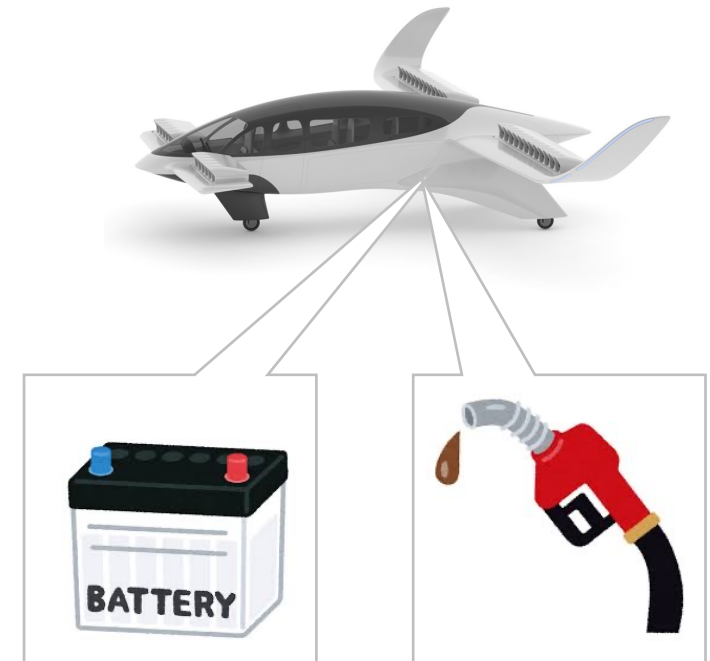
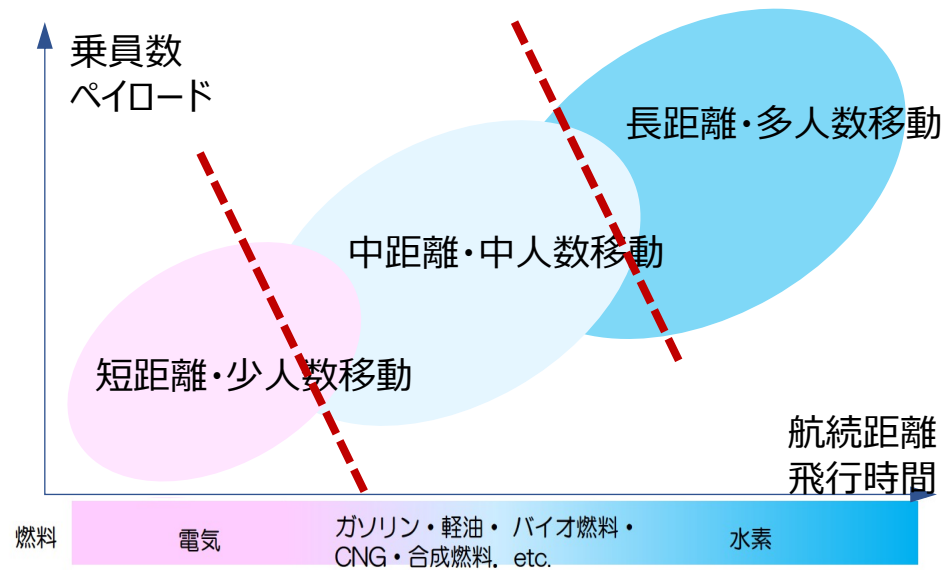


# 空飛ぶ車の研究・開発について

慶應義塾大学大学院SDM研究科 徳岡茂利

# 研究の目的

- 空飛ぶクルマ普及の一助として、用途に応じて適切な動力源を選定する検討プロセスと閾値を明確にすること。
- 既存公共交通に対し優位性のある、空飛ぶクルマのユースケースを定量的に明確にすること。
- 空飛ぶクルマの汎用性を高め、稼働率を向上できるアイデアを動力源視点から提案すること。



# 検討前提機体仕様

固定翼付きで推力偏向タイプ (Vectored Thrust Type) ➡Lilium Jetの諸元、飛行の計算式をベースに[5]、動力源をバッテリー方式とシリーズハイブリッド方式の2タイプを想定して、ペイロードやエネルギー容量を振って、航続距離、機体コストの比較を実施した。

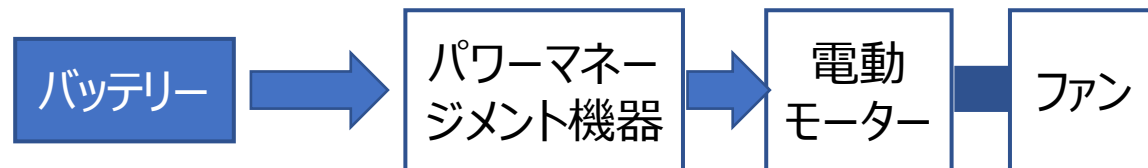


Lilium Jet

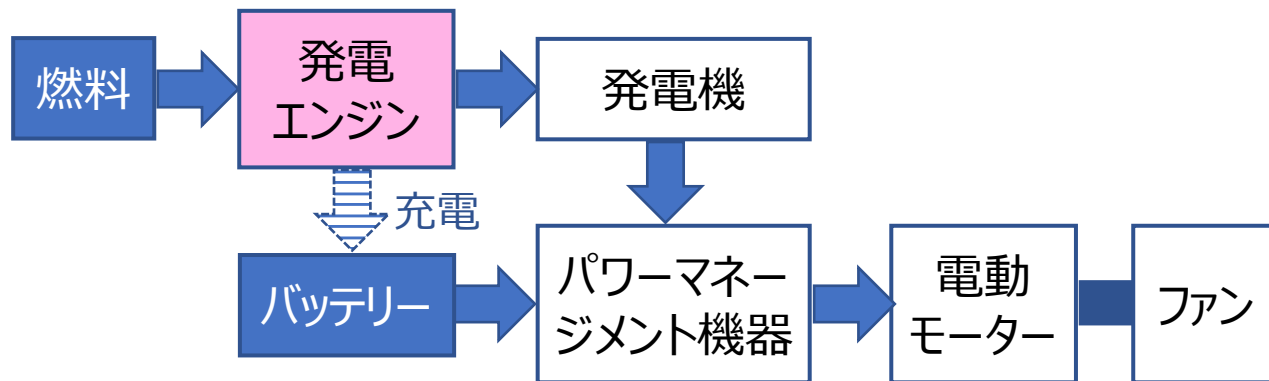
|               |              |                 |
|---------------|--------------|-----------------|
| 最大離陸重量        | <b>MTOW</b>  | <b>3,175</b> kg |
| ペイロード         |              | 700 kg          |
| 乗員数           |              | 7 人             |
| エネルギー容量(ノミナル) |              | 305 kWh         |
| 航続距離          | <b>Range</b> | <b>221</b> km   |

# 検討動力源方式

## バッテリー方式

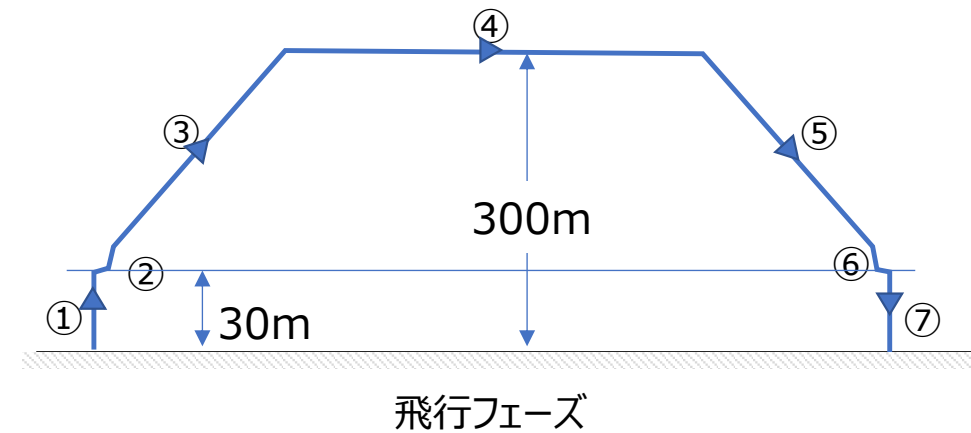
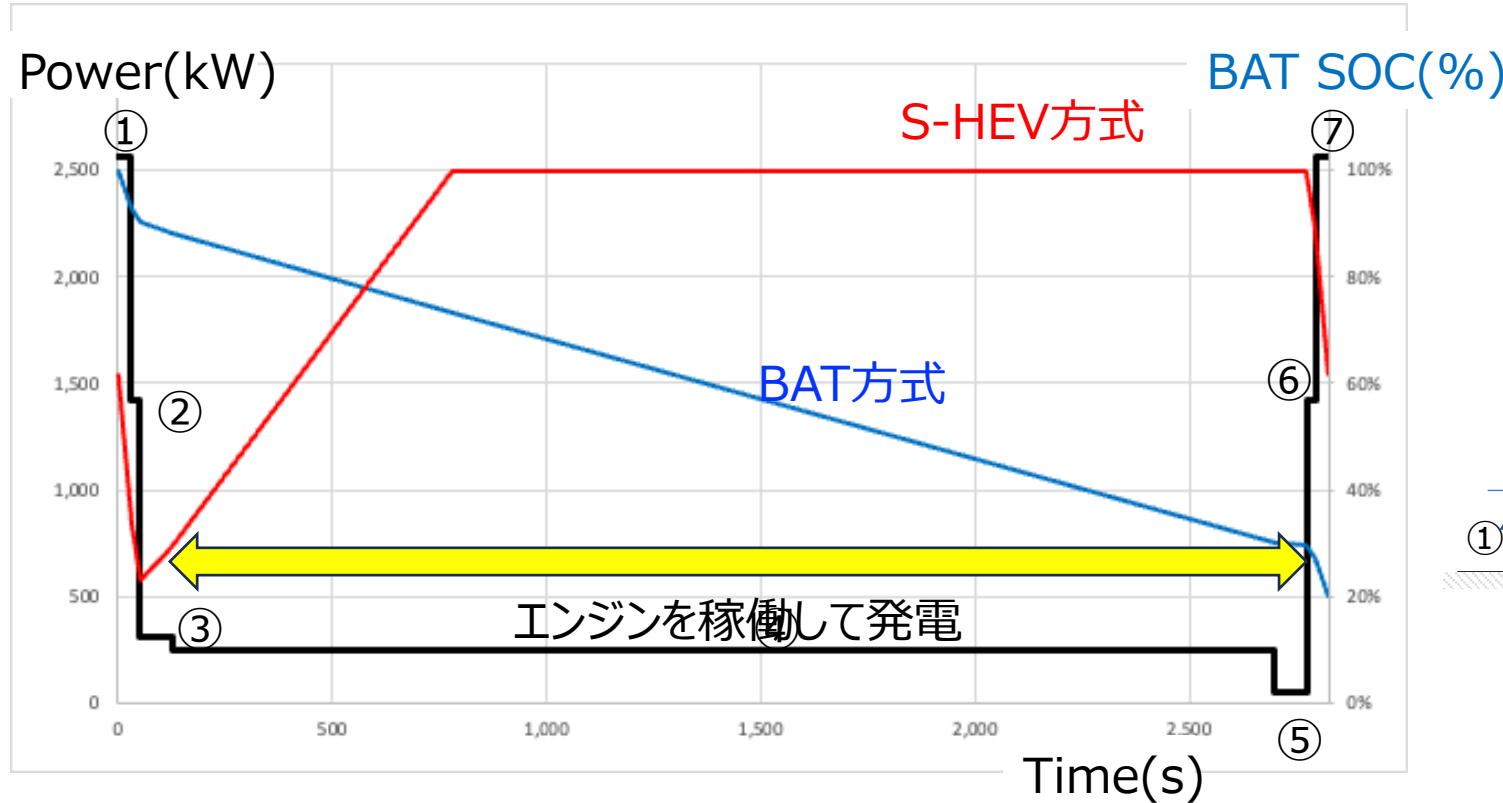


## シリーズハイブリッド方式



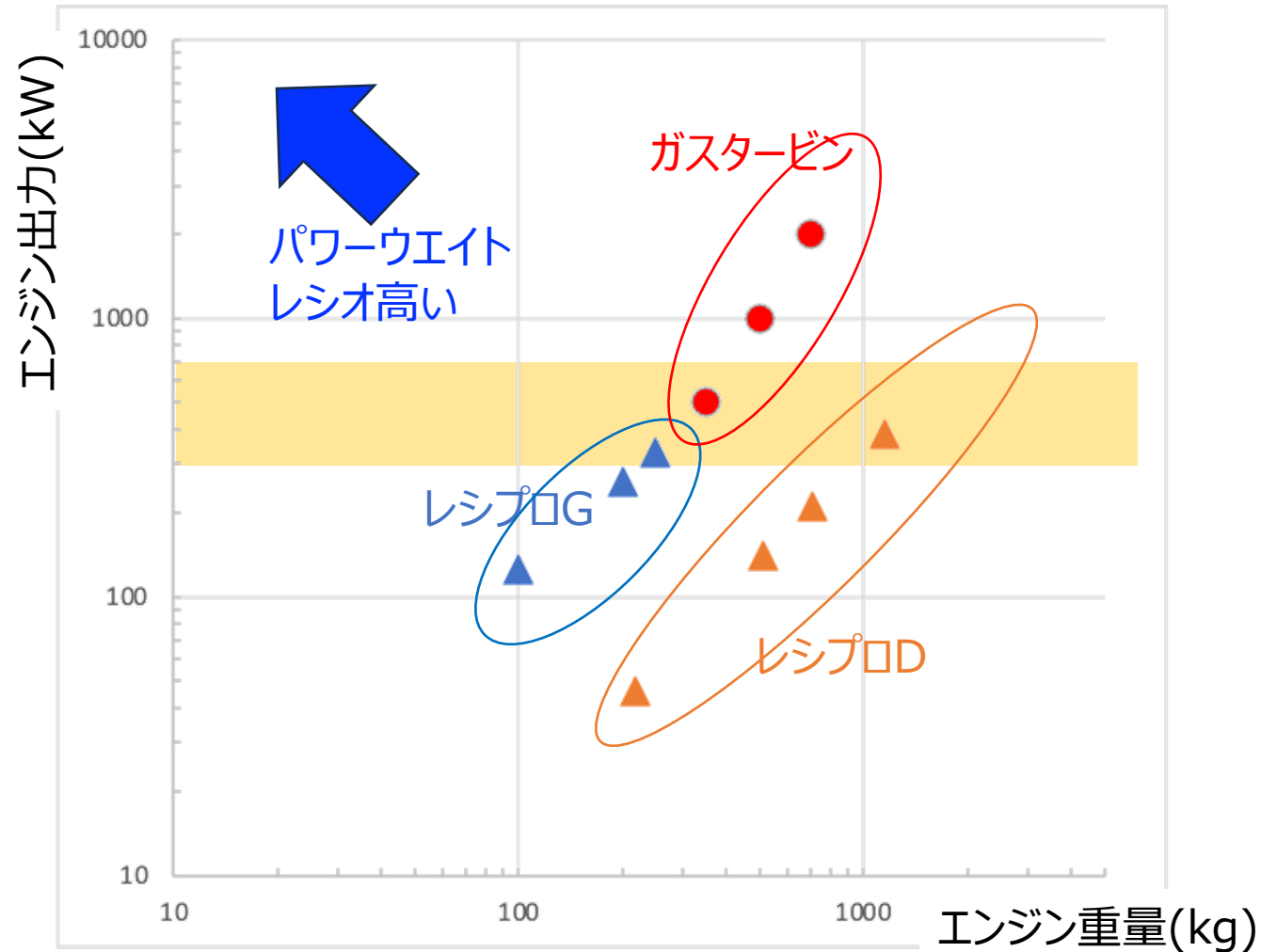
# 飛行フェーズごとの必要出力とSOC変化

- 垂直離着陸時①⑦では極めて出力要求が高い。(2500kWを30秒間作動)
- 巡航時④は固定翼により揚力が発生するため、推力のみで出力要求は低い。
- S-HEV方式では③～⑤の間で発電・充電しながら飛行し、満充電後は発電しながら飛行。
- ①～②,⑥～⑦では騒音に配慮し、バッテリーにチャージされた電力のみを使って離着陸を行う。



# シリーズハイブリッド方式で発電エンジンにガスタービンを選んだ理由

- 出力要求値が高い(300~650kW)
- 軽量であること = 高いパワーウエイトレシオ[6]



# 動力源関連コストの仮定

## ■ 全固体電池

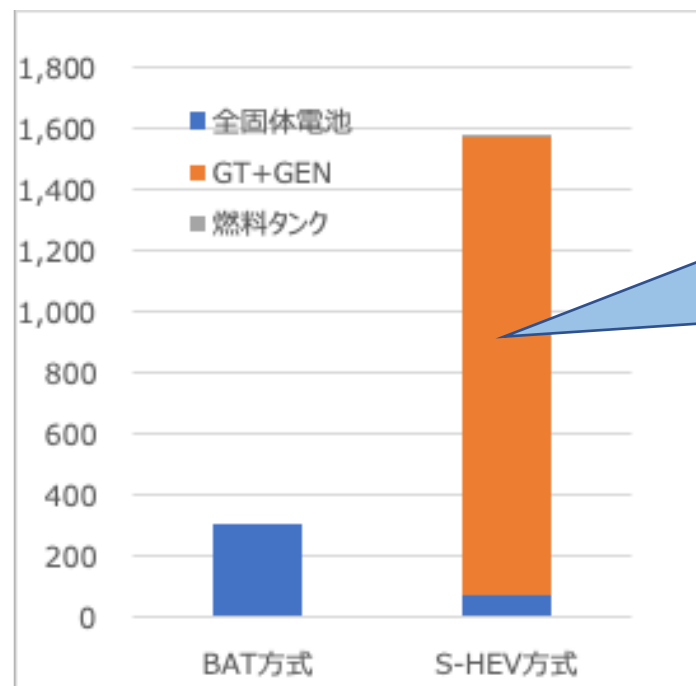
¥10,000円/kWh 経産省 蓄電池産業戦略 2022/8/31資料より引用

## ■ GT+GEN

¥25,000円/kW 発電機メーカー地上設備相当の値で仮置き

## ■ 燃料タンク

¥440円/L 自動車用燃料タンク相場から仮置き

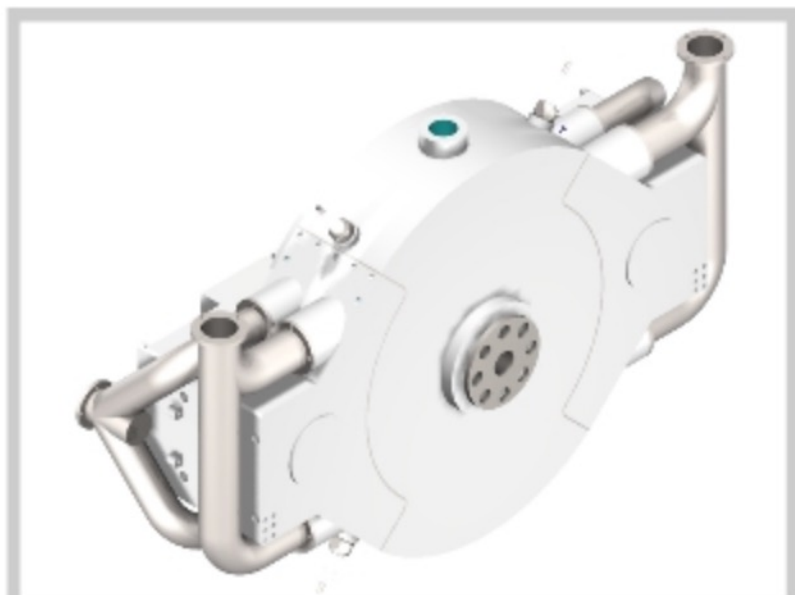


S-HEV方式のガスタービンコストの高さが課題。  
普及に向けて、発電エンジンのコストダウンが必要。

# 軽量・高効率発電エンジン

日本ソフトウェアアプローチHPより

エンジン開発や次世代AI開発で世界にない技術を具現化する株式会社日本ソフトウェアアプローチ（所在地：さいたま市南区、代表取締役：真下 速美）は、2022年11月15日（火）に重量比が標準的なガソリンエンジンと比べて20分の1～25分の1になる自動車用ガソリンエンジンと航空機用ガソリンエンジンを試作して性能確認と世界に迅速に普及するために、詳細設計図面と3DCADデータを公開します。



構成 : 単体  
質量 : 5.8kg  
最大回転数 : 8800rpm  
最大出力 : 113馬力

## Mashimo Engine

### 6.航空機用エンジンとしての活用

単体構成～14連構成は、重量=5.8～185.8kg、出力=113～2890馬力、パワーウエイトレシオ=15.5～19.5馬力/kgになり、プロペラ用航空機エンジンとの比較では以下に示す特徴になります。

※パワーウエイトレシオは1kg当りの出力馬力を示す値で軽量化の指標になります。

- ・パワーウエイトレシオが7.5～9.5馬力/kgなので、2倍以上になります。
- ・熱効率は33%程度から55%以上になり、燃費を40%以上削減します。
- ・航空機エンジンは高価になりますが、極めて安価になりますので経済性に優れます。
- ・航空機エンジンは騒音対策に苦慮しますが、消音装置により騒音がほとんどなくなります。
- ・航空機エンジンは高速回転になりますが、低速回転になり取扱いが容易になります。
- ・航空機エンジンは耐久性に問題がありますが、耐久性が著しく向上します。
- ・航行時の燃費と二酸化炭素の排出を40%以上削減します。

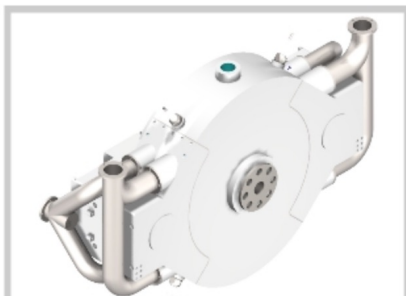
適用航空機の種類としては、ヘリコプター、軽飛行機、小型飛行機、垂直離着陸飛行機（空飛ぶ車）、ドローン



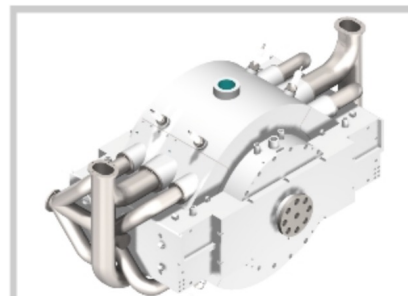
# 軽量・高効率発電エンジン

## Mashimo Engine 特徴

- モジュラーコンセプトで直列に繋げて必要な出力を確保できる。(下図)
- **高いパワーウエイトレシオ** 11~14kW/kg (GT:1~3kW/kg)
- **高い熱効率** 33~55% (GT:15%)
- 航空エンジンに比べ**安価**
- 消音装置により高い**静粛性**
- 航空エンジンに比べ低回転のため**耐久性が良い**
- **良エミッション**



構成 : 単体  
質量 : 5.8kg  
最大回転数 : 8800rpm  
最大出力 : 113馬力



構成 : 基本  
質量 : 11.0kg  
最大回転数 : 8000rpm  
最大出力 : 206馬力

