

**平成27年度 研究拠点形成事業(A. 先端拠点形成型)  
中間評価資料(進捗状況報告書)**

**1. 概要**

<b>研究交流課題名 (和文)</b>	省エネルギーのための知的層材料・層構造国際研究拠点		
<b>日本側拠点機関名</b>	東北大学流体科学研究所		
<b>コーディネーター 所属・職・氏名</b>	東北大学流体科学研究所・教授・高木 敏行		
<b>相手国側</b>	<b>国名</b>	<b>拠点機関名</b>	<b>コーディネーター所属・職・氏名</b>
	フランス	国立応用科学院 リヨン校	INSA de Lyon・Professor・CAVILLE Jean-Yves
	ドイツ	フラウンホーファー 非破壊検査研究所	Fraunhofer Institute for NDT・ Professor・BOLLER Christian
	中国	南京航空航天大学	Nanjing University of Aeronautics and Astronautics・Professor・QIU Jinhao
	スウェー デン	王立工科大学	KTH Royal Institute of Technology・ Associate Professor・LUNDELL Fredrik

**2. 研究交流目標**

申請時に計画した目標と現時点における達成度について記入してください。

**○申請時の研究交流目標**

本事業は、東北大学とリヨンにある INSA-Lyon や ECL との過去10年以上にわたる研究交流を通して開拓された「知的構造材料」に関する研究分野の発展形として位置づけられ、近年進展の目覚ましいマルチマテリアル多機能性材料とセンシング技術との融合により、新たな知的構造体の創成を目指す。特に、知的構造体と流体との相互作用に着目した新しい省エネルギー機能を実現するための学理基盤を構築する。このために、東北大学を中心とする日本とリヨン、グルノーブルを中心とするフランスの研究チームに加え、センシング技術の産業応用について実績のあるドイツ・フラウンホーファー研究機構、中国における知的材料構造研究の重点拠点である中国・南京航空航天大学、境界層制御の拠点であるスウェーデン王立工科大学が加わり、研究を加速させる。

上記の研究分野を構築するための研究として、主に以下のテーマについて取り組む。

- 1) センシング機能と境界層の制御機能を有するスマート構造炭素繊維複合材料
- 2) スマート伝熱、制振、潤滑機能を有する知的層構造材料の開発
- 3) 耐食性を有する受動傾斜フィルムによる新しいエネルギープラント材料システム

これらの共同研究について、情報を共有するとともに学理を抽出するために、交流期間中に毎年セミナーを開催する。また、若手研究者の発掘と育成のために、サマースクールの開催、国際大学院の連携、を積極的に推進するとともに、若手研究者の回遊研究を通じた研究者交流を図る。

### ○目標に対する達成度とその理由

上記目標に対する2カ年分の計画について、

- 十分に達成された
- 概ね達成された
- ある程度達成された
- ほとんど達成されなかった

#### 【理由】

知的層材料・層構造に関する学理の構築を目指して、3テーマ、即ち 1) センシング機能と境界層の制御機能を有するスマート構造炭素繊維複合材料、2) スマート伝熱、制振、潤滑機能を有する知的層構造材料の開発、3) 耐食性を有する受動傾斜フィルムによる新しいエネルギープラント材料システム、について共同研究を実施してきており、フランス、ドイツ、中国、スウェーデンとの緊密な連携により研究成果を挙げている。若手研究者の中長期滞在による共同研究によるものであり、共著論文数の数と質からも裏付けられる。また、これらの学理に基づいて、今後応用研究への展開もスムーズに移行しており、将来の国際産学連携のシーズとなることが期待される。

上記の共同研究を今後継続して行うための連携体制の構築についても、順調に進んでいる。日本側拠点機関である東北大学流体科学研究所に、国際研究教育センターが平成27年5月に設置されており、本事業における活動を含め、組織的にかつ継続的に国際共同研究活動を推進する体制が整っている。また本事業に関連して、CNRSのUnité Mixte Internationale (UMI, 国際混成研究所)が平成28年に東北大学に設置予定であり、これを核とする多国間の共同研究の促進が期待される。また、南京航空航天大学に東北大学とのジョイントラボラトリを設置することが検討されており、本事業をさらに推進する協力体制が構築される。

10年後、20年後の交流活動の継続も念頭に事業を推進している。その1つが大学院学生を対象とするELyTスクールの開催であり、本スクールの卒業生の中から拠点機関においてダブルディグリーに挑戦し、研究テーマとして本共同研究に取り組んでいる学生が現れてきている。将来の拠点の中核となる人材となることが期待されている。

以上のように、短期、中期、長期的な視野に立った活動を展開しており、国際的な先端研究拠点が形成されることと期待される。

### 3. これまでの研究交流活動の進捗状況

(1)これまで(平成27年3月末まで)の研究交流活動について、「共同研究」、「セミナー」及び「研究者交流」の交流の形態ごとに、派遣及び受入の概要を記入してください。※各年度における派遣及び受入実績については、「中間評価資料(経費関係調書)」に記入してください。

#### ○共同研究

##### 【概要】

博士課程のダブルディグリー学生が海外の研究室と日本の研究室に滞在し、本事業における複数の参加研究者が共同教育を通して研究を進めている。博士課程学生A(研究者番号1-58)は、知的層材料・層構造のための複合材料の創成について、リヨンとの共同研究を実施している。博士課程学生B(研究者番号1-81)は、耐食性を有する受動傾斜フィルムの機能性の研究についてリヨンとの共

同研究を実施し、ダブルディグリーを取得した。博士課程学生 C (研究者番号 1-73) は、超高分子ポリエチレン皮膜形成メカニズムに関する共同研究を実施しており、ダブルディグリーの取得を目指している。これらの若手研究者の活動を通して、共同研究を実施するとともに、将来の拠点を担う人材の育成も併せて行っている。

東北大学、KTH、南京航空航天大学の3者により、センシング機能と境界層の制御機能を有するスマート構造に関する基礎的な共同研究が進められている。今後、センサとアクチュエータの実装により、応用展開が期待される。

東北大学、ドイツ IZFP、リヨン、南京航空航天大学により、複合材のセンシング、およびエネルギープラントの高度化のためのモニタリングに関する共同研究が進められており、今後要素研究をもとにスマート構造への展開を予定している。

東北大学およびリヨンとの共同研究により、スマート伝熱を実現するナノ構造を有するコーティングの開発、超低摩擦を実現する炭素系コーティングのメカニズム研究、スマート制振を実現するための最適化研究など、知的層材料・層構造のための学理基盤が構築されている。

## ○セミナー

	平成25年度	平成26年度
国内開催	2 回	3 回
海外開催	2 回	1 回
合計	4 回	4 回

### 【概要】

#### 平成 25 年度

- 「第 1 回省エネルギーのための知的層材料・層構造シンポジウム」  
平成 25 年 11 月 26 日～27 日 仙台国際センター（日本）  
出席者：65 名（うち拠点メンバー 国内：17 名、外国：10 名）
- 「リヨン ELyT スクール 2013」  
平成 25 年 9 月 1 日～10 日 国立応用科学院リヨン校（フランス）  
出席者：40 名（うち拠点メンバー 国内：10 名、外国：6 名）
- 「ELyT ワークショップ・省エネルギーのための知的層材料・層構造セッション」  
平成 26 年 2 月 19 日～21 日 Villa Clythia at St Raphael（フランス）  
出席者：76 名（うち拠点メンバー 国内：22 名、外国：12 名）
- 「バイオ、マテリアル、流動ダイナミクスに関する日中ジョイントワークショップ」  
平成 26 年 2 月 26 日～27 日 東北大学流体科学研究所（日本）  
出席者：27 名（うち拠点メンバー 国内：7 名、外国 2 名）

#### 平成 26 年度

- 「第 2 回省エネルギーのための知的層材料・層構造シンポジウム」  
平成 26 年 10 月 9 日～10 日 仙台国際センター（日本）  
出席者：88 名（うち拠点メンバー 国内：27 名、外国：11 名）
- 「Sendai ELyT スクール 2014」  
平成 26 年 8 月 31 日～9 月 9 日 東北大学（日本）

参加者：65名（うち拠点メンバー 国内：10名、外国：2名）

➤ 「ELyT ワークショップ・省エネルギーのための知的層材料・層構造セッション」

平成27年2月18日～21日 松島センチュリーホテル（日本）

出席者：113名（うち拠点メンバー 日本：43名、外国：16名）

➤ 「ザールブリュッケン NDT スクール 2015」

平成27年2月22日～28日 ザールラント大学（ドイツ）

参加者：33名（うち拠点メンバー 国内：8名、外国：2名）

## ○研究者交流

### 【概要】

これまでに、知的構造材料に関する国際会議において本事業の取り組みを紹介する発表を行った。また、本事業に関連する国際連携体制を議論するために、フランス CNRS などの機関や他の国際共同研究拠点との意見交換や協力体制構築のための情報収集を適宜行っている。

(2)(1)の研究交流活動を通じて、申請時の計画がどの程度進展したか、「学術的側面」、「若手研究者の育成」、及び「研究教育拠点の構築」の観点から記入してください。

## ○学術的側面

本研究交流活動においては、知的構造体と流体との相互作用に着目した新しい省エネルギー機能を実現する知的層材料・層構造の学理基盤を構築し、その応用展開を図る。これまでの研究交流活動においては、取組み全体の前期として学理基盤の構築に注力し、具体的にはマルチマテリアルシステムの最適化設計手法の検討、流動との相互作用による機能発現のモデル化、スマートセンシング、等の研究領域について、共同研究を行った。特に、若手研究者が海外において滞在し共同実験を行うことにより、モデル化や設計を進めている。界面流体现象のモニタリングと数値解析を融合した「計測融合シミュレーション」による乱流モニタリングと、乱流制御技術についての要素研究を東北大学、フランス ECL、中国南京航空航天大学、KTH により行った。炭素系コーティングによる超低摩擦潤滑についての研究について、そのメカニズム解明に向けた東北大学と ECL との共同実験、モデルの検討、フランス INSA-Lyon と機能性薄膜の創成と評価に関する共同研究、ナノ構造を有するスマート伝熱コーティングの開発と評価に関する共同研究などを進めており、応用研究への移行の見通しを得た。知的層構造を用いたスマートセンサについて、東北大学、INSA-Lyon、IZFP、中国南京航空航天大学の間で基盤研究についての共同研究を実施した。耐食性を有する受動傾斜フィルムによる研究を行い、その基礎特性とモデル化について東北大学とフランス INSA-Lyon の共同実験を実施し、フィルムの設計のための基盤データを取得した。これらの成果により、平成27年度以降の応用展開と、本研究の学理の深化のための研究の蓄積を行う。

## ○若手研究者の育成

若手研究者の育成については、平成25年および26年に ELyT スクールをそれぞれリヨンおよび仙台において開催し、将来の研究者である大学院生に国際共同研究プロジェクトの意義について交流を通して理解してもらった。これまで継続的に開催されている ELyT スクールの参加学生の一部が東北大学に留学等により本共同研究を進めており、今後も参加学生の中から本共同研究拠点の中核的な人材が輩出されることが期待される。また、東北大学とフランス INSA-Lyon 間のダブルディグ

リーの取得者、共同教育を行った学生の学位審査への参加など、共同教育が多数の形となって現れている。ドイツ・ザールブリュッケンにおいて、本研究課題の基盤テーマの1つである非破壊検査・モニタリングを対象としたウィンタースクールを開催し、本研究課題に携わる大学院生の教育を行った。また、国際シンポジウムを1回、国際ワークショップを1回開催し、本研究に参画するメンバーの間で情報共有を行うとともに、新たなメンバーの開拓、取り組みに関する情報発信を行った。また、若手の派遣にあたっては、面接による評価とフォローアップを行っている。第1次若手回遊研究を軸とした共同教育が進行中であり、若手による研究成果も産み出されつつある。これらの研究者により、今後共同研究が主体的に進められることが期待される。

#### ○研究教育拠点の構築

先進的輸送機械のための知的層材料・層構造研究及びエネルギープラント保全のための知的層材料・層構造研究に関する共同研究テーマのそれぞれに対して、構築した研究協力体制を活用して、それぞれのテーマに関連する要素研究と応用研究について推進した。また、平成26年度より拠点機関としてスウェーデン王立工科大学が加わり、拠点機関である東北大学・流体科学研究所との長年にわたる流動制御に関する共同研究体制を活用する体制を整えた。このことにより、スマート層材料・層構造による流動制御に関する研究が加速することが期待される。東北大学産学連携先端材料研究開発センターに日本とフランスとの産学連携のためのジョイントラボラトリを設置し、大学間の学術的な研究を国際産学連携に発展させるための取り組みを開始している。また、CNRSのUnité Mixte Internationale (UMI, 国際混成研究所)への移行を目指した戦略と研究計画についてフランス側研究チームと議論を行い、具体的な設置準備と申請を行った。日本側拠点機関である東北大学流体科学研究所に、国際研究教育センターが平成27年5月に設置されており、組織的にかつ継続的に国際共同研究活動を推進する体制が整った。

本拠点では、国際産官学連携研究を目指しており、日本、フランス、ドイツ、中国、スウェーデンなどの大学と産業界との連携を推進する。東北大学産学連携先端材料研究開発センターに昨年度に設置した日本とフランスとの産学連携のためのジョイントラボラトリを拠点に活動を行っており、本拠点との有効な連携を進めている。コアを形成することについて検討を開始した。

#### 4. 事業の実施体制

本事業を実施する上での、「日本側拠点機関の実施体制」、「相手国拠点機関との協力体制」、及び「日本側拠点機関の事務支援体制」について記入してください。

##### ○日本側拠点機関の実施体制（拠点機関としての役割・国内の協力機関との協力体制等）

東北大学流体科学研究所は、流体科学を研究の対象とする世界的にみても特色ある附置研究所である。また、基盤となる流体科学から、様々な分野の応用に関して研究を展開している。平成22年より、共同利用・共同研究拠点「流体科学拠点」として文部科学省に認定されており、国内外の機関との共同研究を積極的に推進している。本研究所の特長と、「流体科学拠点」の枠組みを活用し、本事業と有機的な連携を行っている。本事業で新たに開拓する研究分野について、流体科学研究所における取り組みと補完する下記の国内研究機関について、有機的に連携している。

神戸大学： スマート層構造の機能性発現のモデル化、センサの信号シミュレーション

東海大学： スマート層構造の創成と評価

東京大学： スマート層構造の診断技術の開発

物質・材料研究機構： スマート層構造におけるセンシング要素の開発と評価

○ 相手国拠点機関との協力体制（各国の役割分担・ネットワーク構築状況等）

フランスの拠点機関 INSA-Lyon、スウェーデンの拠点機関 KTH における東北大学リエゾンオフィス、ジョイントラボラトリを中心として協力体制を構築している。また、中国の拠点機関・南京航空航天大学においてもジョイントラボラトリの設置を計画しており、活動が展開されている。

現在、リヨンにおいてフランス CNRS の枠組みで UMI (国際混成研究所) が設置される予定である。この UMI も、本事業における活動の重要な核となり、さらに UMI を中心とするフランス以外の諸外国との研究ネットワーク G D R I を活用して、本事業の協力体制を一層強化する予定である。

また、本事業における共同研究の結果、生まれた重要な研究テーマについては、共同利用・共同研究拠点「流体科学研究拠点」における重点研究課題として設定し、研究所として研究と研究者交流が支援されている。

○ 日本側拠点機関の事務支援体制（拠点機関全体としての事務運営・支援体制等）

日本側拠点機関である東北大学流体科学研究所に、国際研究教育センターが平成 27 年 5 月に設置された。本センターは、国際会議の開催、共同研究、若手研究者の留学・海外研修、外国人研究者の受入に関する支援を行うものである。本事業に関連する共同研究、セミナー、若手研究者の育成に関する事務的な支援も積極的に行っており、本事業に関連する教員および学生が、共同研究に専念するための体制が整っている。また、本研究センターは外国人客員教授ポストを有しており、本事業に関連した研究者を招聘してきた。さらに、今後も本事業に関連する重要な研究者を招聘し有機的な連携を推進することも可能である。