

## 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23年度)

本様式の内容は一般に公表されます

研究課題名	皮膚感覚の拡張と転送を利用した運動機能サポートに関する研究
研究機関・ 部局・職名	東北大学・大学院情報科学研究科・准教授
氏名	昆陽 雅司

### 1. 当該年度の研究目的

本研究の目的は、運動時に皮膚で感じる運動感覚を増幅・拡張、あるいは、他の部位に転送することにより、運動機能をサポートする技術の基礎を確立することである。

当該年度は、(1)理論化フェーズとして、運動時の皮膚の動的変形、筋骨格系を考慮した振動伝搬、および道具を把持した際の分布的な皮膚変形に対する、計測とモデリング、および皮膚刺激による疑似運動感覚の生成法の検討を行う。また、(2)応用フェーズとして、歩行運動支援を対象とした運動計測および皮膚刺激法の開発、および、携帯情報端末等における直感的な操作インタフェース実現のための疑似運動覚提示法を開発する。

### 2. 研究の実施状況

本年度の研究目的に従い、下記の研究項目を実施した。

(1)理論化フェーズとして、歩行時の着地に伴う足首から膝への振動伝搬を計測するためのセンシングシステムを構築し、足裏に加わった振動が膝部に伝搬することを確認した。また、この振動波形が下肢の筋収縮によって変化することを確認した。これは関節部の振動知覚が環境の情報だけでなく、自らの筋活動の調整にも利用されている可能性を示す。また、皮膚に空間的に重畳する振動刺激を加えた際に感覚感度が向上する現象を発見し、心理物理実験によって通常必要な振幅よりも1/3程度で刺激できることを実証した。この現象は、皮膚の動的変形を有限要素モデルにより解析し、皮膚内の局所的なひずみエネルギーの変動により感度が向上することを確認した。この成果は、小型の振動子で効率よく皮膚を刺激する手法として応用が期待される。さらに、道具を器用に操るスキルを解明するために、道具を把持した際の分布的な皮膚変形と道具に加わる力覚情報の関係を調査するための実験装置を開発し、皮膚刺激によって、道具に加わる力やトルクを提示できることを実証した。

(2)応用フェーズとして、下肢に装着するための振動刺激装置を開発するために、振動デバイスの基礎的特性と、ヒト膝部周辺の振動検出閾特性を調査し、効率的に刺激を加える方法を検討した。また、歩行運動の計測と振動刺激を制御ための装着型装置の開発に着手した。さらに、下肢の運動サポートの効果を定量的に評価する手段として、下肢の運動調整能力を評価するためのペダリング装置の試作機を開発した。この技術が完成すれば、高齢者の転倒リスク評価やリハビリ効果の評価など様々な分野への応用が期待される。

3. 研究発表等

<p>雑誌論文 計 8 件</p>	<p>(掲載済み一査読有り) 計 7 件</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Shogo Okamoto, Masashi Konyo, and Satoshi Tadokoro, Vibrotactile Stimuli Applied to Finger Pads as Biases for Perceived Inertial and Viscous Loads, IEEE Transactions on Haptics, Vol. 4, No. 4, pp.307-315, 2011.</li> <li>2. Shogo Okamoto, Masashi Konyo, Takashi Maeno, and Satoshi Tadokoro, Remote Tactile Transmission with Time Delay for Robotic Master-Slave Systems, Advanced Robotics, Vol. 25, No. 9-10, pp. 1271-1294, 2011.</li> <li>3. Shogo Okamoto, Takahiro Yamauchi, Masashi Konyo, and Satoshi Tadokoro, Virtual Active Touch: Perception of Virtual Gratings Wavelength through Pointing-Stick Interface, IEEE Transactions on Haptics, Vol. 5, No. 1, pp. 85-93, 2012.</li> <li>4. Lope Ben Porquis, Masashi Konyo, and Satoshi Tadokoro, Representation of Softness Sensation using Vibrotactile Stimuli under Amplitude Control, Proc. 2011 IEEE International Conference on Robotics and Automation, pp.1380-1385, 2011.</li> <li>5. Lope Ben Porquis, Masashi Konyo, and Satoshi Tadokoro, Enhancement of Human Force Perception by Multi-point Tactile Stimulation, Proc. 2011 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, pp.3488-3493, San Francisco, Sept. 25-30, 2011.</li> <li>6. Tatsuma Sakurai, Masashi Konyo and Satoshi Tadokoro, Enhancement of Vibrotactile Sensitivity: Effects of Stationary Boundary Contacts, Proc. 2011 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, pp.3494-3500, 2011.</li> <li>7. Lope Ben Porquis, Masashi Konyo, and Satoshi Tadokoro, Tactile-Based Torque Illusion Controlled by Strain Distributions on Multi-finger Contact, IEEE Haptics Symposium 2012, pp. 393-398, 2012.</li> </ol> <p>(掲載済み一査読無し) 計 0 件</p> <p>(未掲載) 計 1 件</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Shogo Okamoto, Masashi Konyo, and Satoshi Tadokoro, Discriminability-Based Evaluation of Transmission Capability of Tactile Transmission Systems, Virtual Reality, vol. 16, 2012.</li> </ol>
<p>会議発表 計 15 件</p>	<p>専門家向け 計 14 件</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 深澤 洗貴, 昆陽雅司, 田所諭, 歩行支援のための下肢関節部振動伝播の計測, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2011 講演論文集, 2A2-O02, 岡山, 2011 年 5 月 27 日-28 日</li> <li>2. 櫻井達馬, 昆陽雅司, 田所諭, 静止面と振動面の同時接触によるヒトの振動知覚向上に関する研究, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2011 講演論文集 2A2-O10, 岡山, 2011 年 5 月 27 日-28 日</li> <li>3. 樋口篤史, 昆陽雅司, 田所諭, 振動刺激を用いた弾性感呈示に関する研究, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2011 講演論文集 2P1-O04, 岡山, 2011 年 5 月 27 日-28 日</li> <li>4. 土屋翔, 昆陽雅司, 田所諭, Vib-Touch: 指先による仮想能動触を利用した触力覚インタラクション 第 5 報: 物理接触モデルを考慮した表面形状の呈示, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2011 講演論文集 2P1-P03, 岡山, 2011 年 5 月 27 日-28 日</li> <li>5. 大竹達也, 荒川尚吾, 樋口篤史, 櫻井達馬, Lope Ben Porquis, 昆陽雅司, 田所諭, Vib-Touch: 指先による仮想能動触を利用した触力覚インタラクション 第 6 報: 疑似力覚を用いた情報の重みの表現, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2011 講演論文集 2P1-P03, 岡山, 2011 年 5 月 27 日-28 日</li> <li>6. Masashi Konyo, Tatsuma Sakurai, Atsushi Higuchi, Lope Ben Porquis, Satoshi Tadokoro, Vib-Touch: Virtual Active Touch through a Pointing-Stick on Handheld Devices, IEEE World Haptics Conference (WHC2011), Hands-on-Demo, Istanbul, Turkey, 22 June, 2011.</li> <li>7. 大竹 達也, 樋口 篤史, 櫻井 達馬, Porquis Lope Ben, 昆陽 雅司, 田所諭, 疑似力覚を用いた情報の重みの呈示: 携帯端末のための視覚に頼らない操作手法の提案, ヒューマンインタフェース学会ヒューマンインタフェースシンポジウム 2011, 仙台, 2011 年 9 月 13 日-16 日</li> <li>8. 櫻井達馬, 昆陽雅司, 田所諭, 静止面と振動面の同時接触がヒトの振動知覚を向上するメカ</li> </ol>

様式19 別紙1

	<p>ニズムの解明, 第16回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, pp.37-40, 函館, 2011年9月20日-22日</p> <p>9. Lope Ben PORQUIS, Masashi KONYO and Satoshi TADOKORO, Multi-contact Vacuum Pressure Stimulation Enhances Force Perception, 第16回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, pp.722-725, 函館, 2011年9月20日-22日</p> <p>10. 櫻井達馬, 昆陽雅司, 田所諭, 振動刺激の重畳を用いた表面形状呈示, 第12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, 京都, 2011年12月23日-25日 (SI2011優秀講演賞受賞)</p> <p>11. 深澤洸貴, 昆陽雅司, 田所諭, 人体の振動伝播に基づくインピーダンス知覚仮説, 第12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, 京都, 2011年12月23日-25日 (SI2011優秀講演賞受賞)</p> <p>12. 藤田晴千, 昆陽雅司, 田所諭, 疑似筋骨格機構を用いたインピーダンス知覚評価法, 第12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, 京都, 2011年12月23日-25日</p> <p>13. 渡邊高広, 昆陽雅司, 田所諭, ペダリング運動を用いた人体下肢のインピーダンス調整機能の評価, 第12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, 京都, 2011年12月23日-25日</p> <p>14. 昆陽雅司, インプットからアウトプットを生み出す触覚呈示技術へ, 第12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 OS: 触覚・力覚 キーノートスピーチ, 京都, 2011年12月24日</p> <p>一般向け 計1件</p> <p>1. 昆陽雅司, 携帯情報端末のための触力覚インタフェース, 「触覚技術の基礎と応用」, 日本機械学会 No.11-53 講習会, 東京, 2011年10月28日</p>
<p>図書</p> <p>計0件</p>	
<p>産業財産権 出願・取得状況</p> <p>計0件</p>	<p>(取得済み) 計0件</p> <p>(出願中) 計0件</p>
<p>Webページ (URL)</p>	<p>東北大学 昆陽雅司</p> <p><a href="http://www.rm.is.tohoku.ac.jp/~konyo/">http://www.rm.is.tohoku.ac.jp/~konyo/</a></p>
<p>国民との科学・技術対話の実施状況</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>市民講座「世界をリードする東北大学機械系の若手研究者が目指す未来社会」(主催:東北大学大学院 工学研究科, 医工学研究科, 情報科学研究科), 仙台国際センター, 仙台市, 2012年3月18日中学生、高校生以上の市民を対象に研究を紹介した。参加者約50名。</li> </ul>
<p>新聞・一般雑誌等掲載</p> <p>計0件</p>	
<p>その他</p>	

4. その他特記事項  
受賞

## 様式19 別紙1

- IEEE Robotics and Automation Society Japan Chapter Young Award, 国際会議 2011 IEEE International Conference on Robotics and Automation における発表者 Lope Ben Porquis に対して, 2011 年 5 月 12 日
- IEEE Robotics and Automation Society Japan Chapter Young Award, 国際会議 2011 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems における発表者 櫻井達馬に対して, 2011 年 10 月 26 日
- SI2011 優秀講演賞, 第 12 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発表論文「人体の振動伝播に基づくインピーダンス知覚仮説 第 1 報:筋活動が振動伝播に及ぼす影響」に対して, 2011 年 12 月 25 日
- SI2011 優秀講演賞, 第 12 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発表論文「振動刺激の重畳を用いた表面形状呈示」に対して, 2011 年 12 月 25 日
- 2011 年度バーチャルリアリティ学会学術奨励賞(口頭発表部門), 第 16 回日本バーチャルリアリティ学会大会発表者 櫻井達馬に対して, 2012 年 3 月 28 日

## 実施状況報告書(平成23年度) 助成金の執行状況

本様式の内容は一般に公表されます

## 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	124,000,000	52,780,000	0	71,220,000	0
間接経費	37,200,000	15,834,000	0	21,366,000	0
合計	161,200,000	68,614,000	0	92,586,000	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	44,422,090	0	0	44,422,090	44,336,081	86,009	0
間接経費	14,449,245	0	0	14,449,245	7,949,245	6,500,000	0
合計	58,871,335	0	0	58,871,335	52,285,326	6,586,009	0

## 3. 当該年度の執行額内訳

(単位:円)

	金額	備考
物品費	38,815,141	万能材料試験機、リアルタイム3次元動作解析システム等
旅費	3,921,520	研究成果発表旅費
謝金・人件費等	23,040	研究紹介用の映像資料作成補助謝金
その他	1,576,380	学会参加費、通信ソフトウェア作成費等
直接経費計	44,336,081	
間接経費計	7,949,245	
合計	52,285,326	

## 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
ソフトウェアライセ ンス	ANYSYS	1	997,500	997,500	2012/4/11	東北大学
ライセンスダウン ロード	Marc Complete Package	1	525,000	525,000	2012/7/1	東北大学
万能材料試験機	3343型 1KN容量	1	2,829,330	2,829,330	2011/7/19	東北大学
リアルタイム3次元 動作解析システム	(米)モーションアナ リス社製	1	5,124,000	5,124,000	2011/9/14	東北大学
3次元歩行解析シ ステム	(株)テック技販製	1	8,199,450	8,199,450	2011/9/22	東北大学
対話型・筋骨格モデ リングソフトウェアSIMM	(米)Musculo Graphics社製	1	11,134,200	11,134,200	2011/9/22	東北大学
40ミクロン指振動実 験装置	アイスマップ(有)製	1	2,457,630	2,457,630	2012/1/12	東北大学
エアロバイク改造	(株)ITI開発製	1	1,099,875	1,099,875	2012/2/24	東北大学
小型振動発生機	513-B/A(196N)	1	567,000	567,000	2012/3/6	東北大学