

事例6

リアルハプティクスの医療支援応用

横浜国立大学 下野 誠通*, 慶應義塾大学 大西 公平**

*しものともゆき:工学研究院 知的構造の創成部門 准教授, 神奈川県立産業技術総合研究所 「力を感じる医療・福祉介護次世代ロボット」プロジェクト プロジェクトリーダー

**おおにし こうへい:名誉教授, グローバルリサーチインスティテュート ハプティクス研究センター 特任教授, 神奈川県立産業技術総合研究所 同プロジェクト 研究顧問

はじめに

少子高齢化の進展を受け、医療、リハビリテーション、介護などさまざまな場面で、身体的な支援を実現する革新的な人間支援システムの開発に対して期待が高まっている。このようなシステムは、人や物体との物理的な接触が必須となるため、安全で柔らかい運動を実現することが求められる。リアルハプティクスはシステムを通じた人と環境との間のインタラクションを実現し、接触時の力触覚の人工的な伝送、記録、再現を可能とする技術である。

本稿では、医療支援におけるモーションコントロールの応用事例として、まずリアルハプティクス技術について概説し、さらに本技術を実装した手術支援ロボット、医療デバイス、リハビリテーション支援ロボット、介護支援ロボットの開発研究について紹介する。

リアルハプティクス

システムが物体に接触した際の実際の力触覚を伝送するためには、マスタシステムとスレーブシステムと呼ばれる2台のシステム間での双方向性を有したモーションコントロールが必要となる。このような制御手法をバイラテラル制御という。

マスタシステムとスレーブシステムの間で、接触した物体の力触覚を伝送するためには、次式の関係を満たさせる必要がある。

$$F_m + F_s = 0$$

$$x_m - x_s = 0$$

前者はマスタシステムに加えられた力と、スレーブシステムに加わる環境からの反力との間の作用・反作用の法則の人工実現を意味している。後者はマスタシステムとスレーブシステムとの間での位置追従を意味している。つまり、鮮明な力触覚を伝送するためには、理想的な位置制御と理想的な力制御を同時かつ独立に実現する必要がある。

これら2つの機能を獲得するためのバイラテラル制御のブロック線図を図1に示す。マスタシステムとスレーブシステムそれぞれに対して制御器を設計するのではなく、作用・反作用の法則の人工実現の機能を和の座標系における力制御によって獲得し、位置追従の機能を差の座標系において位置制御によって獲得する。すなわち、理想的な力制御と理想的な位置制御とを制御エネルギー源として有し、作用・反作用の法則の人工実現と位置追従という必要な機能を獲得するために、和と差の直交空間となるようにモーションコントロールの構造が設計されている。これがリアルハプテ

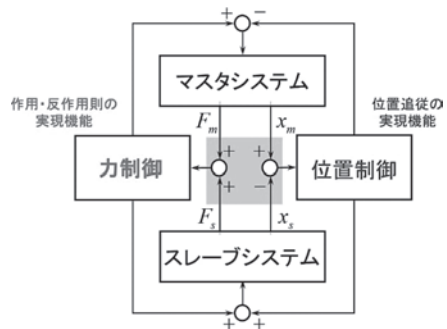


図1 リアルハプティクスの原理