

Proactive Desk: 力覚提示が可能なデスクトップ操作環境

吉田 俊介 柿田 充弘 野間 春生 鉄谷 信二

ATR メディア情報科学研究所

1. はじめに

筆者らは Web のような蓄積型の非同期コミュニケーションを用いて、互いに体験を共有できる“体験 Web”を提案している[1]. 本稿では従来の GUI 画面上の操作感覚の共有, 特に手先の操作感の共有を目的として, リニア誘導モータを用いた Digital Desk 環境に適した力覚提示を行える机, Proactive Desk の提案とその利用例について述べる.

Wellner により提案された Digital Desk[2]は, 机の上にデスクトップ画面を投影し, マウスの代わりにユーザ自身の指で GUI 画面を直接操作できるものである. カメラ等を用いて手の動きや書類といった実世界の情報を入力として電子世界を操作し, その結果を映像として出力することにより直観的な対話操作の輪を作り上げている.

本研究ではさらに物理的な出力チャンネルを追加することにより, 映像の変化だけではなく, 実環境の物理的な配置変更による情報提示や, 無意識下の操作ミスを制止力で防いだりできるような, より豊かで直観的な対話操作環境の実現を目指す.

2. 積極的な力覚提示をする机: Proactive Desk

2.1 リニア誘導モータによる力の生成

試作したデスクトップ環境の構成を図 1 に示す.

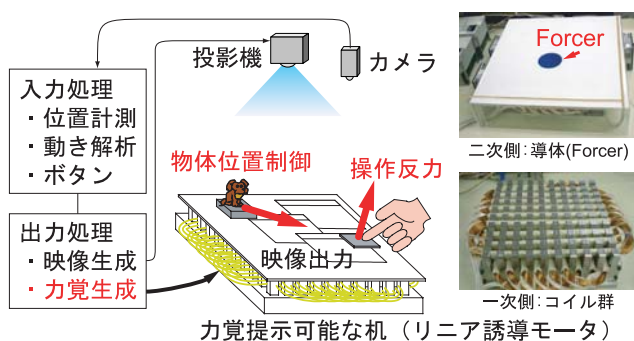


図 1 Proactive Desk の構成

力覚の生成には本研究ではリニア誘導モータ (LIM: Linear Induction Motor)を用いている. LIM は, 広く使われる回転型 AC モータを切り開き, 直線上に引き延ばした構造をしている. 図 2 に LIM の動作原理を簡単に示す.

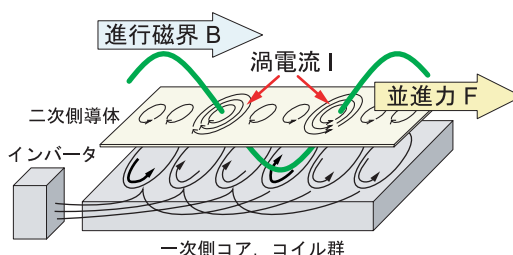


図 2 リニア誘導モータ(LIM)の動作原理

一次側に三相のコイルを複数並べ, 三相交流を印可すると, コイルを並べた方向に進行磁界 B が生じる. すると二次側となる導体上には, この磁界の進行を妨げる方向に磁界を発生させる渦電流 I が励起される. この渦電流に対して進行磁界が作用し, フレミング則に従い二次側導体に並進力 F が生じる.

Digital Desk 用途に試作した本システムは, 机の下に一次元の LIM を直交した二組のコイル群として構成し, 机上に任意方向の合成進行磁界を発生させることで, 二次側導体 (以下, Forcer) に任意方向の並進力を発生させるものである[3]. 出力可能な力は Forcer の特性 (素材, 厚み, 面積) に依存するが, 本試作機では 2mm 厚, 100mm×200mm のアルミ板で最大 3N 程度の力を計測した[4].

LIM は他のリニアモータのように永久磁石やケーブル付きコイルを二次側として用いるの必要が無いので, 指先に取り付けた金属片だけで並進力を発生できる等, 簡素な仕組みで力覚を提示でき, 投影映像を阻害しないという利点がある. そのため, PHANTOM に代表される機械式リンク構造の装置と比較して, よりシームレスな平面方向の操作感を得ることが可能である. また, Forcer へのトルク制御や速度制御を容易に行える利点も持つため, MIT Media Lab で提案されている電磁石式[5]と比較して, 二次側に磁石が不要で構造が単純な点, 磁石による吸引力よりも強力な力を広範囲に直接生成できる点などで異なる.

2.2 PSD を用いた Forcer の位置制御

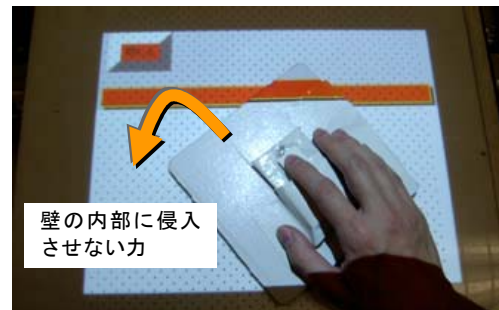
先に述べたように LIM は Forcer へのトルク制御が容易であるが、その位置制御には何らかのフィードバック制御がさらに必要となる。本稿では Forcer に赤外発光ダイオード(IR-LED)を取り付け、それを追跡することで位置制御を試みている。しかしながら、一般的な光点追跡法である CCD カメラベースの手法では30Hz程度でしか位置検出が行えず、安定した力覚のフィードバック制御ができない。そこでここでは数 KHz の応答速度を持つ位置検出素子(PSD: Position Sensing Device)にて光点を追跡し、必要なフィードバック制御を達成している。PSD の前面には可視光カットフィルタを置き、素子上にて投影しているデスクトップの映像と Forcer 上の IR-LED の光とを分別する。

3. アプリケーション

Proactive Desk により電子世界と実世界とで物理的な対話操作をしている例を図3に示す。図3aはCGの壁に手先が接触した際に、壁の内部に物理的に進入できない操作反力を Forcer に与えている例である。これを GUI の情報提示に応用した例が図3bである。画面上の危険なボタンや安全なボタンは、赤、黄、緑と色分けされており、ボタンの色や高さで視覚的に危険度や押しづらさを理解することはできる。しかしながら、視覚フィードバックのみでは、ユーザは無意識のうちに誤って危険なボタンを押すことも可能である。これに対して力覚フィードバックを付加したこの例では、カーソルを動かし危険なボタンを押そうとしても、物理的に進入しづらい力が発生するために意図的な操作をしない限り押せない。これにより、無意識での致命的な操作ミスを防ぐことができる。

このように、本システムでは視覚や聴覚のフィードバックのみではなく、力覚を伴ったフィードバックをユーザに与えることができたため、より多くの情報提示が可能である。本稿の実装例では GUI への力覚付加を中心に行ったが他への応用も当然可能である。例えば、描画ソフトへ力覚を付加することにより、実物の定規の代わりに様々な無数の仮想定規を物理的なガイドとして利用することが可能であるし、ドラッグしているファイルのサイズを慣性力により重量感として表現する等の新しい情報提示手段としても用いることができる。

ひいては、この机がユーザ（他人、もしくは自分）からの入力を記憶、蓄積し、それを再生するようになれば、著者らの目的とする“体験 Web”における手先の操作体験の共有や追体験が可能な環境を実現することもできる。



(a) 電子世界からの実世界への働きかけ



(b) 物理的な力による GUI の補助

図3 力覚を伴った机とのインタラクション

4. おわりに

LIM を用いた力覚を伴う Digital Desk 環境、Proactive Desk を構築し、具体的なアプリケーション例をいくつか示した。今後は、複数物体の同時駆動が可能な構造への改良と共に、他のアプリケーションへの応用を試みる。

謝辞 本研究は通信・放送機構の研究委託“超高速ネットワーク社会に向けた新しいインタラクションメディアの研究開発”により実施した。

参考文献

- [1] 鉄谷, 他: “体験 Web と五感メディア”, 情処学報, 2000-HI-98, pp.19-24, 2002.
- [2] Wellner, “The Digital Desk calculator”, ACM UIST '91, pp.27-34, 1991.
- [3] 大平, 他: “2方向リニア誘導モータの実験的検討”, 計測自動制御学論, 19:2, pp.74-79, 1983.
- [4] 野間, 他: “二次元リニアモータによるバーチャルデスクトップ用の力覚提示装置の開発”, VR学会第7回大会, pp.507-510, 2002.
- [5] Pangaro, et.al.: “The actuated workbench”, UIST'02, pp.181-190, 2002.