

**先端研究助成基金助成金(最先端・次世代研究開発支援プログラム)  
実施状況報告書(平成24年度)**

本様式の内容は一般に公表されます

研究課題名	サーフェスアクチュエーションに基づく触力覚インタラクション技術の開発
研究機関・ 部局・職名	東京大学・大学院工学系研究科・准教授
氏名	山本 晃生

### 1. 当該年度の研究目的

本研究課題では、静電サーフェスアクチュエーション技術の中核として、新しい触力覚インタラクション技術を実現することをめざしている。本年度は、基盤技術として、(1) アクチュエーション技術と平面ディスプレイの統合を可能とする透明電極パネル製作手法の確立、(2) 触力覚インタラクションに適した静電アクチュエーション新原理の検討、(3) 人の知覚特性を踏まえた新しい触力覚提示手法の構築、を研究目的とした。応用面では、各種触力覚インタラクションシステムの実現をめざして、(4) 映像情報と同期して実物体が画面上を動くタンジブルインタフェース、(5) 仮想物体の反力を提示するハプティックインタフェース、(6) 指先に硬軟感、しこり感などの触感を提示するタクトイルインタフェースのプロトタイプ構築を目的とした。

### 2. 研究の実施状況

(1) 透明電極パネルの製作手法を検討し、透明シート上にエッチング形成されたITOパターンに透明絶縁膜と透明配線をスクリーン印刷する手法で透明2自由度アクチュエータ電極の製作方法を確立した(図1)。試作電極により、普通紙を誘導駆動することや、透明電極構造を持つ移動体を同期駆動できることを実証した。

(2) 静電アクチュエーション手法としては、移動体に電極を有する同期駆動方式と、抵抗体を対象とする誘導駆動方式がある。触力覚インタラクションの観点からは両者に一長一短があるため、両者の特徴を併せ持つ駆動方式を研究し、昨年提案した圧電体との共振により高電圧を誘導して駆動する新しい駆動方式等に関し、その設計方法と動作特性を明らかとした。

(3) 触感提示の有用な応用である遠隔触診では硬軟感やしこり感などの提示が求められる。光弾性現象を利用した指先モデルを用いて、物体に触れた際の指先接触圧分布を推定し、様々な硬軟感を提示する際に再現すべき圧分布に関する知見を得た(図2)。

(4) 透明アクチュエータ電極と液晶ディスプレイの統合により、映像情報と連動して物体をディスプレイ上で駆動できるシステムを構築した。駆動原理として同期式(図1)と誘導式(図3)の2種を用いてプロトタイプを試作した。

(5) 液晶ディスプレイ上に配置した透明電極と、その上に配置したパッドとの間の静電吸引摩擦を活用し、新しいパッシブ式ハプティック提示技術を実現した。提案手法により、複数の指に同時に独立した力覚提示を行うマルチタッチ・ハプティックインタフェースが実現可能なことを実証した。

様式19 別紙1

(6) 上記(3)の知見に基づき、様々な硬軟感やしこり感を指先に提示するタクトイルインタフェースを構築した(図4)。指先へのシートの巻き付けにより圧分布を制御する手法を提案し、多様な硬軟感と、柔軟体中の様々な大きさやしこり感を、単一の装置で提示できることを実証した。

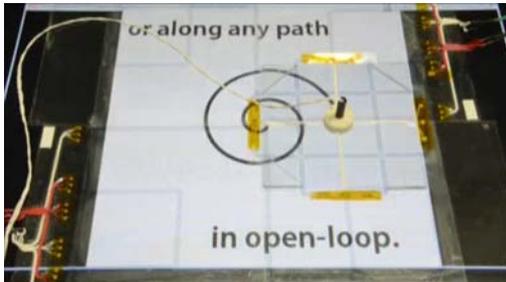


図1

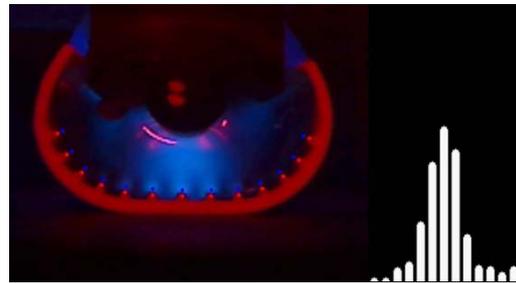


図2



図3

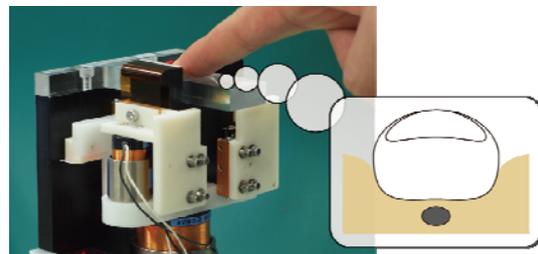


図4

3. 研究発表等

<p>雑誌論文 計 4 件</p>	<p>(掲載済み一査読有り) 計 0 件 (掲載済み一査読無し) 計 0 件 (未掲載) 計 4 件</p> <p>[1] Fuminobu Kimura and Akio Yamamoto, “Effect of delays in softness display using contact area control: rendering of surface viscoelasticity”, Advanced Robotics (in press) [2] Taku Nakamura, Fuminobu Kimura, and Akio Yamamoto, “A Photoelastic tactile sensor to measure contact pressure distributions on object surfaces”, Journal of Robotics and Mechatronics (in press) [3] Norio Yamashita, Akio Yamamoto, and Toshiro Higuchi, “Pulse voltage operation of two-to-four-phase voltage-induction-type electrostatic motor”, International Journal of Applied Electromagnetics and Mechanics (in press) [4] Norio Yamashita, Akio Yamamoto, and Toshiro Higuchi, “Effects of Electrode Configuration for Performances of Voltage-Induction-Type Electrostatic Motors”, Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing (in press)</p>
<p>会議発表 計 15 件</p>	<p>専門家向け 計 15 件</p> <p>[1] Takuya Hosobata, Akio Yamamoto and Toshiro Higuchi , “A Linear Electrostatic Induction Motor with Coils Mounted on its Slider for Voltage Boosting”, Joint International Conference of the XI International Conference on Mechanisms and Mechanical Transmissions and the International Conference on Robotics (2012/6, Clermont-Ferrand, France) [2] Fuminobu Kimura and Akio Yamamoto, “A Softness Feeling Display with an Active Tensioner Controlling Contact Pressure Distribution on a Fingertip”, Joint International Conference of the XI International Conference on Mechanisms and Mechanical Transmissions and the International Conference on Robotics (2012/6, Clermont-Ferrand, France) [3] Ryosuke Saito, Takuya Hosobata, Akio Yamamoto and Toshiro Higuchi. “A Resonant Electrostatic</p>

	<p>Induction Motor with Piezoelectric Elements as Inductors Connected to its Slider Electrodes”, 2012 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (2012/10, Vilamoura, Portugal)</p> <p>[4] Hongqiang Wang, Akio Yamamoto, Toshiro Higuchi, “Electrostatic-motor-driven Electroadhesive Robot”, 2012 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (2012/10, Vilamoura, Portugal)</p> <p>[5] Takuya Hosobata, Akio Yamamoto, and Toshiro Higuchi. “Experimental Investigation on Performance Degradation of Resonant Electrostatic Induction Motor by Capacitance Unbalance”, 2nd IFToMM Asian Conference on Mechanism and Machine Science (2012/11, 東京)</p> <p>[6] Kota Amano and Akio Yamamoto, “Tangible Interactions on a Flat Panel Display Using Actuated Paper Sheets”, ACM International Conference on Interactive Tabletops and Surfaces 2012 (2012/11, Cambridge, USA)</p> <p>[7] 中村琢, 木村文信, 山本晃生, 「光弾性触覚センサを用いた硬軟感提示装置の評価」, ロボティクス・メカトロニクス 講演会 2012 (2012/5, 浜松)</p> <p>[8] 木村文信, 中村琢, 山本晃生, 「硬軟感提示におけるしこり知覚の検討」, 日本ロボット学会第30回記念学術講演会 (2012/9, 札幌)</p> <p>[9] 木村文信, 山本晃生, 「柔軟物体中のしこり感提示手法の検討」, 第13回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会 (2012/12, 福岡)</p> <p>[10] 中村琢, 山本晃生, 「静電吸引力を用いた画面上でのマルチタッチ触感提示の試み」, 第13回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会 (2012/12, 福岡)</p> <p>[11] 天野皓太, 山本晃生, 「ITO電極による静電誘導搬送とデスクトップインタラクションへの応用」, 第13回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会 (2012/12, 福岡)</p> <p>[12] 細島拓也, 天野皓太, 山本晃生, 樋口俊郎, 「ITOパターニングとスクリーン印刷による透明2自由度平面型静電モータの開発」, 2013年度精密工学会春季大会 (2013/3, 東京)</p> <p>[13] 山下典理男, 山本晃生, 樋口俊郎, 「静電誘導給電型モータの推力への移動子電極厚みの影響」, 2013年度精密工学会春季大会 (2013/3, 東京)</p> <p>[14] Tommy Tram, Maeda Atsuhiko and Akio Yamamoto, “Effect of Traveling Voltage Wavelength on Electrostatic Induction Actuators Driving Performance”, 2013年度精密工学会春季大会 (2013/3, 東京)</p> <p>[15] 山本晃生, 「静電フィルムアクチュエータとインタラクション応用」, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス部門平成24年度第1地区特別講演会「ロボティクスとインタフェース」(2012/8, 仙台)</p> <p>一般向け 計0件</p>
<p>図書 計14件</p>	<p>[1] Takuya Hosobata, Akio Yamamoto and Toshiro Higuchi, “A Linear Electrostatic Induction Motor with Coils Mounted on its Slider for Voltage Boosting”, Applied Mechanics and Materials, Vol. 162, No. 1, pp. 515-522 (2012/6)</p> <p>[2] Fuminobu Kimura and Akio Yamamoto, “A Softness Feeling Display with an Active Tensioner Controlling Contact Pressure Distribution on a Fingertip”, Applied Mechanics and Materials, Vol. 162, No. 1, pp. 463-470 (2012/6)</p> <p>[3] Ryosuke Saito, Takuya Hosobata, Akio Yamamoto and Toshiro Higuchi, “A Resonant Electrostatic Induction Motor with Piezoelectric Elements as Inductors Connected to its Slider Electrodes”, Proceedings of 2012 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, pp. 622-627 (2012/10)</p> <p>[4] Hongqiang Wang, Akio Yamamoto, and Toshiro Higuchi, “Electrostatic-motor-driven Electroadhesive Robot”, Proceedings of 2012 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, pp. 914-919 (2012/10)</p> <p>[5] Takuya Hosobata, Akio Yamamoto, and Toshiro Higuchi, “Experimental Investigation on Performance Degradation of Resonant Electrostatic Induction Motor by Capacitance Unbalance”, Proceedings of the 2nd IFToMM Asian Conference on Mechanism and Machine Science, Vol. 1, 82 (CD-ROM, 8 pages) (2012/11)</p> <p>[6] Kota Amano and Akio Yamamoto, “Tangible Interactions on a Flat Panel Display Using Actuated Paper Sheets”, Proceedings of the ACM International Conference on Interactive Tabletops and Surfaces 2012, pp. 351-354 (2012/11)</p> <p>[7] 中村琢, 木村文信, 山本晃生「光弾性触覚センサを用いた硬軟感提示装置の評価」, ロボティクス・メカトロニクス 講演会 2012 講演論文集, 1A2-C02 (CD-ROM, 4 pages) (2012/5)</p> <p>[8] 木村文信, 中村琢, 山本晃生, 「硬軟感提示におけるしこり知覚の検討」, 日本ロボット学会第30回記念学術講演会講演論文集, RSJ2012AC4E2-7 (CD-ROM, 4 pages) (2012/9)</p> <p>[9] 木村文信, 山本晃生, 「柔軟物体中のしこり感提示手法の検討」, 第13回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会論文集, pp. 1311-1314 (2012/12)</p> <p>[10] 中村琢, 山本晃生, 「静電吸引力を用いた画面上でのマルチタッチ触感提示の試み」, 第13回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会論文集, pp. 2041-2044 (2012/12)</p>

様式19 別紙1

	<p>[11] 天野皓太, 山本晃生, 「ITO 電極による静電誘導搬送とデスクトップインタラクションへの応用」, 第 13 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会論文集, pp. 1337-1339 (2012/12)</p> <p>[12] 細島拓也, 天野皓太, 山本晃生, 樋口俊郎, 「ITO パターニングとスクリーン印刷による透明2自由度平面型静電モータの開発」, 2013 年度精密工学会春季大会講演論文集, pp. 475-476 (2013/3)</p> <p>[13] 山下典理男, 山本晃生, 樋口俊郎, 「静電誘導給電型モータの推力への移動子電極厚みの影響」, 2013 年度精密工学会春季大会講演論文集, pp. 477-478 (2013/3)</p> <p>[14] Tommy Tram, Maeda Atsuhiko and Akio Yamamoto, “Effect of Traveling Voltage Wavelength on Electrostatic Induction Actuators Driving Performance”, Proceedings of 2013 JSPE Spring Conference, pp. 1105-1106 (2013/3)</p>
産業財産権 出願・取得状 況  計 0 件	<p>(取得済み) 計0件</p> <p>(出願中) 計0件</p>
Webページ (URL)	<p><a href="http://am.t.u-tokyo.ac.jp/next.html">http://am.t.u-tokyo.ac.jp/next.html</a></p> <p>「最先端・次世代研究開発支援プログラム: サーフェスアクチュエーションに基づく触力覚インタラクション技術の開発」</p>
国民との科 学・技術対話 の実施状況	<p>・大学学園祭での研究室公開 2012/5/19, 20, 場所: 東大本郷キャンパスの研究室, 参加者: 一般 150 名程度 内容: アクチュエータや力触覚インタラクションデバイスに関する装置の実演体験やビデオ紹介</p> <p>・テクノフロンティア 2012/7/11~13, 場所: 東京ビッグサイト, 参加者: 100 名以上(展示ブースへの来訪者) 内容: 産業技術の展示会であるテクノフロンティア 2012 にて, 研究内容をビデオ, ポスターで展示</p> <p>・東大テクノサイエンスカフェ 2012/7/7, 場所: 東大本郷キャンパスの研究室, 参加者: 小中学生 28 名, 保護者 26 名 内容: アクチュエータや力触覚インタラクションデバイスに関する装置の実演体験</p> <p>・オープンキャンパス 2012/8/7, 場所: 東大本郷キャンパスの研究室, 参加者: 高校生 20 名 内容: アクチュエータや力触覚インタラクションデバイスに関する装置の実演体験やビデオ紹介</p>
新聞・一般雑 誌等掲載 計1件	<p>[1] 日刊工業新聞 2012/5/2, 14 面: 「東大, 静電気を利用 物動かすディスプレイ」</p>
その他	

4. その他特記事項

【受賞】

- [1] IEEE Robotics and Automation Society Japan Chapter Young Award

対象論文: "A Resonant Electrostatic Induction Motor with Piezoelectric Elements as Inductors Connected to its Slider Electrodes" in Proceedings of 2012 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (筆頭著者 Ryosuke Saito への表彰)

- [2] Finalist nomination, IROS2012 Best Paper finalist

対象論文: "A Resonant Electrostatic Induction Motor with Piezoelectric Elements as Inductors Connected to its Slider Electrodes" in Proceedings of 2012 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots

様式19 別紙1

and Systems

[3] 精密工学会 2012 年度春季大会ベストプレゼンテーション賞

対象論文:「二相四相静電誘導給電型モータのパルス電圧駆動」, 2012 年度精密工学会春季大会講演  
論文集(2012/3) (発表者 山下典理男への表彰)

[4] SI2012 優秀講演賞

対象論文:「柔軟物体中のしこり感提示手法の検討」, 第 13 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会論文集

実施状況報告書(平成24年度) 助成金の執行状況

本様式の内容は一般に公表されず

1. 助成金の受領状況(累計) (単位:円)

	①交付決定額	②既受領額 (前年度迄の 累計)	③当該年度受 領額	④(=①-②- ③)未受領額	既返還額(前 年度迄の累 計)
直接経費	84,000,000	30,624,000	26,633,000	26,743,000	0
間接経費	25,200,000	9,187,200	7,989,900	8,022,900	0
合計	109,200,000	39,811,200	34,622,900	34,765,900	0

2. 当該年度の収支状況 (単位:円)

	①前年度未執 行額	②当該年度受 領額	③当該年度受 取利息等額 (未収利息を除 く)	④(=①+②+ ③)当該年度 合計収入	⑤当該年度執 行額	⑥(=④-⑤) 当該年度未執 行額	当該年度返還 額
直接経費	114,593	26,633,000	0	26,747,593	26,734,526	13,067	0
間接経費	9,187,200	7,989,900	0	17,177,100	0	17,177,100	0
合計	9,301,793	34,622,900	0	43,924,693	26,734,526	17,190,167	0

3. 当該年度の執行額内訳 (単位:円)

	金額	備考
物品費	8,157,461	電極試作費, 計測器, アンプ, 材料等
旅費	2,215,398	学会参加旅費
謝金・人件費等	15,321,299	研究スタッフ人件費
その他	1,040,368	学会参加費, 借室料
直接経費計	26,734,526	
間接経費計	0	翌年度に繰越したため
合計	26,734,526	

4. 当該年度の主な購入物品(1品又は1組若しくは1式の価格が50万円以上のもの)

物品名	仕様・型・性能 等	数量	単価 (単位:円)	金額 (単位:円)	納入 年月日	設置研究機関 名
インピーダンス アナライザ一式	HIOKI, IM3570	1	907,200	907,200	2012/9/24	東京大学
透明アクチュエータ 電極製作材料一式	ITO電極フィルム, スクリーンマスク	1	651,000	651,000	2012/9/28	東京大学
透明アクチュエータ 電極製作材料一式	ITO電極フィルム, スクリーンマスク	1	682,500	682,500	2012/11/19	東京大学
透明アクチュエータ 電極製作材料一式	ITO電極フィルム, スクリーンマスク	1	546,000	546,000	2012/12/14	東京大学
高電圧増幅器	±1kV, 20mA	4	198,450	793,800	2013/1/23	東京大学
動体解析ソフト	キーエンス, VW-HIMA	1	609,000	609,000	2013/3/6	東京大学