

机上インタフェースのための 高速移動可能な群ロボットシステム

Group Robots system for desktop interface

福嶋政期¹⁾、橋本悠希¹⁾、梶本裕之¹⁾

Shogo FUKUSHIMA, Yuki HASHIMOTO and Hiroyuki KAJIMOTO

1) 電気通信大学 人間コミュニケーション学科

(〒182-8585 東京都調布市調布ヶ丘 1-5-1, shogo,hashimoto,kajimoto@kaji-lab.jp)

Abstract: To overcome the limitation of visual information display, some works have proposed to use desktop “tangible” media. However, to drive the physical media on the desk, most works require a large scale device under the desk. Furthermore, high-speed motion was difficult. We propose a simple group robots system that utilizes horizontal vibration of the desk. The robot is a simple electromagnet, which is powered on and off according to the desk’s vibration phase.

Key words: Desktop interface, Group Robots, Haptic Display

1. はじめに

近年、コンピュータ中の情報を視覚的に受け取るだけでなく、触ることができるタンジブルメディアとしての机上インタフェースが多く提案されている。それらの机上インタフェースの多くは、コンピュータ中の様々な情報を机上の実物体の動きや性質で現すことで体験者に触知可能な情報としていた。

従来、机上の実物体を駆動させるために多くの提案がなされてきた。たとえば、PICO では電磁力を用い[1]、また Proactive Desk II は LIM (リニア誘導モータ) を用いて実物体に駆動力を与えていた[2]。しかし、それらの多くは机上物体駆動のために机の下に大掛かりな装置を必要とし、また腕の高速な動きに追従する速度での駆動は難しかった。

そこで本提案では、シンプルな構造で高速に駆動できる机上インタフェースを提案する。本提案では磁性体の机を水平方向に振動させ、移動体側に取り付けた電磁石を同期して駆動することで移動体に駆動力を与える。移動体は電磁石の位相制御のみで任意方向への移動が実現される。

2. システム構成

図 1 に磁性体の机の外観を、図 2 に移動体の外観を示す。移動体はボビンにエナメル線を巻き、ポットコアで覆った簡単な電磁石である。磁性体の机はアクリルと発泡スチロールによる台を作成しその上に磁性板 (0.35mm 厚スチールペーパー) を載せている。この磁性板を前後左右 4 方向でスピーカに接続した。接続部にはバネを使用し、このバネと磁性板の共振特性を利用し弱いエネルギーで十分な

磁性板の振幅を得る。

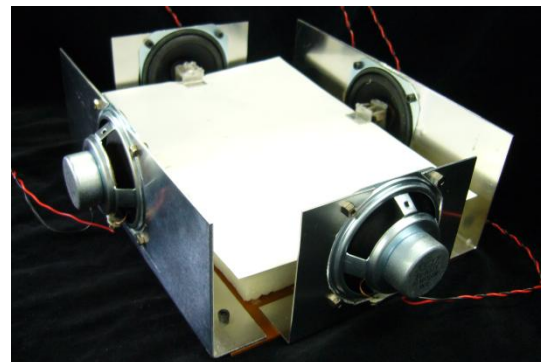


図 1 磁性板および振動子で構成された机



図 2 移動体 (左: フェライト芯とコイル, 右: 断面図)

2.1 駆動原理

図 3 は移動体が右に移動していく様子をあらわしている。時刻 t は時間の流れを簡易的に表すために示した。移動体が進みたい方向を正の向きと考える。(図 3 では右向きである。) 磁性板の移動速度が負に最大の時 ($t=0$) に移動体を吸着させ、磁性板の速度が正に最大の時 ($t=2$) に吸着力を解除する。このようにして移動体は慣性力によって移動する。

図 4 に 2 軸の駆動原理を示す。磁性板に接続された 4 つのスピーカを制御することで磁性板を円状に振動させる。移動体を磁性板に吸着させた状態から吸着力を解除すると、その瞬間の円軌跡の接線方向に移動する。駆動原理は

1軸の場合と同様に慣性力を用いている。

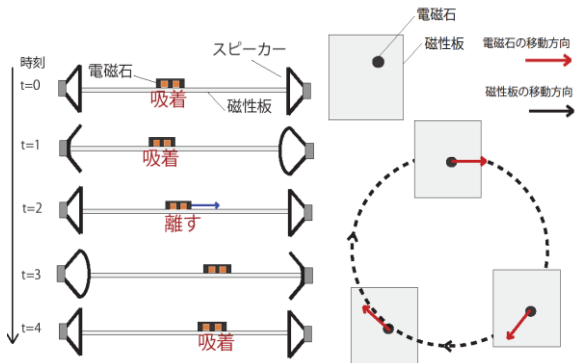


図 3 1軸の駆動原理

図 4 2軸の駆動原理

3. 実験

まず、スピーカの電圧波形、電磁石の電圧波形、および磁性板の振動波形を測定した。直方体状の発泡スチロールを磁性板に接着し、その側面からフォトリフレクタを用いて磁性板の位置測定を行った。スピーカは装置の共振周波数である 20Hz の正弦波で駆動し、電磁石はこれに同期させて 20cycle/sec で ON/OFF した。

結果を図 5 に示す。スピーカの電圧波形に対して、磁性板はある一定の位相遅れを保ち振動している。磁性板の位相が 0° のときに磁性板は最大の速度を持つが、このとき電磁石が吸着を離せばもっとも速い速度で移動すると考えられる。この状況を「電磁石と振動板の位相差が 0° である」と表現する。

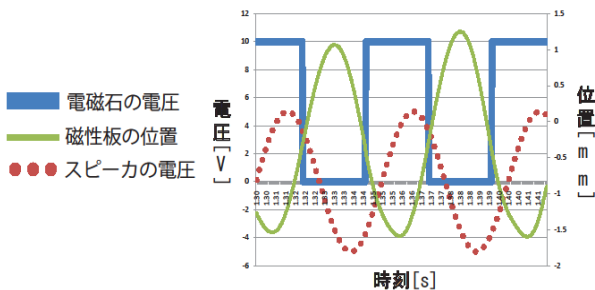


図 5 電磁石の電圧、磁性板の振動、スピーカの電圧の関係 (位相差 0° の場合)

次に移動体の電磁石を切るタイミングと移動速度の関係を測定した。図 6 に測定装置の外観を示す。速度の測定はビデオカメラで上部から移動体の動きを撮影することで算出した。

図 7 に電磁石の電圧と磁性板の振動の位相差と速度の関係の実験結果を示す。位相差を $-30^\circ \sim 320^\circ$ の範囲で変化させた。 $-30^\circ \sim 155^\circ$ の範囲では 5° 間隔で、 $155^\circ \sim 320^\circ$ は 15° 間隔で速度の測定を行った。位相差が $0^\circ \sim 35^\circ$ のときに正の方向に速度 110[mm/s]以上の速度を記録し 25° で最高速度 115[mm/s]を記録した。位相 $80^\circ \sim 95^\circ$ 、 $275^\circ \sim 300^\circ$ 付近では物体がほとんど移動せず速度の測定ができなかった。この部分は駆動力が静止摩擦に打ち勝てなかった部分と考えられる。理論上では位相差が

0° のときに最高速度を記録するはずだが、 25° で最高速度を記録した。この原因としては、電磁石の電圧に対して流れる電流に位相差があったためか、磁性板に生じる磁場にヒステリシスがあったためではないかと考えられる。

以上の結果により、位相差を制御することで任意の速度が実現できることが示された。

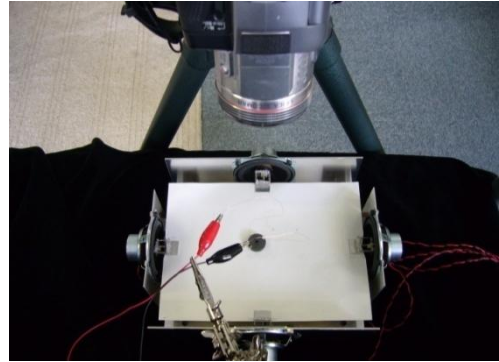


図 6 物体移動速度測定装置

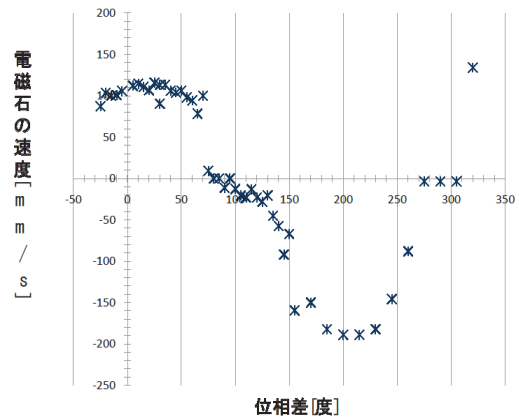


図 7 電磁石の電圧位相と速度の関係

4. おわりに

本論文では、磁性板の振動と電磁石の電磁力を用いて高速移動可能な群ロボットシステムの試作を行った。本システムを用いることで比較的シンプルな構造で複数物体を独立に高速駆動させることが可能である。

本論文の段階ではスピーカ接続部に使用したパネの共振特性上 20Hz という低周波での駆動を行った。今後は共振周波数の高め、超音波領域での駆動を実現することで、人が床の振動を聴覚的にも認知できない状況での物体駆動が実現できると考えている。

5. 参考文献

- [1] James Patten, Hiroshi Ishii : Mechanical Constraints as Computational Constraints in Tabletop Tangible Interfaces ,CHI2007
- [2] 吉田俊介, 野間春生, 保坂憲一 : 複数物体同時駆動可能な力覚提示装置 Proactive Desk II の開発, インタラクシオン 2006, 情報処理学会, IPSJ Symposium Series, pp. 251-258, 20