

**日中韓フォーサイト事業**  
**平成27年度 実施報告書（平成23～26年度採用課題用）**

**1. 拠点機関**

日本側拠点機関：	東北大学
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

(交流分野：計算論的応用数理学)

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

(交流分野：Computational Applied Mathematics)

研究交流課題に係るホームページ：[http://www.wpi-aimr.tohoku.ac.jp/mathematics\\_unit/A3foresight/](http://www.wpi-aimr.tohoku.ac.jp/mathematics_unit/A3foresight/)

**3. 採用期間**

平成26年8月1日～平成31年7月31日

(2年度目)

**4. 実施体制**

**日本側実施組織**

拠点機関：東北大学

実施組織代表者(所属部局・職・氏名)：総長・里見 進

研究代表者(所属部局・職・氏名)：原子分子材料科学高等研究機構・教授・西浦 廉政

協力機関：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。5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、5 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 27 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 27 年度の研究課題の遂行と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。8月に「均質化法と数値解析」をテーマに正宗 淳、Jinhae PARK, Chuanju XU を組織委員として東北大学にてセミナーを開催する。共同研究課題 R-1 に関わる「濡れ問題」、「生体分子集合体の動的な時空間構造」、「材料科学における階層的ヘテロパターン」のテーマに基づく共同研究を東北大学、京都大学、北京大学等で実施する。共同研究課題 R-2 に関わる「新たな構造安定性問題とその大域ダイナミクス解明への応用」、「計算トポロジーの材料科学、生命科学への応用」のテーマに基づく共同研究、セミナーも実施する。また新たな共同研究課題である「回転球面上の渦班の安定性」についても坂上貴之を中心に実施していく。これらの成果を受けて、11月に厦門大学（中国）にて第二回全体セミナーを開催する。ここでは多岐にわたる課題を集約し、若手研究者の育成に向けたチュートリアル講義を設定し、interdisciplinary な研究者育成を目指す。とりわけ計算トポロジーという新たな方法論を日中韓の若手研究者に広め、大きな流れを作っていく。同時に日中あるいは日韓の間で進行しつつある研究課題を日中韓 3 国の研究協力体制としてどのように推進していくかについても議論する。上記目的を遂行するために必要に応じてセミナー、研究者交流を追加実施する。

### <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、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。本事業における中心的課題であるヘテロ性とそのモデル化に関しては「濡れ問題」は一つの典型例を与える。粗い表面および表面張力が一様でない面における濡れはヒステリシスやスティック・スリップ運動など興味深い現象を数多く示すが、そのモデリング、計算理論等の統一的な数学的理論は未開拓である。また均質化法及びその数値解析は古典的といえる手法であるが、本事業における諸問題に対す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は未開拓部分がまだ多い。さらに高分子や液晶、生体高分子などが含まれる複雑流体の理解、さらにそれを踏まえての細胞運動などの複雑なシステムの研究によって、将来的には材料科学、とくにバイオミメティック（生体模倣材料）への応用などの可能性も広がると期待される。流れ問題として蓄積のある球面上の渦度場問題は地球流体力学、気象学等への数多くの応用があり重要である。非常に多くの渦班による近似手法は大規模な数値計算を実施することとなり、そのため、高速算法などの開発が重要となる。最

後に計算トポロジーという新たな数理的計算法は局所と大域の関係が自然に導入され、規則系、不規則系という枠にとらわれない柔軟な数理モデル化、計算論の確立を可能とする。この基盤構築を3カ国の協働により目指したい。

#### <若手研究者育成>

若手育成については、チュートリアル型、トータルイマージョン合宿型、交流型を行っていくが、今年度はチュートリアル型を仙台での「均質化法及びその数値解析」のセミナーにおいて F. ALOUGES (Ecole Polytechnique 教授) を招聘して 10 回の連続講義を実施予定である。また同じく仙台で開催する「位相的データ解析と数理統計」のセミナーにおいても計算トポロジーと統計の接点を中心にチュートリアル型と交流型の実施を予定している。他のセミナー、研究者交流の場においても、必要に応じて小規模のテーマを絞った若手育成プログラムを実施していく。

#### <その他(社会貢献や独自の目的等)>

特になし。

## 6. 平成27年度研究交流成果

### 6-1 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27年度の研究課題の遂行と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た。7/31から8/8の期間にわたり「均質化法と数値解析」をテーマに正宗 淳、Jinhae PARK、Chuanju XU を組織委員として東北大学にてセミナーを開催した。招聘した ALOUGES 教授の集中コースを含む3つのテーマに関するチュートリアル、そしてポスター発表、4つの課題に分けてのグループワークが実施され、サマースクールとして中身の充実したものとなった。中韓からの参加者もすべてのテーマにわたりポスター発表が実施され、講義録も A3 のメンバーをゲストエディターとして発刊されることとなった。以上より若手育成を軸として3国間のこのテーマに関する協力体制が強化された。11月に4日間にわたり厦門大学(中国)にて第二回全体セミナーを開催した。ここでは多岐にわたる課題を集約し、若手研究者の育成に向けた次の3つのサーベイ講演を設けた：日本側からは平岡氏によるトポロジカルデータ解析、韓国からは KIM 氏によるサーカディアンリズムの分子機構、中国側からは SHEN 氏によるフェーズフィールドモデルとその complex fluids への応用についてなされた。SVADLENKA 氏による The wetting problem: Its history and present tasks に関わる講演は共同研究 R-1 の課題「濡れ問題」について中国の Xianmin XU 氏を中心とするグループとの今後の共同研究推進を核にしたものであったが、多相間の界面問題は、膜と溶媒、流れとアクティブマターなど生命科学、材料科学、流体科学の諸問題と関連が深く、またそこに内在するマルチスケール性は、そのモデル化、計算論的にもチャレンジングな内容を含み、日中韓の各拠点で取り組むべき対象課題としてふさわしいもの

の一つとして示唆された。これを軸に今後の研究交流体制の構築について、活発な意見が交わされ今後の協力体制の構築に大きく貢献した。

実際、3月に北京で実施された soft matter に関する A3 workshop においても両グループの参加により活発な共同研究の議論がなされた。また共同研究課題 R-1 に関わる「生体分子集合体の動的な時空間構造」、「材料科学における階層的ヘテロパターン」のテーマに基づく共同研究の探索もなされ、H28 年度 4 月からのセミナー等で発展させることとなった。

共同研究課題 R-2 に関わる「計算トポロジーの材料科学、生命科学への応用」のテーマを核とするウィンタースクール「位相的データ解析とダイナミクス」を 2 月に仙台にて開催した。位相的データ解析は極めて新しい研究手法であり若手研究者交流をベースに院生も含めた研究体制を構築することとなった。また新たな共同研究課題である「回転球面上の渦斑の安定性」に関して 2 月に沖縄で Vortex Dynamics and Turbulence というセミナーを実施し、坂上貴之氏、岡本久氏らと韓国側の Sun-Chul Kim 氏, Sung-Ik Sohn 氏との共同研究が開始されメールベースによる研究打合せ及び少人数による集中的討論により共同研究を推進することとなった。

以上のセミナー、共同研究の実施を通じて、東北大、北京大、仁荷大の日中韓 3 拠点連携による Thematic program, 国際ワークショップの提案を H28 年度以降具体的に策定していくことを予定している。これは東北大の滞在型センターである知の館 (Tohoku Forum for Creativity) への提案のみならず、カナダの Banff Research Station, オランダの Lorentz Center など欧米での企画も視野において進める予定である。これにより本 A3 foresight program の強化を図ると共に、より広い国際ネットワークの足がかりとする。

## 6-2 学術面の成果

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、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 H27 年度は次のような成果があった。

1. 「濡れ問題」については、2種のまざらない流体が固体上を動くときの三重点近傍の振る舞いについて 2015 年に始まった、京都大学の Karel SVADLENKA 氏、北海道大学の Elliott GINDER 氏と中国科学アカデミーの Xianmin XU 氏と Yana DI 氏による共同研究が進展した。現段階では、流体の動きを無視し、荒い表面をもつ障害物の付近における界面の運動に着目し、ヒステレシス現象が観察される複数のスケールにまたがる問題として定式されつつある。数値的には GINDER 氏と SVADLENKA 氏が開発している、多相の場合や体積による制御に対応できる界面運動モデルの数値解析と、XU 氏と DI 氏が開発を進めているノイマン型境界条件が利用できる Multiscale Finite Element Method の解析結果を組み合わせることが提案された。

2. 「生体分子集合体の動的な時空間構造」については、東北大学義永氏と北京航空航天大学の土井氏 (Masao DOI) の組織した3月の北京でのソフトマター研究会で大きな成果があった。招聘した泰岡氏による分子動力学の最新成果、SHI氏 (McMaster Univ.・中国側の招聘) による multiblock copolymer のサーベイ講演、義永氏の流体系とカップルした active matter の結果など、材料科学、流体科学、生命科学などに現れる複雑流体の動的な性質の数理的構造が議論された。ZHANG Pingwen 氏と土井氏による複雑流体の成果も議論された。また厦門でのセミナーの中で、2相対流セルの衝突問題の階層性について、中韓の研究者と議論する機会があり、階層性の起源について有益な示唆が得られた。

3. 「回転球面上の渦斑の安定性」については、3月の沖縄でのワークショップにおいて様々な角度から検討された。当初は回転球面上の極渦の境界面の安定性の問題をともに考えたが、線型不安定性解析によるとすべての場合で境界面は線型中立安定であることが判明し非自明な不安定化がないことがわかった。そのため回転球面上のジェット (渦帯) の安定性に問題を変更して共同研究を継続した。韓国側の研究者 (Sun-Chul KIM, Sung-Ik SOHN) は渦帯の境界面の安定性と球面回転に対応する渦膜境界の安定性を同時に調べ、渦帯の位置や回転の速さに応じてどの摂動が不安定化するかを一括して調べた。その結果に基づいて、日本側研究者 (坂上) が境界面の非線形時間発展を数値計算して線型不安定が起こった場合にどのような大変形と流体パターンが形成されるかを調べることに成功した。初期摂動モードが安定な場合でも非線形時間発展の結果として、高次モードが不安定な場合には境界面は長時間発展後複雑なパターンを形成することが明らかになった。これらは次年度以降に論文としてまとめていくことになった。

### 6-3 若手研究者育成

7/31 から 8/8 の期間にわたり「均質化法と数値解析」をテーマに正宗 淳、Jinhae PARK、Chuanju XU を組織委員として東北大学にてサマースクールを開催した。招聘した ALOUGES 教授の集中コースを含む3つのテーマに関するチュートリアル、そしてポスター発表、4つの課題に分けてのグループワークが実施され、充実したものとなった。中韓からの参加者もすべてのテーマにわたりポスター発表が実施され、3国間の若手交流が進んだ。

11月に4日間にわたり厦門大学 (中国) にて第二回全体セミナーを開催した。ここでは多岐にわたる課題を集約し、若手研究者の育成に向けた次の3つのサーベイ講演を設けた: 日本側からは平岡氏によるトポロジカルデータ解析、韓国からは KIM 氏によるサーカディアンリズムの分子機構、中国側からは SHEN 氏によるフェーズフィールドモデルとその complex fluids への応用についてなされた。

計算トポロジーに関しては H28 年 2 月にウィンタースクール「位相的データ解析とダイナミクス」を開催し、集中チュートリアルを実施した。6名の講師のもと2日間にわたり

位相的データ解析とフェーズフィールド法に関する連続講演を実施した。スクールは理論・計算・応用の3本立てで構成され、対象を学部・大学院学生および若手研究者としつつ、それぞれの分野の基礎から最前線の話題までを取り扱った。特筆すべきことは、あらかじめ企画者側が位相的データ解析のソフトウェアをウェブ上で使用できる環境を構築しておき、日中韓の参加者が期間中に自分のノートパソコンを使って学んだ事柄を具体的な問題へ適用できるよう配慮したことである。これにより、教育効果が格段に上がり参加者の理解度が深まったとともに、各国の学生・若手研究者間での交流も行われ、異分野交流を促進することができた。またその後の中国・韓国側参加者からは、今回取り扱った内容に興味を持ったことから今後も引き続き A3 Foresight プログラムを通じて、日本側企画者との交流を続けていきたいとコメントが寄せられた。

#### 6-4 その他（社会貢献や独自の目的等）

特になし。

#### 6-5 今後の課題・問題点

日中、日韓の共同研究は既にテーマが確定し、既に進行中もしくは、発足予定である。しかし日中韓3国共同による研究課題への移行、あるいは新たなテーマ発掘については、まだ十分ではない。H28年度において現時点で進行中の課題も含め、3国共同研究が可能なテーマについて検討する。

#### 6-6 本研究交流事業により発表された論文

- |                               |    |
|-------------------------------|----|
| (1) 平成27年度に学術雑誌等に発表した論文・著書    | 3本 |
| うち、相手国参加研究者との共著               | 0本 |
| (2) 平成27年度の国際会議における発表         | 0件 |
| うち、相手国参加研究者との共同発表             | 0件 |
| (3) 平成27年度の国内学会・シンポジウム等における発表 | 0件 |
| うち、相手国参加研究者との共同発表             | 0件 |

(※ 「本事業名が明記されているもの」を計上・記入してください。)

(※ 詳細は別紙「論文リスト」に記入してください。)

## 7. 平成27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理と計算 (英文) Hierarchical and Heterogeneous Patterns and Flows				
日本側代表者 氏名・所属・職	(和文) 西浦廉政・東北大学・教授 (英文) Yasumasa NISHIURA・Tohoku University・Professor				
相手国側代表者 氏名・所属・職	(英文) China: Pingwen ZHANG・Peking University・Professor Korea: Hyeonbae KANG・Inha University・Professor				
参加者数	日本側参加者数	20名			
	中国側参加者数	20名			
	韓国側参加者数	10名			
27年度の研究 交流活動	<p>予定されていた次のテーマに関して、セミナー、ワークショップにおいて研究交流が実施された。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>粗い表面および表面張力が一様でない表面における濡れ問題 (K.SVADLENKA, E.GINDER, Xianmin XU, Yana DI)</li> <li>生体分子の集合体における動的な時空間構造の数理モデルとその計算 (義永那津人、西浦廉政、Jinhae PARK, 土井正男)</li> <li>均質化法と数値解析 (正宗淳、Jinhae PARK, Chuan XU)</li> <li>材料科学における階層的ヘテロパターンの数理モデルとその計算 (西浦廉政、Pingwen ZHANG)</li> </ol> <p>とりわけ1.についてはS-3及びS-5のセミナーにおいて具体的な研究の進展と広がりが見られた。2.については日中韓の研究者交流がS-5のセミナー成果を受け進捗し、3.はその包括的なサマースクール(S-1)は大きな成果を挙げ、4.についてもS-3セミナーにおいて幅広く議論された。これらはメールベースで議論が継続的に行われH28年度も各々のテーマにてセミナー開催を実施することとなった。</p>				
27年度の研究 交流活動から得 られた成果	<p>「濡れ問題」については、2種のまざらない流体が固体上を動くときの三重点近傍の振る舞いについて、流体の動きを無視し、荒い表面をもつ障害物の付近における界面の運動に着目し、複数のスケールにまたがる問題として定式化した課題が京都大学の Karel SVADLENKA 氏、北海道大学の Elliott GINGER 氏と中国科学アカデミーの Xianmin XU 氏と Yana DI 氏による共同研究により大きく進展した。また2相対流セルの衝突問題の階層性について、中韓の研究者と議論する機会があり、階層性の起源について有益な示唆が得られた。「均質化法と数値解析」をテーマに 正宗 淳、Jinhae PARK、 Chuanju XU を組織委員として東北大</p>				

	<p>学にてサマースクールでは、招聘した ALOUGES 教授の集中コースを含む3つのテーマに関するチュートリアル、そしてポスター発表、4つの課題に分けてのグループワークが実施され、極めて充実したものとなった。</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	(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				
	(英文) Computational Topology, Dynamical Systems, Discrete Geometry and Their Applications to Materials Science and Life Science				
日本側代表者 氏名・所属・職	(和文) 國府寛司・京都大学・教授				
	(英文) Hiroshi KOKUBU・Kyoto University・Professor				
相手国側代表者 氏名・所属・職	(英文) China: Pingwen ZHANG・Peking University・Professor				
	Korea: Hyeonbae KANG・Inha University・Professor				
参加者数	日本側参加者数	15 名			
	中国側参加者数	15 名			
	韓国側参加者数	5 名			
27 年度の研 究交流活動	平成 27 年度は当初の研究交流活動計画通り、 1. 新たな構造安定性問題とその大域ダイナミクス解明への応用 2. 計算トポロジーの材料科学、生命科学への応用 に取りかかった。具体的な活動としては 2 月に東北大学にてウィンター スクールを企画し、両テーマについて学生を含む若手研究者の交流を図 るとともに、共同研究レベルでの交流も実施した。 とりわけ H27 度の A3 ウィンタースクールでは中国、韓国、日本の 3 カ 国間で学生間交流が活発に行われた。これをうけて、北京大学の大学院 生 Huizhuo Yuan 氏が A3 の学生交流として H28 年度に東北大学を訪問 することとなった。				
27 年度の研 究交流活動から得 られた成果	新たな構造安定性問題とその大域ダイナミクス解明への応用について は、今年度は Conley-Morse 型分解に焦点をあて、若手研究者への話題 紹介、計算手法の確立、応用研究を実施した。また計算トポロジーでは、 その方法論自体が新しく若手育成が急務となっていることから、簡易型 web ソフトウェアを作成し、日中韓の若手研究者が自由に位相的データ 解析に触れることができる環境を構築した。2 月に開催したウィンター スクールが好評だったことから、これら 2 つのテーマについては、来年 度以降も継続的に人材交流を進め、共同研究へ発展させる。				

整理番号	R-3	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) 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	(和文) 坂上貴之・京都大学・教授				
	(英文) Takashi SAKAJO・Kyoto University・Professor				
相手国側代表者 氏名・所属・職	(英文) Korea: Sun-Chul KIM, Chung-Ang University, Professor Sung-Ik, SOHN, Gangneung-Wonju National University, Professor				
参加者数	日本側参加者数	1 名			
	中国側参加者数	0 名			
	韓国側参加者数	2 名			
27年度の研 究交流活動	<p>本年度の研究交流活動計画に基づき、回転球面上にある渦斑 (Vortex patch) 境界面の安定性を調べるため、回転の効果を複数の渦膜 (Vortex layers) で近似するバロトロピーなオイラー流を具体的な問題として設定し研究交流活動を継続した。日常的な交流は電子メールにより行った。加えて 2015 年 8 月に北京で開催された国際応用数学者会議 (ICIAM2015) および 2016 年 3 月には那覇でワークショップを開催し、そこで 3 名で研究セミナーを行う機会を持ち、そこでの議論に基づいてその後の研究の方向性を確認し、着実に成果が得られるようにした。また、研究途中で明らかになった流体力学の問題については京都大学の地球惑星科学研究科の専門家から助言を適宜得て研究を推進した。</p> <p>具体的研究内容として Kim 氏と Sohn 氏が線型安定性解析をすすめ、坂上が非線形時間発展の数値計算を行い、線型不安定モードと渦斑の非線形不安定化の関係についてメールを中心に検討をすすめた。それらを受けて、2016 年 3 月に A3 フォーサイト事業にて那覇市で行った国際研究集会において、Kim 氏および Sohn 氏と集中的議論を行う日を設け、これまでの研究成果をとりまとめ、今後の理論・数値計算の進め方について議論を行った。</p>				

<p>27年度の研究 交流活動から得 られた成果</p>	<p>当初は回転球面上の極渦の境界面の安定性の問題をともに考えたが、線型不安定性解析によるとすべての場合で境界面は線型中立安定であることが判明し非自明な不安定化がないことがわかった。この結果について京都大学の竹広准教授（数理研）および石岡准教授（理学研究科）から地球流体力学における傾圧安定性を調べてはとの助言を得て、回転球面上のジェット（渦帯）の安定性に問題を変更して共同研究を継続した。韓国側の研究者（Sun-Chul KIM, Sung-Ik SOHN）は渦帯の境界面の安定性と球面回転に対応する渦膜境界の安定性を同時に調べ、渦帯の位置や回転の速さに応じてどの摂動が不安定化するかを一括して調べた。その結果に基づいて、日本側研究者（坂上）が境界面の非線形時間発展を数値計算して線型不安定が起こった場合にどのような大変形と流体パターンが形成されるかを調べることに成功した。初期摂動モードが安定な場合でも非線形時間発展の結果として、高次モードが不安定な場合には境界面は長時間発展後複雑なパターンを形成することが明らかになった。</p>
--------------------------------------	--

## 7-2 セミナー

整理番号	S-1
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「均質化法と数値解析」
	(英文) JSPS A3 Foresight Program GSIS International Summer School “Homogenization and Numerical Analysis”
開催期間	平成 27 年 8 月 3 日 ~ 平成 27 年 8 月 8 日 (6 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棟
	(英文) Japan, Sendai, Graduate School of Information Sciences, Tohoku University
日本側開催責任者 氏名・所属・職	(和文) 正宗 淳・東北大学情報科学研究科・准教授
	(英文) Jun MASAMUNE・GSIS, Tohoku University・Associate Professor
相手国側開催責任者 氏名・所属・職 (※日本以外で開催の場合)	(英文)

### 参加者数

派遣先 派遣	セミナー開催国 (日本)	
	A.	B.
日本 〈人／人日〉	A.	2 / 12
	B.	12
中国 〈人／人日〉	A.	7 / 66
	B.	0
韓国 〈人／人日〉	A.	5 / 43
	B.	0
合計 〈人／人日〉	A.	14 / 121
	B.	12

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)

※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、備考欄を設け、注意書きを付してください。

<p>セミナー開催の目的</p>	<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及びその数値解析の理論を基礎から最先端の話題までを効率的に学ぶサマースクール及びその応用をテーマにした国際研究集会を開催することにある。均質化法及びその数値解析は、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る。より具体的には、数値解析と均質化法の世界の権威であり、教育も高く評価されている、F. ALOUGES (Ecole Polytechnique 教授) を招聘して約 10 回の講義を行ってもらい、その後の研究集会では本理論の現実問題への応用という課題のもとで、数学、数値解析、工学の専門家による問題</p> <p>日本側：正宗淳（東北大学 GSIS）</p> <p>韓国側：Jinhae PARK（Chungnam National University）</p> <p>中国側：Chuanju XU（Xiamen University）の紹介および解説、さらに、今後の発展について議論をする。ただし、ALOUGES 氏は本事業のメンバーではないため、別予算で招聘する。</p>		
<p>セミナーの成果</p>	<p>本セミナーにおいて得られた主な成果は次の 3 点である。</p> <p>(1) 集中講義においては、数学及び数値解析、工学など多彩な切り口から均質化法とその数値解析の理論を深めた。さらにグループワークを実施することで参加者の間の活発な交流を促した。現在、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プロシーディングズの出版準備を進めている。</p> <p>(2) 研究集会においては、国内の研究者に均質化法とその数値解析に関する最新の応用について講演をしてもらった。これらは今後の共同研究の萌芽となり、例えば、来年度の IMI 共同利用研究に採用された。</p> <p>(3) サマースクールという形態をとることで、本事業の最重要課題のひとつである 3 ヶ国の研究者の活発な交流を促した。</p>		
<p>セミナーの運営組織</p>	<p>日本側：正宗淳（東北大学 GSIS）</p> <p>韓国側：Jinhae PARK（Chungnam National University）</p> <p>中国側：Chuanju XU（Xiamen University）</p>		
<p>開催経費分担内容と金額</p>	<p>日本側</p>	<p>内容 国内旅費</p>	<p>金額 1,142,500 円 中韓の滞在費を含む</p>
	<p>中国側</p>	<p>内容 外国旅費</p>	
	<p>韓国側</p>	<p>内容 外国旅費</p>	

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 ウィンタースクール「位相的データ解析とダイナミクス」
	(英文) JSPS A3 Foresight Program Winter School “Mathematics on Materials Science: Topological Data Analysis and Dynamics”
開催期間	平成 28 年 2 月 15 日 ~ 平成 28 年 2 月 19 日 (5 日間)
開催地(国名、都市名、会場名)	(和文) 日本、仙台市、東北大学原子分子材料科学高等研究機構
	(英文) Japan, Sendai, Advanced Institute for Material Research, Tohoku University
日本側開催責任者 氏名・所属・職	(和文) 平岡裕章・東北大学原子分子材料科学高等研究機構・准教授
	(英文) Yasuaki HIRAOKA・AIMR, Tohoku University・Associate Professor
相手国側開催責任者 氏名・所属・職 (※日本以外で開催の場合)	(英文)

#### 参加者数

派遣先 派遣	セミナー開催国 (日本)	
	A.	B.
日本 〈人／人日〉	A.	13/ 60
	B.	34
中国 〈人／人日〉	A.	4/ 28
	B.	0
韓国 〈人／人日〉	A.	4/ 16
	B.	0
合計 〈人／人日〉	A.	21/ 104
	B.	34

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)

※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、備考欄を設け、注意書きを付してください。

セミナー開催の目的	本ウインタースクールでは、位相的データ解析とフェーズフィールド法に関する話題を取り扱う。近年この両分野は密接に関係していることが指摘されており、活発な理論研究および応用が進められている。このスクールを通じて、両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	<p>6名の講師のもと2日間にわたり位相的データ解析とフェーズフィールド法に関するウインタースクールを開催した。スクールは理論・計算・応用の3本立てで構成され、対象を学部・大学院学生および若手研究者としつつ、それぞれの分野の基礎から最前線の話題までを取り扱った。今回のスクールにおける特筆すべき活動は、あらかじめ企画者側が位相的データ解析のソフトウェアをウェブ上で使用できる環境を構築しておき、日中韓の参加者が期間中に自分のノートパソコンを使って学んだ事柄を具体的な問題へ適用できるよう配慮したことである。これにより、教育効果が格段に上がり参加者の理解度が深まったとともに、各国の学生・若手研究者間での交流も行われ、異分野交流を促進することができた。またその後の中国・韓国側参加者からは、今回取り扱った内容に興味を持ったことから今後も引き続き <b>A3 Foresight</b> プログラムを通じて、日本側企画者との交流を続けていきたいとコメントが寄せられた。</p> <p>また研究集会では国内・国外からランダムトポロジーおよび位相的統計理論に関して世界的に第一線の研究者を集め集中的に討論をおこなった。最先端の研究動向を紹介することはもちろんのこと、ウインタースクールとの接続を考慮し、入門的な話題を各講演に含めるなどの配慮をおこなった。</p>		
セミナーの運営組織	代表・平岡裕章、西浦廉政（東北大学 AIMR）		
開催経費分担内容と金額	日本側	内容 会議費 国内旅費	金額 387,630 円 617,740 円 合計 1,005,370 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Ⅱ」
	(英文) JSPS A3 Foresight Program Modeling and Simulation of Hierarchical and Heterogeneous Flow Systems with Applications to Materials Science II”
開催期間	平成 27 年 11 月 22 日 ～ 平成 27 年 11 月 25 日 (4 日間)
開催地 (国名、都市名、会場名)	(和文) 中国、廈門市、廈門大学
	(英文) China, Xiamen, Xiamen University
日本側開催責任者 氏名・所属・職	(和文) 西浦 廉政・東北大学原子分子材料科学高等研究機構・教授
	(英文) Yasumasa NISHIURA・AIMR, Tohoku University・Professor
相手国側開催責任者 氏名・所属・職 (※日本以外で開催の場合)	(英文) Pingwen ZHANG・Peking University・Professor Jie SHEN・Xiamen University・Professor

#### 参加者数

派遣先 派遣	セミナー開催国 ( 中国 )	
	A.	B.
日本 〈人／人日〉	A.	21/ 98
	B.	
中国 〈人／人日〉	A.	30/ 120
	B.	0
韓国 〈人／人日〉	A.	20/ 80
	B.	0
合計 〈人／人日〉	A.	71/ 298
	B.	0

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)

※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、備考欄を設け、注意書きを付してください。

セミナー開催の目的	平成 26 年韓国済州島での第一回全体セミナーを受けて、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する共同研究成果の発表と今後の全体方針に向けての討論の第二回目全体セミナーを実施する。若手向けのチュートリアルも同時開催する。		
セミナーの成果	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する幅広い観点から議論がなされた。3つのサーベイ講演：日本側からは平岡氏によるトポロジカルデータ解析、韓国からは KIM 氏によるサーカディアンリズムの分子機構、中国側からは SHEN 氏によるフェーズフィールドモデルとその complex fluids への応用について実施され、それ以外の講演も共同研究を促進するものとなった。とりわけ SVADLENKA 氏による The wetting problem: Its history and present tasks に関する講演は共同研究課題「濡れ問題」について中国の XU 氏を中心とするグループとの共同研究協力体制の構築に大きく貢献した。これらのサーベイ講演は、日中韓の若手研究者にとっても極めて有益となった。		
セミナーの運営組織	代表（中国側）：Pingwen ZHANG (Peking University) Jie SHEN (Xiamen University) （日本側）：Yasumasa NISHIURA (Tohoku 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 489,660 円 金額 2,037,745 円 合計 2,527,405 円
	中国側	内容 会議費 国内旅費	
	韓国側	内容 外国旅費	

整理番号	S-4
セミナー名	(和文) 日中韓フォーサイト事業ワークショップ「渦力学と乱流」 (英文) JSPS A3 Workshop on Vortex Dynamics and Turbulence
開催期間	平成 28 年 3 月 12 日～平成 28 年 3 月 14 日 (3 日間)
開催地 (国名、都市名、会場名)	(和文) 日本、那覇市 (沖縄)、沖縄県青年会館・ホテルサン沖縄 (英文) Japan, Naha (Okinawa) , OKINAWAKEN SEINENKAIKAN・HOTEL SUN OKINAWA
日本側開催責任者 氏名・所属・職	(和文) 坂上 貴之・京都大学・教授 (英文) Takashi SAKAJI・Kyoto University・Professor
相手国側開催責任者 氏名・所属・職 (※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)	
		A.	B.
日本 〈人／人日〉	A.	8 / 26	
	B.	0	
中国 〈人／人日〉	A.	3 / 13	
	B.	0	
韓国 〈人／人日〉	A.	6 / 21	
	B.	0	
合計 〈人／人日〉	A.	17 / 60	
	B.	0	

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)

※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、備考欄を設け、注意書きを付してください。

<p>セミナー開催の目的</p>	<p>本ワークショップの目的は、数理解体力学と計算流体力学（特に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、単なる情報交換にとどまることなく現在進んでいる各国における共同研究の推進および新しい共同研究を涵養することを目指す。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。</p>		
<p>セミナーの成果</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 現在、推進中の渦力学の共同研究（R-3）の現在の研究の進捗状況に関する成果を紹介し、議論を集中的に行うことで、今後の研究の方向性を決定することができた。</li> <li>○ 本研究集会に参加した京都大学および北京大学の大学院博士課程学生に当該分野の最先端研究に触れる機会を提供し、また彼らに自身の研究内容を紹介する時間帯を設け、参加者であるシニア研究者から有益な研究上の助言を得ることができた。</li> <li>○ 岡本久教授と Sun-Chul KIM 教授、金田行雄教授と Chang Hoon LEE 教授らが本ワークショップを通じて互いの研究に関する詳細な情報交換を行うことができた。</li> <li>○ それ以外に、質疑応答などを通じて渦力学の数理解析および乱流の計算科学に関して、日中韓の間の研究者の先端研究の情報交換が行われ、今後互いの国における個別セミナーとして集中的に研究紹介をするなど、今後の共同研究がにつながる活動が生まれた。</li> </ul>		
<p>セミナーの運営組織</p>	<p>組織代表者（3名）  坂上貴之（京都大学）  Sun-Chul KIM (Chung-Ang University)  Sung-Ik SOHN (Gangneung-Wonju National University)</p>		
<p>開催経費分担内容と金額</p>	<p>日本側</p>	<p>内容 会議費 国内旅費</p>	<p>金額 355,306 円 629,102 円 合計 984,408 円</p>
	<p>中国側</p>	<p>内容 外国旅費</p>	
	<p>韓国側</p>	<p>内容 外国旅費</p>	

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
	(英文) A3 Workshop on soft matter
開催期間	平成 28 年 3 月 23 日～平成 28 年 3 月 25 日 (3 日間)
開催地(国名、都市名、会場名)	(和文) 中国、北京市、北京航空航天大学
	(英文) China, Beijing, Beihang University
日本側開催責任者 氏名・所属・職	(和文) 義永那津人・東北大学・助教
	(英文) Natsuhiko YOSHINAGA・Tohoku University・Assistant professor
相手国側開催責任者 氏名・所属・職 (※日本以外で開催の場合)	(英文) Masao DOI・Beihang University・Professor

#### 参加者数

派遣先 派遣	セミナー開催国 ( 中国 )	
日本 〈人／人日〉	A.	9/ 41
	B.	1
中国 〈人／人日〉	A.	6/ 18
	B.	24
韓国 〈人／人日〉	A.	2/ 8
	B.	2
合計 〈人／人日〉	A.	17/ 67
	B.	27

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)

※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、備考欄を設け、注意書きを付してください。

セミナー開催の目的	<p>高分子やコロイド、液晶、そして生体分子までも含むソフトマターはその膨大な研究範囲のため、基礎的な理論の発展の後、各論に移行してしまっている。しかし一方で、最近の計測技術等の発展により、従来の理論的枠組みでは理解できない現象が数多く報告され、より統一的な数理解が期待されている。本研究会の目的は、ソフトマターを中心に様々な数理解手法の最新の研究成果の情報を共有し、従来とは異なった視点で研究を発展させることである。</p>		
セミナーの成果	<p>ソフトマターに関連する、数理解手法、数値計算法、実験的手法からバランスよく最近の研究の紹介があった。高分子の相分離で用いられる自己無撞着場理論やそのダイナミクスへの応用についての理論的、あるいは効率的な数値計算法を用いて得られた対称性を持った相分離構造の分類に、固体材料の幾何的な記述を応用できる可能性が見られた。また、ぬれや基盤上での液滴の運動について、Xianmin XU, Yana DI や Karel SVADLENKA から変分原理を用いた解析や Phase-Field モデルを用いた解析およびその拡張などについての紹介もあり、これらの問題に対する新規な解析手法の提案について議論が行われた。特に、複素解析の数理を用いた解析が適用できる可能性について様々な提案がなされ、これから議論を継続していけば、いくつかの共同研究へと発展していくものと考えられる。</p>		
セミナーの運営組織	<p>中国側：Masao DOI (Beihang University), Yana DI, Xianmin XU (Chinese Academy of Sciences), Pingwen ZHANG (Peking University) 韓国側：Jinhae PARK (Chungnam National University), Hyeonbae KANG (Inha University) 日本側：義永那津人、西浦廉政 (東北大学)</p>		
開催経費分担内容と金額	日本側	<p>内容 国内旅費 外国旅費</p>	<p>金額 177,250 円 1,216,230 円 合計 1,393,480 円</p>
	中国側	<p>内容 会議費 国内旅費</p>	
	韓国側	<p>内容 外国旅費</p>	

### 7-3 研究者交流（共同研究、セミナー以外の交流）

所属・職名 派遣者名	派遣・受入先 (国・都市・機関)	派遣期間	用務・目的等
東北大学・教授・西浦廉政	日本・京都・京都大学	H27.9.26 (1日)	共同研究 R-1・R-2 および、S-3 の組織委員の打ち合わせ。

### 7-4 終了時評価、中間評価（※）の指摘事項等を踏まえた対応

該当なし

## 8. 平成27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

派遣先 派遣元	四半期	日本	中国	韓国		合計
日本	1		0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	( )	0/0 (0/0)
	2		0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	( )	0/0 (0/0)
	3		21/98 (3/11)	0/0 (0/0)	( )	21/98 (3/11)
	4		8/36 (1/5)	0/0 (0/0)	( )	8/36 (1/5)
	計		29/134 (4/16)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	29/134 (4/16)
中国	1	0/0 (0/0)		0/0 (0/0)	( )	0/0 (0/0)
	2	7/66 (0/0)		0/0 (0/0)	( )	7/66 (0/0)
	3	0/0 (0/0)		0/0 (0/0)	( )	0/0 (0/0)
	4	7/41 (0/0)		0/0 (0/0)	( )	7/41 (0/0)
	計	14/107 (0/0)		0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	14/107 (0/0)
韓国	1	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)		( )	0/0 (0/0)
	2	5/43 (0/0)	0/0 (0/0)		( )	5/43 (0/0)
	3	0/0 (0/0)	0/0 (20/80)		( )	0/0 (20/80)
	4	10/37 (0/0)	0/0 (2/8)		( )	10/37 (2/8)
	計	15/80 (0/0)	0/0 (22/88)		0/0 (0/0)	15/80 (22/88)
	1	( )	( )	( )		0/0 (0/0)
	2	( )	( )	( )		0/0 (0/0)
	3	( )	( )	( )		0/0 (0/0)
	4	( )	( )	( )		0/0 (0/0)
	計	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)		0/0 (0/0)
合計	1	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)
	2	12/109 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	12/109 (0/0)
	3	0/0 (0/0)	21/98 (23/91)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	21/98 (23/91)
	4	17/78 (0/0)	8/36 (3/13)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	25/114 (3/13)
	計	29/187 (0/0)	29/134 (26/104)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	58/321 (26/104)

※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。

### 8-2 国内での交流実績

1	2	3	4	合計
0/0 (0/0)	1/1 (4/4)	0/0 (0/0)	10/44 (11/42)	11/45 (15/46)

9. 平成27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	3,107,812	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	3,253,975	
	謝金	0	
	備品・消耗品購入費	237,841	
	その他の経費	1,050,372	
	外国旅費・謝金等に係る消費税	0	大学にて別途負担
	計	7,650,000	研究交流経費配分額以内であること。
業務委託手数料		765,000	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		8,415,000	