

プロジェクト名：甲殻型触覚インタフェースに基づくコミュニケーション技術の開発

プロジェクト代表者：辻 俊明（電気電子システム工学科・助教）

## 1 はじめに

筆者らは人間機械協調系の実用化・高度化を目的とし、触覚コミュニケーション技術の研究を進めてきた。これまでに、触覚コミュニケーション技術の基盤となるキーデバイスとして、以下の特徴を持つ全身触覚センサ「ハプティックアーマ」を開発している。

- (1) 機械を甲殻型の外殻で覆うことによりあらゆる外力を検知し、高い安全性を実現する
- (2) 表皮にセンサアレイと配線を敷き詰める必要がない
- (3) 外力と外力作用位置の計測分解能が高く、高度な触覚情報処理に適している
- (4) 圧力分布を計測する能力を持たない

本研究課題ではこれらの特徴を利用し、ロボットの触覚に基づく命令認証技術を開発した。具体的には、全身触覚センサのデータ配列から重要な情報のみを抽出する前処理を施し、処理後のデータに命令認識アルゴリズムを実装する、という手順の触覚認証プログラムを作成した。本技術を応用することで人間機械協調系の効率的な命令認証が実現されることを確認したのでその結果を以下に記す。

## 2 触覚インタフェースの機構

表皮にデバイスを配置する必要のない甲殻型触覚インタフェース、ハプティックアーマを搭載した移動ロボットの写真を Fig.1 に示す。本センサは甲殻状のエンドエフェクタとセンサデバイスで構成される。エンドエフェクタは成型プラスチック等の単なる部材であり、センサデバイスに外力を伝達するはたらきを持つ。また、甲殻形状で全身を覆うため全ての外力はここに作用する。エンドエフェクタはセンサデバイスを介してロボットに固定され、ロボット本体に直接触れない。すると全ての外力の総和がセンサデバイスに集約されて伝わることになる。本研究ではセンサデバイスに商用の6軸力覚センサを用いる。本センサはセンサアレイを持たないため、圧力分布を計測することはできない。しかし、力の作用点を一つの圧力中心点で代表すれば、作用点を同定できる。その同定技術を IEEE Trans. Industrial Electronics Vol.56, No.5 に発表している。

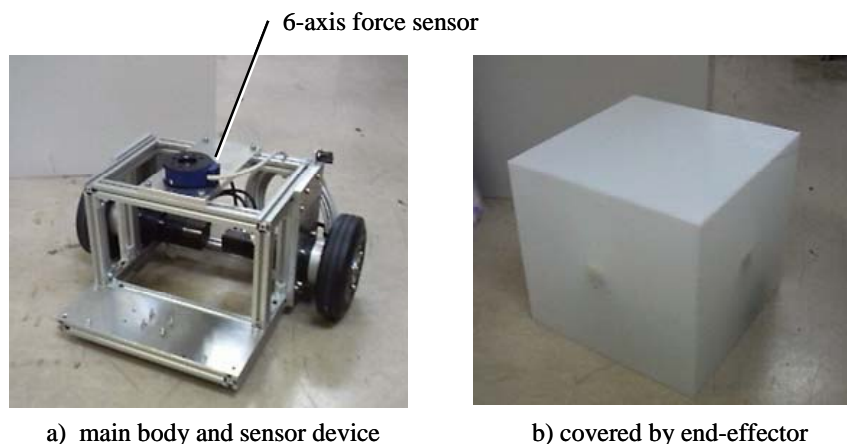


図1 ハプティックアーマの構成

## 3 命令認識のアルゴリズム

本研究で提案した命令認識法のイメージを Fig.2 に示す。操作者はロボットの触覚インタフェースを指でなぞり、その軌跡から命令の内容を認識する。各命令を遂行するための規定の動作モードが実装さ

れており、ロボットは命令認識後に該当のモードへ移行する。原理的にはエンドエフェクタの全ての面で認識が可能であるが、本稿では簡単化のため操作者が入力しやすい天板のみで検証を行う。ロボットが命令を認識し、遂行するまでの手順は以下の通りである。

- ・ロボットは接触の有無を常に検知しており、接触している間は接触点の位置と力の軌跡を記録する
- ・接触している状態から接触のない状態に遷移した時点、もしくは一定時間以上が経過した時点で、なぞり動作が終了したと判断し、接触の位置・力の軌跡から複数種類の特徴量を抽出する。
- ・抽出された各特徴量に基づいて命令認識を行う
- ・命令認識の結果を反映して動作モードを変更する

上記の手順で抽出された特徴量に基づいてロボットの命令実行用パラメータを与えることにより、操作者がなぞり動作に多次元情報を埋め込み、ロボットに伝達することが可能となる。また、ロボットの作業内容を記号化された接触点の軌跡と対応付けることにより、直感的な操作が実現される。

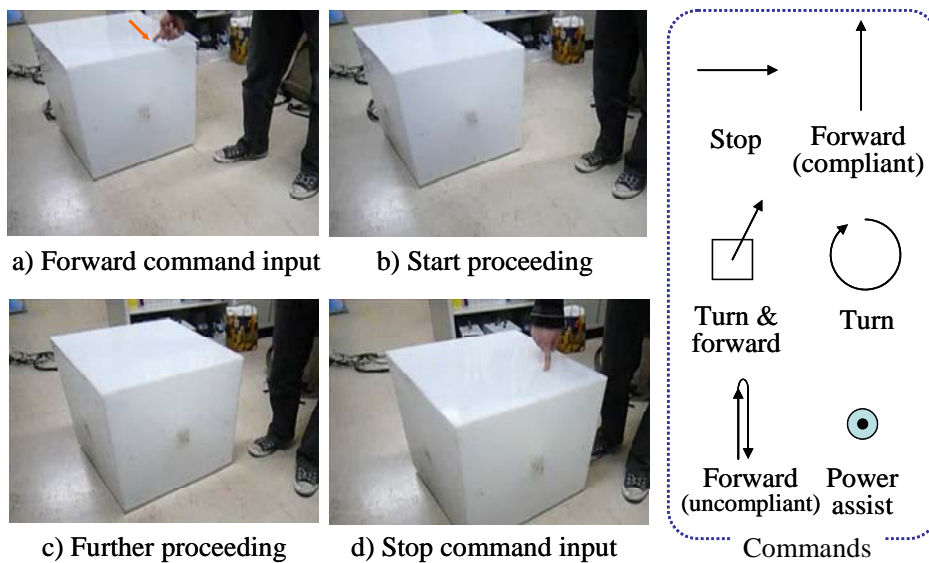


図2 命令認識の例

#### 4 命令認識の性能評価

本研究で提案した命令認識法の認識精度を評価する実験を行った結果を表1に示す。全ての命令の入力パターンについて、認識率の評価を行った。初心者4名、熟練者3名を対象とした結果を表1に示す。ここで熟練者とは、本触覚インタフェースによる命令認識を20分間練習した者を指す。初心者に対しては命令の入力方法について説明を行い、1回ずつ命令入力を試行させた後に評価試験を行った。2番の巡回後直進以外の命令に関しては高い認証率が得られており、能率の高いインタフェースとして利用できることが確認された。

表1 命令認識の実験結果

input command	recognized result						recognition rate [%]
	0	1	2	3	4	5	
0	159	0	3	0	0	0	98.2
1	17	78	0	0	0	0	82.1
2	31	0	64	0	0	0	67.4
3	3	0	0	91	0	1	95.8
4	4	0	4	5	82	0	86.3
5	5	1	0	0	3	86	90.5