

卒業論文

# 全方向移動できる歩行訓練機の開発

高知工科大学 知能機械システム工学科

1051007

藤富 慎也

2003年2月

# 目次

<b>第 1 章 序章</b>	1
1 . 1 はじめに . . . . .	1
1 . 2 リハビリテーションの現状 . . . . .	2
1 . 3 療法士 . . . . .	3
1 . 3 . 1 理学療法士 . . . . .	3
1 . 3 . 2 作業療法士 . . . . .	3
1 . 3 . 3 言語療法士 . . . . .	3
1 . 4 研究意義 . . . . .	4
1 . 5 本論文の構成 . . . . .	4
<b>第 2 章 歩行</b>	5
2 . 1 歩行機能 . . . . .	5
2 . 2 健常者の歩行 . . . . .	6
2 . 3 障害者の歩行 . . . . .	7
2 . 3 . 1 動揺性歩行 . . . . .	7
2 . 3 . 1 . 1 筋ジストロフィー . . . . .	8
2 . 3 . 1 . 2 クーゲルベルグ・ウェーランダー病	9
2 . 3 . 1 . 3 多発筋炎 . . . . .	9
2 . 3 . 2 パーキンソン歩行 . . . . .	9
2 . 3 . 2 . 1 パーキンソン病 . . . . .	10
2 . 3 . 2 . 2 脊髄小脳変性病 . . . . .	10
2 . 3 . 2 . 3 ウイルソン病 . . . . .	11
2 . 3 . 3 痙性歩行 . . . . .	11
2 . 3 . 3 . 1 脳卒中 . . . . .	11
2 . 3 . 3 . 2 脳腫瘍 . . . . .	12
2 . 3 . 3 . 3 脊髄腫瘍 . . . . .	12
2 . 3 . 3 . 4 脳性麻痺 . . . . .	12

2 . 3 . 4	失調性歩行	13
2 . 3 . 4 . 1	悪性貧血	13
2 . 3 . 4 . 2	メニエル病	14
2 . 3 . 4 . 3	椎骨脳底	14
2 . 4	下肢障害の特級	15
2 . 5	歩くことの重要性	18
2 . 5 . 1	筋肉の老化	18
2 . 5 . 2	歩行と健康	19
2 . 5 . 2 . 1	脳の老化防止	20
2 . 5 . 3	バリアフリーの現状	21
2 . 6	本章のまとめ	21
<b>第 3 章</b>	<b>現在の歩行訓練器</b>	<b>23</b>
3 . 1	腰掛け型歩行訓練器	23
3 . 2	折りたたみ歩行訓練器	24
3 . 3	吊り下げ型歩行訓練器	25
3 . 4	平行棒	27
3 . 5	トレッドミル	28
3 . 6	エアロバイク	29
3 . 7	本章のまとめ	29
<b>第 4 章</b>	<b>試作 1 号機</b>	<b>30</b>
4 . 1	仕様	30
4 . 2	サイズ	31
4 . 3	特徴	32
4 . 3 . 1	崩れ落ち防止機能	32
4 . 3 . 2	全方向移動	33
4 . 3 . 3	操作	34
4 . 3 . 4	引っかかり防止	34
4 . 3 . 5	非常停止ボタン	35
4 . 4	問題点	35
4 . 4 . 1	崩れ落ち防止	35
4 . 4 . 2	アジャスター	35
4 . 3 . 3	昇降装置	36

4 . 4 . 4	高さ	36
4 . 4 . 5	視界	36
4 . 4 . 6	重心	37
4 . 4 . 7	肘置き	37
4 . 4 . 8	速度	38
4 . 4 . 9	カバー	38
4 . 4 . 10	操作方法	38
4 . 5	本章のまとめ	38
<b>第5章</b>	<b>試作2号機</b>	<b>39</b>
5 . 1	試作1号機の問題点改善	39
5 . 1 . 1	崩れ落ち防止の改善	39
5 . 1 . 2	アジャスターの改善	40
5 . 1 . 3	高さの改善	40
5 . 1 . 4	スタンド部分の改善	41
5 . 1 . 5	重心の改善	42
5 . 1 . 6	速度の改善	43
5 . 1 . 7	駆動輪のカバー取り付け	44
5 . 1 . 8	ジョイスティックの改善	45
5 . 1 . 9	昇降装置の改善	45
5 . 2	全体図	46
5 . 3	本章のまとめ	46
<b>第6章</b>	<b>結章</b>	<b>47</b>
6 . 1	本研究の成果	47
6 . 2	今後の展開	48
<b>参考文献</b>		<b>49</b>
<b>謝辞</b>		<b>51</b>

# 第1章 序章

## 1.1 はじめに

脳や脊椎の損傷などによって歩行障害を生じ、その復帰がなされなかった場合、バリアフリーがあまりなされていないなどの実状により次第に生活範囲が狭まり、加速度的に精神的・肉体的老化が進行し、ついには寝たきりになってしまう。現在の歩行リハビリテーションは主にトレッドミル、エアロバイク、平行棒、杖、あるいは簡易な歩行器のような装置を用い歩行訓練は行われている。しかし、現在のリハビリテーションの方法では療法士などの多大な身体的負担のもと実現している。実際、下肢機能障害者の数は56万3000人で、療法士の数が約5万人と、療法士1人当たりに対し、11人の計算になる。療法士は、下肢障害者だけでなく、肢体障害者全体も受け持っている為、1人当たりに対する患者の数はもっと多くなる。

更に、訓練は、食事から更衣、排泄までに至り、介護者側は、患者にほぼつきっきりとなってしまう。

したがって、介護側の療法士や看護婦も肉体的訓練に労働を費やし、本来必要な精神的なメンタルケアのための時間が十分とれていない。そこで、療法士や看護婦の身体的負担を肩代わり可能な、且つ効率的、効果的、訓練意欲を引き起こす歩行支援機の開

発が強く望まれている。また、歩行は平坦路における2足直立歩行として単純化、モデル化されることが多いが、歩行障害を身体の機能面での障害として捉えれば、前方向だけでなく、横歩き、後歩き、方向変換などいくつかの基本動作の組み合わせからなる複雑な動作群を考慮しなければならない。したがって、前後・左右を含めた前方向移動できる歩行訓練機が必要である。

## 1.2 リハビリテーションの現状

リハビリテーションとは、障害者が身体的、心理的、社会的、職業的、経済的有用性を最大限に回復することとされている。

身体的リハビリテーション(歩行リハビリの場合)の過程としては、

ベッドの上で足を上げたりする訓練を行う。

車椅子を用い車椅子の訓練を行う。

平行棒を用い歩行訓練を行う。

歩行器を用い歩行訓練を行う。

杖を用い歩行訓練を行う。

自分の力だけで歩行訓練を行う。

この様な、順番にリハビリが行われている。

心理的リハビリテーションは、自宅での生活と違い、入院生活をしていると何らかのストレスが溜まるものである。この様な、患者に対し心の重みを、少しでも和らげる。

具体的には、個別治療と集団治療がある。

個別治療は、カウンセリングなどを行いその人の抱えている心理的な問題や環境整備について一緒に考えながら援助を行う。

集団治療は、人とのコミュニケーションなど、グループ活動で必要となる為のケアを行う。

## 1.3 療法士

療法士とは、1.2節で挙げたように、障害者が身体的、心理的、社会的、職業的、経済的有利性に回復するためにサポートをする人のことである。

肢体障害者に主に関係のある療法士は、理学療法士、作業療法士、脳卒中の患者などには、更に、言語療法士の3人の療法士が必要である。

### 1.3.1 理学療法士

理学療法士は、約現在3万人いる。

理学療法士とは、英語で(Physical Therapist :PT)と言い、病気や外傷などによって心身に障害者が座ったり、立ったり、歩いたりという基本的な動作能力を回復させ維持し、障害の悪化を防止するなどが主な仕事となる[1]。

### 1.3.2 作業療法士

作業療法士は現在、約1万7000人いる。

作業療法士とは、英語で(Occupational Therapist :OT)と言い、幼児から老人までの身体や精神の障害をもつ障害者が、家庭や社会に復帰出来るように食事、更衣、排泄、整容、移動などの日常生活活動、仕事や学校など社会から要請される生産、役割活動、自由な時間に行う手工芸、音楽などの作業活動を実際に生活に結びつける役割を果たす為にサポートすることが主な仕事となる[1]。

### 1.3.3 言語療法士

言語療法士は現在、約3000人いる。

言語療法士とは、英語で (Speech Therapist :ST) と言い、話す、人の話を理解する、書く、読むの言語機能が障害され日常生活上必要なコミュニケーションが困難な障害者に対し、支援を行うことが主な仕事となる [ 2 ] .

## 1 . 4 研究意義

そこで、本研究では、療法士などの介護者の負担を軽減し、さらに前方向移動可能な、且つ転倒、崩れ落ちすることなく安全な歩行訓練機を開発することを目的とする。

## 1 . 5 本論文の構成

本論文は、第2章で、健常者と障害者の歩行について調査しまとめる。第3章で、現在市販されている歩行訓練機の仕様、特徴、問題点をまとめている。第4章で、研究室内にある試作1号機について仕様、特徴、問題点を記し、第5章で、試作1号機で問題となった部分を改善し、試作2号機の提案をする。最後に第6章で、本研究のまとめ、今後の展開を記す。



## 第2章 歩行

歩行訓練機を開発するうえで、健常者の歩行、歩行障害の歩行を知り、患者が歩行訓練を安全に行えるような訓練機を開発しなければならない。

そこで、本章では、健常者の歩行のメカニズムについてと歩行障害として扱われる障害の、代表的な歩行を幾つか挙げそれらの症状について、そして歩行の重要性について述べる。

### 2.1 歩行機能

人間が歩行を行うためには身体の位置を確認して、下肢を歩行するために正確に動かすことを的確に命令する機能の大脳皮質、命令の刺激を筋肉まで伝達する機能の大脳、脊髄、末梢神経、運動をスムーズに行えるようにする機能の錐体外路系、身体を動かすための機能の、筋肉、骨、関節などが主に機能して歩行を行っている [3]。

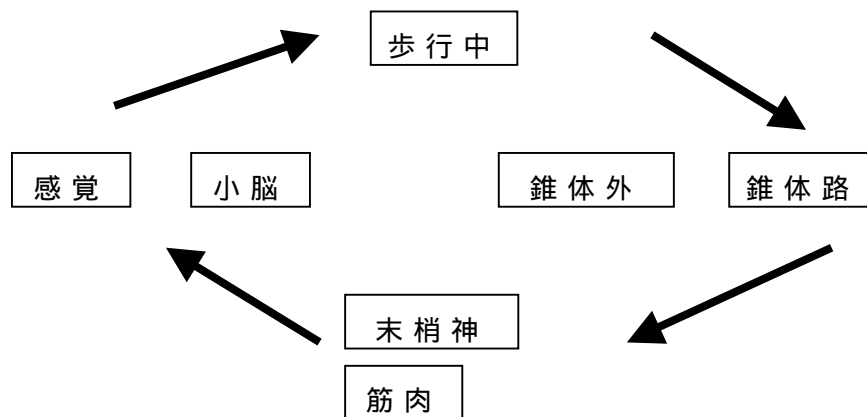


図 2.1 歩行機能

## 2.2 健常者の歩行 [4]

歩行とは、右足と左足を交互に前へ出す動作を繰り返し行うことである。この時、身体の重心は前方に移動し、骨盤、膝間接、足関節(足首)などには回旋や伸展、屈曲といった動きが起こり、さらに頭部や上肢など、上半身にも動作が及び歩行する。つまり歩行は、身体各部分の動きを伴う全身のバランス運動である。



図 2.2 歩行のメカニズム

右足のひざが伸び、足首はほぼ直角の状態がかかどがつく。それとほぼ同時に左のかかどが上がる。左つま先は地面についている。

右足底全面がついた後，左足先で後方へ蹴り出し，左足首は曲がったままの状態でつま先が前方へ振り出される．

左かかとがつき右のかかとが上がる．右足先で後方へ蹴り出しつま先が上がる．

右足首が曲がった状態で，つま先が前方へ振り出される．左足底面で支える。

の動きに戻る．

以上の動作を繰り返すことにより人は歩行を行っている。

## 2.3 障害者の歩行 [3][5]

厚生労働省の調べによると肢体不自由者の数は 174 万 9000 人いるとされている．その内，下肢体機能障害者は第 1 章で示したように 56 万 3000 人で，肢体不自由者数の約 32.2% を占める．(平成 13 年)

歩行障害とされる歩行には，動揺性歩行，パーキンソン歩行，痙性歩行，失調性歩行がある．

### 2.3.1 動揺性歩行

関節や骨を動かす機能を持っている筋肉系が障害されると力はいらなくなる．筋肉の病気は主に四肢の体幹に近い部分の障害が強いため，身体を左右に振りながら歩行となる．そのため，この歩行を動揺性歩行という．筋ジストロフィー，クーゲルベルグ・ウェランダー病，多発筋炎により起きる．



図 2.3 動揺性歩行

### 2.3.1.1 筋ジストロフィー

デュシェンヌ型筋ジストロフィーは 19 世紀に記載された筋力低下を主症状とする疾患である。イギリスでは 1852 年にメリオンが詳細に記載しており、おくれで 1868 年にフランスのデュシェンヌが報告しました。現在ではデュシェンヌの名前が残されている。デュシェンヌは臨床神経学に様々な方面で偉大な足跡を残した神経学者であった。19 世紀から 20 世紀のはじめにかけて活躍したドイツのエルプは 1914 年に長大な論文を書き、この中で彼は病理学的に同じ様な所見を呈する疾患群をまとめて進行性筋ジストロフィーという名前を与え、筋萎縮という言葉も定義した。彼によれば筋萎縮は脊髄にある運動神経の異常によって二次的に筋肉がやせた状態であると定義している。これに対して神経の異常がなくて筋肉がやせるのは筋のやせという。日本語では筋原性のやせも含めてすべて筋萎縮と呼ばれている。

筋萎縮症は脊髄の運動神経が冒された神経原性疾患群であり、これに対して神経原性でない原因で筋肉の異常を来している疾患群をミオパチーと総称する。ミオパチーにはたくさんの疾患が含まれており、進行性筋ジストロフィーはこのうち最も患者数が多く、遺伝性であり、進行性筋力低下をきたすという 2 つの条件

を満たすミオパチーである。筋ジストロフィーは遺伝形式で分類されている。

### 2.3.1.2 クーゲルベルグ・ウェランダー病

約2/3は男性で，常染色体劣性遺伝または常染色体優性遺伝を示し，発病は10歳前後だが，中年に発症する場合もある。この疾患は第5染色体長腕に原因遺伝子があると言われている。筋ジストロフィーに似て，躯幹近位筋に脱力・筋萎縮がみられるが，感覚障害はなく，筋線維束性れん縮がみられ，脊髓前角運動細胞の病変の結果生じる。歩行障害が初発するが，進行は遅く，高度の身体障害を呈することはまれ。血清CK上昇は軽度で，著明上昇はない。スウェーデン人のクーゲルベルグとウェランダーによって研究された疾患である。

### 2.3.1.3 多発筋炎

四肢，躯幹の多数の骨格筋に原因不明の炎症が生じ，これに伴い筋肉の力が低下したり，筋肉痛をおこす疾患。同時に皮膚症状を伴うと皮膚筋炎と呼ばれる。病状が進行すると日常生活に際して寝返りや起きあがり動作，歩行，階段昇降などが困難になる。自己免疫的機序が疑われており，膠原病の一種としてステロイド療法が治療の主体となっているが，筋ジストロフィーなどの筋疾患と比べ治療により改善することが多く，筋肉では重要な病気である。

### 2.3.2 パーキンソン歩行

運動をスムーズに行えるようにする機能を持っている錐体外路系が障害されると，首が前に屈曲して，身体も前に傾く姿勢となり，上肢や下肢の関節が曲がって伸び切らず，小股で歩くよう

になる。歩く時に腕を振らずに歩き，動作が緩慢になる。この歩行をパーキンソン歩行といい，パーキンソン病に代表される歩行である。パーキンソン病，脊髄小脳変性症，線条体黒室変性症，ウイルソン病により起こる。



図 2.4 パーキンソン歩行

### 2.3.2.1 パーキンソン病

パーキンソン病はジェームズ・パーキンソンが1817年に初めて報告した病気で，報告者の名にちなんでパーキンソン病と呼ばれるようになった。パーキンソン症状を示す病気は種々あり，これらの病気のなかで特徴的な所見があり，他の病気と区別可能な病気としてパーキンソン症状を示す種々の病気，パーキンソニズム，パーキンソン症候群とパーキンソン病を区別するようになった。パーキンソン病は40歳以後，特に50～60歳代に症状が始め，典型的な症例ではふるえ，筋強剛，動作緩慢，姿勢反射障害などの症状がみられる。これらの症状はパーキンソン病に使用される薬によく反応し，症状が消失，または改善する。

### 2.3.2.2 脊髄小脳変性症

小脳及びそれに関連する神経路の変性を主体とする原因不明の変性疾患の総称でオリブ橋小脳萎縮症，マシャド・ジョセフ病など種々の疾患が含まれており，SCD (Spinocerebellar

Degeneration) ともいう。

### 2.3.2.3 ウイルソン病

ウイルソン病とは、常染色体劣性遺伝の先天性銅代謝異常症である。肝細胞ライソゾームから胆汁中への同排泄障害やセルロプラスミンの形成異常などが原因と考えられており、過剰な銅の沈着が諸臓器に障害を起こす。

### 2.3.3 痙性歩行

命令の刺激を筋肉まで伝達する機能を持っているところで大脳から脊まで続く錐体路系の経路が障害されると、歩く時下肢がつっぱって歩きにくく(図 2.5)、特に階段を降りるのがつらくなってしまう。脳卒中のために身体の半分が麻痺すると片側の下肢だけになる。(図 2.6)。脳卒中などの脳血管障害、脳腫瘍、脊髄腫瘍、脳性麻痺によって起こる。



図 2.5 痙性歩行



図 2.6 片麻痺歩行

### 2.3.3.1 脳卒中

脳卒中は、脳の血管が硬くもろくなり、破れたりつまったりして、脳の細胞に栄養や酸素がいかなくなってしまう。脳卒中は、

脳の血管が破れて出血する脳出血と、血管が詰まる脳梗塞に分けられる。日本人の場合は、高血圧から脳の細い血管（細小動脈）壁に壊死が起きて出血する脳出血が多く、また、脳梗塞も、高血圧により頭蓋内の細い動脈に壊死が起き、血栓が形成されて血管がつまる「動脈壊死型」がほとんどである。この脳梗塞は致死率が低いものの、痴呆や障害など後遺症が残りやすい。

### 2.3.3.2 脳腫瘍

脳腫瘍は、脳、脳を包んでいる膜、血管などから発生するもので、良性のものと悪性のものがある。主な症状は頭痛で、特に朝方強い傾向があり、嘔気嘔吐を伴うことがある。その他、脳腫瘍のできる場所により、様々な症状が生じる。例えば、手足が動かなくなったり、しびれたり、身体のバランスがとれなくなったりすることもある。また、物忘れをしたり、性格が変わったりすることもあり、ボケや精神病と間違われたりすることもある。

### 2.3.3.3 脊髄腫瘍

脊髄腫瘍とは、脊髄やその周囲の組織に発生した腫瘍により、脊髄や神経根が圧迫される病気の総称。これには脊髄の周囲の硬膜より発生する髄膜腫と神経の周囲の細胞より発生する神経鞘腫、さらに脊髄そのものより発生する神経膠腫の3種類が代表的な腫瘍として挙げられる。さらに、それ以外の癌などの悪性腫瘍や類上皮腫、血管腫など色々な腫瘍も含まれる。主な症状は、腫瘍の種類に関わらず通常は脊髄圧迫症状で、多くは四肢の神経痛や筋力低下、感覚のしびれがみられる。中には、比較的急激に発病して手足が動かなくなったり、尿や便の失禁、呼吸障害など重篤な症状を示す場合もある。



### 2.3.3.4 脳性麻痺

脳性麻痺とは，出産の前後に脳の一部がこわれ，手足や体の一部または全体が麻痺した状態．出生 1000 人に対し，1.5～2 人に起こる．体全体が麻痺し，ものを食べたり，飲み込んだり，息をしたり，声を出したりする，生きていくために最も大事な機能がおかされる場合もある．足や膝や股関節が障害され，這ったり，寝返りをしたり，起き上がったたり，歩いたりする人の移動の機能が障害される場合もある．また手を含めた上肢が麻痺し，日々の生活ができにくくなることもある．

### 2.3.4 失調性歩行

歩行中や立っている時にうまくバランスをとる機能を持っている，小脳系や関節や身体的位置を知る感覚の経路が障害されると，お酒を飲み過ぎてふらふらとあるくような状態になる．これを失調性歩行，または酩酊歩行という．アルコール中毒，脊髄癆（梅毒），フリードライッヒ病脊髄小脳変性症，小脳炎，小脳腫瘍，小脳の血管障害，糖尿病性仮性脊髄癆，悪性貧血，メニエル病，椎骨脳底動脈循環不全，有機水銀中毒によって起こる．

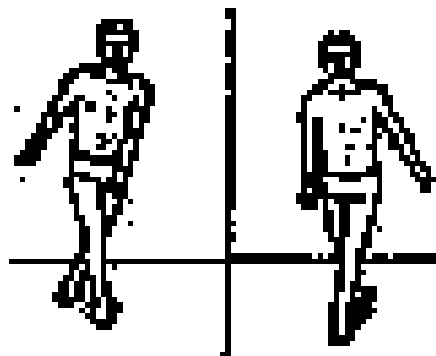


図 2.7 失調性歩行

### 2.3.4.1 悪性貧血

悪性貧血とは，胃の粘膜の萎縮や胃切除によって，内因子という物質が欠乏し，ビタミン B 12 の吸収が悪くなる．ビタミン B 12 が欠乏して造血細胞の DNA の合成が悪くなり貧血を起こす．

#### 2.3.4.2 メニエル病

メニエル病とは通常は片方の耳の，耳鳴り・難聴を伴う発作性の回転性めまいを繰り返す内耳性めまい．発作時には嘔気・嘔吐を伴い，起きていられない事が多い．

#### 2.3.4.3 椎骨脳底動脈循環不全

脳は内頸動脈と椎骨動脈という2種の大きな血管によって栄養されているが，平衡機能に關与する脳幹，小脳，内耳などにはおもに後者の椎骨動脈が血液を供給している．この椎骨動脈は加齢に伴って動脈硬化性病変が生じやすく血流の障害が起こりやすいと言われている．椎骨動脈の血流障害はとくに延髄の前庭神経核や内耳の末梢前庭器に虚血を生じ，その結果めまいが起こる．これが椎骨脳底動脈循環不全症の病態と考えられ，椎骨脳底動脈循環不全症は虚血状態に陥りやすい正常血圧例や低血圧例に多くみられるが，高血圧例でも何らかの理由で血圧が低下した場合にはめまいが起こる．また，椎骨動脈は頸椎に沿って走行しており，頸椎の変形によって椎骨動脈が圧迫された場合には血流が低下する．高齢者では動脈硬化に加えてこのような頸椎の変形の頻度も高く，椎骨脳底動脈循環不全症が起こりやすい状態にある．

めまいは約 2/3 が回転性のめまいで，約 3 分の 1 が浮動性のめまいである．回転性のめまい発作は多くは数秒から数分間の短いもの．その他の症状として頭痛，一過性の視力障害，しびれや四肢の麻痺，嚥下障害，構音障害，転倒発作などを伴うことがある

が、めまいだけを訴える場合もある。頭痛は後頭部の強い、おさえられるような痛みが特徴で数時間続くこともある。この後頭部痛は初期症状としてよくみられる。以上の症状は頭を後ろに傾ける、頸を回す、急に立ち上がる、横になる、寝返りを打つなどの際に起こることが多く、このような運動でめまいが誘発されることが髄骨脳底動脈循環不全症の特徴とされている。

## 2.4 下肢障害の特級

下肢の機能は立位の維持、歩行、階段の昇降、走行、さらに座ることである。

1 級 1 級の下肢障害は下肢機能が全く失われた状態である。義足と両側のクラッチ杖を用いれば立位の維持とわずかな歩行は可能である。たたみ上などでは短い義足を用いればそれだけ立位維持や歩行の安定性が増す。しかし、実用的な移動には車椅子を使用することが多い。一般的に、切断と機能障害では、機能障害の場合には腰や腹部の筋力も弱くなっている場合が多く、装具によって筋骨格系を支持したとしても切断よりも能力障害が大きくなる傾向がある。

2 級 2 級の障害者には、  
両脚を下腿 1/2 以上で欠くもの。  
両脚の機能の著しい障害の場合。

の場合には義足と 1 本杖を用いれば起立維持や歩行が可能となるが、階段昇降には手すりが必要である。の場合には下肢の感覚が失われている場合も多く、歩行等の運動調節がより困難であり、個別に評価する必要がある。

3 級 下肢障害の 3 級では、  
両脚を足首から、又はかかとを残して欠く。

片脚を股・大腿から欠く。

片脚の機能全廃の場合。

両脚に欠損がある場合には起立もできないが、義足を装着して訓練すれば、起立や歩行、階段昇降、更には走ったりスポーツも制限があるものの可能となる。片脚の欠損の場合には義足を装着して訓練すれば、ほぼ健常者と同様の能力を発揮できるが、歩行には1本杖、階段昇降には手すりが必要となる場合がある。

4級 下肢障害の4級では、

両脚の足先を欠く。

両脚の指機能全廃。

片脚の下腿の2分の1を欠く。

片脚の機能の著しい障害。

人工骨頭や人工関節使用の場合。

欠損の場合は、義足を用いれば通常の活動には支障がない。人工骨頭や人工関節使用の場合は適切なものであれば術後半年以内には健常者と同様にまで回復するが、磨耗を少なくし耐用年数を延ばすために、これらの関節を酷使することは避けたほうがよい場合もある。片脚の機能の著しい障害では立位の維持が30分以上はできず、歩行も1kmが限度であるが、装具を用いれば改善が可能である。

5級 下肢障害の5級では、

片脚を足首から欠く。

片脚の足関節機能の全廃。

片脚の股や膝の機能の著しい障害。

人工骨頭や人工関節使用の場合。

欠損の場合は、義足を用いれば通常の活動には支障がない。また、人工骨頭や人工関節使用の場合は適切なものであれば健常者と同様であるが、磨耗を少なくし耐用年数を延ばすために、これ

らの関節を酷使うことは避けたほうがよい場合もある。片脚の機能の著しい障害では立位や歩行にわずかな程度の限度があるが、装具を用いれば改善が可能である。

6級 下肢障害の6級では、

片足の足先を欠く。

片足の足関節の著しい障害の場合。

欠損の場合には義足を用いればほとんど問題はない。足関節の著しい障害では歩行時に動揺があるが、装具を用いれば改善が可能である[5]。

		立つ	立位維持	階段昇降	走る
1級	両脚切断・機能全廃	×	×	×	×
2級	両脚下腿切断・著障害	×	×	×	×
3級	両脚を足首で欠く	×	×	×	×
	両脚の踵を残して欠く	支えが必要	×	×	×
	片脚を股から欠く	×	×	×	×
	片脚を大腿から欠く				
	片脚の機能全廃				
4級	両脚の足先を欠く				×
	両脚の指機能全廃				×
	片脚の下肢1/2を欠く	×	×	×	×
	片脚の著しい機能障害	30分	1km	手すりが必要	×

	股あるいは股関節に人工骨頭又は人工関節を用いたもの				
5 級	片脚を足首から欠く				×
	片脚の脚関節の機能不全				
	片脚の桃や膝の著しい機能障害				
	脚関節に人工骨頭又は人工関節を用いたもの				
6 級	片脚の足先を欠く				×
	片脚の脚関節の著しい機能障害				×

表 2.1 下肢障害特級

以上のように，下肢障害の特級は分けられている。

## 2.5 歩くことの重要性

歩くことと，健康増進とは密接な関係にあり，歩くことにより得られる健康増進の効果は幾つもある。さらに，はじめに述べた様にバリアフリーは，あまりなされていないのが実状である。この様なことから歩くことは重要であると考えられる。

### 2.5.1 筋肉の老化

筋肉の老化は，20 歳代頃の筋肉を上半身，下半身をそれぞれ 100% とすると 60 歳代の筋力は，上半身 70%，下半身 40% に低下するというデータがある．

これは，生まれてから上半身はほとんど重力以外の負荷を受けてこなかったのに対し，下半身は重力 + 体重の負荷を受けてきたからである [6] ．

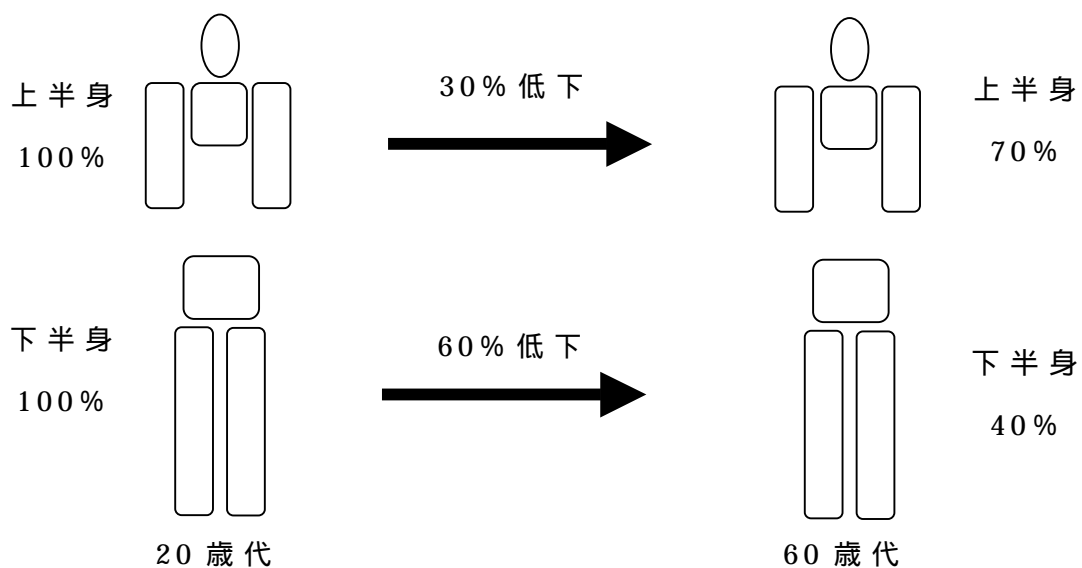


図 2.8 筋肉の低下

### 2.5.2 歩行と健康

これまでの無理がたたって腰や膝を痛めている高齢者も多く，この場合は歩くときに痛みを伴うので，どうしてもゆっくりとした歩行となり，歩くこと自体が億劫になる．さらには，脳卒中などの病気を起こすと，体が思うように動かせず，歩くことをあきらめる人もいる．このように高齢期には，老化，これまでの生活の過ごし方，病気などの影響を受けて，歩く能力がしだいに低下していく．しかし，下半身には，全身の筋肉の 70% あり，歩く能力が低下してきたからといって，歩かなくなるのは逆効果である．

廃用症候群から足腰が弱り、ついには立つことすらできなくなる。

更に、歩行をすることにより、

酸素をたくさん消費する為、心臓や肺の動きを強める。

エネルギーを消費することで、肥満を予防することができ、適性体重の維持を容易にできる。

血流が盛んになり、血管の弾力性が増し毛細血管が発達するため血圧が安定する。

血液の循環がよくなり、脳への血液量が増え、脳細胞が活発になりボケ防止になる。

血液中のコレステロール濃度を低下させ、動脈硬化を予防し血管の老化を防ぐ。

骨や筋肉を強くして体力を高める。

ストレスを解消して精神疲労の回復に繋がる。

成人病の予防に繋がり、行動的な健康生活ができる。

脳が活性化され鬱病の防止になる。

エネルギーとなる糖を消費する為、糖尿病に効果的。

以上のような効果がある[7]。

### 2.5.2.1 脳の老化防止

下半身の筋肉は筋紡錘という神経によって脊髄上端にある脳幹と呼ばれる間脳から中脳、橋、延髄にかけての部分の所に繋がっている。脳幹は、生物が生きていくうえで絶対に必要なものである。

脳幹には、呼吸、血圧、体温などの調節中枢があり、体の恒常性が持続されるほか、網様体賦活系、自律神経中枢などがある。網様体は文字どおり網の目の様に複雑に絡みあった神経系で、この網様体を刺激すると、催眠から目覚めたり、意識が明瞭になったりする。



この賦活系を主に構成している神経系は A , B の二種類あり A 6 と呼ばれる神経系はアドレナリンを分泌し脳全体を覚醒させ , A 10 と呼ばれる神経系は刺激されると人間に至高の快樂をもたらし , このときにドーパミンが分泌されることが最近の研究で分かっている . アドレナリンとドーパミンは人間の性格を決定する重要なものである .

すなわち , 歩くことによって脳幹に適度な刺激が加わり , 脳をはじめとして全体の器官の活性化に繋がり , 歩くことは , 肉体的な健康に役立つだけではなく , 精神的な活動と極めて密接な関係にある .

つまり , 歩くという行為は , 筋肉と脳の働きをフル活用する行為であり , 知的な活動と言えボケ防止に最適な運動である [8] .

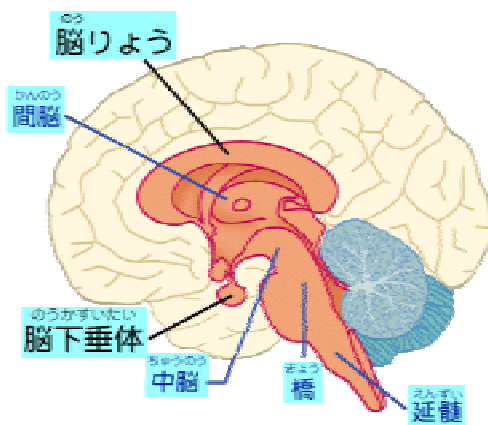


図 2.8 脳幹

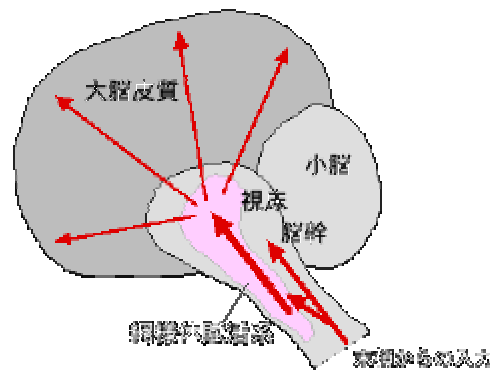


図 2.9 網様体賦活系

### 2.5.3 バリアフリーの現状

バリアフリーという言葉はよく耳にはするが実際ほとんどなされておらず , 外は段差が多く , 坂道だらけで凸凹は多いと , 障害者が利用する設備はとても不便なところに設置されている . など , バリアーだらけである . この様にまだまだ , 普及されてい

い。

## 2.6 本章のまとめ

歩行とは、無意識ではあるが実に様々な神経を使い、骨、関節を動かして歩行していることが分かった。

健常者と障害者の歩行を比べ、障害者が健常者の歩行になれば、歩行訓練をして治ったと定義することができる。

そして、車椅子や歩行障害を持っていると現在の社会環境ではとても辛い。歩行訓練を行い健常者と同じように歩けるようになるのならば、歩けるようになった方が良いと考える。

歩行訓練を行っても決して治らないわけではない。ある、脳卒中の患者は、歩行訓練を行い8割の回復をした例もある。歩行訓練は本章で述べたように、健康の為にも、必要である。

それぞれの病気によって歩行のスタイルがあることがこの調査から分かる。また、たくさんの病気から歩行障害に繋がるということが分かった。

これ等の様な歩行のスタイルでも安全に歩行訓練が行える歩行訓練機の開発を行わなければならない。

## 第3章 現在の歩行訓練器

本章では、現在市販されている歩行訓練機について調べ、その仕様、特徴、欠点についてまとめたものである。

### 3.1 腰掛け型歩行訓練器 [9]



図 3.1 腰掛け型歩行訓練器 (使用時) 図 3.2 腰掛け型歩行訓練器

仕様	サイズ	W615mm × D795mm × H1090mm(最大 1370mm)
	重量	22kg
	材質	メラミン焼付塗装 , スチール製 , ビニールレザー , ナイロン , ポリエステルクッション材 , ウレタンフォーム
特徴	崩れ落ち防止の機能を備えている .	
問題点	前後の歩行訓練は可能だが , 健常者が他にも出来る横移動などの歩行訓練をすることがこの歩行器では出来ない . 股の間を通した崩れ落ち防止の機能は股擦れを起こす危険性がある .	

表 3.1 腰掛け型歩行訓練器

### 3 . 2 折りたたみ歩行訓練器 [10]



図 3.3 折りたたみ歩行訓練器

仕様	サイズ	W680mm × D850mm × H865mm (最大 H1040mm 250mm ピッチ)
	重量	12kg
	材質	スチール 塗装仕上げ
特徴	収納に便利な自立型折りたたみ式。	
問題点	体を支えるのは肘掛だけで、膝から崩れたときの転倒を防止することが出来ない。	

表 3.2 折りたたみ歩行訓練器

### 3.3 吊り下げ型歩行訓練器 [11]



図 3.4 吊り下げ型歩行訓練器

仕様	サイズ	W710mm × D800mm × H880mm(最大 H1930mm)
	重量	25kg
	材質	アルミニウム、ステンレス、レザー等
特徴	<p>エア－重点頻度 満タン時より、およそ 20 回使用可能エア－サポーターは空気圧による。</p> <p>体重調節装置付きリハビリ用歩行機で、次のような特徴がある。</p> <p>時間と場所を選ばず、いつでも気軽に歩行訓練が行える。</p> <p>足にダメージを与えることなく専門的なりハビリに貢献できる。</p> <p>移動が楽になり、それがリハビリにつながる。</p> <p>利用者自身で簡単に操作が出来るため介助を必要とせず、</p> <p>人件費の節約につながる。</p> <p>利用者の症状に合わせて様々な仕様の変更が可能。</p> <p>コンプレッサー：2次圧力：6.5kg/cm<sup>2</sup></p> <p>エア－タンク容量：58×525mm×12本 約 16500cc</p> <p>エア－シリンダー容量：58×500mm×2本 約 2600cc</p>	
問題点	<p>体を支える為のバーが手で握るという方法をとっている為、</p> <p>握力などのことも考えると体を支えるのが難しいのではないかと思われる。</p>	

表 3.3 吊り下げ型歩行訓練器

### 3.4 平行棒 [10]



図 3.5 平行棒

仕様	サイズ	W2000mm×H 上段 75mm(最大 890mm) , 下段 550mm(690mm)
	重量	手すり部 3.6 Kg ベース部 (2枚) 1.6 Kg
	材質	鋼鉄パイプ
特徴	棒が2本並んでおり棒をつかんでその間を患者が歩き歩行訓練を行う。	
問題点	崩れ落ちの防止がなく危険である。これでは療法士の負担は大きい。	

(但し上記写真の仕様, 問題点とする)

表 3.4 平行棒

### 3.5 トレッドミル [12]



図 3.6 トレッドミル

仕様	サイズ	W560mm × L1280mm × H1190mm
	重量	30.5kg
	材質	スチール ABS樹脂
特徴	床がベルト状になっており回転することによりその場歩行訓練ができる。(上記写真は電動式)	
問題点	このような訓練機の場合,ある程度歩行が可能でなければ使用することが困難である。	

(但し上記写真の仕様とする)

表 3.5 トレッドミル



### 3.6 エアロバイク [13]



図 3.7 エアロバイク

仕様	サイズ	W528mm × L772mm × 1020mm (最大 1259mm)
	重量	27.5kg
	材質	ポリプロピレン樹脂, ABS樹脂, 鋼鉄パイプ
特徴	エアロバイクとは, 固定された自転車のことで負荷を調整することにより筋力を上げる.	
問題点	トレッドミル同様, ある程度歩行が可能でなければ使用することは困難である.	

(但し上記写真の仕様とする)

### 3.7 本章のまとめ

様々な形の歩行訓練機が市販されているが, 崩れ落ち防止の機能, 体の支え方と問題点があると思われる. 本研究においては, これ等の問題を改善した訓練機を開発することが必要である.

## 第4章 試作1号機

これまで、述べてきた問題点などを解決し製作したのが試作1号機である。本章では、試作1号機の使用、特徴、などについて述べる。

### 4.1 仕様

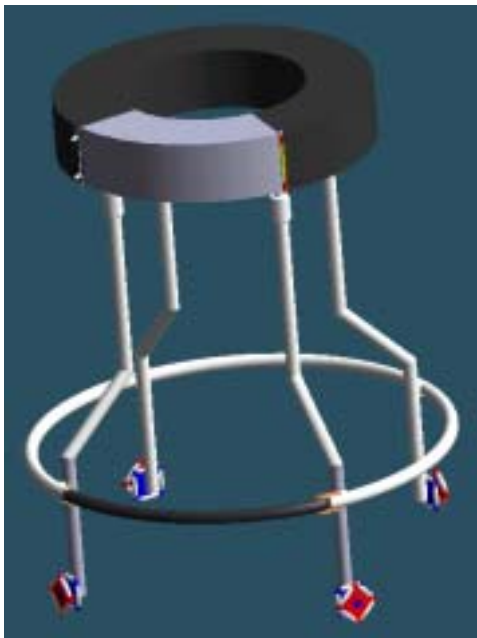


図 4.1 試作1号機全体図

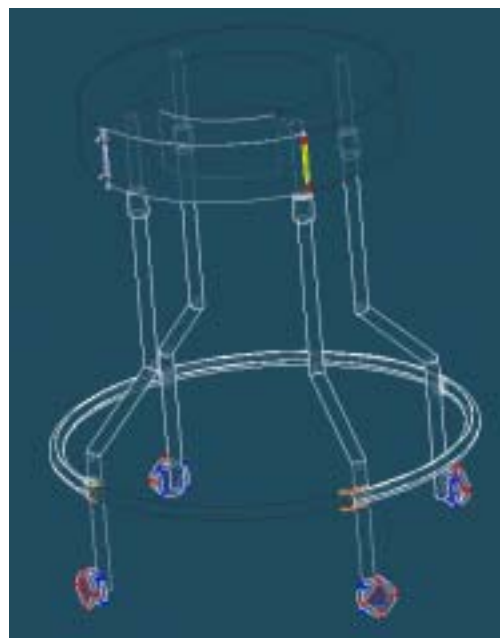


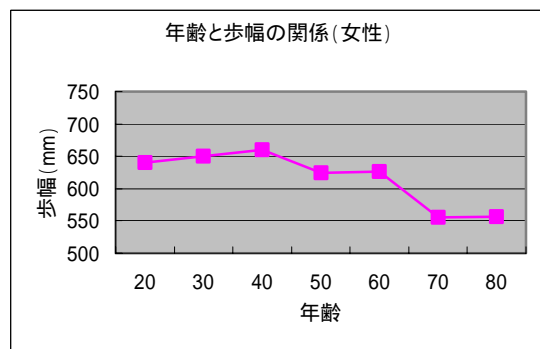
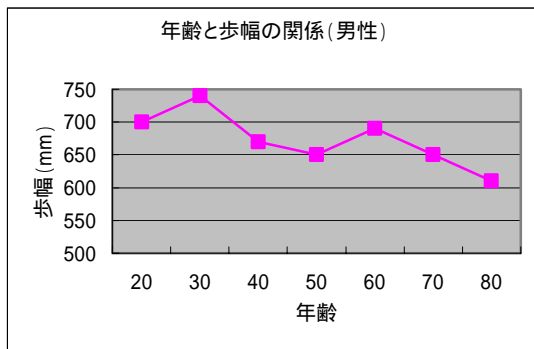
図 4.2 試作1号機全体図  
(ワイヤフレーム)

仕様	サイズ	W974mm×H1100mm(最大 H1300mm)
	重量	68kg
	材質	鋼鉄パイプ
特徴	<p>360°周りを囲むことにより崩れ落ちを防止．</p> <p>オムニホイールを使用することにより，全方向の歩行訓練が可能．</p> <p>ジョイスティックを搭載しており，歩行機を運転して歩行訓練を行う．</p> <p>円形にする事により衝突時，壁の角に引っかかってしまう問題を解決している．</p> <p>また，円形になっている事により人との衝突が合った場合角がないので，けがを最小限に抑えることができる．</p> <p>緊急停止ボタンを備えている．</p>	

表 4.1 試作 1号機

## 4.2 サイズ

グラフ 4.1 とグラフ 4.2 は男性，女性それぞれの年齢別に平均歩幅を表したグラフである．グラフが示すように，人の歩幅は最大で 30 代，男性の 750mm である．この歩幅を考慮して試作 1 号機の足元の幅は 974mm としている．



グラフ 4.1 年齢と歩幅 (男性)    グラフ 4.2 年齢と歩幅 (女性)



図 4.3 足元



図 4.4 足元 (寸法図)

## 4 . 3 特徴

### 4 . 3 . 1 崩れ落ち防止機能

360°周りを囲むことにより崩れ落ちを防止 .

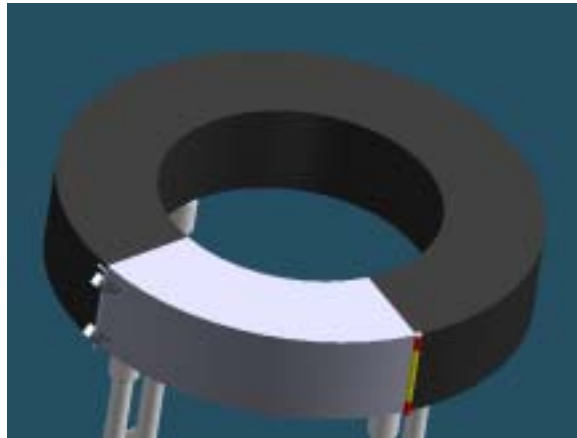


図 4.5 スタンド部

#### 4.3.2 全方向移動

オムニホイールを使用することにより，全方向の歩行訓練が可能．  
図 4.6 の様に駆動輪が回転することによって前方向移動が実現する．

全方向移動出来ることにより，今までの歩行訓練機では，できなかった後，左右，斜歩行の訓練も行うことができる．

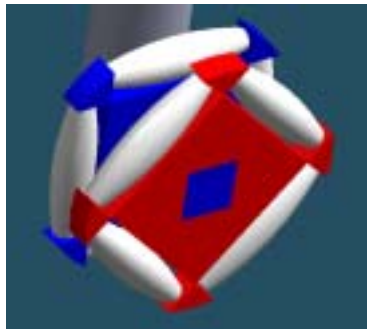


図 4.5 オムニホイール

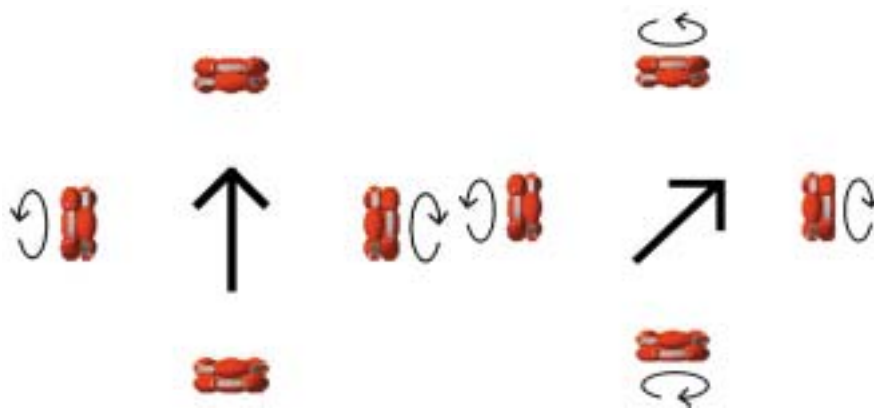


図 4.6 オムニホイール(動き)

#### 4.3.3 操作

ジョイスティック2本搭載しており，歩行機を運転して歩行訓練を行う．

今までの歩行訓練器では療法士の手助けが必要であったが，ジョイスティックを搭載して電動式にすることにより，療法士の手助けを必要とせず，負担を軽減することができる．

また，この歩行訓練機は電動式で全方向移動ができるという点から，歩行訓練機に乗ったまま自分で好きな所に行けるので，訓練意欲の向上にも繋がる．

操作方法は，片方のジョイスティックで前後左右の動きをし，もう一方のジョイスティックで右旋回，左旋回を行う．

#### 4.3.4 引っかかり防止

円形になっている理由の1つとして壁と壁の角に歩行機が引っかかって身動きが取れなくなってしまうというのを防ぐ．



図 4.7 1号機(上視点)

#### 4.3.5 非常停止ボタン

誤動作が起きた時や衝突の危険がある時などにすぐに歩行機を停止できるように非常停止ボタンが本体スタンド部部分サイドとジョイスティックに付いている。

### 4.4 問題点

市販されている問題を解決して製作された試作1号機ではあるが、まだ改良する点が以下の様に幾つか出てきた。

#### 4.4.1 崩れ落ち防止

360° 囲んだだけでは、まだ十分な崩れ落ち防止にはなっていない。(図 4.7)

#### 4.4.2 アジャストバー

アジャストバーは、今の形では足に当たってしまう。



図 4.8 1号機アジャストバー

#### 4.4.3 昇降装置

昇降させるのが複雑である。

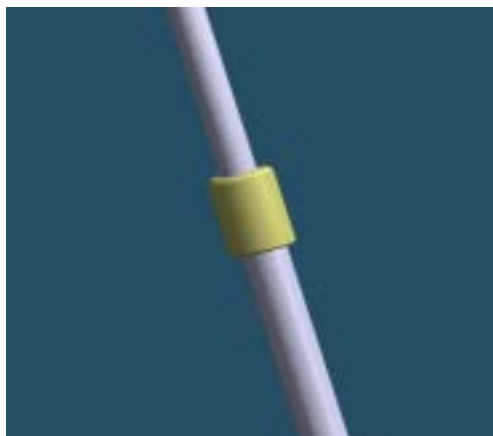


図 4.9 1号機昇降装置

#### 4.4.4 高さ

高さ調整は可能ではあるが、適切な高さではないと思われる。

#### 4.4.5 視界

スタンド部分が広い為、足元が見えない。



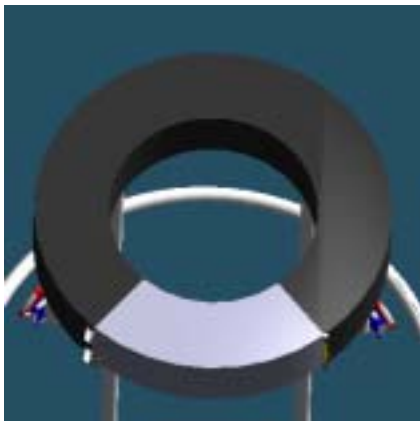
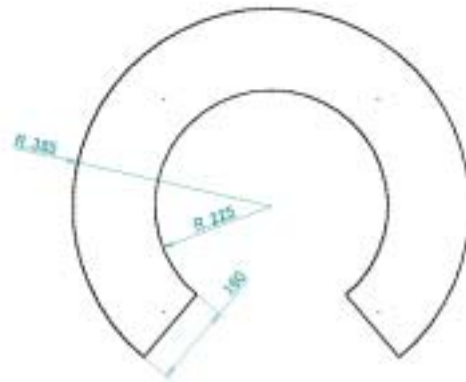


図 4.10 1号機スタンド部分

図 4.11 1号機スタンド部分  
(寸法図)

#### 4.4.6 重心

バッテリーなどが上(スタンド部分)にある為、重心が高く転倒の恐れがある。

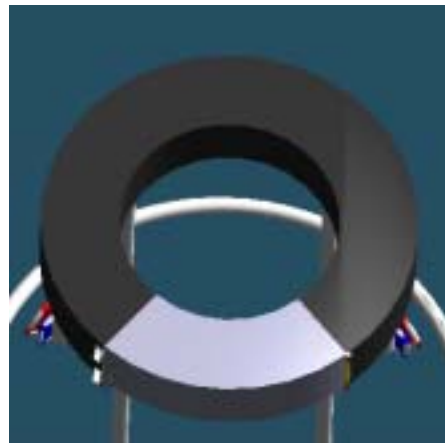


図 4.12 1号機バッテリーの位置

#### 4.4.7 肘置き

スタンド部分が鉄のままの為、腕を置くにはあまりよくない。

(図 4.12)

#### 4.4.8 速度

速度が急すぎる。健常者が使用しても、早歩きぐらいの速度である。

#### 4.4.9 カバー

駆動輪にカバーがない。

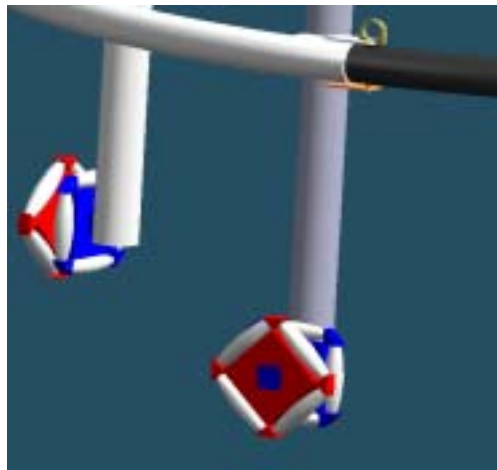


図 1.13 1号機駆動輪部

#### 4.4.10 操作方法

操作が複雑。

### 4.5 本章のまとめ

現在、研究室にある試作1号機は患者の全方向移動できることにより歩行意欲の向上などの効果は見込めるが、まだ、問題点も多く改良する必要があると思われる。

## 第5章 試作2号機

試作2号機を作る為の提案を本章では述べる。

### 5.1 試作1号機の問題点改善

試作1号機で見つかった問題点を改善する。

#### 5.1.1 崩れ落ち防止の改善

試作1号機では図4.5の様に360°囲むだけで崩れ落ちの防止を考えていたが、これでは崩れ落ち防止の役目を果たしていないという問題は、試作2号機では更に、フックを付け使用者の腰を固定するという方法に改善する。

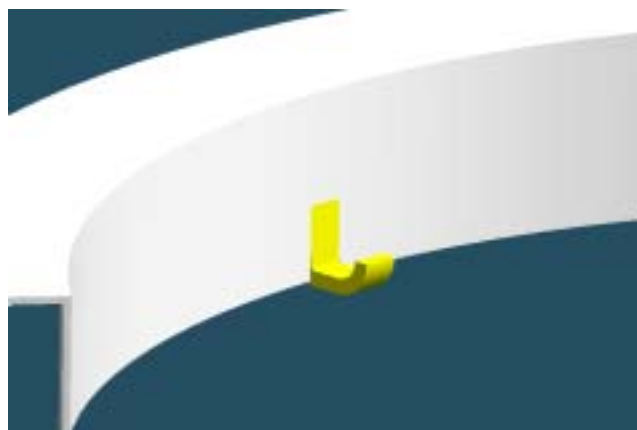


図 5.1 フック

フックは、左右に付いており両方から使用者の体を支える。

### 5.1.2 アジャストバーの改善

1号機はアジャストバーが内側へ曲がった形状をしている為(図4.8)、足に当たってしまうという問題は邪魔にならない位置までまっすぐにするという方法にし改善する。



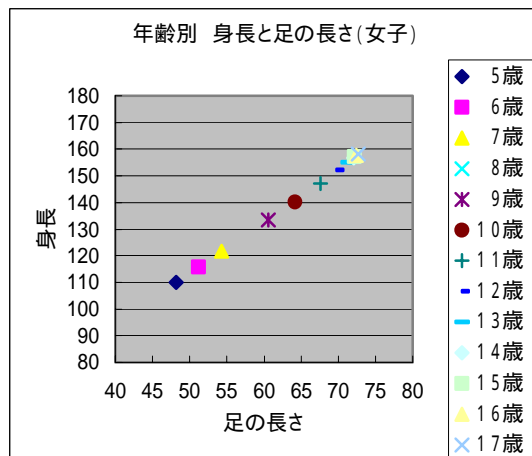
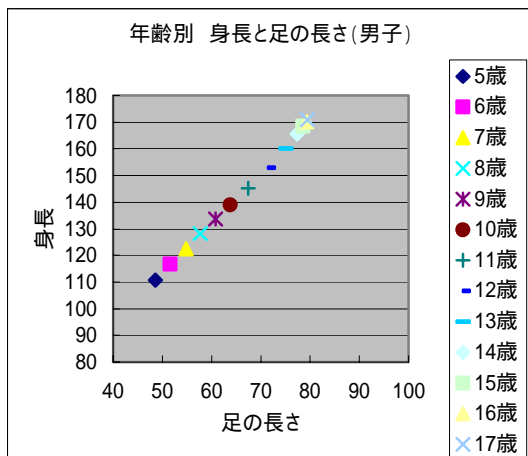
図 5.2 2号機アジャストバー

1号機では膝元辺りからスタンド部分に折れる形状になっているが、2号機では、一番上の部分、つまりスタンド部分の真横辺りでスタンドに固定されている状態になっている。

### 5.1.3 高さの改善

1号機の高さは、研究室内で何人かの人に乗ってもらったところ、「この高さでは高すぎる」という答えがあった。その問題点を改善する為に全国の平均の身長を調べてみた。

自立歩行を必要としてくる5歳までと成長がピークになる17歳までのデータを元に調節できる高さを決める。



グラフ 5.1 身長と足の長さ  
の平均(男子)

グラフ 5.2 身長と足の長さ  
の平均(女子)

グラフ 5.1, グラフ 5.2 を見ると最高で, 17 歳男子の全国平均の 79.5cm 最低で 5 歳女子の 48.2 c m となる。また, このグラフから座高を調べることができ 17 歳男子の座高が 91.3 c m, 5 歳女子の座高が 61.7 c mということが分かる [14]。座高の約半分を胸元の位置と考え 2号機では, 最小 80 c m を最大を 125 c m とすることで高さの問題を改善する。

#### 5.1.4 スタンド部分の改善

歩行訓練を行う時, 足元が見えないと自分の足の運びが分からなくとても不安で, 危険である。



図 5.3 2号機スタンド部分

1号機のスタンド部分は、中にバッテリーなどを収めており160mmの広さが必要であった。しかし、バッテリーなどを下部に持っていくことによりスタンド部分が50mmとスマートになり足元が見えるように改善された。また、1号機は鉄板のままではあったが2号機ではクッションを巻くことで肘を置きやすいように改善する。

#### 5.1.5 重心の改善

スタンド部分にバッテリーなどを置くと重心が上になってしまい転倒の恐れがある為、バッテリーなどを下部に持ってくる。

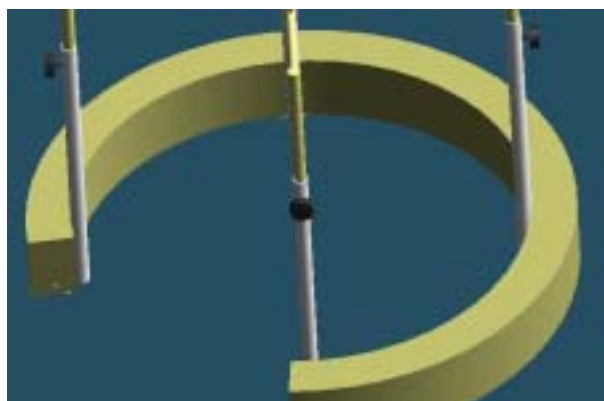
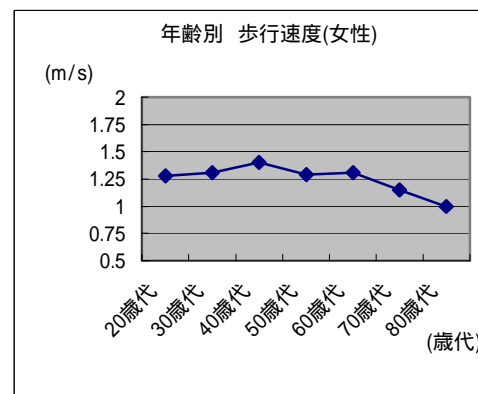
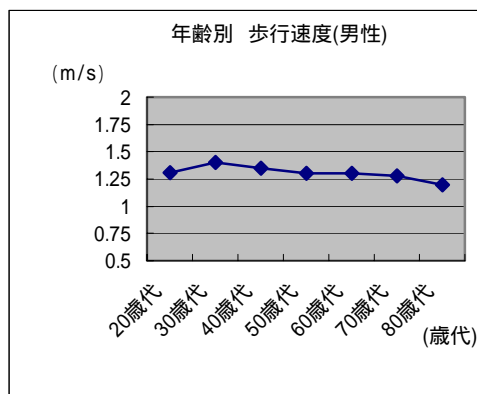


図 5.4 2号機バッテリーの位置

下部のバーを広く取ることにより，バッテリーなどを納める為のスペースを取った．

### 5.1.6 速度の改善

1号機の初動作の速度がかなり速く健常者が乗っていても危険を感じる．



グラフ 5.3 年齢別 歩行速度  
(男性)

グラフ 5.4 年齢別 歩行速度  
(女性)

グラフ 5.3 とグラフ 5.4 は男性，女性それぞれの年代別に歩行速度を表した表である．この表から男性の平均速度は  $1.31\text{m/s}$ ，女性の平均速度は  $1.25\text{m/s}$  となる [15]．この平均速度を最高速度にし，下肢障害者の歩行速度が，杖を使用し  $0.4\text{m/s}$  というデータもでているのでこの値も考慮し最低速度を決める．

若しくは，この表を見ると，70歳代から下降しているのので，70歳代以下と以上で速度を変更できる様に改善する．

また，初速からこの早さだと危険なので，滑らかに速度が上が

るように改善する。

### 5.1.7 駆動輪のカバー取り付け

全方向移動を実現させる為、駆動輪はオムニホイールを使用している為、カーテンなどを巻き込んでしまう可能性が考えられる。



図 5.5 2号機(下視点)

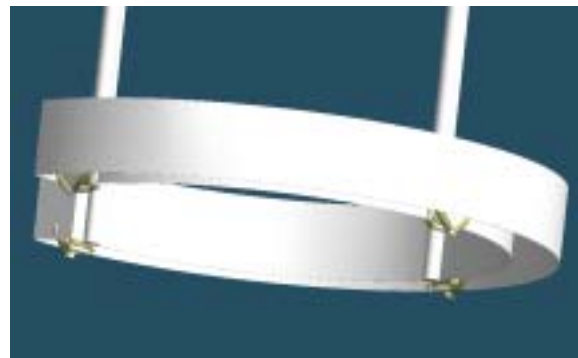
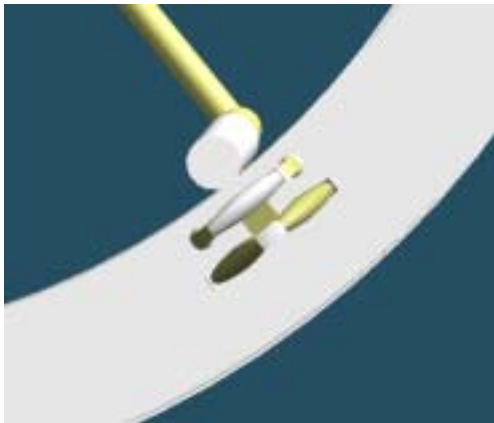


図 5.6 2号機下部(下視点) 図 5.7 2号機下部(横視点)

図 5.8, 図 5.9, 図 5.10 の様に重心の改善を行った際出来たスペースを利用しオムニホイールを納めてしまうことにより駆動輪のカバーにする。



### 5.1.8 ジョイスティックの改善

1号機の操作方法は4.3.3で説明したように2本のジョイスティックを使って操作する為、高齢者などは操作するのが難しいと思われる。その為、ジョイスティックを1本にする。

### 5.1.9 昇降装置の改善

1号機の昇降装置は4.4.3節の図4.9の様になっており、もう少し簡単に昇降できる方法に2号機では変える。

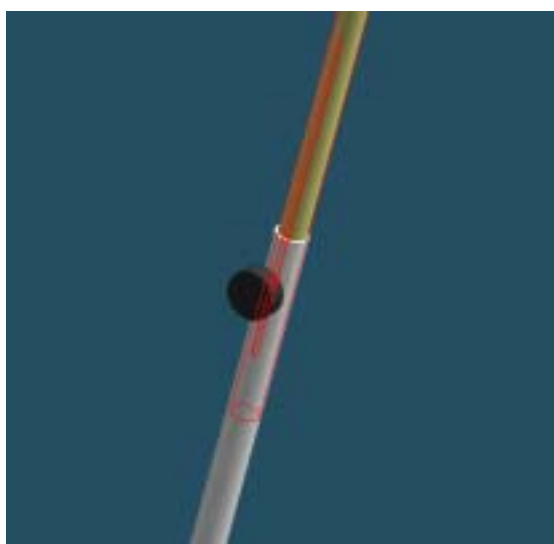


図 5.8 2号機 アジャストバー

図 5.8 図に示すようにバーの横のつまみを回して固定する。中に入っている稼動する側のバーに溝が彫ってありその部分につまみから出た雄ネジの先端が付き締め付ける。この方法はよく椅子の高さ調整に用いられている。

## 5.2 全体図

5.1節で1号機の問題点を改善した試作2号機をSolid Edgeを使用し書いた全体図を、図5.9、図5.10に示す。

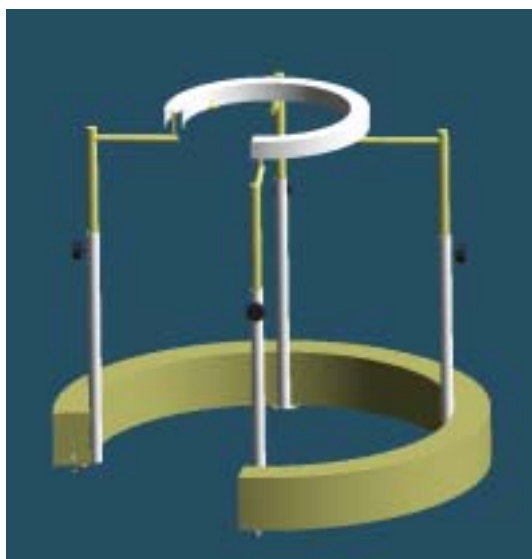


図 5.9 2号機全体図

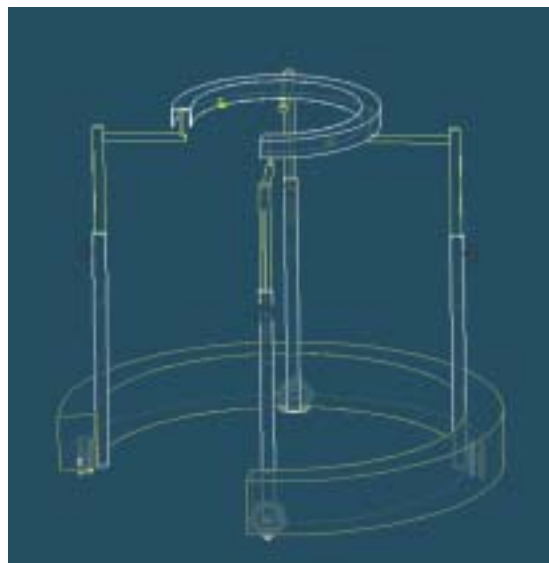


図 5.10 2号機全体図  
(ワイヤフレーム)

## 5.3 本章のまとめ

試作1号機の問題点をもとに、崩れ落ち防止機能、バー、高さ、スタンド部、重心、速度、駆動輪のカバー、ジョイスティック、昇降装置の改善の提案をし、試作2号機を3D CADを用い作成した。

## 第6章 結章

本章では，本研究を行ってきて得たこと，そして，今後の展開について述べる．

### 6.1 本研究の成果

本研究を通して，まず，療法士が人手不足であるということから療法士などの介護者側の負担を軽減する歩行訓練機が必要だということ，健常者と障害者の歩行の違いを通し崩れ落ちない全方向に移動することのできる歩行訓練機が必要であるということ，歩行リハビリテーションのステップを減らし介護側の負担，患者の意欲の出る，歩行訓練機が必要であることが分かり，これらのニーズに対応した，より良い歩行訓練機が現在求められているということが分かった．

このニーズに対応する，歩行訓練機が試作1号機ではあったのだが，健常者ではあるが，私達が実際使ってみて，改善点も幾つか出てきた．試作1号機の問題点を改善して，3D CADで試作2号機の作成を行った．

## 6 . 2 今後の展開

今後の展開として、まず、試作2号機制作を行う。

次に、強度解析を行った上で、実際、下肢障害者の協力を得て、臨床実験を行う。

そして、アンケートを取って、更なる改良を加え市販に向けて、取り組んでいくことが、今後の展開となる。

## 参考文献

- [1] 東北文化学園大学，リハビリテーション科，  
<http://www.tbgu.ac.jp/>
- [2] 国立療養所，精神筋難病研究グループ提供，  
精神筋難病情報サービス，  
言語障害に対する対策 言語療法士とは，  
<http://www.saigata-nh.go.jp/nanbyo/index.htm>
- [3] 春原内科クリニック，歩行の障害，  
<http://www.bg.wakwak.com/~nsun709/index.html>
- [4] ORTHO，歩行のメカニズム，  
<http://www.ortho-net.co.jp/dreambrace.html>
- [5] 厚生労働省，<http://www.mhlw.go.jp/>
- [6] 有限会社アクティブケアコンサルティング，歩行のすすめ，  
<http://homepage3.nifty.com/teate/index.htm>
- [7] 柿沼 實，健康習慣を確立しよう，  
<http://www.asahi-net.or.jp/~by7m-kknm/>
- [8] 歩行のボケ防止作用，  
<http://www.geocities.co.jp/Beautycare-Venus/2206/shinnocam/hokounoboke.htm>
- [9] Handi Network International，  
「ローロウーカー」パンフレット
- [10] 介護機器情報ホットライン，<http://www.kaigokiki.com/>

- [11] 日海エヌエス株式会社 , 「エアーサポーター」パンフレット
- [12] Mizushima Sports Online ,  
<http://www.mizushimasports.co.jp/>
- [13] e-Fitness club-COMBI.com , <http://www.club-combi.com/>
- [14] 平成 14 年度学校保健統計調査結果速報 ,  
<http://www.pref.tochigi.jp/toukei/sokuho-hoken/hoken.htm>
- [15] 社会法人 人間生活工学研究センター ,  
10m 自由歩行 計測結果 , <http://www.hql.or.jp/>

## 謝辞

本論文は、著者が高知工科大学知能機械システム工学科在学中に行った研究をまとめたものである。

本研究にあたり、ご指導下さった高知工科大学知能機械システム工学科王碩玉教授に深く感謝致します。

また、本論文において、貴重な助言を下された、同研究室の、伊藤淳氏、菅野正人氏に深くお礼申し上げます。

そして、本研究で行き詰まったとき、助けて下さった、同研究室の方々に深く感謝致します。

最後に、高知工科大学での二年間の学生生活を支えてくれた両親に深く感謝致します。

2003年2月