

利用場所の制約を解放する力覚インタラクション手法の提案

雨宮 智浩 安藤 英由樹 前田 太郎

日本電信電話株式会社 NTT コミュニケーション科学基礎研究所

概要 - 視聴覚モダリティ以外の五感情報, たとえば直観的な情報提示が出来る力感覚(力覚)を有効に活用することで, コンピュータエンタテイメントの可能性をさらに広げることが出来ると言える。しかしながら, 力を物理的に生成するためには支点, 力点, 作用点など基底部に固定する必要があるため, 力覚によるインタラクションは重要視されつつも研究室内などの限られた場所での利用にとどまっていた。本発表では従来扱われなかった, モバイルで利用可能な力覚提示手法について提案し, 当該手法を用いて, 移動情報に応じた力覚提示を行うアプリケーション実装例について報告する。

Force Interaction Method without Constraint of Location

Tomohiro Amemiya, Hideyuki Ando, Taro Maeda

NTT Communication Science Laboratories, NTT Corporation

Abstract - This paper describes the design of a novel force perception method for non-grounding force displays, the development of a handheld force display based on the method, and the development of applications using user's position. The force perception method is attributed to the nonlinear characteristics of human tactual perception; humans feel rapid acceleration more strongly than slow acceleration. The method uses periodic prismatic motion to create asymmetric acceleration leading to a virtual force vector. A prototype of the handheld force display that generates one-directional force using a relatively simple mechanism was built. This technology will expand the entertainment abilities.

1 はじめに

視聴覚モダリティ以外の五感情報, たとえば直観的な情報提示が出来る力感覚(力覚)を有効に活用することで, コンピュータエンタテイメントの可能性をさらに広げることが出来ると言える。しかしながら, 力を物理的に生成するためには支点, 力点, 作用点など基底部に固定する必要があるため, 力覚によるインタラクションは重要視されつつも研究室内などの限られた場所での利用にとどまっていた(たとえば PHANToM[1], SPIDAR[2], SmartTool[3])。一方で, モバイル式の力覚装置を実現しようとする試みとしてジャイロ効果[4]や角運動量変化を利用した方式[5]などがあるが, これらは並進方向に連続的な力を提示することが原理的に不可能であった。

本発表では従来扱われてこなかった, 人間の触覚や固有感覚の知覚特性を利用し, 並進方向に連続的な力を提示するモバイル用途のための力覚提示手法[6]について提案する。また, 本手法を用いて, 移動情報に応じた力覚提示を行うアプリケーション実装例について報告する。

2 力覚惹起の原理および試作機

ここでは人間の知覚特性を利用して物理的には2方向に力が生成されているにもかかわらず, 1方向の力感覚として知覚させる方法を提案し, その原理について述べる。提案する方法とは, ある質量を持った物体の並進運動において, 提示したい方向に大きな加速度を短時間(パルス状で閾値上の急峻な加速度変化), それと逆の方向に小さな加速度を長時間(閾値下で元の位

置に復帰する緩やかな加速度変化)という非対称な偏った加速度(以下、偏加速度)を持った周期運動が、その物体を含む系を把持しているユーザに対して任意の方向を想起させることができる、という方法である。これは人間の知覚特性である、短時間の大きな加速度をより大きく知覚する非線形性に起因している。

提案した偏加速度の周期運動を生成するため、クランクの等速回転周期運動を、非対称な偏った加速度変化を持つスライダの並進周期運動に変換する1自由度のプロトタイプ(偏加速度発生装置)を設計、開発した(図1)。はじめにモータの等速回転運動を揺動クランクスライダ機構により並進運動に変換し、さらにその並進運動の位相を90度ずらすことで目的の偏加速度運動を実現する(図2)。本手法では、入力部のモータが加減速なく等速で回転するため、エネルギー効率が非常に高い。これは供給できるエネルギーに制限があるモバイルおよびウェアラブル用途に適した設計であると言える。

開発した偏加速度発生装置を周波数10 Hzで駆動させたときの加速度の変化と理論値のグラフを図3に示す。筆者らはこれまでに回転周波数10 Hz付近のときに効果的に力感覚が惹起されること[7]、および周波数が推力の強度より支配的と示唆されること[8]などの知見を得てきた。

3 多自由度化

本プロトタイプではリンク機構を採用しているため、リンクの挙動によって意図する方向と直交する方向にも力が生じる。これを逆位相に

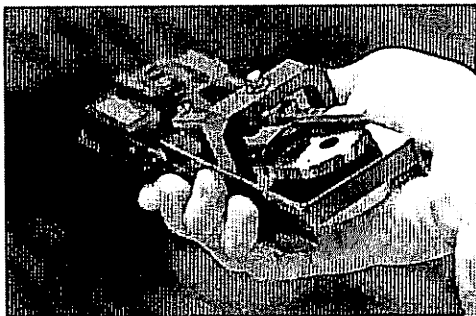


図1 力覚提示装置のプロトタイプの外観
Fig. 1 Overview of a prototype of the haptic display

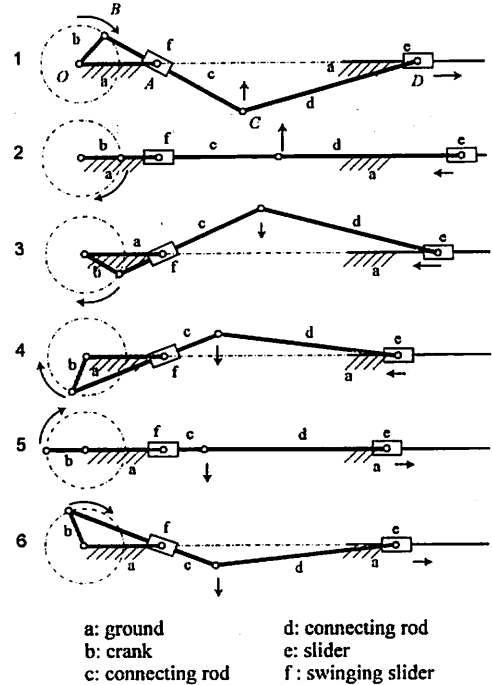


図2 スライダの挙動
Fig. 2 Motion of slider *e*. Slider *e* slides backwards and forwards as crank *b* rotates. *f* oscillates around point *A*, and causes the slide to turn about the same point.

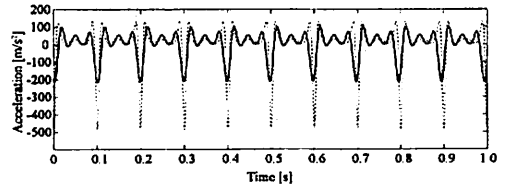


図3 加速度変化の実測値(実線)と理論値(点線)
Fig. 3 Actual acceleration value vs. calculated value

リンクが駆動する装置と組み合わせることで直交方向の力を相殺でき、効果的な力覚提示が可能となる。

また、逆位相のプロトタイプの一組と、パン方向の回転のためのステッピングモータを組み合わせることで、2次元平面で任意のカベクトルを合成できる。多自由度の力覚提示システムの一例を図4に示す。

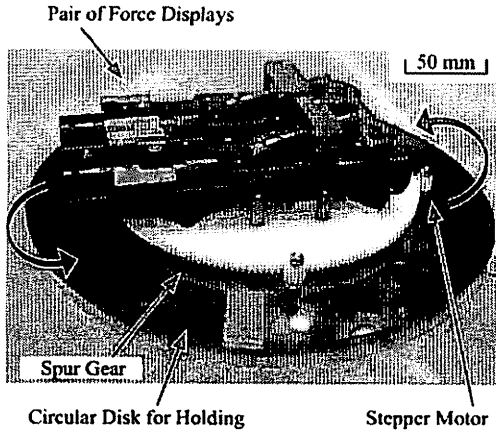


図4 力覚提示装置のプロトタイプの外観
Fig. 4 Overview of a prototype of the haptic display

4 アプリケーション実装例

ここでは力覚を用いたインタラクションの例として、"attraction"の原意に基づく3つのアプリケーションについて紹介する(図5)。

(1) 磁石メタファ

装置を持った2名の体験者が力覚のみによってお互いが2つの磁石のように引かれ合うアプリケーションである。体験者は感じた力の方向に歩くと、視覚情報や聴覚情報を利用することなく、両者が同じ場所で出会うことができる。本実装例では、体験者の位置は装置に付いたIrLEDと環境に設置された赤外線カメラを用いて画像処理により検出された。取得された位置情報を基にユーザが進むべき方向に力覚が提示されるようにデバイスが回転する。

(2) 重力メタファ

体験者が持っているデジタルデバイスの情報量が増えると、その量に応じてデバイス自体の重さが増加したように感じるアプリケーションである。データ量を「重い」と表現することがあるように、データ量と重量の関係性を利用して、データ量を可視化ならぬ可重化して直観的にデータ通信量やメモリの残量などを知覚させることを目的としている。

(3) 魅力メタファ

体験者は何枚かの写真の前に立ち、そのうちの一枚の写真に惹かれる、というアプリケーションである。ある事象に惹かれるという精神的な表現を物理的な体感として表象化させることを目指す。

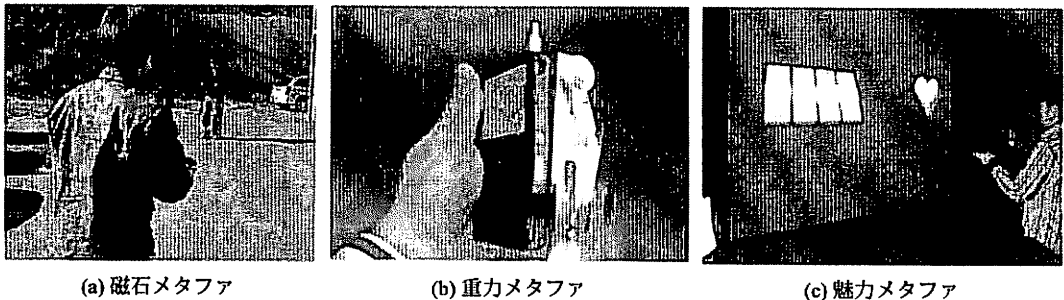
5 おわりに

本稿では、力覚を利用したインタラクション手法として、非言語的な情報であるバーチャルな力ベクトルを知覚させる力覚提示方法を提案した。また、周期運動内の加速度を変化させるプロトタイプを基に実装した、位置情報に応じて力覚を提示するアプリケーション、重量が変化したように感じるアプリケーション、そして魅力的なものに惹かれる新しい表現を目指したアプリケーションについて報告した。

今後の課題としては、可搬性や装着性の最適な設計、知覚できる方向情報と大きさの分解能の評価が挙げられる。

参考文献

- [1] T. H. Massie, J. K. Salisbury, "The PHANTOM



(a) 磁石メタファ

(b) 重力メタファ

(c) 魅力メタファ

図5 アプリケーションの例
Fig. 5 Examples of applications using the force displays

- Haptic Interface: A Device for Probing Virtual Objects”, ASME WAM, Symposium on Haptic Interfaces for Virtual Environment and Teleoperator Systems, Vol. 55-1, pp. 295-300, 1994.
- [2] M. Sato, “SPIDAR and Virtual Reality”, World Automation Congress, IFMIP-043, pp. 1-7, 2002.
 - [3] T. Nojima, D. Sekiguchi, M. Inami, S. Tachi, “The SmartTool: A System for Augmented Reality of Haptics”, IEEE VR 2002, pp. 67-72, 2002.
 - [4] 吉江将之, 矢野博明, 岩田洋夫: ジャイロモーメントを用いた力覚提示装置, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 7, No. 3, pp. 329-337, 2002.
 - [5] 仲田謙太郎, 中村則雄, 山下樹里, 西原清一, 福井幸男: 角運動量変化を利用した力覚提示デバイス, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 6, No. 2, pp. 115-120, 2001.
 - [6] T. Amemiya, H. Ando, T. Maeda, “Virtual Force Display: Direction Guidance using Asymmetric Acceleration via Periodic Translational Motion”, World Haptics Conference 2005, pp. 619-622, 2005.
 - [7] T. Amemiya, H. Ando, T. Maeda, “Phantom-DRAWN: Direction Guidance using Rapid and Asymmetric Acceleration Weighted by Nonlinearity of Perception”, ICAT 2005, pp. 201-208, 2005.
 - [8] 雨宮智浩, 安藤英由樹, 前田太郎: 知覚の非線形性を利用した非接地型力覚惹起手法の提案と評価, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 11, No. 1, pp. 47-58, 2006.