災害時の運搬支援を目的としたリフト機能付き不整地対応型電動猫車「NekoQ」の開発

-一次試作機の設計と大阪万博展示による評価-

○岡本 裕 高角 怜志 広瀬 茂男（HERO 研）

災害現場の狭隘不整地における物資・傷病者搬送支援を目的に，リフト機能付き不整地対応型電動猫車「NekoQ」を設計・試作した．本機は 100 kg の搭載が可能で，最大段差 140 mm を踏破できるほか，ハンドル操作で荷台を昇降させるリフト機構と路面追従性を高める電動減圧タイヤを備える．大阪・関西万博（2025/5/4–10）にて来場者に対し本試作機によるデモンストレーションを行い，人搬送性と走破性に高評価を得た一方，荷台揺動や操作者負荷などの課題も得られた．本稿では試作機の設計概要と万博デモの評価結果を報告する．

1. はじめに

災害現場では，倒壊した構造物や瓦礫による段差，ぬかるみなどによって徒歩での移動すら困難な不整地が広範に存在し，さらに搬送経路が人ひとり分の幅しかない狭隘部が多数生じる．これらの狭隘部では，自衛隊の資材運搬車やショベルローダなどの大型機材は進入できず，小型の人力手段に頼らざるを得ない．このような環境下で資材・物資を搬送する手段としては，土嚢袋やリュックサックを担いだ手運び，あるいは図 1 のような手押し台車・リヤカーといった人力機器が一般的に用いられるが，搬送可能な環境と作業速度の双方に限界がある． 怪我人等の搬送においては，従来の車



図 1　災害時の物資運搬方法例

いすや歩行補助機器は，不整地ではスタックや転倒のリスクが高く，実運用は容易でない．負傷者や歩行困難者の搬送には通常担架が用いられるが，1 人を運ぶのに少なくとも 2 人の作業者を要し，作業効率が低い．作業者自身が足場の悪い不整地を移動しなければならない場合，労力はさらに増大し，搬送遅延の要因となる．一人搬送担架「タフレンジャー ®」[1] のように作業者 1 人で搬送できる製品も登場しているが，従来型の車輪を採用しているため，段差や瓦礫が点在する環境での走行は依然として困難である．

これらの課題を踏まえ，本研究では運搬用一輪車（いわゆる猫車）をベースとした不整地対応型電動猫車「NekoQ」を開発した．本稿では，NekoQ の一次試作機についての設計内容と，2025 年大阪・関西万博での展示を通じて得られた社会的反応について述べる．

2. 開発機 NekoQ について

2.1 概要

NekoQ の 1 次試作機について説明する．本機は，災害現場の狭隘部での物資運搬を想定し，軽快な操作性を持つ猫車をベースに開発を行った．そこに，積載容易性（荷物の荷台への容易な積み込み）と不整地踏破性（段差・瓦礫上の走破）を実現させる機構を導入した．NekoQ は 図 2 に示すように，ハンドルユニット，荷台ユニット，駆動ユニット，シャーシの 4 つの主要モジュールで構成され，以下の機能を備える．



図 2　NekoQ の外観と構成

- 荷物を高所に積み降ろす作業を補助するリフト機構を搭載し，操作者の腰部負担を軽減.
- 空気を抜いた低圧タイヤの採用により軟弱地盤上での接地圧を低減し，通常のタイヤでは越えられない段差も乗り越える走行性能を確保
- 高トルク電動駆動により，軽い操作力で荷重状態でも段差越えや勾配走行が可能.
- ハンモック形状の荷台により，緊急時には人の搬送も可能.

2.2　主機能について

2.2.1　積込支援

災害時の物資運搬では，地面から荷台へ重量物を持ち上げる作業が重労働となり，作業者に大きな負担を強いる．この問題を解決するために，NekoQ にはハンドルを利用した荷台のリフト機構を搭載した．本節では，この機能を実現する機構について説明する．

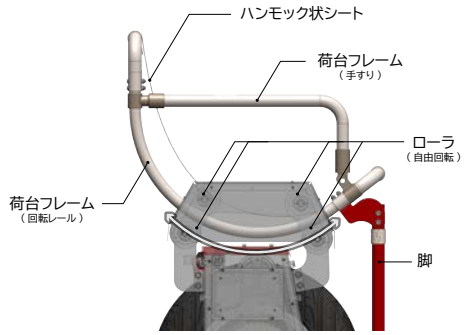


図 3　荷台ユニットの構造

まず，NekoQ の荷台は図 2,3 に示すように，災害現場での汚損を想定した交換式シートと，パイプ製の荷台フレームから構成される．シート裏面の面ファスナーを互いに貼り合わせてループ状の孔を形成し，そこへ荷台フレームを挿通することで，シート全体がハンモック状となり，その上に荷物を積載できる．荷台フレームはシャーシ側に取り付けたローラ 8 個（左右各 4 個）でガイドされ，矢印方向に自由回転する．回転レールの曲率半径を大きく取り，回転中心を荷物の重心より高く設定することで，回転中でも安定性を確保した．

次に，荷台をタイヤ上までリフトさせるハンドルユニットについて説明する．ハンドルユニットは 図 2 に示すように，ロック切替レバー，パイプ，ワイヤ，ロックモジュール，ケースで構成され，シャーシ左右に各 1 基設置される．ロックモジュールは，圧縮ばね，ロックギア A・B とケースで構成されるロックギア A はピンによってケース内を半径方向に摺動し，ロックギア B はボルトでシャーシ本体に固定される．両ギアが噛み合うことでハンドルのシャーシに対する相対角度がロックされる．噛み合いの ON/OFF の切り替えはハンドル先端のレバーで操作する．ハンドル内部を通りレバーとロックギア A をワイヤで連結し，レバーを倒すとワイヤがロックギア A を引き上げ，噛み合いが解除される仕組みである． この機構を用いると，操作者

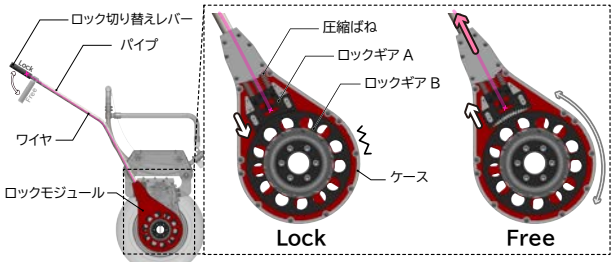


図 4　ハンドルユニットの構造

が自身の自重を片方のハンドルにかけるだけで，てこの原理により荷台がわずかに持ち上がる．この荷台が少し持ち上がった状態で片方のハンドルのロックを解除し，ハンドルを初期位置に戻す．この操作を左右ハンドルで交互に繰り返すことで，図 5 のように荷台をタイヤ上まで段階的にリフトアップできる．

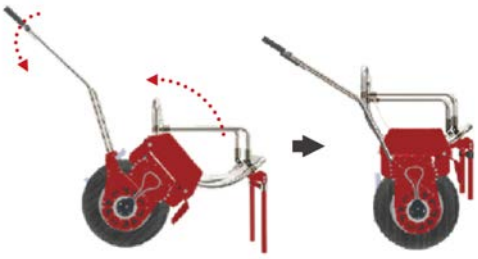


図 5　ハンドル操作による荷台の動作

2.2.2　不整地踏破

災害現場の不整地には段差や瓦礫，軟弱な泥濘地が連続し，通常の猫車では押し進むだけでも大きな労力を要する．この課題を解決するために，NekoQ は低圧で幅広のタイヤと高トルク BLDC モータを組み合わせ，狭隘不整地でも安定して走行できるよう設計した．NekoQ では次の 2 点により走破性を高めた．

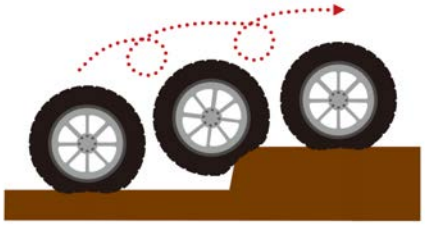


図 6　減圧タイヤの段差乗り越え動作

低圧タイヤ＋幅広トレッド

トライク用の幅広タイヤを採用し，空気圧を意図的に低減して低圧化した．接地面積を拡大することで泥濘地での沈下を抑え，低圧タイヤによって先行研究 [2] と同様に図 6 のようにタイヤのゴム自体が変形することで，段差越え時の階段昇降性能を向上させる．加えて，幅広トレッドは，一輪構成で生じやすい重心のぶれを抑制し，走行安定性を向上させる．

高トルク BLDC モータ駆動

BLDC モータとチェーン駆動による低速化により，荷重下でも十分な駆動余裕を確保した．低圧・幅広タイヤによって増加する転がり抵抗を補償しつつ，段差乗り越え時に必要となる瞬間トルクを供給できるため，荷重状態でも確実に登坂・段差越えを実現する．さらに，十分なストールトルクを確保しているため，段差を降下する際にもタイヤ

の重心が段差エッジを通過しても車体が急落下せず，制御された低速降下が可能である．

2.3　設計機体について

設計した NekoQ の外観を図 7 に示す．機体質量は約 50kg，搭載可能質量は 100kg（成人 1 名を想定）である．最高走行速度は 6km/h，最大段差踏破高は 140mm を達成した。

駆動ユニットはシャーシ右側に配置した BLDC モータがチェーンを介して後輪を駆動する構成とし，制御系および駆動系の電源はともにリチウムイオンバッテリを用い，約 6 時間の連続運転が可能である．タイヤ回転速度の操作インタフェースとして，図 7 の青色破線矩形で示したモーメンタリ型レバーを採用し，ハンドルを握ったまま親指で直感的に操作できるよう設計した。



図 7　NekoQ の外観

3.　展示と社会的反応

2025 年に大阪・夢洲で開催された大阪・関西万博において，赤十字のブース「未来の野外診療所〜ゼロ・エミッションの災害医療〜」[3] で医療介護サポートロボットの 1 つとして本試作機 NekoQ を出展 (2025/05/04-2025/05/10) した．　図 8,9 のように屋外デモゾーンにて来場者に対して展示員がマネキンを載せた設計機体を操作し，瓦礫を模したタイヤを踏破するデモンストレーションを行った．計 7 日間で約 700 名以上が来場した．来場者の口頭での評価としては,「人の運搬性」や「不整地走破性」が好評であった．加えて，来場者から，想定外の用途として「福祉施設での重量物搬送」,「農作業における資材運搬・登坂補助」などの提案が寄せられ，本機の応用可能性が拡大する手応えを得た．また，デモ実施後の来場者評価から以下の課題が得られた。

- 荷台の安全性：荷台昇降および走行中の揺れに対する不安感があり，シートベルトやヘッドサポートの追加など乗員拘束機構の改良余地がある．
- 操作感について：走行時の横揺れモーメントを操作者が支持する負担が大きく，その状態でのレバー操作は誤操作につながる可能性がある．



図 8　万博での NekoQ の展示ブース



図 9　NekoQ のデモンストレーション風景

- 室内での段差踏破性：屋外での段差踏破性能は十分である一方，室内階段（約 200mm）を自律的に踏破することは困難であること．

これらを踏まえ，次期モデルの改良を行っていく予定である．

4.　おわりに

本研究では，災害時の運搬支援を目的としたリフト機能付き不整地対応型電動猫車 NekoQ の設計・試作と，大阪・関西万博における実機デモンストレーションの結果を報告した．試作機は機体質量 50kg，搭載質量 100kg，最大段差 140mm を踏破可能であり，屋外不整地での人員・物資搬送という当初目標を達成した．万博ブースには多くの方が来場し，来場者の評価から「人の運搬性」「不整地走破性」が高く評価された一方で，荷台揺動による安全性や操作者の負担，室内階段（約 200mm）踏破能力といった課題も抽出された．

参　考　文　献

[1]　（有）システマックス，：“一人搬送担架「タフレンジャー」”，https://systemax-eng.jp/category1.html，2025/07/10 に閲覧

[2]　内田康之，古市和也，広瀬茂男，：“車輪の凹凸地踏破性

能評価と HS 車輪の開発”，日本ロボット学会誌, vol. 18, no. 5, pp. 743–751, 2000.
[3] Japanese Red Cross Society, ：“「未来の野外診療所〜ゼロ・エミッションの災害医療〜」を 5 月 4 日〜10 日に開催！”，https://expo2025.jrc.or.jp/news/2025/04-05-983_h4oj1/?id=1，2025/07/10 に閲覧
[4] 共同通信 KYODO NEWS, ：“「共に思いやりある未来を」 万博で赤十字・赤新月スペシャルデー”，https://youtu.be/_33R0yzljIk?si=9_eNwgd91ep6dGpX，2025/07/10 に閲覧 (動画 9-12 秒)