技術レポート　Technical Report

インホイールモーターの駆動検証と低速制御の課題

Drive Verification of an In-Wheel Motor and Issues in Low-Speed Control

レポート番号	MTIC-TR-2026-002
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（A4 版・改訂）　初版（A3 ポスター）：2026 年 8 月 21 日
対象	運搬・作業用移動ロボットの駆動系（検証台）
分類	技術レポート／駆動・モーター制御
機体状態の基準日	2026 年 8 月 20 日

本レポートの数値と機体状態について　本検証系は研究開発段階にあり随時変更されるため、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。

概要

荷物の運搬や作業を行う移動ロボットの駆動系として、ブラシレス DC インホイールモーター（200 W クラス）の採用を検討している。減速機やベルトを介さずタイヤ内部に駆動部を内蔵するため機体の簡素化と静粛性が期待できる一方、荷物を載せた状態での位置合わせや狭い場所での移動では「低速で滑らかに、かつ力強く」動くことが求められる。アナログ速度指令（SV 0〜5 V）による駆動検証を 2 回実施した。初回（8/15）の低速・低トルク症状は安定化電源の電流制限（2 A）が原因と判明し、制限を 10 A に開放した再試験（8/20）では低速域でコギングのない滑らかな回転を確認、負荷印加時の電流は 3.0 A（実測）まで上昇した。しかし低速時のトルクは依然弱かった。機器は正常に動作していたことから、アナログ速度指令に比例して駆動が絞られる制御方式の特性による可能性が高いと考えている。次段階として RS485（Modbus）によるレジスタ直接制御で低速×高トルクの両立を検証する。

1. 背景と目的

1.1 開発背景

インホイールモーターはホイール内部にブラシレス DC モーター（アウターローター型）を内蔵し、タイヤ自体が回転子として駆動する。減速機・シャフト・ベルトが不要で駆動系の部品点数を大幅に削減でき、機体内部の空間を確保しやすい。一方、減速機を持たないため低速域の回転品質はモーター自体の制御品質に直接依存する。運搬・作業ロボットに求められる「ゆっくり・力強く」の実現可否が本検証の主題である。

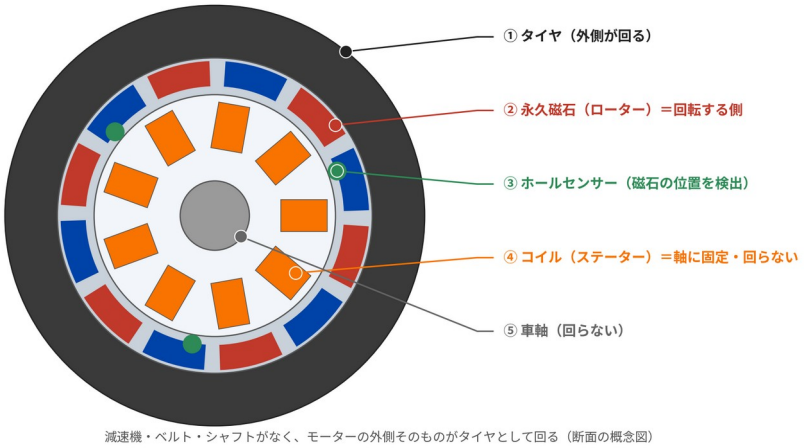


図 1　インホイールモーター（アウターローター型ブラシレス DC モーター）の構造（断面の概念図）

車軸に固定したコイル（ステーター）の外側を、永久磁石を並べたローターが回り、そのローターの外側がタイヤになっている（図 1）。ホールセンサーが磁石の位置を検出し、ドライバがそれに合わせてコイルの電流を切り替えることで回転する。

機体の駆動にインホイールモーターを使うかどうかを決める材料として、長所と短所を表にした。

観点	長所	短所
構造	減速機・ベルト・シャフトが不要で部品が少なく、機体内の空間を確保しやすい	タイヤ径＝モーター径になるため、モーターの選択肢がタイヤの大きさに縛られる
静粛性	減速機のギア音がない	—
低速トルク	—	減速機で増やせないため、低速の力はモーターとドライバの性能に直接依存する（本レポートの主題）
整備	駆動系の可動部が少なく、ベルトの調整などが不要	モーターが車輪の中にあるため、故障時は車輪ごと交換になる
制御	ホールセンサー付きなら市販の BLDC ドライバで回せる	低速で滑らかに回すにはドライバの制御方式（アナログ／デジタル）の選び方が効く

1.2 目的と目標

アナログ制御による駆動検証で機器の正常動作を確認し、低速域の回転品質とトルクを評価する。あわせて低速制御の課題を特定し、次段階の検証方針を定める。

目標：低速域でコギングなく回転し、負荷に対してトルクが立ち上がること。検証環境と検証対象のモーターを図 2・図 3 に示す。

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

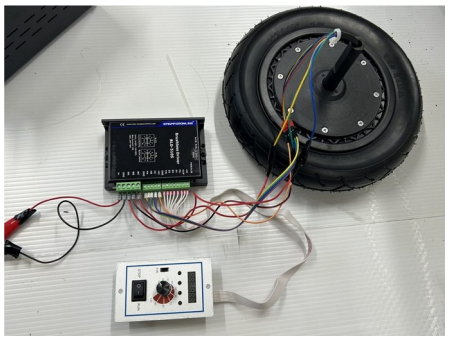


図 2　検証環境の全景



図 3　検証対象のインホイールモーター

2. システム構成

区分	仕様
モーター	ブラシレス DC インホイールモーター（ホールセンサー内蔵・200 W クラス、公称）
ドライバ	STEPPERONLINE BLD-510S（BLDC 用・RS485 Modbus 対応）
操作パネル	DBLC-01（速度表示・速度つまみ・正逆転・RUN/STOP）。アナログ速度指令 SV 0〜5 V を生成
電源	直流安定化電源 24 V（最大 10 A、公称）
接続	DBLC-01 と BLD-510S の 8 端子を 1 対 1 で接続（図 4）

制御の本体は BLD-510S が担い、DBLC-01 はアナログ速度指令を生成する操作盤である。



図 4　ドライバ（BLD-510S）と操作パネルの接続

3. 検証方法と結果

3.1 検証方法

電源電圧 24 V で、操作パネルの速度つまみにより低速域で回転させ、無負荷時と手で負荷を与えた時の電源表示電流を読み取った（操作パネルは図 6）。電流値は電源の表示をそのまま読み取った値（表示桁のまま）で記し、負荷時は表示が変動するため代表値を用いた。検証は 2 回実施した（8/15：電流制限 2 A、8/20：電流制限 10 A）。

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

3.2 結果

検証①（8/15）：低速・低トルクの症状が見られたが、原因は安定化電源の電流制限（2 A）が 200 W クラスのモーターに不足していたことと判明した。配線・ホールセンサー・ドライバ・パネルはすべて正常動作を確認した。

検証②（8/20）：電流制限を 10 A に開放して再試験した結果を表 1・図 5 に示す。

項目	結果（8/20）
低速域の回転品質	コギングなく滑らか
無負荷時の電流	0.15 A（実測、電源表示）
負荷印加時の電流	3.0 A まで上昇（実測、代表値）
電源の動作	定電圧（C.V）維持・電流制限に非到達
低速時のトルク	依然として弱い（定性評価）

回転数とトルクの数値は取れていない。5.1 節の計画で測る。

表 1　検証②の結果

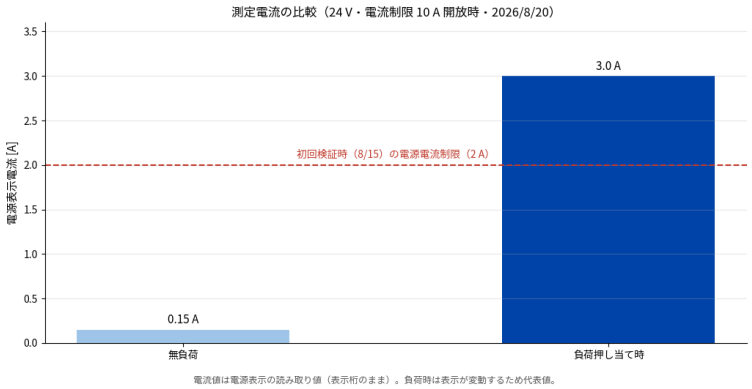


図 5　測定電流の比較（24 V・電流制限 10 A・2026/8/20）

負荷を与えると電流が応答して増加することから、機器の能力自体は正常である。負荷時電流（3.0 A）は初回検証時の電源電流制限（2 A）を超えており、初回の低トルクの原因は電源の制限だったと判断できる。



図 6　動作中の DBLC-01 パネル（回転数表示）

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

4. 課題と考察

- **低速×高トルクの両立：**アナログ制御（SV 電圧）では速度を下げると同時に出力も痩せる。機器はすべて正常に動作していたことから、低速時にトルクが細る現象は故障ではなく、アナログ速度指令に比例して駆動が絞られる制御方式の特性によるものと考えられる（次段階の RS485 制御との比較で確かめる）。運搬・作業で必要な「ゆっくり・力強く」が両立しない。
- **仮説：**ドライバ内部のレジスタを直接指定するデジタル制御（RS485 Modbus）であれば、速度と電流（トルク）の指令を分離でき、低速×高トルクが成立する可能性がある。
- **測定の限界：**本検証は電源表示の読み取りと手の感覚による定性評価であり、トルク・回転数の定量値は得ていない。

5. 今後の展望

5.1 検証計画

計測項目	方法	判定基準
RS485（Modbus）制御での低速回転	USB-RS485 変換器（SH-U11）経由で BLD-510S の制御レジスタ（0x8000）・速度レジスタ（0x8005）を直接操作	80 rpm 以下で滑らかに回り、負荷に対して粘る
回転数	パネル表示または外部回転計で記録	指令値と表示値の差を記録
負荷時電流	電源表示を読み取り、アナログ制御時と比較	同一負荷でアナログ制御時より高い電流が流れる（トルク発生）

5.2 応用の可能性

本結果は、M-TIC が開発中の運搬ロボットとピッキングロボットの駆動系をどう設計するかに、そのまま関わる。低速×高トルクが成立すれば、減速機なしの静粛な駆動系として採用を検討する。

6. まとめ

インホイールモーターの機器検証を完了し、低速域でコギングのない回転品質を確認した。初回検証の低トルクは電源の電流制限が原因であり、開放後は負荷時 3.0 A（実測）までトルクが立ち上がった。残る課題である低速時のトルク不足はアナログ制御の特性による可能性が高く、次段階の RS485 レジスタ制御で低速×高トルクの両立を検証する。

参考資料

STEPPERONLINE, “BLD-510S Brushless DC Motor Driver” ユーザーマニュアル

改訂履歴　初版（2026-08-21）A3 ポスターとして発行。　A4 版（2026-09-30）検証方法の詳細、構造の図、長所・短所の整理、検証計画を追加。　2026-10-25　文章を見直し、誤記を訂正。

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