

平成 26 年度次世代物流システム構築事業
台車型物流支援ロボットの実用化に向けての実証実験
報告書

平成 27 年 2 月 27 日
株式会社 ZMP

目次

第1章 事業の概要	3
1.1 概要	3
1.2 実施スケジュール	3
1.3 期待される効果	4
第2章 実証実験の実施	5
2.1 検証項目	5
2.2 試作機について	5
第3章 アシスト機能の評価	7
3.1 概要	7
3.2 物流会社 A ユースケース① 館内物流での検証	7
3.3 物流会社 A ユースケース② 配送センターでの検証	8
3.4 物流会社 B ユースケース 物流センターでの検証	10
第4章 かるがも機能の評価	12
4.1 概要	12
4.2 物流会社 A ユースケース① 館内物流での検証	12
4.3 物流会社 A ユースケース② 配送センターでの検証	13
4.4 物流会社 B での実験	14
第5章 考察	16
5.1 アシスト機能	16
5.2 かるがも機能	16
5.3 今後の方向性	16

第1章 事業の概要

1.1 概要

1) 目的

物流サービスの高度化に伴い、環境負荷が高くなっている。省エネルギー化を達成するためには、物流の現場の更なる効率化と生産性の向上が必要である。本事業では、物流の現場をロボット技術で支援する台車型物流支援ロボットの実用化と普及を目指して、先行事業として、利用が想定される現場での実証実験を行う。実証実験の成果をもとに開発を進め、早期に市場に投入することで、物流部門の末端まで省力化、効率化し、省エネルギー化に大きく貢献することを目的とする。

2) 実施内容

① 実証実験用の台車型ロボットの製作

実証実験に用いる台車型物流ロボットを12体製作する。

② 利用シーンに合わせたセンサの製作

現場の状況が多岐にわたるため、適したセンサを単独もしくは複合的に使用し評価する。具体的には、IR（赤外線）ステレオカメラセンサとIR（赤外線）アレイセンサを製作し台車に設置し評価する。また、ステレオカメラセンサ（可視光）についても1式製作し導入可能性を評価する。

③ 機体の評価のための環境整備

機体の運動性能を評価する環境を整え、評価します。具体的には、LRF（レーザレンジファインダ）により動作の測定を行い、製作した物流支援ロボットの性能を評価する。また、機体の状態を正確に把握するためまたは、調整するため姿勢センサの矯正治具を整備する。

1.2 実施スケジュール

協力様企業

物流会社 A

物流会社 B

実証実験日程

2月23日（月） 2月25日（水）

1.3 期待される効果

① 少子・高齢化に伴う労働力不足の解消。新たな作業体制の構築

物流業界においては、少子・高齢化に伴う若年労働者の減少により、慢性的な人手不足が課題となっている。このような中、女性や年配の方でも負担が少なく働ける労働環境が求められている。本物流支援ロボットは、荷物の運搬に用いる台車にロボット技術を適用し、次の機能を搭載する。

- ・ 負荷を軽減するアシスト機能（アシスト機能の詳細は第3章）
- ・ 作業員についてくる、かるがも機能（かるがも機能の詳細は第4章）
- ・ 指定したエリアを自動で移動する自律移動機能

（実証実験では、アシスト機能、かるがも機能の検証を行う）これらの機能により、作業員の負荷の軽減、また、運搬量の増加や運搬の自動化による生産性の向上を目指している。また、東京藝術大学長濱准教授とのディスカッションを経て、新しいワークスタイルと市街地に溶け込むデザインを提案、新しい労働力を取り込むことで人手不足を解消する。

② 作業の効率化に伴う省エネルギー化、二酸化炭素排出量削減効果

これまで、人手に頼っていた物流の最終段階である台車による運搬が、本物流支援ロボットで効率化されることにより、現場の情報化と効率化が期待できる。結果的に省エネルギー効果（無人部の消灯、労働時間の短縮、充電池の利用による電力消費量ピーク緩和）と二酸化炭素排出量削減効果（エネルギー消費量の削減、トラック待機時間の短縮）が期待できる。

第2章 実証実験の実施

2.1 検証項目

1) 評価事項とその内容

実証実験で確認する評価事項を下記にまとめる。アシスト機能、かるがも機能 2 つの機能の使いやすさ・安全性の検証、その他台車全般に関わるものに分類し、それぞれの検証事項を確認するアンケートシートを作成し、被験者が実験後記入した。

2) ユーザーインターフェース(以下 UI)の評価

今回の実験ではコントローラの使いやすさの検証をし、今後のデザインの検討は、模型を使って検証することにした。実現場での模型のレビューは今後のユーザーインターフェースの設計に活用した。アンケートシートを作成し、被験者が実験後記入した。

2.2 試作機について



図 2-2-1 実験で用いた検証機の写真

名称	キャリ口初号機
大きさ	縦 900mm × 横 600mm × 高さ 250mm (ハンドル 900mm)
重さ	27kg
積載重量	100kg
走行速度	2.2km/h
登板能力	約 5 度

最小旋回半径	その場旋回可能
駆動方式	2輪駆動 前部キャスター2個
タイヤ直径	130mm
モータ	DC ブラシレスモータ 62.5W×2
連続稼働時間	2h
制御方式(モーター制御方式)	アナログ電圧指令
バッテリー	24V
電源	リチウムイオン電池
誘導方式	赤外線発光ビーコン
インターフェイス	USB BT
コントローラ	Android タブレット
センサ	光学センサ

表 2-2-2 検証機のスペック表

第3章 アシスト機能の評価

3.1 概要

アシスト機能とは、モーターをうまく活用することで身体的負荷を小さくする機能である。
(アシスト機能のイメージ図 3-1-1)

今回の実証実験では、ユーザーが操縦に戸惑うことなく、片手でも台車をコントロールできるようにするため、ハンドル部に装着するコントローラを採用した。



図 3-1-1 アシスト機能(イメージ図)

コントローラのスティックにかかる力から、行きたい方向を計算し、その方向に進めるようモーターを動かすことができるように設計した。

3.2 物流会社 A ユースケース① 館内物流での検証

1) 目的

アシスト機能を使ったことでどの程度、身体的負荷軽減を軽減したか検討した。

2) 場所/日程

2月23日(月) 8:00~10:00 商業施設 館内物流

3) 実験内容

①概要

館内物流内での決まった経路で、ロボット台車を試し、生産性の向上につながるか検証した。指定の通路から館内へ荷物を運んだ。負荷の軽減、使いやすさ・安全性をアンケート及びインタビューで評価した。

②評価のポイント

エレベータやL字通路を含む館内特有の環境下での使いやすさ・安全性を満たしているか。

③データ収集方法

アンケートまたはインタビュー。

④検証手順

- ・最初に24kgの荷物を積んだ
- ・荷物を積んだ状態でエレベータに乗った
- ・エレベータから降り、L字型通路数十mを進み、館内の店へ荷物を運んだ
- ・アンケートへの記入、アンケートを行った

4) 結果

①被験者属性情報

- ・20-30代女性 1名

②結果

速度に関する評価、旋回の評価、他充電時間や連続稼働時間に関しては課題が指摘された。コントローラや（運転/切替）モードの操作性に関する評価は高かった。

3.3 物流会社A ユースケース② 配送センターでの検証

1) 目的

アシスト機能を使ったことでどの程度、身体的負荷を軽減したか検討した。

2) 場所/日程

2月23日（月） 13:00～16:00 物流会社 配送センター

3) 実験内容

①概要

被験者8名に対し、屋内・屋外で台車を実際に使ってもらった。実際の現場での台者の使い方から、負荷の軽減、使いやすさ・安全性をアンケート及びインタビューで評価した。

②評価のポイント

屋外特有の路面状況、傾斜、速度など屋外特有の環境下での使いやすさ・安全性を

満たしているか

③データ収集の方法

アンケート及びインタビュー

④検証手順

- ・最初に 96kg の荷物を積んだ
- ・実現場での使い方と同じように使ってもらう
- ・屋外から屋内で実現場での使い方と同じように使ってもらった
- ・アンケートへの記入、アンケートを行った

4) 結果

①被験者属性情報

被験者属性情報のまとめを下表に示した。

性別	年代(代)	人数(人)
女性	20-30	1
男性	20-30	2
	30-40	1
	40-50	2
	20-30	1
	未記入	1
計		8

表 3-3-2 被験者属性情報のまとめ

②結果

館内物流と同じように速度に関する評価、旋回の評価、他充電時間や連続稼働時間に関する課題を指摘された。

一方で、コントローラの仕組みは理解できたものの、実際に台車を操作したときの操作性も低い評価となった。また、館内物流と違い、配送センター周辺では、スロープがあるため、その際の台車の自重も課題となった。

さらに配送センターでの作業は、屋外での作業に耐えられるような動き（坂道、コントロール部の単純さ）が求められた。

3.4 物流会社B ユースケース 物流センターでの検証

1) 目的

広スペース、平坦な路面状況下の倉庫内で、アシスト機能を使ったことでどの程度、身体的負荷を軽減したか検討した。

2) 場所/日程

2月25日(水) 13:00~16:00 物流会社B 物流センター

3) 実験内容

①概要

物流センター(倉庫)での決まった経路で、ロボット台車を試し、生産性の向上につながるか検証した。

②評価のポイント

さまざまな荷重、経路幅、往復回数など倉庫特有の環境下での使いやすさ・安全性を満たしているか。

③データ収集

アンケートまたはインタビュー。

④検証手順

- ・中・大荷物が格納される荷物棚のエリア内を移動した(経路幅約3m)
- ・小荷物が格納される荷物棚のエリア内を移動した(経路幅約1.4m)

4) 結果

①被験者属性情報

性別	年代(代)	人数(人)
男性	30-40	1
	40-50	2
計		3

表 3-4-3 被験者属性情報のまとめ

②結果

物流会社 A と同じように速度に関する評価、旋回の評価、他充電時間や連続稼働時間に関する課題を指摘された。

一方で、物流会社 A では最大積載重量が課題となっていたが、今回のアンケート結果では、現状の 100kg またはそれ以下で良いという結果であった。インタビューについては、物流会社 A と同じような回答が得られた。倉庫特有の傾向として、台車を使う際の積載重量は大きくないため、操作が重要視される傾向にあった。

第4章 かるがも機能の評価

4.1 概要

1) かるがも機能の概要

かるがも機能とは、作業員や親機にもう1台の台車が追従することができる機能である。作業員の負担なく、2倍以上の荷物を運ぶことができる。

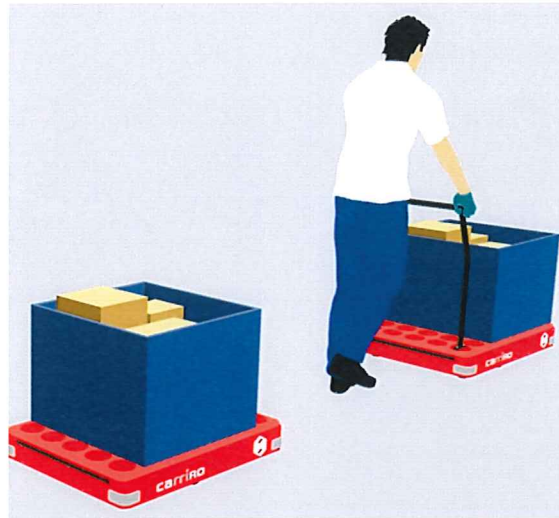


図 4-1-1 かるがも機能のイメージ図

2) ビーコン

追従機能を実現するためにビーコンを用いた。

4.2 物流会社 A ユースケース① 館内物流での検証

1) 目的

追従機能を使ったことで、特にどの程度生産性の向上に寄与するか検討した。

2) 場所/日程

2月23日(月) 8:00~10:00 商業施設 館内物流

3) 実験内容

①概要

館内物流内での決まった経路で、ロボット台車を試し、生産性の向上につながるか検証した。指定の通路から館内へ荷物を運んだ。負荷の軽減、使いやすさ・安全性をアンケート及びインタビューで評価した。

②評価のポイント

エレベータやL字通路を含む館内特有の環境下での使いやすさ・安全性を満たしているか。

③データ収集方法

アンケートまたはインタビュー。

④検証手順

- ・L字型通路数十mで、かるがも機能を体験した。
- ・アンケートへの記入、アンケートを行った。

4) 結果

①被験者属性情報

アシスト機能の実験と同じ。

②結果

かるがも機能の課題として、第一に安全性を確保できるかという課題があった。また生産性向上につながるためには、確認する時間、スピード、柔軟性を現場の状況にフィットさせられるかが課題となった。

4.3 物流会社A ユースケース② 配送センターでの検証

1) 目的

館内物流と同じ。

2) 場所/日程

2月23日(月) 13:00~16:00 物流会社A 配送センター

3) 実験内容

①概要

センター内で、被験者にかかるがも機能を試してもらい生産性の向上につながるか検証した。

②評価のポイント

使いやすさと安全性。

③データ収集方法

アンケートまたはインタビュー。

4) 結果

①被験者属性情報

アシスト機能の実験と同じ。

②インタビューの結果

館内物流のインタビューの結果とほぼ同じ内容が得られた。

4.4 物流会社Bでの実験

1) 目的

倉庫内でアシスト機能を使ったことでどの程度、どの程度生産性の向上に寄与するか検討した

2) 場所/日程

2月25日(水) 13:00~16:00 物流会社B 物流センター

3) 実験内容

①概要

物流センター(倉庫)での決まった経路で、ロボット台車を試し、生産性の向上につながるか検証した。

②評価のポイント

生産性の向上を満たしているか。

③データ収集

アンケートまたはインタビュー。

③ 検証手順

中・大荷物が格納される荷物棚のエリア内を移動した。

4) 結果

①被験者属性情報

男性 40-50代 1名

②結果

アンケートの結果より、かるがも機能に対しては、安全性に対する要求が大きかった。生産性については、20～40%向上したとの結果が得られた。インタビューの結果から、安全性の向上には、障害物を感知した際のブレーキ機能や通知機能が必要であることが分かった。また、アシスト機能と同様に追従速度を上げること、子機の大きさを小さくすることが求められた。

第5章 考察

5.1 アシスト機能

アンケート結果より、既存台車と比較して、20～40%の負荷軽減を感じた被験者が多かった。アシスト機能を使うことで、負荷軽減につながる事が示された。

さらなる負荷軽減につなげるためには、例えば、最初に動かす時のみ、傾斜がある時のみ、状況に応じてアシストするといった工夫が期待される。

5.2 かるがも機能

かるがも機能を使うことで、生産性の向上(搬送量の増加による歩数の減少)につながる事が示唆された。さらなる負荷軽減につなげるためには、子機の追従速度や柔軟性を改良する必要がある。

5.3 今後の方向性

今回の実験より、アシスト機能、かるがも機能を導入することで負荷軽減、生産性向上につながる事が分かった。速度や、追従精度といった機能面でのブラッシュアップは引き続き行っていく。今後は、以下のような環境下でも実験を検討していきたい。

①アシスト機能

- ・坂道や段差等より負荷が高い環境下でのアシストによる負荷軽減の効果

②かるがも機能

- ・大型倉庫内での、高精度、高柔軟性をもったかるがも機能による生産性向上の効果
- ・大型倉庫内での、かるがも台車の自律移動による生産性向上の効果
(ある荷重に達すると自動的に指定の集配スペースまで行き、荷物を降ろし、空状態になると、作業者のもとにもどってくる等)