

戦略的国際科学技術協力推進事業

日本－米国 研究交流

研究課題「Better Quality of Lifeに向けた接  
触インターフェースモデリングおよびセンサ技  
術に立脚した硬さベース医療診断」

## 研究終了報告書

研究交流期間 平成20年1月～平成23年3月

研究代表者：金子 真  
(大阪大学大学院工学研究科, 教授)

## 1. 研究・交流の目的

本研究・交流は、生活のさらなる質の向上（Better Quality of Life: BQL）を目指し、ヒトとの接触を硬さという切り口で接触インタフェースという形でモデル化し、最終的には医療診断や日常機器へ応用していくことを目的としている。具体的には、大阪大学側（日本側）が①非接触硬さセンシング、②ヒトの眼の3次元ダイナミックセンシング、③ストロボ方式剛性イメージャの研究を担当し、NY州立大学 Stony Brook,分校側（米国側）が①接触式硬さセンシング、②粘弾性物体の多層モデリング、③能動的人工プッシャーの研究を担当し、両機関の得意分野を融合することによって当該分野の研究推進を図るとともに、若手研究者を育成することも視野に入れる。

## 2. 研究・交流の方法

福祉、健康、医療分野において“硬さ”は重要な評価指標である。この分野において大阪大学側では非接触で対象物の硬さを計測する独自技術を保有しており、この技術を応用して眼、皮膚、臓器の臨床診断応用を視野に入れた非接触硬さ計測を進めてきた。一方、NY州立大学 Stony Brook,分校には、特に接触方式による硬さ計測技術、さらに硬さ評価理論に対して世界的な技術を保有しており、この独自技術をベースにヒトに優しい座り心地のいい椅子に関する研究、ロボット指による硬さ制御に関する研究を進めてきた。このようなお互いの保有技術を十分理解した上で、研究・交流の進め方について事前に議論し、以下の合意を得た。

- ・ 大阪大学側は空気などの流体を介して力を環境に与える間接的な力印加方式に基づく接触インタフェースの研究を進める。さらに生体を傷つけないという利点を生かし、ヒトの眼の3次元ダイナミックセンシングに関する研究を行い、来るべきエージング社会を視野に入れた BQL に貢献する。
- ・ New York University Stony Brook 側はプローブ等による直接的力印加方式に基づく接触インタフェースを中心に研究を進める。さらに生体組織の粘弾性モデル構築を目指した理論的研究を行う。
- ・ 両者はデータを互いに交換し、間接力印加方式と直接力印加方式の等価性、非等価性について考察し、医療診断応用や福祉応用を通じて、BQL に貢献する。
- ・ 定期的に若手研究者の派遣、ワークショップ、Skype を通じて研究打ち合わせ、情報交換を行なうとともに若手研究者の育成を目指す。

この合意事項に基づいて、両研究機関がこれまで保有していた技術の底上げだけでなく対象物粘弾性パラメータの非接触ダイナミックセンシング法の構築、さらに内部モデルの構築といった両機関が興味を共有している分野において新しい研究成果を出し、国際的に権威ある学会論文への投稿を通じて世界に向けて情報発信を行うことを確認した。

## 3. 研究・交流実施体制

### 3. 1 日本側

氏名	所属	役職	学位	役割
(リーダー) 金子 真	大阪大学, 大学院工学研究科	教授	工学博士	センシング
(研究者) 東森 充	大阪大学, 大学院工学研究科	准教授	工学博士	ロボティクス
(研究者) 丁憲勇	大阪大学, 大学院工学研究科	博士課程後期学生	工学修士	生体工学
(研究者) 木内 良明	広島大学, 大学院工学研究科	教授	医学博士	眼科

### 3. 2 相手国側

氏名	所属	役職	学位	役割
(リーダー) Imin Kao	New York University Stony Brook	教授	PhD	ロボティクス
(研究者) Dylan Chia-Hung Tsai	New York University Stony Brook	PhD学生	工学修士	ロボティクスと接触モデリング
(研究者) Craig Capria	New York University Stony Brook	PhD学生	工学修士	接触モデリングと知的FDD

### 4. 研究成果

#### 4. 1 研究成果の自己評価

- 計画以上の成果がでた     計画通りの成果がでた  
 計画とは異なるが有益な成果がでた     計画ほどの成果はでなかった  
 いずれでもない

#### 4. 2 研究成果の自己評価の根拠

**日本側の成果:**「ヒトの眼の3次元ダイナミックセンシング」の研究では空気噴流印加時の眼の変形を3次的に計測できる技術を構築し、この技術を用いて若者と高齢者の眼剛性を計測したところ、若者よりも高齢者の方が眼の構造剛性が低い、つまり高齢者の眼は構造的に柔らかいことがわかってきた。角膜等を含めた眼の構造剛性が低くなることは、眼圧計測器が提供する指示値は実際よりも低めに出してしまうことを意味する。緑内障発症率が高くなる高齢者に対して眼圧値を低めに計測してしまうことは、本来であれば高眼圧で精密検査が必要な患者を見逃してしまう危険性をはらんでいることを意味している。眼剛性のエイジング効果の発見は日本側が打ち出した最も社会的インパクトの大きな成果である。また「間接力印加方式と直接力印加方式の等価性、非等価性」について考察した結果、空気噴流を印加し、間接的に力を生体に印加した場合と、接触プローブ等を用いて直接生体に力を印加した場合、たとえ間接力印加方式と直接力印加方式で印加力を合わせたとしても物理的挙動は等価にならないことを示し、これが原因で空気噴流印加時の眼の変形に遅れが生じることを世界ではじめて明らかにした。さらに「ストロボ方式剛性イメージの研究」では、周期的空気噴流を生体組織にあてて、それと少しだけ周波数をずらしたストロボを照射することにより、生体組織のダイナミックな挙動を可視化する装置で、ヒト肌のエイジング効果を視覚的に評価できる装置というキャッチフレーズで日経新聞にも掲載された。

**米国側の成果:**「接触式硬さセンシング」では粘弾性物体の数学モデルを構築し、時間応答まで含めて実験結果とよく一致することを示している。また生体眼のモデルを構築し、シミュレーションにより空気噴流印加時のダイナミック挙動について調べている。

**相手国との協力による相乗効果:**「非接触硬さセンシング」では単層のバネ・ダンパネットワークモデルを用いることにより力印加時の生体組織の動的挙動が明快に表現できることを示した。この研究成果は生体医工分野では国際的に最も権威のある *IEEE Trans. on Biomedical Engineering* に両国の研究者共著で掲載されている。また粘弾性物体の多層モデルに関して日本側で初期モデルを構築し、これを米国側で発展させて、理論的枠組みの構築だけでなく実験的検証まで行い、その成果は *IEEE Int. Conf. on Intelligent Robots and Systems* 等で共著で発表している。さらに、この内容を発展させて *Advanced Robotics* に共著にて投稿中である。

4. 3 研究成果の補足  
特になし.

5. 交流成果

5. 1 交流成果の自己評価

- 計画以上の交流成果がでた       計画通りの交流成果がでた
- 計画ほどの交流が行われなかったが成果はでた
- 計画ほど交流成果がでなかった
- いずれでもない

5. 2 交流成果の自己評価の根拠

**派遣（研究期間中に相互派遣は13回，日本側から6回，米国側から7回；以下は一例）：**  
平成20年5月；Stony Brook 分校の Craig Capria が2ヶ月間滞在し，空気噴流印加時における眼のダイナミック特性から眼の粘弾性パラメータを推定する問題について議論した。  
平成20年6月；Dylan Chia-Hung Tsai が1週間間滞在し，直接力印加方式で粘弾性対象物の粘弾性パラメータを推定する問題について実験的考察を行った。平成20年6月；Imin Kao 教授が2週間滞在し，接触インタフェース問題について総合的に議論した。特に眼球内粘弾性モデルの多層パラメータ推定法について取り組んだ。平成21年3月；金子真がStony Brook 分校を訪問し，間接的力印加法と直接的力印加法の等価性，非等価性について議論した。平成22年8月；東森充がStony Brook 分校に2カ月間滞在し，粘弾性対象物の多層モデル化に関する理論的・実験的研究を行った。平成22年9月；金子真がStony Brook 分校を訪問し，粘弾性モデルの Fung モデルの導入について議論した。

**ワークショップ（研究期間中に3回企画，日本側で1回，米国側で2回）：**平成20年6月14日；Japan-U.S. Joint Research Program; Contact Interface Modeling and Stiffness-based Biomedical Diagnosis with Sensing Technology Towards a Better Quality of Life. (大阪大学にて開催) 平成21年4月25日；前記の第2回ワークショップ (Stony Brook にて開催) 平成22年5月4日；Robotics Research Towards Better Quality of Life. 世界最高の国際会議で当該分野の現状と展望について議論した。(アラスカにて開催)

**相手国との研究交流につながる人材育成：**相互に人的交流を行っている過程で，相手側 Skepe meeting を毎週定期的に行うようになった。さらに，本プロジェクト終了後もコンタクト装着時の眼剛性という新しいトピックスで継続的に研究を進めることを合意している。

5. 3 交流成果の補足  
特になし.

6. 主な論文発表・特許出願

論文 or 特許	・論文の場合：著者名、タイトル、掲載誌名、巻、号、ページ、発行年 ・特許の場合：知的財産権の種類、発明等の名称、出願国、出願日、 出願番号、出願人、発明者等	特記 事項
論文	N. Tanaka, M. Higashimori, M. Kaneko, and I. Kao, Noncontact Active Sensing for Viscoelastic Parameters of Tissue with Coupling Effect, IEEE Transactions on Biomedical Engineering, vol. 58, no.3, pp509-520, 2011.	相手側と共著
論文	C. Tsai, I. Kao, A. Shibata, K. Yoshimoto, M. Higashimori, and M. Kaneko: Experimental Study of Creep Response of Viscoelastic Contact Interface Under Force Control, Proc. of the IEEE/RSJ Int. Conf. on Intelligent	相手側と共著

	Robots and Systems (IROS2010), pp.4257-4280, 2010.	
論文	C. Tsai, I. Kao, K. Yoshimoto, M. Higashimori, and M. Kaneko, An Experimental Study and Modeling of Loading and Unloading of Nonlinear Viscoelastic Contacts, Proc. of the IEEE/RSJ Int. Conf. on Intelligent Robots and Systems (IROS09), pp.3404-3409, 2009.	相手側と共著