

くるま 電動四輪車いす「モンパル ML100」の開発

Development of a 4-wheel electric wheelchair-MonPal ML100

保 坂 潤*
Jun HOSAKA

乾 勉*
Tsutomu INUI

前 坂 清 富*
Kiyotomi MAESAKA

要 旨

歩行が不自由な方の移動手段として、楽しく、安心して快適に乗れるパーソナルモビリティを基本コンセプトに、四輪タイプの電動車いす「モンパル ML100」を開発した。その特徴は、後輪の接触や引っ掛けに配慮した後ろ絞りデザインである。また、トランスミッションとモータを一体化したパワートレイン及びコントロールシステムの開発により、登坂時のねばりを向上した。操作系には、とっさの場合にアクセルレバーを握り込んでも停止する機能や、操作を誤った際に急発進を防止したりブザーで知らせる機能などを採用した。

ABSTRACT

The MonPal ML100 is a 4-wheel electric motor-driven wheelchair developed aiming to achieve personal mobility which provides fun, freedom from care and comfort for those with restricted walking capability. It also comes with a rearward tapering design to prevent scraping and snagging.

The power train integrated with transmission and motor, and the control system are specially developed to provide slope-climbing capability.

If the driver needs to stop suddenly and grips the drive lever too hard instead of releasing it, the vehicle automatically comes to an emergency stop. The features those prevent sudden start-off and make sure the driver to know by a buzzer in the event of faulty drive lever operation are applied for support system.

1. はじめに

これからの日本はますます高齢化が進み 2000 年には 65 歳以上の人の割合が 6 人に 1 人、また 2010 年には 5 人に 1 人になると予想されている。

高齢になり歩行が不自由になってきたときにも、私たちが生き生きとした生活を送るには社会とのコミュニケーションが必要であり、そのためには自由に移動できる手段を確保することが大切である。

近年そういった高齢者の乗り物として利用され始めているのが、ハンドル型の電動車いすである。

「電動車いす」とは、道路交通法上は「身体障害者用の車いす」に含まれる。運転者は「歩行者」として扱われるので運転免許証を必要としない。

また、日本工業規格の規定では、主として外観及び用途により「標準型」と「ハンドル型」に分類されており、さらにハンドル型には三輪タイプと四輪タイプがある。

1985 年に市場に登場して以来年々この「ハンドル型」の台数は増加しているが、普及率は潜在的なニーズに比べると低いのが現状である。

その理由として、現状の交通インフラもさることながら、乗りたくても「気恥ずかしさ」から購入を見送るケースが多いことがあげられる。

そこで、この「気恥ずかしさ」を払しょくし、歩行が不自由な方でも積極的に外へ出かけることをサポートすべく開発されたのが、四輪タイプのハンドル型電動車いす「モンパル ML100」である。

2. 開発のねらい

モンパル ML100 の開発にあたっては、

●楽しく乗れるパーソナルモビリティ

●安心・快適・簡単な提供

を実現するために、

- (1)軽快感と安心感を兼ね備えたデザイン
 (2)坂道でも安心なねばりのあるパワートレイン
 (3)スムーズで快適な走行制御システム
 をポイントとした。

3. 概要

モンパル ML100 の外観を Fig.1 に、デザインコンセプトを Fig.2 に、また主要諸元を Table 1 に示す。



Fig.1 External view of MonPal ML100

スタイリングは、「楽しく乗れるパーソナルモビリティ」をキーワードに、乗り物の持つ楽しさや軽快感と、誰もが安心して乗ることができる新しいスタイルの提案を目指した。そのデザイン要点は以下の通りである。

- ・ワイドなステップとボデー上端を低く抑えたフォルム
- ・運転者に前側面を確実に意識させ、足元に安心感を与えるボンネットデザイン
- ・立体フォルムでホールド性を高めたシートデザインと、大径リアタイヤの採用により軽快感を強調



Fig.2 Design concept

Table 1 Major specifications

Items	Specifications
Overall length (mm)	1 190
Overall width (mm)	680
Overall height (mm)	1 080
Tread (mm)	Front: 590/Rear: 530
Curb weight (kg)	94
Motor	DC brush type
Batteries (rated at hours between recharges)	12V 35AH × 2 (sealed)
Tire sizes	Front: 3.00-4 Rear: 70/100-8
Drive systems	Direct 2-rear-wheel drive system (with differential)
Brake systems	Regenerative brake Electromagnetic brake Mechanical brake
Maximum speed (km/h)	6
Maximum continuous Running distance (km) (6km/h, flat road)	25

全体レイアウトを Fig.3 に示す。車体寸法は、日本工業規格の「電動車いす」に準拠し国家公安委員会の型式認定に適合するディメンションとした。車体前部に制御ユニットを、後部にバッテリー、充電器及びパワートレインを配置して居住スペースを確保した。

フロアは低く(地上高 150mm)、平らにして乗降性及び居住性に配慮した。

リアトレッドをフロントトレッドより狭くした後ろ絞りレイアウトとし、狭い道での後輪の接触や引っ掛けなどを起こしにくくした。

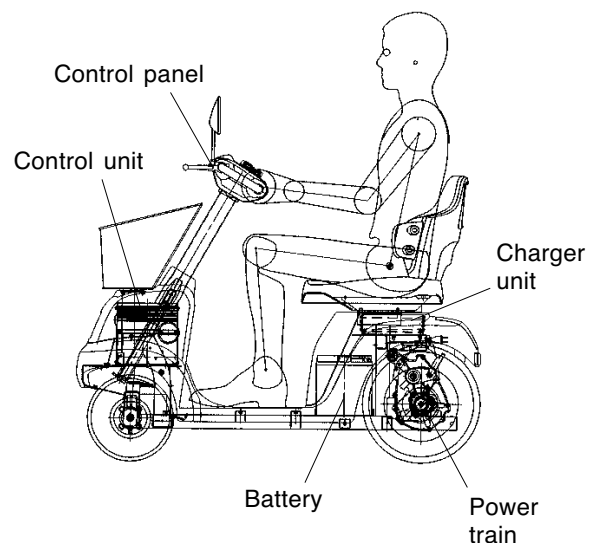


Fig.3 Layout of MonPal ML100

パワートレインは、リアトレッド内に収めるべく専用に開発し、偏平モータとトランスミッションを一体化した。

シートは、足腰の弱い人にとって必要な旋回時の遠心力をささえるホールド性と乗降性を両立させるため、腰骨部分のみを側面からささえる形状とした。

操作系は全てハンドル部分に集中させて、手で容易に行えるよう配慮した。特にアクセルレバーについては、走行・停止を一本で行う方式を採用し、走行時レバーを保持した状態でも疲れにくい構造とした。また、とっさにレバーを握り込んだ場合でも停止させる機能を採用した。さらには、操作を誤った際に発進を止めたりブザーで知らせる誤操作防止機能、旋回時の自動減速機能など安心して使えるよう配慮した。

4. コンポーネント技術

4.1. パワートレイン

パワートレインの外観を Fig.4 に、構造を Fig.5 に示す。



Fig.4 Power train

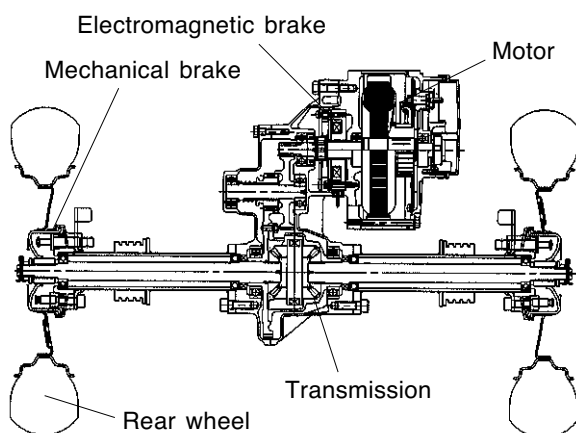


Fig.5 Layout of power train

トランスミッションに偏平モータを一体化させ、モータ軸に一次減速ギヤを配置した平行3軸型である。

また、本パワートレインにはブレーキとして、一次減速部には停止した際に自動的に作動する電磁ブレーキ、アクスル軸両端には手動で操作する機械式ブレーキ、及び坂を下る時に速度を一定に保つモータ自体の回生ブレーキを装備している。

4.1.1. トランスミッション

電動車いすに適した、低騒音、軽量なトランスミッションを新たに開発した。大径タイヤに効率良く駆動を伝えるため、減速比率を3軸二次減速方式で構成した。Fig.6 に示すように入力軸そのものにドライブギヤを形成し、駆動ギヤ歯数 10 を達成した。諸元を Table 2 に示す。

Table 2 Specification of transmission

Type	3 parallel shafts reduction gear
Input revolution (rpm)	Forward: 0~2 832 Reverse: 0~983
Reduction ratio	29.3
Clutch type	Constant mesh and manual separation
Dry weight (kg)	7.8

低騒音化のため、各ギヤの歯形・歯筋アライメントの適正化によるギヤノイズの低減と安定化を図った。特に、モータ入力軸のギヤを歯面研磨に替えて、高周波焼入れ・超硬カッターによる2度仕上げ(スカイピング)とした。



Fig.6 Input shaft and gear

軽量化のため、ケースの鋳造成形性と応力分散を考慮した「波打ちリブ形式」を採用した。ケースの標準肉厚は2mmと薄肉にして、従来と比べ約20%の軽量化を行った。Fig.7 にそのリブ形状を示す。

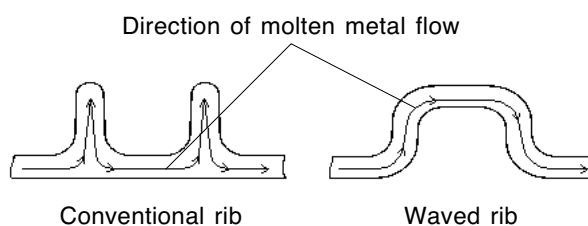


Fig.7 Rib shape

クラッチ機構には、通常走行時の確実な動力伝達のため、クラッチかん合部に特殊転造加工による逆テーパを設けた。クラッチ解除機構については、カムと、節度感をもたせるディテント機構を同軸に構成し、作動フリクションを低減させた。Fig.8 にその構造を示す。

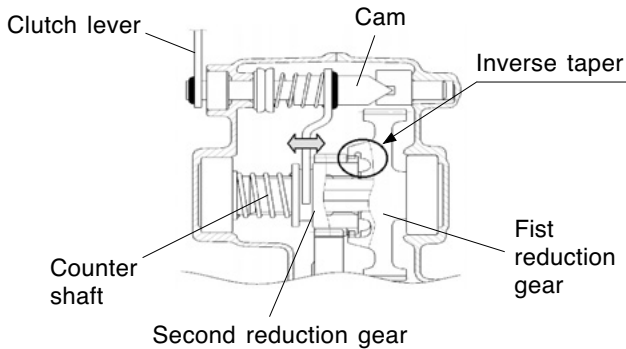


Fig.8 Clutch

生産技術面では、湯流れシミュレーションを使った最適な金型構造による3部品の一型化や、ピニオンギヤのかみ合い調しん力を利用した「デファレンシャル自動調しん機構」を採用し、ダイキャスト鋳肌に直接シャフトを差し込む等、省加工技術の工夫を行った。Fig.9 に構造を示す。

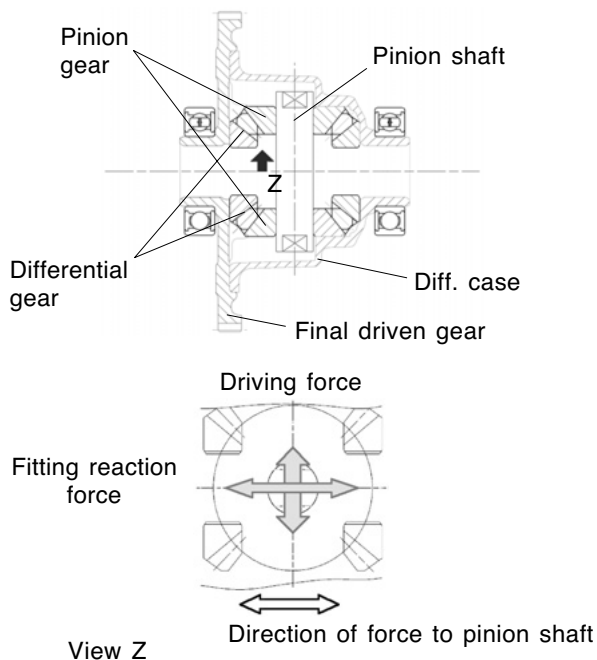


Fig.9 Differential

4.1.2. モータ

偏平円盤型のモータは、一般的なモータの積厚・電機子外径比1:1に対し、1:8.75の偏平比率となっている。主要諸元を Table 3 に示す。

Table 3 Specifications of motor

Motor	Rated power (V/W)	24/360
	Armature (mm)	Ø140×16 (31 slots)
	Winding	Wave class B
Sensor	Revolution	2-phase magnetic pickup
	Temperature	Thermistor

偏平比率を大きくすることにより、31 スロットという多極化が可能となり、セグメント間電圧を低く抑えることができた。また電機子が大きいことから熱引きもよく、過負荷タフネスを向上させることができ、坂道でもねばりのあるパワートレインを実現した。

4.2. コントロールシステム

コントローラは、16ビットマイコンを採用しモータドライバを一体化した。制御部は、中枢である「走行コントロール部」、運転者インターフェースである「インジケータ部」及び充電器と連携した「電源制御部」で構成され、全体システムマネージメントを行っている。Fig.10 にシステム図、Fig.11 にコントロールユニット内部を示す。

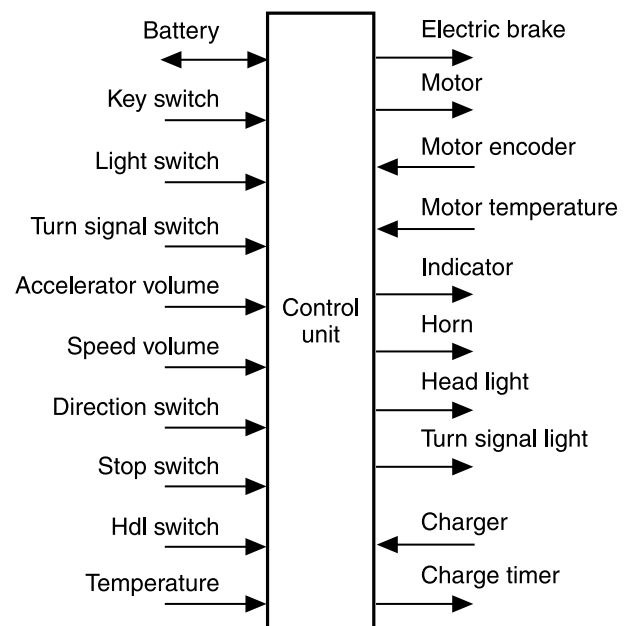


Fig.10 System diagram



Fig.11 Control unit

4.2.1. モータドライバ

FET を 2 個並列のフルブリッジ構成とし、モータの正逆転を制御している。アルミニウム押し出しケースで放熱フィンを構成し冷却効率を上げることでモータ出力を最大限引き出すことができた。

4.2.2. 制御部

(1) 走行コントロール機能

① 走行速度一定制御

モータ内蔵のホール IC 回転センサから回転数と回転方向をフィードバックするデジタル PI 制御を採用した。

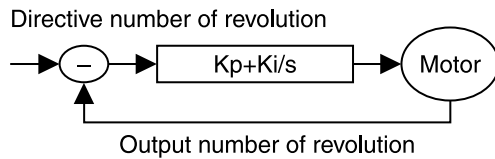


Fig.12 Speed control system

② 加速・減速パターンの最適化

速度設定つまみで設定した目標速度までの加速パターンとアクセルレバーを開放した時の減速パターンを、それぞれ 5 段階、10 段階にプロファイル設定しており、スムーズ発進、緩やか減速を図った。

③ 安心機能

ユーザが主に高齢者であることを考慮した安心機能を走行操作系に採用した。

- ・アクセルレバー握り込み停止機能
とっさの場合などに強く握り締めると停止する。
- ・急発進防止機能
アクセルレバーを握った状態で電源投入時の急発進を防止する。
- ・旋回時自動減速機能
ハンドル転舵時 4km/h まで自動減速する。

④ 警報・保護機能

さまざまな走行条件を考慮し、急な登坂走行時の「過負荷検出」, 「モータ過熱検出」, 段差乗り越え等のモータ拘束時の「モータロック検出」, バッテリ過放電を防止する「バッテリ残量不足検出」等、警報・保護機能を採用した。

(2) インジケータ制御機能

コントロールパネルに装備した 5 個の LED で、各種情報を運転者に伝達する。

① 残量表示

バッテリ電圧と電流から残容量を算出し、6 段階に表示する。充電完了と共に満充電表示に復帰する。

② 充電表示

充電進行状況をバッテリ電圧と経過時間より表示する。

③ 故障表示

回転センサ不良、充電器不良等 15 種類の故障内容を表示する。

④ 保守履歴表示

販売店での点検を容易にするため、過去に発生した故障の履歴を 5 回まで呼び出すことができる。走行距離、充電回数、充電時間を LED で表示する。

⑤ ヘッドライト点灯表示

ヘッドライトが点灯していることを左端 LED の点滅で表示する。消し忘れ等によるバッテリーの消耗を防止する。

インジケータ表示例を Table 4 に、外観を Fig.13 に示す。

Table 4 Indication

Condition	Indication	Comment
Battery power	●●●●●	
Charging	●●●○●	
Error mode	●○●●●	Motor lock
Maintenance history	●○●○●	Charge cycle: under 50
Headlight	○●●●○	Lighting on

● Lighting on ○ Lighting off ◎ Flashing



Fig.13 Control panel

(3) 電源制御機能

① 充電器

充電器は定電圧定電流方式で、充電電圧範囲は 29.6 ~ 32.2V、電流は 5A である。

あらゆる温度条件で確実な充電ができるように、外気温度に応じた出力電圧設定とした。また、電気用品取締法の認可を取得している。

② マネージメント機能

放電深度が浅い状態からの過充電によるバッテリー劣化を防止するため、バッテリーの状態に応じて 3 種類の充電モードを選択するシステムとした。

充電モードは次の通りである。

- ・通常充電モード：
設定電圧に到達後に 5 時間のタイマ充電を行う。
- ・短縮充電モード：

2時間以内に設定電圧に到達した場合は2時間半のタイム充電を行う。

・過充電防止充電モード：

1分以内に充電電流が1A以下の場合は即時終了する。充電タイマの作動する設定電圧は外気温度センサにより温度補正される。

また、電源スイッチが入った状態での警報機能やヘッドライト、ターンシグナルの消し忘れ時の自動消灯機能など節電機能も採用した。

③充電時走行防止機能

AC 電源ヘプラグを挿入しているとき、電源スイッチを入れるとブザー警報と共にアクセルレバー操作による発進を防止する機能を採用した。

④バッテリー

サイクル使用に適したシール鉛電池を採用した。密閉型でメンテナンスフリータイプである。

5. おわりに

モンパル ML100 は、坂道の多い地域における使用にも適した性能を有し、利用者の行動範囲をより広げ、明るく生き生きとした生活をサポートする電動車いすである。

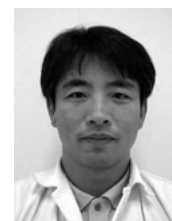
今後は社会の変化をふまえながら、さらに使い易い商品をめざして発展させてゆきたい。

本開発にあたっては、柳河精機(株)、松下電工(株)、(株)ミツバはじめ社内外の多くの方々から多大のご協力を頂いた。ここに感謝の意を表する。

■ 著 者 ■



保 坂 潤



乾 勉



前 坂 清 富