

超伝導電磁エンジン小型化レポート

エアバイク、エアカー概念設計

久保田英文著

Copyright © Hidefumi Kubota 2006

All Rights Reserved

1. 背中に背負う型について

映画のジェームズ・ボンドが使用したような「ジェットパック」の超伝導電磁エンジン版を考えてみます。

上昇を安定的に行うために、2 台の超伝導電磁エンジンが必要と考えます。それに加えて、前方に進むために、1 台の超伝導電磁エンジンが必要でしょう。そして、3 台を冷却する冷却器が必要になります。3 台分の電源も必要です。

超伝導電磁エンジンは、1 辺が 20 センチメートルで、一周の長さが 0.8 メートルとできます。一人一人なので、超伝導電磁エンジン 1 台の消費電力は 100 ワット以下にできます。しかし、冷却には無冷媒式の超伝導磁石を使用するなら、一台当たり、1 キロワットは必要でしょう。ですから、4 キロワット程度の電源が必要となります。人体に対して比較的大きな充電が必要となります。冷媒式の超伝導磁石を使用するなら、消費電力は小さくて済みますが、冷却器系の重量が比較的大きくなります。この他に、超伝導電磁エンジンの数が 3 台だけなので、空中を自由に動くためには、超伝導電磁エンジンの位置を機械的に回転させて、推進力の方向を変化させる装置が必要となります。

ですから、装置が人体に比較的大きくて重いものになり、かさばるので、扱いにくくなります。これでは、次に述べるエアバイクに比べると、乗っていて扱いにくく疲れやすいものになり、エアバイクには太刀打ちできません。なので、これ以上、この型について述べるのはやめます。

2. エアバイク

跨って乗るバイクを、超伝導電磁エンジンを使用して空中を自由自在に飛べるようにしたものです。

操縦方法ですが、右スロットルが前進と後退、右スロットルレバーが前進と後退の制動、左スロットルが上昇と下降、左スロットルレバーが上昇と下降の制動、右スロットルと左スロットルがついている腕を動かして左右の方向転換を行うと考えられます。

超伝導電磁エンジンは 5 台使用します。3 台は重力の打消しと上昇・下降用、2 台は、前進・後退と方向転換用です。

無冷媒式の超伝導磁石を用いると、超伝導電磁エンジン 5 台ですので、数キロワットもの消費電力が必要となり、大きな電源を用いることにもなるので、冷媒式の超伝導磁石を用います。

普通の体重の人なら二人乗れる 200 キログラムの重量を積載できるものとします。

各部の重量は、次のように想定します。

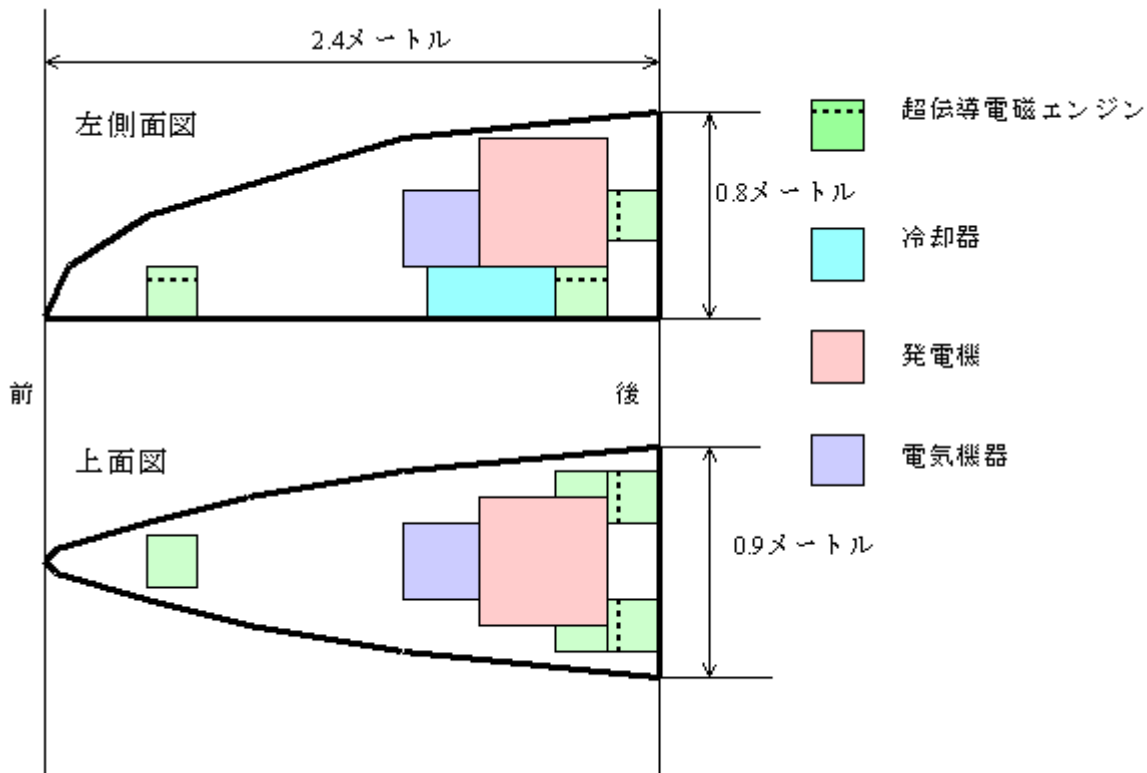
超伝導電磁エンジン 1台 15 キログラム
常伝導体 5 キログラム
超伝導磁石 10 キログラム

超伝導電磁エンジン 5台 $15 \times 5 = 75$ キログラム
冷却器系 80 キログラム
電源（発電機） 80 キログラム
電気・電子系 60 キログラム
フレームその他の車体 130 キログラム
車体総重量 425 キログラム

満載したときの総重量が 625 キログラムとなります。

満載しても動けるように、上昇・下降する力を最大で、660 キログラム重とします。
これを 3 台の超伝導電磁エンジンで得るので、
1 台当たりの最大推力は 220 キログラム重となります。
 $220 \times 3 = 660$

超伝導電磁エンジン 5 台と発電機と冷却器の配置は次のようになります。



後方に、電磁エンジンの推進力が水平方向に働くように、電磁エンジンを左右2台、飛翔体の骨格に固定します。前進と後退と方向転換に用います。前進と後退には左右二つの電磁エンジンに同じ大きさの推進力を同じ方向に発生させます。方向転換には、左右2台の電磁エンジンの推進力の大きさを異なるようにする方法と、左右2台の電磁エンジンによる推進力の方向を異なるようにする方法を組み合わせで行います。

下面に、三つの電磁エンジンを二等辺三角形に配置します。電磁エンジンの推進力が天地方向に働くように、電磁エンジンを飛翔体の骨格に固定します。浮力を得るためと、機体の安定のためと、上昇・下降する力を得るためです。機体をどんな気象条件でも安定させるためには少なくとも、この用途の電磁エンジンが三つ必要と考えます。前方には1台、後方に2台配置します。後方に重い発電機などを配置するからです。

制動には5台の電磁エンジンを使用します。脈流の方向を逆転させて推進力を逆転することにより行います。電磁エンジンの推力をゼロにするエンジンブレーキは原則として働きません。空中を飛行し、空気抵抗しか働かないからです。しかし、上昇に対してのみは、エンジンブレーキが可能です。重力を利用できるからです。

常伝導磁石について

超伝導磁石の与える磁場が5テスラ。

常伝導磁石の常伝導体には鉄を使用します。

常伝導磁石の一回りの長さが0.8メートル。

常伝導体の断面積を 7×10^{-4} 平方メートル。

鉄（鋼鉄）の抵抗率を 20×10^{-8} オーム・メートル。

鉄の密度を 7.87×10^3 キログラム/メートル³。

以上を前提として計算します。

常伝導体の重さは、

$$7.87 \times 10^3 \times 7 \times 10^{-4} \times 0.8 = 4.4072 \text{ キログラム}$$

5キログラム未満の想定内です。

常伝導体の電気抵抗は、

$$20 \times 10^{-8} \times 0.8 \div (7 \times 10^{-4}) = 2.29 \times 10^{-4} \text{ オーム}$$

一台当たり必要な力は、 220×9.8 ニュートン。

この力を超伝導電磁エンジンにより得る場合の必要な電流の強さ（I）を求めます。

$F=BIL$ ですから、

$$220 \times 9.8 = 5 \times I \times 0.8$$

$$I = 539 \text{ アンペア}$$

この値が、最大電流に $2/$ をかけて 2 で割ったものになります。
ですから、最大電流は、
 $\times 539$ アンペア

実効電流は最大電流を 2 で割ったものです。
 $\times 539 \div 2$ 1197 アンペア

このときの常伝導体の消費電力は、
 $(1197)^2 \times 2.29 \times 10^{-4}$ 329 ワット

ちなみに電圧は、
 $1197 \times 2.29 \times 10^{-4}$ 0.2742 ボルト

配線に使用する銅製ケーブルについて。
銅製ケーブルの長さを 10 メートル。
銅製ケーブルの断面積は 2×10^{-4} 平方メートル。
銅の抵抗率を 2×10^{-8} オーム・メートル。
銅の密度を 8.96×10^3 キログラム/メートル³

以上を前提として計算します。

銅製ケーブルの重さは
 $8.96 \times 10^3 \times 2 \times 10^{-4} \times 10 = 17.92$ キログラム
電気・電子系 60 キログラムの三分の一未満です。
銅製ケーブルの電気抵抗は
 $2 \times 10^{-8} \times 10 \div (2 \times 10^{-4}) = 10^{-3}$ オーム

このときの銅製ケーブルの消費電力は、
 $(1197)^2 \times 10^{-3}$ 1433 ワット

常伝導体 5 個と銅製ケーブルの消費電力は、
 $329 \times 5 + 1433 = 3078$ ワット

これに加えて、冷却器系に 100 ワット必要としても、
3.5 キロワットの電源があれば、まかなえると考えます。
これには、「ヤマハ発電機 EF3500-YAMAHA 4 サイクル発電機」が適当と考えます。
<http://www.wisecart.ne.jp/mitsuyoshi/3.1/2/>
この発電機の連続運転時間は、7 時間です。

人一人（100 キログラム）を載せた場合の加速性能を示します。

総重量は、 $425 + 100 = 525$ キログラム

上昇加速性能を計算します。

$$220 \times 3 \times 9.8 - 525 \times 9.8 = 525 \times$$

これを解いて、

$$= 2.52 \text{ メートル / 秒}^2$$

前進加速性能を計算します。

$$220 \times 2 \times 9.8 = 525 \times$$

これを解いて、

$$8.21 \text{ メートル / 秒}^2$$

満載（200 キログラム）の場合の加速性能を示します。

総重量は、 $425 + 200 = 625$ キログラム

上昇加速性能を計算します。

$$220 \times 3 \times 9.8 - 625 \times 9.8 = 625 \times$$

これを解いて、

$$0.548 \text{ メートル / 秒}^2$$

前進加速性能を計算します。

$$220 \times 2 \times 9.8 = 625 \times$$

これを解いて、

$$6.89 \text{ メートル / 秒}^2$$

発電機の性能から、これらの力を7時間連続して出せることとなります。

3.エアカー

乗用車を、超伝導電磁エンジンを使用して空中を自由自在に飛べるようにしたものです。超伝導電磁エンジンは7台使用します。5台は重力の打消しと上昇・下降用、2台は、前進・後退と方向転換用です。無冷媒式の超伝導磁石を用いると、超伝導電磁エンジン7台用に大きな電源を用いることにもなるので、冷媒式の超伝導磁石を用います。

普通の体重の人なら四人以上乗れる500キログラムの重量を積載できるものとします。

各部の重量は、次のように想定します。

超伝導電磁エンジン 1台	30 キログラム
常伝導体	10 キログラム
超伝導磁石	20 キログラム
超伝導電磁エンジン 7台	$30 \times 7 = 210$ キログラム
冷却器系	100 キログラム
電源（発電機） 2台	$110 \times 2 = 220$ キログラム
電気・電子系	140 キログラム
フレームその他の車体	460 キログラム
車体総重量	1130 キログラム

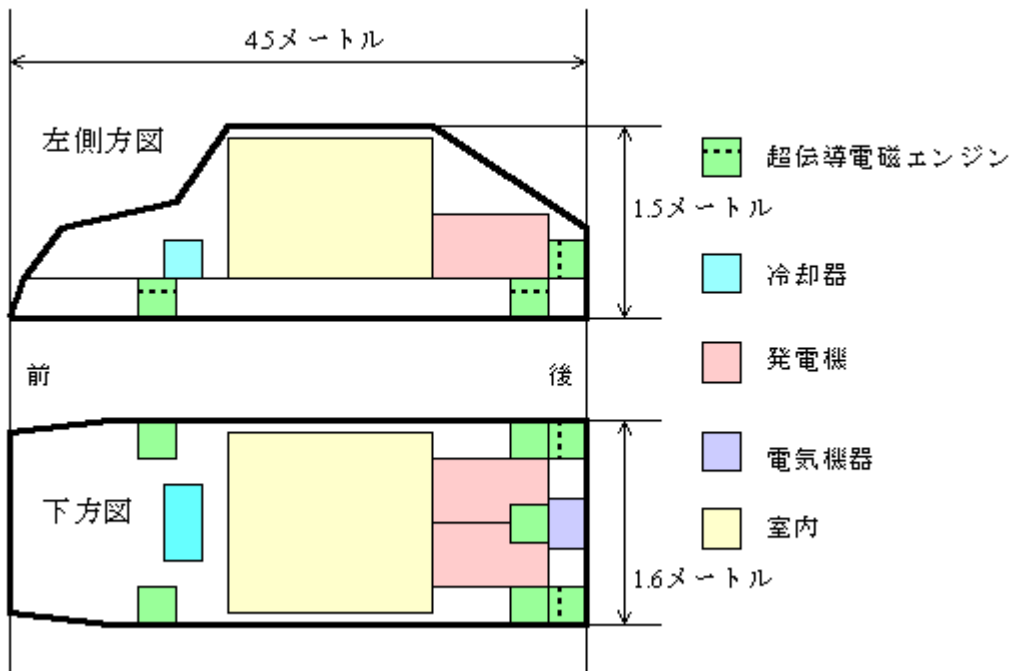
満載したときの総重量が1630キログラムとなります。

満載しても動けるように、上昇・下降する力を最大で、1800キログラム重とします。

これを5台の超伝導電磁エンジンで得るので、
1台当たりの最大推力は360キログラム重となります。

$$360 \times 5 = 1800$$

超伝導電磁エンジン 7 台と発電機と冷却器の配置は次のようになります。



後方に、電磁エンジンの推進力が水平方向に働くように、電磁エンジンを左右 2 台、飛翔体の骨格に固定します。前進と後退と方向転換に用います。前進と後退には左右二つの電磁エンジンに同じ大きさの推進力を同じ方向に発生させます。方向転換には、左右 2 台の電磁エンジンの推進力の大きさを異なるようにする方法と、左右 2 台の電磁エンジンによる推進力の方向を異なるようにする方法を組み合わせで行います。

下面に、五つの電磁エンジンを長方形に配置します。電磁エンジンの推進力が天地方向に働くように、電磁エンジンを飛翔体の骨格に固定します。浮力を得るためと、機体の安定のためと、上昇・下降する力を得るためです。前方には 2 台、後方に 3 台配置します。

制動には 7 台の電磁エンジンを使用します。脈流の方向を逆転させて推進力を逆転することにより行います。電磁エンジンの推力をゼロにするエンジンブレーキは原則として働きません。空中を飛行し、空気抵抗しか働かないからです。しかし、上昇に対してのみは、エンジンブレーキが可能です。重力を利用できるからです。

常伝導磁石について

超伝導磁石の与える磁場が 5 テスラ。

常伝導磁石の常伝導体には鉄を使用します。

常伝導磁石の一回りの長さが 1 メートル。

常伝導体の断面積を 10^{-3} 平方メートル。

鉄（鋼鉄）の抵抗率を 20×10^{-8} オーム・メートル。

鉄の密度を 7.87×10^3 キログラム/メートル³。

以上を前提として計算します。

常伝導体の重さは、

$$7.87 \times 10^3 \times 10^{-3} \times 1 = 7.87 \text{ キログラム}$$

10 キログラム未満の想定内です。

常伝導体の電気抵抗は、

$$20 \times 10^{-8} \times 1 \div 10^{-3} = 2 \times 10^{-4} \text{ オーム}$$

一台当たり必要な力は、 360×9.8 ニュートン。

この力を超伝導電磁エンジンにより得る場合の必要な電流の強さ (I) を求めます。

$F=BIL$ ですから、

$$360 \times 9.8 = 5 \times I \times 1$$

$$I = 705.6 \text{ アンペア}$$

この値が、最大電流に $2/\sqrt{2}$ をかけて $\sqrt{2}$ で割ったものになります。

ですから、最大電流は、

$$705.6 \times \frac{\sqrt{2}}{2} \text{ アンペア}$$

実効電流は最大電流を $\sqrt{2}$ で割ったものです。

$$705.6 \div \sqrt{2} = 500 \text{ アンペア}$$

このときの常伝導体の消費電力は、

$$(500)^2 \times 2 \times 10^{-4} = 50 \text{ ワット}$$

ちなみに電圧は、

$$500 \times 2 \times 10^{-4} = 0.1 \text{ ボルト}$$

配線に使用する銅製ケーブルについて。

銅製ケーブルの長さを 30 メートル。

銅製ケーブルの断面積は 3×10^{-4} 平方メートル。

銅の抵抗率を 2×10^{-8} オーム・メートル。

銅の密度を 8.96×10^3 キログラム/メートル³

以上を前提として計算します。

銅製ケーブルの重さは

$$8.96 \times 10^3 \times 3 \times 10^{-4} \times 30 = 80.7 \text{ キログラム}$$

電気・電子系 140 キログラムに約 60 キログラム程度残ります。

銅製ケーブルの電気抵抗は

$$2 \times 10^{-8} \times 30 \div (3 \times 10^{-4}) = 2 \times 10^{-3} \text{ オーム}$$

このときの銅製ケーブルの消費電力は、

$(1567)^2 \times 2 \times 10^{-3} = 4911$ ワット

常伝導体 6 個と銅製ケーブルの消費電力は、

$492 \times 7 + 4911 = 8355$ ワット

これに加えて、冷却器系に 400 ワット必要としても、

5 キロワットの電源が二台あれば、まかなえると考えます。

これには、「ヤマハ発電機 EF6000E-YAMAHA 4 サイクル発電機」が適当と考えます。

<http://www.wisecart.ne.jp/mitsuyoshi/3.1/2/>

この発電機の連続運転時間は、6.9 時間です。

300 キログラムを載せた場合の加速性能を示します。

総重量は、 $1130 + 300 = 1430$ キログラム

上昇加速性能を計算します。

$360 \times 5 \times 9.8 - 1430 \times 9.8 = 1430 \times$

これを解いて、

$= 2.53$ メートル / 秒²

前進加速性能を計算します。

$360 \times 2 \times 9.8 = 1430 \times$

これを解いて、

4.93 メートル / 秒²

満載 (500 キログラム) の場合の加速性能を示します。

総重量は、 $1130 + 500 = 1630$ キログラム

上昇加速性能を計算します。

$360 \times 5 \times 9.8 - 1630 \times 9.8 = 1630 \times$

これを解いて、

1.02 メートル / 秒²

前進加速性能を計算します。

$360 \times 2 \times 9.8 = 1630 \times$

これを解いて、

4.32 メートル / 秒²

発電機の性能から、これらの力を 6.9 時間連続して出せることとなります。

4.燃料電池

3.までを書いた後、燃料電池について知識を増やすことができました。ホンダのホームページによると、ホンダの次世代燃料電池車「FCX コンセプト」に搭載されている燃料電池は、小型で高効率であり、100 キロワットもの出力を有します。この燃料電池は出力と重量を比較するならば、充電電池より遥かに効率的であり、発電機よりもかなり効率的であると考えられます。消費電力が冷媒型に比べて比較的大きい無冷媒型超伝導磁石の使用も可能になると考えられます。したがって、エアカー、エアバイクが実用化されるときには、燃料電池を搭載するものと考えられます。これに伴い、ガソリンスタンドは水を電気分解して水素を販売する水素スタンドとなるでしょう。