

第4回 触力覚計測・提示

【目的】

触力覚デバイスを使った実験を通して、デバイスの特性を知り、計測技術を学ぶ。

◆触力覚デバイスとは？

- ・物に触った感覚（力覚、触覚）を提示することができる
- ・仮想物体に触れる感覚を提示することができる

◆プログラムで扱う基本的な関数

- ・dhdGetPosition(pos[0],pos[1],pos[2]);
- ・dhdSetForce(force[0],force[1],force[2]);

◆Falcon の仕様

- ・最大反力：900g(9N)
- ・作業空間：10cm × 10cm × 10cm
- ・位置データ、モータへの電流を 1kHz で更新

◆どんなことに利用されているか、または利用を目指しているか

- ・バーチャルリアリティ：トレーニングシミュレーター、手術支援ロボット
- ・遠隔操作：重いものを持ち上げる、レスキュー用探査ロボット
- ・研究：生体計測システムに利用

◆Falcon の座標系

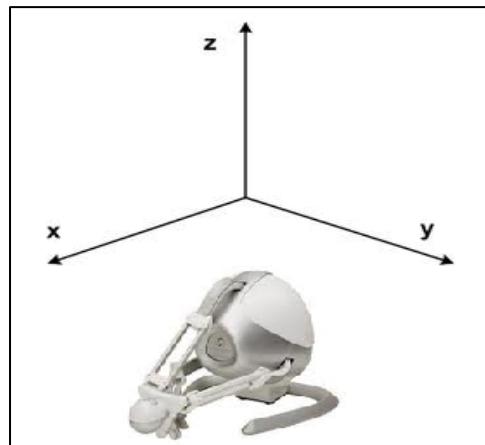


図1. Falcon の座標系

[実験]

実験器具

- Novint Falcon
- 実験用 PC
- 電子はかり
- 方眼用紙
- Falcon 用装着サポート (座標取得用: 5 cm, 10cm, 入出力特性用)

実験 1. 座標計測

Falcon はグリップ部分の空間座標を取得することができる。取得した座標データからグラフを作り、座標取得を行えているか確認する。

[実験方法]

Falcon のグリップ中心部分の座標位置で、作業空間の空間座標を取得できる。グリップ中心部分の位置を変えて空間座標を取得する。取得する位置は方眼用紙の点の上で行う。取得した空間座標の座標間隔をそれぞれ求め、実際の空間座標(方眼用紙の空間座標)の照らし合わせる(方眼用紙上の点は 1cm 刻み)。

1. プログラムを起動させる。
2. キーボードの「G」を押すと、座標を取得できるように設定されている。サポートの先を方眼用紙の点の上に合わせ、座標を取得する。取得したデータは csv 形式に出力されるよう設定されている。
3. これを繰り返して、方眼用紙上の全ての点で座標を取得する。
4. 全ての点で座標を取得したら、別の長さのサポートで同じ実験をする。サポートは長さ 5cm のものと 10cm のものがある。

出力されたデータをグラフ化する(Z 軸は固定してあるので X, Y 平面のグラフ)。そして、取得した空間座標と実際の空間座標(方眼用紙の空間座標)照らし合わせ、正確に座標取得が行えていたか確かめる。

実験 2. 入出力特性調査

力覚提示関数の引数に数値を入力すれば Falcon は恒常的な力を提示することができる。引数と提示される力の関係、入出力特性を調査する。

[実験方法]

dhdSetForce 関数の引数の値を変えて、Falcon に力を出力させる。その力の大きさを測定し、入力値と出力値の関係を調査する。入力値は-3, -4, -6, … -14 と変え、その時の Z 軸下向きの力の大きさを測定する。出力値の単位は N とせよ。ただし、重力加速度は $10[m/s^2]$ とし、小数第 2 位まで求めること。(ヒント: 1kg の物体にかかる重力は $1 \times 10[m/s^2] = 10[N]$)

1. プログラムを起動させる。
2. dhdSetForce() 関数の Z の値(3 つ目の引数)を変えて、下向きに力を出力させる。Falcon の座標系は図 1 のようになっており、下向きに出力させるので Z は負の値となる。
3. 引数の値を変え、Falcon の動作が止まつたら、(キーボードの m を押しながら) 真下にグリップ部分を持って行き、電子はかりと軽く接触させる。そのあと、はかりの表示ボタンを押す。
4. キーボードの S を押し出力させ、電子はかりの数値を記録する。出力された直後の最も大きな数値を記録する。
5. 同様にして、5 回ずつ測定する。1 回ずつ測る前に電子はかりをゼロ校正し、サポートと電子はかりを接触させてから出力させる。
6. データを 5 回計測し終えたら、入力値を変えて実験を繰り返し、全ての入力値で 5 回ずつ測定を行う。

実験 2 入出力特性調査の出力書き込み表 (電子はかりの数値 [g])

入力値	回数				
	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目
3					
4					
6					
8					
10					
12					
14					

実験 2 入出力特性調査の出力書き込み表 (出力を力の大きさ [N] (ニュートン) に変換した表)

入力値	回数					平均 [N]	標準偏差	標準誤差
	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目			
3								
4								
6								
8								
10								
12								
14								

入出力特性を表にまとめ, 平均, 標準偏差, 標準誤差を求める. また, 入力値と出力値(平均)の関係をグラフにし, 入出力特性について考察せよ. グラフはエラーバーもつけること. ただし, プログラムに書き込むときは, 表中の入力値にマイナス(−)を付けること. マイナス(−)は z 方向下向きを表わす.

[レポート記載事項]

- 表紙(実験 Web ページからダウンロードすること)
テーマ, 実験日, 提出日, 学籍番号, 氏名を記入すること
- 目的
- 実験装置
- 実験方法

[結果の処理]

実験1

- ① 出力されたデータをグラフ化する(Z 軸は固定してあるので X, Y 平面のグラフ).
- ② 測定結果のファイル「5cm.xlsx」および「10cm.xlsx」を利用して, 動画中で示した散布図のグラフを作成せよ.
- ③ レポートには, 5cm と 10cm のときのグラフを貼り付けること.

実験 2

- ④ 動画中で示した出力値の単位は[g]である. とりあえず, その値をファイル「jikken2.xlsx」の上の表に入力し, 表を完成させる.
- ⑤ 「jikken2.xlsx」の下の表には, 力の大きさ N(ニュートン)に変換された値が入るようにせよ.
- ⑥ 平均, 標準偏差, 標準誤差を求める.
- ⑦ 入力値と平均の値を用いて, 動画中で示したようなグラフを作成せよ. その際, グラフには, エラーバーと近似直線を加えること.
- ⑧ レポートには, 2つの表とグラフを貼り付けること.

[課題]

- ① 動画の中のサンプルプログラムのうち, 3つについて, どのようなプログラムか説明せよ.
- ② 実験2の入出力特性についての考察を述べよ.
- ③ 触力覚デバイスを応用したものについて Web などで調べ報告せよ. 参考にした Web の URL も記載すること.

キーワード: 触覚デバイス, 力覚デバイス, Novint Falcon, ハaptiックデバイスなど.

[レポート提出方法]

- Moodle の指定された場所にアップロードすること
- ファイル名は Web ページに指定されたとおりにすること.