221 マイクロアクチュエータ集積による フィジカルマンマシンインタラクション

Integrated Microactuators Realizing Physical Man-Machine Interaction

○ 正 鈴森 康一 (岡山大) 正 神田 岳文 (岡山大)
学 橋本 竜弥 (岡山大) 学 越智 淳平 (岡山大)

Koichi SUZUMORI, Okayama University, Tsushima-naka, Okayama
Takefumi KANDA, Okayama University
Tatsuya HASHIMOTO, Okayama University
Jumpei OCHI, Okayama University

Integrating MEMS and micro devices has a great potential to realize new haptic interfaces, which exchange multi physical data between persons and machines. The authors have developed two types of new haptic interface devices; an active mouse and an active tripod. They realize physical interaction systems between persons and virtual objects in computers or tele-operated robots. This report shows their designs, control systems, and performances.

Key Words: Haptic interface, Man-machine interface, MEMS, Microactuator

1. はじめに

I T分野における従来のマンマシンインタフェースの大部分が、マン→マシン方向はキーボード、マウス、タッチパネル等に代表されるメカニカルメディアによって、マシン→マン方向は画像(文字キャラクタを含む)と音声メディアによって実現されてきた。従来のマンマシンインタフェースにおいて、マシン→マン方向への物理情報の提示はほとんど実用されていない(Fig.1)。

近年になって、力や位置・運動情報を提示するインタフェースの研究が進んだが、その多くは、例えばデバイスの先端

の一点で情報提示を行う、いわば集中型のインタフェースである。コンピュータ内の仮想連続体に分散する物理情報を提示する分散型インタフェースはほとんどない。

一方、このような状況と平行して、この約10年間にマイクロマシンやMEMS技術は大きく進歩し、マイクロアクチュエータ、マイクロセンサ、マイクロコネクタ、マイクロ機構部品等々、各種のマイクロ機能部品が活用できる状況になってきた。

本研究では、このようなマイクロアクチュエータをはじめとする各種マイクロ機能要素を集積することで、力や動き、形などの物理情報をやりとりする新しいマンマシンインタフェースを開発し、機械と人間間のフィジカルインタラクションを実現することを目的としている。

本報では、筆者らが試作した2種類のインタフェースについて報告する。

2. アクティブマウス

2.1 設計と試作

アクティブマウスはその内部に、振動型マイクロ加速度センサ、マイクロ3軸力センサ、マイクロオムニホイール、マイクロモータを搭載し、マウスの動き、マウスに作用する力を自由に制御することができる。

Fig. 1 Physical man-machine interaction

Fig.2 Inside of a prototype active mouse

試作したアクティブマウスの一つについて内部の様子を Fig. 2 に示す。力センサおよび加速度センサの情報が PC に伝えられ、PC からの指令に応じて 2 つのモータの回転およびトルク制御が行える。開発したオムニホイール(全方向移動車輪)を Fig. 3 に示す。

この試作機には 2 つのモータが搭載され、任意方向への動き、および力発生が行える。このモデルでは 2 つのモータしか搭載していないので回転動作が行えないが、モータを 4 つ搭載して、任意方向への動きおよび回転の計 3 自由度を有するマウスも実現している[1]。

2. 2 適用実験

力学シミュレータおよび迷路通過問題に試作したマウスを適用し、その有効性を実験的に確認した。

(a) 力学シミュレーション

仮想力学系を PC 内部に構築し、これにアクティブマウスを適用することで、仮想力学系をあたかも直接触っているよ

うな感覚を人間に与え、人間と PC 上の仮想物体を力学的に相互干渉させることを目的としている。実験の一例の様子を Fig. 4 に示す。この例では、1 つのマス、1 つのバネから構成され垂直方向に動作する 1 自由度の振動系を PC 内に構築している。マスをアクティブマウスで”持つ”(クリックする)ことにより、そのマスを直接触った感触を得ることができた。即ち、マスにかかる重力、振動に伴うマスの慣性力、バネの弾性力をマウスを通じて感じる事ができた。また、マウスを通して力学系に力を作用させ、PC 上の力学系の運動を変えることもできた。

(b) 迷路通過問題

Fig. 5 のような迷路を構成し、ここを物体(図では四角の物体)をマウスを用いて通過させる実験を行った。物体が壁にぶつくと大きな反力をマウスを通じて感じる事ができた。また、反発係数を調整することで壁にぶつかったときの跳ね返り具合も調整することができる。マウスを通じて操作することで、視覚情報を用いなくとも通過させることができた。

Fig. 3 Omni-wheel (13 mm in diameter)

Fig.4 Application to dynamic simulator

2. 3 全国マルチメディア祭への出展

全国マルチメディア祭 2002(総務省ほか主催, 2002 年 11 月 15~17 日, 岡山市にて開催)にアクティブマウスを出展し, 参加者の感想を集めた.

展示は, 説明パネルほか, 迷路通過問題をマウスを実際に触って操作してもらった. “まだ, 動きがぎこちなく使い勝手が悪い. 改良, 調整が必要”といった感想がある一方で, “力

Fig.6 Application to a maze game

を感じる”, “壁に当たった感触がよい(迷路通過問題)”, “新しい I/F として面白い, 可能性がある”といった理解も多く得られた. また, 用途に関しても, CAD, 教示用, 視覚障害者用, 彫刻, デザインツールなど, 有益なアドバイスを得られた.

3 アクティブ多面体

従来のほとんどインタフェイス機器が, 例えばポインティングデバイスの先端の位置, 姿勢の動きに基づいたものであり, いわば集中型のインタフェイスと言える. 前述のアクティブマウスもその一種といえる.

一方で, 本研究の趣旨の一つは, マイクロ機能デバイスを多数集積することにより分散的に存在する動き, 形状, 力情報を取り扱うことにある. このような考えに基づき, 昨年度は, 多リンク機構による 3 次元分散型インタラクショondeバイスの実現を目指している.

その第 1 段階の試作として, マイクロ空圧シリンダ, マイクロリニアエンコーダ, マイクロジョイントを搭載した 6 リンクからなるアクティブ 4 面体を設計試作した. また, その

ドライバソフトを開発し, これを商用機構解析ソフト Visual Nastran 4D (SMC Software 社)に組み込み, PC 内の分散的な力, 変形情報を持つ 3 次元物体を分散デバイスを直接 “触る” 感覚を実現した.

3. 1 ハードウェア

Fig.7 に設計試作した 3 次元分散型インタラクショondeバイスを示す. これは, 6 軸の伸縮リンクを組み合わせた 4 面体構造のデバイスである. 各軸は, それぞれ, マイクロシリンダ, マイクロリニアエンコーダからなり, その動きを検出, あるいは制御することができる. また, 各軸に作用する外力は, シリンダ内の空気圧に変換され, 圧力制御バルブに内蔵された圧力センサにより検出される. 今回, 各リンクを回転結合するために, テフロン球からなるマイクロ球面軸受けを新たに開発した.

3. 2 制御系

Fig.8 に制御系の構成を示す. インタラクショondeバイスの動きは, 6 本のマイクロリニアエンコーダによりカウンタを通じて PC に取り込まれる. また, 各軸に働く軸力は圧力センサより A/D 変換を経て PC に取り込まれる. 取り込まれた位置, 速度, 加速度, 軸力情報は, ドライバソフトで処理されて Visual Nastran 4D に引き渡される. Visual Nastran 4D 内には, インタラクショondeバイスと同様の構成のリンク機構が構築されており, その運動学, 力学的解析が行われる. PC 内のモデルの力学, 運動学的パラメータ (例えば, 質量, バネ特性, 摩擦) は自由に設定できる. PC 内のモデルの情報はドライバソフトウェア, D/A 変換を経由して, インタラクショondeバイスの軸力, あるいは運動情報としてマイクロシリンダにより実体化される.

3. 3 適用実験

実験の結果, リアルタイムで, (a) PC 内部モデルに基づいた形状の提示, (b) インタラクショondeバイスからの形状の入力, (c) PC 内モデルの剛性設定に基づいた剛性の提示が, 操作性よく実現できること確認した.

Fig.7 Active tri pod, realizing physical interaction between a man and a virtual object in PC

Figure 8 Control system diagram of active tetra pod

4. まとめ

マイクロアクチュエータほか各種のマイクロ機能要素を集積することによって、アクティブマウスとアクティブ4面体を試作し、Windows上で動作するアプリケーションに組み込んで、PC内部の仮想力学系と人間の間で、運動、力学に関する情報を交換する、フィジカルマンマシンインタラクションを実現した。

今後、アクティブマウスに関しては、更に調整、設計変更を加えるとともに、適用範囲を広げてその有効性をフィール

ド試験を通して確認する。アクティブ多面体に関しては、8面、12面、35面体への大スケール化を進め、アクティブマウスと同様に、フィールド試験を行い、有効性を確認する。

本研究は、平成13年度科学研究費補助金「特定領域研究(c)13224071」および平成14年度科学研究費補助金「特定領域研究(2)14019068」およびを受けて実施した。

参考文献

- [1] 鈴森康一, 橋本竜弥, 越智淳平, 神田岳文: “アクティブマウスを用いたフィジカルマンマシンインタラクション(第1報)”, 日本ロボット学会創立20周年記念学術講演会, 2002.