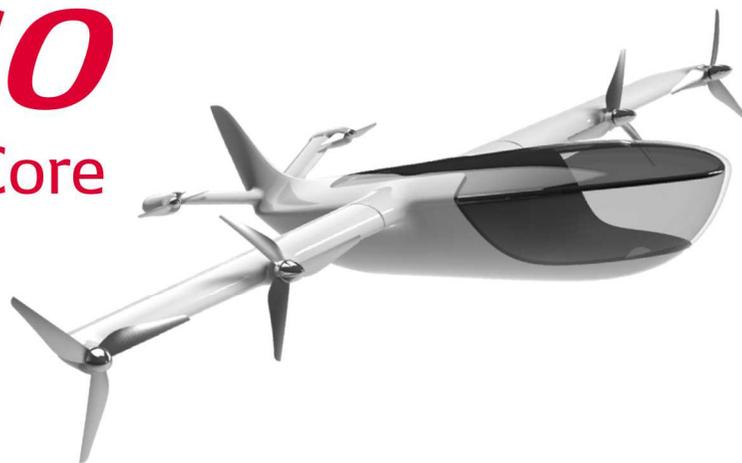


DENSO
Crafting the Core



電動航空機用モータ開発

～クルマ用モータと空用モータとの違いについて～

株式会社デンソー
モータ先行開発部
三戸 信二



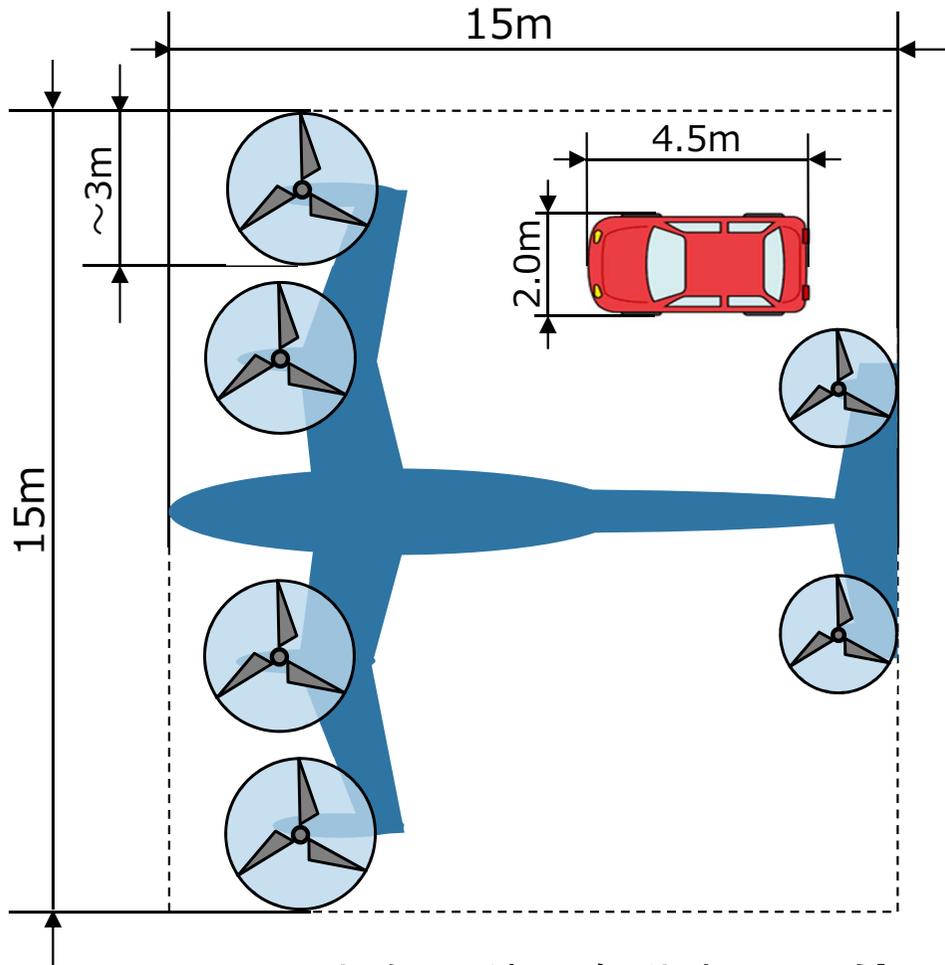
クルマと空の違い～使われ方～

	クルマ : HV、EV 	空 : eVTOL 	重要技術課題	
機体総重量	～ 2000kg	2000kg	➤ 軽量化 =高トルク密度化	
モータ&INV	50kg (～2台)	～350kg(～20台)		
バッテリー	～ 400kg	～ 500kg		
システム	電源電圧	～650V _{dc} @現時点	～800V _{dc} (将来1000V _{dc})	➤ 高電圧対応
	出力 負荷-速度	～数100kW ～200Nm@20krpm	～数100kW MAX数1000Nm@～2krpm	➤ 高トルク連続駆動
	冷却方式	水冷 or 油冷	空冷 or 水冷 or 油冷	➤ 冷却性
1フライト距離	～1500km@HV	～100km	➤ 信頼性、冗長性 ➤ 耐故障、メンテ性	
総フライト距離,時間	～30万km,～19年	～100万km,～10年		
保守	基本、無交換	定期メンテ、部品交換		
安全性	重致命故障 なし	Catastrophic故障 ≤ 10 ⁻⁹		

軽量化 と 信頼性 の両立

クルマと空の違い～体格、重量～

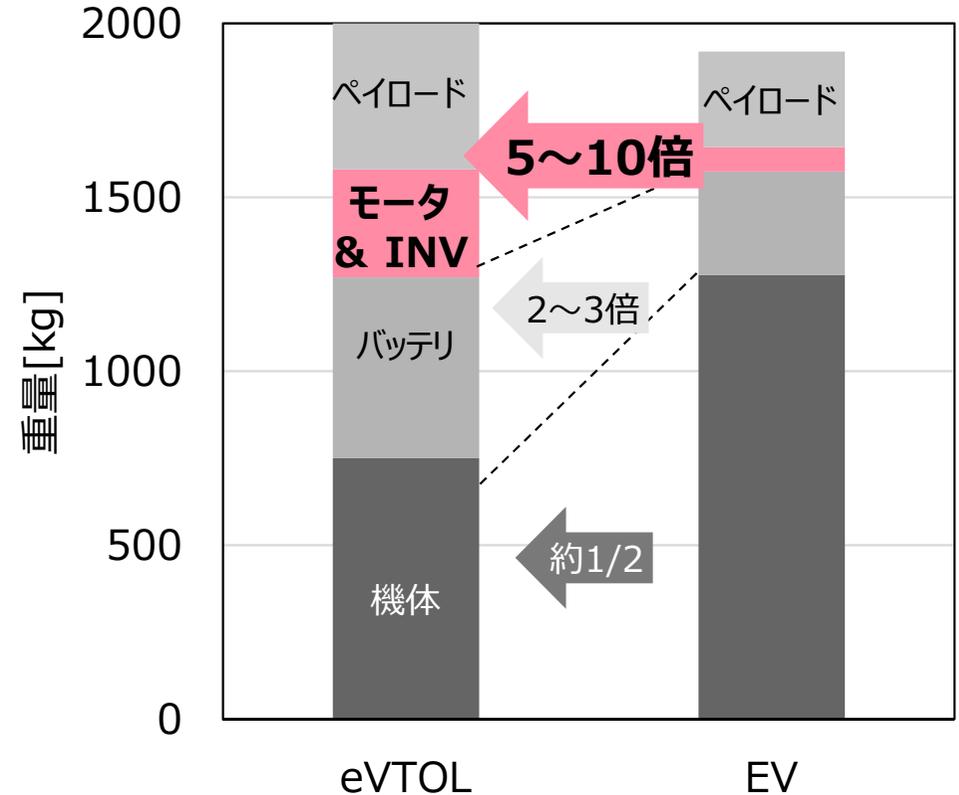
◆体格の比較



eVTOLの占有面積は自動車の**25倍**で
搭載スペースに余裕がある

◆重量の比較

5人乗り想定

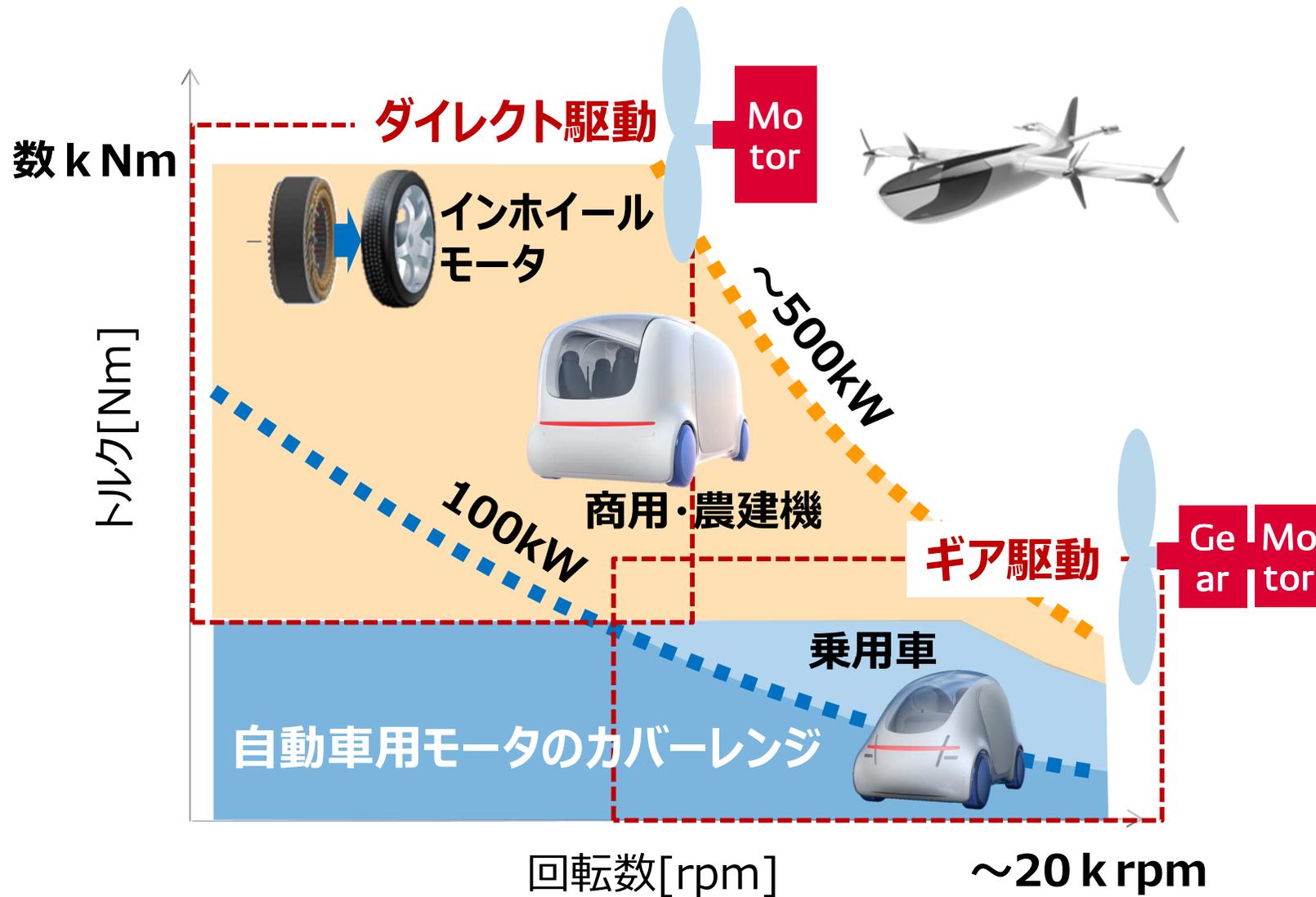


例えば

モータ1台を10kg軽くすると、総重量は60kg減
⇒搭載人数up or バッテリコストdown

モータ&INVの軽量化が重要

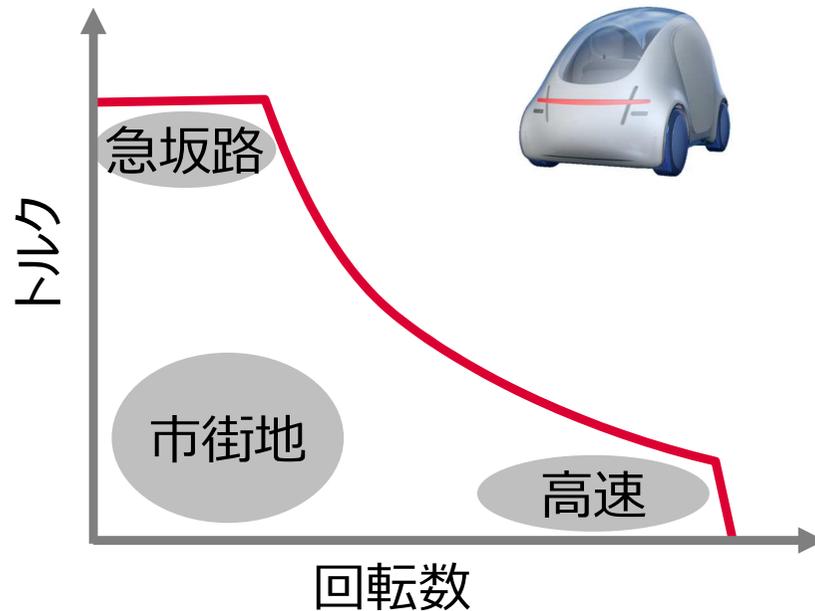
クルマと空の違い～モータの要求出力～



要求されるモータ出力範囲は同等

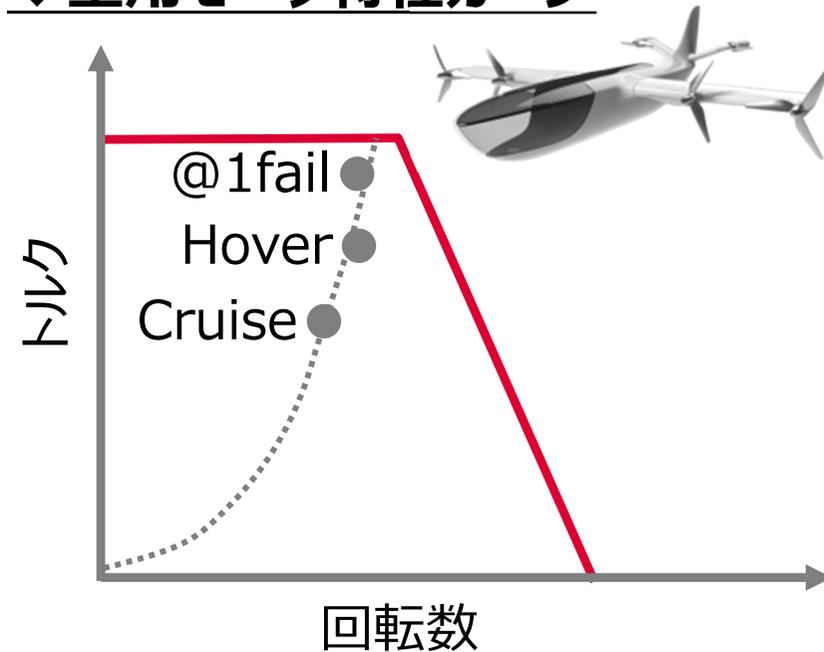
クルマと空の違い～モータのトルク/回転数特性～

◆クルマ用モータ特性カーブ



- **可変速度/トルク** 特性
- **低トルク駆動（市街地）が大半**
⇒ **省燃費≒高効率**

◆空用モータ特性カーブ



- **プロペラ負荷トルク \propto 回転数²** 特性
- **高トルクでの連続駆動**
⇒ **冷却性**
- **緊急時(1fail)の高トルク特性**
⇒ **高信頼性**

モータ要求：軽量化、高トルク、冷却性、高信頼性

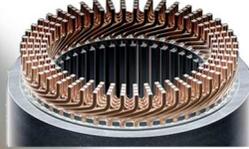
クルマと空の違い～モータ方式_磁気回路～

◆クルマ用モータ

※Segment Conductor

SC※巻

➤ 低NV、小型化

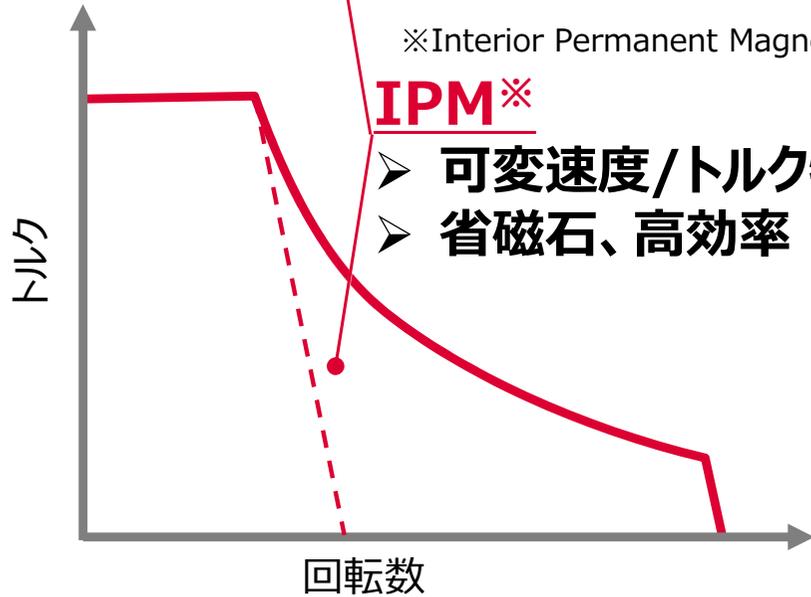


◆空用モータ

※Interior Permanent Magnet

IPM※

➤ 可変速度/トルク特性
➤ 省磁石、高効率



※Surface Permanent Magnet

SPM※

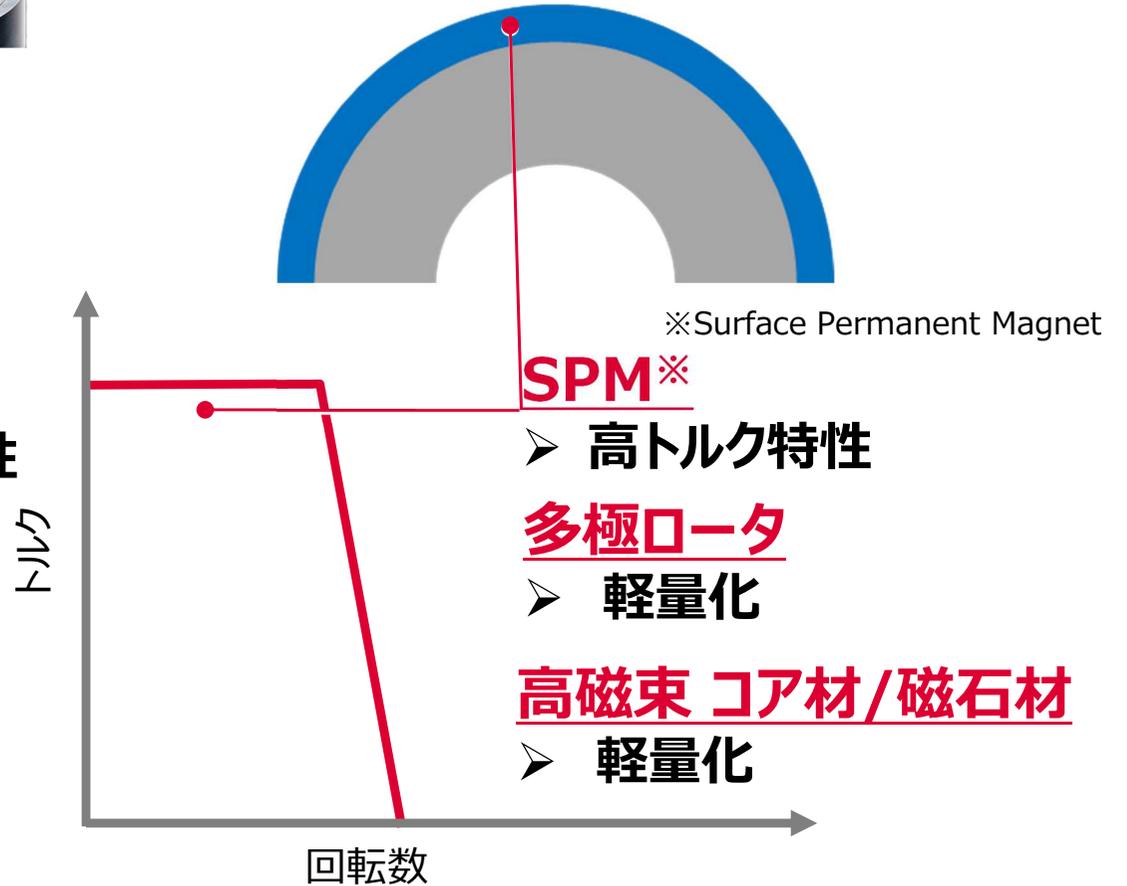
➤ 高トルク特性

多極ロータ

➤ 軽量化

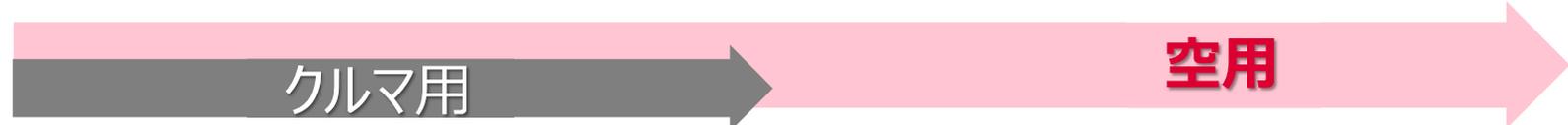
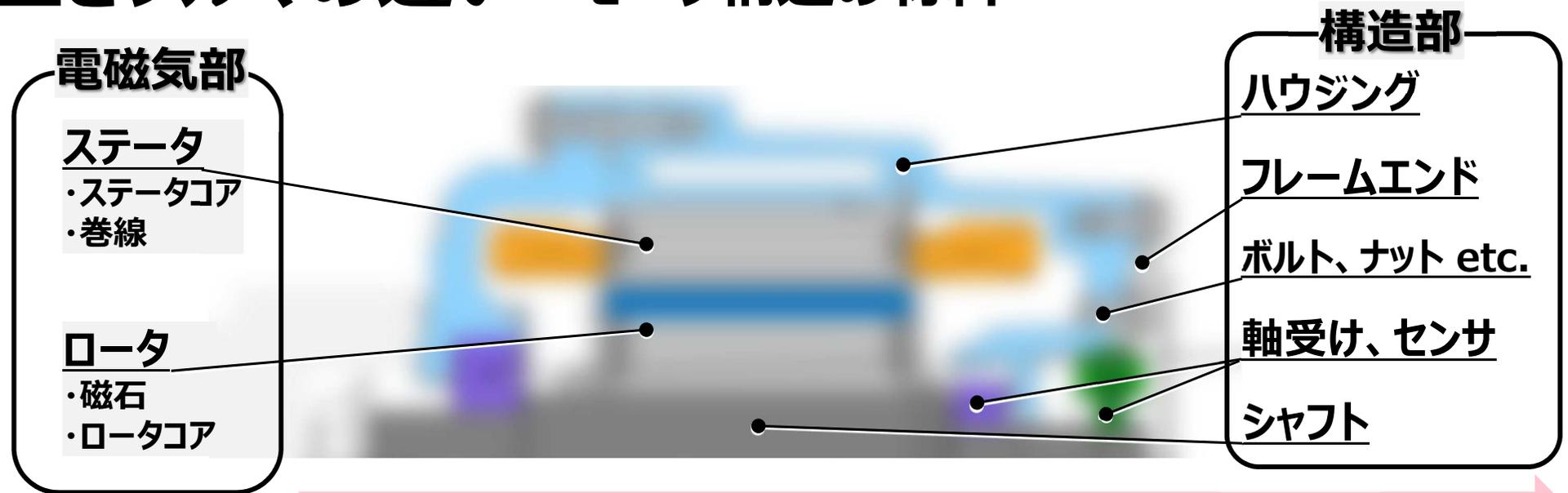
高磁束コア材/磁石材

➤ 軽量化



空用モータには軽量化技術を採用

空とクルマの違い～モータ構造の材料～

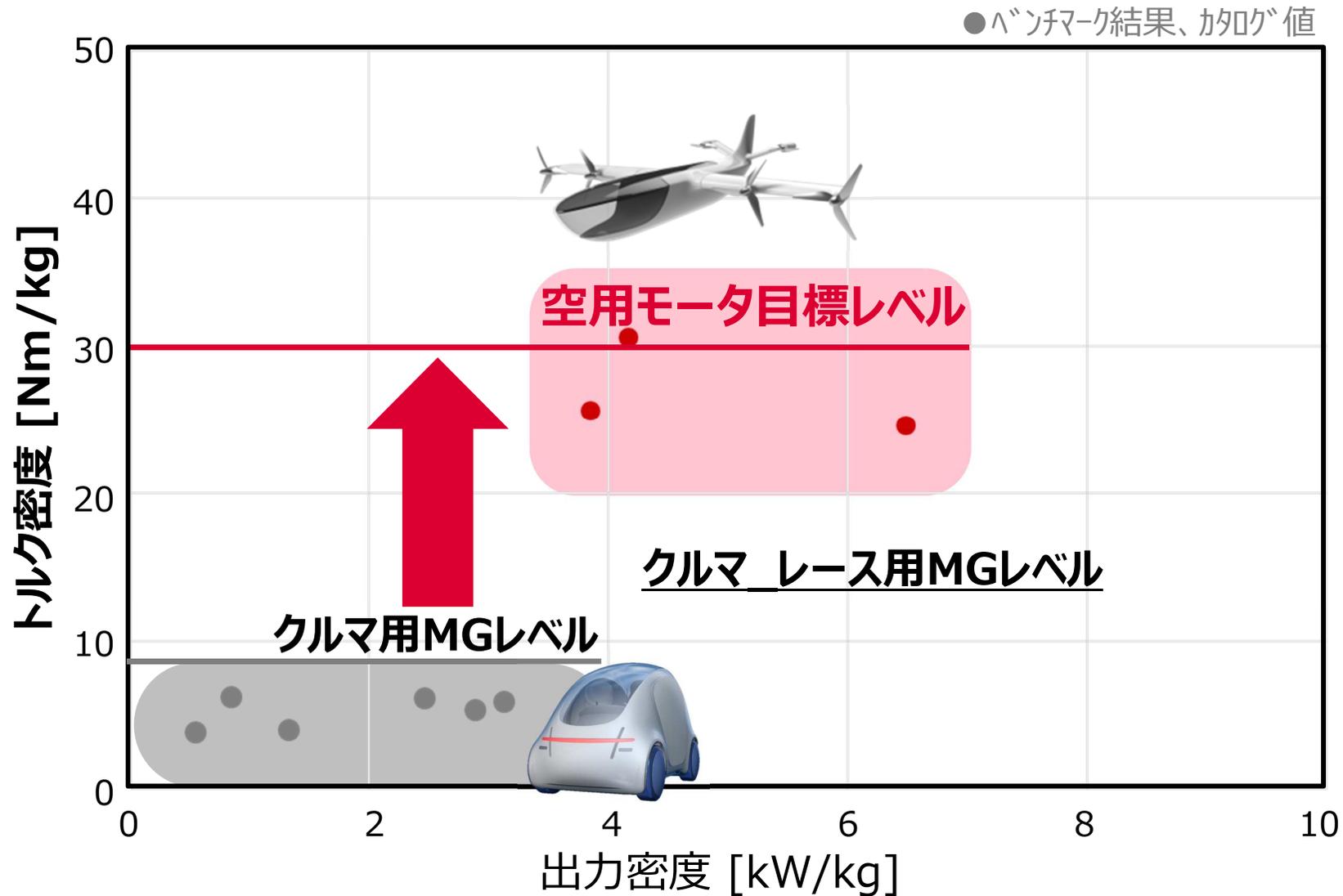


		鉄 (S45C)	SUS (SUS304)	アルミ (A6061)	チタン (Ti6Al4V)	MMC※ (Al/SiC)	CFRP (プリプレグ)
密度	g/cm ³	7.9	7.9	2.7	4.4	2.8	1.8
引張強度	MPa	690	520	309	980	495	2910
比強度	kNm/kg	88	65	114	221	174	1617
熱伝導率	W/mK	45	15	~180	7.5	~150	~25

※ Metal Matrix Composites

高比強度 & 高熱伝導材料を活用

クルマと空の違い～トルク/出力密度～



クルマの3倍以上のトルク密度

まとめ、今後の展望

今後 電動航空機市場は大きく成長していくと考えられ、
その中で、デンソーはこれまで車載で培ったパワエレ技術（モータ/INV）と高品質・高信頼の生産技術を活かして、競争力ある製品を提案していきたいと考えています。

- INV開発（高速&低損失SW etc.）・・・並行して開発中。
- 空用モータでの高品質、高信頼のモノづくり開発
- 更なる材料革新（CNT/超電導 etc.）を活かしたモータ