

図 11.2 力の分解図

人が歩行器を押すとハンドルに F の力が加えられる。 F は、水平方向の力と垂直方向の力の合力なので、水平方向の力 F_x と垂直方向の力 F_z に分解し、この2力を代用特性として速度制御を行う。

昨年までの研究で、 F_x と F_z には周期性があることがわかっている。 F_x と W を用いて負荷制御を行うと、周期性のために滑らかな動作にならずぎくしゃくしてフィーリングが悪い。フィーリングのより滑らかな動作をさせるために速度制御を行う。

速度制御を行うために、 F_x/F_z を代用特性としこの値に応じて速度を決め、それにあった回転をするようにモータへ出力する。これにより、実際の操作としてはハンドルを押すだけですむために操作レバーレスとなる。

使用者がつまづいたり歩行器に引っ張られる形になり転んでしまわないように距離センサを取り付け、一定以上の距離を離れると自動的に停止するようにする。逆に、近づきすぎたときは回転数を増やして一定の距離を保つようにする。

上り坂や下り坂では、平坦路と同様の速度で動作すると危険につながる可能性が高い。これを防ぐために、前後方向の加速度センサを取り付け上り坂、下り坂を検知する。検知したときには、速度を平坦路よりも遅くしたり、一定間隔で回転と停止を繰り返すようにする。

傾斜路では平坦路と同じようにすると、傾斜の方向に曲がってってしまう。これを防ぐために、左右方向の加速度センサを取り付け、傾斜を検知させる。傾斜路を検知した場合には、傾いている側のモータの回転を増やすなどをして曲がらないようにバランスをとる。

11.2 制御のフローチャート

プログラムを作成にあたり、以下のフローチャートを作成した。

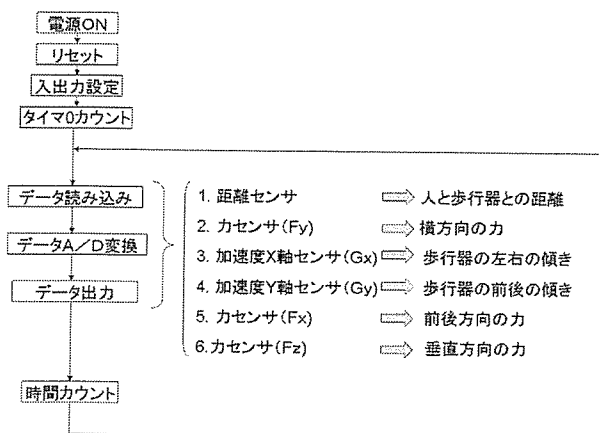


図 11.3 サブコントローラフローチャート

図 11.3 はサブコントローラのフローチャートである。フローチャートで使用しているデータは、以下に示すように用いられる。

(1) 距離データ

人と歩行器の距離を計測し、一定以上の距離を離れたら歩行器を停止する。また、一定以上近づいたときは速度を上げて、少し距離を置く。

(2) 加速度センサ x 軸 (G_x) データ

歩行器の左右の傾きを検知することで傾斜路の判断を行う。

(3) 加速度センサ y 軸 (G_y) データ

歩行器の前後の傾きを検知することで、上り坂、下り坂の判断を行う。

(4) カセンサ前後方向 (F_x) データ

人が歩行器を前後に押す力を検知する。制御のための代用特性としても用いる。

(5) カセンサ垂直方向 (F_z) データ

人が歩行器の垂直方向に加える力を検知する。制御のための代用特性として用いる。

(6) カセンサ左右方向 (F_y) データ

人が歩行器の左右方向に加える力を検知することで、力のかかった方向に旋回を行う。旋回時には、左右で回転数を変えたり逆方向に回転させたりするための判断に用いる。

このフローチャートは、センサに入力された情報を A/D 変換し、メインコントローラに送るチャートである。

データの読み込み、A/D 変換、データ出力を距離、横方向の力 (F_y)、加速度 X 軸センサ (左右の傾き)、加速度 Y 軸センサ (前後の傾き)、前後方向の力 (F_x)、垂直方向の力 (F_z) の順に行い、その後時間のカウントを行う。これを動作中は繰り返し行っている。

次に、図 11.4 は制御プログラムのメインフローチャートである。

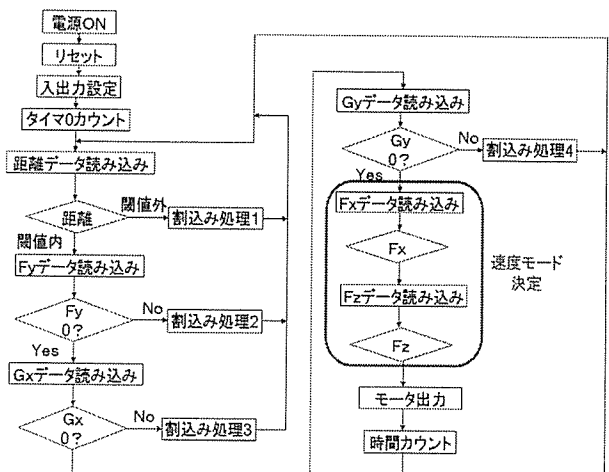


図 11.4 メインコントローラフローチャート

このフローチャートは、平坦路を前進するものであり傾斜路や上り坂、下り坂、旋回、カーブにおいては割込み処理で行うようにしている。

まず、距離センサのデータを読み込み、一定の距離の中に人がいるのを確認する。このときに、距離が遠かっ

た場合には停止し、近い場合にはモータの回転数を少し増やし、距離をあける。次に、横方向の力 (Fy) のデータを読み込み、左右に曲がるかどうかを確認する。旋回をする場合には、左右のモータの回転数をずらしたり、逆に回転させたりする。その次に、加速度 X 軸センサ (Gx) のデータを読み込み、傾斜路であるかを確認する。傾斜路であった場合は、左右の回転数に差をつけることで直進するようにする。次に、加速度 Y 軸センサ (Gy) のデータを読み込み、上り坂や下り坂かどうかを確認する。坂であった場合には、平坦路より遅い速度で動作させたり、一定間隔で停止するなどさせる。次に、前後方向の力 (Fx) を読み込み、その後垂直方向の力 (Fz) を読み込む。そして、 F_x/F_z の値をだし、その値に応じて移動速度を決定しモータへ出力する。

速度は、 F_x/F_z の値に閾値を設けておき、入力された値がどの閾値内に当たるかで決定する。

モータの制御は PWM 方式で行う。

11.3 試験結果

歩行支援機を使用しながら、被験者に平坦路を歩行してもらった。機器には、感圧導電ゴムユニットセンサをとりつけて、被験者が歩行時に Fx 方向と Fz 方向に加えている力を測定した。その結果を図 11.5 に示す。

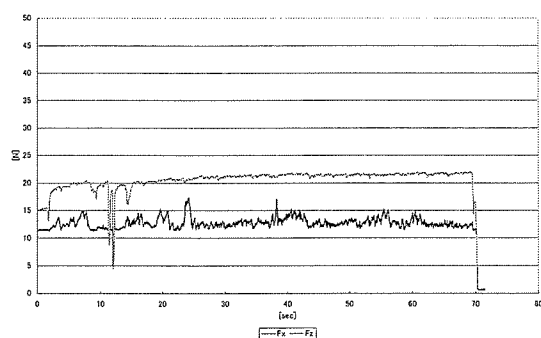


図 11.5 歩行時ハンドル荷重

速度制御で実験をした結果、小さな力で操作ができることがわかった。これにより、お年寄りなどの力が弱くなっている人が操作するのに大きな力を出す必要がなくなるので、負担が小さくなると考えられる。また、力の大きさの変化は、Fx, Fz とともに小さいため代用特性である F_x/F_z の値の変動も小さい。

実験において歩行器は、スムーズに動作していたので F_x/F_z は代用特性として成立すると考えられ、この代用特性を用いての速度制御が確立できた。

E. 結論

1 2 まとめ

一般的市街地での段差等のバリアー(50mm 高さ)を違和感なく通過できるレベルにすることに成功した。これにより、車いす用に設定されているバリアフリー地区でも今まで不可能であった歩行支援がバリアーを感じることなく通過できるレベルまで、歩行支援機を向上させることができるようになった。また、歩行支援に関する制御を従来の負荷制御から速度制御に変更することによりフィーリング向上する新しい方法のブラッシュアップを行っている。また、従来、方式が複雑で且つトルク不足であった後輪駆動用電動モータの新規開発の検討を開始し、インホイールモータ方式等の基本的な評

価を終了した。操舵系としては、前輪のキャスター方式の欠点を補完する操舵角制限制御方式を提案した。また、歩行支援機と被支援者とを結ぶ唯一な部位であるハンドル部のレベルアップを試み、被支援者の加える荷重情報を正確に把握するセンサー系の改良を行い、確実にその意志をくみ取り、操作レバーレスで、歩行に集中できるような歩行支援を可能とした。更に、歩行支援機の実用化に向けての必要な調査研究を開始し、福祉モビリティという新しい概念を導入した。工学系装置開発の高度化だけを推進しても、歩行支援機の出現による社会的インパクトは少ない。生活移動の基盤である歩行能力維持に関して、高齢者が街を歩く機会が増加して、バランスのとれた心身面での健康が維持できる生活をもたらすためには、歩くためのバリアーに関する環境整備や街としての魅力ある機能、人が街と関わる意欲、生き甲斐などを総合的に組み合わせた福祉モビリティが必要となる。そのための基礎調査やその分析を行い、その実証試験への前提項目を明らかにした。

(今後の進め方)

歩行に関する支援は、歩行自身が人間に知ってかなり高度の仕組みを持った機能であり、どのような支援がよいのかは、十分な検討を行い基盤技術として確立する必要がある。この研究では、歩行を被支援者に違和感なく使用していただくために、柔軟性のある操作性をどのようにして達成するかを中心として、歩行支援機の研究開発を試みた。また、願望としては、歩行支援のコンセプトは多くの人に願望レベルとしては、大変強い要望があることがわかった。その両者を結びつけることに基本的に成功し、目処がついたと考える。これは、高齢化社会が進む中で、介護保険等の公的資金抑制にも有効であり、かつ高齢者ができる限り、健康余命を延長して、楽しく生き甲斐のある生活基盤を構築するためにも有効である。今後は、本研究の成果を生かすためにも、モニター機としての歩行支援機を完成させて、具体的な福祉モビリティが実施可能な地域での実証試験の可能性を追求してゆきたい。

F. 健康危険情報

特にありません。

G. 研究発表

- 1) 並木正樹、佐藤克司、川上幸男、岡村宏：インテリジェント歩行支援機の開発、日本機械学会、福祉工学シンポジウム 2006, No.1E 105, 2006.9
- 2) 那須 洋介、岡村宏：歩行支援機の操縦に関する装置について、日本機械学会、福祉工学シンポジウム 2006, No.1E201, 2006.9
- 3) 坂本拓磨、岡村宏、那須洋介、新田国文：歩行支援機の段差乗り越え力能、日本機械学会、福祉工学シンポジウム 2006, No.1E202, 2006.9
- 4) 岡村宏、那須洋介、坂本拓磨：歩行支援機における本体構造に関する研究、日本機械学会、福祉工学シンポジウム 2006, No.1E203, 2006.9
- 5) 渡辺徹、岡村宏、青木清志、金澤純：歩行支援機における制御に関する研究、日本機械学会、福祉工学シンポジウム 2006, No.1E204, 2006.9

6) 岡村宏(芝浦工大), 松下潤, 石浜正男(神奈川工大) タウンモビリティにおける歩行支援機の活用について, 日本機械学会 2006 年次大会講演論文集 615、2006/9

7) Masao Ishihama, Takashi Aritake・Motion and Vibration Control of a Walking Aid for Outdoors・Proc. of The 8th International Conference on Motion and Vibration Control・2006.8・Paper No. ME1-2

8) 13:00 ~14:20 / 歩行支援 (座長: 北川能 (東工大))
那須洋介, 岡村宏: 歩行支援機のキャスター輪の挙動について, 日本機械学会 D&D Conference 2006 講演論文集 No.608, 2006/8

9) 坂本拓磨, 桜井南平, 岡村宏: 歩行支援機の段差乗り越し能力について, 日本機械学会 D&D Conference 2006 講演論文集 No.609, 2006/8

10) 渡辺徹, 那須洋介, 宮地崇文 歩行支援機の移動・回転へのアシスト機能について, 日本機械学会 D&D Conference 2006 講演論文集 No.610, 2006/8

11) 岡村宏, 松下潤, 佐藤克司, 川上幸男, 石浜正男 歩行支援機の有効な利用形態に関する考察, 日本機械学会 D&D Conference 2006 講演論文集 No.611, 2006/8

12) Masao Ishihama, Takashi Aritake: Dynamical Design of an Outdoor Walking Aid, Proc. of the FISITA2006 World Automotive Congress, 22-27 October, Yokohama, F2006D112, 2006

H. 知的所有権の出願・取得状況 (予定を含む)

1. 特許出願

(1) 特願2005-311886

(2) 操舵装置…1件 (出願中)

(以下、準備中)

(3) 歩行支援機の制御法…1件

(4) 駆動・制動…1件

(5) 段差乗越し装置…1件

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし

以上

厚生労働科学研究費補助金 (長寿科学総合研究事業)

(総括) 研究報告書

広域歩行支援装置の柔軟な操作性に関する研究

(主任) 研究者 岡村 宏 芝浦工業大学教授

目 次

1. 歩行支援機の基本コンセプトに関する研究
 1. 1 はじめに
 1. 2 少子高齢化の現状
 1. 3 肢体不自由者の現状
 1. 4 社会保障給付費の推移
 1. 5 対象ユーザと現存の歩行器
 1. 5. 1 対象ユーザとは
 1. 5. 2 歩行器
2. 福祉モビリティについて
 2. 1 統合的コンセプト
 2. 2 福祉モビリティの支援システムについて
 2. 3 福祉モビリティにおける歩行機能効果の評価
 2. 4 有効な利用形態へのアプローチ
 2. 5 タウンモビリティについて
 2. 5. 1 タウンモビリティの現状
 2. 5. 2 バリアフリーの歩行支援機への適用
 2. 5. 3 歩行支援機によるタウンモビリティ
 2. 6 歩行支援機の基本コンセプト
 2. 6. 1 基本的な条件
 2. 6. 2 歩行支援機基本コンセプト
 2. 6. 3 カスタマイズ設計の考え方
 2. 7 まとめ
3. 歩行支援機のニーズと品質機能展開
 3. 1 歩行支援機のニーズ
 - (1) 構造に対するニーズ
 - (2) 機能に対するニーズ
 3. 2 基本諸元
 3. 3 品質展開機能 (QFD: Quality Function Deployment)
4. 試作機
 4. 1 付与された基本的な機能
 4. 2 第3次試作の概要
 4. 3 基本コンセプトの絞り込み
 4. 4 利用形態に対する柔軟性について
5. 本体構造

- 5. 1 本体構造のコンセプト
- 5. 2 本体構造の機能
 - 5. 2. 1 フレーム寸法
 - 5. 2. 2 ハンドル位置と前後車輪荷重配分
- 5. 3 ハンドル
 - 5. 3. 1 ハンドル形状
 - 5. 3. 2 使用法のちがい
 - 5. 3. 3 ハンドル高さ調整
 - 5. 3. 4 ハンドル形状と調整機構
- 5. 4 歩行支援機フレーム
 - 5. 4. 1 新規フレーム案1
 - 5. 4. 2 新規フレーム案2
- 5. 5 本体構造まとめ

- 6. 前輪と操舵系
 - 6. 1 操舵系の基本コンセプト
 - 6. 2 既存の操舵に関わる装置
 - 6. 3 キャスター方式の力学的関係
 - 6. 4 ステアリング方式の力学的関係
 - 6. 5 新方式の提案
 - 6. 5. 1 第3輪方式
 - 6. 5. 2 段階的作動各切替装置
 - 6. 5. 3 カム式作動各制限装置
 - 6. 5. 4 傾斜キャスター方式
 - 6. 5. 5 パワーステアリング
 - 6. 5. 6 各方式の比較と決定
 - 6. 6 カムキャスター方式
 - 6. 6. 1 構造
 - 6. 6. 2 ハウジング
 - 6. 6. 3 軸
 - 6. 6. 4 台座ネジ部
 - 6. 6. 5 スプリング
 - 6. 6. 6 カムフォロア
 - 6. 6. 7 筒状カム
 - 6. 6. 8 製作されたカムキャスタ
 - 6. 6. 9 動作実験
 - 6. 6. 10 カムキャスタまとめ

- 7. 段差乗越え装置
 - 7. 1 段差乗越え装置とは
 - 7. 2 大径理論
 - 7. 3 段差乗越え能力について
 - 7. 4 段差乗越え実験
 - 7. 5 前輪ゴムタイヤ

- 8. 駆動動力機構
 - 8. 1 必要トルク
 - 8. 1. 1 登坂可能最大斜度での必要トルク
 - 8. 1. 2 最大乗越し可能段差での必要トルク
 - 8. 1. 3 後輪乗越え時の必要トルク
 - 8. 1. 4 電動モータの要求性能・必要トルクの決定

- 8. 2 歩行支援機の種類
- 8. 3 多段ギア列方式
 - 8. 3. 1 モーターの選定
 - 8. 3. 2 減速比の決定
 - 8. 3. 3 ギアの選定
 - 8. 3. 4 駆動部
- 8. 4 パワーウィンド用ギアードモーターによる駆動部
 - 8. 4. 1 駆動部の概要と目的
 - 8. 4. 2 ギアードモーターのスペックについて
 - 8. 4. 3 駆動部のスペックについて
 - 8. 4. 5 動作試験と今後の展望について
- 8. 5 インホイールモーターによる駆動部について
 - 8. 5. 1 駆動部の概要と目的
 - 8. 5. 2 インホイールモーターのスペックについて
 - 8. 5. 3 動作実験について
- 9. 駆動・制動ユニットの設計
 - 9. 1 電子制御系
 - 9. 2 歩行支援機のアシスト方法について
 - 9. 3 前進モードの動力支援方式
 - 9. 4 上り坂と下り坂での歩行支援
 - 9. 5 制御システム概要
 - 9. 6 制御方法
 - 9. 7 制御のフローチャート
 - 9. 8 実験
 - 9. 8. 1 実験目的
 - 9. 8. 2 実験方法
 - 9. 8. 3 実験結果
 - 9. 8. 4 考察
 - 9. 9 まとめ
 - 9. 10 A/D変換プログラム
- 10. 移動動作と制御系システムの検証
 - 10. 1 移動動作解析と測定
 - 10. 2 ハンドル部の荷重センサーシステム
 - 10. 3 歩行支援機のアシスト方法について
 - 10. 3. 1 統合モード
 - 10. 3. 2 前進モードの動力支援方式
 - 10. 3. 3 上り坂と下り坂での歩行支援

1. 歩行支援機の基本コンセプトに関する研究

1.1 はじめに

日本の楽しく生き甲斐ある高齢化社会のために、

①高齢者ご本人の行動的で**自立的な生活の持続延長**

②**介護予防の効果による介護費用など公的負担の軽減の両立**

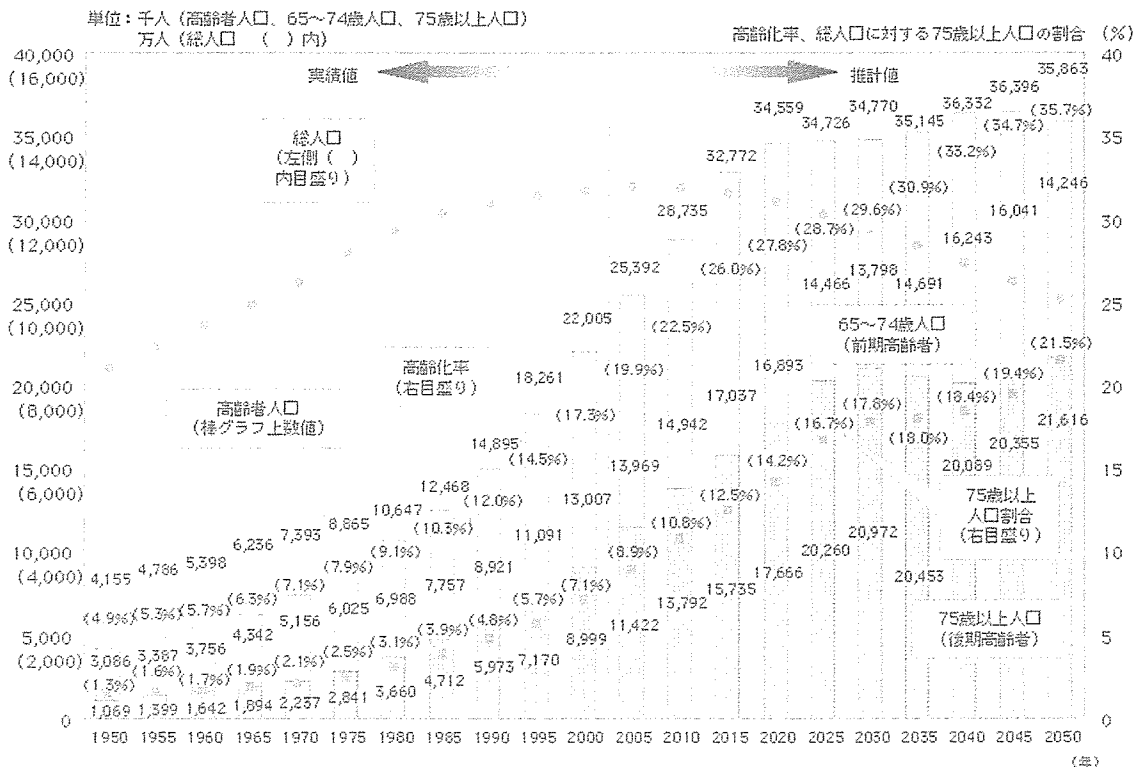
が必要である。そのため、生活移動の基盤である歩行に注目して、できる限り歩行能力の残存を支援し自らの脚部で歩く自立的な生活をできる限り長くすることをめざして、生活環境での屋外でも使用できる歩行支援機の開発研究をめざす。車いす用に歩行機に先駆けて普及し周知されているバリアフリー認定地区（段差高さ 20mm を許容）は歩行機にとっては大いなるバリアとなる。その矛盾を解消し、更に一般の標準的市街地のバリアをも解消することをねらい、かつ街中での円滑な行動を支援する小回り性を確保する柔軟な操作性を有する歩行支援機の開発研究を行うことを目的とする。

福祉に関する工学では、自律的な行動・動作に対する支援をどのようにするかは大きな課題である。その中でも移動の行動に関してはその主たるものはモビリティに関するものであり、いかにバリアなどを乗り越えて自在に自律的に移動できるように支援するかが求められる。特に、歩くことに関しては従来から転倒などの大きなダメージが伴う場合が多いため、すぐに車椅子の使用など歩くことをあきらめる事例が多い。しかし、足を使うことで内臓などへの刺激が加わり体力の維持ができ、更に足への刺激は脳の活性化にも関連しぼけの防止にも効果があると言われている。ここでは、脚力の低下した人への歩行支援を行うための基本的コンセプトの検討結果を述べる。

1.2 少子高齢化の現状

平成 18 年度版高齢社会によると、日本の総人口は、平成 17 (2005) 年 10 月 1 日現在、1 億 2,776 万人で、前年に比べて 2 万人減少し、戦後では初めてマイナスに転じた。

一方、65 歳以上の高齢者人口は、過去最高の 2,560 万人（前年 2,488 万人）となり、総人口に占める割合（高齢化率）も 20.04%（前年 19.5%）と、初めて 20% を超えた。高齢者人口は、昭和 25 (1950) 年には総人口の 5% に満たなかったが、45 (1970) 年に 7% を超え（「高齢化社会」）、さらに、平成 6 (1994) 年には 14% を超えており（「高齢社会」）、高齢化が急速に進展している。



資料：2000年までは経済省「国勢調査」、2005年以降は国立社会保障・人口問題研究所「日本の将来推計人口（平成14年1月推計）」
（注）1955年の沖縄は70歳以上人口23,328人を前後の年次の70歳以上人口に占める75歳以上人口の割合を元に70～74歳と75歳以上人口に区分した。

図 1.1 日本における人口推移

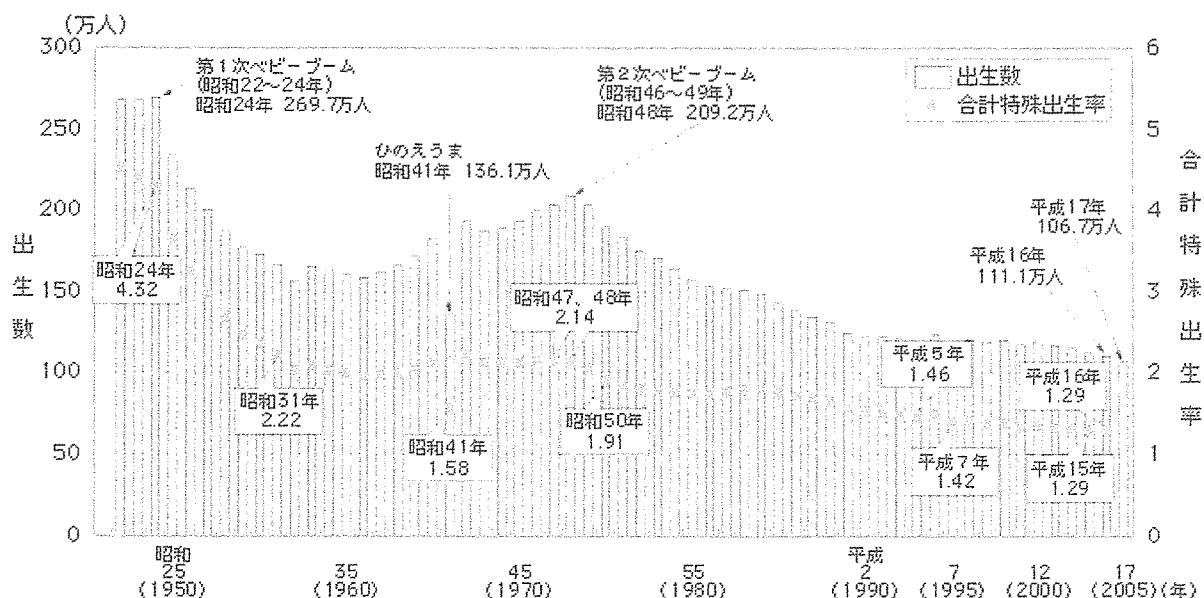
今後も、高齢者人口は平成 32 (2020) 年まで急速に増加し、その後はおおむね安定的に推移すると見込まれている。一

方で、総人口が減少することにより高齢化率は上昇を続け、27(2015)年には高齢化率が26.0%、62(2050)年には35.7%に達し、国民の約3人に1人が65歳以上の高齢者という極めて高齢化の進んだ社会の到来が見込まれている。

また、高齢者人口のうち、65～74歳までの前期高齢者人口は平成28(2016)年をピークにその後は減少に転ずる一方、74歳以上の後期高齢者人口は増加を続け、平成30(2018)年には前期高齢者人口を上回るものと見込まれており、増加する高齢者数の中で後期高齢者の占める割合は、一層大きなものになるとみられる。(図1.1)

高齢者人口が増加する一方で、合計特殊出生率は年々低下している。日本の戦後の出生状況の推移をみると、出生数は、第1次ベビーブーム(昭和22(1947)～24(1949)年・この間の出生数805万7千人)、第2次ベビーブーム(46(1971)～49(1974)年・この間の出生数816万2千人)の二つのピークの後は減少傾向にあり、平成16(2004)年の出生数は111万1千人、出生率(人口1,000人当たりの出生数)は8.8となっている。

また、合計特殊出生率(その年次の15歳から49歳までの女子の年齢別出生率を合計したもので、一人の女子が仮にその年次の年齢別出生率で一生の間に生むとしたときの子ども数に相当する。)は、第1次ベビーブーム以降急速に低下し、昭和31(1956)年に2.22となった後、しばらくは人口を維持するために必要な水準(2.1程度)で推移してきたが、50(1975)年に1.91と2.00を下回ると、平成5(1993)年に1.46と1.50を割り込んだ。その後も低下傾向は続き、15(2003)年には過去最低水準の1.29となり、国立社会保障・人口問題研究所が14(2002)年1月に公表した「日本の将来推計人口」の中位推計で前提としていた1.32を下回ったことで、日本社会の少子化傾向を改めて強く印象付けることとなった。16(2004)年は1.29と、15(2003)年からほぼ横ばい(小数点以下4桁までみると減少)で推移したが、依然として下げ止まってはいないとの見方も多い(図1.2)。



資料：厚生労働省「人口動態統計」

(注1) 平成17年の出生数は推計値

(注2) 昭和47年以前は沖縄県を含まない。

(注3) 合計特殊出生率(期間合計特殊出生率)とは、その年次の15歳から49歳までの女子の年齢別出生率を合計したもので、1人の女子が仮にその年次の年齢別出生率で一生の間に生むとしたときの子ども数に相当する。(実際に1人の女子が一生の間に生む子ども数はコホート合計特殊出生率である。)

図 1.2 合計特殊出生率の推移

もう少し詳しく将来の日本における人口年齢構成を見てみると、図1.3に示すように、近年の高齢化進展に伴い、65歳以上の高年齢層の割合は約20%に達している。更に2020年頃に高年齢層の人口の絶対値は頭打ちになるが、少子化の進行と共に人口小割合は2030年には30%を越え更に上昇する勢いである。また高年齢層うちで後期高齢者である75歳以上の方が前期(65から75歳まで)の方より多くなっていると予想される。図1.4には、日本の総人口が今をピークに減少傾向にあるにもかかわらず、高年齢層で一人暮らしの割合は単調増加の傾向が続くと予想されている。

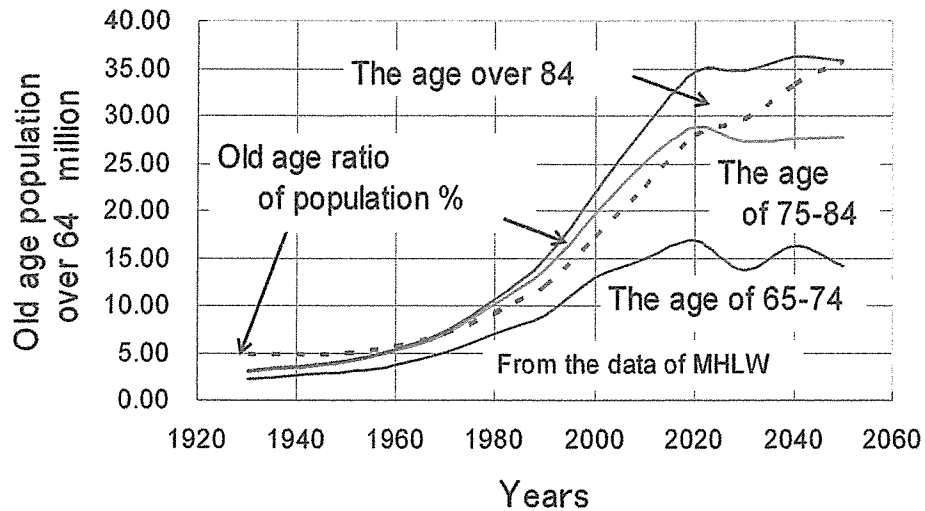


図 1.3 Old age population structure ⁽²⁾

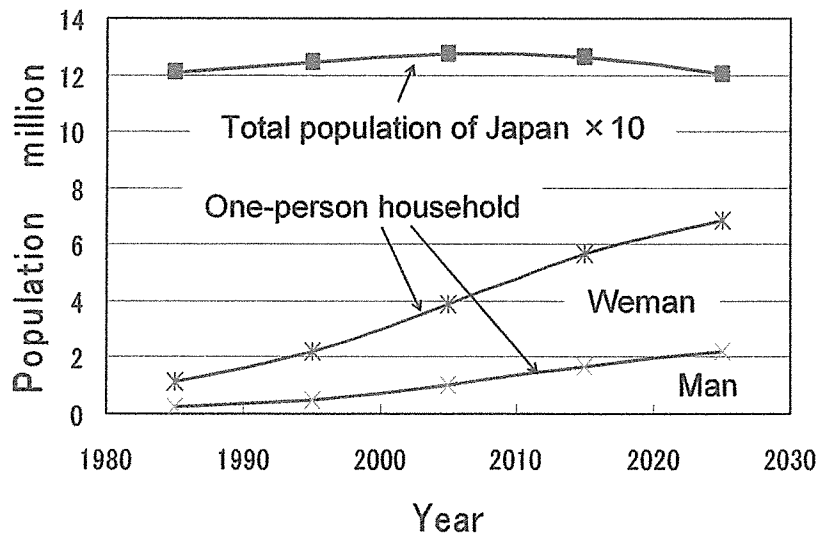


図 1.4 One-person household increased

1.3 肢体不自由者の現状

身体障害の種類分布を図 1.5 に示す。これを見ると身体障害者は総数としては年々増加している。なかでも肢体障害者、内部障害者は増加傾向にあり、視覚、聴覚、言語障害についてはわずかながら減少傾向にある。図 1.3 のグラフに示すように身体障害者の半分以上を占めるのが肢体不自由者で、この多くは交通事故や労働災害によって身体障害になるケースが多い。肢体不自由者はその障害より上肢、下肢、体幹機能、運動機能障害の 4 つに分類され、このうち歩行または移動時に介助者や補装具を必要とする下肢不自由者、体幹機能障害、運動機能障害が肢体不自由者全体の半数以上となっている。

図 1.6 に年齢別にみた身体障害者の分布を示す。年齢別に身体障害者の数の構成比をみると 70 歳以上が最も多く、44.9[%]占めており、年齢階級が低くなるにしたがってその構成比の減少がみられる。この傾向は障害の種類に関わらず現れている。その一例として図 1.7 に肢体不自由者の年齢階級分布図を示す。肢体不自由者も 70 歳以上が最も多く 41.4[%]を占めており、高齢者だけでも 57.6[%]を占めている。以上より高齢になるにつれて障害を持ちやすくなり、日本の高齢化進行につれて身体障害者、特に肢体不自由者は増加すると予想される。

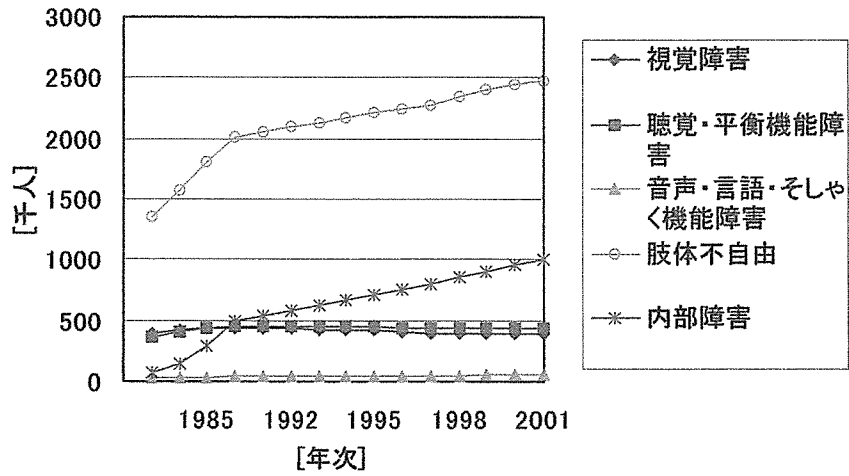


図 1.5 身体障害の種類別の分布

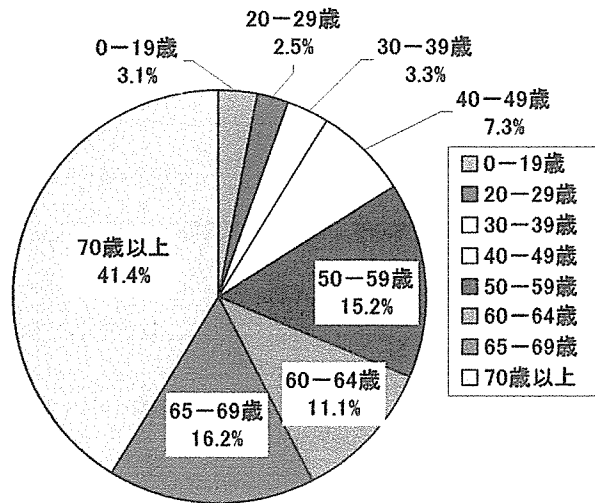


図 1.6 身体障害者の年齢別構成比

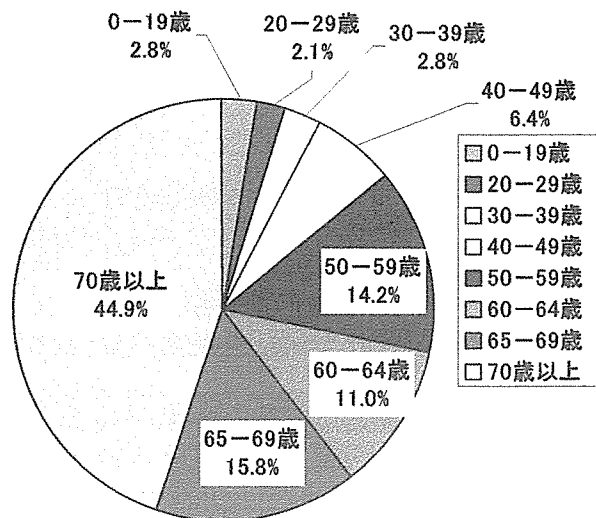
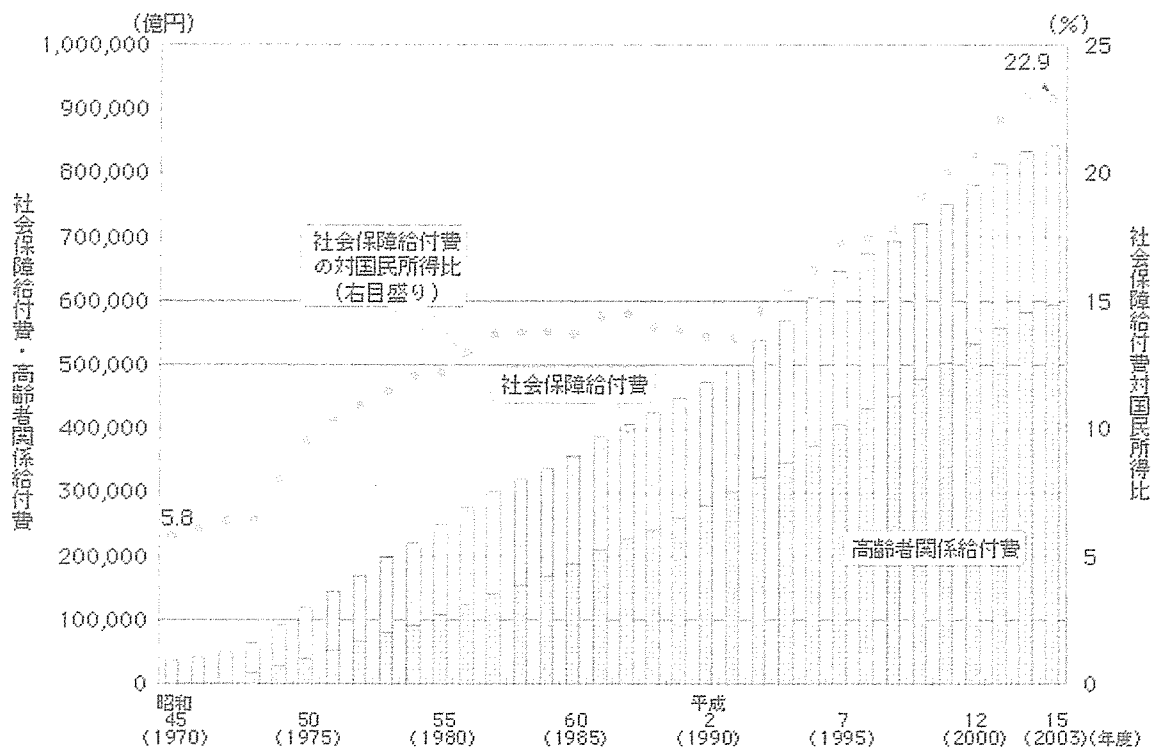


図 1.7 肢体不自由者の年齢階級分布

1.4 社会保障給付費の推移

国立社会保障・人口問題研究所の「平成 15 年度社会保障給付費」によると、社会保障給付費（年金・医療・福祉その他を合わせた額）全体についてみると、平成 15（2003）年度は 84 兆 2,668 億円であり、国民所得に占める割合は、昭和 45（1970）年度の 5.8%から 22.9%に上昇している（図 1.8）。



資料：国立社会保障・人口問題研究所「社会保障給付費」
 (注) 高齢者関係給付費とは、年金保険給付費、老人保健（医療分）給付費、老人福祉サービス給付費及び高年齢雇用継続給付費を合わせたもので昭和48年度から集計

図 1.8 社会保障給費の推移

また、社会保障給付費のうち、高齢者関係給付費（国立社会保障・人口問題研究所の定義において、年金保険給付費、老人保健（医療分）給付費、老人福祉サービス給付費（介護対策給付費等）及び高年齢雇用継続給付費を合わせた額）についてみると、平成 15（2003）年度は 59 兆 3,178 億円、社会保障給付費に占める割合は 70.4%となっており、前年度の 69.9%から上昇し、増加傾向が続いている。

高齢者関係給付費の内訳をみると、年金保険給付費が 42 兆 9,959 億円と全体の 4 分の 3 弱を占め、老人保健（医療分）給付費が 10 兆 6,343 億円、老人福祉サービス給付費が 5 兆 5,387 億円、高年齢雇用継続給付費が 1,489 億円となっている。

1.5 対象ユーザと現存の歩行器

1.5.1 対象ユーザとは

本研究では高齢者又は歩行障害者に対して屋外での積極的な行動をサポートする歩行機を開発し、歩行機能の維持・回復と体力面および精神面の維持・回復を目指す。65 歳以上の高齢者、主に下肢に障害を持っており、自分の足で歩くことが可能であるが、外出するには不安を持ち、歩く環境に歩行器には不向きな場所が多いと歩く自信を失ってしまうという人々を対象とする。機器を使用した歩行を行うために必要な身体的条件には、次のようなものがある。

(1) 坐位バランス

坐位バランスは、最も基礎的な条件である。坐位バランスは、上半身の動きによる多方向への上体の傾きに対して、これに耐え得る体幹筋力によって獲得でき、坐位バランスがよくなることによって、坐位での諸動作が可能となる

(2) 立位バランス

立位バランスは、歩行直前の条件であり、それには次のような機能が必要である。

①体幹および下肢の筋力は、立位を保持できる程度以上であること

下肢の筋力は、左右同程度ならば筋力 4 以上、一側が健常（筋力 5）であるならば他側は筋力 3 以上であること。すなわち健側は正常に近く、患側も少しは支持性が必要である。

②下肢の各関節の拘縮が少ないこと

通常、股関節は屈曲 20°，内外転および内外旋各 10° 以内、膝関節は屈曲 20° 以内、足関節は底背屈中間位であるならば、歩行は可能である

③下肢の知覚障害がないこと

④身体各部、ことに下肢の各関節に痛みがないか、あっても少ないこと

(3) 上肢機能

体重を支えるために必要な上肢機能は、次のような状態であることが必要である。

①各関節に拘縮が少ないこと

②筋力は 4 以上であること（表 1.1 参照）

③痛みがないこと

④知覚障害がないこと

表 1.1 歩行支援機使用に必要な各筋

	筋の名称	機能	筋力
①肘関節伸展筋	上腕三頭筋, 肘筋	体重支持, 肘関節の屈曲防止 肘関節の安定.	Normal 以上
②肩関節屈筋群	三角筋前部, 烏口腕筋	杖を前方へ出す.	
③手関節伸筋群	橈側手根伸筋, 尺側手根伸筋	握り手を握ったときに手関節の背屈位固定, 体重支持.	Good 以上
④手指の屈筋群	浅指屈筋, 深指屈筋, 虫様筋, 長拇伸展筋, 短拇伸展筋	握り手を握って固定する. 杖の振り出し方向決定.	
⑤その他	肩甲骨下制および下方回旋筋群	体重支持の補助.	

1.5.2 歩行器

最近、路面のバリアに対しては課題が多いが、まだ歩行能力は十分持っておりしかし外出時の歩行に不安を持っていることにとって、軽量で、実用的な歩行器が数多く用意され、高齢社会の道具として報道などにも取り上げられるようになってきた。しかし、そのような目で町中を見ると、上述のように、1/3 の人口が高齢者である比率からして、歩行器を使用している事例を見かける機会は非常に少ない。一部の歩くことにどん欲な意志を持っていただいている方々にその使用が限定されていると考える。参考までに、現存のものを列記する。

(1) 小車輪付歩行器

①三輪歩行器

長所…車輪が大きくて幅も広く、ブレーキが付いているので、多少の凹凸や段差も乗り越えられる。

前輪がキャスターなので小回りが容易にでき、屋内・屋外共に使用可能である。

短所…三輪であるため、側方への安定性が悪く転倒の危険がある。

握力の弱い人や子供でも容易に操作できるようなブレーキ、パーキングブレーキの装備が必要である。

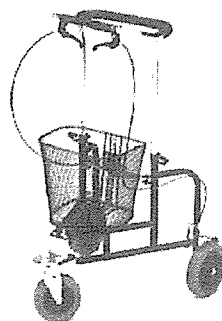


図 1.9 三輪歩行車

②四輪歩行器

長所…キャスターが付いているので前進しやすく、小回りが容易にできる。

短所…歩行機能がキャスターの動きについていけないことがある。

③前腕支持型四輪歩行器…フレームは馬蹄形で全高が高く、支柱の前2脚はキャスター、後ろ2脚はほとんど固定輪が付いており、フレームの上縁には前輪受け (arm rest) がある。前腕受けにはパッドがあり、そこに前腕部を乗せて状態を支持する。ブレーキが付いているものもある。

長所…キャスターの回転によって方向も速度も変えられるので、機能的である。

4脚なので安定性に優れていて、操作が簡単である。

短所…もたれかかると、姿勢が前傾になり歩容が悪くなる。

もたれかかる力が強く下肢の機能が弱いと、キャスターの動きについていけないことがある。

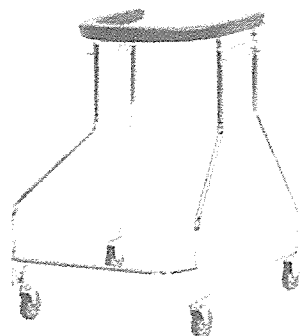


図 1.10 前腕支持型四輪歩行車

(2) 手押し車

特徴はフレームに椅子、荷台、ボックスなどの機構を加え、手押し車に小車輪を取り付けて歩行の補助と同時に、休憩時の椅子の代替、荷物の運搬などが出来るようになっている。

(3) シルバーカー…ショッピングカーの荷台の代わりに座席が取り付けられている手押し車である。必ずパーキングブレーキがついている。また、乳母車用の外観が障害者用機器のイメージを薄くするので、高齢女性に広く使用されているが、その外観から高齢男性は受け入れにくい。

長所…歩行器の機能と座って休憩する機能がある。

コンパクトで収納が容易であり、高齢者の外出用に適している。

デザインが豊富である。



図 1.11 シルバーカー

2. 福祉モビリティについて

2.1 統合的コンセプト

高齢化の進展に伴い、要介護者が増加する一方で少子化が進み介護力が減少している。よって高齢者・障害者等の自立に寄与すると共に、医師・療法士等の負担を軽減し、結果的に医療費の低減にも貢献する福祉機器の開発実用化が期待されている。特に、身体機能の低下を速やかに検知し維持・回復に努めることは、寝たきりや要介護高齢者を減らすのはもちろんのこと、高齢者の社会参加促進に重要である。さらに、加齢や疾患により筋力等が低下すると、運動機会が減少する。そのため体力と脳機能にも影響を受け悪循環に陥りやすい。これらを解決するには、適切な運動刺激を与えることで自立した生活に近づくことを可能とする歩行をはじめとする適切な上下肢の訓練が重要で、回復に役立つ研究開発、実用化が課題となっている。

従って、当面 2020 年までに膨れ上がる高年齢層がどのような役割を社会に対して果たすかは大きな問題である。その後高齢者数は一定であるが、生産年齢層が急激に減少し、その負担率が急速に増加する。しかし、生産年齢層がその負担に耐えられるとは考えにくく、生活の質の低下が予測される。その意味で高齢者層の自律的な生活がどこまで可能であるか、そのためにどのような支援を行うべきかが重要な「かぎ」となる。自律的な生活の基本はモビリティである。社会への高齢者層の働きかけを強めるために、自ら歩けることの予防的取組みは高年齢者層の活性化には不可欠な問題である。また、高齢者自身にとっても残りの長い人生を楽しく暮らせるか、ベットの上かは大きな問題である。寝たきり状態では、その人のための社会的な公的資金が約 250 万円/人・年間と言われており、自らの自律的な生活の確立は経済的な面でも大きい。(300 万人×250 万円/年=7.25 兆円/年が必要)しかし、地球温暖化と同様に頭で分かっても身近に迫らないと、やるべきことが後送りされる傾向となり、より厳しい状態を招いてしまう可能性がある。図 2.1 に示すような統合的な福祉モビリティの普及、推進が必要である。車いすでの体制作りはかなり進行しているが、これは自律的な生活から見ると支援をある程度必要とする対処療法である。主役は、あくまで歩行機能の維持と考える。しかし、歩くことは若いときは当たり前であり、どこまで歩行支援が必要なのかの議論が出てくる。

従って、ここでは、歩くことに焦点を絞り、まだ歩行能力が残っている人にその能力の維持できれば増進を目指し、より長い間自律的な生活と社会に対する働きかけ、生き甲斐を確保することをめざす。

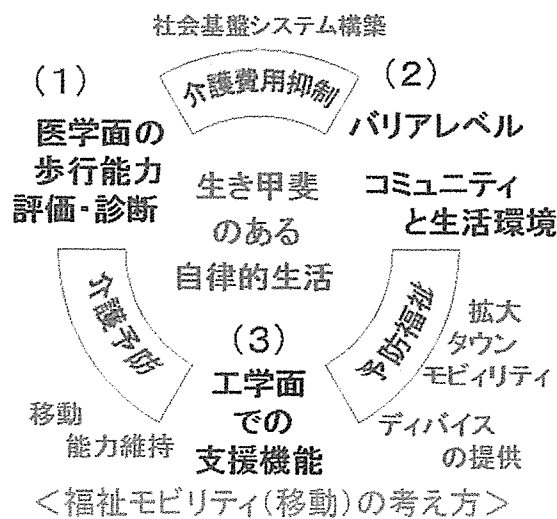


図 2.1 福祉モビリティの考え方

2.2 福祉モビリティの支援システムについて

従って、後期高年齢層の増加に象徴されるように、要介護者が増加している中、少子化により勤労人口による社会としての介護力は減少しており、同時に高齢者のみの世帯は増加傾向にある。高齢者・障害者の自律的な生活の推進と社会への貢献の増加は、医師・療法士等の負担を軽減し、結果的に医療費の低減にも貢献する。そのためには、福祉モビリティ⁽¹⁾の推進が重要であり、特に自律的な移動の基本である歩行機能に関する維持、支援は最も重要である。

高齢化社会において生きがいのある生活を送れるための支援は重要である。そのための大きな要素として、できる限り自律的に移動・行動するすなわちモビリティ機能レベルを維持するための支援システムを用意する必要がある。そのプロ

セスは、歩く・座る・寝るレベルに大きく3分される。これらに対する工学的支援としての支援機を考えると後者より前者に行くほど支援によるリスクが大きくなる。支援をやりすぎると、移動能力は常に変化しており必要以上に過剰な支援により被支援者を危険な状況にさらす可能性がある。すなわち自律的な生活には、「工学面での支援機能」と合せて、「医学面の歩行能力」に裏付けられた本人のチャレンジと「地域・環境面のバリアレベル」による生活環境の選択も重要な要素となる。これらの統合的コンセプトにより、魅力のある自律的な生活のためのモビリティ社会が形成されるものとする。

バリアフリー法が施行され、通路の段差の解消や階段への対応（エスカレータやエレベータの設置）、店舗への出入りや店内の移動に関しては主として車いすを対象として対応が進んでいる。また、寝たきりの人の生活空間を広げるため、寝たままのベッドの移動が可能となることは考慮されていない。寝たままの状態での移動は、家屋の出入り口のバリアから始まりあまりにも多いため、今でもタンカを人が担ぐ方式であり、屋外の移動はバリアの多い公共交通機関施設をさけるように救急車のような特殊なベッド付自動車に頼るしかないのが現状である。非常事態以外では寝たきりの人を日常的に移動させる手段、環境はほとんど整備されていない。

「寝る」、「座る」支援機能の反対側にある「歩く」支援機能は、つかまり歩き、杖、歩行器、松葉杖などがあるが、一部リハビリテーショントレーニング用の屋内平坦面など特定した場所での腰部吊り下げ支持歩行器のような支援機を除き、「座る」支援機能との間に大きなギャップがある。

2.3 福祉モビリティにおける歩行機能効果の評価

歩行に不安を持つまだ歩ける人の歩行機能を、できる限り維持・増進させるための支援システムとして、歩行支援機の開発研究に取り組んできた。現在普及している簡易歩行器は限定的にしか用いられておらず、総合的に歩行を支援するシステムは見あたらない。車いすは、明らかに歩行困難な人にとって優れた福祉機器であり、現在では福祉モビリティの主役をなしている。従って、公共の交通機関や市街地・ビルの開発におけるバリアフリーは車いすを前提として考えられている。しかし、このバリアフリーは現状の歩行支援デバイスにとってはバリアになってしまう場合がほとんどである。車いす用のバリアフリーを満足する地域は限定的である。その普及・整備だけでも大変であり、より高度なバリアフリーの整備は経費も増大し現実的ではない。

従って、その代わりに、現状の車いす用のバリアフリー地域でも十分にその機能を活用できる歩行支援機が求められる。しかし、世の中では、歩行に関する支援の価値を十分認識されていないのが現状である。車いすに関しては、それなりの付加価値と購入コストのマッチングが定着し始めているが、より簡易で我々の身近な道具としてしか認知されていない歩行支援機は普及には多くの努力と時間が必要となる。しかし、上述のような高齢社会は待つてはくれない。歩行に関する意識の向上と歩行支援機の具体的な効果を、いかに効果的に示してゆくかが課題となる。

2.4 有効な利用形態へのアプローチ

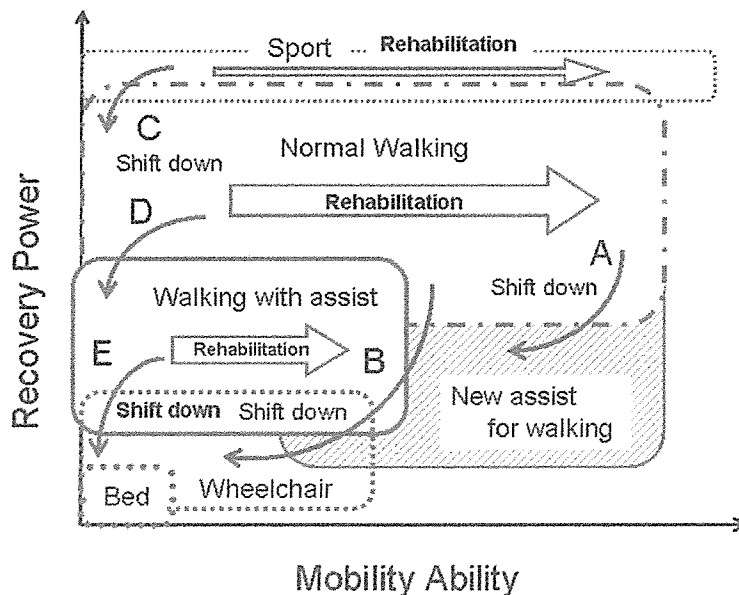


図 2.2 Welfare Mobility Chart

図 2.2 において、C, D, E は骨折などのダメージで移動能力が低下するが、ほとんどはその回復力によりリハビリテーションに成功する場合が多い。しかし、同時に、加齢により、ダメージからの回復力の低減と共に、徐々にではあるが A, B のプロセスで移動能力がシフトダウンする。歩行支援機としては、斜線で示す領域で、大きなダメージがなくても移動能力が低下するのを防止するのが役割である。本論では、A, B での移動能力減少への対応として、単にデバイスの開発だけではなく、多面的なユニバーサルデザイン手法による統合的システムが必要である。歩行支援機の開発研究の次のステップとして、いろいろなレベルの歩行支援機を提供できる体制を作り、モニターを通じて福祉社会への浸透をはかってゆく必要がある。

2.5 タウンモビリティについて

2.5.1 タウンモビリティの現状

1976 年に英国でショッピングモビリティが始まり、現在全英 270 都市に広がっている。その構成要素は、①高齢者が楽しめる商店街とバリアフリーのまちづくり、②高齢者の移動手段としての電動カートとそれを支えるボランティア組織である。その結果、通院回数や医療費の軽減、消費活動の誘発という効果が確認されている。

それから 20 年後、1990 年代に日本でも類似の施策として「地域福祉推進特別対策事業」（建設省・労働省・運輸省共管）が取り入れられた。1995-96 年には、多摩市や武蔵野市など全国 4 都市で電動カート利用の社会実験が行われた。現在、「タウンモビリティ事業」という形で、全国 30 箇所の都市において事業化が進められているところである。

2.5.2 バリアフリーの歩行支援機への適用

バリアフリーのまちづくりの面では、行政が中心となって交通バリアフリー法（2000）のもとで、駅舎とその周辺の重点整備区域におけるバリアフリー基本構想の策定が行われている。現在、構想策定を終えているのは 191 の市町村である。ハートビル法（2003）による建築物のバリアフリー化も課題であり、公民の連携の仕組みが求められる。

しかし、これらのバリアフリーは車いすが基準であり、交通バリアフリー法の指針が基準となり、その適用が高齢者の生活エリア全体に適用され始めている。大規模の都市開発から住宅の入り口や室内床に関する年金バリアフリー融資の条件として用いられている。具体的には、

- (1) 段差の高さは、20 mm 以内がバリアフリー
- (2) 5 mm 以下の段差は、段差なし

と見なされている。いずれも、車いすの約 500mm 以上の大きな直径を持つ車輪が越えられる段差を対象にしている。

一方、現在普及している簡易歩行器では、車輪の直径が 50 ~ 200 mm 程度のものが多く、5 mm の段差を乗越えるのも困難な場合が多い。すなわち、車輪付き歩行器にとって、現在普及しているバリアフリーエリアは、ほとんどバリア未対策エリアになっている。これは、まず車いすによる移動支援から始まった経緯によるものであり、最近認知され始めた歩行支援機は、この世の中の流れを止めることなく、上記のバリアフリーとされる条件を工学的な装置を開発することで車いすと同等なバリアフリー状態とすることが求められる。

また、現在のバリアフリーの規定は、車いすが入らないまたは入れないエリアには配慮されないが、歩行支援機のみが用いられるエリアでも、同様なバリアフリー条件が適用されることを主張する必要がある。たとえば、車いすでは狭く入れない通路などである。

2.5.3 歩行支援機によるタウンモビリティ

上述のように、ショッピングモビリティにおける電動カートと付添のボランティアの組合せに対して、歩行支援機によるショッピング、文化的活動、リクリエーションさらにワーキングなどタウンでの活動をどのような形で支援するかが問われる。基本的に、歩行能力支援の段階では、自立的な移動能力を有することがもっとも大きな特徴であり、身体的支援よりは、会話や交流などのソフト面での支援が重要となる。当然、ハード面でも、連続して歩ける距離が配慮されなければならない。この距離毎に設置されるべき休憩ベンチなどの整備、まとまった移動には、タウン交通輸送手段として、バスの歩行支援機との適合性や電動カートとの複合活用など検討されるべきである。現在の歩行支援機の開発研究では、図 3 に示すような前輪装置にて、車椅子ベースのバリアフリーエリアでのバリアフリーはほぼ達成している。

2.6 歩行支援機の基本コンセプト

2.6.1 基本的な条件

本研究では高齢者又は歩行障害者に対して屋外すなわち生活圏であり社会とのつながりである市街地での歩行機能を支援する歩行支援機を開発し、歩行機能の維持・回復と体力面および精神面の維持・回復を目指す。特に、我が国では歩行機

能に不安があると転倒などの危険回避のためまだ歩く能力が残っているにも関わらず車いすなどによる支援に移行してしまう傾向がある。このことは、要介護への移行を早めてしまう可能性が大きい。主な対象ユーザはこのような車いす移行予備グループに属する以下の条件をもつ対象者である。

- (1) 自分の足で歩行が可能である
- (2) 屋外での活動に積極性を失っている
- (3) 軽度の歩行障害を持つ（杖をもてば歩ける）

また、開発する歩行支援機のコセプトを以下に示す。

- (1) 方向転換半径がほぼゼロ
- (2) ガタ路、段差乗り越しに対応
- (3) 制御系を多重化し信頼性を重視
- (4) 軽量（20kg以下）
- (5) 支援機能のバリエーションの多様化
- (6) 多角的ユニバーサルデザイン

(1)は、人混みの中での買い物やエレベータ内での方向転換などが可能となることを目指している。(2)は市街地や建物内の移動に関する移動バリアに関するものである。現在普及しつつあるバリアフリーの基準は車いすを基準にしたもので車いすに比べ遙かに小さい車輪径を持つ歩行器に取ってはバリアフリーとはいえない。歩行支援機ではこれらの障害をクリアすることを目指す。(3)、(4)は信頼性重視、使い勝手を考慮している。(5)、(6)は、被支援者の歩行能力に従い、過不足がない支援が必要とされることをめざしている。過度の支援は歩行機能の維持には不適であり、適切なる支援を可能とするためには、カスタマイズが重要であり、更に歩行能力の加齢による変化に対応する必要がある。能力以上に歩かせてしまうことは転倒などの危険を伴うため、いわゆるご用聞きフォローができる構造と体制が重要となってくる。

2.6.2 歩行支援機基本コンセプト

現在市販されている歩行補助車での段差やガタ路の進行不能状態を改善し、対象ユーザに対して屋外での積極的な移動をサポートする支援機とする。本研究で開発する歩行支援機のコセプトモデルを図 1.12 に、コセプトを以下に示す。

運動機能が低下した高齢者又は歩行機能に軽度障害をもつ人を対象とした歩行支援をするため、既存の歩行補助機器の問題点である段差やガタ路を電動アシスト機能により改善し、機器の安定性や方向転換の向上、かつマンマシンシステムの構築、そして、ユニバーサル形状の設計を目指す。

- (1) 使用者の脚力を最大限引き出し、使用者の意思に合わせた歩行モードを設定する

屋外での使用を前提とした歩行支援を行う。ガタ路、段差乗り越しなどの悪路走破性に重点を置き、車体の向きを変える方向転換についてもパワーアシストで支援する。被支援者の歩行に関する負担を軽減し、歩いて移動することを支援するのが本研究で扱う支援機の柱である。速度に関しては、高齢者の歩行速度を参考にして時速 5[km/h]を上限として設定する。

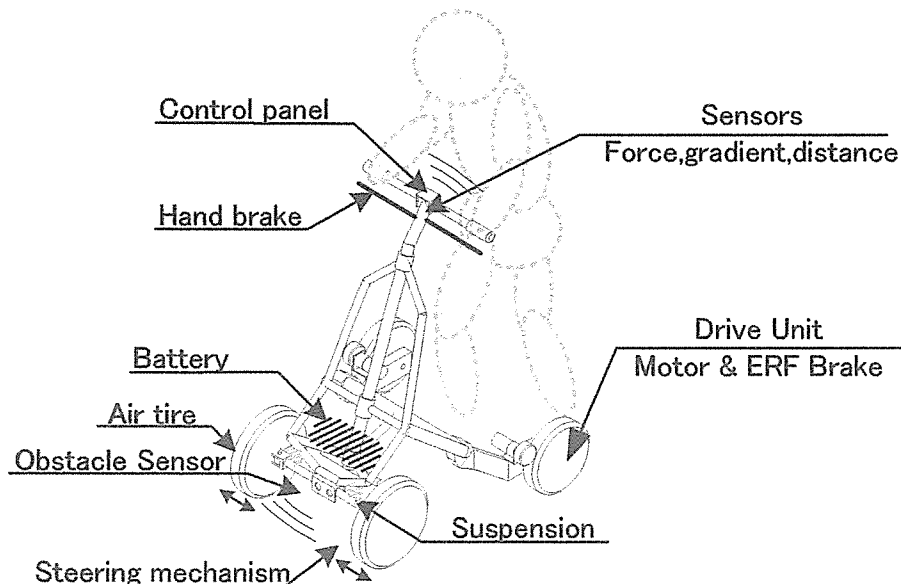


図 1.12 基本コンセプト図

- (2) 方向転換半径はほぼゼロ、取り回し易さを重視する

車体の取り回し易さを重視し、狭い場所でも動きがとれるようにする。既存の車輪で難しいようであれば、別な機構を取り付けて対応する。

(3) 凹凸路と段差乗り越しに対応

屋外での使用を前提とし、高い走破性を持たせる。未舗装などによる凹凸路や、車道と歩道の間などにある段差について対応させる。段差の多くは50[mm]以下（主に車道と歩道の境目）で、15[mm]以下の段差や凹凸は日常的に存在している。具体的には20[mm]以下の段差、15[deg]以下の縦断傾斜、5[deg]以下の横断傾斜に対応するものとする。

(4) 制御系は信頼性重視し多重化する

福祉機器に重要なものは安全性であり、それを保障する信頼性である。本研究のような原動機を組み込む場合、制御系の暴走により危険な結果を招きかねない。信頼性を向上させるために、構造系と制御系の多重化を行う。信頼性を損なう要因として、センシングの失敗、電気系または機械系の障害、ソフトウェアのバグ、未対応の状況（外乱）が考えられる。このうち、センシングの失敗と障害は日常的に起こると考えられ、これらに対応するために構造の知能化（重心位置、たがみ、機構を利用）とセンサの組合せを用意し、信頼性のためのパッシブ制御とフィーリングのためのアクティブ制御の多重化が必要と考えられる。すべての系統を複数個用意すると、実装する際にシステムが肥大化し信頼性を落とすことにもなりかねない。そのため、冗長性を持たせたセンサの個数を確保した上で出力が急に変化しないように、出力値が妥当かどうか随時監視する。また、センサが故障した場合やバッテリーが切れた場合などに起こる不測の事態には構造面で対応できるようにする。

(5) スイッチ操作は極力さける

ニーズ調査結果から、操作は簡便で弱力である必要がある。また、自動化のために設定を調整するダイヤルを設けても、被支援者本人はほとんど操作しないことから、支援機操作については電源スイッチのみとし、被支援者の動きを読み取り動作する受動・能動型にすることが妥当であると考えられる。

(6) 軽量（～15[kg]）とする

現用の歩行補助車は小型タイプ（重量1～2[kg]）のものと、シルバータイプ（重量5～8[kg]）などがある。原動機を組み込んだ支援機タイプのものは一般に市販されておらず重量の参考となる数値はない。電動という観点からは3輪または4輪の電動カートが挙げられるが、それらは重量が50～80[kg]程度と重い。本研究で扱う支援機は、原動機やバッテリー重量がかさむため、重量15[kg]以下を目標とするが、理論

2.6.3 カスタマイズ設計の考え方

歩行支援機は、被支援者が進んでこのデバイスを用い、自分の生活空間を維持し、できれば拡大することを支援するものである。一般に、脚力が衰えはじめると引きこもり傾向が強くなる場合が多い。その傾向を打破するためには、UD手法と組み合わせ、できる限り歩行支援機の使用はカスタマイズ設計される必要がある。すなわち製品の作りこみ、仕様のすり込みによる付加価値が要求される。

工学的な支援機能の決定には、図1.1に示した医学面および地域・環境面からの配慮が重要であり、基本仕様に多くのオプションな仕様を組み合わせる。カスタマイズ設計の考え方として、

- ・被支援者の歩行能力に適合する支援内容
- ・被支援者の歩行能力の時系列変化に適合する
- ・生活空間における使用環境の条件も加味する

したがって、支援機の開発研究のテーマとしては各コンポーネントの機能はいろいろなレベルについて検討がなされている。いくつかの支援レベルを組み合わせ、工学、医学、環境面とのバランスの中で被支援者がどのように評価するのかUD手法によるフィードバックを行う。最初から特定の代表的な状況に固定したコンセプトの設定は避けることとする。また、設計面からは、個別のコンポーネントの互換性を十分に確かめ、モジュール設計化を図る必要がある。

2.7 まとめ

以上、歩行支援機の開発研究に関する背景と目的および基本コンセプトとそこで用いる各種手法につき取りまとめた。アプローチ方として、多面的なアプローチが必要であり、分野を超えた多分野多目的最適化の手法である。また、開発目標として固定した開発仕様を見出すのではなく、いくつかの変化する対象や使用条件に柔軟に対応するシステムとしての開発を念頭に開発手法を考案し、提案している。なお、本研究において、長寿科学センターより適切なアドバイスをいただき、またいくつかの企業とは研究委託の形でご協力いただいたこと、ソフトウェアではエムエスシーソフトウェア社よりご支援いただいたことに感謝いたします。最後に、本研究は厚生労働科学研究費補助金により行っているものである。

3. 歩行支援機のニーズと品質機能展開

3.1 歩行支援機のニーズ

(1) 構造に対するニーズ

- ① ハンドル等のパーツを「モジュール化」し、各個人に最適な寸法になるようにすること
- ② 安定性を保ちつつ、可能な限り使いやすい大きさと広さが確保できること
- ③ 利用者のバランスを崩さずに、極力旋回半径を小さくすること
- ④ 利用者に誤作動などの危険が及ばないようにセンサの位置には十分配慮すること
- ⑤ 安全性が保てる範囲内で極力軽量化すること
- ⑥ 男女を問わず誰もが違和感なしで使えるデザインを配慮すること
- ⑦ 使用する際、肉体疲労を最小限に抑えられること
- ⑧ 経験、集中力に無関係で安心して使いやすくすること
- ⑨ 使用に係る知識、言語知識、操作ボタン、図記号、発信音等を識別・判別しやすく容易にすること
- ⑩ 使う上での高齢者・対象者とする利用者の様々な状況を配慮すること。高齢者の障害を考慮に入れた上で、高齢者に残されている残存機能をうまく活かすことを考える
- ⑪ 現行の歩行器の実用的な部分は損なわないように配慮すること
- ⑫ 高齢者が利用する製品及び環境については、使いやすさだけではなく、高齢者の身体機能、理解力等を考慮し、人に対して傷害をもたらさないような安全確保に取り組む。(誤使用を想定した上、視覚、聴覚等の認識機能や移動機能)
- ⑬ 道路環境に適合できることを配慮したもの

(2) 機能に対するニーズ

表 3.1 List of Function Needs for Walking Support Device

1次機能	2次機能	3次機能	要求性能
走行機能	操舵機能	方向操作機能	狭い直角道でも容易に曲がれること
		操作力機能	ハンドル操作が軽いこと
		利用者年齢配慮機能	ハンドルが握りやすく違和感がないこと
	駆動機能	登坂機能	きつい坂道でも軽い力で走行できること
		加速機能	加速が軽くできること
		利用者年齢配慮機能	押しやすいこと
	制動機能	停止機能	弱い力でも走行中急停止できること
		短距離停止機能	全力走行時短い距離で停止できること
		横滑り防止機能	全力走行中急停止しても横滑りしないこと
		保持機能	軽い力でも坂道で動き出さないこと
	走行安定性機能	転倒防止機能	走行中倒れにくいこと
		安定性確保機能	走行中片手でも容易に安定を取れる
疲労防止機能		搭乗者が長時間走行しても疲労しにくい	
走行中の押し心地機能		悪路走行でも押し心地が良いこと	
搭載機能	荷物搭載機能	耐重量機能	荷台へ重い物を搭載できること
		荷物保持機能	荷台へ大きな荷物でも搭載できること
		荷物固定機能	荷物を1人で容易に固定できること
		小物入れ機能	小物入れカゴが取り付けられている
安全機能	走行中の安全確保	走行中の怪我防止機能	走行中足や手をタイヤに巻き込まれないこと
		駐車中の怪我防止機能	どの部分へ触れても容易に怪我をしないこと
		警報機能	前方の離れた人へ警報を鳴らして存在を知らせる
		後方反射機能	夜雨の中でも後方の離れた自動車に存在が判ること
		前方照明機能	夜雨の中でも離れた場所の確認できる明るさがある
	後方確認機能	走行中振り向かず後方の確認が出来ること	
駐車中の安全確保	自己転倒防止機能	風や突風で容易に転倒しないこと	

		駐車機能	坂道でも動き出さないこと	
耐久機能	物理的耐久機能	力学的耐久機能	ぶつけても容易に破損しないこと	
			転倒しても容易に破損しないこと	
			相撲取りが利用しても破損しないこと	
			重い荷物を載せても破損しないこと	
	紫外線・日光耐久機能	長期間使用しても容易に損傷しない		
		長時間直射日光にさらされても表面の塗装が容易に劣化しにくいこと		
化学的耐久機能	耐酸性機能	潮風にさらされても容易にさびない		
		酸性雨にさらされても容易にさびない		
		自動車の排気ガスにさらされても容易にさびない		
工場地帯の排気ガスにさらされても容易にさびない	耐アルカリ性機能	弱アルカリ成分を含む水が付着しても容易にさびない		
快適機能	意匠機能	美観機能	長時間使用しても見飽きがこないこと	
		調和機能	町並みに違和感がないこと	
	取り扱い容易性機能	取り扱い容易機能	誰でも簡単に使えること	
		走行容易機能	容易に走行できること	
		持ち運び容易機能	軽く持ち運びができること	
	変速機能	切り替え容易機能	坂道と平地走行の切り替えが容易なこと	
		選択容易機能	坂道の傾斜に応じて速度変更ができること	
	汚れ防止機能	汚れ防止機能	雨の中を走行しても利用者や荷物へ泥水が跳ね飛ばない	
			本体の汚れ防止機能	デバイスそのものへ汚れが付きにくいこと
			汚れ洗浄機能	水を掛けて容易に汚れを落とせること
保安機能	盗難防止機能	施錠容易性機能	鍵がつけやすいこと	
保全機能	修理容易性機能	パンク修理容易性機能	パンクを素人でも容易に修理ができること	
	分解・組立て機能	分解・組立て機能	必要部分の分解・組立てが容易に出来ること	
		汎用工具適応性機能	分解組立てに市販の工具が使用できること	
	空気補充機能	ポンプ機能	いつでもタイヤチューブへ空気を補充できること	
	メンテナンスフリー機能	無給油対応性機能	グリスや潤滑油を補給しなくても良いこと	

3.2 基本諸元

表 3.2 に示すように、本研究で開発する歩行支援機の構造は主に分けると、フレーム、ハンドル、前後輪部、足周り、駆動部、センサ部と制御部から構成されている。各部分における要求仕様は次の表 2.2 と表 2.3 に示す。

表 3.2 基本諸元

諸元	寸法 (全長×全幅×全高)	760×520×850~950mm
	車体重量 (バッテリーを含む総重量)	25kg
	車輪	200mm (空気入りタイヤ)
	駆動方式	後 2 輪駆動
	制動方式 (ブレーキ)	手動操作による摩擦ブレーキ
	操舵方式	作動角制御型キャスト
	バッテリー	鉛蓄電池
	モータトルク	約 11N.m
走行性能	速度	0~5.0km/h
	実用登坂角度	10° 以下 (最大 15°)
	段差乗り越し高さ	20mm 以下 (最大 50mm)