

# ストリング型力覚ディスプレイに関する研究

(首都大学東京大学院)松家 聡

## 1. 力覚ディスプレイとは

力覚ディスプレイは、バーチャルな力覚をユーザに提示するインターフェースである。バーチャル物体から反力を表現できるため、臨場感の大幅な増大を実現でき、CAD上での組立作業に用いるパソコン用3Dマウス、遠隔ロボット操作などに応用が期待されている。

## 2. ストリング型力覚ディスプレイ

本研究では、片持ち梁式の操作空間を広く活用できる力覚ディスプレイを構築した(図1)。4箇所を設置したモータのトルクを制御することで、ユーザ把持部分に対し張力の合力としての3自由度の並進力が提示可能である。

### 2.1 提示力

本装置では、着力点の位置と目標力ベクトルから、4本の糸の分力が決定される。空間は、糸で4つの象限に分割され、着力点の位置に基づいて、力を発生すべき糸が決定される。提示力は、3本の糸の張力の合力で実現され、残りの糸は弛まないようにするために張力の下限値が与えられる。

### 2.2 提示空間の構成

図1の装置では任意の空間位置での各方向への出力の最大値が一定ではない。これは主に固定設置された引張力の起点の位置関係によるものである。

様々な位置関係の引張力の起点を選択可能とするためには、多くのモータを設置・利用する手法、および、引張力の起点に対し移動機構を付与し動的に位置関係を変更する手法が考えられた。

本研究では、後者の手法を用い、任意の空間位置での各方向への出力の最大値が一定ではない問題を解決する。各方向への出力を等方的にすることができれば、多様な

要求に応じることが可能となる。

### 3. 提示力の準等方性に向けて

本研究ではまず、提示力の準等方性について調査するため、2自由度のストリング型力覚ディスプレイについて検討する。

#### 3.1 準等方的な力の生成

引張力の起点を正三角形の頂点に配置した場合の空間内の1点における各方向への出力の最大値は、着力点と2本の糸のなす角により異なる(図2)。着力点と糸で分割された3つの象限の各平行四辺形の大きさが異なり、各方向への出力の最大値が一定ではない。等方的な力を生成させるためには、各平行四辺形の面積が等しくなる(着力点と各2本の糸のなす角が $120^\circ$ になる場合)必要がある。

#### 3.2 準等方的な力の生成範囲

本研究では、準等方的な力を生成するために、引張力の起点に移動機構を付与し、動的に位置関係を変更する。引張力の起点の位置を着力点の位置に応じて、可動域内で制御することで着力点と各2本の糸のなす角を $120^\circ$ に保つことが可能となる。可動域の半径を三角形の1辺の長さの10%、20%とした場合の準等方的な力を生成できる範囲は図3となり、可動域により、範囲が大きく変

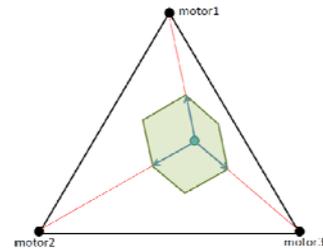


図2 1点における各方向への出力の最大値

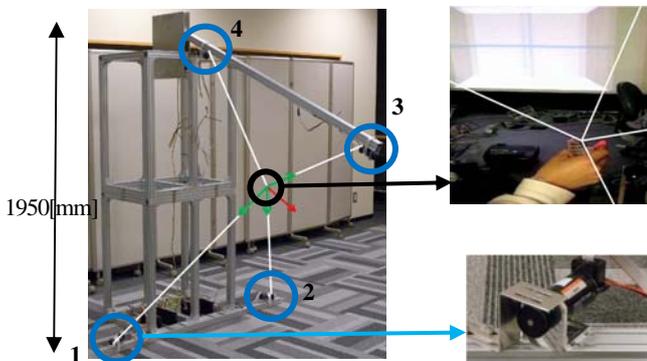


図1 ストリング型力覚ディスプレイ

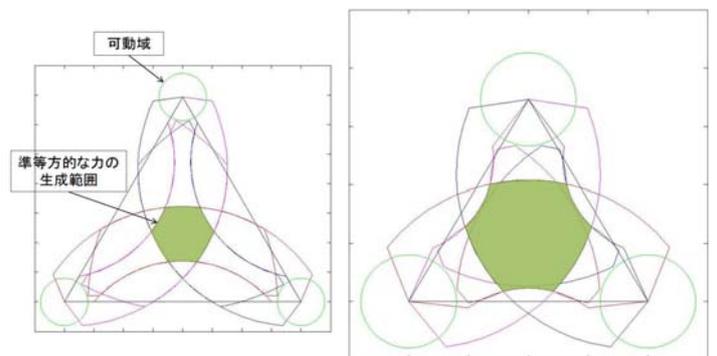


図3 準等方的な力の生成範囲(左:10%,右:20%)

化することが分かる.

#### 4. まとめ・今後の展望

本研究では, 3 自由度の並進力が提示可能なストリング型力覚ディスプレイを開発した. また, ストリング型力覚ディスプレイにおける準等方的な力を生成するための考え方を示した.

今後は, 準等方的な力の生成範囲外における引張力の起点の位置制御方法, および実装の制限を考慮した可動範囲の具体的な検討を行う.