料科学高等研究所・所長・1-2 山崎隆雄・東北大学大学院理学研究科・教授・1-91
	(英文) Motoko KOTANI、 AIMR、 Tohoku University、 Director・1-2 Takao YAMAZAKI、 Mathematical Institute、 Tohoku University、 Professor・1-91
相手国側開催責任者 氏名・所属・職名・研 究者番号 (※日本以外で 開催の場合)	(英文)

## 参加者数

派遣先 派遣元		セミナー開催国 ( 日本 )		備考
		A.	B.	
日本	A.	3/ 9		
	B.	16		
中国	A.	13/ 79		
	B.	3		
韓国	A.	9/ 45		
	B.	3		
合計 〈人/人日〉	A.	25/ 133		
	B.	22		

A. 本事業参加者 (参加研究者リストの研究者等)

B. 一般参加者 (参加研究者リスト以外の研究者等)

※人/人日は、2/14 (=2人を7日間ずつ計14日間派遣する) のように記載してください。

※日数は、出張期間 (渡航日、帰国日を含めた期間) としてください。これによりがたい場合は、備考欄にその内訳等を記入してください。



セミナー開催の目的	<p>日中韓の数学博士課程の学生が研究成果を発表し研究討論を行うことで、次世代の研究者間でネットワークを形成する。本セミナーは数学という以上には参加者の分野を限定しないことが特徴で、構築されるネットワークは分野横断的となることが期待される。分野や母国語を異にする研究者と討論や交流を行うことは研究者にとって極めて重要であるが、特に若いときは適切な機会に恵まれないことが多い。本セミナーはこのような機会を提供する。運営にも学生が主体的に関わり、セミナー開催前の段階からプログラムについて他国からの参加者と打ち合わせをするなど、自然と交流がなされるように計画されている。</p>		
セミナーの成果	<p>日本・中国・韓国・台湾の各国から 10 名ずつ、博士課程在籍中の学生がそれぞれの研究成果を講演およびポスターで発表した。その内容は数学の全分野にわたり、研究成果の水準は概して高いものであった。講演間のコーヒータイトムやポスターセッションにおいては、参加者同士での活発な研究討論がなされた。以上のようにして、学生が次世代の指導的研究者に成長する上で必要なさまざまな資質を育成する機会となった。</p> <p>この他にシニア研究者による 3 件の基調講演では、三次元多様体論・リーマン=ヒルベルト問題・CR 多様体の一意化の各テーマに関して最先端の研究成果が概説されるとともに、未解決問題の紹介や新たな研究指針の提案など、学生が今後の研究を模索する上でのヒントが取り上げられ、重要なテーマ・問題を広い範囲に渡り俯瞰した。</p> <p>以上、計 40 名の学生講演者と三名の基調講演者のほかに、学内外から講演聴講者も多く訪れ、組織委員まで含めると参加者は総計 64 名に上った。</p>		
セミナーの運営組織	<p>日本側：小谷元子、山崎隆雄(東北大学)  中国側：Zhuo CHEN、 Zhijie CHEN、 Quanshui WU、 Weihong YANG  韓国側：Jongil PARK、 Sang-hyuk KIM</p>		
開催経費分担内容と金額	日本側	<p>内容 国内旅費  日本 国内旅費  (中国・韓国側研究者)  会議費</p>	<p>金額 153,600 円  100,230 円  125,027 円</p>

	中国側	内容 外国旅費	
	韓国側	内容 外国旅費	

整理番号	S-7
セミナー名	(和文) 第4回 日中韓フォーサイト事業ワークショップ「渦力学と特異な流体運動の数理」
	(英文) The 4 <sup>th</sup> A3 Workshop on Vortex Dynamics and Mathematics of singular fluid phenomena
開催期間	平成 31 年 3 月 9 日 ~ 平成 31 年 3 月 11 日 (3 日間)
開催地 (国名、都市名、会場名)	(和文) 日本・神戸市・理化学研究所
	(英文) Japan、Kobe City、RIKEN
日本側開催責任者 氏名・所属・職名・研究者番号	(和文) 坂上貴之・京都大学・教授・1-23
	(英文) Takashi SAKAJO・Kyoto University・Professor・1-23
相手国側開催責任者 氏名・所属・職名・研究者番号 (※日本以外で開催の場合)	(英文)

## 参加者数

派遣先 派遣元		セミナー開催国 ( 日本 )		備考
		A.	B.	
日本	A.	16/ 57		
	B.	1		
中国	A.	8/ 36		
	B.	0		
韓国	A.	0/ 0		
	B.	0		
合計 <人/人日>	A.	24/ 93		
	B.	1		

A. 本事業参加者 (参加研究者リストの研究者等)

B. 一般参加者 (参加研究者リスト以外の研究者等)

※人/人日は、2/14 (= 2人を7日間ずつ計14日間派遣する) のように記載してください。

※日数は、出張期間 (渡航日、帰国日を含めた期間) としてください。これによりがたい場合は、備考欄にその内訳等を記入してください。

セミナー開催の目的	<p>本ワークショップの目的は、日中韓の研究者が中心になって開催された過去 3 回のワークショップ（沖縄・釜山・杭州）での研究交流の成功を受け、この流れを A3 の枠組みでさらに発展させることを目的とする。既に日本と韓国の研究者間の共同研究が先行して進んでいるが、過去 3 回のワークショップでの研究交流を通じて、中国からの参加者との共同研究の可能性が強く示唆されている。特に、渦力学と乱流現象を代表とする複雑かつ特異な挙動を示す流体運動の数理解析や数値解析についての問題意識が共有されつつある。この問題意識を具体的な共同研究へとつなげるため、数理解体力学と計算流体力学（渦力学の数理解析と乱流の計算科学）および、それに関連した話題について A3 各国の研究者がそれぞれの最新の研究成果を話題として提供し、日韓における共同研究の日中韓への枠組みの拡大を目指す。そのために、講演だけでなく研究の実質的議論が進むよう配慮する。また本ワークショップでは日中韓三カ国の若手研究者の交流も促進し、未来志向の研究集会としたい。</p>
セミナーの成果	<p>今回は最後の流体班の会合であるため、これからの研究連携を目指した未来志向の発表が数多くなされた。特にデータサイエンスに関する基礎研究（YUAN、宇田、中井、杉谷、宮武）の成果発表は、今後の研究展開が期待されるものとして期待されると感じたが、一方で、これが新しい数学的成果としてどう繋がっていくか、どういう位置づけで研究を進めるべきか。と言う点で、参加者らが活発な意見交換を行った。また南あわじ市鳴門海峡への学術ツアーは、博物館での渦潮発生メカニズムの水理模型の観察、ビデオによる現在の学術状況の理解、そして実際の渦潮形成メカニズムの観察と、今後の数学・数理学により流体力学の問題としての挑戦的課題としての認識を全参加者が持ったことは素晴らしい成果であった。水藤の数値計算結果なども現地で披露されるなど、活発な研究情報の交換が行われた。</p> <p>本ワークショップの開催の成果として、日本人の若手研究者と日中の参加者との間に活発な議論が行われた。周 冠宇は Stokes 方程式の不連続 Galerkin 法に関する研究成果を発表し、厦門大学の Xu 教授から数値解析に関して大変有益なコメントをうけて、休憩時間中に Xu 教授のグループと議論し、共同研究の構想を案出している。榊原航也は講演を通じて中国の研</p>

	<p>究者と積極的な交流を持つことができ、特に、数値計算法の精度や性質について、積極的に意見交換し、今後の交流のさらなる発展のための礎を築いた。剣持智哉は流体力学・数値解析・ディープラーニングに関する講演を聴講した。特に中国から参加した学生の講演 2 件・SAV 法と weak Galerkin 法と呼ばれる手法に関する講演であったが、これらはいずれも数値解析分野において「中国では盛んに研究されているが日本では研究されていない手法」というものであり、そのような手法を学ぶことができたのは大変有意義であり自身の研究にも取り入れるきっかけになっている。清水雄貴は数値等角写像に関する講演を聞いたのち、講演者といくつか議論を行った。今後の研究の展開を広げる可能性を得たことは大きな成果であった。中井拳吾は自身の研究に関連する機械学習の話題をこの研究集会で知り現在の研究にて問題となっている事の解決の糸口をいくつか見つけることができた。井元佑介は流体解析や、その関連分野の最新研究の情報収集を行い、流れ問題などに用いられる数値計算法の数値解析について参加者と議論し、出張者の研究である粒子法の数値解析への発展に期待できる意見交換を行った。友枝恭子は機械学習に関連した講演を聞き、自身の専門外の話題についてこのワークショップを通じて勉強する良い機会になった。渡辺毅は Yuan Yao の講演を聞いて、その中で最適化のツールとして GAN が有効であることが示されていたが、議論を通じて別の最適化問題に適用出来る可能性があることが分かった。といった各人の今後の研究や日中の研究者の研究交流の基盤を構築している。</p>		
セミナーの運営組織	<p>日本側：坂上貴之（京都大学）、岡本久（学習院大学）          韓国側：Sung-Ik SOHN (Gangneung-Wonju National University)          Chunghoon LEE (Yonsei University)          中国側：Ruo LI (Peking University)</p>		
開催経費分担内容と金額	日本側	内容 国内旅費 会議費	金額 781,530 円 543,558 円
	中国側	内容 外国旅費	/
	韓国側	内容 外国旅費	/

### 7-3 中間評価の指摘事項等を踏まえた対応

①評価コメント（抜粋）：中間評価において指摘されたテーマ2の「生体分子集合体の動的な時空間構造」についての進捗の遅れに対する対応：

対応：昨年度において、この遅れは大幅に改善され、今年度においてはもはや問題とはなっていない。実際、日本側の Karel SVADLENKA らによる成果発表は継続的に今年度もなされ、また A3 全体会議・Soft Matter での継続的研究から、材料科学と生命科学の境界領域であるナノ微粒子形態形成問題への成果も出てきた。さらに成果リストにあるように「数学と生物をつなぐ分野横断的研究」グループの李聖林、中原智弘らの若手グループによる細胞の動的な時空間構造の解明には目を見張るものがあり、今後が大いに期待される状況である。

## 8. 平成 30 年度研究交流実績総人数・人日数

## 8-1 相手国との交流実績

先派遣元	派遣 四半期	日本	中国	韓国	合計
日本	1		0 / 0 ( 0 / 0 )	1 / 4 ( 2 / 8 )	1 / 4 ( 2 / 8 )
	2		3 / 13 ( 1 / 5 )	0 / 0 ( 0 / 0 )	3 / 13 ( 1 / 5 )
	3		4 / 15 ( 0 / 0 )	9 / 48 ( 4 / 15 )	13 / 63 ( 4 / 15 )
	4		0 / 0 ( 0 / 0 )	0 / 0 ( 0 / 0 )	0 / 0 ( 0 / 0 )
	計		7 / 28 ( 1 / 5 )	10 / 52 ( 6 / 23 )	17 / 80 ( 7 / 28 )
中国	1	7 / 27 ( 0 / 0 )		0 / 0 ( 0 / 0 )	7 / 27 ( 0 / 0 )
	2	2 / 20 ( 2 / 20 )		0 / 0 ( 0 / 0 )	2 / 20 ( 2 / 20 )
	3	0 / 0 ( 0 / 0 )		17 / 85 ( 0 / 0 )	17 / 85 ( 0 / 0 )
	4	21 / 115 ( 3 / 17 )		0 / 0 ( 0 / 0 )	21 / 115 ( 3 / 17 )
	計	30 / 162 ( 5 / 37 )		17 / 85 ( 0 / 0 )	47 / 247 ( 5 / 37 )
韓国	1	10 / 38 ( 1 / 4 )	0 / 0 ( / )		10 / 38 ( 1 / 4 )
	2	5 / 50 ( 0 / 0 )	0 / 0 ( / )		5 / 50 ( 0 / 0 )
	3	0 / 0 ( 0 / 0 )	5 / 15 ( / )		5 / 15 ( 0 / 0 )
	4	9 / 45 ( 3 / 15 )	0 / 0 ( / )		9 / 45 ( 3 / 15 )
	計	24 / 133 ( 4 / 19 )	5 / 15 ( 0 / 0 )		29 / 148 ( 4 / 19 )
合計	1	17 / 65 ( 1 / 4 )	0 / 0 ( 0 / 0 )	1 / 4 ( 2 / 8 )	18 / 69 ( 3 / 12 )
	2	7 / 70 ( 2 / 20 )	3 / 13 ( 1 / 5 )	0 / 0 ( 0 / 0 )	10 / 83 ( 3 / 25 )
	3	0 / 0 ( 0 / 0 )	9 / 30 ( 0 / 0 )	26 / 133 ( 4 / 15 )	35 / 163 ( 4 / 15 )
	4	30 / 160 ( 6 / 32 )	0 / 0 ( 0 / 0 )	0 / 0 ( 0 / 0 )	30 / 160 ( 6 / 32 )
	計	54 / 295 ( 9 / 56 )	12 / 43 ( 1 / 5 )	27 / 137 ( 6 / 23 )	93 / 475 ( 16 / 84 )

※各国別に、研究者交流・共同研究・セミナーにて交流した人数・人日数を記載してください。(なお、記入の仕方の詳細については「記入上の注意」を参考にしてください。)

※本事業経費によらない交流についても、カッコ書きで記入してください。

※相手国以外の国へ派遣する場合、国名に続けて(第三国)と記入してください。

## 8-2 国内での交流実績

第1四半期	第2四半期	第3四半期	第4四半期	合計
1 / 3 ( 17 / 68 )	0 / 0 ( 29 / 258 )	0 / 0 ( 0 / 0 )	22 / 87 ( 35 / 142 )	23 / 90 ( 81 / 468 )

## 9. 平成 30 年度経費使用総額

(単位 円)

	経費内訳	金額	備考
研究交流経費	国内旅費	3,573,173	国内旅費、外国旅費の合計は、研究交流経費の 50%以上であること。
	外国旅費	1,623,087	
	謝金	0	
	備品・消耗品 購入費	0	
	その他の経費	1,178,740	
	不課税取引・ 非課税取引に 係る消費税	0	大学にて別途負担
	計	6,375,000	研究交流経費配分額以内であること。
業務委託手数料		637,500	研究交流経費の 10%を上限とし、必要な額であること。また、消費税額は内額とする。
合 計		7,012,500	