

転がり摩擦駆動 車いす電動ユニットの開発

ミクニ・マキノ工業株式会社

代表取締役社長 杉本 章

ミクニ・マキノ工業(株)	福祉機器プロジェクト課長	内田 寿
ミクニ・マキノ工業(株)	顧問	大越 秀雄
ミクニ・マキノ工業(株)	営業・技術部 技術グループ	内藤 孝雄

はじめに

高齢人口の増加、障害者の社会活動への参加、核家族化などによる介護者の高齢化などの状況から、車いすの電動化を求めるニーズが高まっている。また、すでに車いすを使用している障害者が使い慣れた車いすを電動化できれば、経済性のみならず、愛着のある車いすが電動になった満足感も得られる。

一方、車いすが乗用車に容易に積み込める程度に軽量であれば、自動車との連係による遠出の可能性も増し、クオリティ・オブ・ライフを高めることができる。

シニアカーを含む電動車いすの市場は年間約31千台、このうち電動ユニットを付けた簡易型電動車いすは約4千台で、その大半が減速歯車機構で車軸を回す駆動ユニットを採用している。

この種の簡易型車いすの電動ユニットは15kg程度の重さがあり、車いすを含めると30kgに近い重量になる。これを乗用車に積み込むために分解する訳にも行かないので、タクシーなどに積込むことは不可能に近い。また歯車のバックラッシュによる起動時の衝撃を緩和するために、緩やかなスタートになるように制御しているのが普通で、操作フィーリングが鈍重な感じになることは否めない。

開発のねらい

このような電動車いすの現状を踏まえ、小型、軽量で、市販の手動の車いすに後付けできる電動ユニットとする。

車いすに電動ユニットを取り付けた状態で乗用車に積み込めるように、バッテリーを除いた電動ユニット一式の質量を7kg以下にする。

衝撃がなく、応答が速やかなダイレクトなフィーリング。

電動/手動を容易に切り替えられ、手動時には電動ユニットが邪魔にならない機構。

少量生産でも既存製品に競合できる低コストの可能性。

の要求を満たす製品の開発を目標にした。これらの要求を満たすには、従来の機構とは異なる発想が必要であった。

装置の概要

そこで、駆動部から歯車をなくして、タイヤの両側面を2つのゴムローラとの間の固体摩擦で駆動するフリクションドライブとし、2つの駆動ローラは、極圧下での油の粘度増加による流体摩擦を利用するトラクションドライブで互いに反対向きに回す構造とし、直流マグネットモータから歯付きベルトを介して駆動することにして、バックラッシュのない駆動系を構成し

た。その結果、衝撃がなく滑らかで応答の素早い、従来の電動ユニットとは一味違ったフィーリングを持つものが得られた（図1，2）。



図1 ユニットの車いすに装着したイラスト図



図2 電動ユニットの構成

この駆動部を取り付けるには通常のブレーキを取り外さねばならないので、電磁ブレーキ付きのモータを用い、車いすが停止すれば自動的にブレーキが掛かることで安全性を高めた。

また、電動時には駆動部をタイヤの円周方向には高い剛性で、タイヤの軸方向位置ずれや横振れに追従するように軸方向には低い剛性で支持し、手動時には駆動ローラがタイヤから完全に離れて通常の車いすとしてハンドリムで走行でき、かつ車輪だけを取り外してタイヤのメンテナンスを容易にする、軽量でシンプルな構造のレバー式の着脱機構を設けた。

制御部は、ジョイスティックで操作する従来

の方法とし、左右の車輪を別々に制御して、前後進、旋回を行なうほか、最高速度、加減速度、旋回速度、起動時の立ち上がりなどを屋内用、屋外用に標準化したパターンに加えて、使用者の好みや熟練度に応じてこれらのパラメータを自由に設定できるようにした。また、ジョイスティックの使用が困難な障害者が手に持って操作したり、押し手グリップに取り付けて介助者が操作する介助用操作ボックスも設定した。

技術上の特徴

1. 駆動部

2つの駆動ローラを回す2つの出力軸と、2つの出力軸の間に配置した入力ローラとを一平面に平行に並べ、出力ローラ1と入力ローラとの間に加圧ローラを設けた（図3）。

出力ローラ1に負荷が加わればトルクによって生ずる切線力が加圧ローラを入力ローラと出力ローラ1との間に引き込み、入出力ローラと

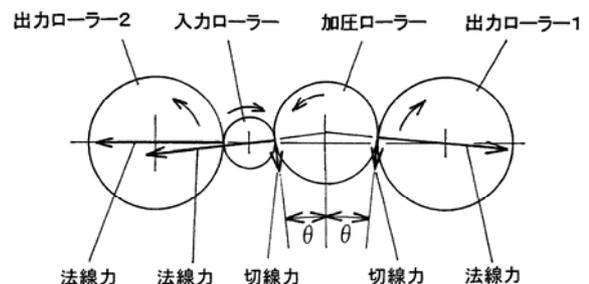


図3 駆動部の作用

加圧ローラの転がり面に楔作用による大きな垂直方向の法線力を発生する。

転がり面で滑らずに楔作用を生ずるには、切線力と法線力との比、すなわち楔角を θ として、 $\tan \theta$ が、油のトラクション係数 μ より小さいことが必要である。

トラクション係数は、面圧が0.5GPa程度以下では面圧の増加とともに上昇し、0.5～1GPaでは徐々に飽和し、1GPa以上ではほぼ一定値を示す。ここでは最大トルク時の面圧を2GPa程度に

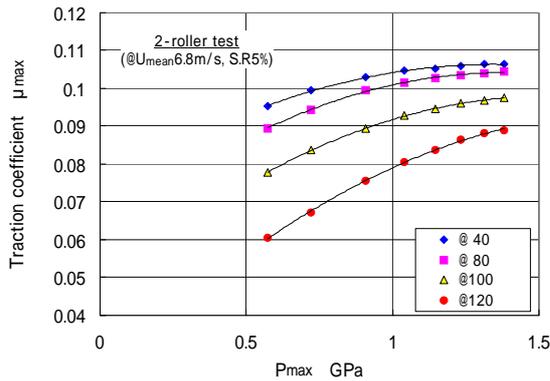


図4 トラクション油の特性

抑えたので、トルクが小さく、面圧が低いときには上昇域付近を使うことになり、滑らないためには楔角を大きくできない(図4)。

従って起動時のトラクション係数を確保するためには、加圧ローラを予め入出力ローラの上に割り込むように予圧を加えておく必要がある。またトルクが増大すると弾性変形により加圧ローラが食い込んで楔角が小さくなり、法線力が必要以上に大きくなるので、衝突などにより過大なトルクが加わったときには加圧ローラが入出力ローラの間を反対側にすり抜けて、トルクの伝達が不能になる恐れがある。

ここでは、必要な予圧を簡単な形のばねで加えながら、このばねで加圧ローラの軸の支持を兼ねさせる簡単な機構を用い、加圧ローラのすり抜けはストッパを設けて防いだ(図5)。

トラクション油は出光興産株式会社のご協力を頂き、出力ローラの転がり面に接触させたオイルパッドに片側で僅かに1ml程度含浸させて

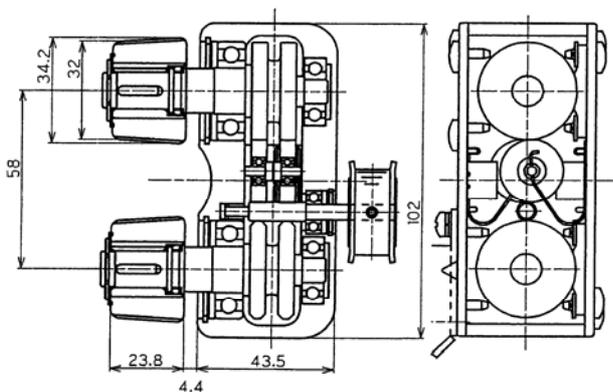


図5 駆動部の断面図

用いた。

転がり面は円筒面同士のスピンのない純転がりのためにトラクション油の優れた特性をフルに活用でき、転がり面での滑り率は0.5%程度に過ぎない。また、出力軸を支える玉軸受には殆どラジアル荷重しか加わらないので軸受の摩擦トルクが小さく、駆動部の温度上昇はモータの温度より低い。従ってトラクション油の熱による酸化、劣化、蒸発、流出が殆どなく、駆動部を密閉構造にできるので、この僅かな油量で数万kmの走行に全く支障がない。

なお、駆動部の発熱が小さく呼吸作用が少ないので、軸受にシールド型を用い、機械油を含浸したフェルトシールを併用しただけで水などの浸入は生じない。

転がり面は1万時間以上の試験の後でも摩耗は見られず、あらかの山が多少つぶれて光沢が増した程度で、疲労剥離したものは無い。

加圧ローラは一方向のトルクにしか作用しないので、加圧ローラを2個設けて両方向のトルクに対応した。

2. 駆動ローラ

タイヤを駆動するにはゴムローラを用いた。摩擦駆動としたことで多くの人から滑るのではないかと危惧する声が聞かれたが、自動車のタイヤの路面に対する摩擦係数が時速60~70km/h位までは雨天時でも殆ど変わらないのと同様、最高6km/hの車いすで滑ることはない。

車いすは介護保険の対象としてリースの用途が多く、短期間のユーザーでは十分なタイヤ空気圧の管理を期待できないので、リース用の車いすではウレタンを用いたノーパンクタイヤが多く用いられている。ウレタンタイヤはウレタン自身の摩擦係数が低いばかりでなく、製造時の離型剤が更に低い摩擦係数を示すので、駆動ローラが滑って走行できない。

ここではゴムに山形大学の堀切川教授(現東北大学教授)が開発されたRBセラミックスを混ぜた駆動ローラを用いた(図6)。

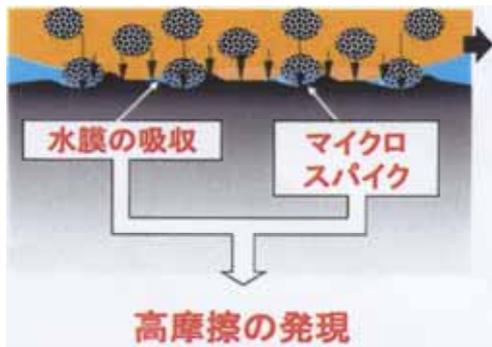


図6 RBセラミックスの作用

RBセラミックスはプラスチックに混合して工作機械の滑り面などに用いられるミクロの毬藻状の炭素繊維で、表面に露出した炭素繊維によって金属に対して低く安定な摩擦係数が得られるものであるが、ここでは逆にローラ表面のRBセラミックスがタイヤの表面に食い込み、摩擦係数を安定な高い値に保つ効果を利用した。その結果、ウレタンタイヤで滑る恐れを解消することができた。

駆動ローラの摩耗はタイヤ側面の摩耗より少なく、タイヤ踏面の摩耗によりタイヤを2~3本交換したら駆動ローラを交換すればよい。

以上から明らかのように、駆動部は極めて簡単な構造である。入出力ローラ、加圧ローラなどの内部の主要部品はすべて軸受鋼SUJ2を用いた円筒形を組合せた形状のもので、加工が容易であり、これらの部品を収容して大きな法線力を支える外箱にはアルミ押し出し材を切断した素材に、軸受を支持する平行な3軸穴を加工した単純なものである。押し出し型はダイキャストなどのような鋳造型に比べて極めて安価である。従って少量の生産でも従来の他社量産品と競合できる程度に安価に製造でき、簡単な専用の量産設備を作れば更に低コストが可能になる。

この駆動ユニットは、フリクションドライブとトラクションドライブとを組合せて、タイヤの外周付近を駆動ローラで摩擦駆動することによって、軸を駆動するような大きなトルクが加わる部分をなくし、トラクションドライブ部分の機構を簡単で小型、軽量の構造とし、必要な望ましい剛性を備えた簡単、軽量の着脱機構の

採用もあって、バッテリーを除く駆動ユニットの質量を6kgに止め、電動ユニットを車いすに取り付けた状態で20kg以下を実現した。

実用上の効果

電動ユニットを車いすに取り付けた状態で20kg以下を実現したことで、女性でも分解せずに乗用車に搭載が可能になり、車いすと自動車とを組合せた遠距離の移動が容易になった。

この駆動ユニットは駆動部と着脱機構が小型、軽量で、タイヤ径に無関係なため、市販の多くの車いすへの装着が可能のほか、使い慣れた車いすを電動にすることができ、さらに従来の電動ユニットでは困難であった小児用の車いすの電動化をも可能にした。

また、現在はバッテリーの容量が十分でなく、必要な連続走行距離を確保するために駆動ユニットの性能を抑えた設定にしているが、本来は100kgの体重の人を乗せて10度の上り坂を上げられる能力を持っているので、条件さえ整えば対米輸出も可能である。

この電動ユニットの生産が増加して、月産数百台になればコストが大幅に低下し、さらに電動車いすの普及に弾みがつくものと期待される。

工業所有権の状況

この電動ユニットの開発に関して8件の特許を出願し、うち6件が公開され、基本になる1件は米国およびEPCの特許を取得した。

むすび

将来有望な技術と云われながら大型高級乗用車のCVT以外に民生用の機器への利用が進まないトラクションドライブを、車いすと云う最小の移動機械に応用したことが、トラクションドライブの実用化を促進するきっかけになると期待している。