

# インホイールモータ型オムニホイールの開発と性能評価

## Development and Performance Evaluation of an In-Wheel Motor type Omni-Directional Wheel

知能機械システム工学コース

知能ロボティクス研究室 1215029 藤川 知寿

### 1. 緒言

全方向移動車輪は車体の向きを変えずに任意の方向に移動することが可能である<sup>(1)</sup>。そのため車体の方向転換や切り返し動作を必要とせず、最小限の動作で思い通りに移動することができる。この特性を活かして車椅子などの移動機器や電動台車などの移送機器の移動機構、及びロボットの駆動輪として様々な分野で活用されている。

著者らの研究室では全方向移動車輪を搭載した福祉介護分野で活躍するロボットの研究開発を行っている。我々が主に用いている全方向移動車輪は、フリーローラ型機構である。フリーローラ型機構は車輪外周にフリーローラを配置したオムニホイールやメカナムホイールが代表的である。これらはフリーローラが自由に回転することにより抵抗なく車軸方向へ移動可能である。各車輪の駆動力と軸方向の拘束により発生する推力を合成することで全方向移動が可能になる。

このオムニホイールに着目し、オムニホイールを減速機とモータを内蔵しインホイール化することで取り付けさえすれば全方向移動機能を持たせることができ、応用範囲が広く実用的なものにすることができる。先行研究<sup>(2)(3)</sup>では、フラットモータと減速機を入れ子式オムニホイール<sup>(4)</sup>に内蔵させ、パワーアップとコンパクトサイズを同時に実現できるメカニズムを提案した。それを基に、実際に3輪全方向移動台車としての使用を想定し積載物を載せて走行できるよう強度を考慮した設計を行った。

本報告では製作したインホイールモータ型オムニホイールで振動実験を行い、製品と振動を比較し安定性を評価する。

### 2. インホイールモータ型オムニホイール

提案するインホイールモータ型オムニホイール（以下 Iw-Omni）の性能と外観を以下の表1と図1に示す。本装置は従来のオムニホイール（図2）と比較するとホイール内部にモータと動力伝達機構<sup>(5)</sup>を一体化して内蔵しているため、車体に取り付けるだけで全方向に走行可能である（図3）。そのため、車体内部と車輪との間にモータを取り付ける必要が無く、取り付けさえすれば全方向移動機能を持たせることができる。そのため今まで減速機やモータ等で埋めてしまっていた台車内部のスペースを十分に確保でき、ロボットや台車の小型化やその他の機能を持たせることで多様化が可能である。

Table 1 Iw-Omni performance.

Basic performance of one wheel	
Motor capacity	50W
Reduction ratio	1/96
Load bearing	50kg
Using three wheel cart	
Rated max speed	2.0km/h
Rated max driving force	65.9kgf

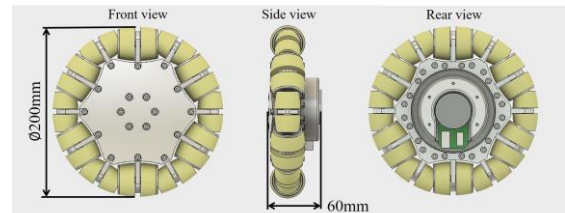


Fig. 1 In-Wheel Motor type Omni-Directional Wheel.

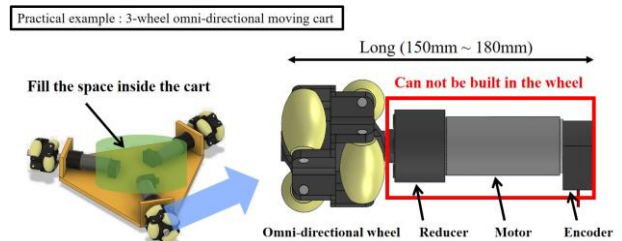


Fig. 2 Usage example of conventional omni-directional wheel.

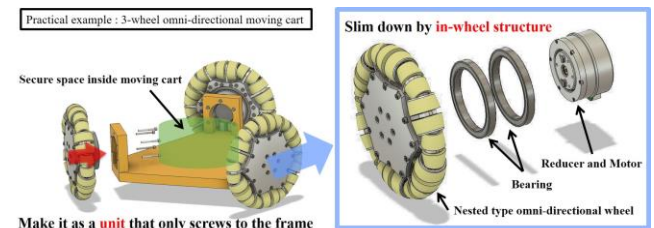


Fig. 3 Usage example of in-wheel motor type omni-directional wheel.

他社製品のオムニホイールとの性能比較を表2にまとめる。従来型のオムニ A は Iw-Omni より小径ながら車輪幅は広い。オムニ B は入れ子式<sup>(4)</sup>のため薄型ではあるが減速機やモータを含めると Iw-Omni の方が台車内部のスペースを有効に使える。

Table 2 Omni-directional wheel specification comparison.

Name	Omni-A	Omni-B	Iw-Omni
Appearance			
Size	φ 120mm, W86mm	φ 127mm, W28mm	φ 200mm, W60mm
Weight	808g	500g	2.2kg
Load bearing	100kg	20kg	50kg
Material	66 Nylon	Aluminum	Aluminum, Urethane

### 3. オムニホイールの振動実験

オムニホイールはフリーローラの配置によって車輪円周上に隙間が存在している。ホイールの形状 (Iw-Omni, オムニ A) によってフリーローラの隙間が走行時の振動に影響を及ぼすのかを測定する。

#### 3.1 実験条件

実験装置を以下の図 4 に示す。実験方法はトレッドミル<sup>(6)</sup>を指定の時速 (1, 1.5 ~ 1.9, 2, 2.5, 3) [km/h]で 10 秒間走らせた時のホイール鉛直方向 (Y 軸) と車軸方向 (Z 軸) の加速度を測定する。加速度を測定するにあたり慣性センサ (ZMP 社製) IMU-Z2 (サンプリング周期 10[ms])<sup>(7)</sup>を使用する。

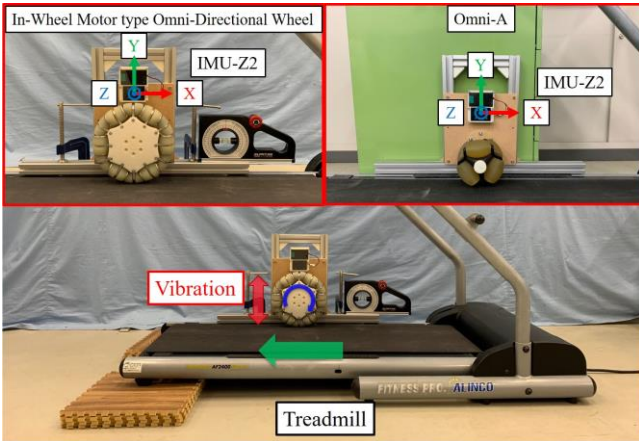


Fig. 4 Vibration experimental device.

#### 3.2 実験結果及び考察

3 輪台車時の Iw-Omni 定格使用速度の時速 2.0km/h の Y 軸加速度のグラフを図 5 に、各時速の両オムニホイールの Y 軸, Z 軸加速度の標準偏差を図 6 と表 3 に示す。結果から 2.0km/h では Iw-Omni はおよそ 0.6~1.4G の間で振動を繰り返している。一方オムニ A はおよそ 0.4~1.6G の間で振動している。2.0km/h の標準偏差の比から、オムニ A は Y 軸方向へ Iw-Omni の 1.5 倍振動していることがわかる。重力加速度の変化が大きいオムニ A の方が操作性や乗り心地に大きな影響が出るのではないかと考えられる。

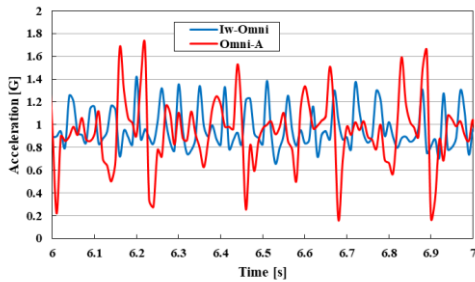


Fig. 5 Y axis acceleration of 2.0 km/h

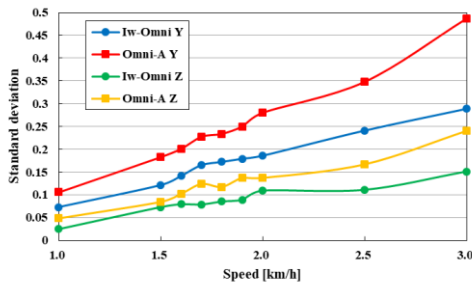


Fig. 6 Standard deviation of acceleration.

Table 3 Standard deviation of acceleration.

Speed	Standard deviation			
	Iw-Omni Y	Omni-A Y	Iw-Omni Z	Omni-A Z
1.0[km/h]	0.0730	0.1051	0.0245	0.0482
1.5[km/h]	0.1213	0.1825	0.0728	0.0843
1.6[km/h]	0.1414	0.2006	0.0792	0.1018
1.7[km/h]	0.1651	0.2272	0.0787	0.1238
1.8[km/h]	0.1722	0.2337	0.0852	0.1173
1.9[km/h]	0.1791	0.2500	0.0892	0.1371
2.0[km/h]	0.1858	0.2800	0.1091	0.1371
2.5[km/h]	0.2409	0.3479	0.1109	0.1668
3.0[km/h]	0.2887	0.4869	0.1512	0.2403

### 4. 結言

インホイールモータ型オムニホイールを実用化するため、試作機の走行実験を行い、走行時の加速度を測定した。従来のオムニホイールと比較すると走行時に鉛直方向におよそ 0.6 倍、車軸方向ではおよそ 0.55 倍振動が減少していることがわかった。従来型よりも入れ子式オムニホイールの方が振動は少なく、車輪幅も薄いため実用性に長けている。

今後はオムニホイールの振動が 3 輪や 4 輪台車の乗り心地や操作性にどのように影響を及ぼすのか検証する。また Iw-Omni のトルク試験を行い、設計値通りのトルクを出力可能か検証する。最終的にはインホイールモータ型オムニホイール 3 輪を取り付けた台車で積載物を載せて問題なく走行できるか実験を行い、ホイールの有用性を検証する。

### 謝辞

本講演会は、JSPS 科研費 15H03951 とキャノン財団、カシオ科学振興財団より一部の助成をいただいたことを記し、感謝を申し上げます。インホイールモータ型オムニホイールの設計及び部品の製作に協力していただいた有限会社サット・システムズ、有限会社三進に感謝を申し上げます。

### 文献

- (1) 山下淳, 浅間一, 新井民夫, 太田順, 金子透, “ロボットの移動機構に関する研究動向”, 日本ロボット学会誌, Vol. 21, No. 3 (2003), pp.282-292.
- (2) Tomohisa Fujikawa, Bo Shen, shuoyu Wang, “Development of an omnidirectional wheel with an in-wheel motor”, The 6th International Symposium on Frontier Technology (ISFT 2017), pp.146-149, Kochi, Japan, Nov, 2017.
- (3) 藤川知寿, 王碩玉, 藩博, “インホイールモータ型オムニホイールの開発”, 第 31 回バイオメディカル・フアジィ・システム学会年次大会 講演論文集 (BMFSA2018), 2018-11.
- (4) 理化学研究所, “全方向移動車用車輪”, 特許第 3421290 号, 2003-04-18.
- (5) 株式会社相愛, “オムニホイール及び全方向移動装置”, 特開 2007-22342, 2007-02-01.
- (6) ALINCO 社, フラットウォーカー2400.
- (7) ZMP 社, 9 軸ワイヤレスモーションセンサ ZMP@ IMU-Z2 & SDK.