

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

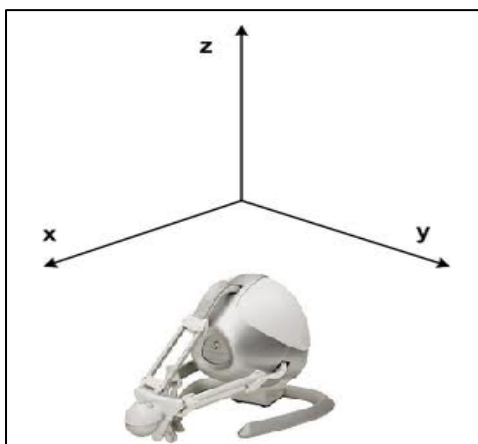


図1．Falcon の座標系

[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に設定されている．
- 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 $10[\text{m/s}^2]$ 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 $1 \times 10[\text{m/s}^2] = 10[\text{N}]$)

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** の動作が止まったら，(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 回計測し終わったら，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, ハプティックデバイスなど.

[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.