

		<ul style="list-style-type: none"> <li>・</li> </ul> <p>5. 人間工学</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・老人の歩行速度を考慮する</li> <li>・モータと後輪の軸間距離は、使用者の足が当たらないようにするため、<b>410mm</b> とする。</li> </ul>	
--	--	--	--

### 3.3 制御ユニット

#### 3.3.1 構成パーツ

- ・ SPX-8000 (AS-500 と AS-520 の 2 枚組) 株式会社テクノ製
- ・ DC-DC コンバータ (24V から 5V に変換と 24V から ±15V に変換)
- ・ 4-Q-EC サーボアンプ DES50/5 × 2 個 MAXON MOTER 製
- ・ EC40 ブラシレスモータ × 2 個 MAXON MOTER 製
- ・ プラネタリギアヘッド GP42C × 2 個 MAXON MOTER 製
- ・ エンコーダ HEDL5540 × 2 個 MAXON MOTER 製
- ・ エンコーダデータ中継基板
- ・ アクセルグリップ × 2 組

SPX-8000 配線図  
AS-500

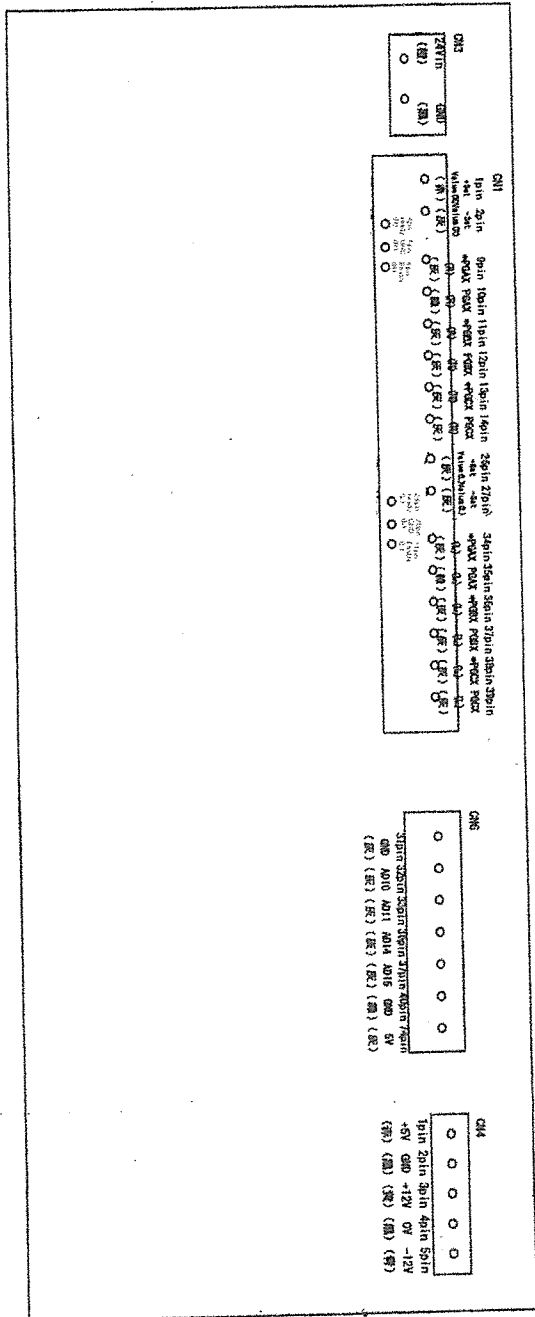


図 3. 3. 1. 1 AS-500 配線図

SPX-8000 配線図  
AS-520

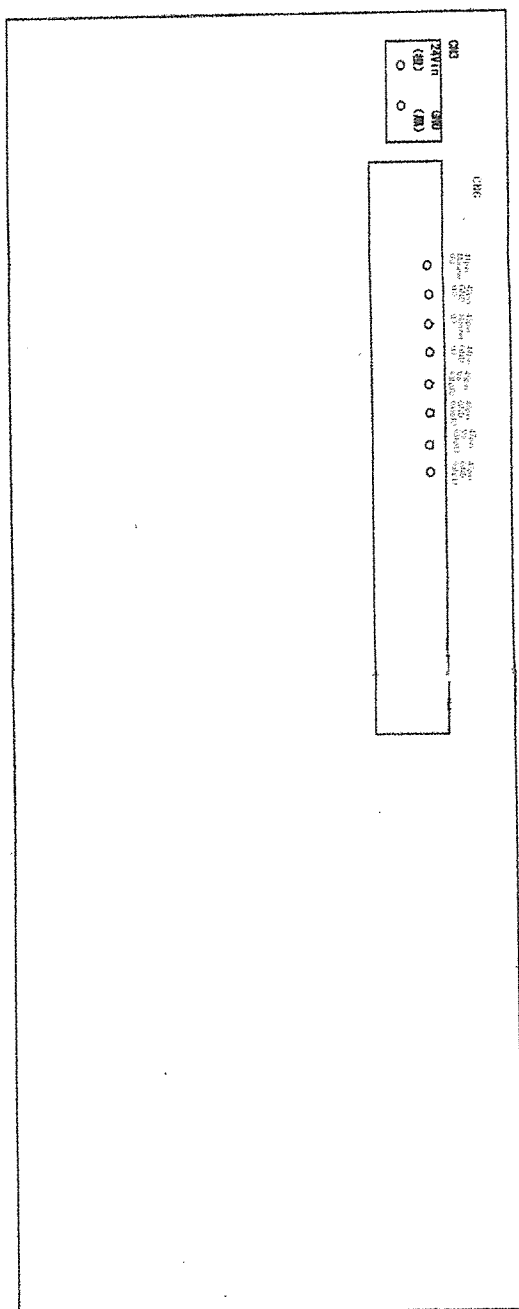


図 3. 3. 1. 2 AS-520 配線図

SPX 入力用 DC-DC コンバータ基板

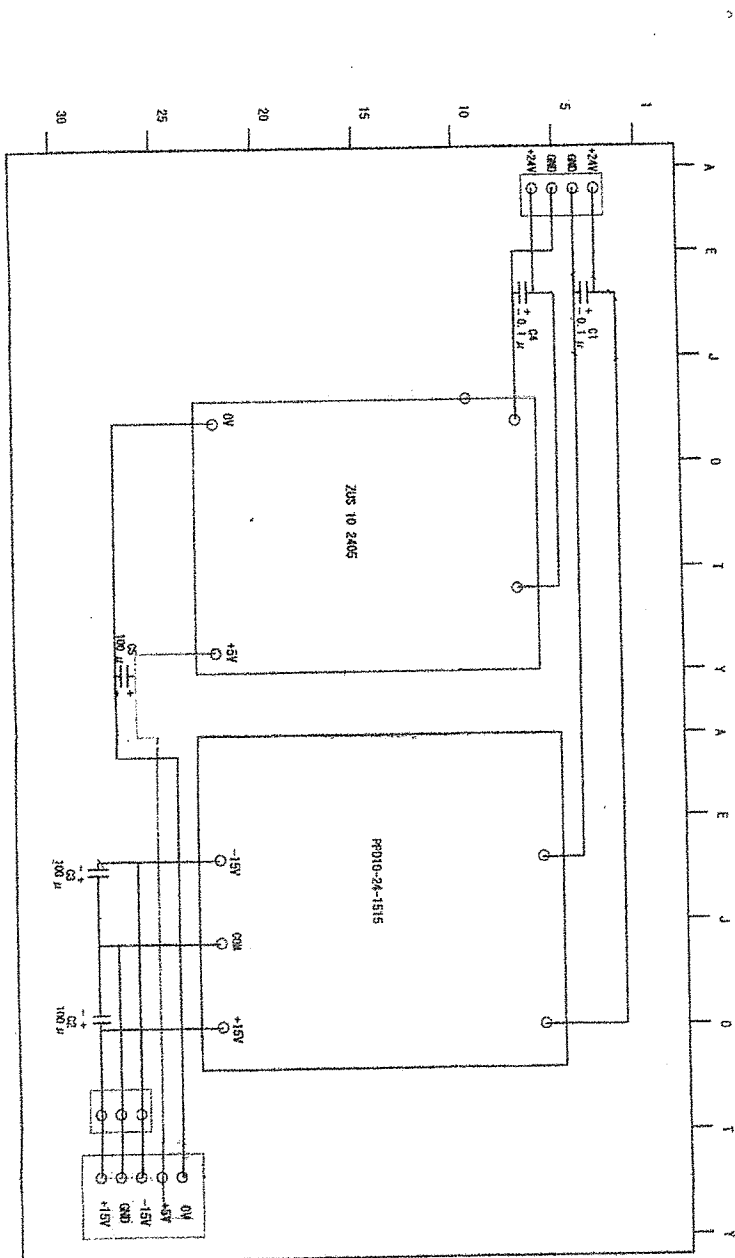


図 3. 3. 1. 3 DC-DC コンバータ回路図

駆動用モータ・サーボアンプ・エンコーダ (R/L)

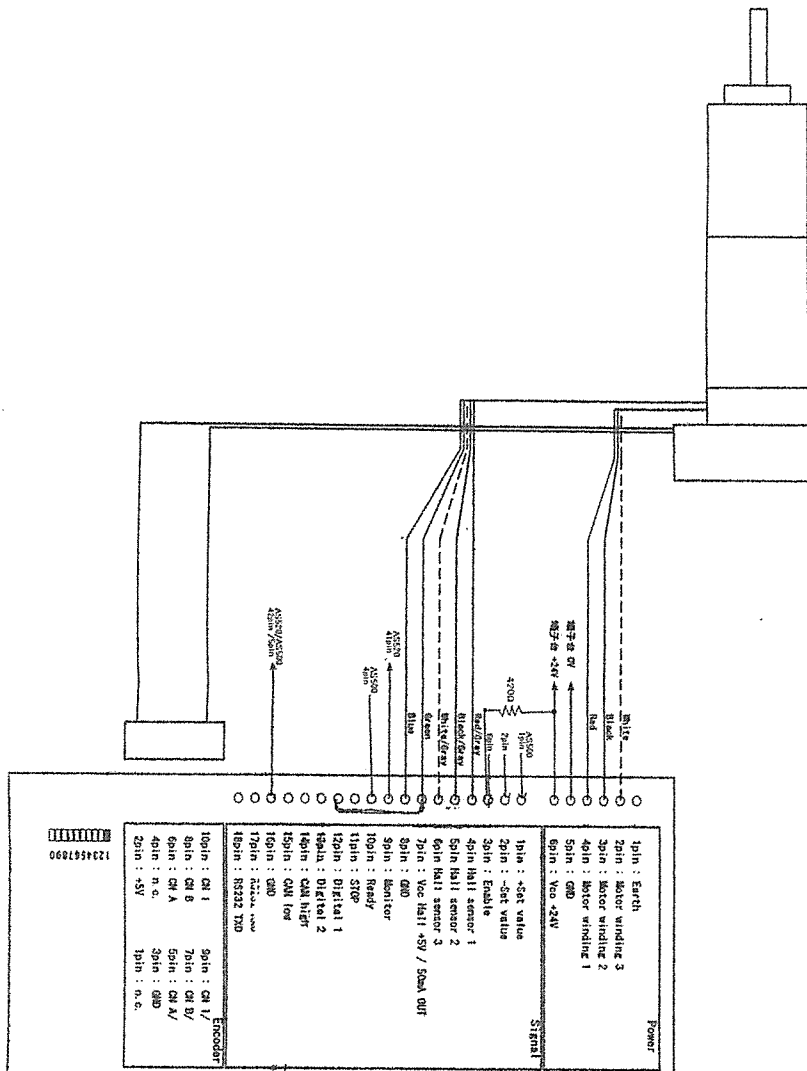
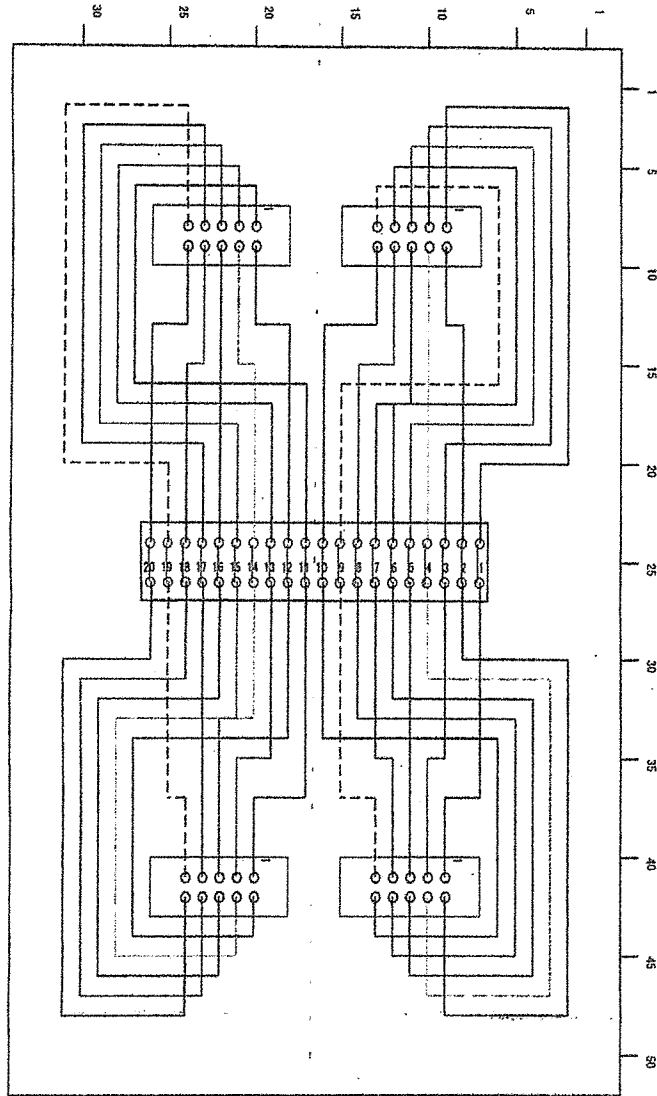


図 3.3.1.4 サーボアンプ・モータ・エンコーダ配線図

エンコーダ データ中継基板



① 端子割出表

150A	R.G.	SFX 1500A
150B	+5V	
150C	0V	
150D	R.G.	SFX 1500B
150E	R.G.	
150F	CH A / (0)	SFX 1500C
150G	CH B / (0)	SFX 1500D
150H	CH C / (0)	SFX 1500E
150I	CH D / (0)	SFX 1500F
150J	CH E / (0)	SFX 1500G
150K	CH F / (0)	SFX 1500H
150L	CH G / (0)	SFX 1500I
150M	CH H / (0)	SFX 1500J
150N	CH I / (0)	SFX 1500K
150O	CH J / (0)	SFX 1500L
150P	CH K / (0)	SFX 1500M
150Q	CH L / (0)	SFX 1500N
150R	CH M / (0)	SFX 1500O
150S	CH N / (0)	SFX 1500P
150T	CH O / (0)	SFX 1500Q
150U	CH P / (0)	SFX 1500R
150V	CH Q / (0)	SFX 1500S
150W	CH R / (0)	SFX 1500T
150X	CH S / (0)	SFX 1500U
150Y	CH T / (0)	SFX 1500V
150Z	CH U / (0)	SFX 1500W

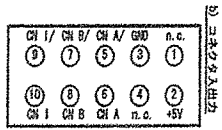


図 3.3.1.5 エンコーダデータ中継基板回路図

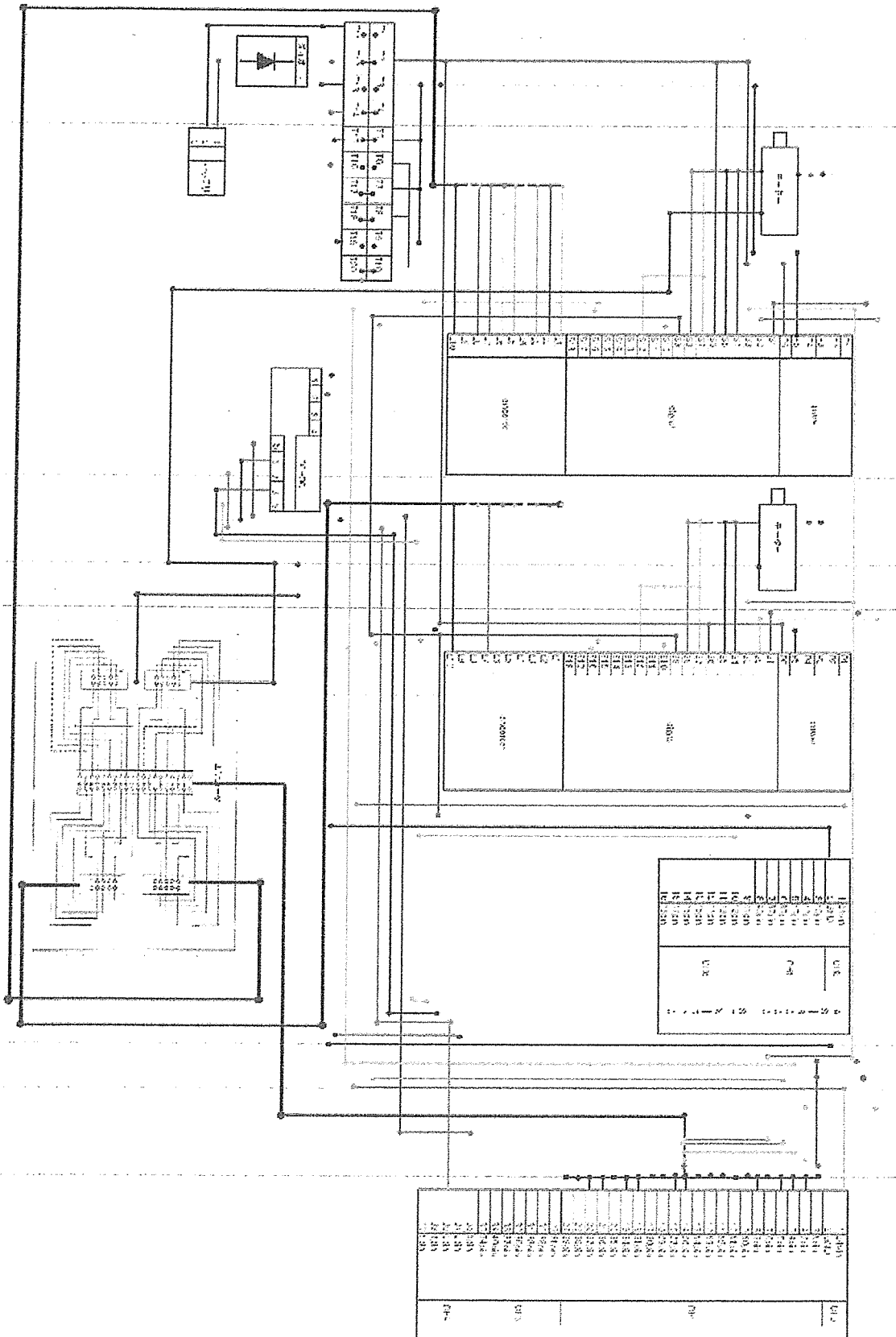


图 3.3.1.6 制御全体配線図

### 3.3.2 各パーツの基本データ

駆動系設計にて選定したモータ、ギア、エンコーダ、サーボアンプの各特性を表 3.3.2.1~3.3.2.4 にまとめた。

表 3.3.2.1 サーボモータ特性

	数値	単位
定格出力	120	W
公称電圧	12.0	Volt
無負荷回転数	5900	rpm
停動トルク	606	mNm
回転数/トルク勾配	10	rpm/mNm
無負荷電流	390	mA
端子間抵抗	0	Ohm
最大許容回転数	18000	rpm
最大連続電流	6.00	A
最大連続トルク	101	mNm
最大効率	79	%
トルク定数	19	mNm/A
回転数定数	500	rpm/V
機械的時定数	9	ms
ロータ慣性モーメント	85.0	gcm <sup>2</sup>
端子間インダクタンス	0.090	mH
熱抵抗(ハウジング/周囲間)	3	K/W
熱抵抗(巻線/ハウジング間)	1	K/W
巻線熱時定数	16	s
ハウジング熱時定数	530	s

表 3.3.2.2 プラネタリギアヘッド特性

	数値	単位
減速比	53 : 1	
減速比(絶対値)	637/12	
慣性モーメント	15	gcm <sup>2</sup>
最大モータ軸直径	10	mm
段数	3	段
連続最大トルク	15	Nm
断続最大トルク	22.5	Nm
最大効率	72	%
重量	460	g



平均バックラッシュ(無負荷時)	0.5	°
ギアヘッド長	69.9	mm

表 3.3.2.3 エンコーダ特性

	値
電源電圧 Vcc	5V±10%
出力信号	EIA Standard RS-422
内臓ラインドライバ	DS26L31
チャンネル数	2+1index
カウント/回転(分解能)	500
位相差Φ(標準値)	90° e
ロジック幅 s	min. 45° e
信号立ち上がり時間	180ns
信号立ち下がり時間	40ns
インデックス・パルス幅(標準値)	90° e
使用温度範囲	0…+70°C
コード・ホイール慣性モーメント	≤0.6gcm <sup>2</sup>
最大角加速度	250000rad/s <sup>2</sup>
出力電流/チャンネル	max. 20mA
最大周波数	100kHz

表 3.3.2.4 サーボアンプ電気的特性

	値
電源電圧 Vcc (リップル < 5%)	12 - 50 VDC
最大出力電圧	0.9 · Vcc
最大出力電流 I <sub>max</sub>	15 A
最大連続出力電流 I <sub>cont</sub>	5A
PWM スイッチング周波数	50 kHz
最大効率.	92%
電流コントローラバンド幅	1 kHz
最大回転数 (2 極モータの場合)	25 000 rpm
内蔵モータチョーク/相	160 μH / 5 A

### 3.4 自転制御の開発

#### 3.4.1 コンセプト

歩行支援装置をアシストによって自転させるにあたり、使用者のフィーリングに合わせた、柔軟な操作ができるインターフェイスを搭載することが不可欠である。

#### 3.4.2 自転制御の条件

以下に、開発するにあたっての条件を挙げる。

- ・ 直進中に誤って自転装置に手を触れて作動しないように、アクセルグリップを放している間だけ動くもの
- ・ 使用者が歩行支援装置に体重を預けた状態で使用できるもの
- ・ 直感的に操作できるもの
- ・ 使用者からの情報を電氣的に受信できるもの
- ・ 歩行支援機の仕様から外れないもの
- ・ 安価で製作できるもの

#### 3.4.3 形状決定

以上の条件より、形状はスイッチに決定した。今回アクセルグリップは左側のみに付いており、そして取り付け位置については、今回実際に 10 人の被験者にハンドルを握ってもらい、どこに付ければ扱いやすいかというアンケートを取った。

その結果、

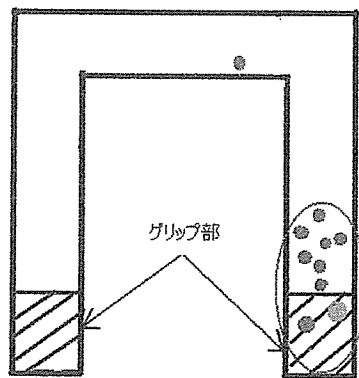


図 3.4.3.1

\*緑のみグリップの裏側を指しています

図のような結果となり、ほぼ全員がグリップ付近が良いという意見であった。そして多くがグリップ上部を選んでいて、グリップを握りながら親指で押せる位置が望ましいという意見がほとんどであった。使用者はハンドルを放さない状態において操作ができるほうがバランスを崩すことなくスイッチを押せるため、そのような面からもグリップ上部が望ましいと言える。

### 3.4.4 回転数の決定

まず自転プログラム作る上で回転数が必要となってくる。

左右輪が 180° 転がる距離は、

$$(\text{回転半径} \times 2 \times \pi) \div 2 = \text{転がる距離}$$

$$(245\text{mm} \times 2 \times \pi) \div 2 \doteq 770\text{mm}$$

となる。

そしてタイヤ一回転の円周は、

$$(\text{タイヤ} \times 2 \times \pi) = \text{タイヤ一回転の円周}$$

$$(100\text{mm} \times 2 \times \pi) \doteq 628\text{mm}$$

となり、180° 回転するためにタイヤが回転する回数は、

タイヤが転がる距離 ÷ タイヤ一回転の円周 = タイヤが回転する回数

$$770\text{mm} \div 628\text{mm} \doteq 1.2\text{rev}$$

となる。

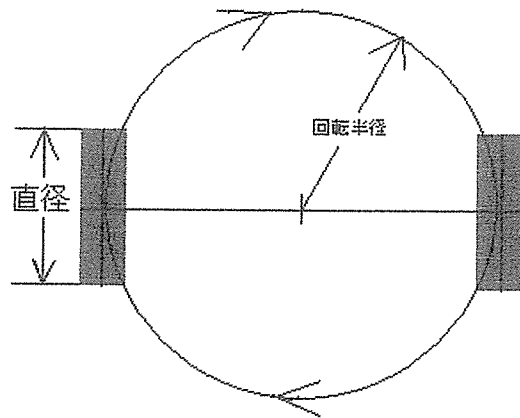


図 3.4.4.1

回転数を出すために 180° を回転する時間が必要になってくる。

しかし今回参考になるデータがなかったため、直進歩行の平均移動速度から求めることにした。

歩行者の移動速度

若年者から高齢者まで、歩行状態に関する事を以下にまとめた。動作特性として、歩数について平成 10 年度の NEDO による調査結果を参考にした。

#### 1. 被験者数 (20 人)

高齢者：12 人 (60 代 3 人、70 代 5 人、80 代 4 人)

若年者：8 人 (20 代 4 人、30 代 4 人)

80 代、20 代、30 代は男女各 2 人、60 代、70 代はいずれも男性が 2 人

#### 2. 計測内容

ものの持ち運び動作では、往路または復路で自由歩行になるケースが 8 回ある。この計測結果を自由歩行の算定対象として、移動速度を算出した。

### 3. 計測結果

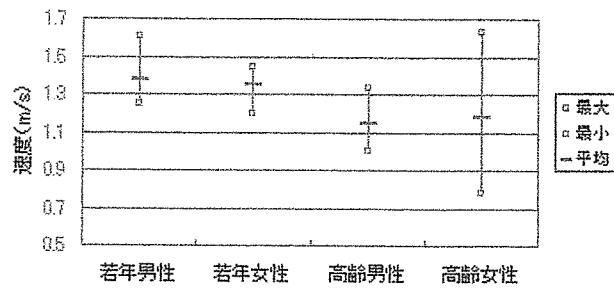


図 3.4.4.2 平均移動速度

この調査結果を基に、若者男女と高齢者男女の移動速度の平均を比較した値を出す。

$V_1$  : 若者男女の移動速度の平均[m/s]

$V_2$  : 高齢者男女の移動速度の平均[m/s]

$X$  : 比較した値

$V_1 \div V_2 = X$

$$(1.4\text{m/s} + 1.35\text{m/s}) \div (1.15\text{m/s} + 1.2\text{m/s}) \approx 1.17$$

となる。

そして今回若者 9 人に、モータアシストなしの歩行機を使用して  $180^\circ$  を自分のペースで 1 人 2 回ずつ回転してもらい、それにかかる時間を計った。そしてそれを速度に直したグラフが図である。

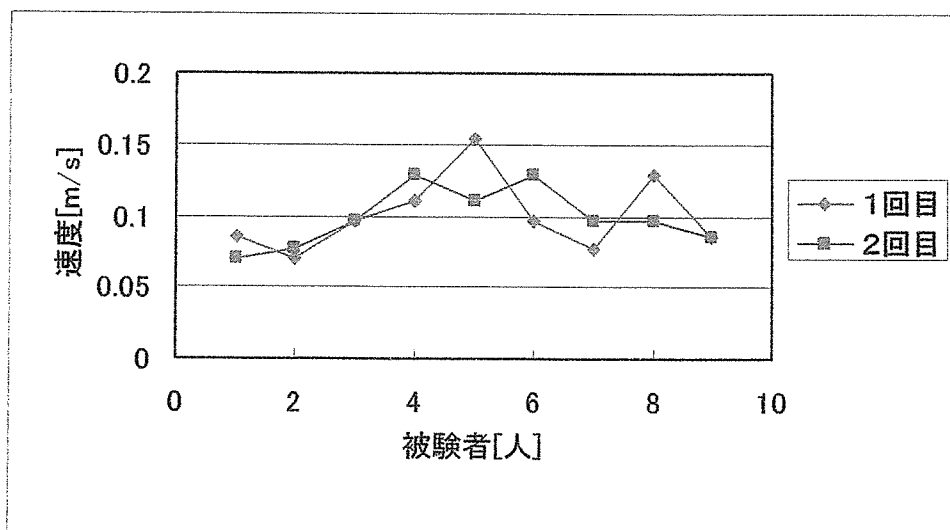


図 3.4.4.3 180° 回転時の速度

今回自転の際の速度を一定にするため、全ての人に対応できるように一番遅いものを選ぶことにする。よって図の計測の結果一番遅かった  $0.07\text{m/s}$  を選んだ。

そして上記で求めた、若者男女と高齢者男女の移動速度の平均を比較した値は  $180^\circ$  回転時の歩行速度と同じく人の行動の一環であるので、比較した値を使い高齢者の  $180^\circ$  回転時の速度を求めることにする。

Z<sub>1</sub> : 若者が 180° 回転時一番遅かった速度

Z<sub>2</sub> : 高齢者が 180° 回転時一番遅かった速度

Z<sub>1</sub> ÷ X = Z<sub>2</sub>

0.07m/s ÷ 1.17 ≒ 0.060m/s

となり、

0.77m ÷ 0.060m/s ≒ 12.8s

回転する回数 ÷ 回転時間 = 回転数

(1.2rev ÷ 12.8s) × 60s ≒ 5.63rpm

となる。

そして、プラネタリギア比はプログラム内で制御されているので、プーリのギア比だけを考慮すると 1:2 となるので、

5.63rpm × 2 ≒ 11.3rpm

となり、プログラムには 11.3rpm を入れる。

```
if( difz<3)//
{
    if(abs(difx) >=nsb){
        sgnx = ((difx < 0.0) ? -1.0 : 1.0);
        ppsx = (abs(difx) - nsb) * (double)m_MaxSpeed /
(2047.0 - nsb);
        rpmx = (long)(ppsx * 600.0 / (double)m_PprX
*sgnx);
    }
    if(abs(dify) >=nsb){
        sgny = ((dify < 0.0) ? -1.0 : 1.0);
        ppsy = (abs(dify) - nsb) * (double)m_MaxSpeed /
(2047.0 - nsb);
        rpmy = (long)(ppsy * 600.0 / (double)m_PprY
*sgny);
    }
    else
    {
        rpmx = -11.3;//
        rpmy = 11.3;//
    }
}
```

```

    spncmd.OverFlag = 0; // 送りオーバーライド無効
    spncmd.AxisFlag = 0x03; // X軸/Y軸指定
    spncmd.RevAx[0] = rpmx; //rpmx + rpm;
    spncmd.RevAx[1] = rpm; //rpmx + rpm;
    if(!COM_NEG)&&!m_ComEnable)
        SendCommand(hMc, REQ_SPINAX, &spncmd);
    //m_RV=0.01885 * rpm;
    //m_LV=0.01885 * rpm;
}

```

### 3.4.5 自転プログラムの開発

プログラムは去年作られたアクセルグリップのプログラムを一部変更して、作成した。

## 3.5 自転制御の性能評価実験

### 3.5.1 目的

旋回時の左右のモータに回転数の差をつけることによつての旋回性能向上が図れているのか。

### 3.5.2 実験装置及び器具

- ・ 歩行支援装置
- ・ ノートパソコン(歩行器駆動用)
- ・ 株式会社テクノ製 SPX8000
- ・ maxon Japan 製 サーボアンプ DES50/5 × 2
- ・ maxon Japan 製 EC モータ (GP42C+EC40+HEDL5540A12) × 2
- ・ DC-DC コンバータ 24V→±15V、24V→+5V
- ・ ガムテープ(板固定用)
- ・ ビデオカメラ

### 3.5.3 実験方法

- ・ ガムテープで作った枠 (1355mm×1350mm) 内において自転プログラムを実行し、回転することが可能かどうかを確かめる。
- ・ 若者 8 人の被験者に、高齢者が使用するというこも考慮に入れてもらい、5rpm、10rpm、11.3rpm、15rpm という 4 つの回転で自転制御の評価をしてもらう。

3.5.4 実験結果

表 3.6.4.1 自転結果 1

法律	基準	出入り口寸法[mm]	かご内法[mm]	ハンドル機構での回転	実験結果
ハートビル法	最低の大きさ	(幅)800	(間口)1355×(奥行き)1350	×	△
	望ましい大きさ	(幅)900	(間口)1548×(奥行き)1350	×	△
交通バリアフリー法	最低の大きさ	(幅)800	(間口)1400×(奥行き)1350	×	△
	望ましい大きさ	(幅)900	(間口)1500×(奥行き)1500	×	○

表 3.6.4.2 自転結果 2

JIS規格	定員[人]	出入り口寸法[mm]	かご内法[mm]	ハンドル機構での自転	実験結果
一般乗用	6	(幅)800	(間口)1400×(奥行き)850	×	×
	9	(幅)800	(間口)1400×(奥行き)1100	×	△
	11	(幅)800	(間口)1400×(奥行き)1350	×	△
	13	(幅)900	(間口)1600×(奥行き)1350	×	△
	15	(幅)900	(間口)1600×(奥行き)1500	×	○
住宅用	6	(幅)800	(間口)1050×(奥行き)1150	×	×
	9	(幅)800	(間口)1050×(奥行き)1520	×	×
	13	(幅)800	(間口)1050×(奥行き)2000	×	×
寝台用	11	(幅)1100	(間口)1300×(奥行き)2300	×	○
	15	(幅)1200	(間口)1500×(奥行き)2500	×	○

○・・・自転可能。

△・・・180° の回転は無理だが、180° 手前まで回転可能。

×・・・自転不可能。

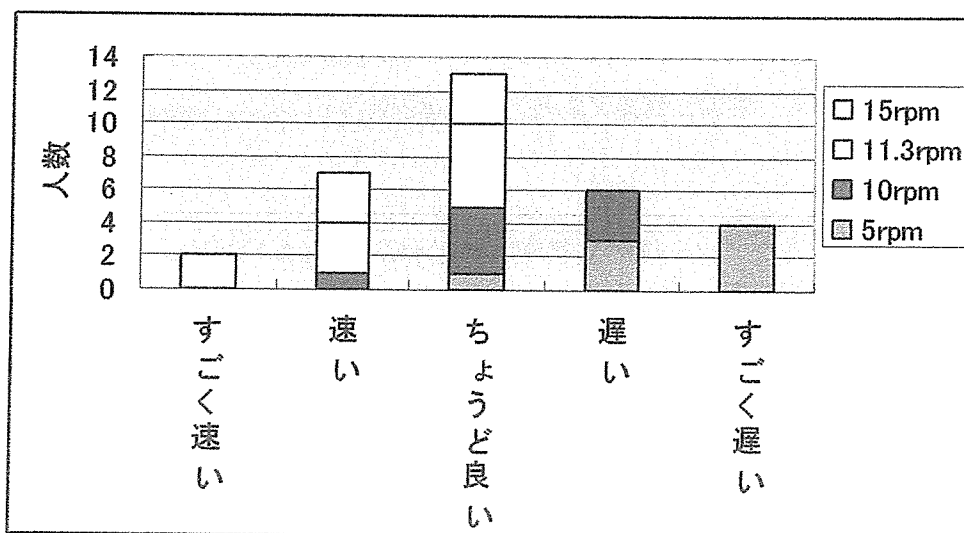


図 3.6.4.3 回転数に関する評価

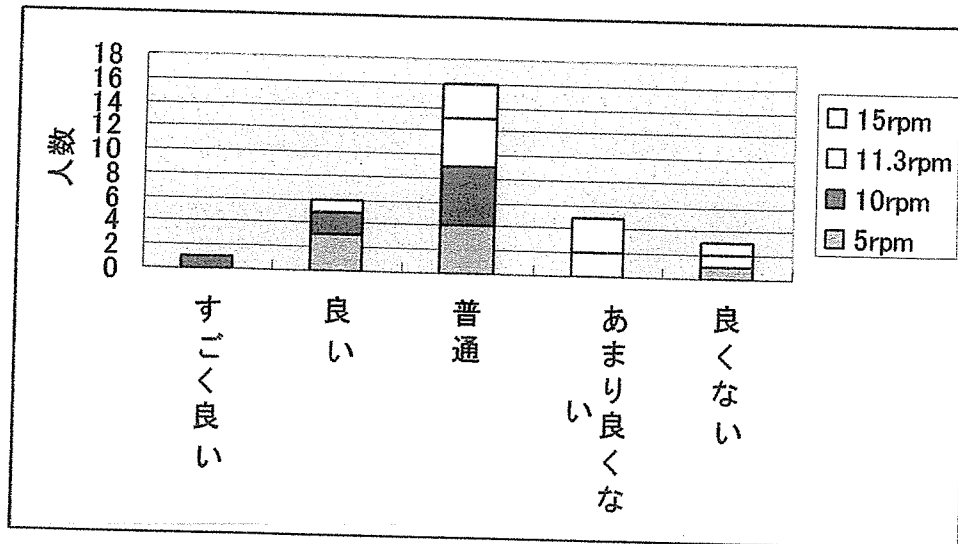


図 3.6.4.4 回りやすさの評価

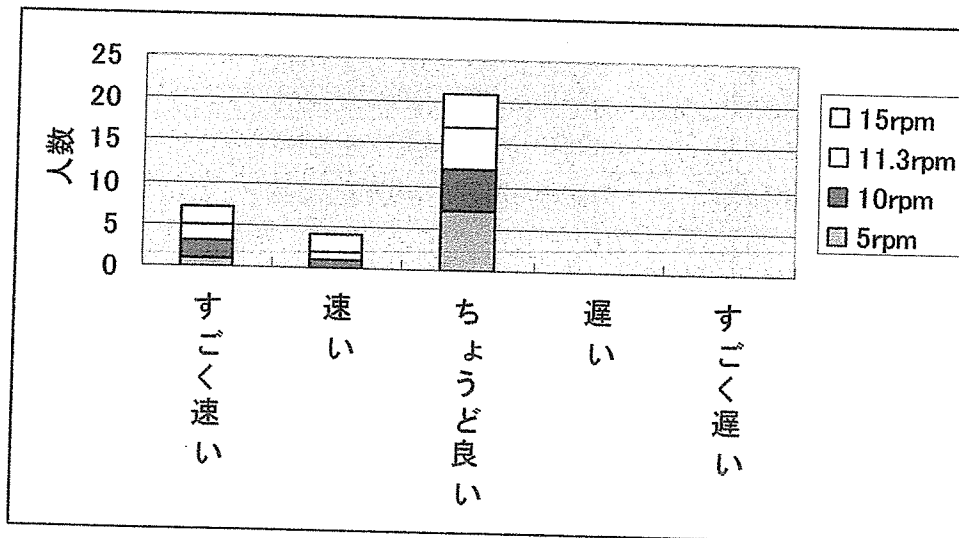


図 3.6.4.5 一定速に到達するまでの加速の仕方についての評価

### 3.6.考察

今回ハートビル法、交通バリアフリー法の基準枠内では 180° 手前まで回ることができたが、現存するエレベーターの住宅用の基準においては1つもクリアすることができなかった。住宅用は幅が狭いためどうしても回ることが難しくなってくる。旋回が出来ないのであればあとはバックするしかないので、今後はバック機構なども考えていかなければならないと思われる。

3.4.6 自転制御の性能評価実験で被験者 8 人に一番良い回転数を聞いたところ、5rpm 1 人 10rpm 3 人 11.3rpm 4 人 15rpm 0 人であった。このことから、ある程度回転数を絞ることができた。今後もっと多くの被験者から意見を聞き、全ての人が許容範囲であるという回転数を出せることが望ましいと考えられる。



### 3.7.結論

今回のキャスター化と自転プログラムにより、回転半径が 943mm から 213mm 小さくなり 730mm となった。そしてハートビル法、交通バリアフリー法の基準枠内を 180° 手前までではあるが全てクリアすることができた。そして上に同じく現存するエレベーターにおいては約 58%程度クリアできていることが分かった。

## 第4章 前輪減衰機構による振動の低減

### 4.1 目的

#### 4.1.1 目標性能

歩行支援装置で50mm段差を降りた際に、グリップ部から使用者に不快な振動が伝わってしまう。

「石濱，有竹：凹凸路を走破する歩行支援機の動力的設計」より、グリップ部の加速度の許容値を $2.5\text{m/s}^2$ とし、前輪機構の開発を行なったが、段差を降りた後、前輪部に設置したトーションバネの反力の影響から、新たな加速度が生じた(図.4.1.1の赤丸部参照)。そこで、新たに減衰機構を設けることにより、これを解消、そして満足するような前輪機構の設計を行なった。

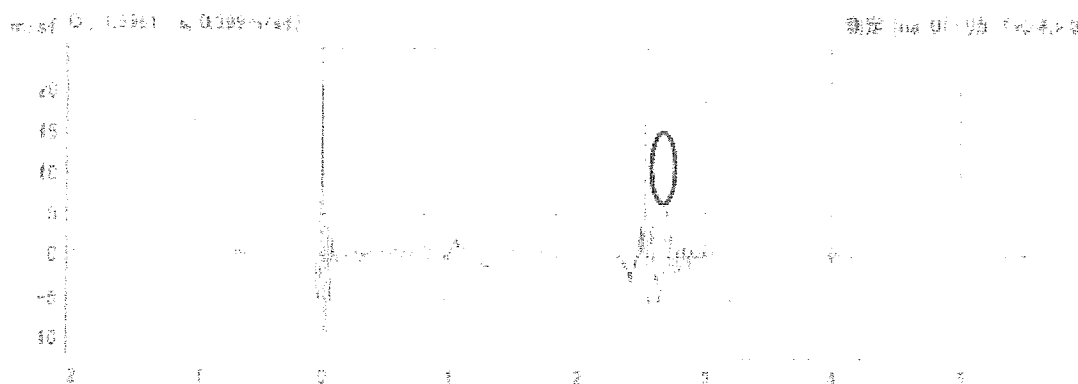


図.4.1.1 50mm 段差昇降時のタイヤ部の上下加速度

### 4.2 調査

歩行支援機に及ぼす力を、「使用者がハンドルに持たれて静止している状態」と「歩行支援機を使用者が使用したまま、50mmの段差から降りた状態」と考え計算した。また、スプリングレートなどサスペンションを設計する際に必要な数値を導出していった。

#### 4.2.1 静たわみ量からスプリングレートの導出

歩行支援機に体重を乗せたときに不安に感じるたわみ量が10mmであることから(支援時の安心感・不安感の評価実験を参照)、その値を最大値としたとき以下の計算式からスプリングレートを導出した。

$$F_t = k_t \times x_d \quad \dots (4.2.1)$$

ここで $F_t$ は、歩行支援機のパネ上荷重と人が体重を乗せたときにかかる荷重を加えたものより、

$$F_t = \left( M \times g \times \frac{s}{100} \right) + (m_u \times g) \quad \dots (4.2.2)$$

また、バネ上の固有振動数は下式より導出した。

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\left(\frac{k_t}{m_u}\right)} \quad \dots \quad (4.2.3)$$

表. 4. 2. 1 スプリングレート導出のために必要な数値表

記号	説明	単位	最大	最小	平均	備考
$x_{\delta t}$	静たわみ量	m	0.01	0.01	0.01	実験より導出
S	免加率	%	40	40	40	仕様
M	人の体重	kg	85.4	34	58.6	人体データ調査
$F_t$	歩行器にかかる力+バネ上荷重	N	628.768	427.28	523.712	人体データ調査
$k_t$	スプリングレート (全体)	N/m	62876.8	42728.0	52371.2	$F_{x_{\delta t}}$
F	バネ上の固有振動数	Hz	7.29	6.01	6.65	$1/2\pi*\sqrt{(k/m)}$
$m_u$	歩行器のバネ上質量	kg	30	30	30	仕様

従って表 4. 2. 1 より、以下の数値がわかる。

歩行器にかかる力+バネ上荷重 :  $F_t=572.712$  (N)

スプリングレート :  $k_t=57271.2$  (N/m)

バネ上の固有振動数 :  $f=6.44$  (Hz)

よって使用者がハンドルに持たれて、静止している時のスプリングレートが決定した。

## 4.3 設計

### 4.3.1 歩行支援機の 1 自由度モデルを用いた計算

減衰係数を決定するにあたり、図.4.3.1.1 に示す 1 自由度粘性減衰振動系をもとに算出する。

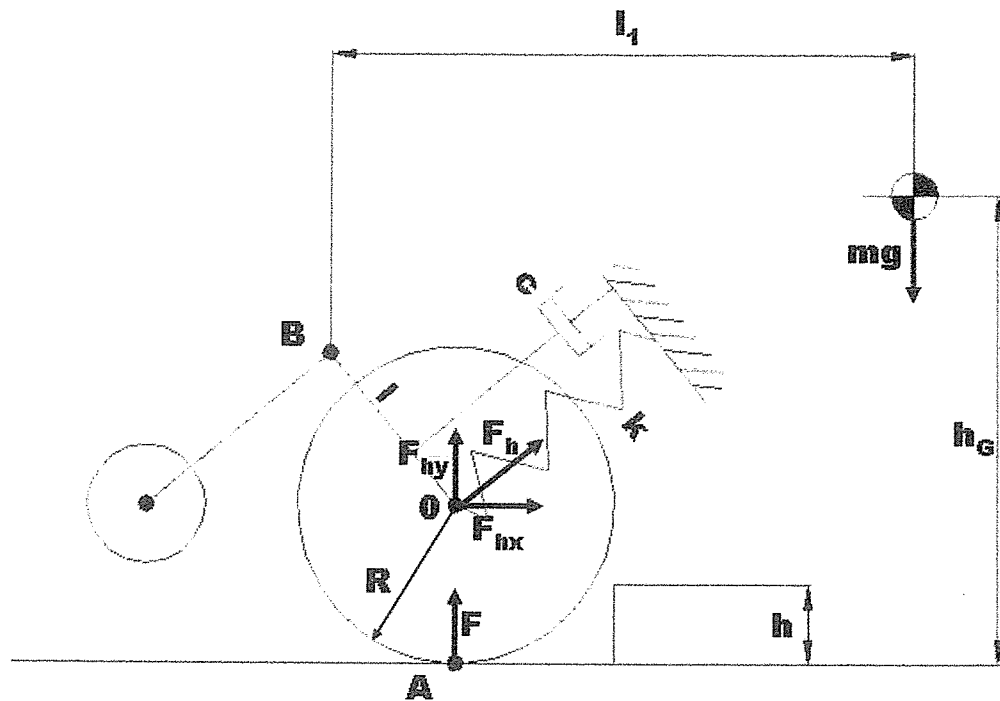


図 4.3.1.1 1自由度粘性減衰系

段差着地時に前輪部に歩行支援機の全重量がかかることを想定し、質量  $m$  を決定する。質量  $m$  に作用する力は、ばねの復元力とダッシュポットの粘性減衰力である。したがって、質量  $m$  の運動方程式は、

$$m\ddot{x} = -c\dot{x} - kx \quad \dots (4.3.1.1)$$

$$\therefore m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = 0$$

となる。これは、 $m$ 、 $c$ 、 $k$  なる定数を係数にもつ線形常微分方程式であるから、その解を、

$$x = Ce^{\lambda t} \quad \dots (4.3.1.2)$$

とおいて、式 (4.3.1.1) に代入することにより、特性方程式

$$m\lambda^2 + c\lambda + k = 0 \quad \dots (4.3.1.3)$$

を得る。式(4.3.1.3)を  $\lambda$  について解くと、次のような二つの解を得る

$$\lambda_{1,2} = \frac{1}{2} \left( -\frac{c}{m} \pm \sqrt{\left(\frac{c}{m}\right)^2 - 4\left(\frac{k}{m}\right)} \right) \quad \dots (4.3.1.4)$$

式(4.3.1.4)の  $\sqrt{\quad}$  の中身が 0 となるとき  $c$  の値を  $c_c$  となり

$$\frac{c}{c_c} = \zeta \quad \dots (4.3.1.5)$$

とおき、さらに固有円振動数  $\omega_n = \sqrt{\frac{k}{m}}$  の記号とを用いることによって次のようになる