

令和元年度 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

研究交流課題名 (和文)	マルチモーダル計測医工学の国際拠点形成		
日本側拠点機関名	国立大学法人 千葉大学		
コーディネーター 所属部局・職名・氏名	フロンティア医工学センター・教授 羽石秀昭		
相手国側	国 名	拠点機関名	コーディネーター所属部局・職名・氏名
	フィンランド	東フィンランド大学	School of Computing・Head of the School of Computing, Professor・Markku Hauta-Kasari
	タイ	タマサート大学	Sirindhorn International Institute of Technology・Professor・Stanislav S. Makhanov
	中国	上海交通大学	SJTU-CU International Cooperative Research Center・Associate Professor・Fuyou Liang
	カナダ	ウォータールー大学	Department of Electrical and Computer Engineering・Associate Professor・Alfred C. H. Yu
	米国	リバーサイドリサーチ	Director・Ernest J. Feleppa
	フランス	フランス国立科学センター(CNRS)機械・音響研究所	CNRC, CNRS・Full time Permanent Researcher・Emilie Franceschini

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

これまでの医療ではレントゲンや超音波、CTなどいくつかの巨視的(マクロ)な計測・診断装置(モダリティ)で得られた情報に基づいて画像診断を行っている。一方、疾患の確定的な診断のためには、組織を取り出して顕微鏡による微視的(ミクロ)な病理診断を行うことが多くの場合に必要となる。これらの画像情報間の関係性を詳細に調べ、疾患のミクロな特徴とマクロな特徴を関係づけることで、あるいはまた、異なるモダリティで得られる信号から生体の構造や物性、機能の情報を多角的に獲得していくことで、診断・治療の能力が飛躍的に向上すると期待される。この期待に対して千葉大学では戦略的重点研究強化プログラムとして「マルチモーダル(MM)計測医工学」プロジェクトを進めている。これは、マルチモーダル統合技術とマルチスケール超音波技術を2つの柱として、上記

の目標達成を目指すプロジェクトである。このプロジェクトの推進のためには、国内外の有力機関とのネットワークを構築し、共同研究、セミナー等を通して、相互の能力を高め合うことがきわめて効果的である。またそれらの活動を通して若手研究者を育成する。

本申請の研究交流では、千葉大学の MM 計測医工学プロジェクトのサブセットとして、4つの課題

A：生体医用光学（東フィンランド大学）

B：医用画像解析（タマサート大学）

C：計算生体力学（上海交通大学）

D：広帯域超音波（ウォータールー大学）

を推進する。カッコ内は主たる相手機関である。研究に関しては、個別の課題ごとに具体的な目標を設定するが、それぞれの課題での要素技術の研究と課題間の連携研究を行う。またこの結果として、国際共著論文を出版すること、また人材育成面では、多数の大学院生を海外機関に中短期派遣して国際共同研究の能力を涵養し、事業終了後も国際意識の高い学生が集まる研究教育拠点となること、を目標とする。

○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】

上記内容を①世界的水準の研究交流状況と②若手研究者育成への貢献、の2点に関して、以下のように自己評価する。

①世界的水準の研究交流状況のうち、「学術的価値の高い成果」に関しては、以下に示す4つの特筆すべき研究成果が得られた。

- ・手術用の最適な LED 光源の設計と試作、企業を加えた実用化開発が本格化
- ・患者個別計算生体力学モデルの構築・循環器全身血管系の患者個別多階層モデルの開発
- ・超高速超音波診断技術を組織性状診断へ応用するための学術知見獲得
- ・超音波組織性状評価に関する総合的検討を大規模に展開し、関連領域から高評価を獲得

また、これら成果を含め原著論文を期間中 **10 件**刊行した。うち 5 件は先方機関との国際共著論文であった。さらに刊行予定の国際共著論文を3件有するなど、研究成果が十分に出つつある。

「成果から派生した波及効果」に関しても、研究ネットワークの拡大（研究課題数：4⇒5、相手拠点国：4⇒6）、国際標準化活動の活発化、実用化研究・臨床研究の展開、など明らかな進展があった。相手国経費による研究交流に関しても、千葉大学主催のシンポジウムへの参加や相手国側のセミナー開催、本学からの派遣学生や研究者に対する研究環境提供の形などで、十分に行われていると言える。

②若手研究者育成への貢献に関しては、若手研究者育成のプログラムとして、若手研究者主催による若手研究者ワークショップ開催、2つの博士課程ダブルディグリープログラムの推進を挙げることができ、これらの活動を通して、若手研究者の自立性向上、グローバル研究者としての意識付けなどを進めることができた。若手助教や大学院生の共同研究先への長・中・短期派遣や成果発表のための国際会議派遣等を想定以上に行うことができた。これら派遣には、本事業以外に千葉大学独自の支援プログラムによるものも相

当数あり、全体として目標を超えた達成度と自負している。

以上、総合的に判断して、2年間の目標は十分達成されたと考える。

3. これまでの研究交流活動の進捗状況

(1)これまで(平成31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】

平成 29 年度

初年度終盤にはリバーサイドリサーチを米国拠点機関として追加し、研究課題を「E:生体音響物性」と設定した。本事業では、当初からの相手機関であるカナダのウォータールー大学(研究課題はD:広帯域超音波)および追加したリバーサイドリサーチと連携し、超音波定量診断の拠点化に向けて活動している。

以下、5つの課題について、研究者交流の概要を述べる。

A:生体医用光学(R-1):助教1名および大学院生 2 名をそれぞれ2~3ヶ月、東フィンランド大学に派遣し、眼底画像解析、手術用照明スペクトルの最適化、および、舌色スペクトル解析について共同研究を進めた。

B:医用画像解析(R-2):助教1名を2ヶ月、大学院生1名を1ヶ月、タマサート大学に派遣し、病理画像と顕微超音波画像の相関解析について共同研究を進めた。また博士課程ダブルディグリープログラムの学生をリクルートし、若手研究者の育成を含めた共同研究を開始することができた。

C:計算生体力学(R-3):特任助教1名、特別研究員1名及び博士後期課程学生1名をそれぞれ約1ヶ月程度上海交通大学に派遣し、血流不安定性や加齢による脳動脈瘤破裂の力学リスクファクターの評価、胎児を含む全年齢層を網羅した心臓血管系全身マルチスケール力学モデルの開発などを実施した。

D:広帯域超音波(R-4):日本側コーディネーターを含む複数名の中核推進者がウォータールー大学を 3 度にわたり訪問するとともに、先方の推進者が複数回千葉大学を訪問し、開発する超高速超音波計測用システムの仕様を決定した。

E:生体音響物性(R-5):新規に参画したリバーサイドリサーチに 2 名の大学院生をそれぞれ3ヵ月、1ヵ月派遣するとともに先方研究者が2週間千葉大学で超高分解能音響物性解析の共同研究を行った。

平成 30 年度

30 年度は各相手機関でセミナーを開催し、これに合わせて本学から先方機関を多数訪問し、共同研究の打合せを行った。以下、5つの課題について、研究者交流の概要を述べる。

A:生体医用光学(R-1):セミナーの機会を利用して、千葉大学側から5名が先方を訪問し研究打合せを行った。論文作成作業をメールベースで行った。共同研究の成果として、国際論文誌に共著論文を投稿し、1編が掲載され、さらに1編が掲載決定となった(掲載は平成31年度)。

B:医用画像解析(R-2):博士課程ダブルディグリープログラム開始以来最初の学生が千葉大学に入学し、共同研究を推進しただけでなく国際交流に重要な役割を果たした。国際的な人材の育成という観点からも成果のある1年となった。

C:計算生体力学(R-3):特別研究員1名及び博士後期課程学生1名をそれぞれ約1ヶ月程度上海交通大学に派遣し、胎児から成人までの循環器系全身 0-1D 力学モデルの開発と大動脈二尖弁血流動態の弁形態効果の検討などを実施した。本事業に関する共同研究をテーマにした国際共著論文が4編刊行され、学術的に非常に

重要な成果を挙げた。

D: 広帯域超音波(R-4): ウォータールー大学に大学院生1名が半年間滞在して先方と協力しながら共同研究を進めた。この成果は論文として採択されたほか、国際学会での発表で賞を受賞した。

E: 生体音響物性(R-5): フランス国立科学研究センター(CNRS) 機械・音響研究所(平成31年4月 相手国・拠点機関追加承認済)とリバーサイドリサーチ(米国)との連携を進め、4名の博士前期課程学生を先方に派遣した(米国2名、仏2名)。また先方から研究者が2週間来訪し共同研究を行った。

さらに、課題間の連携研究に関しては、研究内容の相互理解を深化させるため、過去の2年間の中で、以下の訪問を行った。

- ・ A: 生体医用光学(R-1) および B: 医用画像解析(R-2) 主担当の羽石が、D: 広帯域超音波(R-4) のウォータールー大学を訪問して、研究に関する意見交換を行った
- ・ A: 生体医用光学(R-1) および B: 医用画像解析(R-2) 主担当の羽石が、C: 計算生体力学(R-3) の上海交通大学を訪問して講演および研究に関する意見交換を行った
- ・ C: 計算生体力学(R-3) 主担当の劉がD: 広帯域超音波(R-4) のウォータールー大学を訪問して講演および研究に関する意見交換を行った

これらの活動を通して事業期間後半に向けて連携研究の課題探索を行った。具体例としては、病理標本の光と超音波によるマルチモーダル解析などが挙げられ、それらの研究を現在活発化させている。

○セミナー

	平成29年度	平成30年度
国内開催	1回	1回
海外開催	0回	4回
合計	1回	5回



国際若手研究者ワークショップ (2018. 1. 17、千葉大学) セミナー (2018. 9. 25、クオピオ大学病院)

【概要】

平成29年度

当事業開始当初の相手国拠点機関(4カ国)のコーディネーターを集めたキックオフシンポジウムを千葉大学にて開催した。このプロジェクトは、千葉大学の「マルチモーダル計測医工学」のシンポジウムと合わせて開催したものである。6カ国から延べ62人が一堂に会し、プロジェクトの内容や方向性の確認・相互の研究成果の発表を行った。3機関以上の連合した共同研究の可能性についても検討した。

このシンポジウムに先立ち、前日には千葉大学所属の助教らが若手研究者を対象にしたワークショップを自ら企画し運営した。この中では招待講演者を招くとともに、各拠点機関から若手研究者の発表を広く募集し、優秀論文の表彰も行うなど積極的な交流を行った。

平成 30 年度

先方機関 4 機関でセミナーを行った。内容と日程は以下のとおりである。

A：生体医用光学（R-1）：東フィンランド大学 2018. 9. 25

B：医用画像解析（R-2）：タマサート大学 2018. 12. 12

C：計算生体力学（R-3）：上海交通大学 2018. 11. 3-11. 4

D：広帯域超音波（R-4）：ウォータールー大学 2018. 10. 12

いずれのセミナーでも、千葉大学側および相手機関側から研究発表を行い、活発に討論した。また、一部のセミナーでは、研究室見学などもイベントに含めた。また、タイのセミナーにはフィンランドからの参加研究者も出席、カナダのセミナーにはアメリカの参加研究者も出席するなど、千葉大学と相手 1 機関という連携だけでなく、千葉大学と相手国複数とのネットワークもできつつある。このように、日本がネットワークの核になりグループ全体での研究協力体制構築も進めている。

○研究者交流

【概要】

これまでに実質的な共同研究をしてきた米国の研究機関リバーサイドリサーチを、平成 30 年度途中に相手国・相手機関として追加することができた。加えて、同じく米国のメモリアルスローンケタリングがんセンター(Memorial Sloan Kettering Cancer Center: MSKCC と表記)の研究者を訪問し、また逆に当該研究者が千葉大学に来訪するなどして交流を深め、最終的に病理画像解析に関する共同研究体制を立ち上げることができた。このように国際拠点形成に向けてネットワークをいっそう強化することができた。上記以外にも拠点形成に向けて研究室の訪問を活発に行い、連携を模索した。具体的には、シンガポール国立大学（シンガポール）、University College of London（英国）、Northwestern University(米国)、中国科学院深圳先進科学研究所（中国）などが挙げられる。他にも研究成果発表のため、多数の国際会議に出席し、研究者交流を進めた。

(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、以下の観点から記入してください。

○日本側拠点機関及び相手国拠点機関の交流によってえられた、世界的水準の国際研究交流拠点となりうるような学術的価値の高い成果

本研究交流では、5つの課題

A：生体医用光学(R-1):東フィンランド大学

B：医用画像解析(R-2):タマサート大学

C：計算生体力学(R-3):上海交通大学

D：広帯域超音波(R-4):ウォータールー大学

E：生体音響物性(R-5):リバーサイドリサーチ、フランス国立科学センター 機械・音響研究所

を推進している。いずれの研究課題においても、論文や国際会議での発表の形で学術的成果を示してきたが、本項では特に際立つ研究成果を4つ挙げる。

(1) A：生体医用光学(R-1)：手術用の最適なLED光源の設計と試作、実用化に向けた開発

生体医用光学の分野で、診断や治療に貢献する光学技術に関して、国際共同研究を進めてきた。その具体的な成果のひとつは手術用最適光源の設計である。手術の際、血管や組織の色の見え方が重要であるが、術野を直接目視して手術を行う場合、これを向上させる手段がほとんどなかった。我々は近年のLEDの多様性に着目し、手術用の最適なLED光源の設計を数年来進めてきた。東フィンランド大学は分光・光学デバイスの実装などの知見を有し本研究を行うに当たって理想的な相手機関である。本課題を担当する博士後期課程学生が先方に3ヶ月間滞在して密な共同研究を実施し、最適な光源を設計し試作機を完成させることができた。この成果は原著論文として、Journal of Artificial Life and Roboticsに平成30年5月に掲載され、さらにIEEE Access(IF=3.56)に令和元年5月に掲載された(論文作成は平成30年度末)。特に後者はIFの高い論文誌であり、研究の重要性・有用性が客観的に評価されたものと考えている。また本研究は国内最大手の手術用照明メーカーが興味を示し、実用化に向けて共同研究が進んでいる。なお、研究を主体的に進めた担当学生は平成31年4月から日本学術振興会の特別研究員DC2に採択されている。

(2) C：計算生体力学(R-3)：患者個別計算生体力学モデルの構築・循環器全身血管系の患者個別多階層モデルの開発

計算生体力学の研究では、主に臨床応用に耐えられるような循環器全身血管系の患者個別多階層・多物理モデルの開発とその妥当性検証に関する共同研究を実施し、数多くの学術論文を発表してきた。具体的には、35名分の画像データを使用した患者個別計算生体力学モデルを構築し、初めて血流不安定性と内頸脳動脈瘤破裂の相関に関して統合的に評価を行なった。この成果が生体力学分野のトップ英文誌Journal of Biomechanics(IF=2.58)に掲載され客観的に高く評価されている。その加齢効果に関する成果もComputers in Biology and Medicine(IF=2.29)に掲載された。本課題は千葉大学で博士号を取得した共同研究先のポスドク研究員が主導的に実施した。また、今までになかった胎児を含む低年齢層に特化した心臓血管系全身マルチスケール力学モデルを、生物学的な相対成長法則(allometric scaling law)等の導入により構築し、胎児、幼児、児童、成人及び高齢者を網羅した循環器全身血管系の患者個別多階層モデルを開発するとともに、その妥当性を確認できた。関連の成果がComputers in Biology and Medicine (IF=2.29)、International Journal for Numerical Methods in Biomedical Engineering (IF=2.34, invited)に刊行された。本課題を担当する千葉大学のポスドク研究員がこれらの実績により次の研究職に就くことができた。

(3) D : 広帯域超音波 (R-4) : 超高速超音波診断技術を組織性状診断へ応用するための学術知見獲得

過去2年間のウォータールー大学との共同研究により、平面波超音波(並列ビーム技術)を用いて超高速にターゲットを観察した際に生じる散乱特性評価への影響についての基本的理解が進んだ。具体的には、超音波の照射条件を工夫することで、通常の高分解能な超音波観察(ただし低速)と同等の精度を担保可能であることが確認された。また、その結果を踏まえ、富山大学の所有装置や複数の臨床用超音波診断装置でも同様の検討を行い、それぞれにおいて超高速観察や超音波ビーム形状の制限がある場合においても精度低下を避けることが可能であることが確認された。このように、超高速超音波診断技術を組織性状診断に直接的に応用する例はこれまでになかったため、術中の超迅速超音波診断まで見据えた臨床応用に展開する上で、きわめて重要な学術的知見を得ることができたと言え、この分野の発展に大きく寄与するものである。実際に、基礎検討の段階でありながら関連領域における注目度が高く、既に専門学会である超音波医学会での招待講演があり、アメリカ音響学会での招待講演も予定している。これらの結果は論文誌 Ultrasonic Imaging (IF=2.49) および Journal of Medical Ultrasonics に (IF=0.97) に投稿済みで、各々令和元年8月以降の掲載予定である。また、日本音響学会優秀賞などの受賞がある。

(4) E : 生体音響物性 (R-5) : 超音波組織性状評価に関する総合的検討を大規模に展開

アニュラアレイプローブに関する検討は、センサの作成のみならず模擬生体試料や実生体の観察および性状評価も行っており、その成果が Japanese Journal of Applied Physics (IF=1.47) に掲載されているとともに、日本音響学会優秀賞や国際会議 3T-in-3A 優秀賞などを受けている。また、超高周波超音波に関する検討については、これまでに主対象としてきた肝臓組織に加え、眼やリンパ節、さらには単体の培養細胞についての高精度な音響特性評価も可能としており、Ultrasonic Imaging (IF=2.49) への採択の他、国際会議 IFMIA での最優秀論文賞や USE での奨励賞などを受けている。加えて、これらをリンクすることが可能な超音波信号解析技術も併せて多数提案しており、IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control (IF=2.99) 他の複数論文として発表している。これらの活動により、本事業の超音波グループは、超音波組織性状評価に関する総合的検討を大規模に展開していることが広く認知されており、関連する医系・工学系の各学会において専門セッションが組まれるなどの状況となっている。

○研究交流活動の成果から発生した波及効果

【研究ネットワークの拡大】

研究交流の進展に伴い、研究課題数を4から5に増やし、また相手拠点国を4から6に増やした。あわせて連携機関の追加も進んだ。多国間の連携に基づいた交流活動が始動している。

A : 生体医用光学 (R-1) : 東フィンランド大学

東フィンランド大学との共同研究の加え、生体ラマン散乱計測に関してシンガポール大学との連携が始まった。

B : 医用画像解析 (R-2) : タマサート大学

タマサート大学との眼底画像解析および OCT 画像解析に加え、マイクロ X 線 CT を用いたマルチモーダル画像解析に関して、MSKCC (米国) との共同研究が始まった。

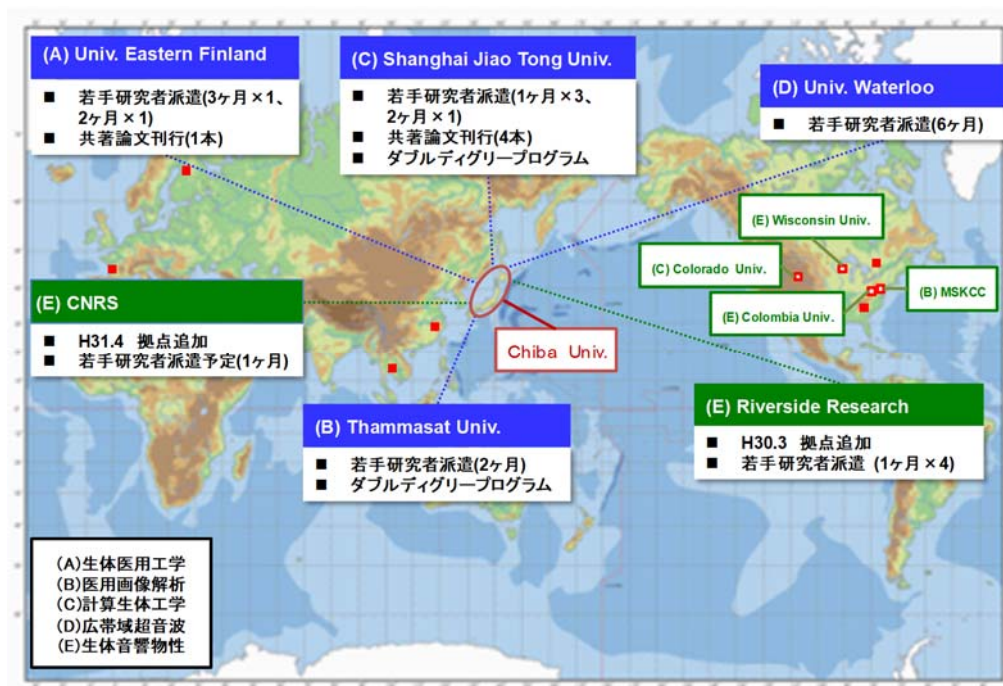
C : 計算生体力学 (R-3) : 上海交通大学

心血流・大動脈血流の画像解析に関して、上海交通大学との研究交流に加え、コロラド大学 (米国) との

共同研究に拡大している。

D：広帯域超音波（R-4）：ウォータールー大学、E：生体音響物性（R-5）：リバーサイドリサーチ、フランス国立科学研究センター

平成29年度中に米国が加わり、平成31年度冒頭よりフランスが加わった。具体的な機関はリバーサイドリサーチ（RRと表記、米国）、フランス国立科学研究センター 機械・音響研究所（CNRSと表記、フランス）が追加相手国のパートナー機関であり、さらに、コロンビア大学（米国）、ニューヨーク大学（米国）とも連携している。このうち、連携研究者がシンガポールでの新規研究所起ち上げに至り、当プロジェクトの学位取得者がここのポストドクに着任した。



図：研究ネットワークの拡大

当初課題(A)～(D)に(E)が加わり、また連携機関・研究者が増加した（緑色）。

【標準化活動】

D：広帯域超音波（ウォータールー大学）、E：生体音響物性（リバーサイドリサーチ、フランス国立科学研究センター）

D, E における超音波研究の特徴は、単なる可視化ではなくその定量的扱いにある。これまでの研究交流活動を通して積み上げてきた定量的超音波計測の技術や知見が、ここにきて国際標準化活動に生かされつつある。北米放射線学会の Quantitative Imaging Biomarker Alliance (QIBA)では、平成19年より画像バイオマーカーの活用を推進する取り組みをしており、平成27年より日本放射線医学会が、日本磁気共鳴医学会、日本超音波医学会などと連携して日本版 QIBA (J-QIBA) の活動をしている。われわれの研究グループは MR エラストグラフィ (MRE) と超音波エラストグラフィ (SWE) の両装置で利用可能なファントムを開発し、一定のプロトコル下でのエラストグラフィの定量性や再現性を評価するなど、標準化活動を活発に行っている。特に超音波エラストグラフィにおいては、日本超音波医学会 SWE の標準化に関する小員会と共同で SWE 開発・販売事業者7社の協力の下に標準化に向けたベースデータの取得実験を実施した。海外との関係では超音波診断法の定量化を進めている技術系代表のウィスコンシン大学 (Prof. Timothy Hall) との連携を開始している。国内では千葉大学が中心となって京大・東北大・東工大・兵庫医科大・

浜松医科大が連携している。

【実用化研究・臨床応用研究】

- ・ A：生体医用光学（R-1）では、手術照明大手企業が強い関心をもち、高輝度LEDを用いた手術照明の試作を進めている。
- ・ B：医用画像解析（R-2）では、高分解能OCTを開発するベンチャー企業と、タイのタマサート大学と3者での秘密保持契約を結んだ上で共同研究を始めた。
- ・ C：計算生体力学（R-3）では、上海交通大学附属上海児童医療センターと、胎児、幼児、児童、成人及び高齢者を網羅した循環器全身血管系の患者個別多階層モデルを使用して、先天性単心室を有する幼児の心機能評価とFontan手術予測の臨床応用に関する共同研究を始めた。
- ・ 上述したD：広帯域超音波（R-4）、E：生体音響物性（R-5）の標準化活動では、国内の全メーカーに呼び掛けて標準化のための計測会を実施済みであり、社会実装の意義も有している。

○若手研究者育成への貢献

・若手研究者が身につけるべき能力・資質等の向上に資する育成プログラムの実施及びその効果

相手機関へ中長期派遣、若手ワークショップの開催などを行った。また学会、シンポジウム、セミナーにおけるポスターあるいは口頭発表を積極的に進めた。結果として以下の受賞があった。

◇Kazuki Tamura, Excellent Shotgun Communication Award, Ultrasonics 2018（国際会議）

◇Takuya Ogawa, Best Paper Award, IWAIT-IFMIA2019（国際会議）

◇橋本涼平 第37回日本医用画像工学会大会 大会奨励賞

◇本田瑤季 第39階超音波エレクトロニクスの基礎と応用に関するシンポジウム 奨励賞

◇田村和輝 日本音響学会 栗屋潔学術奨励賞

・次世代の中核を担う若手研究者が、交流相手国との研究ネットワークを構築したか

【交流研究者の所属する研究へ研究者として就職】

本事業で主体的に研究を行った博士後期課程学生やポスドクが、学位取得後あるいは千葉大での研究終了後に、交流した相手研究者の所属する研究機関に研究員として就職しており、ネットワーク構築に大きく寄与している。具体的内容を以下に示す。

◇計算生体力学の担当学生（劉研）⇒コロラド大学医学部（ポスドク）

◇計算生体力学の担当学生（劉研）⇒上海交通大学（ポスドク）

◇計算生体力学のポスドク（劉研）⇒中国科学院深圳先端技術研究院（研究員：助教相当）

◇高周波超音波の担当学生（山口研）⇒シンガポール大学 - Duke 大学医学部（ポスドク）

なお、平成31年の活動になるが、相手国（米国）の協力機関であるMSKCCに若手助教が平成31年4月から1年間のサバティカル休暇を利用して研究者として滞在しており、先方でのメンターおよび研究者との交流を活発に行っている。

【海外共同学習プログラムの開催（経費外）】

タマサート大学（タイ）と合同で、博士前期課程の学生を対象に「医用画像処理グループプロジェクト」を毎年実施している。これは6～8名の大学院生をタイに約10日間派遣して、先方の大学院生とチームを作り所定の画像処理の課題に取り組ませるというものである。終了後には発表会も行う。初期段階の研

究者育成プログラムと言え、実際、このプログラム経験者の 1 名が博士後期課程に進学して、現在本事業の研究を進めている。

【ダブルディグリープログラム（タマサート大学・上海交通大学）】

本事業を主担当する羽石および劉がそれぞれ、タマサート大学および上海交通大学との博士課程ダブルディグリープログラムを代表者として運営している。このプログラムに参加している博士後期課程学生が本拠点形成事業にも参加して、自身の研究活動に加え、グループとしての研究活動でもリーダーシップを発揮しており、若手研究者自身の研究ネットワーク作りにもなっている。