

# 遊星歯車機構を用いた小型高効率1軸e-Axle

上原 弘樹\* 及川 翔太\* 横山 和彦\*

## 抄 録

遊星歯車機構をギヤボックスに用いた小型e-Axleを開発し、車両搭載性向上、ラゲッジスペース拡大、車両造形自由度の向上、空気抵抗の低減を実現した。段付き型遊星ギヤ構成を採用し、ユニット内のオイル流れを最適化することで優れた伝達効率と潤滑性能を両立した。

## 1. はじめに

自動車業界では持続可能な社会の実現のため、電気自動車やハイブリッド車などのパワートレインの電動化が進んでいる。温室効果ガスの大幅な削減を目指しさらなる小型軽量化と電動パワートレインの効率向上が普及拡大において必要不可欠であり、各社よりモータ・インバータ・ギヤボックス一体ユニット(以下 e-Axle)が開発されている。

本稿では遊星歯車機構を用いた1軸構造により小型高効率化を実現したe-Axle、特にギヤボックス部について説明する。

## 2. 開発の狙い

1軸e-Axleの開発にあたり、以下3つを狙いとした。

- (1) 車両前後及び上下方向を大幅に小型化し、トップベンチマークの体積を実現する。

- (2) 伝達効率はトップクラスを狙う。

- (3) 低コスト及び小型化実現の為、オイルポンプを使用しない潤滑方式を採用する。

e-Axleを小型化することにより車両に対しては以下のメリットがある(Fig. 1)。

- ・2WD/4WDを問わず搭載可能
- ・ラゲッジルームの拡大
- ・衝突安全用の空間の確保
- ・ボンネット高さ抑制が可能となり造形自由度の向上、空気抵抗の低減

## 3. e-Axle仕様

### 3.1 諸元

Table 1にe-Axleの主要諸元を示す。

Fig. 2に新型e-Axleの外観を示す。

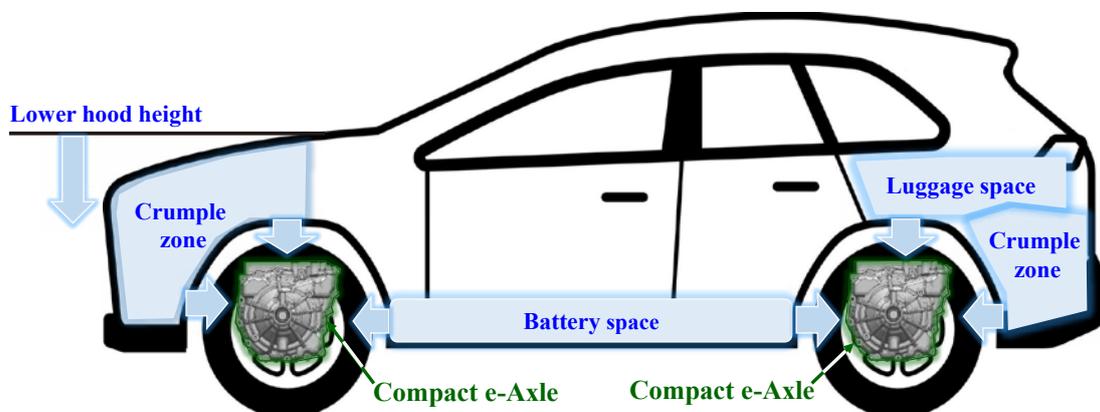


Fig. 1 Benefits for the vehicle of compact e-Axle

\* イノベーション技術開発部

Table 1 e-Axle specifications

Max. electric motor power	150 kW
Max. electric motor torque	320 Nm
Max. electric motor speed	13,000 rpm
Gear ratio	9.692
Unit volume	65 L
Unit size	X:325 mm×Y:540 mm×Z:370 mm

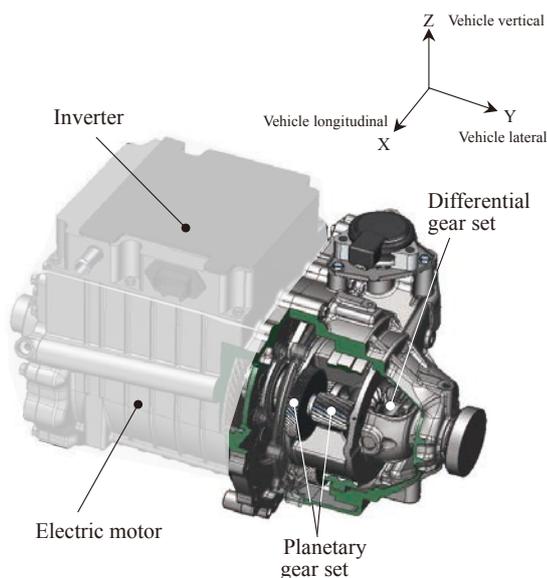


Fig. 2 Appearance of new compact e-Axle

### 3.2 小型化の狙い

Fig. 3に示すように1軸化により車両前後方向の寸法を短縮した。

e-Axleトルク密度はFig. 4に示すようにトップベンチマークを実現した。

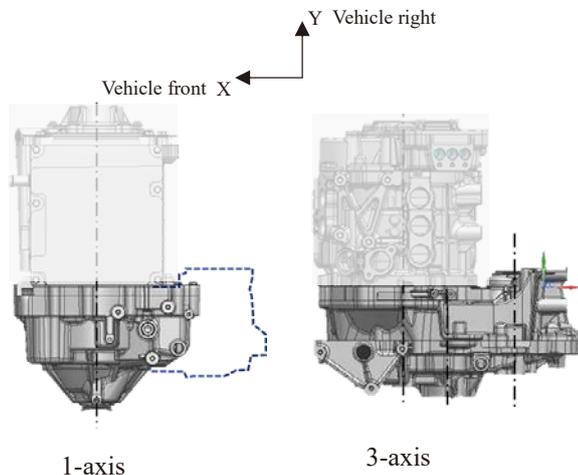


Fig. 3 New compact 1-axis e-Axle

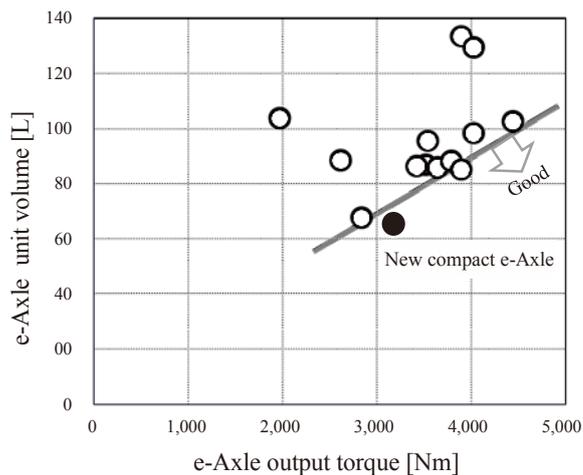


Fig. 4 e-Axle torque density

## 4. ギヤボックス

### 4.1 ギヤ仕様

ギヤ仕様については以下の要求を考慮しFig. 5に示すような段付き型の遊星ギヤを採用した (Table 2)。

- (1) 駆動力要求とモータトルク相場を考慮した9.4以上のギヤ比が確保可能なこと

Table 2 Planetary skeleton selection

	Single planetary gear set	Stepped planetary gear set	Dual planetary gear set
Gear ratio	-	+	++
Axial length	++	+	-
Efficiency	+	+	-

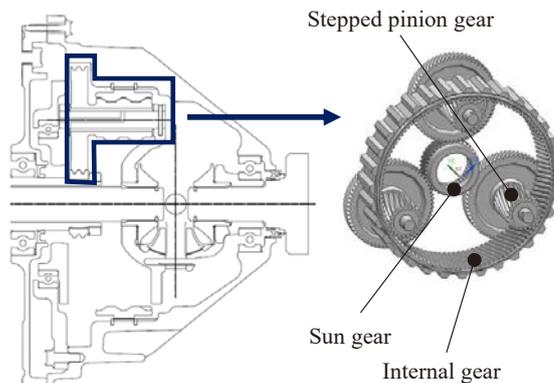


Fig. 5 Stepped pinion planetary gear set

- (2) コンパクトな軸長
- (3) トップクラスの伝達効率

## 4.2 ギヤ比選定

ギヤ比を増やすことでモータトルクを低減しモータ・インバータが小型化できる。一方でギヤ比を増加させると遊星ギヤの径方向の寸法が拡大する。

新型e-Axleでは搭載できる最大寸法のギヤ比9.692を確保しモータトルクを低減した(Fig. 6)。

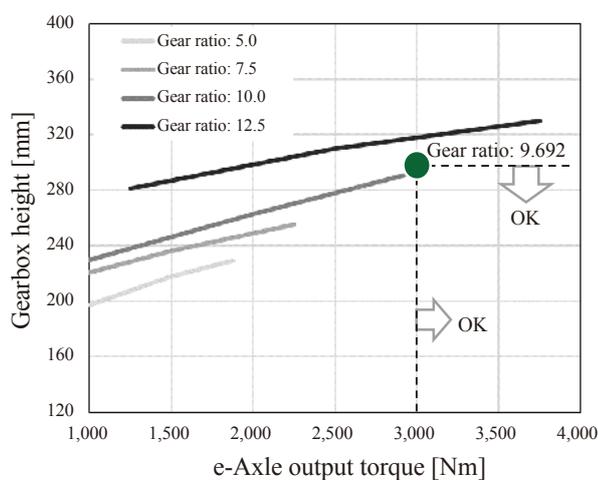


Fig. 6 Gear ratio optimization

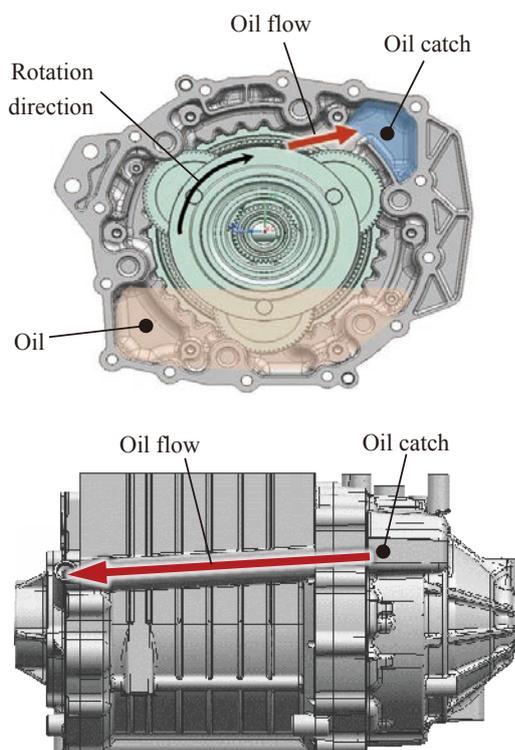


Fig. 7 Oil flow

## 4.3 ギヤ潤滑方式

ギヤのオイル攪拌により各部を潤滑するシステムとし、低コスト及び小型化を実現した。

### 4.3.1 潤滑油配分

ギヤの攪拌による潤滑を最適化する為、オイル供給先、かきあげ方、経路と循環のさせ方を工夫してFig. 7のような構造とした。

オイルキャッチ部を設けて、遊星ギヤでかきあげたオイルを保持しギヤボックスに対しモータを挟んだ反対側に位置する出力軸のベアリング・シール部へオイルを分配している。

### 4.3.2 潤滑シミュレーション結果

CFD解析を用いてユニット内のオイルの流れをシミュレーションしFig. 8に示すように各部の潤滑が成立することを確認した。

オイルキャッチ部へのオイル流入と遊星ギヤ部の潤滑が上手く配分できている。

さらに実験によりオイル流れを可視化し、シミュレーションの妥当性と潤滑の成立性を確認した。

## 4.4 伝達効率

3軸構造ギヤボックスに対し、伝達効率の感度の高い下記要素について損失を低減する設計を織り込んだ。

ギヤかみ合い：

段付き型遊星ギヤ構成により3軸構造と同等のかみ合い数を実現

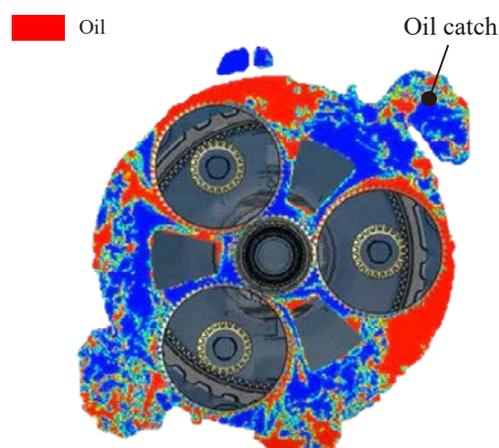


Fig. 8 Oil flow simulation

ベアリング:

段付き型遊星ギヤ構成により円すいころ軸受け廃止及び玉軸受け個数と荷重削減

オイル攪拌:

オイルキャッチ構造による攪拌抵抗の低減

これらのアイテムによって3軸構造ギヤボックスに対しFig. 9に示すようにフリクション損失をほぼ半減しトップレベルの伝達効率を実現した。

## 5. まとめ

遊星歯車機構をギヤボックスに用いた小型e-Axleを開発し、車両搭載性向上、ラゲッジスペース拡大、車両造形自由度の向上、空気抵抗の低減を実現した。

段付き型遊星ギヤ構成を採用し、ユニット内のオイル流れを最適化することで優れた伝達効率と潤滑性能を両立した。

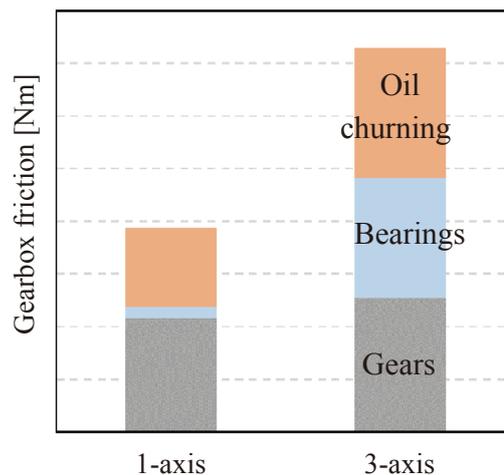


Fig. 9 Gearbox friction reduction

■ 著者 ■



上原 弘樹



及川 翔太



横山 和彦