

平成 13 年度  
卒業論文

歩行支援機における肘置き力センサの開発  
( 解析・設計および検定実験 )

指導教員

井上 喜雄 教授

甲斐 義弘 助手

高知工科大学 知能機械システム工学科

1020135 野津 弘二郎

## 目次

1 . 緒言 . . . . .	1
2 . 力センサー . . . . .	2
2-1 原理 . . . . .	3
2-2 構造 . . . . .	4
3 . 有限要素法 ( ANSYS ) による解析 . . . . .	6
4 . 実験 . . . . .	12
4-1 実験方法 . . . . .	12
4-2 実験結果 . . . . .	13
5 . 結言 . . . . .	20
謝辞 . . . . .	20
参考文献 . . . . .	20

## 1. 緒言

今日の日本は、高齢者比率が世界の先進国の中でも群を抜いて高くなりつつある。2020年には総人口の約1/4が65歳以上となり、介護を必要とする高齢者が500～600万人に達すると言われている。一方、日本は石油などの有益な物的資源を持っていないため、海外から原料を輸入し、日本の持っている技術を駆使して高い付加価値製品を生産、輸出することによって経済を繁栄させている。したがって、多くの若者はもちろんのこと、これからは健康な高齢者も生産分野に携わる必要があり、福祉・介護分野での省人化は避けて通れない。このため寝たきりの高齢者をはじめとする、要介護者を極力ださないようにする装置や自立生活を支援する装置の開発が必要である。

そのような装置の一つに歩行支援機がある。これは、寝たきりの高齢者の増加を防ぐためや歩行機能に障害のある患者の歩行リハビリテーションに使われ、使用者や介護者の身体的負担を軽減するための装置である。本研究では患者から歩行支援機にかかっている力を見るために肘置きに力センサを取り付ける。患者から歩行支援機にかかっている力を把握することは患者のリハビリの進行状況を知る上で有効な情報となる。また、肘置きに取り付ける力センサを3軸にすることで、操作が容易となり、患者のリハビリに対する意欲が向上させることができ、回復のスピードが上がるという効果も見込まれる。

腕や手を使わずとも腰などで肘置き部を押すことで力を伝えることが可能となるので腕や手に障害のある患者も歩行支援機を使用できる。

歩行支援機を動かす上で有効な力の情報は前後、左右、鉛直方向の3軸力である。また、患者からかかっている力の位置を知るためには、前、右、左の三カ所を必要とする。3軸を読み取る力センサを既製品で購入するとかなりコストがかかってしまう。そこで、本研究では力センサを設計し、その力センサの検定、解析を行った。

3つの力センサで力を検出するためには、個々の力センサが正確に力が検出でき、3方向に分力できていることが必要なので、個々の力センサについて検定を行う。

力センサの取り付け位置を図1.1に示す。

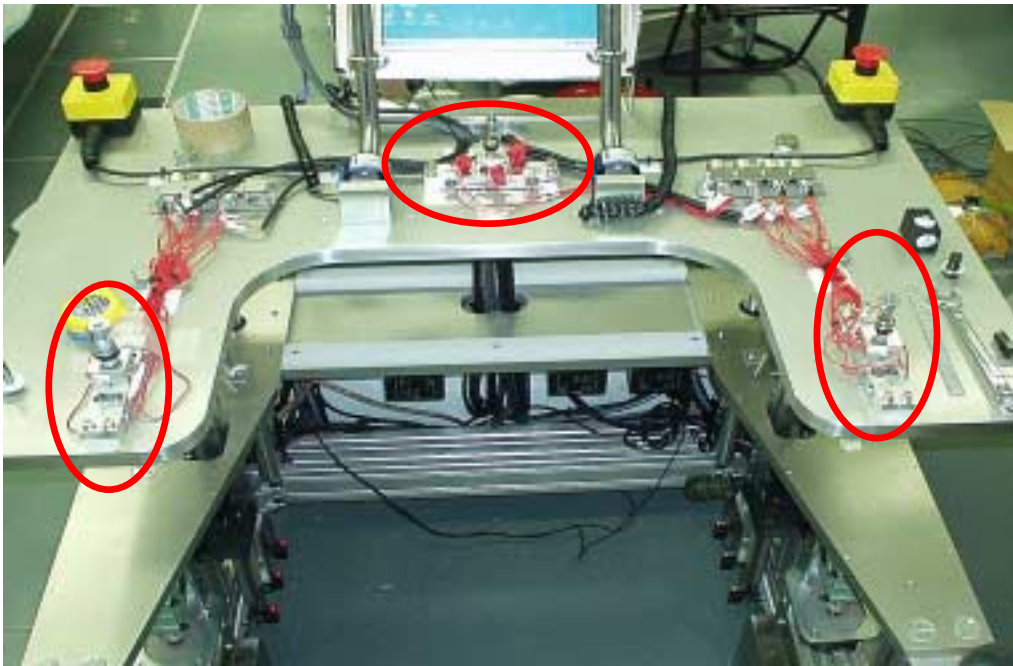


図 1.1 カセンサ取り付け位置

## 2. カセンサ

本研究において、最低必要な力情報は3軸力である。また、力やモーメントの各成分が他の成分に干渉されることなく検出できることが重要である。このような力センサとして研究されているものに平行平板構造を用いたものが知られており、次のような特徴を持つ。

一つのセンサで3方向の力が同時に検出できる。

力やモーメントの各成分が他の成分に及ぼす干渉が非常に小さい。

十分な感度を持つ。

設計・制作・変形利用が容易である。

### 2-1 原理

図 2.1(a)のようにはりの中央に四角穴を貫通させた形状で、この四角穴によりその部分の断面係数が激減し、2枚の薄い平行なはりが作られる。このはりの部分を平行平板構造と呼ぶ。この構造は可動部と固定部が2枚の薄いはりで挟んだ構造になっており、力やモーメントによって両方の薄いはりの表面に直行する方向に生じる力によってその方向にのみ変形し、薄いはりの両端の根元表面に引っ張りおよび圧縮のひずみが生じる。このひずみを2枚の薄いはりの根元の合計4ヵ所に貼り付けられたひずみゲージによって電気抵抗に変換し、ブリッジ回路で電圧に変換する。このようにして平行平板構造は1軸方向の力を検出することができる。

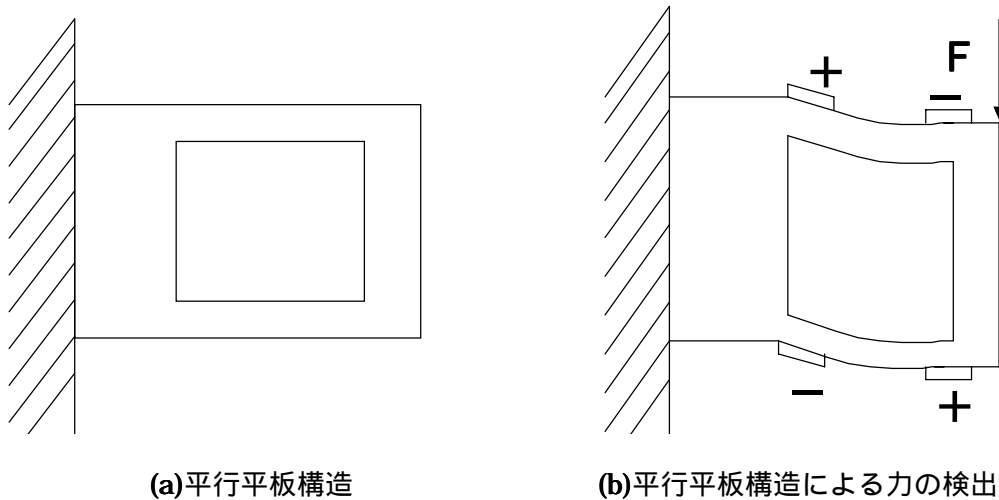


図 2.1 平行平板構造と力の検出

## 2-2 構造

2-1を参考に力センサを設計した。

本研究で最低限必要な力情報は3軸力である。また、肘置きの下に設置するため、あまり大きい物は適さない。そこで、3軸力を検出可能な小型の力センサを、平行平板構造と等価な丸穴形を3つ組み合わせたもので製作し、各軸4ゲージとした。丸穴形にしたのは四角穴に比べコストがかからないためである。

使用したひずみゲージはKYOWA製アルミニウム用KFG-3-120-C1-23L3M2Rとした。材質はアルミニウム2017を使用した。

選定理由には

- ・ 焼き入れすることで高硬度になり、粘性も強い。
- ・ 加工性が比較的よい。

があげられる。

アルミニウム2017の機械的性質を表2.1に示す。

設計図を図2.2に示す。

ひずみゲージ貼り付け位置を図2.3に示す。

表 2.1 アルミニウム 2017 の機械的性質

材質	引張性質			硬さ (HB)	せん断強さ [MPa]	疲労強度	縦弾性係数 [GPa]
	引張強さ[MPa]	0.2%耐力[MPa]	伸び[%] 棒 φ 12.7mm				
2017-O	181	69	22	45	123	88	73
2017-T4	427	275	22	105	260	123	73

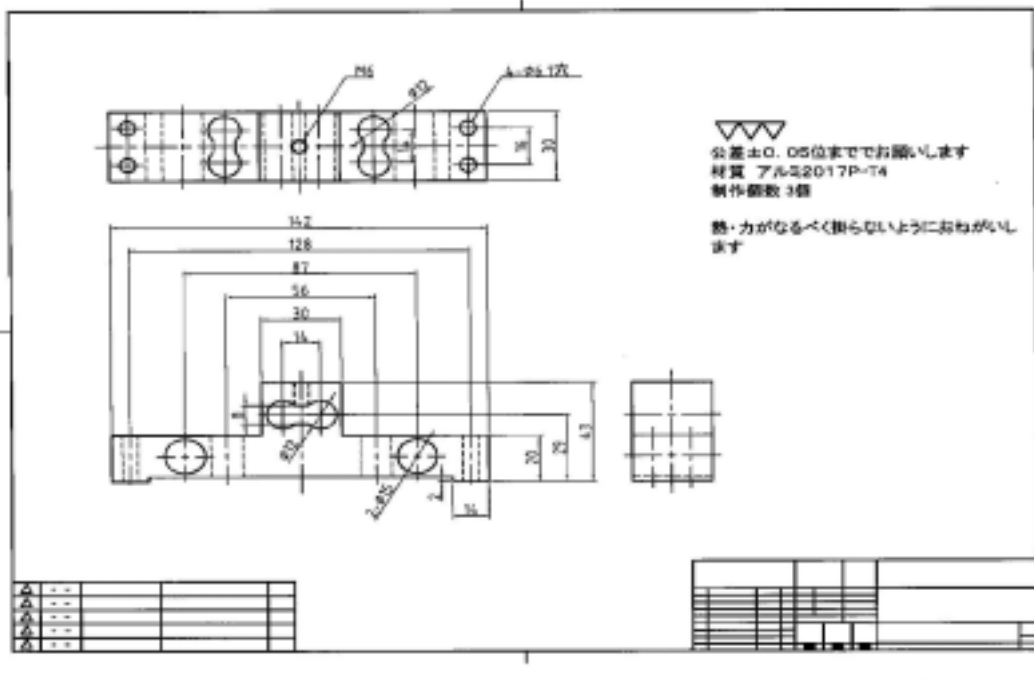
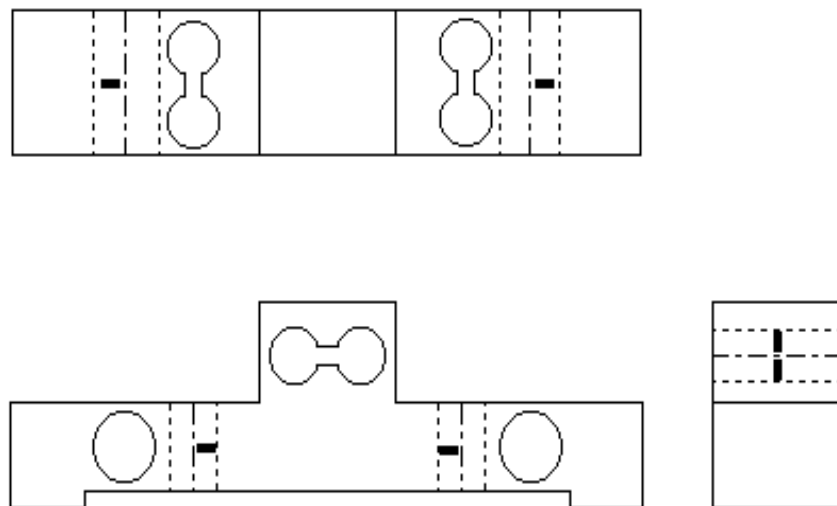


図 2.2 設計図



■:ひずみゲージ

図 2.3 ひずみゲージ貼り付け位置

### 3. 有限要素法 (ANSYS) による解析

丸穴形のカセンサについて ANSYS を用いて構造解析をし、強度と他の方向に干渉されていないかを調べた。

構造解析の流れを図 3.1 に示す。

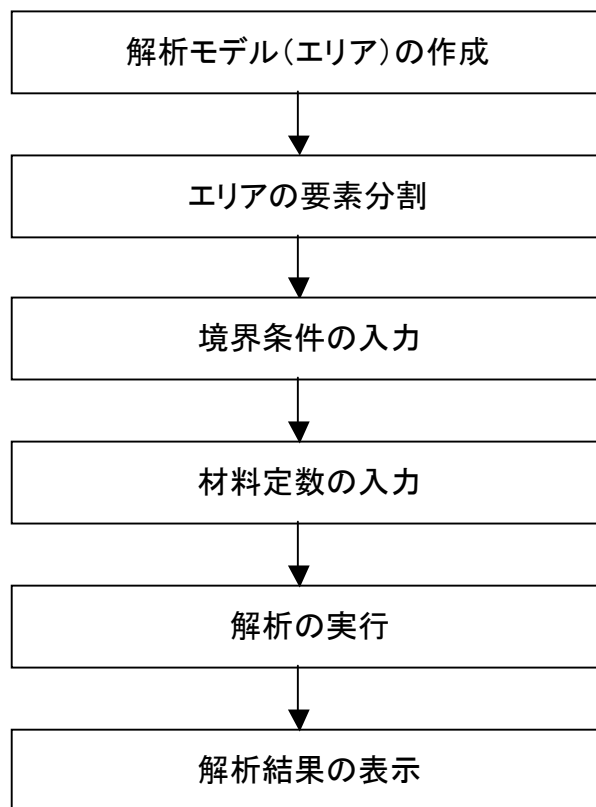


図 3.1 構造解析の流れ



## 解析結果

要素サイズの大きさは0.4である。これは使用したコンピューターのスペックの限界であり、これより小さく切ることではできなかった。

X,Y方向に50kg Z方向に100kgの荷重かけた場合の最大応力はそれぞれ、146MPa、128MPa、204MPaでいずれもアルミニウム2017の許容応力内であり、実際の使用時にかかる荷重はそれより小さいため塑性変形するおそれはない。

5~15kgの荷重を5kg刻みでかけ干渉をみる。図3.3から他の方向の成分にもあまり力がかかっていないことがわかるので干渉が少ないと思われる。他の方向にもわずかに力が検出されているのは要素サイズが大きく自動メッシュで切ったため、対称の位置とのずれがあったためと思われる。

応力分布図を図3.2に示す。

干渉のグラフを図3.3に示す。

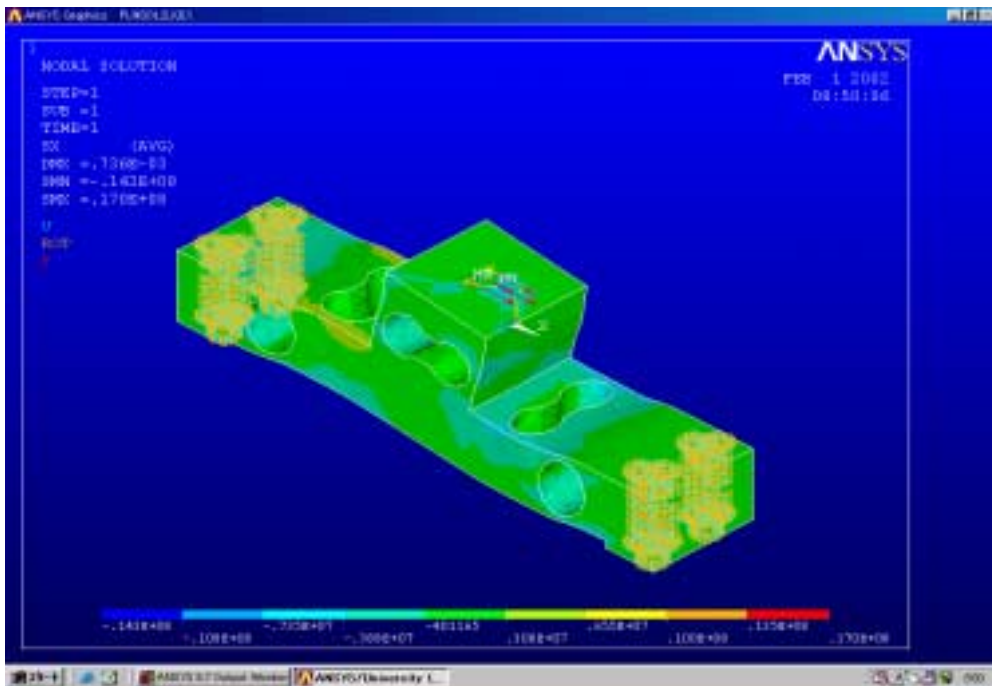


図 3.2 応力分布図(a)  
 X 方向に 50kg の荷重を加えた場合  
 最大応力 146MPa

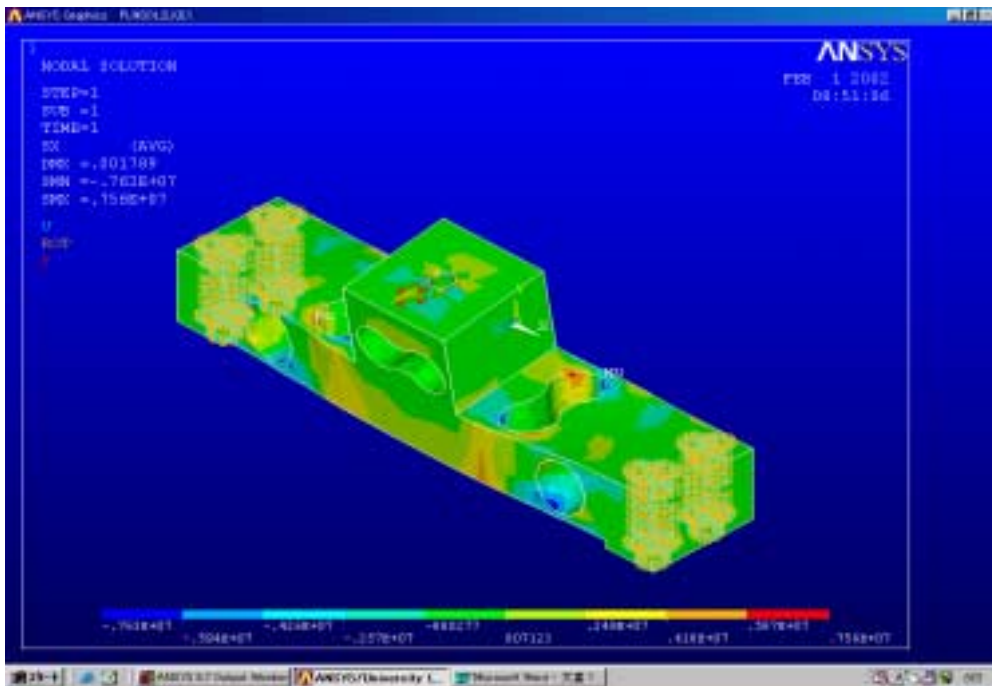


図 3.2 応力分布図(b)  
 Y 方向に 50kg の荷重を加えた場合  
 最大応力 128MPa

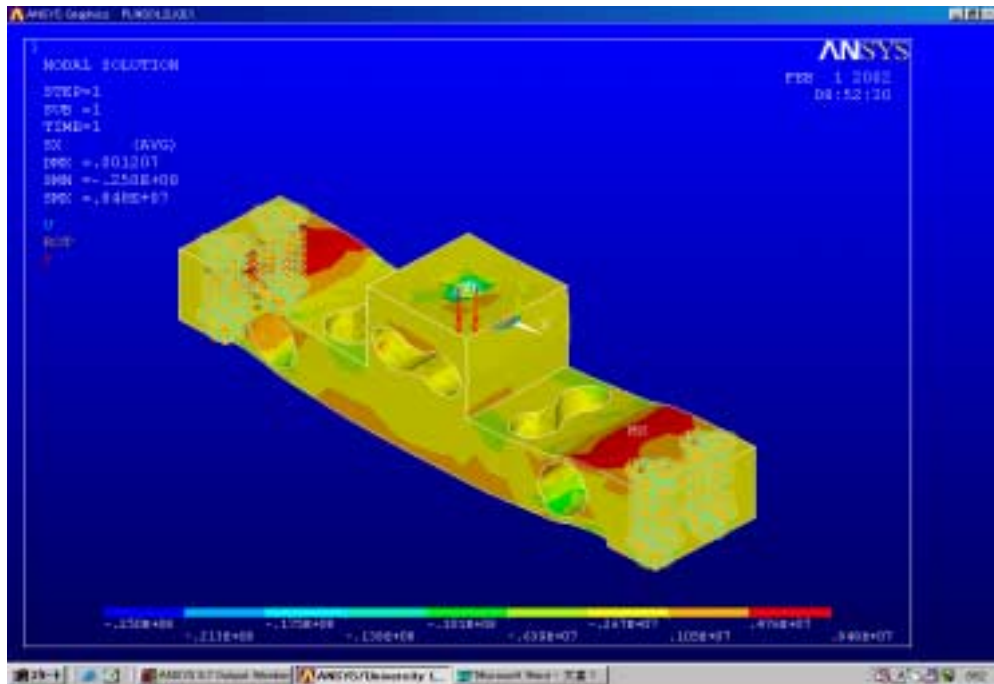


図 3.2 応力分布図(c)  
Z 方向 100kg の荷重を加えた場合  
最大応力 204MPa

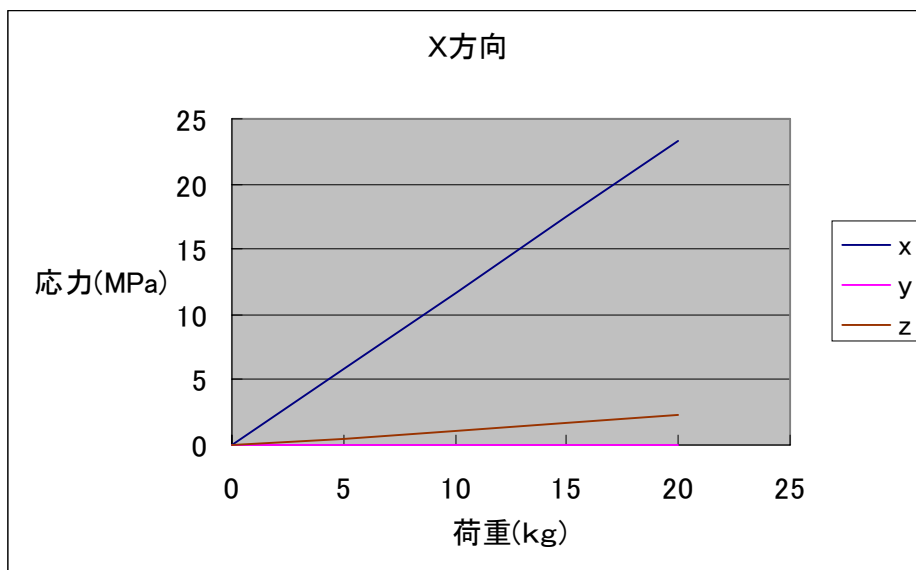


図 3.3(a) X 方向に荷重をかけた場合の干渉

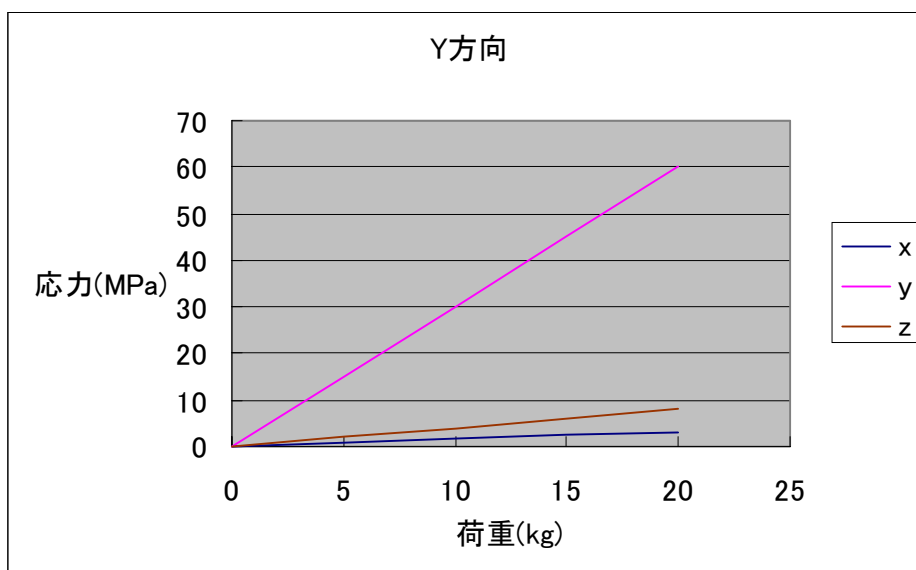


図 3.3(b) Y 方向に荷重をかけた場合の干渉

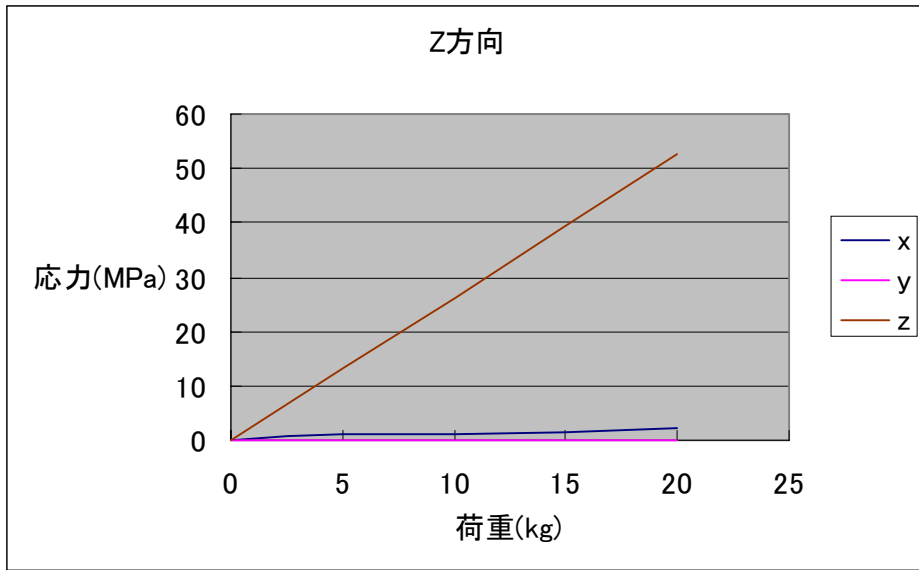


図 3.3(b) Z 方向に荷重をかけた場合の干渉

## 4. 実験

### 4-1 実験方法

力センサの検定を行った。検定方法は  $x, y, z$  の各軸に  $\pm 15\text{kg}$  の荷重をかける。その時の出力を測定し、測定された値から統計処理ソフトの SPSS を使い回帰直線の式の係数を求め、校正行列をプログラムに組み込み、実際に肘置きに荷重をかけて正しく検出できるかをみる。また、SPSS による統計処理方法については次の 2 通りのかけかたをする。

- ・ 単軸のみ使う。
- ・ 補正をかけるために 3 軸全てを使う。

検出する力は  $X, Y$  方向にはばねばかりを使用し  $5\text{kg}$  刻みで荷重をかける。 $Z$  方向には肘置きにおもりを載せる。

モーメントによる干渉を防ぐために力センサと肘置きの間にはボールジョイントを取り付ける。また、個々に検定を行うために検定を行う力センサ以外にはガタのあるジョイント取り付け  $x, y$  方向をフリーにし、検定を行った。

検定方法を図 4.1 に示す。

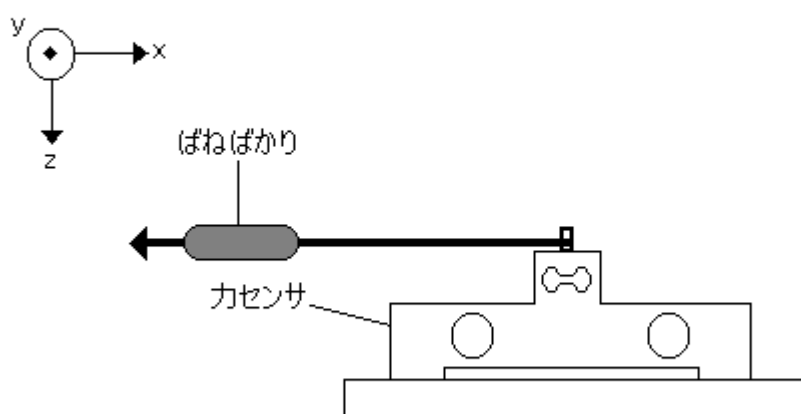


図 4.1 検定方法

## 4-2 実験結果および考察

単軸のみの測定結果を図 4.2 に示す．

補正後の測定結果を図 4.3 に示す．

ANSYS での解析の結果とほぼ同様の結果が得られ，ほぼ正確な値が出力された．

単軸のみの場合に比べ補正後のほうが，干渉が収束されているが，やはり少しは干渉が起きている．また，測定後にはひずみが残ってしまった．これらは次のようなことが原因だと思われる．

- ・ ひずみゲージの貼り付け位置のずれ
- ・ 人がばねばかりで引っ張るため，力センサに対し真っ直ぐ荷重がかかってない
- ・ 材質が正確に焼入れがされてない

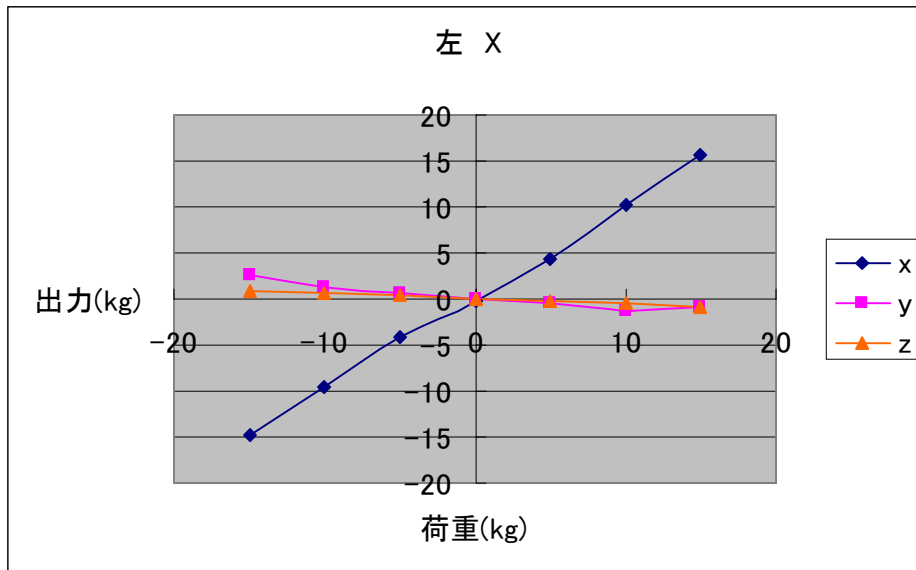


図 4.2(a) カセンサ (左) の X 方向

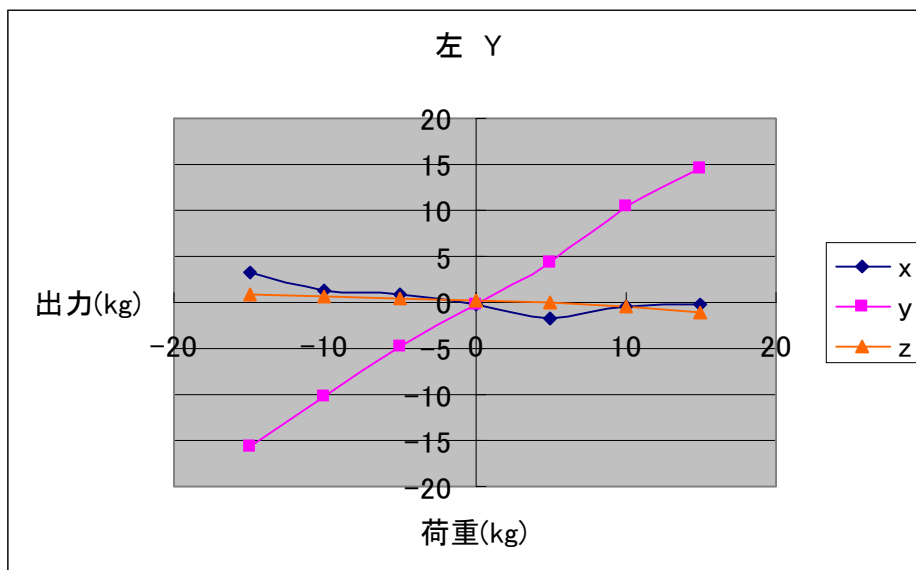


図 4.2(b) カセンサ (左) の Y 方向



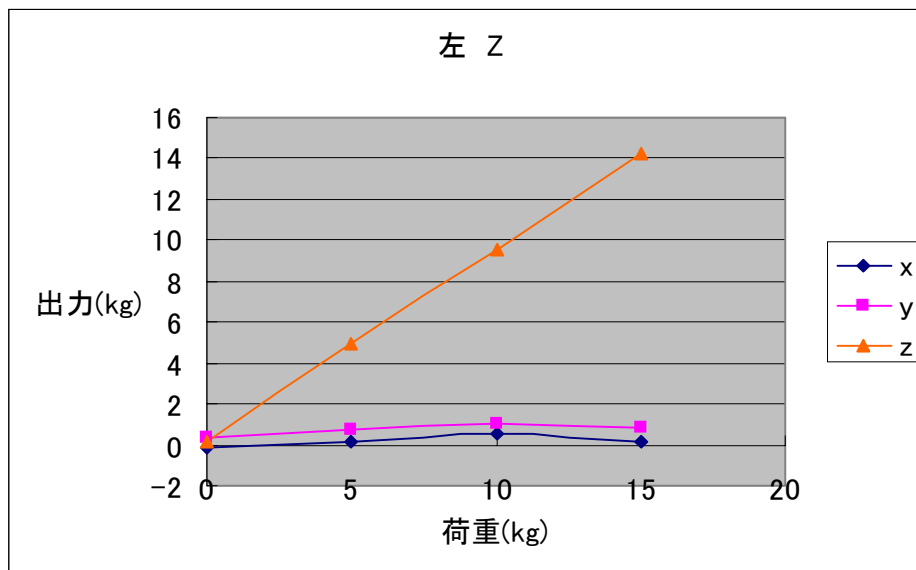


図 4.2(c) カセンサ (左) の Z 方向

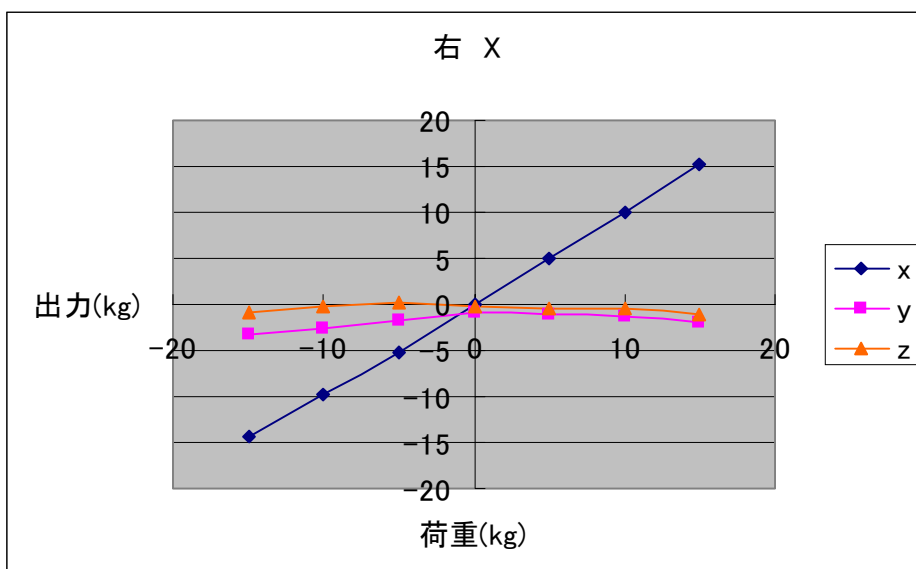


図 4.2(d) カセンサ (右) の X 方向

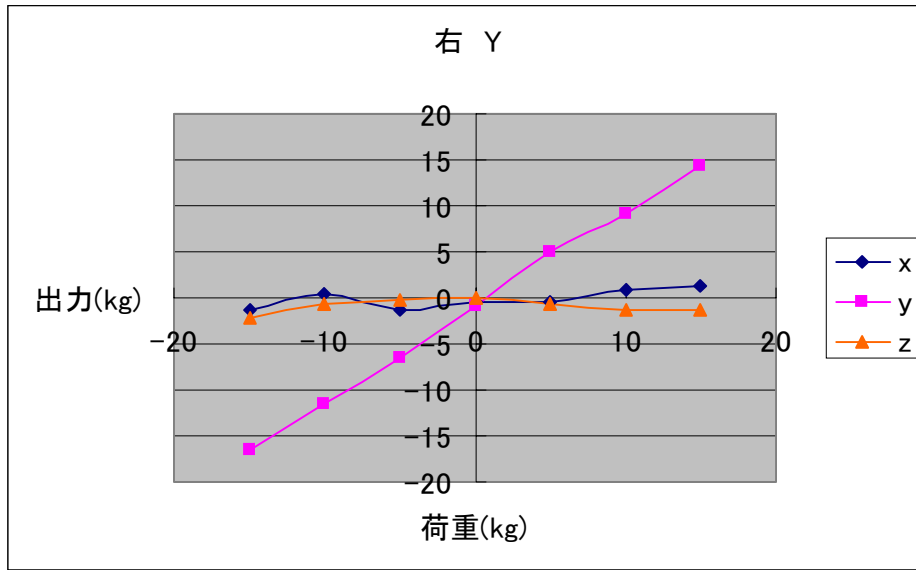


図 4.2(e) カセンサ (右) の Y 方向

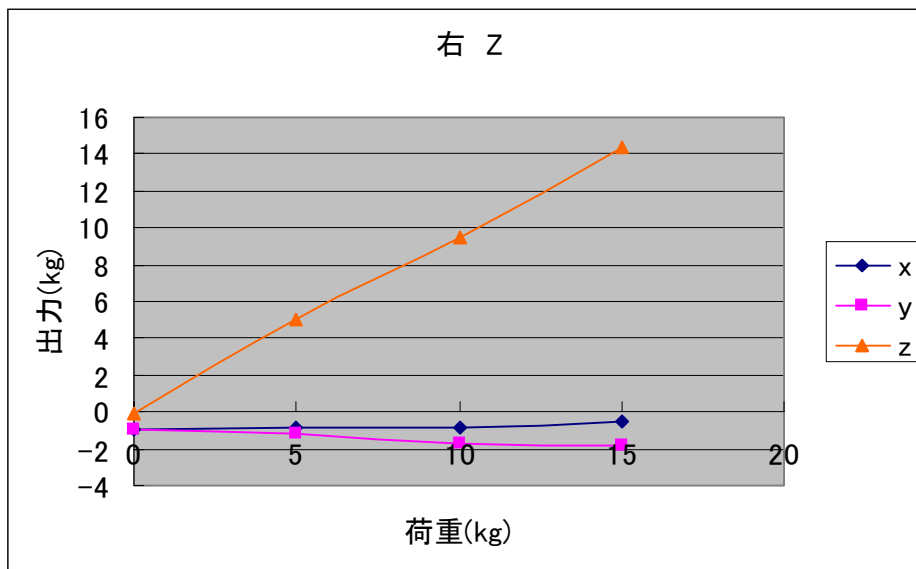


図 4.2(f) カセンサ (右) の Z 方向

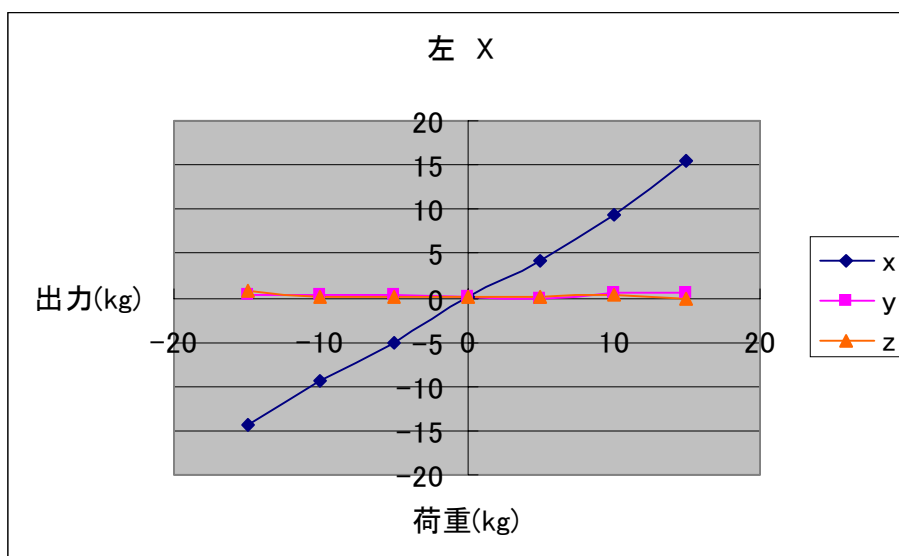


図 4.3(a) カセンサ (左) の X 方向

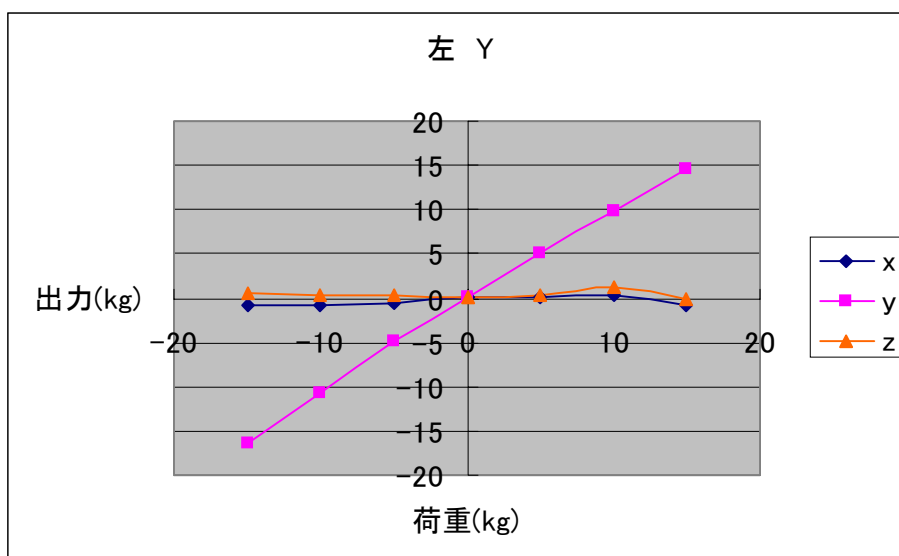


図 4.3(b) カセンサ (左) の Y 方向

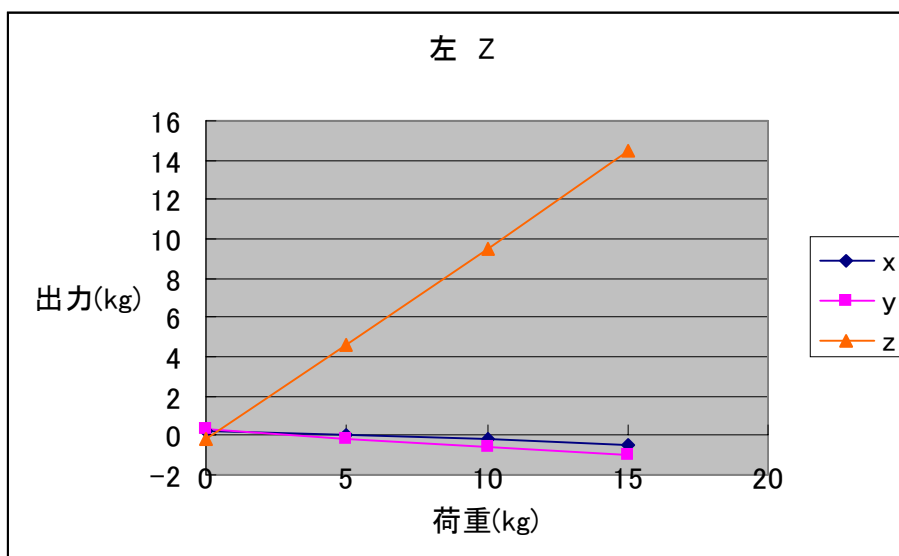


図 4.3(c) カセンサ (左) の Z 方向

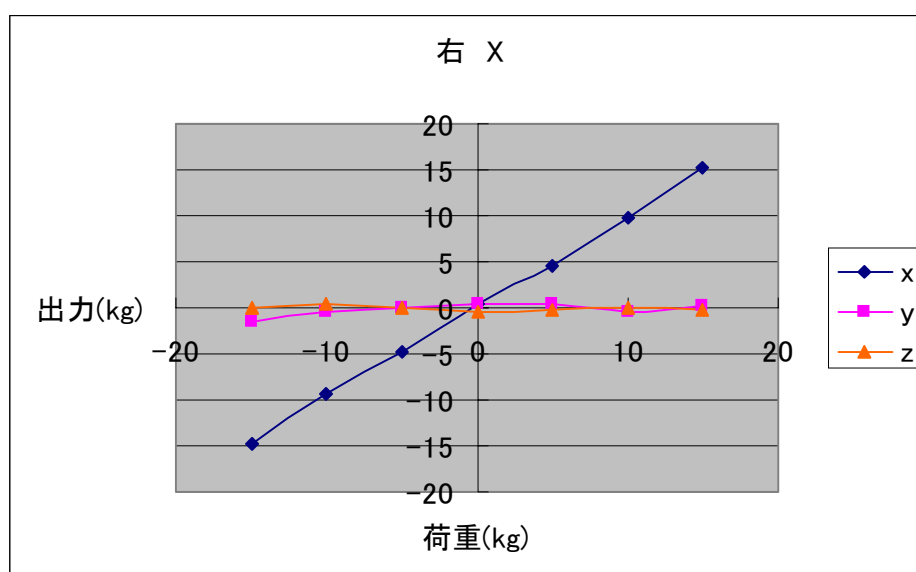


図 4.3(d) カセンサ (右) の X 方向

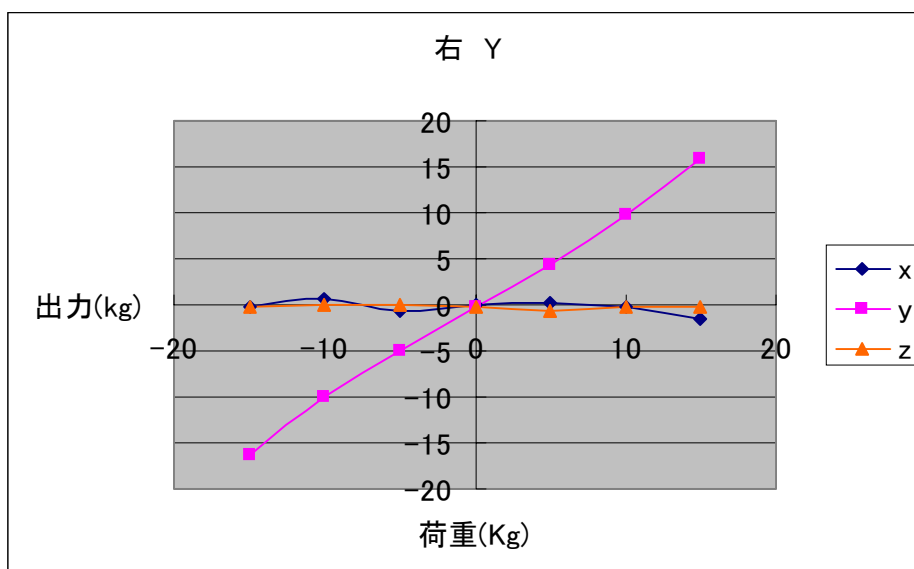


図 4.3(e) カセンサ (右) の Y 方向

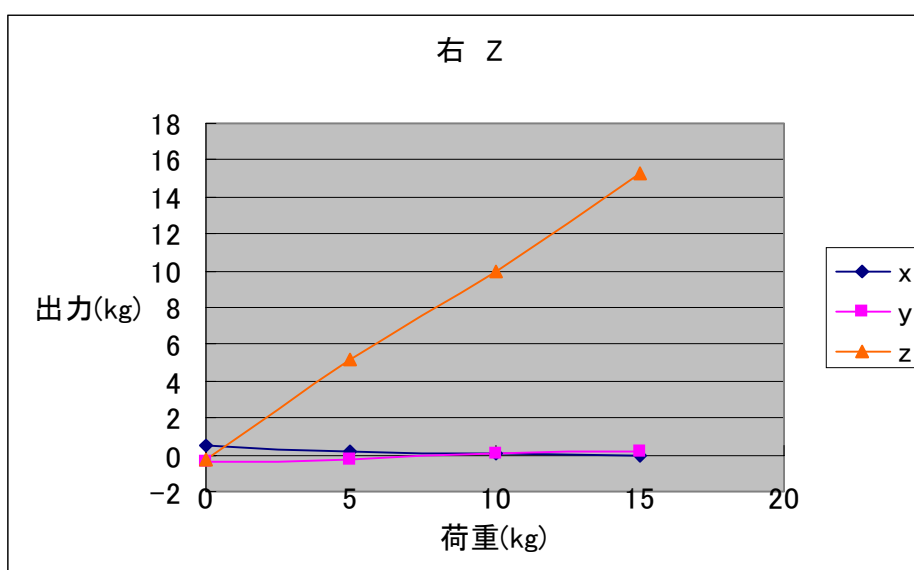


図 4.3(f) カセンサ (右) の Z 方向

## 5. 結言

本研究では歩行支援機を肘置きで操作するための肘置き力センサを解析・設計し，制作した力センサの検定を行い次のような結果を得た．

ANSYS での解析結果，制作した力センサは予想される荷重には十分に耐え，塑性変形のおそれはないと思われる．また， $x, y, z$  方向それぞれの力は十分検知され，他の成分への干渉も少ない．

検定した結果，ANSYS での解析結果とほぼ同様の結果が得られたが，単軸のみの場合他方向へ無視できない程度の干渉が起こった．しかし，3 軸全てを使い校正行列で補正をかけることによって干渉はほぼ相殺された．

今後の予定としては，3 つの力センサを同時に使った検定を行い，肘置き力センサで歩行支援機を動かせるようにする．

## 謝辞

本研究を行うにあたり，高知工科大学工学部井上喜雄教授，甲斐義弘助手にはご指導ご鞭撻をたまわりましたことを心より感謝申し上げます．また，制作にあたりご助言を頂きました高知工科大学工学部長尾高明教授に深くお礼申し上げます．そして，実験等にご協力頂いた高知工科大学学生田能寿孝氏，中浜昌文氏をはじめとする智能機械力学研究室の皆様にも感謝申し上げます．

## 参考文献

- 1) 谷 泰弘，畑村洋太郎，長尾高明，竹中規雄：平行平板形研削動力計に関する一考察（第 1 報），精密機械，48，6（1982）772
- 2) 谷 泰弘，畑村洋太郎，長尾高明：平行平板形研削動力計に関する一考察（第 2 報），精密機械，49，9（1983）1251
- 3) 谷 泰弘，畑村洋太郎，長尾高明：平行平板形研削動力計に関する一考察（第 3 報），精密機械，50，5（1984）875
- 4) 畑村洋太郎：多軸力センサとその応用，精密工学会誌，57，10，（1991），1749
- 5) 谷 泰弘，畑村洋太郎，長尾高明：切削用小型 3 方向ロードセルの開発，日本機械学会論文集（C 編），48 巻 432 号（昭 57-8）1265