開発レポート　Development Report

前輪駆動・後輪オムニホイール走行機構の開発と旋回特性

Development of a Front-Wheel-Drive / Rear-Omni-Wheel Drive Mechanism and Its Turning Characteristics

レポート番号	MTIC-DR-2026-001　Rev.2
団体	NPO 法人松戸技術革新センター M-TIC　松戸ロボット研究会
著者	大城 公平
発行日	2026 年 10 月 25 日（改訂第 2 版）　初版：2024 年 7 月 28 日
対象機体	ボックス型輸送ロボット（CTR シリーズ初期機）
分類	開発レポート／走行機構・駆動制御
機体状態の基準日	2026 年 9 月 22 日（改造後の現行機）

本レポートの数値と機体状態について　本機は研究開発段階にあり随時改造されるため、記載の仕様は基準日時点のものであり、現在の実機と一致することを保証しない。数値には種別を付す：**公称**＝カタログ・設計値、**実測**＝実際に計測した値（記載桁が測定分解能）、**概算**＝目測・推定値、**計算値**＝実測寸法からの幾何計算。表 1 のデューティ比は 2024 年初版時点の設定値である。

概要

施設内で荷物を運ぶ直方体の運搬ロボットを、狭い通路でも旋回しやすくすることを目的に、前輪をゴムタイヤの駆動輪、後輪を受動のオムニホイールとする走行機構を開発した。従来の後輪自在キャスター構成では、旋回や前進・後退の切り替え時にキャスターの向きが反転するまで抵抗が生じ、狭い通路での旋回が安定しなかった。後輪をオムニホイールに置き換えた結果、切り替え抵抗が解消し、前輪 2 輪のデューティ比の組み合わせにより直角通路での方向転換を 3 パターン（前進カーブ・スピン・旋回）で実現した。現行機の実測寸法（全長 670×幅 365×高さ 670 mm、ホイールベース 400 mm、トレッド 250 mm、駆動輪は前端から 200 mm）から旋回時に車体が振り回す円の半径を計算すると、スピンで 500 mm、片輪旋回で 560 mm となり、いずれも最大となるのは後端の角である。駆動輪が前寄りにあるため、旋回時に機体の後方が外側へ大きく振れることは、寸法からも説明できる。車輪位置を変えた試験台車による後方の振れの低減を次段階の検証とする。

1. 背景と目的

1.1 開発背景

ボックス型輸送ロボットの走行機構として、前輪をゴムタイヤの駆動輪、後輪を受動のオムニホイールとする構成を開発した。開発の出発点は、従来の機体で採用していた「前輪駆動・後輪自在キャスター」構成の課題である。自在キャスターは回転軸と接地点がずれているため、旋回や前進・後退の切り替え時に車輪の向きを変える分の力が余分に必要になり、狭い通路での旋回が安定しなかった。

1.2 目的と目標

本開発の目的は、後輪をオムニホイールに置き換えることで、この切り替え抵抗をなくし、狭い空間での旋回性能と直進安定性を両立させることである。

目標：直角通路を、その場旋回を含む 3 パターンの操作で通過できること。

2. システム構成

2.1 走行機構

四輪構成。前輪 2 輪が駆動輪（ゴムタイヤ、各輪独立モーター M1・M2）、後輪 2 輪が受動輪（オムニホイール）。進行方向の決定は前輪の左右回転差で行い、後輪は横方向に自由に転がることで前輪の動きに追従する（図 1）。駆動輪と受動輪を図 2・図 3 に示す。



図 1　今回製作したボックス型輸送ロボット（現行機）

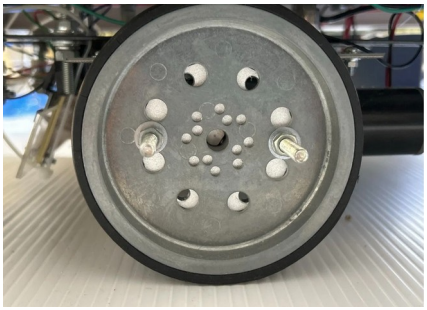


図 2　前輪：駆動輪（ゴムタイヤ）



図 3　後輪：受動輪（オムニホイール）

2.2 主要部品

区分	部品	備考
駆動輪	ゴムタイヤ ×2　外径 100 mm（実測・5 mm 単位）	各輪独立の DC モーター駆動
駆動モーター	減速機付き DC モーター ×2　12 V、トルク 20 kgf·cm（2.0 N·m 換算、公称）	PWM 速度制御
受動輪	オムニホイール ×2　外径 100 mm（実測・5 mm 単位）	後輪。横方向に自由回転
制御	Raspberry Pi（型番は初版時点で未記録）	ライン・測距・各種センサー入力を処理しモーター指令を出力
モータードライバ	IBT-2 モジュール ×2（H ブリッジ、公称）	左右モーターに 1 枚ずつ。Raspberry Pi の PWM で速度制御
電源	鉛蓄電池 12 V 20 Ah（公称）	停止時電圧 12.6 V（実測）
筐体	直方体ボックス型（アルミフレーム＋パネル）	1 段構造のトランク

Copyright © 2026 Matsudo Technology Innovation Center. All rights reserved.

区分	部品	備考
寸法・質量	全長 670 × 幅 365 × 高さ 670 mm（実測・5 mm 単位）／ 32 kg（実測・1 kg 単位）	高さは床〜天板（ディスプレイ・コードリーダーを除く）
ホイールベース／トレッド	400 mm ／ 250 mm（実測・5 mm 単位）	前後輪の接地点間／左右駆動輪中心間。図 9 の検証で変える寸法
車輪位置	前端〜駆動輪中心 200 mm／後端〜オムニ中心 70 mm（実測・5 mm 単位）	駆動輪が前寄り。旋回時の後方の振れの原因

直方体形状を選んだ理由は、重心を低く保ちやすいこと、トランク底面積を広く取れること、加工と保守が容易なことである（2.4 節、図 4）。

2.3 機構の特性（背景）

要素	本機構で期待する特性
前輪駆動（ゴムタイヤ）	駆動輪が重心に近くトラクションが得やすい。駆動力が前輪に集中するため直進安定性が高く、制御が単純
オムニホイール（受動）	円周上の小ローラーにより横方向へ自由に転がる。前輪の左右回転差で生じる横移動を抵抗なく受け流し、その場旋回・斜め移動を可能にする
組み合わせ	前輪＝推進と方向決定、後輪＝追従。自動車に近い四輪配置のため、ボックス型の積載面と両立する

2.4 ボックス型（直方体）を選んだ理由

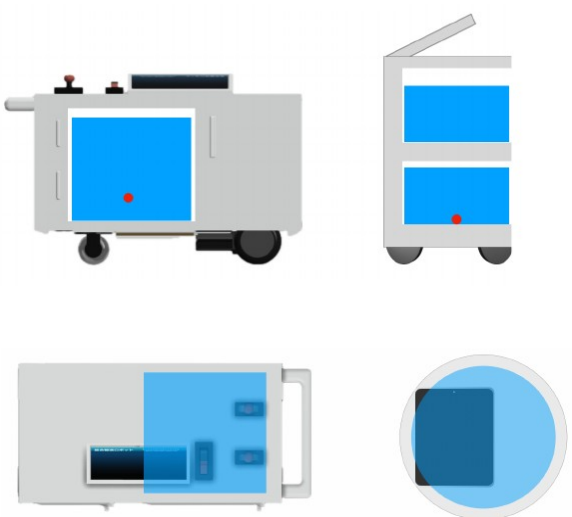


図 4　積載時の想定重心（左：本機ボックス型　右：円柱型）※概略図。重心は機体の大きさ・質量で異なる

- 重心が低くなりやすく転倒しにくい。1 段構造のトランクで底面積を広く取れる
- 内部に機器・バッテリー・電子部品を整然と配置でき、保守が容易（図 5）
- 板材の加工で製作でき、設計から製造までが速く、材料の無駄が少ない

Copyright © 2026 Matsudo Technology Innovation Center. All rights reserved.



図 5　内部配置（左：設計図　右：製作中の実機）

3. 検証方法と結果

3.1 検証方法

直角通路を用い、前輪 2 輪のデューティ比の組み合わせを変えた 3 パターンで通過の可否を確認した。積載なし、屋内平坦床。通路を 4 区間（I〜IV）に分け、区間ごとにデューティ比を切り替えた。

3.2 旋回動作の結果

直角通路での方向転換を、前輪 2 輪のデューティ比の組み合わせで 3 パターン実現した（図 6）。通路を 4 区間（I〜IV）に分け、区間ごとに M1・M2 のデューティ比を切り替える。負の値は逆転を表す（図 7）。

区間	① 前進カーブ M1	M2	② スピン M1	M2	③ 旋回 M1	M2
I	100	100	100	100	100	100
II	80	40	100	100	100	100
III	80	40	50	−30	80	0
IV	100	100	100	100	100	100

表 1　直角通路通過時の前輪デューティ比（%）　M1：左駆動輪　M2：右駆動輪

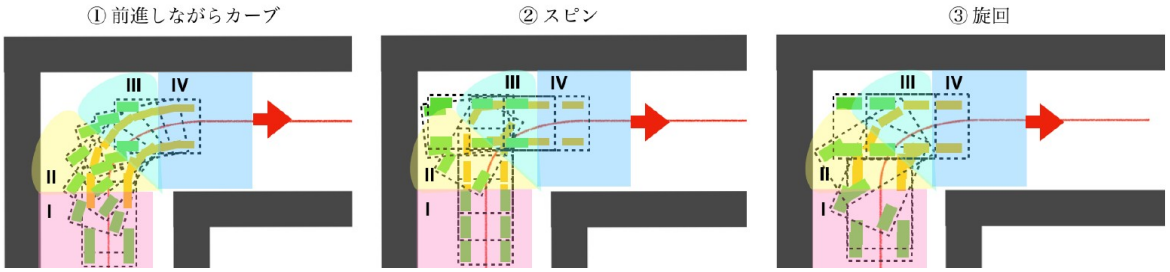


図 6　3 パターンの車輪軌跡（橙：駆動輪、緑：オムニホイール、赤：前進方向）

3 パターンいずれでも通路を通過でき、後輪の自在キャスターで発生していた切り替え時の引きずりは解消した。

Copyright © 2026 Matsudo Technology Innovation Center. All rights reserved.

3.3 従来機構との比較

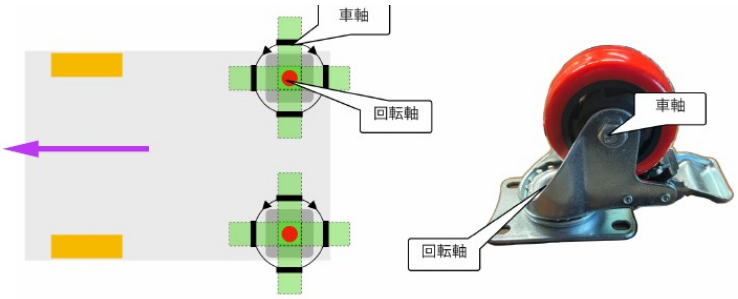


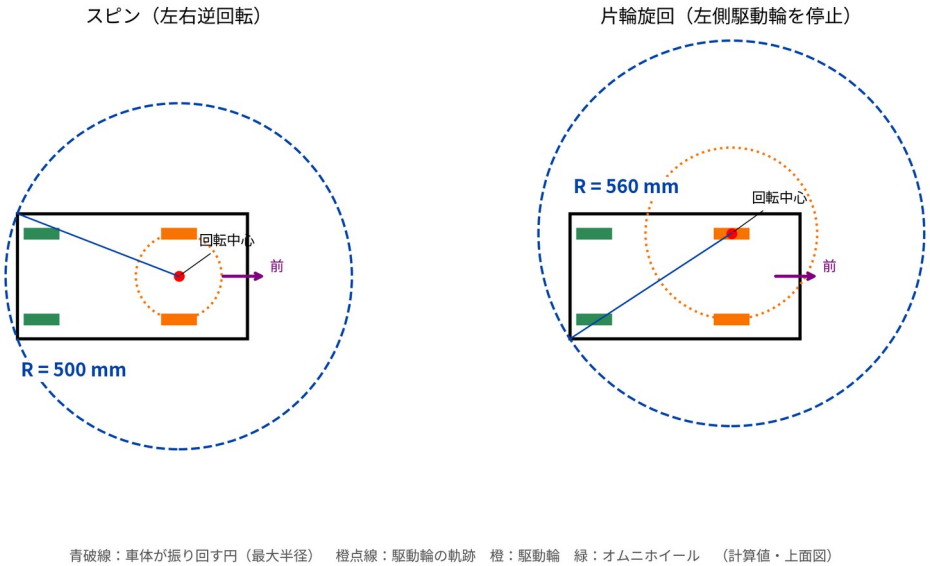
図 7　従来機構（後輪自在キャスター）と、回転軸・接地点のずれ

項目	従来：後輪自在キャスター	本機：後輪オムニホイール
前進⇄後退の切り替え	キャスターの向きが反転するまで抵抗が発生	抵抗なし（横方向に自由回転）
その場旋回	困難	可能（②スピン）
車体が振り回す最大半径（スピン）	—	500 mm（計算値、後端の角）
車体が振り回す最大半径（片輪旋回）	—	560 mm（計算値、反対側後端の角）

※ 表 1 のデューティ比は 2024 年初版時点の値。半径は現行機の実測寸法からの計算値（各寸法 ±2.5 mm による誤差は ±5 mm 程度のため 10 mm 単位で表記）。

3.4 旋回時に車体が振り回す範囲（計算）

駆動輪軸の中点を原点とし、車体の四隅までの距離を求めた（図 8）。スピン（左右逆回転）では回転中心が駆動輪軸の中点となり、駆動輪は半径 125 mm の円を描く。車体の前端の角は 270 mm しか振れないのに対し、後端の角は 500 mm まで振れる。片輪旋回（片側の駆動輪を停止）では停止した車輪が回転中心となり、外側駆動輪の軌跡半径はトレッドと等しい 250 mm、車体の最大半径は反対側後端の角で 560 mm となる。その場で向きを変えるには直径約 1.0 m の空間が必要である。



青破線：車体が振り回す円（最大半径）　橙点線：駆動輪の軌跡　橙：駆動輪　緑：オムニホイール　（計算値・上面図）

図 8　旋回時に車体が振り回す範囲（計算値・上面図）

Copyright © 2026 Matsudo Technology Innovation Center. All rights reserved.

4. 課題と考察

- **後方の振れ：**旋回時に後輪が横方向へ自由に流れるため、機体後方が外側へ大きく振れる（図 6）。直角の狭い通路では壁との干渉が起きやすく、区間ごとのデューティ比調整が必要になった。制御の複雑さはこの特性に起因する。
- **エネルギー効率：**オムニホイールは小ローラーの転がり抵抗と横流れによる損失があるため、通常の車輪に比べて効率が下がることが推定される。本レポートでは電流を計測しておらず、定量的な評価は今後の課題とする。
- **部品コスト：**オムニホイール単価が一般のキャスターより高く、機体全体のコストを押し上げる。

5. 今後の展望

5.1 検証計画

課題の中心は「後方の振れ」と「エネルギー効率」であり、いずれも駆動輪とオムニホイールの位置関係（ホイールベース・トレッド）に依存すると推定している。次の検証では、車輪位置を変えられる試験台車を製作し、以下を計測する。

計測項目	方法	判定基準
旋回半径・後方の振れ幅	床面マーキングと上方カメラで軌跡を記録し、計算値（500／560 mm）と比較	現行配置（WB 400／トレッド 250 mm）を基準に、振れ幅の縮小量で評価
消費電流	モーター電源ラインに電流計を挿入し、3 パターン各 5 回計測	従来機構（自在キャスター）との比で評価。基準値は初回計測で設定
走行距離・速度	駆動輪エンコーダー	各パターンの再現性確認
シミュレーション	CAE による車輪配置と旋回モーメントの検討	計算値との差が 10 % 以内であれば、計算で設計検討できると判断する

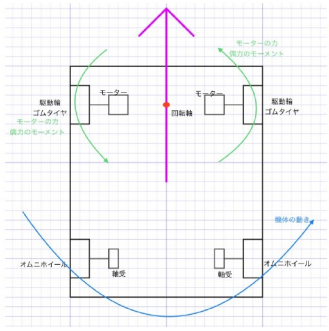


図 9　旋回時の駆動力とモーメント（左旋回・スピン）。車輪位置を変えて計測する

5.2 応用の可能性

本機構は四輪配置で積載面を広く取れるため、狭い通路を持つ屋内での物品搬送（倉庫・事務所・施設内配送）に向くと考えられる。案内ロボットなどサービス用途、および走行機構の研究プラットフォームとしての利用も想定している。いずれも 5.1 の検証計画で車輪配置を確定した後の展開とする。

Copyright © 2026 Matsudo Technology Innovation Center. All rights reserved.

6. まとめ

前輪駆動・後輪オムニホイールの走行機構により、従来の自在キャスターで発生していた切り替え抵抗を解消し、直角通路での 3 パターンの方向転換を実現した。現行機の実測寸法から、旋回時に車体が振り回す最大半径はスピンで 500 mm、片輪旋回で 560 mm と計算され、駆動輪が前寄りであることが後方の振れの主な要因だと、寸法のうえでも確かめられた。次段階では車輪位置を変えた試験台車で後方の振れと消費電流を計測し、本機構の適切な車輪配置を決める。この結果は、CTR シリーズ以降の走行機構を設計するときの出発点になる。

参考資料

“Robot Wheels: A Guide for Mobile Robotics.” Studica Robotics.

改訂履歴　初版（2024-07-28）松戸ロボティクス名義で発行。　改訂第 2 版（2026-09-26）現行機の実測値（寸法・車輪位置・質量・電源電圧）、旋回時に車体が振り回す範囲の計算（3.4 節）、モータードライバの仕様を追加し、写真・図を現行機に更新。　2026-10-25　文章を見直し、検証計画の判定基準を記入。

Copyright © 2026 Matsudo Technology Innovation Center. All rights reserved.