

航空機内での静電気による電磁波の研究

--- 帯電した金属の衝突によるモデル実験 ---

神奈川県立西湘高等学校 2 年

大津拓紘

## 目 次

1. はじめに
2. 実験方法
3. 実験結果と考察
  3. 1 電磁波の発生と検出
  3. 2 帯電量と衝突速さ
  3. 3 帯電電圧と伝播距離
  3. 4 衝突速度と伝播距離
4. まとめ

## 1. はじめに

飛行機に関心を持ち、整備工場に行って、整備中の飛行機を見たり、インターネットで調べたりしていた。そこで『飛行機の安全性』について興味を持った。航空機の世界では、「静電気」というものに非常に気を使っていることがわかった。

飛行機は空気中を高速で飛ぶので、飛行中の空気や雨滴との摩擦で飛行機には大量に静電気が溜まる。特にジャンボジェット機のように大きな機体だと、機体の場所によって部分的に静電気が溜まって、通信や航法の電子機器に悪影響を及ぼしてしまう。そのため、機体のパネルと機体を「ボンディング・ワイヤー」と呼ばれるワイヤーでつないで、機体全体を同電位にする。また、ある一定以上の静電気が溜まると機体の尖がった部分（翼端）などから「コロナ放電」という放電現象が起き、これもまた通信機器などに悪影響を及ぼす。機体に溜まった静電気を機外に放電する方法として放電策（スタティック・ディスチャージャ）が主翼端、水平尾翼端、テールコーンなどに合計20本装備している（図1）。

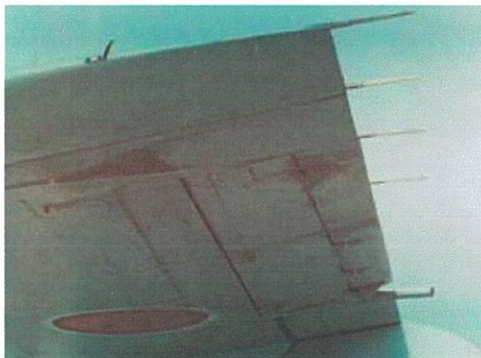


図1 放電策

静電気に気を使う理由のもうひとつに「火災防止」がある。航空機の周りは火気厳禁である。大量の燃料があつたり、ミサイルや射出装置などの「火工品（火薬）」もある。静電気は、これらに引火させるのに十分な力をもっている。よって、航空機にもアースをつけ静電気を地上（グラウンド）へ逃がす。燃料補給をするときは特に注意が必要である（図2）。



図2 アースポイント

さらに、調べていくと驚くべき情報が書かれていた。それは、旅客航空機内では、飛行中に静電気放電に伴う電磁波パルスが数多く発生しているというものである。インパルス物理研究所の本田先生は電磁波パルスの発生状況を実際のフライトにおいて測定し、その結果を1999年11月12日に東京都大田区産業プラザで開催された第9回 EOS/ESD/EMC シンポジウムで発表された。『国際線および国内線のフライトで、静電気放電に伴う電磁波パルスの検出器と帯電電圧の測定器を機内に持ち込んだ。客室内では、1) 食事の配膳でカートを移動させる、2) 客席前面のトレイを出し入れする、などの動作で静電気放電を検出した。1) はカートの端（金属）と座席のひじ掛け（金属）が接触したことによって、2) はトレイの支持脚（金属）と取り付け部（金属）が摺動接触したことによって放電が発生したとしている。客室内各部はマイナスに帯電していることが多く、帯電電位は3 kV～5 kVくらい。高くても10 kV以下だった。飛行中の旅客機内の湿度は20%以下ときわめて低く、静電気放電が発生しやすい環境にある。そして10 kV以下だと低い放電電圧に伴う電磁波パルスが、デジタル機器に誤動作を引き起こすことが分かってきた。』というものである。つまり、飛行機の中でカートと椅子の金属部分がぶつかって、静電気放電を起こし、ものすごい電磁波が出ていて飛行機が誤作動を起こす危険があるということだ。何故、ぶつかっただけで静電気が起きるのか調べると、飛行機の床はマットだったことがわかった。そこで、本当かどうかを確かめるために模型を作って実験することにした。

## 2. 実験方法

図3に示すように、カート（金属球1）、床（プラスチック製定規）、椅子（金属球2）とした実験モデルを作った。金属球にはパチンコ玉を用いた。木の板にプラスチック製の定規を2つ用いてV型のレールを作り、その端に、金属球2を取り付けた。一方から金属球1を乗せて転がした。そして、だんだん角度を着けてぶつけて静電気放電が起きるかどうかを調べた。静電気放電による電磁波の有無はEMIロケータを用いて確認し、距離依存性はAMラジオを使って行った。このEMIロケータとは放電によって生じた電磁波パルスを検出する装置である。また、角度を15度、30度、45度と変化させぶつかる速度の依存性を調べた。定規をティッシュで擦って定規の電圧を静電気電圧測定器で測定した。帯電量0の基準としては竹製の定規で実験を行った。

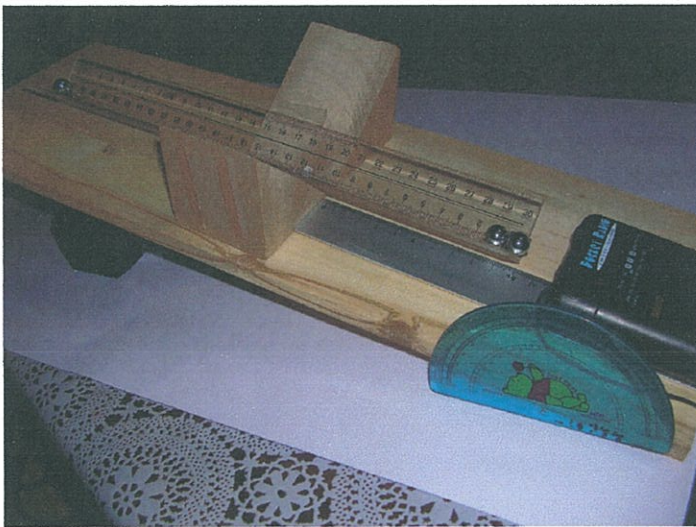


図3 作製した実験装置

### 3. 実験結果と考察

#### 3. 1 電磁波の発生と検出

図4に示すように、EMI ロケータの近くで圧電素子のついたライターをつけるると“ピッピー”とアラームが鳴った。これは5 mV以上の電磁波パルスが出ていることを示している。つまり、圧電素子による約 10000 V の火花放電によって、5 mV以上の電磁波が出ることがわかった。



図4 電子ライターとEMIロケータ

そこで、図5のように、航空機のモデル実験として、定規をティッシュペーパーで擦って1000 Vに帯電させ、金属球をぶつけると、なんとEMIロケータが反応した。火花は見えないのに放電が起き、電磁波が出ていることには驚いた。そこで、電磁波ならAMラジオで聞こえると思ったが、スピーカーでは困難だった。しかし、イヤフォンで聞いてみると衝突時に“プツ”という音がはっきりと聞こえた。つまり、AMラジオで検出できるほどの電磁波が出ていることがわかった。

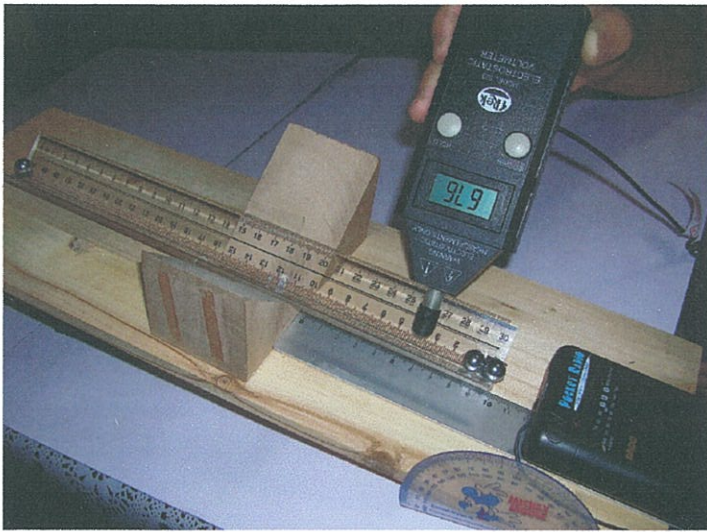


図5 プラスチック定規での実験

また、金属どうしがぶつかっただけではどうかと思い、図6に示すようにティッシュペーパーで擦っても帯電しない竹の定規のレールの上で実験をした。いくら金属どうしを衝突させてもEMIロケータは反応せず、また、AMラジオからの音も聞こえなかった。つまり、この現象は帯電した定規（床）の上を動いている金属球1（カート）と止まっている金属球2（椅子）がぶつかるとう放電が生じ、電磁波が出ることがわかった。



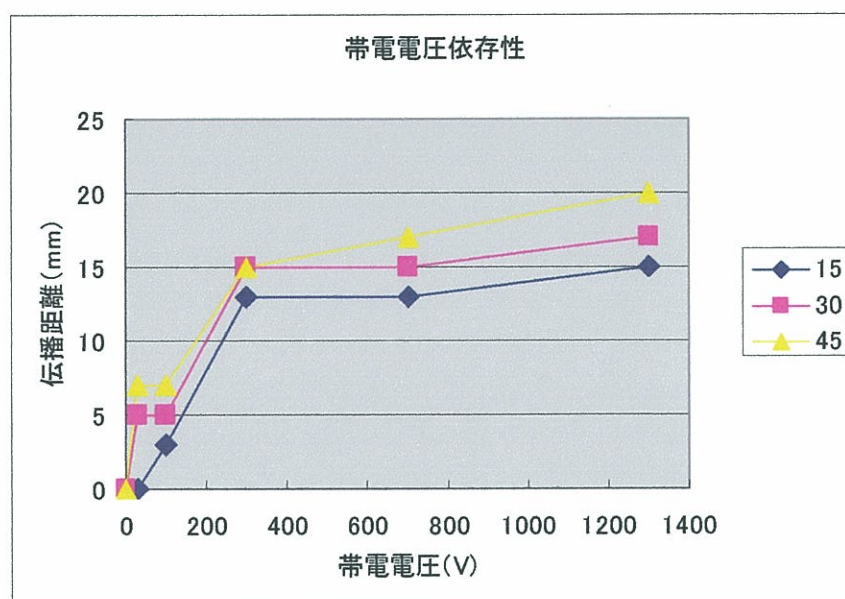
図6 竹定規での実験





### 3. 3 帯電電圧と伝播距離

図7に帯電電圧と伝播距離の関係を示す。スロープの角度を15、30、45度としている。どの場合も帯電電圧が300 Vまでは急激に上がり、それ以降は緩やかに増加する。これより、帯電電圧が大きくなると強い電磁波が出ることがわかった。

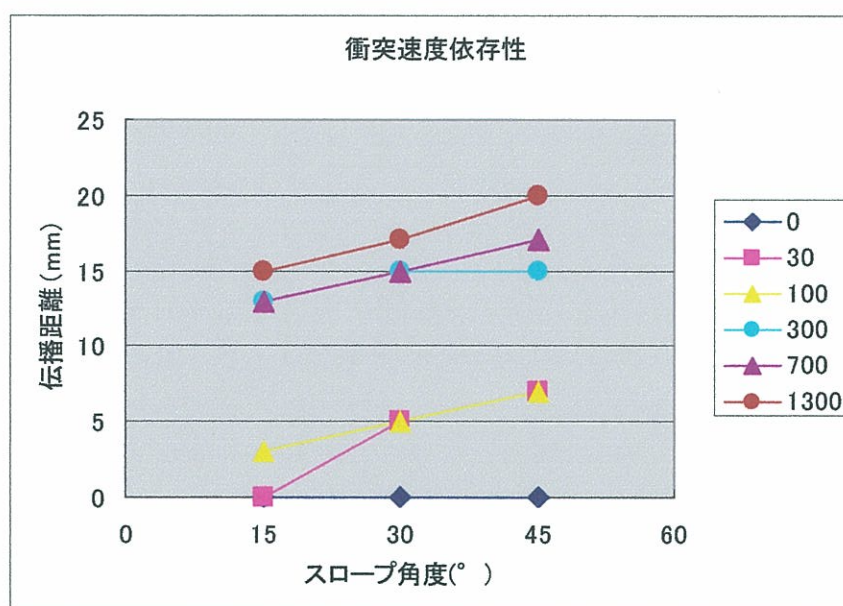


角度	距離 (mm)					
	帯電電圧 (mm)					
	0	30	100	300	700	1300
15	0	0	3	13	13	15
30	0	5	5	15	15	17
45	0	7	7	15	17	20

図7 帯電電圧依存性

### 3. 4 衝突速度と伝播距離

図8に衝突速度と伝播距離の関係を示す。帯電電圧は0、30、100、700、1300 Vとした。スロープの角度は15、30、45度である。どの場合も角度を大きくすると伝播距離が増加している。これより角度を付け速く金属球が衝突すると強い電磁波が出ること。つまり、航空機の中で帯電した金属同士の衝突によって電磁波が出ることは本当であることがモデル実験からもわかった。更に、これらの結果から、帯電した金属の衝突によって生じる電磁波の強さは、帯電量と衝突速度に依存することが明らかになった。



帯電	距離 (mm)		
	スロープ角度(°)		
	15	30	45
0	0	0	0
30	0	5	7
100	3	5	7
300	13	15	15
700	13	15	17
1300	15	17	20

図8 衝突速度依存性

#### 4. まとめ

航空機内での静電気放電のモデル実験を行い、静電気放電が起こると電磁波が出ることがわかった。帯電した金属同士の衝突の場合は電磁波の強さは帯電量と衝突の速度に依存することもわかった。つまり、電磁波の発生を無くすには、帯電しなくすること、金属同士をぶつからなくすること、速さをゆっくりとすることが対策として有効であることがわかった。飛行機や自動車、ロケットなどいろいろなところで電子機器が使われており、電磁波の影響が重要となってきた。今後、更に詳細な調査が必要である。