

小池 康晴

東京工業大学 ソリューション研究機構・教授

知覚中心ヒューマンインターフェースの開発

§1. 研究実施の概要

大がかりなセンサやアクチュエータをデバイスに装着することなく、人に重さ、固さなど粘弾性特性を知覚させるヒューマンインターフェースの開発と評価を行う。具体的には、手には筋電信号の計測装置以外は何も付けずに、ロボットやカーソルを操作し、操作対象の動き等のフィードバックだけで、粘弾性特性を知覚できる操作性の良いシステムを構築する。平成22年度は、疑似触覚の発生する条件を検討するために、疑似触覚が生じているときの力の出し方の違いを調べた。力を反映していると思われる操作中の筋電図を解析することで、疑似触覚が生じているときには筋肉の活動が有意に増加していることを明らかにした。また、手の動きと視覚によるフィードバックの関係調べるために、タブレット状の端末でも疑似触覚が生じるシステムを構築し、フィードバックを調整することで疑似触覚の強さが変わることを見出した。今後は、目的とする触覚情報を制御するためにはどのようなフィードバック情報を与える必要があるかなど、インタラクティブに環境を操作して、疑似触覚を制御する技術の開発を行う。

§ 2. 研究実施体制

(1)「小池」グループ

① 研究分担グループ長:小池 康晴 (東京工業大学ソリューション研究機構、教授)

② 研究項目

- ・ 粘弾性特性の推定
- ・ 粘弾性特性の知覚条件の検討

(2)「川嶋」グループ

① 研究分担グループ長:川嶋 健嗣 (東京工業大学精密工学研究所、准教授)

② 研究項目

- ・ 力覚提示機能を有する遠隔対応型外科手術ロボットシステムの開発
- ・ 錯視を用いた遠隔手術用マスタデバイスの開発
- ・ 開発した手術ロボットシステムの評価実験

(3)「石井」グループ

① 研究分担グループ長:石井 雅博 (富山大学大学院理工学研究部(工学)、准教授)

② 研究項目

- ・ 両眼網膜像差による三次元空間知覚特性の解析
- ・ 運動視差による三次元空間知覚特性の解析
- ・ 絵画的手がかりによる三次元空間知覚特性の解析
- ・ ユーザの意識が知覚に及ぼす影響の解析

(3)「中小路」グループ

① 研究分担グループ長:中小路 久美代 (株SRA先端技術研究所、リサーチディレクター)

② 研究項目

- ・ 「重さ」のコミュニケーションを利用するアプリケーションシステムの疑似触力覚を積極的に利用するインタラクションのデザインのモデル化
- ・ センスシフト情報環境「TCieX (TCieX: Touch-Centric interaction embodiment eXploratorium)」のデザインとプロトタイピング

§3. 研究実施内容

(1) 小池グループ

本研究では、筋骨格系のモデルを用いて筋電信号から粘弾性特性を推定する。推定された粘弾性特性に応じてロボットを制御し、その結果を視覚にフィードバックすることで重さを知覚できる技術を用いて、手術ロボットなどへのアプリケーションに応用する。

1. 筋骨格系のモデル化

アプリケーションなどで、新奇なダイナミックな環境を構築し、その環境に徐々に適応させることで、無意識のうちに異なるダイナミクスを学習し、環境の予測だけでなく知覚特性も変化することを発見した。

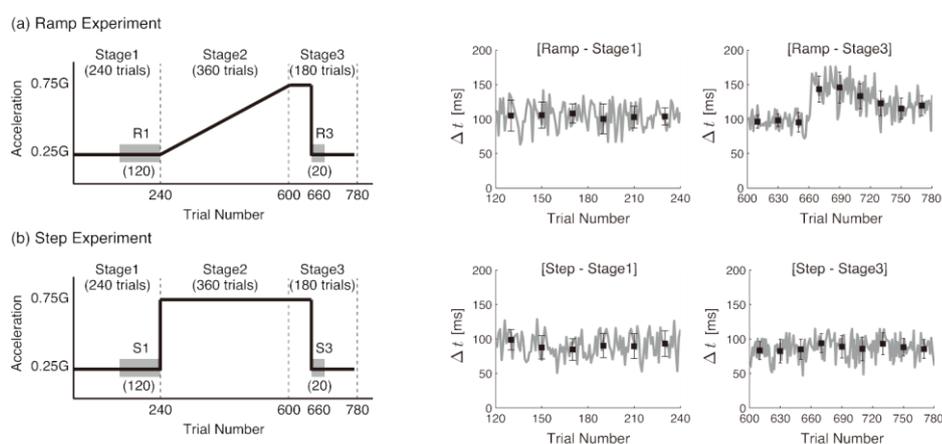


図1: 新奇な環境への適応の違い

2. 粘弾性特性の知覚条件の検討

中小路グループが作成した、粘弾性特性の知覚条件を検討するための評価用プログラムを TCieX を用いて、手先の軌道と視覚情報との関係を調べた(中小路グループの報告参照:こちらは公開可)。これまでは、視覚上の動きと実際の手先の動きとの比を変えることで疑似触覚を生じているとされていたが、不安定化で指を保持していても疑似触覚を感じることを発見した。今後は、筋電信号を同時に計測し、疑似触覚が生じていることを客観的に示すことができる情報を探る予定である。

(2) 川嶋グループ

本年度は、マスタ・スレーブ型手術ロボットの開発において、スレーブ側では、空気圧駆動鉗子マニピュレータを改良、新しいインピーダンス制御を提案、実装し、鉗子先端での接触力を鉗子根本の空気圧シリンダの差圧等から推定できることを実証した(文献(2)-1)。

さらに、鉗子マニピュレータの機構配置の変更によって軽量化を実現し、接触力の推定精度向

上を実現した 4 号機 (IBIS IV) を試作し (図2)、力の最小推定値が 3N から 1N に向上したことを実証した (文献(2)–2)。

マスタ側においては、カメラ画像から手の位置を認識し、視覚情報 (イリュージョン) を合わせて重さを知覚できるシステムを構築した。

本システムの特徴は、スレーブ側に仮想的なばねとダンパを配置したバーチャルカップリングを採用し、マスタ側の手の動きとスレーブ側の手の動きのずれを発生させることで錯視を引き起こした点にある。図3に示す開発したシステムを用いて、複数の被験者による実験を実施して、アンケート調査および筋電信号による定量的

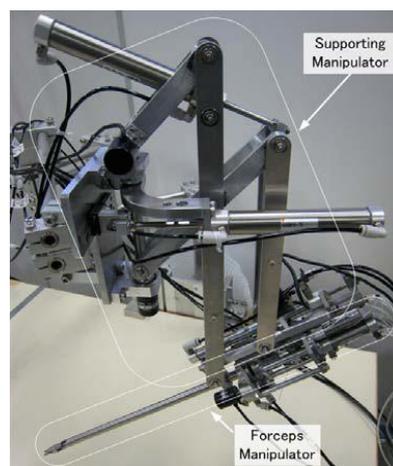


図2 試作した空気圧駆動鉗子マニピュレータ IBIS IV

評価を行い、提案したシステムの有効性を明らかにした。

(3) 石井グループ

奥行き知覚は個人差が大きく、同じ視覚刺激を用いても同じ知覚をすることは限らない。このため、個人の知覚特性に

応じて提示する視覚を変更しなければならない可能性もある。奥行き知覚の多くの手がかりの中で、安定して知覚が生じる組み合わせや提示方法など、様々な評価により的確な刺激を作成する条件を検討している。

奥行き情報を単体で提示し、被験者が知覚する3次元空間の形状を調べる (実験心理学的手法)。多くの被験者を用いて実験し、どのような見え方のパターン (個人差) が存在するのか、またどのような人口比でそれらが出現するのかを明らかにしている。実験の結果にもとづいて、個人差を説明できるような知覚モデルを構築するとともに知覚パターンを調べる検査方法を考案する。調べる手がかりは以下のものとした。

- ・両眼網膜像差
- ・運動視差
- ・絵画的手がかり (遠近法) キャストシャドウおよび陰影

絵画的な手がかりが認知特性に影響を与えることを見いだした (文献(3)–1)。

(4) 中小路グループ

- ・疑似触力覚を積極的に利用するインタラクションのデザインのモデル化をおこなった。

疑似触覚をはじめとする錯覚を、情報を、より効果的に人間とコミュニケーションをおこなうために

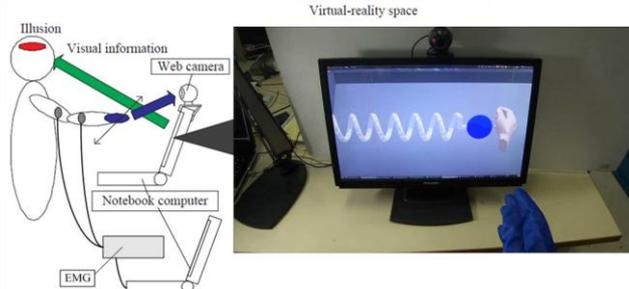


図3 錯視を用いたマスタシステム

利用する際に必要となるインタラクションデザインの側面について、モデル化をおこなった。「直接操作性」や「フィードバック」といった、インタフェースデザインにおいてこれまで重要と考えられてきている側面に加えて、人間に知覚予測を促すフィードフォワード(feedforward)や、人間が実際に行なっている行為ではなく行なっていると思っっている行為を見て取るような繊細な解釈(delicate interpretation)を、イリュージョンと共にインタラクションデザインに取り入れていくようなモデルの提案をおこなった[口頭講演国際6]。

- ・ センスシフト情報環境「TCieX (TCieX: Touch-Centric interaction embodiment eXploratorium)」をデザインし、プロトタイピングを開始した。ビジュアルなフィードバックと、手指動作による操作とビジュアルなフィードバックの関係を探るための環境として、Apple iPad上で稼働する「センスシフト情報環境:TCieX」の構築を開始した[口頭講演国際7]。

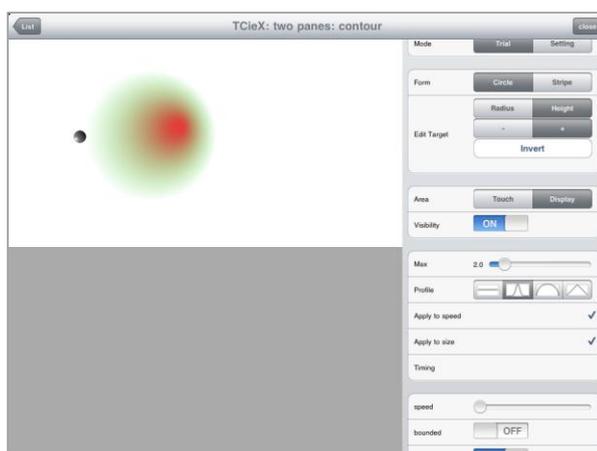
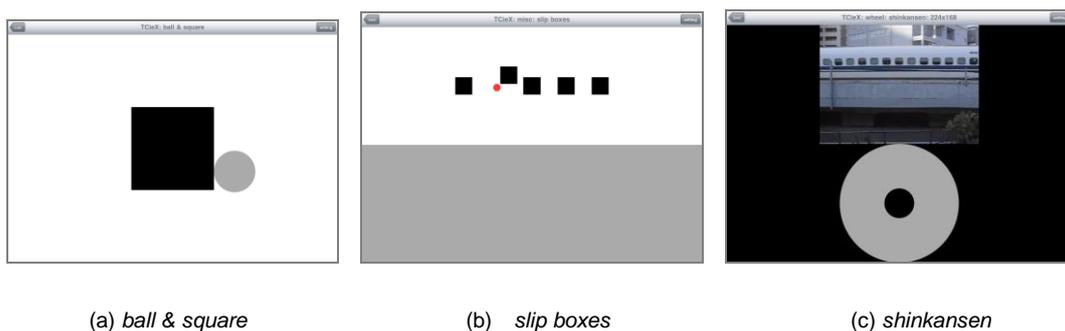


図4: 構築した TCieX: two panes のスクリーンショット

TCieX: two panes ツール(図4)では、画面(横長配置)を上下に二分割し、画面下部(タッチ領域: TA)でのタッチ操作により、画面上部(ディスプレイ領域: DA)に表示されたオブジェクトを操作する。オブジェクトは、タッチ位置に連動して平面上を動くが、タッチ部分と表示部分のマッピングを、種々のパラメータ設定で変更することができる。

図5に、TCieXに現時点で実装されているツールのリストの一部を示す。ツールは今後も拡張を継続し発展させていく予定である。



(a) ball & square

(b) slip boxes

(c) shinkansen

図5: TCieX に実装されているツールのリスト

§4. 成果発表等

(4-1) 原著論文発表

● 論文詳細情報

1. Taro Kagaku and Hanako Senryaku, “Core Research for Evolutional Science and Technology”, Journal of JST, vol. 1, No. 1, pp.1-10, 2010

(2)-1 Kotaro Tadano, Kenji Kawashima, “Development of a Master Slave System with Force-Sensing Abilities Using Pneumatic Actuators for Laparoscopic Surgery”, Advanced Robotics, Vol.24, No.12, pp.1763-1783, 2010,
(DOI: 10.1163/016918610X522559)

(2)-2 Kotaro Tadano, Kenji Kawashima, Kojima Kazuyuki, Tanaka Naofumi, “Development of a pneumatic surgical manipulator IBIS IV”, Journal of Robotics and Mechatronics, Vol.22 No.2 pp.179-187, 2010

(3)-1 石井雅博、福本純、“Differential Perspective の変化が衝突時間推定に及ぼす影響”、映像情報メディア学会 (accepted)

(4-2) 知財出願

① 平成22年度特許出願件数(国内 0件)

② CREST 研究期間累積件数(国内 0件)