

【公開版】

令和元年度  
戦略的基盤技術高度化・連携支援事業  
戦略的基盤技術高度化支援事業

「座らせきり介護ゼロを目指す自立支援型転倒防止ロボット歩行車の  
研究開発」

研究開発成果等報告書

令和2年5月

担当局 近畿経済産業局  
補助事業者 一般財団法人 大阪科学技術センター

## 目次

第1章	研究開発の概要	5
1-1	研究開発の背景・研究目的及び目標	5
1-2	研究体制	16
1-3	成果概要	16
1-4	当該研究開発の連絡窓口	17
第2章	本論	17
2-1	自立支援型転倒防止ロボット歩行車の機能デザインの開発と検証	17
2-2	自立支援型転倒防止ロボット歩行車の試作機の製作とユーザビリティ検証	21
2-3	自立支援型転倒防止ロボット歩行車の試作機の安全性と信頼性検証	29
第3章	全体総括	32
3-1	補助事業の成果	32
3-2	研究開発後の課題	32
3-3	事業化展開	33

## 図一覧

図 1.	要介護高齢者のニーズと機器開発の目的	6
図 2.	研究開発をする自立支援型転倒防止ロボット歩行車のイメージ図	10
図 3.	転倒リスク低減シミュレーションのイメージ	11
図 4.	初年度製作した P1	12
図 5.	P1'	12
図 6.	P2	13
図 7.	P2'	14
図 8.	ヒューマノイドダミー	14
図 9.	研究体制	15
図 10.	転倒 6 モードの図解	16

## 【公開版】

図 11. 支持基底面の概念図 .....	16
図 12. 体幹を支えるイメージ .....	18
図 13. グリップとアームレストのイメージ .....	18
図 14. 歩行中のイメージ .....	18
図 15. シミュレーション画面の一例 .....	19
図 16. 人体シミュレーションソフトウェアによる安定性解析結果表示の様子 .....	19
図 17. 安定性の解析例 .....	20
図 22. 可動式パッド部を改造した P1' .....	23
図 23. 完成した P2 .....	24
図 43. 動的安定性試験 .....	30
図 44. ヒューマノイドダミー下腿と試作機 P2 の干渉評価 .....	30
図 45. 圧力分布 .....	31

### 表一覧

表 1. 介護ロボット市場規模推移と予測 .....	5
表 2. 歩行車使用中の転倒に関する実態とニーズ .....	7
表 3. 転倒防止歩行車の要求仕様 .....	8
表 4. 従来技術の課題 .....	9
表 5. 従来技術と新技術の比較 .....	9
表 6. 転倒防止効果の検証における従来技術と新技術の比較 .....	10
表 7. 重心偏倚抑制技術のイメージ .....	18
表 8. 比較機器一覧 .....	21
表 9. 転倒 6 モードと転倒初期姿勢の関係 .....	22

### 参考文献

- 文献 1. 経済産業省. 将来の介護需要に即した介護サービス提供に関する研究会報告書.
- 文献 2. 株式会社幸和製作所. 介護施設での転倒事故を防止する屋内移動支援用具 最終成果報

## 【公開版】

告書. ※厚生労働省への報告資料「平成 29 年度ニーズ・シーズ連携協調協議会設置事業」

文献 3. 厚生労働省. 福祉用具・介護ロボット開発の手引き, P13~14.

文献 4. Stephen N Lobinovitch ら. Video capture of the circumstances of falls in elderly people residing in long-term care: an observational study, Lancet (2013/1/5).

文献 5. 一般社団法人人間生活工学研究センター.日本人の人体寸法データブック 2004-2006.

文献 6. 厚生労働省. 平成 28 年介護サービス施設・事業所調査の概況【施設・事業所の状況】.

文献 7. 山内繁 (2015) . エンジニアのための人を対象とする研究計画入門 (発行:丸善)

## 第 1 章 研究開発の概要

### 1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標

#### (1) 研究開発の背景

2000 年の介護保険導入時に 3.6 兆円だった介護保険総費用は現在 10 兆円を超え、医療費の 1/4 程度の規模になってきている。また、介護者の不足も深刻で、2025 年には 31 万人、2035 年には 68 万人不足すると予想されている（文献 1）。

介護の現場においては、これらの課題を解決するため、介護ロボットの開発および社会導入が行われてきている。介護ロボットの導入目標は、介護業務の効率化、介護者の負担軽減、高齢者の自立支援の 3 つである。従来の介護ロボットの多くは介護業務の効率化や介護者の負担軽減を目指してきたが、介護業務の効率化に資するロボットは少なく、介護者の負担軽減については介護事業の経営者の関心が高くなく、普及の妨げとなってきた。介護ロボットの市場規模の推移と予測を表 1 に示す。

表 1. 介護ロボット市場規模推移と予測

摘要/年次	実績		見込	予測			年平均成長率 ('15/'25)
	2014年	2015年	2016年	2017年	2020年	2025年	
数量	560	1,020	1,330	1,700	3,300	8,300	23.3%
前年比	-	182.1%	130.4%	127.8%	194.1%	251.5%	
金額	330	600	780	980	1,900	4,800	23.1%
前年比	-	181.8%	130.0%	125.6%	193.9%	252.6%	

※2020年、2025年の前年比は前掲年比を示す

※実績、見込、予測値は、年次内の新規実績分のみ

富士経済推定



3 つの目標において、最も有望なのは高齢者の自立支援である。実際、従来の介護ロボットの販売実績を見ても、最大の販売数なのは自立支援を目指す屋外歩行支援ロボットであるし、厚生労働省の平成 30 年度介護保険制度の改定でも自立支援で成果を上げた事業所に対して報酬を増額するインセンティブ制度を導入した。

## 【公開版】

一方で、自立支援が進まない現状もある。例えば、高齢者の歩行能力を改善または再獲得させることが自立支援のひとつであるが、介護施設における事故は転倒が最も多く、特に自力歩行中に起きる割合が高いとされているため、積極的に歩行を促進できていない。このため、介護施設においては転倒事故の可能性が生じる入居者には、歩行補助用具を使用すれば歩行できるにも関わらず、屋内移動の手段を車椅子などに切り替えることが多い。高齢者の転倒は要介護度を重度化させる要因となるためである。しかしこの座らせきり介護が残存歩行能力をより低下させることにつながり、かえって介護度の重度化（廃用）を促進させると考えられる。

こうしたことを防ぐ業務として、入居者の歩行時に施設職員が付き添い、介助することで転倒事故を防止する必要があるが、介護者の負担は非常に重いため常時実施することは難しい。一部の先進的な介護施設では、職員が歩行に付き添う歩行を実施しているが、このような介護が実施できるのは介護者と被介護者の数の比が 1 : 1.5 程度の、介護者の数が手厚い介護施設だけである。

もし、転倒防止のリスクを最小限に抑える歩行補助用具が開発されれば、このような課題が解消され、自立支援、健康寿命の延伸に繋がるものと考えられる。ニーズと機器開発の目的をまとめたイメージを図 1 に示す。

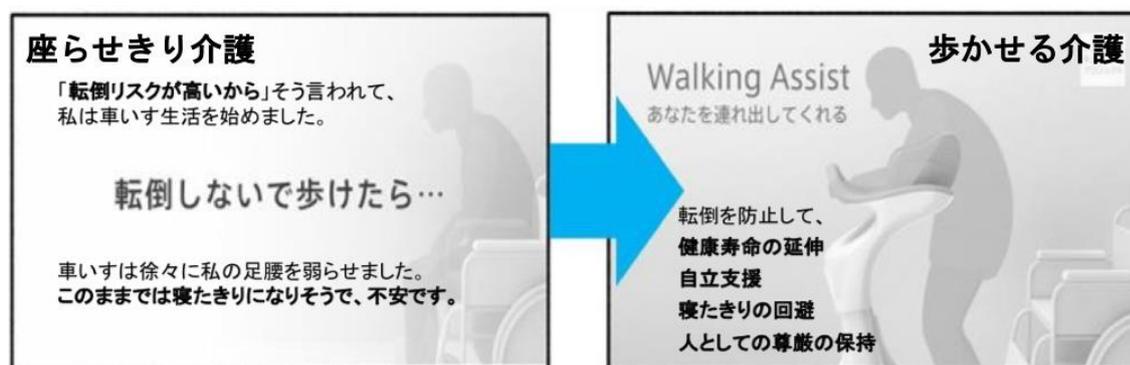


図 1. 要介護高齢者のニーズと機器開発の目的

歩行の衰えを支援する福祉用具として歩行車が一般的に用いられている。近年、屋外での販路移動等を斜度に応じて自動的に制御する電動アシスト機能付き歩行車が開発されているが、転倒防止機能を備えた歩行車は開発されていない。転倒の要因は、加齢に伴う身体的変化、病気、薬物など内的要因や、周りの環境、設備、はき物など外的要因と言われている。当研究開発では、

## 【公開版】

歩行車使用者の姿勢と位置を制御する技術等を用いて、転倒しない歩行車を開発し、当該課題の解決を目指す。

株式会社幸和製作所は、厚生労働省平成 29 年度介護ロボットのニーズ・シーズ連携協調協議会設置事業（移動支援②）において、当研究開発の前段階に当たる調査事業を実施した。当該調査事業は、現場（介護施設）ニーズ調査を行うことと、ニーズに基づく機器のコンセプト提案をすることを目的としている。テーマは「介護施設での転倒事故を防止する屋内移動支援用具」であり、当研究開発テーマである「自立支援型転倒防止ロボット歩行車」の基となる川下ニーズを取り纏めた報告書が成果物である（文献 2）。厚生労働省からは、当該事業の中では幸和製作所が最も優れた成果を上げたと評価された。この事業の成果として、介護施設内で歩行車を使用していて起こる転倒には 2 つの特徴があることを明らかにした。ひとつはスペースの狭さである。もうひとつは他人同士、多数の要介護高齢者が同居していることである。

要介護高齢者が日常生活をおくる介護施設は、主には居室、廊下、フロア（食堂・ラウンジ）、トイレからなっている。居室にはベッドがあり、ベッドサイドには家具や可搬式トイレなどがあり、そのスペースは狭い。廊下やフロアなど比較的広いスペースにおいても、食事時など多数の高齢者が集まってくるので、通路は狭いのである。無論トイレ内も狭い。これらの生活の場で転倒事故がおきるため、小回りがきくことやコンパクトに使えることが歩行車の条件になるのだが、これを追求しすぎると返って不安定で倒れやすい歩行車になってしまう。

他人同士と一緒に生活しているので、人情的なトラブルも起きやすい。例えば廊下をすれ違う時、一本の手すりを伝いながら歩いてきた高齢者同士は、どちら一方が手すりから手を離さねばすれ違うことはできない。

歩行車や車椅子がすれ違うときにぶつかることもある。例えば日ごろから快く思っていない人とすれ違ったり、接近した時などに、相手に手を伸ばして叩く、無理に押しよけるなどした際に自分の重心バランスがくずれて転倒事故につながるケースも散見される。

これら介護施設における歩行車使用中の転倒に関する実態をまとめたのが表 2 である。

表 2. 歩行車使用中の転倒に関する実態とニーズ

転倒に関する基本ニーズ	阻害事項	阻害されている理由	転倒に関する詳細ニーズ
歩行車を使って一人で安全に歩かせたい（歩きたい）	歩行が不安定	筋力が徐々に低下する	歩行能力が低下（変化）しても車椅子を使いたくない、転ばず安全に歩かせたい（歩きたい）。
		日や時間によって歩行能力が変化する	
		バランスをくずす、ふら	色々な転び方があるが、どんな転び

【公開版】

		つく	方でも防いで欲しい。
		つまずく、すべる	
	立ち座りが不安定	脚力が低下する	立ち座りの時でも安定するように支えて欲しい。
		平衡感覚が低下する	
		後ろを見ないで座る	
	歩行中にトラブルが起きる	何かをよける（旋回、後退）動作が危険	旋回や後退のときでも安定するように支えて欲しい。
		何かにぶつかる（他の人、車椅子、等）	何かとぶつかっても安定していて欲しい。
		他人とケンカする（手を上げる、押しのける等不安定な姿勢になる）	他人とのトラブルなどがあっても安定していて欲しい。
	歩行車が不安定	車体が軽い	小さくても安全で安定した車体にして欲しい。（施設内は狭いのでコンパクトで小回りが利くことは必須）
		車体が小さい（支持基底面が小さい）	
	夜間に不安定	暗くてよく見えない	夜間でも安定していて欲しい。
		薬（抗精神薬、睡眠剤、等）を飲んでいる、寝ぼけている	

文献2より抜粋、追記

また、表 2の川下ニーズを受け、あるべき転倒防止歩行車に対する解決課題として要求仕様をまとめたのが表 3である。

表 3. 転倒防止歩行車の要求仕様

(イ)	介助を受けて車椅子で移動する場合と同等の転倒リスク・介護負担により移動ができること
(ロ)	使用開始時、使用終了時は介助を受けても良いが、歩行中は高齢者一人で利用できること
(ハ)	歩行車ごと転倒しないような安定性と、虚弱高齢者でも利用可能な操作性を両立させること
(ニ)	機器に抑制されることなく洗面、整容などの日常生活動作が容易に行えること
(ホ)	椅子からの起立、着座を支持し、動作を安全に行えること
(ヘ)	トイレを含む狭隘な生活空間で利用可能なこと
(ト)	トイレで衣服の着脱を高齢者一人で安全に行えること
(チ)	介護職員が1人で持ち運べる質量であること
(リ)	介護施設で複数台導入可能なリーズナブルな価格であること

表 3の要求仕様がどこまで従来技術で対応できているのか示したものが表 4である。川下である介護施設で多く使われているのがロボット技術を用いない歩行車である。最近になってベルト（吊り具）を腰回りに装着して歩行の安定を図る免荷式歩行リフトが一部の施設で使用される

## 【公開版】

ようになった。これ以外に事業化はされていないが、職員が操作をしながら転倒防止と立ち座りをサポートする技術も発表されている。

表 4. 従来技術の課題

従来技術	(イ)	(ロ)	(ハ)	(ニ)	(ホ)	(ヘ)	(ト)	(チ)	(リ)
グリップ把持型歩行車	×	○	×	○	×	○	○	○	○
前腕支持型歩行車	×	○	×	○	×	○	○	○	○
免荷式歩行リフト	○	○	×	×	○	×	×	○	×
サポート機器	○	×	×	×	○	×	○	×	×

免荷式歩行リフトとサポート機器は、表 4において(イ)転倒防止技術を備えていると記したが、課題としてトレードオフで失う機能もある。その点を示したのが表 5である。また、これら課題を解決でき、本研究開発で獲得する新技術の考え方も表 5に示す。

表 5. 従来技術と新技術の比較

従来技術	従来技術の課題	新技術
歩行車本体から吊り具で利用者を吊り下げることにより、転倒リスクを軽減する。	利用者の下半身を吊り下げる方式(エラー!参照元が見つかりません。)では、トイレで衣服の着脱ができない。利用者の上半身を吊り下げる方式(エラー!参照元が見つかりません。)では、吊り下げ位置が高くなり、吊り下げる機構が邪魔になって整容等の日常動作ができない。	人の転び方は6パターン(転倒6モード:図10)に大別でき、また転ぶ方向も様々である。そこで人体に不快を与えぬよう適度な力で左右の腋窩下部から体幹を支える「可動式パッド」を開発し、前・後・左・右・下と全方位的に使用者の初期重心偏倚を抑制し、使用者の転倒を防止する
歩行車本体の安定性は、歩行車の支持基底面を広くする、または、本体を重くして重心を下げる方法により確保。	支持基底面が大きすぎると、トイレ等の狭隘な生活空間に入れない。本体を重くしすぎると、車輪駆動のコストが高くなり過ぎる。	このパッドにより歩行車の「支持基底面の中央付近」に使用者の重心位置を常にコントロールすれば、車体自体の転倒も防止でき、小型の支持基底面で安定性が確保できる。本体の重量を増やす必要もないので、低コストで実現可能

表 5の新技術を用いた自立支援型転倒防止ロボット歩行車のイメージ図と部位名称を図 2に示す。

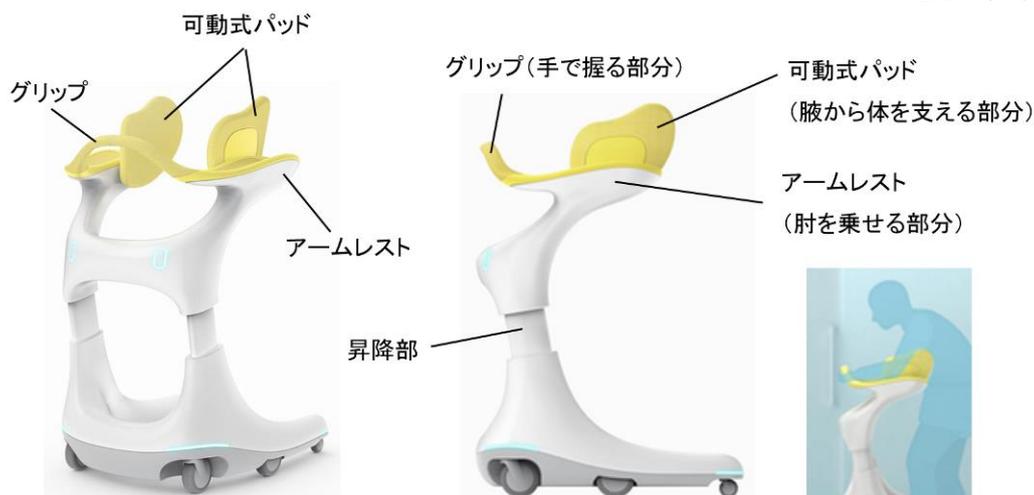


図 2. 研究開発をする自立支援型転倒防止ロボット歩行車のイメージ図

最後に、高度な転倒防止技術を獲得する上で必要となるのが効果検証技術であり、本研究開発ではこの点においても新技術の獲得を目指す（表 6）。

表 6. 転倒防止効果の検証における従来技術と新技術の比較

従来の効果検証技術	従来技術の課題	新技術
福祉用具や介護ロボットの検証方法として行われるのが、第0相～第3相からなる実証試験（文献3）であるが、被験者による実機の試用が必要となっている。	研究開発段階において転倒防止効果の有効性を、実機試用により検証しようとした場合、被験者を転倒負傷の危険に晒すことになり、倫理上の問題が生じる。このため研究に有効な検証が行えない。	被験者による実証がなくとも、コンピュータ上の仮想人体にて重心バランスなど検証できる「デジタルヒューマンモデル」を使って転倒の可能性をシミュレートすれば、機能デザイン開発に有効。 また実機（試作機）による検証も、被験者の代わりに、現実の人体バランスを再現した「ヒューマノイドダミー」を用いれば、倫理的問題なしに有効性の実験検証が可能。この際、試作機に取り付け可能な「転倒検知ロガー」を開発できれば、さらに検証の精度が高まる。

## （2）研究目的及び目標

要介護者の歩行中の転倒に対応した、転倒防止機構を開発し、要介護者の歩行機会の向上を目指す。従来技術では使用者の重心動揺が大きくなった場合に使用中に転倒することがあったため、歩行車に重心偏倚抑制機能を付加し、試作品ならびに使用テストを通じた試行錯誤により、ユーザーニーズに応じた利便性の高い歩行車を研究開発し、ユーザビリティの向上を図る。介護者の付き添いが無くても安全な歩行を実現し、介護者と被介護者の数の比が 1：2.5 程度の施設でも利用可能とすることを目標とする。

## 【公開版】

初年度の取り組みとして、デジタルヒューマンモデルのシミュレーション結果を踏まえて、重心偏倚抑制機能を搭載した試作機（以後、「P1」とする）を設計、製作した。製作した P1 を用いて転倒防止効果の有効性検証を実施し、重心偏倚抑制機構のデザインや車体前方下部の設計、転倒検知時の車輪制御などに関する最終年度に向けた課題を抽出した。また、転倒防止効果の有効性の検証においては、ヒューマノイドダミーを用いた転倒の検証方法を確立し、信頼性が高く、効率的かつ低コストな検証を実施できた。

デジタルヒューマンモデルとは、人間の形状、重量バランス等をモデル化しデジタルモデルのことであり、また、動力学シミュレータとは、人体に働く慣性力、重力等の動力学をシミュレーション可能なソフトウェアのことである。

産業技術総合研究所にてデジタルヒューマンモデルを用いて、動力学シミュレータにて、コンピュータ上で転倒 6 モード（図 10）に対するシミュレーションを行い機能デザイン開発の有効性について設計検証を行った。

産業技術総合研究所では、80 才代の高齢者のデジタルヒューマンモデルも保有しており、利用者に近い条件での検証が可能である。転倒 6 モードに対するリスク低減シミュレーションのイメージと、デジタルヒューマンモデルを用いたシミュレーションの様子を図 3 に示す。なお、ヒューマンモデルと歩行車の上に働く力は図 3 の右下の図の矢印のようになり、ヒューマンモデルの重心を床に投影した点が支持基底面の境界に近いかどうかで、安定性の余裕度が定量的に評価できる。



図 3. 転倒リスク低減シミュレーションのイメージ

## 【公開版】

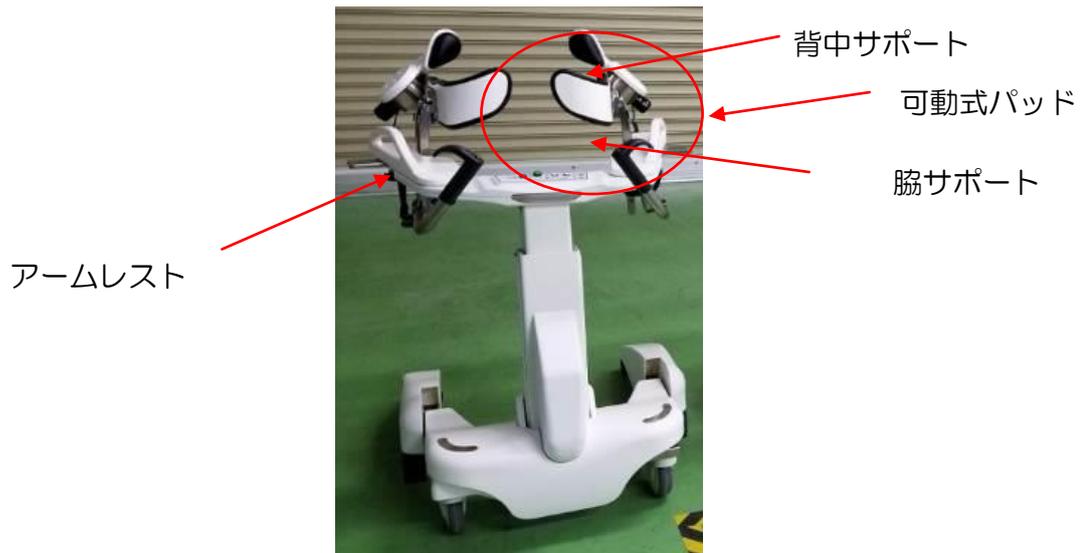


図 4. 初年度製作した P1

最終年度には、初年度製作した P1 を用いた転倒防止効果の有効性検証の結果をもとに、可動式パッド部を改良した P1' を製作、専門職によるユーザビリティ検証を実施した。P1 では可動式パッドの背中サポート部がモーター回動していたが、P1' では、背中サポート部の回動を廃止し、18 脇サポートと一体化した。また、左右グリップを一体化、膝サポートを新設した試作機である。

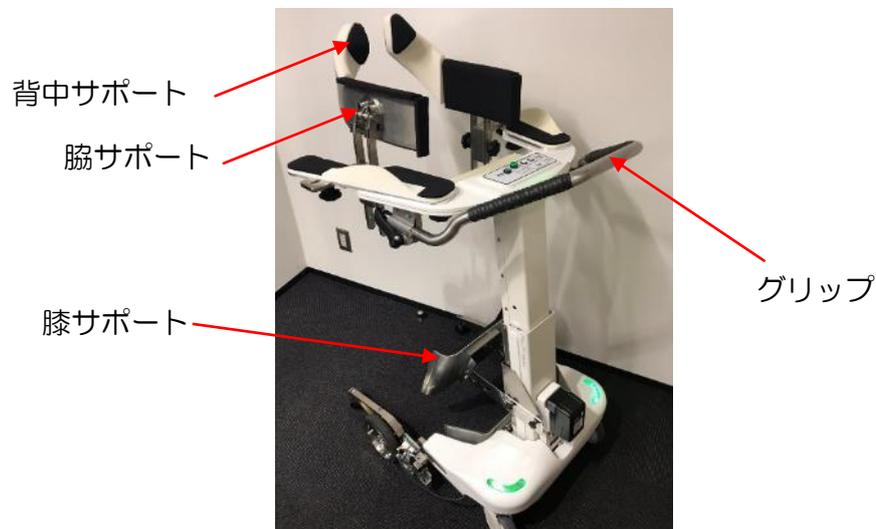


図 5. P1'

さらにその結果を踏まえ、量産品により近づけた P2 を製作し、初年度確立した「ヒューマノイドダミーを用いた転倒防止効果の有効性の検証」を実施し、P1 との比較評価を行った。上述の P1' の背中サポート部を P1 と同様にモーター回動を可能とし、外装カバーを施した試作機である。P2 では、ユーザビリティ検証として、高齢者をユーザとしたモニタリング評価や専門

## 【公開版】

職による評価を実施し、従来機種との比較を行い、今後の実用化に向けた課題の抽出を行った。  
また、静的安定性試験を実施し、JIS 安定性試験規格を満たしていることを確認、動的安定性試験では牽引による動的状況でも安定的な保持能力を示すことを確認した。



図 6. P2

最終的には、可動式パッドを電動から手動に改造した P2' を製作、コストダウンの可能性を検証した。2019 年度第 1 回研究開発推進委員会でのアドバイスをもとに製作し、2019 年度第 2 回研究開発推進委員会にて披露した。今後の実用化計画において、背中サポートのモーターを廃止することはコストダウン対策として、ひとつの選択肢となると考える。



背中サポート

図 7. P2'

当研究開発は要介護高齢者の転倒防止を目的としているが、実際の高齢者に転倒をさせてしまうような評価方法は倫理的にできない。そこで、ヒューマノイドダミーを用いた検証を実施した。ヒューマノイドダミーは高齢者の身体バランスや関節可動範囲の統計データを参考に作成され、脚部関節の硬さ調整による佇立や、手指部によるハンドルのにぎりなどの動作が可能ほか、歩行器使用中に身体がおちこみ、腕が上がって保持具をすり抜けるといった現象を再現可能な肩部関節構造となっている。初年度は、転倒6モードに則り、ヒューマノイドダミーを使用した転倒実験を実施した。最終年度は、下腿部に高伸縮ウレタン樹脂による柔軟皮膚構造を設けており、別体式のカセンサを併用することにより歩行車下部構造と膝の衝突を想定した圧力計測実験が可能となるように改良した。



図 8. ヒューマノイドダミー

直立状態から脚支持力を失った場合の転倒を想定した実験全般は、アドバイザーである横浜市総合リハビリテーションセンターにご協力いただいた。実験方法や結果については、後述する。

1-2 研究体制

研究体制を下図に示す。

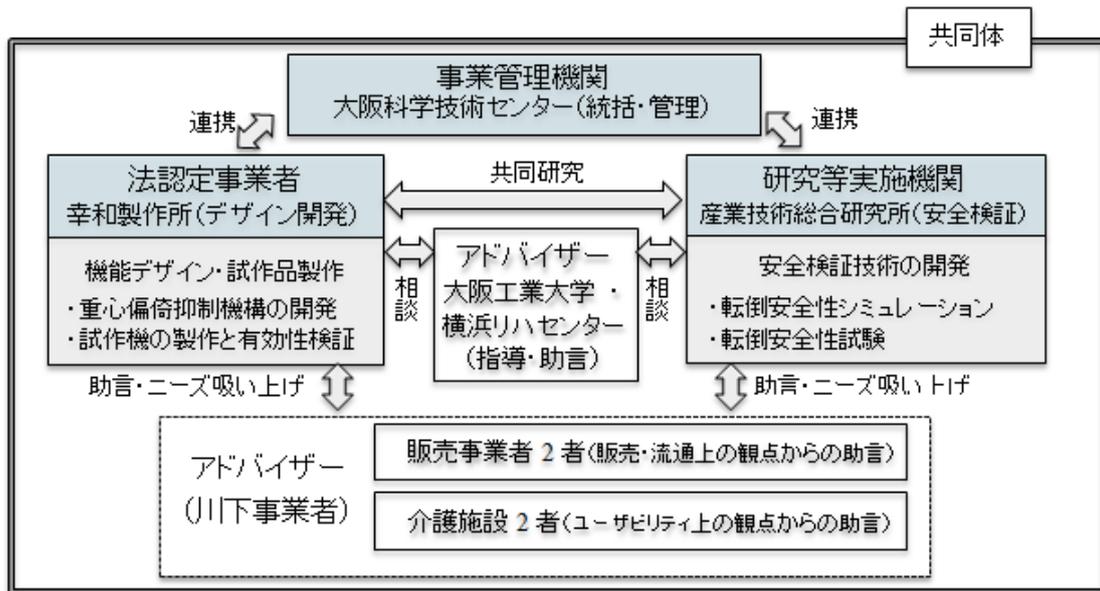


図 9. 研究体制

1-3 成果概要

研究開発実施内容	目標	成果概要
【1】自立支援型転倒防止ロボット歩行車の機能デザインの開発と検証	6種類の転倒（転倒6モードと称する）のそれぞれに対して有効となる転倒防止機構の機能デザインを開発する。	転倒6モードに対応した重心偏倚抑制技術の開発設計データを元にデジタルヒューマンモデルを用いたシミュレーション検証と改良設計を繰り返すことで転倒防止機構の機能デザインを開発した。
【2】自立支援型転倒防止ロボット歩行車の試作機の製作とユーザビリティ検証	【1】で開発した設計デザインにて試作機を製作。また試作機を使用したユーザビリティ検証として、専門職評価、高齢者ユーザを対象としたモニタリング評価を実施、またヒューマノイドダミーを用いた有効性の実験検証を実施する。	重心偏倚抑制技術が維持され、ユーザが安全に使用できる試作機が完成した。試作機を使用したユーザビリティ評価、さらに高齢者をユーザとしたモニタリング評価を実施し、事業化に向けた課題が明確になった。さらにヒューマノイドダミーを用いた有効性の実験検証として転倒実験を実施し、重心偏倚抑制技術が維持されていることが確認できた。

<p>【3】自立支援型転倒防止ロボット歩行車の試作機の安全性と信頼性検証</p>	<p>【2】で転倒リスクが軽減された試験機を対象として安全性を検証する。</p>	<p>転倒安全性試験として、静的安定性（JIS T 9265:2019 福祉用具-歩行補助具-歩行車 8.2 安定性試験）と動的安定性試験を実施し、共に合格基準を満たした。</p>
--	--	--

1-4 当該研究開発の連絡窓口

所属：株式会社幸和製作所 開発本部

氏名：峯垣 淳平

電話：072-238-0510

FAX：072-222-7049

E-mail：junpei-minegaki@kowa-seisakusho.co.jp

第2章 本論

2-1 自立支援型転倒防止ロボット歩行車の機能デザインの開発と検証

実際に転倒する高齢者の様子を VTR に記録し、解析した先行研究（文献 4）によれば、転倒は図 10に示すように 6 種類に分類できる。そしてこれらの転倒動作は大きな重心偏倚を伴うこと、特に上半身の偏倚が大きいことが共通している。つまり上半身の重心偏倚を下半身が支えきれないことが転倒の本質ともいえる（文献 4）。

当研究開発は、この 6 種類の転倒（以下転倒 6 モードと称する）のそれぞれに対して有効となる転倒防止機構の機能デザインを開発することを目的とする。

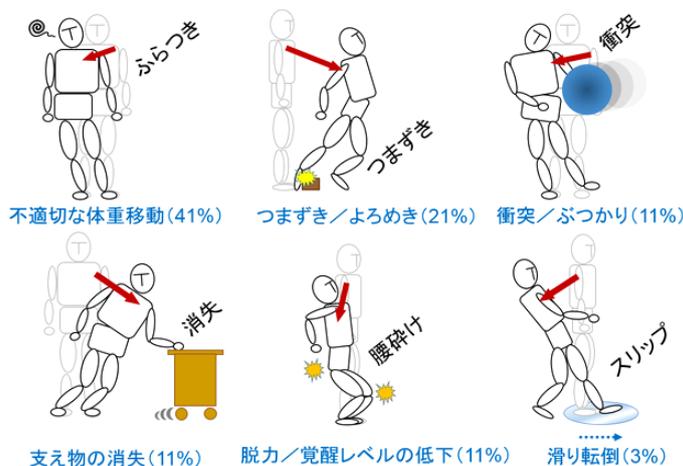


図 10. 転倒 6 モードの図解

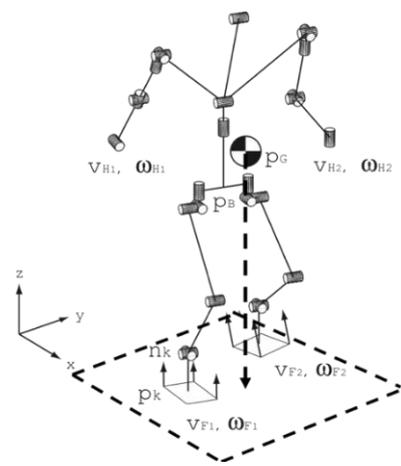


図 11. 支持基底面の概念図

## 【公開版】

転倒を防ぐ上において基本となる考え方が、支持基底面と重心の床面への投影点の位置関係である。歩行車の支持基底面は前後左右の車輪を直線で結んだ四角形である（図 11）。この中に重心が留まっている場合は、転倒 6 モードのうち「脱力／覚醒レベルの低下」以外のモードでは転倒しない。前後方向、左右方向への転倒は何らかの原因で支持基底面から身体の重心投影点が支持基底面の外に出たときに起こるため、これを防ぐことが有効となる。「脱力／覚醒レベルの低下」では下方に落ちるように転倒する。この場合は支持基底面内において、下方に落ちないような支持部材が必要になる。

歩行車の利用者の力学モデルを図 11の重心  $P_G$  が床面を支点とする倒立振り子であると単純化すると、転倒 6 モードの「不適切な体重移動」「つまずき／よろめき」「衝突／ぶつかり」「支え物の消失」「滑り転倒」では、倒立振り子が倒れ始めることにより重心の投影点が移動を開始する。この重心偏倚を停止させる機構を開発する。この際、利用者は能動的に転倒を抑制する動作は行わないと仮定し、利用者の身体の一部と歩行車の接触により発生する抗力によって動作を停止させる方法を検討した。

ここで提案する方法は、利用者を静的に歩行車に固定して安定性の実現を図る従来の技術と異なり、転倒動作初期に発生する重心偏倚を抑制することにより転倒の抑制を図ろうとするものである。安定性評価は動的に行う必要がある。すなわち、転倒動作初期に発生する重心投影点の移動を許容範囲に抑制することができるかどうかを動力的に評価する必要がある。また、利用者の身体がグリップやアームレストに衝突したときに発生する力が、重心投影点の動きに与える影響についても評価しなければならない。このための緩衝材の材質についても検討が必要となる。

表 3の要求仕様（イ）～（リ）を前提に転倒 6 モードにおける初期重心偏倚の抑制方法を仮説化し、人間工学の観点から機能デザイン開発（機構、意匠、ソフトウェア、回路等の設計）を行い、デジタルヒューマンモデルによる検証、ヒューマノイドダミーを用いた有効性実験の検証結果を受けて、要求仕様、抑制方法の仮説、機能デザイン、設計等の見直しを数回実施し、表 7のようなものを想定し、転倒 6 モードに対応した重心偏倚抑制技術の開発を行った。

表 7. 重心偏倚抑制技術のイメージ

<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 使用者の左右の腋窩下部付近に、体幹を支える可動式パッド（支持部材）を設ける</li> <li>・ 身体を圧迫せず、包み込むようにフィットさせ、左右方向、前後方向、下方向への体幹の初期動揺防ぐことにより、重心の偏倚を抑制することを目的とする</li> </ul>	 <p>図 12. 体幹を支えるイメージ</p>
<p>歩行車を押すための、手のひらで握るグリップと、肘を乗せるアームレストを設ける</p>	 <p>図 13. グリップとアームレストのイメージ</p>
<p>歩行車の支持基底面内で歩行可能なように、可動式パッド（支持部材）を設ける</p>	 <p>図 14. 歩行中のイメージ</p>

完成した設計データをもとにデジタルヒューマンモデルによる検証を実施した。産業技術総合研究所にて実施したシミュレーションでは、後方あるいは前方に転倒する場合について、最も不安定な姿勢における最適化問題を解くことにより、その姿勢に対して歩行車が転倒しないかどうかを評価した。この評価に基づいて、安定性が不十分な場合は歩行車のデザインを再設計するプロセスを何度か繰り返し、最適設計を模索した。使用者が歩行車を転倒させる状況は歩行車に寄りかかる、引っ張る、側方に偏った力をかけるなど様々なパターンがあり、その全てを実験によって再現することは困難である。そのため使用者が歩行車にかけ得る接触力のパターンを網羅的にシミュレーションすることにより考慮すべき転倒リスクを提示した。初年度は、無数に存在する接触力のパターンに対し、歩行車の転倒しやすさを指標とした最適化問題を解くことで力学的に最も歩行車が転倒しやすい状況を再現した。

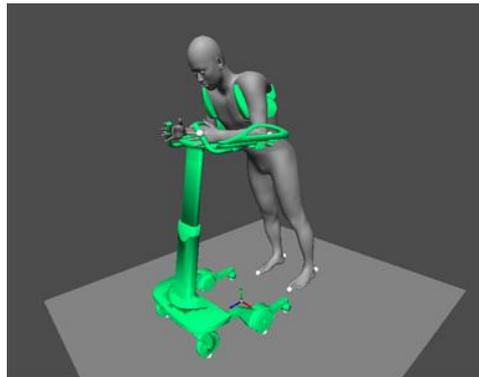


図 15. シミュレーション画面の一例

例えば初期設計データによるシミュレーションでは、使用者が適切な位置で使用している場合、機器の重量が 40kg 程度あれば前方転倒、後方転倒、側方転倒のリスクを同程度とすることができ、かつ全体的に低くできることが判明した。

さらに、機器と使用者との干渉点と使用者の重心位置をパラメータとした姿勢生成手法を導入することにより、人の姿勢を半自動で生成しバリエーションを増やすことが可能になった。ただし、開発された機器は体の側面・背面を支える構造となっているため、適切に使用されている最中はそれほど大きく上体の姿勢は変化しないと考えられた。

また、初年度の解析では使用者の発揮する関節トルクに制限を設けていなかったが、特に本機器は身体機能が低下した高齢者を対象としているため、使用者自身が大きな力を発揮して歩行器を持ち上げるような状況は現実的ではない。そこで、製品評価技術基盤機構の高齢者の関節発揮トルクに関する統計データを参考に、関節トルクの上限を設け、シミュレーションに反映した。

機器と人との間に生じる力・モーメントを最適化問題として求め、摩擦を考慮した Contact Wrench Cone と呼ばれる安定領域内にその総和が収まっていれば歩行器は安定性であると判定できる。

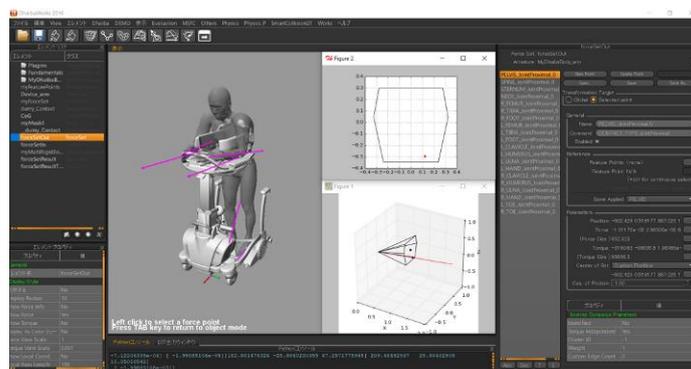


図 16. 人体シミュレーションソフトウェアによる安定性解析結果表示の様子

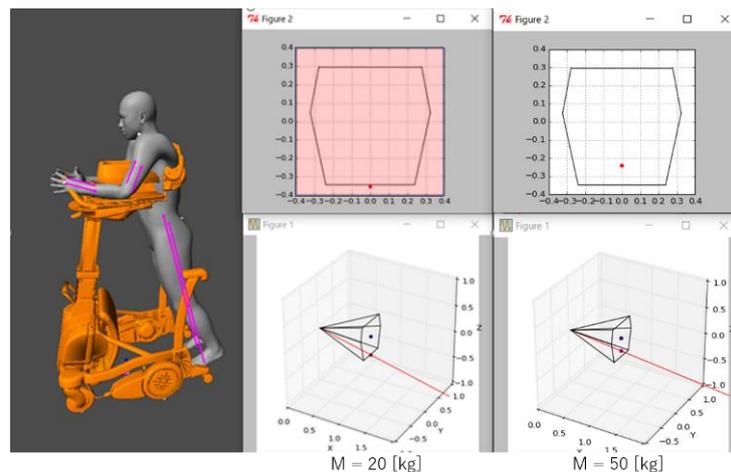


図 17. 安定性の解析例

解析例として上図のように歩行器が使用者に先行して前進してしまい、さらに人が手先から上方に力をかけるという仮定をすると、機器重量が 20kg の時（グラフ左）は転倒の可能性があるが、機器重量 50kg（グラフ右）では安定である。

このように、検証結果を反映させながら設計を繰り返し、転倒リスクが低いと推定されるものを選定した。

## 2-2 自立支援型転倒防止ロボット歩行車の試作機の製作とユーザビリティ検証

初年度は、P1 と同時に転倒検知ロガーを製作し、試作機に取り付け実験することで、アームレスト荷重や機器の動きを経時的に記録することが可能となった。

転倒検知ロガーでアームレスト荷重のデータを収集できるように、P1 ではアームレスト内に荷重センサを内蔵した。

転倒検知ロガーは、P1 の転倒防止効果の有効性検証のため、ヒューマノイドダミーを用いた転倒実験で使用した。さらに初年度のヒューマノイドダミーを用いた転倒実験では、従来技術で開発された市販品を用い、図 11 で示した転倒 6 モードに則り、評価方法で述べる 4 パターンの転倒初期姿勢ごとに比較した。

評価方法としては、開発した重心偏倚抑制技術の効果を評価する指標として、推定重心の軌跡長の時間変化を採用した。当新技術は転倒動作初期に発生する重心偏倚を抑制することで転倒を防止する。つまり、転倒開始直後の単位時間当たりの重心の移動量（軌跡長）の変化が緩やかな方が、ヒューマノイドダミーの転倒・転落が抑制されていると考えることができる。

推定重心の軌跡長を計測するために、三次元動作分析システムを利用した。当システムは

## 【公開版】

240 ミリ秒ごとの各マーカー取り付け位置の X,Y,Z 座標、そこから推定される重心の X,Y,Z 座標が計測できる。ヒューマノイドダミーには予備も含めて 27 個のマーカーを取り付けた。また、支持基底面となる歩行車の四方にもマーカーを取り付け、ヒューマノイドダミーと歩行車の位置関係を可視化できるようにした。

重心偏倚抑制技術の効果を明らかにするため、P1 以外に 3 種類の機器（表 8）も評価した。

表 8. 比較機器一覧

	P1	P1 可動式パッド無 (以後、「P1-」)	6 輪歩行車 (以後、「6 輪」)	4 輪歩行車 (以後、「4 輪」)
写真			参考品	参考品
全幅	670mm	左に同じ	650mm	550mm
全長	710mm (~ 780mm)		745mm	620mm
高さ	945mm		945mm	945mm

※高さは「アームレスト高さ」のこと

また、転倒 6 モードは前方転倒姿勢、後方転倒姿勢、側方転倒姿勢、下方転倒姿勢の 4 パターンで網羅できると考え、各姿勢で機器を評価した（表 9）。なお、転倒初期姿勢に再現性を持たせるため、関節角度を各試行前に測定した。試行回数は各機器に対して、4 パターンの初期姿勢それぞれ 4 回（最後 1 回は予備）行い、3 回分をデータとして採用した。

データの測定区間のうち、落下防止ロープの影響を排除したデータ有効区間を次のように定めた。まず開始点はヒューマノイドダミーが動き出して頭部加速度（Z 軸）が連続して発生した時点とした。また、終了点は落下防止ロープが伸び切る瞬間とした。終了点に関しては、ビデオや加速度データを確認しながら決定した。なお、落下防止ロープが伸び切らない場合は開始から 3 秒を以て終了とした。

表 9. 転倒 6 モードと転倒初期姿勢の関係

転倒 6 モード	前方転倒姿勢	後方転倒姿勢	側方転倒姿勢	下方転倒姿勢
不適切な体重移動	○	○	○	
つまずき/よろめき	○			
衝突/ぶつかり			○	
支え物の消失	○			
脱力/覚醒レベルの低下				○
滑り転倒		○		

P1 を使用した転倒実験において、最終年度の試作機製作に盛り込む課題が明らかになった。以下、考察である。

前方転倒姿勢では、P1 では、可動式パッドの腋窩および肩甲骨部での上部体幹保持により、体幹の落下速度が一定程度で抑制され、前方への推進力が従来の歩行器の半分から同程度以下に抑えられている。加えて左右や下方への重心偏倚も抑えられ、利用者は転倒しにくくなり、P1 に前倒れで寄りかかるような姿勢になりやすいと考えられる。一方、この姿勢では、下肢による支持が得にくく腋窩や肩甲帯に相当の荷重がかかると思われ、肩周囲に傷害を生じる可能性が考えられる。

後方転倒姿勢では、可動式パッドの肩甲骨部での上部体幹保持により、体幹の落下速度が一定程度で抑制され、後方への推進力が従来の歩行器の半分から同程度以下に抑えられている。加えて左右や下方への重心偏倚も抑えられ、利用者は落下しにくくなる。しかしヒューマノイドダミーでは、体幹が後方に移動しても下肢が残ってしまい、最終的に P1 の脚部がダミーの足部から下腿に乗り上げて止まっている。人体であれば裂傷や打撲、骨折の危険性が考えられる。

側方転倒姿勢では、可動式パッドの肩甲骨部での上部体幹保持、アームレストでの前腕支持、および中央固定輪の床との摩擦力、P1 の重量（従来の 4 輪、6 輪歩行器より重い）により、従来の歩行器に比べて利用者の転倒・落下が抑制されている。なお、側方転倒姿勢の前後方向の推定重心の軌跡長を見ると、P1 よりも P1-の方が緩やかであった。代わりに、P1-は垂直方向の速度が他よりも速い。ここから、P1 は可動式パッドが無くても前方への重心偏倚は小さいが、その分下方への偏倚が大きくなり、可動式パッドはその下方への偏倚を前方に分散していると考えられる。

下方転倒姿勢では、可動式パッドの腋窩および肩甲骨部での上部体幹保持により、体幹の落下

## 【公開版】

が一定程度で抑制されている。また、水平面での加速度がほとんど生じていないため、P1 もヒューマノイドダミーの足部の位置も殆ど動かず、従来の歩行器に比べて利用者の転倒・落下が抑制されていると考えられる。なお、P1 同様、P1 も前後方向の動きはほとんどなく、車体の安定性がみてとれる。

上記の考察を踏まえて、最終年度取り組むべき課題は、まず転倒防止効果を維持しながら、腋窩や肩甲帯などへの負担を軽減するデザインや素材を探究し、重心偏倚抑制技術を向上させることとした。さらに、後方転倒姿勢の際に P1 の脚部がヒューマノイドダミーの足部から下腿に乗り上げたことから、これを解決する設計を達成することとした。以上を踏まえて、試作開発を進めた。

最終年度には、P1 による評価を元に、まず本製品の重要点となる可動式パッド部を重点的に検証するため P1 を改造し、P1' を製作した。(図 18)



図 18. 可動式パッド部を改造した P1'

P1' は、P1 において、脇サポート部のクッション性を向上、背中サポートの電動を廃止し脇サポート部と一体化、グリップを左右一体に改造した試作機である。また膝サポートを追加し、足先の潜り込みを抑制した。完成後、P1' を使用したユーザビリティ検証を実施した。

### ① T 都 特別養護老人ホーム (2019 年 5 月 14 日)

評価メンバー：施設長、理学療法士

ユーザ利用シーンを想定した開発機器の機能として、歩行前の立ち上がり、歩行時、歩行後の着座、トイレのシーンに分けて機能を評価した。

② 横浜市総合リハビリテーションセンター（2019年6月18日）

評価メンバー：作業療法士、理学療法士

介護施設における介護者の介助量軽減や入居者の自立支援の観点から評価。意見交換と改善方法について検討し、次期試作機製作に向けた仕様について提案いただいた。

上述の P1 の転倒実験、P1' の専門職評価を元にさらに仕様を検討し、より量産品に近い事業化を意識した P2 を製作し、専門職評価を実施した。



図 19. 完成した P2

横浜市総合リハビリテーションセンター（2019年11月22日～25日）

評価メンバー：作業療法士

P1' の専門職評価で抽出した課題と改善方法の提案をもとに、P2 の現状を確認し、評価を行った。

また、各施設においてモニタリング評価を実施した。

加齢や廃用症候群に伴う筋力低下やバランス能力の低下、パーキンソン病などによる平衡機能障害を有するため、介助なしで歩行すると転倒・転落の危険があり、日常生活の移動や歩行訓練において、少なくとも介護者1名の見守りを付けて歩行車や歩行器を使用している高齢者を対象に試験機P2と6輪歩行器を比較した。

■エンドポイントのデータ処理は、以下の4点とした。

① 指定コースの逸脱回数

- ② 指定コースス 1 周に要する歩行時間
- ③ 指定コース折り返し部分の方向転換での逸脱状況
- ④ 質問紙調査

■被検者について

被検者の選定基準（選択基準、除外基準、禁忌）を以下に記す。

①選択基準

- a 加齢による膝や腰の痛み（変形性関節症など）
- b 中枢神経麻痺（脳卒中など）によるバランスの悪さ（運動覚、位置覚の障害）、四肢・体幹の運動機能の障害（関節拘縮による関節可動域制限、筋緊張の異常など）
- c 転倒による骨折およびその後の廃用症候群による筋力低下やバランス能力の低下
- d パーキンソン病などによるバランス能力低下や動きにくさ

a～d により、歩行機能の低下が認められ、要介護認定を受けている者で、介護施設に入所、または通所中の者のうち、日常生活の移動や歩行訓練は介護士の見守りや介助を受けながら歩行車や歩行器を使用している者を対象とした。

②除外基準

- e 体重が 100kg 以上
- f 身長が 180cm 以上
- g 認知症などにより同意能力に制限がある（認知症高齢者の日常生活自立度がⅡ a 以上など）
- h 高次脳機能障害により新しい機器の操作が理解できない
- i 著しく体力が低下しており、40 分の試験への参加が難しい

③禁忌

- j 腋窩や前腕の裂傷・打撲・疼痛がある

以下に考察を示す。

■満足度

質問紙の結果から、従来型よりも重量の点で満足度が低下している。開発の方向性は維持する一方で、軽量化に取り組む必要があると考える。

■操作性

## 【公開版】

指定コースからの逸脱回数、逸脱状況、歩行時間の結果から、特に日常生活で歩行車を利用する被検者に関して、P2 の操作性に課題が残った。直進、方向転換の両面で、従来型歩行車の操作感に近づける工夫が必要と考える。

P2 の課題の原因は以下が考えられる。

- ①アシスト機能は、歩行時に被検者がアームレストに寄りかかることにより生じる荷重（これは歩行能力が低いほど増加する）までキャンセルしていないため、車輪の摩擦抵抗が増える。
- ② 回旋性能が従来型歩行車より低い（大回りになりやすい）。
- ③ 一旦停止してから再スタートする際に、アシスト機能が働く閾値速度（0.15km/h）までは、本体重量分を被検者の力のみで前方に押す必要があるため負荷が生じる。
- ④ そのため歩行能力が低く、方向転換の際に回旋動作を断続的に繰り返す被検者ほど過負荷となる。

対応策として本体の軽量化、アシスト機能の改良、キャスト輪の抵抗軽減やユーザの身体重心近くに車体重心を位置させることによる回旋性能の向上等が考えられる。

### ■ユーザとの適合

身長が低く上腕長が短い被検者は、P2 のハンドル前方を把持すると腋窩に脇サポートが当たり、アームレストに前腕が乗らない場合があった。対策としてアームレスト上端から脇サポートまでの幅を狭くする、身長によってハンドルの握り位置を変えるように取扱説明書に明記することが考えられる。

日常使用している移動補助具により、P2 の歩行時間が著明に増減することはなかった。これは、開発機器の適合範囲は使用目的によって広げられる可能性を示していると考え。例えばT字杖使用者が夜間の排泄の際にトイレまで使用する、車椅子使用者が施設での歩行訓練で使用するなどである。その場合、適合検討に際しては使用目的、歩容や歩行速度との関係性を考慮する必要があり、作業療法士や理学療法士による評価が有効と考える。

### ■その他

介護やリハビリテーション現場では、福祉機器や介護ロボットに対して、日常生活の使用を想定すると、見守りの観点から位置情報の発信等のニーズがある。また、訓練を想定すると効率化の観点から、ユーザ毎に使用時間・使用距離・歩行速度・歩幅、機器への荷重状態のセンシングやログ機能等のニーズがあると考えられる。

これらの機能を、盛り込むことも検討の余地があると考え。

さらに、P1で行ったヒューマノイドダミーを用いた有効性の実証検証として、同様の転倒実験を実施した。比較対象はP1評価データとし、P2のアシスト機能及び重心偏倚機能の有効性をダミー転倒時の落下加速度や軌跡長、重心位置の偏倚を指標に検証し、効果検証実験の結果分析に基づき、事業化に向けて改良点を検討する。

以下、考察を示す。

### ①重心偏倚抑制機能

・P2 では前方、後方、側方、下方重心姿勢のいずれでも、ヒューマノイドダミーの推定重心は落下防止ロープが伸びる前に移動が止まった。また、前方、後方、側方、下方重心姿勢のいずれの転倒時においても、P1、P2 ともに推定重心の垂線は常に歩行車の支持基底面内に収まっている。つまりヒューマノイドダミーは P2 により転倒が防止され、P2 自体もヒューマノイドダミーとともに転倒することはなかった。以上から P2 の重心偏倚抑制機能（脇サポート、背中サポート、アームレスト、膝サポート）は、転倒防止に有効に働いたと考えられる。

・下方重心姿勢の推定重心のグラフと動画の確認から、P2 ではダミー落下直後に膝が膝サポートに当たり、その力で P2 とともにやや前方に押し出されている。つまり膝サポートは、下方転倒時に膝をロックさせることで転倒防止に有効に機能すると考えられる。

### ②衝撃緩和

・後方転倒時の下肢と歩行車の衝突時加速度で、P1 では左前方の加速度が大きかったのは、ヒューマノイドダミーの足位置で左足が前に出ており、先に P1 に衝突したためと考えられる。

・P2 の trial の一部で P1 より衝突時加速度が減弱したことから、P2 で新たに装備した膝サポートや、後輪キャストのシーソー機構は、後方転倒時に膝が本体に衝突したときの衝撃緩和に有効な場合があると考えられる。

### ③アシスト機能

実験前には、アシスト機能 ON では、OFF 時に比べて前方重心姿勢の時に前方に転倒しやすくなることが懸念された。しかし、推定重心の軌跡長は、ON 時と OFF 時で著明な差は認めなかった。以上より、利用者が立位静止時からそのまま前方転倒する場合、アシスト機能は転倒防止機能を阻害しない可能性が高いと考えられる。

### ④セッティング

・側方・下方重心姿勢で、推定重心の軌跡長が P2 で長くなった。また、下方重心姿勢で、P1

## 【公開版】

より P2 の落下加速度が大きく、速度は速くなった。これは脇サポートとヒューマノイドダミーの腋窩の距離が P1 < P2 と P2 の方が長く、P1 ではヒューマノイドダミー落下直後に脇サポートでヒューマノイドダミーの落下が止められたのに対して、P2 ではより長く落下し続けたためと考える。

・前方、後方、側方重心で P1 の方が推定重心と歩行車の位置変化が大きかったのは、P1 の方が脇サポートとヒューマノイドダミーの間に隙間があるようにセッティングしたため、落下時に側方に重心偏倚しやすかったためと考えられる。

### 2-3 自立支援型転倒防止ロボット歩行車の試作機の安全性と信頼性検証

P2 を使用し、転倒安全性試験を実施した。

静的安定性試験は一般財団法人日本自動車研究所が保有する、ロボット安全試験センターの静的安定性試験装置を用いて実施された。当該試験項目は JIS T 9265:2019 福祉用具-歩行補助具-歩行車 8.2 安定性試験が相当する。本事業での P2 は当該試験項目ではウォーキングテーブル（屋内用）に分類され、指定部位に 25kg 重の鉛直外力を印加しつつ床面を所定角度まで傾けて安定が維持できることを確認するものである。なお外力は錘の積載によっておこない、前方、後方、側方（左右）のそれぞれについて実施された。

#### 前方安定性試

荷重印加：ハンドグリップ内側下端から約 30mm(規格では 135mm)使用者側の部位に左右の合計 25kg  
性能規定：10° 以上  
温度：18.6℃



<p>後方安定性試          荷重印加：肘置き後端から内側 30mm の          部位に左右の合計 25kg          性能規定：4° 以上          温度：18.6℃</p>	 <p>A photograph showing a mobility scooter on a green platform with yellow railings. A person is standing behind the scooter, and a weight is suspended from the rear seat area. The setup is used for testing rear stability.</p>
<p>側方安定性試（左）          荷重印加：左ハンドグリップの後方          300mm の点に 25kg          性能規定：3.5° 以上          温度：18.6℃</p>	 <p>A photograph showing the mobility scooter on the green platform. A weight is suspended from the left handlebar area, used for testing left-side stability.</p>
<p>側方安定性試（右）          荷重印加：右ハンドグリップの後方          300mm の点に 25kg          性能規定：3.5° 以上          温度：18.6℃</p>	 <p>A photograph showing the mobility scooter on the green platform. A weight is suspended from the right handlebar area, used for testing right-side stability.</p>

いずれの試行も規定の角度を越えて安定状態を維持できることが確認され、JIS T 9265：2019 福祉用具-歩行補助具-歩行車 8.2 安定性試験において8.2.2 前方安定性試験、8.2.3 後方安定性試験、8.2.4 側方安定性試験のいずれも合格と判定された。

動的安定性試験は産業技術総合研究所の有する牽引式動的試験装置を用い、実施された。当試験は歩行車と佇立状態のヒューマノイドダミーを組み合わせ、錘の落下力によるワイヤの牽引力が歩行車を急前進させたさいの挙動を評価するためのものである。本事業においては P2 が急前

## 【公開版】

進した場合のヒューマノイドダミーの保持および干渉を評価した。試行の結果、急な P2 の前進といった動的状態にあっても、ヒューマノイドダミーを継続して保持できることが確認された。



図 20. 動的安定性試験

また加えて、ヒューマノイドダミー下腿と P2 の干渉評価も実施した。

ヒューマノイドダミー下腿は膝にかかる圧力を評価可能とするため、改造により皮膚にあたる柔軟構造を設けている。圧力センサはこの下腿部に巻きつける形で取り付けたり、あるいは歩行車側に取り付けたりすることができる。



図 21. ヒューマノイドダミー下腿と試作機 P2 の干渉評価

こうした機能を用い、P2 とヒューマノイドダミー下腿が接触した場合を想定した圧力分布を計測した。

図 22はこのときの圧力分布を示す(数値の単位は mmHg)。圧力は最大で  $2.5\text{N}/\text{cm}^2$  程度に収まっていることから、膝サポートのクッションが接触時の圧力分散に有効にはたらいっているこ

とがよみとれる。

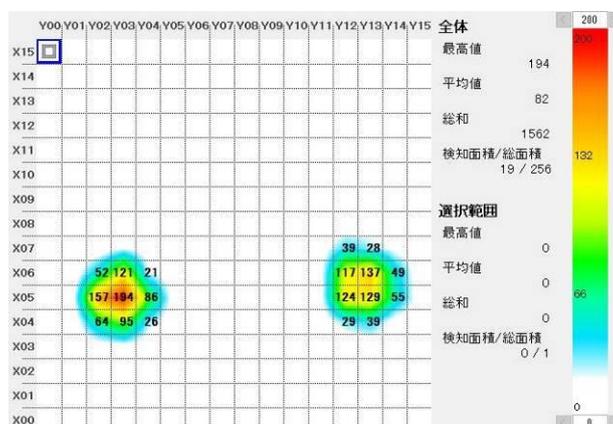


図 22. 圧力分布

当初の予定では、事業化に向けて、量産品同等の品質を備えたP2にて信頼性試験を実施することを予定していたが、現状の試作機では強度計算上では問題ないが、重量が目標より重くなっており、正確な試験結果が得られないため、この点を改良すると共に事業化に向けて明確になった課題を総合的に考え、再度量産品同等の試作が必要と判断した。機器の信頼性試験は再試作品を使用し実施することを予定している。机上の計算では、軽量化しても転倒しない歩行車が完成するであろうと見込んでいる。

## 第3章 全体総括

### 3-1 補助事業の成果

本研究開発にて試作機を製作し、転倒実験による重心偏倚抑制機能が転倒防止に有効であることが実証された。また、関西だけでなく幅広い地域の特別養護老人ホームや介護老人保健施設において、本機器の想定ユーザを対象にしたモニタリング評価や専門職によるユーザビリティ評価を実施し、実用化に向けての課題が明確になった。特に、想定していたユーザにおいて実使用時の最適なフィッティング状態を確認できたことは、今後の製品設計において重心抑制機能の適正位置の設定が可能となると考える。

### 3-2 研究開発後の課題

本研究開発において、研究開発した試作機が高齢者の歩行において転倒防止に有効であること

## 【公開版】

が実証されたが、実用化に向けては、トレードオフの関係にある「コスト」と「機能」の最適なバランスを導き出す事が、機器開発に対して大きな課題として明確になった。さらにその課題を解決した量産品同等品を用いた信頼性試験を実施し、安全に使用できることを検証する必要がある。

### 3-3 事業化展開

本製品が想定している具体的なユーザ、マーケット及び市場規模等としては、国内の介護施設（特別養護老人ホーム約 7,700 件、老人保健施設約 4,200 件、等（文献 6））が導入対象である。この他、中国、韓国、台湾など、東南アジアでも高齢化が進んでいるため、将来的には海外輸出も視野に入れている。

また、要介護高齢者が自分ひとりで（介護者が付き添う必要が無く）、安全に（転倒せずに）移動できる歩行車が欲しいという川上企業（顧客）ニーズを満たす製品を提供し、自立支援に資する介護の実現の一助となることで、介護保険総費用の抑制や高齢者の尊厳ある生活維持に貢献できる。

さらに、歩行車単体の販売だけでなく、本研究開発の転倒実験に使用したような転倒検知口ガーを歩行車に設置することにより、自立支援介護サービス提供の基礎となる使用データ、例えば使用時間帯、移動距離、移動速度、拳動の乱れ等がビッグデータとして取得可能となる。これを訪問介護事業者等に提供することにより、要介護高齢者の自立度の改善、悪化などの変化が推定できることから、データ販売事業の展開が可能となる。また、IoT を活用することで他の機器とのデータ連携も可能となり、現在厚生労働省などが新たに推し進めようとしている介護業務支援事業への展開も期待できる。