

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題	低コスト大径偏平能動車輪の提案
Title	A proposal of a low-profile and cost-effective in-wheel motor with large diameter
著者	遠藤玄, 谷篤, 広瀬茂男
Author	Gen Endo, Atsushi Tani, SHIGEO HIROSE
掲載誌/書名	日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2011, , , 1P1-J11
Journal/Book name	Proceedings of the 2010 JSME Conference on Robotics and Mechatronics, , , 1P1-J11
発行日 / Issue date	2011, 5
URL	http://www.jsme.or.jp/publish/transact/index.html
権利情報 / Copyright	本著作物の著作権は日本機械学会に帰属します。
Note	このファイルは著者（最終）版です。 This file is author (final) version.

低コスト大径偏平能動車輪の提案

A proposal of a low-profile and cost-effective in-wheel motor with large diameter

遠藤 玄 (東工大) 谷 篤 (東工大) 正 広瀬 茂男 (東工大)

Gen ENDO, Tokyo Tech., gendo@mes.titech.ac.jp
Atsushi TANI, Tokyo Tech., tani@robotics.mes.titech.ac.jp
Sigeo HIROSE, Tokyo Tech., hirose@mes.titech.ac.jp

This paper proposes a new design for a low-profile and cost-effective in-wheel motor with large diameter. We install electric motor(s) inside the wheel parallel to the radial direction of the wheel, and utilize a single stage axis changing mechanical component such as a crown gear, a bevel gear, a friction wheel, a ladder chain and a sprocket and so on. The proposed design reduces total number of mechanical parts and it can be water-proof and dust-proof very easily.

Key words: Low-profile in-wheel motor, active wheel, cost-effective

1 はじめに

車輪型移動の踏破性を向上するには、車輪径を大きくすることが有効である。筆者らは酸素ポンペを搬送し街中の歩道環境を踏破出来る福祉支援車両 (図1)の研究開発を行っているが [1], その開発の過程で大径偏平能動車輪が搬送移動体には有効であると考えた。

図2左に通常の駆動系を示す。アクチュエータ出力軸を車輪と同軸に配置する構成である。最も単純な構成であるが、段差などの不整地に対応するためサスペンション機構を設けると、アクチュエータが突出した形であるため荷物を搬送する車両本体と干渉してしまい、サスペンションの上方への可動範囲が制約される。もし能動車輪内部にアクチュエータを配置することができれば大きなサスペンション可動範囲を確保することが出来る (図2右)。さらに車輪全体に占める荷台の幅を最大化することを考えると能動車輪は薄く偏平であることが望ましい。

本論文では直径の大きい能動車輪を低コストかつ少ない部品点数で構成する機構を提案する。本機構は車輪体積を変えずにアクチュエータ数を増やすことができ、防塵防水機能を持たせることも簡便にできることから実用的な設計の一手法であると考えている。試作を行い動作確認を行ったので効率等を報告する。

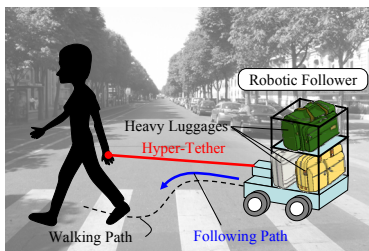


Fig. 1 Target application of proposed in-wheel motor

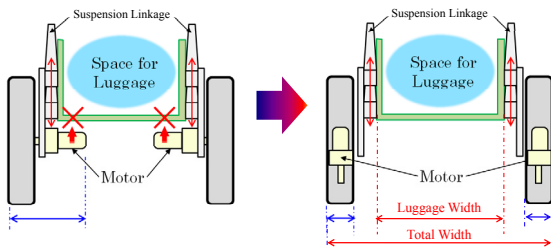


Fig. 2 Problem of the conventional actuator arrangement

2 機構構成

2.1 従来構成

通常 DC モータは円柱形状をしており、円柱直径より高さの方が大きい場合が殆どであり、減速機が付属した場合はさらにその傾向は顕著になる。よってアクチュエータ出力軸と車軸を直交する向きに配置し、傘歯車で伝達すれば偏平の車輪が構成できる。図3に本研究室で過去に開発した能動車輪を示す [2]。ホイール内部に4段のギアボックスを組み、傘歯車・平歯車を介して減速比 1/60 でホイールを駆動している。車輪直径は 180[mm] で質量は 720[g] である。ところがこのような構成だと (1) 部品点数が多い (2) ギアボックス質量が大きい (3) 片持ち構造である (4) 防塵防水機構にしづらい、などの問題がある。

2.2 提案する構成

図4(a)に提案する偏平能動車輪の基本構成を示す。青で示す車軸と薄水色の部材、モータは一体であり相対運動しない。よってモータへの配線は中空車軸を通して外部電源に接続できる。赤色の部材と薄赤色の部材も一体である。(図4(a)左断面図に記した緑色の部分は見やすくするため正面図に図示していない。)青部材と薄赤部材はベアリングを介して保持されていることから、相対的に回転可能である。そして図中黄色と、赤で示すリング状の部材が単段の

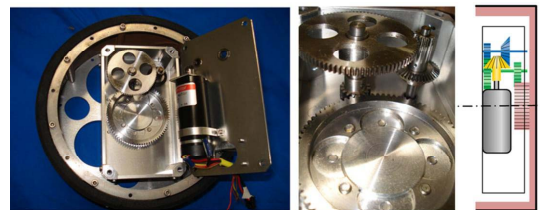


Fig. 3 Conventional low-profile arrangement

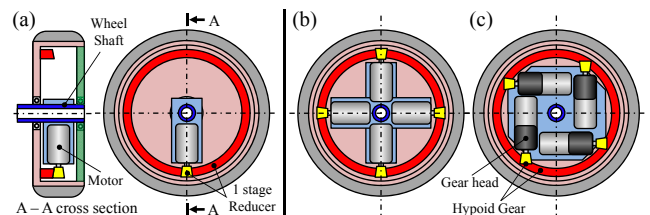


Fig. 4 Proposed low-profile in-wheel motor

減速機構になっており、モータの回転を減速し車輪を駆動する。単段の減速機構としては(1)傘歯車(2)摩擦車(3)クラウンギア(4)ピン歯車とスプロケット(5)ラダーチェーンとスプロケット(後述)などの様々な方式が考えられる。

2.3 利点

提案する構成では車輪の大きな径を利用しているため単段でも大きな減速比を取ることが出来る。単段であることから高い効率が望める。また軸は1つであり、部品点数が少なくすみ、その結果信頼性が向上するとともに製造コストを抑えることが出来る。さらに軸部分のみシールすれば良いことから、防塵防水設計が容易である。

さらに図4(b)に示すように、放射状にモータを配置すればより高い出力も得られる。仮に目標とする減速比が前述の単段減速では得られない場合はギアヘッドを装着することも考えられる。この場合、トータルの部品点数は増加しモータ全長も長くなる。しかし、ギアヘッドの部品点数増加はメーカ側で多くの場合信頼性が確保されていて低価格化もされていることから、信頼性・コストの面ではさほど問題にならないと思われる。また図4(c)に示す配置をし、ハイポイドギアにより車輪駆動すればモータ全長が長くなる場合でも対応できる。

3 試作

試作検討にあたり、単段減速機構を検討した。まず民生応用する際、最も望ましいのは傘歯車であろう。ホイールと一体で大径の傘歯車を射出成型すれば著しく低コストになる。一方で試作することを考えると、所望の車輪径ごとに特殊な傘歯車を試作せねばならず試行錯誤をするには不向きである。摩擦車を用いれば試作は簡単になるが、滑りにより高トルク伝達できない可能性がある。

ところで図4(a)に赤で示すリング状部材は、内径と外径で回転する際の周速が異なる。ゆえにモータ側の黄部材もかみ合わせの半径を変えねばならないのであるが、もし仮にリング状部材の直径が十分に大きく、かつ、リング幅が十分に薄いのであれば、周速の差は十分小さいとみなせる。よって通常のピニオンギアとクラウンギアでも構成出来ると思われる(図5左)。実際に検討してみたところクラウンギアの試作は特殊工具が必要でありやはり高コストであった。

そこで更なる次善の策として、図5右に示す、ラダーチェーンとスプロケットによる伝達を採用した。溝を掘ったリング状部材にラダーチェーンを嵌めこみ、接着している。製作した能動車輪とその緒元を図6、表1に示す。定格約17[W]のギアヘッド付きDCアクチュエータ(タミヤ製:380K20)を用いた。ギアヘッドの減速比は1/20、チェーンとスプロケットによる減速比は1/10.4である。

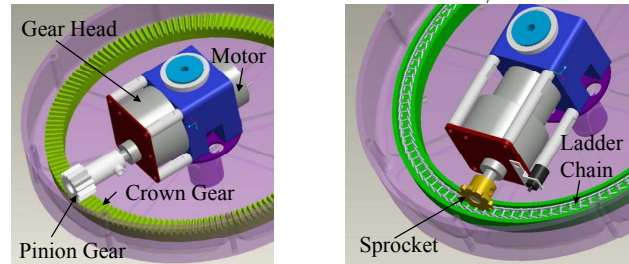


Fig. 5 Single stage reducer: pinion gear and crown gear (left), sprocket and ladder chain (right)

4 実験

試作した駆動輪の性能を確かめるため実験を行った。図7に示すように駆動輪にワイヤを巻きかけ、その先端に重りを負荷した状態で駆動輪を回転し、入力した電流・電圧値を計測した。またそのときの回転角速度を光学式タコメータ(エーアンド・デイ製:AD-5172)で計測した。

最大駆動トルクは、モータの最大電流である13[A]の電流で停止状態から駆動できる最大の質量(3840[g])を求めることで算出し、4.65[Nm]を得た。これは10%勾配の坂を38[kg]のペイロードを載せて登坂するトルクに相当する。

次に様々な電圧を印加し効率を計測した(表2)。モータに入力した電力を分母、駆動輪の機械出力を分子とした効率を求めるとおよそ30%程度であることが分かった。測定した条件でモータ単体の効率はおよそ50%、ギアヘッド内の平歯車の効率を1段当たり90%とすると3段で73%であるから、提案するラダーチェーンとスプロケットによる減速の効率はおよそ75%程度と推定される。これは平歯車の3段減速に相当し、効率の面で単段の長所があるとは言い難い。しかしながら従来の機構に比べると部品点数の少なさや、軽量性から有用であると思われる。

5 まとめ

本報では低コスト偏平能動車輪を提案し、試作した。今後は他の単段減速機構(例えば傘歯車や摩擦車)についても検討する。

6 謝辞

本機構について貴重なご意見を頂いた千葉工大青木岳史准教授、東工大山田浩也助教、サスティナブルロボティクス桑原裕之氏に深く感謝いたします。

参考文献

- [1] 遠藤, 谷, 入部, 田窪, 福島, 広瀬: “日常生活支援のための実用的ロボティックフォロワの研究-第3報:ハイパー・テザーを用いた菱形4輪車両による屋外追従実験-”, SI2009, pp.1104-1105, 2009.
- [2] 高橋, 米田, 広瀬: “脚車輪ハイブリッド4足ロボットによる不整地移動”, SI2005, pp.407-408, 2005.

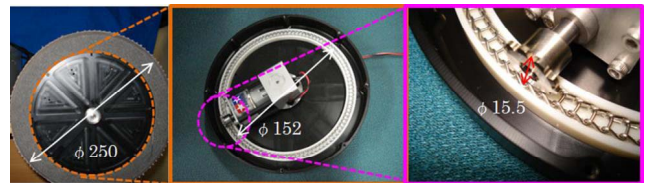


Fig. 6 Developed low-profile in-wheel motor

Table 1 Specification

Size $\phi \times H$ [mm]	250 \times 49
Weight [kg]	0.7
Reduction Ratio	204
Maximum Torque [Nm]	4.65
Rated Speed [rpm]	39.8

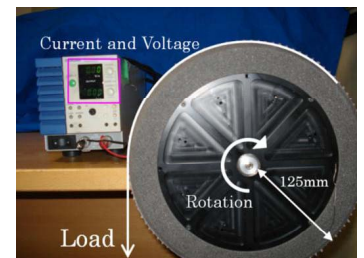


Fig. 7 Efficiency Measurement

Table 2 Result of efficiency measurement

Voltage[V]	Current[A]	Load[g]	Speed[rpm]	Total Efficiency
1.12	2.7	1040	6.6	0.29
1.73	4.2	1740	9.5	0.29
2.43	6.0	2440	12.9	0.28
3.13	7.6	3140	16.3	0.28