

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) 実績報告書

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. 研究実施期間 平成23年2月10日～平成26年3月31日

2. 収支の状況

(単位:円)

	交付決定額	交付を受けた額	利息等収入額	収入額合計	執行額	未執行額	既返還額
直接経費	124,000,000	124,000,000	0	124,000,000	124,000,000	0	0
間接経費	37,200,000	37,200,000	0	37,200,000	37,200,000	0	0
合計	161,200,000	161,200,000	0	161,200,000	161,200,000	0	0

3. 執行額内訳

(単位:円)

費目	平成22年度	平成23年度	平成24年度	平成25年度	合計
物品費	8,323,090	38,815,141	25,786,794	15,820,113	88,745,138
旅費	24,820	3,921,520	5,199,288	3,750,093	12,895,721
謝金・人件費等	0	23,040	5,566,700	8,642,249	14,231,989
その他	10,000	1,576,380	3,953,607	2,587,165	8,127,152
直接経費計	8,357,910	44,336,081	40,506,389	30,799,620	124,000,000
間接経費計	1,384,755	7,949,245	13,653,000	14,213,000	37,200,000
合計	9,742,665	52,285,326	54,159,389	45,012,620	161,200,000

4. 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
ハイスピードマイクロスコープ一式	VW-9000コントローラー式	1	6,396,600	6,396,600	2011/3/24	東北大学
高速・高精度レーザ変位計一式	LK-G5000Vコントローラー式	1	858,900	858,900	2011/3/24	東北大学
ソフトウェアライセンス	ANYSYS	1	997,500	997,500	2011/4/11	東北大学
ライセンスダウンロード	Marc Complete Package	1	525,000	525,000	2011/7/1	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)モーションアナリシス社製	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
電力増幅器	エミック(株)製 374-A	1	663,600	663,600	2012/4/3	東北大学
ソフトウェアライセンス	ANYSYS	1	997,500	997,500	2012/4/4	東北大学
マルチ入力データ収集システム	(株)キーエンス製	1	1,439,130	1,439,130	2012/4/17	東北大学

様式20

可変剛性機構製作	アークデバイス製	1	594,825	594,825	2012/7/27	東北大学
6成分計測用ダブルベルトトレッドミル ITR5018	(米)BERTEC社製	1	15,540,000	15,540,000	2013/3/29	東北大学
ソフトウェアライセンス	ANASYS	1	997,500	997,500	2013/4/22	東北大学
VW-Z5高解像度マクロズームユニット	(株)キーエンス社製	1	1,029,000	1,029,000	2013/5/13	東北大学
Hawk-iカメラ	(米) MotionAnalysis社製	3	703,359	2,110,077	2013/5/27	東北大学
総合分析ソフトウェア	SmartAnalyzer	1	819,000	819,000	2013/6/27	東北大学
リアルタイム3次元動作解析システム	(株)ナックテクノロジー社製 (Hawk-i Digital 2 camera system) 1式	1	2,688,000	2,688,000	2013/8/26	東北大学
振動計測・制御用組み込み回路の設計開発	三徳商事社(株)製	1	3,307,500	3,307,500	2014/1/31	東北大学
6軸力覚センサ	ビー・エル・オートテック(株)製	1	1,237,950	1,237,950	2014/3/18	東北大学

5. 研究成果の概要

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を目的として研究を実施した。これまで知られていなかった歩行時に高周波の振動が下肢関節部に伝播していることを発見し,振動刺激を下肢に提示する技術を開発した。また,このような振動情報が衝突時の運動のインピーダンス調整に利用されている可能性を,上肢によるインピーダンス調整タスクによって実証した。また皮膚刺激を用いて,運動中の手指や道具に加わる力覚情報を提示する手法を確立した。提案する技術は,小型軽量の装置で実装が可能であり,今後,歩行支援・リハビリ,携帯情報機器等での利用が期待される。

課題番号	LR004
------	-------

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) 研究成果報告書

本様式の内容は一般に公表されます

研究課題名 (下段英語表記)	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
	Studies on Motor Function Support Using Enhancement and Transfer of Cutaneous Sensation
研究機関・部局・ 職名 (下段英語表記)	東北大学・大学院情報科学研究科・准教授
	Tohoku University, Graduate School of Information Sciences, Associate Professor
氏名 (下段英語表記)	昆陽 雅司
	Masashi Konyo

研究成果の概要

(和文):

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を目的として研究を実施した。これまで知られていなかった歩行時に高周波の振動が下肢関節部に伝播していることを発見し,振動刺激を下肢に提示する技術を開発した。また,このような振動情報が衝突時の運動のインピーダンス調整に利用されている可能性を,上肢によるインピーダンス調整タスクによって実証した。また皮膚刺激を用いて,運動中の手指や道具に加わる力覚情報を提示する手法を確立した。提案する技術は,小型軽量の装置で実装が可能であり,今後,歩行支援・リハビリ,携帯情報機器等での利用が期待される。

(英文):

Research objectives are to establish foundations on motor supporting technologies based on the enhancement of cutaneous sensory capabilities involving human motor functions and the transfer of the sensory information to other body parts. We found novel phenomena on high-frequency vibration propagation at under limb joints during gait, and developed a display technology to

stimulate under limbs with the vibrations. We also confirmed the possibility that the propagated vibrations could be used for adjusting body impedances at collision events of the body movement by a hitting-task experiment with upper limb. In addition, we developed haptic display methods to represent force information for hand movement and tool manipulations by cutaneous stimulations. The proposed technologies are realized with a small and light device and expected to be used for walking support and rehabilitation system and information devices in the future.

1. 執行金額 161,200,000 円
(うち、直接経費 124,000,000 円、間接経費 37,200,000 円)

2. 研究実施期間 平成23年2月10日～平成26年 3月31日

3. 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。ヒトの皮膚感覚がもつ役割と機能を見直すことにより、革新的な運動支援技術を提案する。具体的には、研究代表者が取り組んできた、皮膚刺激を用いた疑似運動感覚呈示の技術を、直感的な触覚インタフェースや、歩行等の全身運動のサポートへと発展させ、基礎技術を確立する。

具体的には、下記の項目について研究を行う。

(1) 理論化フェーズ

① 接触を伴う皮膚の動的変形のモデリングと疑似運動感覚の生成

動的な皮膚変形の挙動を詳細に計測し、運動時の皮膚変形と触覚受容器活動との関係に基づき慣性感と粘性感を表現する疑似力覚呈示法を考案する。また、複数の隣接する振動刺激を皮膚に加えた際の動的変形をモデリングし、効果的な振動提示法を提案する。

② 筋骨格系を考慮した振動伝搬のモデリングと疑似運動感覚の生成

全身運動時に、接触部の衝突による振動が、筋骨格系を介して伝搬する様子を計測し、モデリングする。このモデルに基づき、皮膚刺激の増幅・転送や、身体の複数部位への皮膚刺激による疑似運動感覚の生成などの手法を開発する。

③ 道具を把持した際の皮膚変形のモデリングと疑似運動感覚の生成

ヒトがペンやナイフなどの道具を把持したときに、道具に加わる外力を知覚できるメカニズムに着目し、複数点の皮膚刺激により道具の疑似運動感覚が生成することを検証する。

④ 皮膚刺激による感覚の増幅・拡張が運動生成に及ぼす影響の調査・検証

皮膚刺激によって、歩行運動や上肢の運動に影響を及ぼすことを調査する。とくに、高周波の振動情報が、対象物と衝突する際の身体のインピーダンス調整に影響を与えることを検証する。

(2) 応用フェーズ

① 高齢者の転倒防止・歩行支援を目的とした運動機能サポート技術の開発

歩行時の振動情報計測および刺激生成が可能な装着型装置を開発し、日常環境の中で、感覚の増幅・転送による歩行支援技術の有効性を検証する。

② 疑似運動感覚を利用したリハビリ・トレーニング支援技術の開発

下肢のインピーダンス調整機能を簡易的に評価する手段として、ペダリング運動を用いた運動調整機能評価装置を開発し、その有効性を検証する。

③ 疑似運動感覚を利用した直感的な入力インターフェースの開発

携帯情報端末のポインティングスティックやタッチパネルなどを対象に、皮膚刺激による疑似力覚呈示により、高齢者や初心者にも安心して適切に操作できる入力インターフェースを開発する。

4. 研究計画・方法

(1) 理論化フェーズ

① 接触を伴う皮膚の動的変形のモデリングと疑似運動感覚の生成

運動時に粘性係数、質量がどのように皮膚変形に反映されるかを解析し、運動の速度、加速度に応じて振動刺激の強度を変化させることで、疑似的な粘性感、慣性感が呈示できることを実証する。また、隣接する振動刺激を皮膚に加えた際の動的変形を有限要素モデルによって解析し、心理物理実験と比較することにより、振動を効果的に伝える新しい手法を提案する。

② 筋骨格系を考慮した振動伝搬のモデリングと疑似運動感覚の生成

歩行時に下肢筋骨格系に伝播する振動現象を観測するシステムを構築し、筋骨格系を介した高周波振動の伝播が実際に起こっているかを検証する。また、筋活動が振動に及ぼす影響や、歩行周期ごとに発生する振動波形の特徴を調査する。

③ 道具を把持した際の皮膚変形のモデリングと疑似運動感覚の生成

道具を把持した際の皮膚変形と受容器活動の関係を調査し、吸引圧を用いて皮膚接触面内部の触覚受容器の活動分布を制御する手法を確立する。この手法を用いて、分布的な触刺激により多自由度の力覚を呈示する手法を開発する。

④ 皮膚刺激による感覚の増幅・拡張が運動生成に及ぼす影響の調査・検証

上肢の打撃調整運動に対して、振動刺激を行うことで、皮膚刺激による手先のインピーダンス調整運動への影響を調査する。

(2) 応用フェーズ

① 高齢者の転倒防止・歩行支援を目的とした運動機能サポート技術の開発

日常環境で使用可能な装着型の振動計測・刺激生成装置を開発する。安定的に下肢に伝播する振動を計測するためのセンシング手法、および、多チャンネルのセンサ信号をフィルタリングして、振動呈示することが可能な制御回路を開発する。

② 疑似運動感覚を利用したリハビリ・トレーニング支援技術の開発

下肢の運動調整機能を定量的に評価するシステムの開発を行うために、エアロバイク型装置のペダルに駆動部を取り付け、運動中の足先のインピーダンスを推定可能な評価装置を開発する。

③ 疑似運動感覚を利用した直感的な入力インタフェースの開発

振動刺激を用いた疑似力覚呈示技術を用いて、携帯情報端末のポインティングスティックやタッチパネル、ジェスチャ入力などの空間操作インタフェースを対象に、振動刺激を用いた疑似力覚呈示技術を利用したアプリケーションを開発する。

5. 研究成果・波及効果

(1) 理論化フェーズ

① 接触を伴う皮膚の動的変形のモデリングと疑似運動感覚の生成

運動の速度、加速度に応じて振動刺激により触覚受容器を強く刺激することで疑似的な粘性感、慣性感を呈示可能であることを実証した。この成果は、リハビリテーションのための疑似負荷の増大技術や、コンピュータインタフェースの直感的な操作支援に利用できる。例えば、携帯情報端末上で、仮想オブジェクトを動かした際の情報の重みや抵抗を呈示することが可能となる。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、通常の 1/3 程度の振幅で刺激できることを実証した。この成果は、小型の振動子で効率よく刺激する手法や、従来困難であった文字などの鮮明な線形状を呈示するディスプレイ装置への応用が期待される。

② 筋骨格系を考慮した振動伝搬のモデリングと疑似運動感覚の生成

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、足関節、膝関節部で、踵接地時とつま先離地時に 200 ~ 400 Hz 程度の高周波振動が発生することを実証した。図 1 に観測された波形の例を示す。また、振動伝播の経路と筋活動の影響について検証し、着座静止時に、足裏から衝撃を加えた際の振動伝播を計測し、筋収縮レベルを変化させたときの影響を調査した結果、高周波の振動波形が筋活動の影響を受けていることを確認した。これは、筋活動に伴う足先の剛性の変化によって高周波の伝播特性が変化することを示しており、筋・腱に存在する深部感覚以外に、皮膚感覚によって筋活動に伴う運動情報を取得できる可能性を示している。

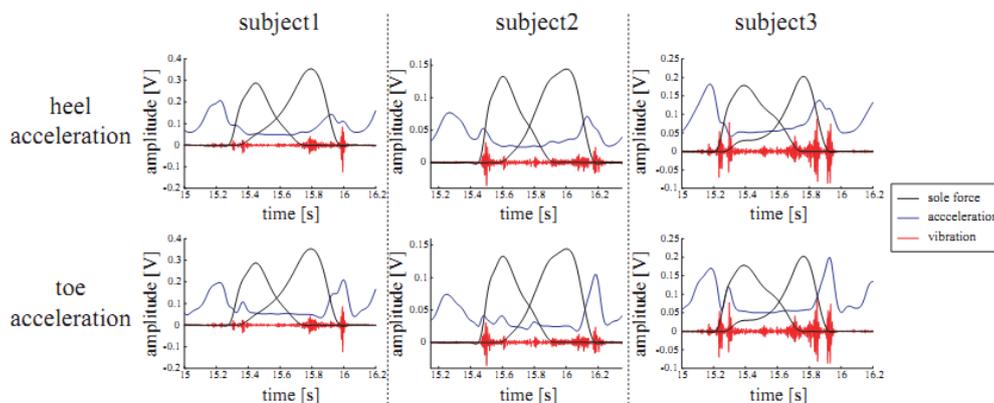


図1 歩行中の足首に発生する高周波振動と踵およびつま先の垂直抗力と加速度の関係

また、高周波振動と低周波振動の振動波形の特徴に基づいて、踵接地とつま先離地を検出し、

歩行周期を推定する方法を開発し、従来の装着型の歩行周期推定法よりも高精度に推定にできることを確認した。この手法は異なるフットウェアや歩行速度に対しても利用可能である。また、実時間で計測した足関節部振動の高周波成分を抽出し、立脚期に振動刺激を加えることにより、歩容に影響が現れる現象を確認した。今後は、歩容への影響の刺激条件を詳細に調査することで、日常的に利用可能な歩行サポート技術へと発展していくことが期待される。

③ 道具を把持した際の皮膚変形のモデリングと疑似運動感覚の生成

道具を把持した際の外力の知覚に、ヒトは離散分布的な触覚情報を統合して用いていることを、吸引圧刺激デバイスで仮想的に同等の状態を作り出すことで実証した。また、この現象を利用して、道具に加わる多自由度の外力・トルクを吸引圧で呈示する技術を開発した(図2)。

今後の応用例として、メスなどの医療用術具や遠隔手術装置に対して、本物の力を加えることなく、安全に力覚を拡張する技術などに利用できると期待される。また、ヒトの複数点の接触情報から力情報を統合する認知過程を理解することは、ロボットハンドや義手の触覚センシング能力を高度化する際に役立つと期待できる。

④ 皮膚刺激による感覚の増幅・拡張が運動生成に及ぼす影響の調査・検証

上肢の打撃調整運動に対して、皮膚刺激がインピーダンス調整運動に及ぼす影響を調査した結果、振動刺激がある一定区間連続で提示した条件では刺激開始の前後において、揺動の減衰係数および周波数に対して振動刺激の影響が有意であることが示された。このことから、上肢のインピーダンス調整に、高周波の振動情報が利用されていることが示された。また、その利用は反射的ではなく、ある程度高次の中枢によって運動学習が進むことが示唆された。この知見は、高周波振動による皮膚感覚が、運動のための身体のインピーダンス調整に関与する可能性を示しており、これまで知られていなかった新しい皮膚感覚の役割の解明に貢献する。

(2) 応用フェーズ

① 高齢者の転倒防止・歩行支援を目的とした運動機能サポート技術の開発

歩行時の振動情報の計測および刺激生成が可能な装着型装置を開発した(図3)。振動刺激には、小型のボイスコイル型アクチュエータを利用し、足関節、膝関節に振動子を安定して固定するためのパッド付き治具を開発した。今後は、この装着型装置を利用して、日常環境のさまざまな場面で振動の計測を行い、歩行支援のために有効に利用できる場面を調査し、装置の最適化を進めていく予定である。

② 疑似運動感覚を利用したリハビリ・トレーニング支援技術の開発

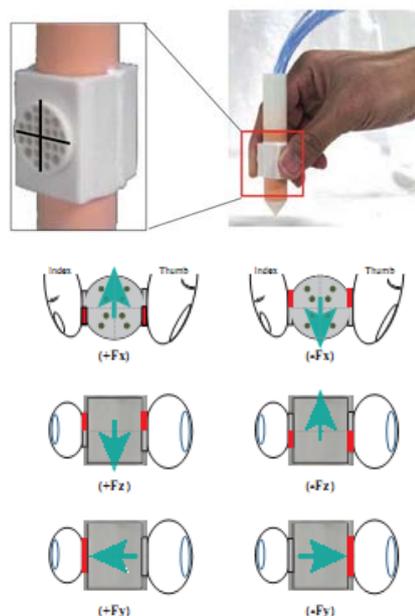


図2 吸引圧を用いたペン型疑似力覚インタフェース(上)と吸引圧制御による外力呈示のコンセプト(下)

下肢のインピーダンス調整機能を定量的に評価するシステムの開発を目的として、アロバイク型装置のペダルに駆動部を取り付け、ペダリング運動を利用した運動調整能力評価装置を開発した(図 4)。この装置を用いて、ペダリング運動中に摂動を加えることで、足先のインピーダンスを推定する方法を開発し、環境負荷を変えた際の、足先の剛性、粘性パラメータの変化を評価できることを確認した。このような装置は、従来、手軽に評価することが難しかった下肢のインピーダンス調整機能を定量的に計測し、運動機能の衰えを診断したり、リハビリの経過を定量化する手段として利用することが期待される。

③ 疑似運動感覚を利用した直感的な入力インタフェースの開発

携帯情報端末のポインティングスティック、ジェスチャ入力などの空間操作インタフェースを対象に、振動刺激を用いた疑似力覚呈示技術を利用したアプリケーションを開発した。図 5 は空間操作型インタフェースによる立体形状感呈示の概念図である。また、ジェスチャインタフェースによる空間ボタン押しタスクにおいて、位置に依存した疑似力覚呈示を加えることにより、位置の把握能力向上することを確認した。疑似力覚の呈示は、小型の振動子で実現できるため、今後、スマートフォンや、ジェスチャインタフェースなど新しい携帯情報端末上で、力覚的なインタラクションを可能とする技術として、実用化することが期待される。

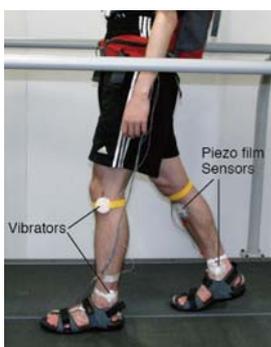


図 3 装着型振動計測・生成装置



図 4 ペダリング運動を利用した運動調整能力評価装置



図 5 空間操作型インタフェースによる立体形状感の呈示

6. 研究発表等

<p>雑誌論文 計 13 件</p>	<p>(掲載済み一査読有り) 計 12 件</p> <ol style="list-style-type: none"> 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. (ISSN: 1939–1412, http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?arnumber=5740879) 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. (ISSN: 0169–1864, http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1163/016918611X574713) 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. (ISSN: 1939–1412, http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?arnumber=6143904) 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. (ISSN: 1050–4729, http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?arnumber=5980378) 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. (ISSN: 2153–0858, http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?arnumber=6094762) 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. (ISSN: 2153–0858, http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?arnumber=6094758) 7. Lope Ben Porquis, Masashi Konyo, and Satoshi Tadokoro, Tactile–Based Torque Illusion Controlled by Strain Distributions on Multi–finger Contact, Proc. IEEE Haptics Symposium 2012, pp. 393–398, 2012. (http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?arnumber=6183820) 8. Tatsuma Sakurai, Masashi Konyo and Satoshi Tadokoro, Presenting Sharp Surface Shapes Using Overlapped Vibrotactile Stimuli, Proc. 2011 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, pp. 3300–3307, October 7–12, 2012. (ISSN: 2153–0858, http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?arnumber=6385975) 9. Shogo Okamoto, Masashi Konyo, and Satoshi Tadokoro, Discriminability–Based Evaluation of Transmission Capability of Tactile Transmission Systems, Virtual Reality, Vol. 16, Issue 2. pp. 141–150, 2012. (ISSN: 1359–4338, http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10055-011-0192-z) 10. Tatsuma Sakurai, Hiroyuki Shinoda, Masashi Konyo, Sharp Tactile Sensation using Superposition of Vibrotactile Stimuli in Different Phases, Proc. IEEE World Haptics Conference 2013, pp. 235–240, 2013. (http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?arnumber=6548414) 11. Lope Ben Porquis, Daiki Maemori, Naohisa Nagaya, Masashi Konyo, and Satoshi Tadokoro, Haptic Cue of Force on Tools: Investigation of Multipoint Cutaneous Activities on the Skin using Suction Pressure Stimuli, 2013 Proc. IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, pp. 2023–2029, 2013. (ISSN: 2153–0858, http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?arnumber=6696626) 12. Lope Ben Porquis, Daiki Maemori, Naohisa Nagaya, Masashi Konyo, and Satoshi Tadokoro, Presenting Virtual Stiffness by Modulating the Perceived Force Profile with Suction Pressure, Proc. of IEEE Haptics Symposium 2014, pp.289–294, 2014. (http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?arnumber=6775469)
------------------------	---

	<p>(掲載済み一査読無し) 計 0 件</p> <p>(未掲載) 計 1 件</p> <p>13. Shuhei Kadoya, Naohisa Nagaya, Masashi Konyo, and Satoshi Tadokoro, A Precise Gait Phase Detection Based on High-Frequency Vibration on Lower Limbs, Proc. 2014 IEEE International Conference on Robotics and Automation, pp. 1852-2857, 2014 (ISSN: 1050-4729, to be appeared on IEEE Explorer)</p>
<p>会議発表 計 51 件</p>	<p>専門家向け 計 43 件</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 岡本正吾, 昆陽雅司, 田所諭, 力の錯覚: 指腹への振動刺激による質量・粘性知覚のバイアス, 第 16 回ロボティクスシンポジウム, pp. 267-274, 指宿, 2011 年 3 月 14-15 日 2. 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 3. 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 4. 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 5. 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 6. 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 7. Masashi Konyo, Tatzuma 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, 21-24 June, 2011. 8. 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 9. 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 10. 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 11. 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) 12. 深澤洗貴, 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) 13. 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

	<p>年 12 月 23 日-25 日</p> <p>14. 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>15. 昆陽雅司, インพุ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>16. Masashi Konyo, Haptics Everywhere: Generating Haptic Feedbacks with Motion-Oriented Skin Vibrations, Common CoTeSys / CREATE Workshop, Technische Universitat Munchen, 5 October, 2012</p> <p>17. 大竹達也, 昆陽雅司, 田所諭, 人体振動伝播に基づくインピーダンス知覚仮説, 第3報: 下肢関節部振動刺激のための基礎的検討, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2012 講演論文集 1A2-A01, 浜松市, 2012 年 5 月 28 日-29 日</p> <p>18. 深澤洸貴, 昆陽雅司, 田所諭, 人体下肢の振動伝播に基づくインピーダンス知覚仮説, 第 2 報: 振動計測システムの評価, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2012 講演論文集 1A2-A03, 浜松市, 2012 年 5 月 28 日-29 日</p> <p>19. 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調整評価法の提案, 第 2 報: 振動刺激によるインピーダンス調整への影響, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2012 講演論文集 1A2-A02, 浜松市, 2012 年 5 月 28 日-29 日</p> <p>20. 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 2 報: ペダリング運動の足先軌道予測のための検討, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2012 講演論文集 2P1-C06, 浜松市, 2012 年 5 月 28 日-29 日</p> <p>21. Lope Ben Porquis, Masashi Konyo, Naohisa Nagaya, and Satoshi Tadokoro, Multi-contact Vacuum-Driven Tactile Display for Representing Force Vectors Applied on Grasped Objects, Haptics: Perception, EuroHaptics2012 Tampere, Finland, 12-15 June, 2012</p> <p>22. 藤田晴千, 永谷直久, 昆陽雅司, 田所諭, 振動刺激による触覚マスキング効果が打撃タスクに及ぼす影響, 第 17 回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, pp. 590-593, 横浜市, 2012 年 9 月 12 日-14 日</p> <p>23. 伊藤純平, 大竹達也, 前森大貴, 門谷周平, 永谷直久, 昆陽雅司, 田所諭, ポインティングスティック型インタフェースのための疑似形状呈示法, 第 17 回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, pp. 582-585, 横浜市, 2012 年 9 月 12 日-14 日</p> <p>24. 永谷直久, 深澤洸貴, 昆陽雅司, 田所諭, 足裏部から全身への振動伝搬特性に関する研究, 第 17 回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, pp. 221-222, 横浜市, 2012 年 9 月 12 日-14 日</p> <p>25. 深澤洸貴, 永谷直久, 昆陽雅司, 田所諭, 歩行時の人体下肢関節部における振動伝播の比較, 第 17 回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, pp. 217-220, 横浜市, 2012 年 9 月 12 日-14 日</p> <p>26. 大竹達也, 永谷直久, 昆陽雅司, 田所諭, 歩行時の下肢関節部への振動刺激が歩容調整に与える影響の予備的調査, 第 17 回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, pp. 215-216, 横浜市, 2012 年 9 月 12 日-14 日</p> <p>27. 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 3 報: ペダリング運動中のインピーダンス計測, 日本ロボット学会第 30 回記念学術講演会, RSJ2012AC3L2-1, 札幌市, 2012 年 9 月 17 日-20 日</p> <p>28. 渡邊高広, 昆陽雅司, 永谷直久, 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 4 報: タスクを付与したペダリング運動中のペダル踏力計測, 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, pp. 1925-1926, 福岡, 2012 年 12 月 18 日-20 日</p> <p>29. 藤田晴千, 永谷直久, 昆陽雅司, 田所諭, 振動刺激によるマスキングが上肢の打</p>
--	--

	<p>撃力調整タスクに及ぼす影響, 第2報:振動提示部位の影響の評価, 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, pp. 337-341, 福岡, 2012年12月18日-20日</p> <p>30. 櫻井達馬, 篠田裕之, 昆陽雅司, 振動刺激の重量を用いた鮮明な触刺激に関する研究, 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, pp. 333-334, 福岡, 2012年12月18日-20日</p> <p>31. 藤田晴千, 永谷直久, 昆陽雅司, 田所諭, 振動情報は人の打撃運動のインピーダンス調整に用いられるか?, 計測自動制御学会東北支部第279回研究集会, 279-6, 多賀城市, 2013年3月4日</p> <p>32. 深澤洗貴, 永谷直久, 昆陽雅司, 田所諭, 歩行時の人体下肢における高周波振動伝播の計測, 計測自動制御学会東北支部第279回研究集会, 279-7, 多賀城市, 2013年3月4日</p> <p>33. Lope Ben Porquis, Daiki Maemori, Naohisa Nagaya, Masashi Konyo, Satoshi Tadokoro, TAKO-Pen: Pen-type Psuedo Haptic Interface using Suction Pressure on the Skin, First Report: Perceiving External Force by Multipoint Suction Pressure Stimuli, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2013, 1A2-E01, つくば市, 2013年5月22-25日</p> <p>34. 前森 大貴, Lope Ben Porquis, 永谷 直久, 昆陽 雅司, 田所 諭, TAKO-Pen: 皮膚への吸引圧刺激を用いたペン型疑似力覚インタフェース, 第2報:ペン把持部への外力負荷時の指腹部変形解析, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2013, 2A1-A11, つくば市, 2013年5月22-25日</p> <p>35. 大竹 達也, 永谷 直久, 昆陽 雅司, 田所 諭, 下肢への振動呈示による歩行サポートに関する研究 第1報:歩行時における下肢伝搬振動の計測・再生装置の開発, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2013, 2A2-A07, つくば市, 2013年5月22-25日</p> <p>36. 伊藤 純平, 永谷 直久, 昆陽 雅司, 田所 諭, 空間操作型インタフェースを用いた表面形状呈示, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2013, 2A2-A08, つくば市, 2013年5月22-25日</p> <p>37. 門谷 周平, 永谷 直久, 昆陽 雅司, 田所 諭, 身体伝播振動を用いた歩行周期推定手法の提案, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2013, 2P1-G05, つくば市, 2013年5月22-25日</p> <p>38. 宮崎 友裕, 金 勝煥, 伊藤 純平, 永谷 直久, 昆陽 雅司, 田所 諭, 空間操作型インタフェースを用いた仮想柔軟物体との疑似力覚インタラクション, 第18回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, pp. 160-161, 大阪市, 2013年9月18日-20日</p> <p>39. 前森 大貴, Lope Ben Porquis, 永谷 直久, 昆陽 雅司, 田所 諭, ペン把持時の皮膚接触面における圧力分布を考慮した疑似力覚呈示手法, 第18回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, pp. 378-381, 大阪市, 2013年9月18日-20日</p> <p>40. Lope Ben Porquis, 前森 大貴, 永谷 直久, 昆陽 雅司, 田所 諭, Presenting augmented force on a pen-type interface by multipoint skin stimuli, 第18回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, pp. 382-285, 大阪市, 2013年9月18日-20日</p> <p>41. 伊藤 純平, キム スンファン, 永谷 直久, 昆陽 雅司, 田所 諭, 振動刺激を用いた空中に浮かぶ表面形状の呈示, 第14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 (SI2013), pp. 676-679, 神戸, 2013年12月18日-20日</p> <p>42. 瀬戸 文美, 渡邊 高広, 永谷 直久, 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5報 集中定数モデルによる足先インピーダンス特性の推定, 第14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 (SI2013), pp. 1556-1558, 神戸, 2013年12月18日-20日</p> <p>43. 大竹 達也, Lope Ben Porquis, 永谷 直久, 昆陽 雅司, 田所 諭, 下肢への振動呈示による歩行サポートに関する研究 第2報:歩行時の下肢振動呈示による歩容への影響の調査, 第14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 (SI2013), pp. 2423-2424, 神戸, 2013年12月18日-20日</p> <p>一般向け 計8件</p> <p>44. 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</p>
--	--

	<p>用」, 日本機械学会 No.11-53 講習会, 東京都, 2011 年 10 月 28 日</p> <p>45. 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.12-78 講習会, 名古屋, 2012 年 7 月 20 日</p> <p>46. 昆陽雅司, 振動刺激を用いた触覚ディスプレイの基礎と応用, 「ここまで使える触覚インタフェース ～デモで実感する体験講座～」, NE アカデミー(主催: 日経エレクトロニクス), 東京都, 2013 年 6 月 28 日</p> <p>47. 昆陽雅司, 触覚のメガネを創るには ～触覚の役割を見直す～, 先端知能機械情報学セミナー(主催: 東京大学大学院情報理工学系研究科 知能機械情報学専攻), 東京都, 2013 年 7 月 24 日</p> <p>48. 昆陽雅司, 触覚刺激を用いた運動サポート ～触覚のメガネを創るには～, 講演会「感性が つなぐロボットと人の未来」(主催: 広島大学産学官連携推進研究協力会), 広島市, 2013 年 10 月 11 日</p> <p>49. 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.13-123 講習会, 東京都, 2013 年 11 月 22 日</p> <p>50. 昆陽雅司, 触知覚に関与する高周波振動情報, 一般社団法人 電子情報技術産業協会 第 12 回感性センシング応用ロードマップ技術分科会, 東京都, 2013 年 11 月 25 日</p> <p>51. 昆陽雅司, タッチパネル向け触覚インターフェース徹底解説, Electronic Journal 第 2049 回 Technical Seminar(主催: 株式会社 電子ジャーナル), 東京都, 2014 年 1 月 10 日</p>
図書	
計 0 件	
産業財産権	(取得済み) 計 0 件
出願・取得状況	(出願中) 計 0 件
計 0 件	
Web ページ (URL)	<p>1. 東北大学 昆陽雅司 http://www.rm.is.tohoku.ac.jp/~konyo/</p> <p>2. 研究紹介 http://www.rm.is.tohoku.ac.jp/next.html</p> <p>3. 東北大学市民講座 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 http://cat-vnet.tv/movie/tu_2012_winter/001_01.html</p> <p>4. 市民講座「未来をつくる - 東北大学機械系若手研究者の挑戦 -」 http://www.pfsl.mech.tohoku.ac.jp/next2013/</p>
国民との科学・技術対話の実施状況	<ul style="list-style-type: none"> ● 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。 ● 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), せんだいメディアテーク, 仙台市, 2012 年 12 月 27 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 70 名 ● 市民講座「未来をつくる - 東北大学機械系若手研究者の挑戦 -」(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), せんだいメディアテーク, 仙台市, 2013 年 8 月 25 日, 学生, 市民を対象に研究を紹介した。参加者 64 名。
新聞・一般雑誌等掲載	
計 0 件	

その他	
-----	--

7. その他特記事項

受賞

1. 第16回ロボティクスシンポジウム優秀論文賞(発表論文「力の錯覚:指腹への振動刺激による質量・粘性知覚のバイアス」に対して), 2011年3月14日
2. 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
3. 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
4. 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
5. 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
6. 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
7. IEEE World Haptics Conference 2013 Best Poster Award 受賞, 国際会議 IEEE World Haptics Conference 2013 での発表「Sharp Tactile Sensation using Superposition of Vibrotactile Stimuli in Different Phases」に対して, 2013年4月18日
8. IEEE Haptics Symposium 2014 Best Demonstration Award 受賞, 国際会議 Haptics Symposium 2014 での技術展示発表「Presenting Virtual Stiffness by Modulating the Perceived Force Profile with Suction Pressure」に対して, 2014年2月26日
9. FIRST シンポジウム 「『科学技術が拓く2030年』へのシナリオ」内 NEXT ライフ・イノベーションポスターセッションにおける参加者投票により, 銀賞(得票数2位)受賞, FIRSTプログラム公開活動実行委員会より, 2014年2月28日