

乗っているジェット旅客機を物理実験室にする試み

宮坂 忠昭*

A Trial of Physical Experiments in Jet Plane

Tadaaki MIYASAKA

キーワード：物理教育，物理実験，加速度測定，ジェット旅客機

1. ま え が き

わが国の最近の教育問題で、「理科離れ，物理離れ」がとりあげられて久しい。日本の科学技術，工業技術立国としての基礎教育の危機的状態を回避するための努力がなされている。

高専という特徴ある教育体系において，学生は自然科学に対して理解，と興味を持っており，物理の教育成果があがっていると思っている。しかし最近では少数ではあるが，無気力で，興味を示さない学生が始め，授業の進め方に苦慮する場面がある。学生がいかに個々のカリキュラムの内容に興味をもつかで，教育成果が予想できる。しかるに，いかに物理という学問を彼らの前に興味をひくメニューとしてならべるかが，物理教育に携わるものの技量，実力といえよう。

高校1年生の物理は物体の運動から入っていくのが通常であるが，この学習が何のために速度だけの加速度なのか全く出口の見えないトンネルに入ったようであろう。したがってできるだけ具体例を示し反応をみて興味のある例を教材に使うべきで，たとえば先端科学技術のロケットの打ち上げ，新幹線等の乗り物の走行例など，またジェット機の離陸シーンを実体験に基づきリアルな事例で加速度を説明すれば必ず興味を示す。

2. 試みの内容

本校(長野工業高等専門学校)では，2年次に学校行事として，修学旅行が毎年実施されてきた。3年前に

韓国への初めての海外旅行が行われた。2000年は日本企業への海外移転の現状を見学する目的で東南アジアに目的地を広げ，シンガポールと決定した。

マレーシア出張の際，前のシートにカメラを吊り下げて離陸時の変位を記録して，傾き角を概算から，ジェット機の加速度を計算した。この経験から，1年次の物理授業で加速度を特に強調してきたことから，加速度に注目して，具体的な物理的事象を客観的に体験すると，学習と現実体験の融合が可能になる。また修学旅行を通じて，全員が協力して1つの目標を達成しようとする意識のもとに，共同学習の推進，測定器の製作などで，モノづくり¹⁾²⁾に体験が可能になる。

ジャンボジェット機に搭乗する貴重な体験を生かすために，クラス企画として全員による，ジェット機の加速度測定を提案した。名づけて“aプロジェクト”とした。各種のHR事前学習のなかで，とまどっていた学生も次第に興味を示し，積極的な姿勢がみえはじめた。また担任兼物理教科担任の立場は，授業中にも指導時間が確保でき，学生の興味をひきつけるのに有利であった。

3. 事前の教育と準備

3.1 班の構成

41人のクラスを8班に分け，旅行中の自主研修の班と兼ねた。プロジェクト長，測定主任(離陸，着陸)，a(加速度)測定係，t(時間)測定係，計算主任，測定器製作主任をおき，学生はいずれかに所属した。測定方法も含め各班の特色あるアイデアを期待することを述べて，細かな指導は差し控えた。

*基礎専門応用物理教授

原稿受付2002年5月16日

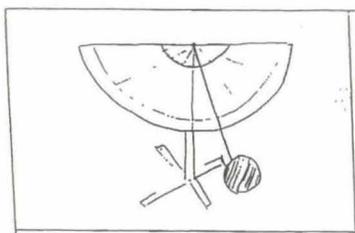
90%)] ○次第に増加させる○最初最大で後絞る。
 ありがとうございます。学習の成果をご報告できればうれしいと思います。よろしければ、お名前と連絡方法をご記入ください。署名、機長 O. M 氏 副機長 T. T 氏。パーサの仲介をいただき機長から好意的なデータが得られた。

4. 学生の測定法

代表的測定器を上げる。

(a) 角度測定法 1,2,3,4,7 班,

小型の分度器に振り子の動きを記録するもので、分度器を利用、縦の目盛りを用意する、機内持込を意識して、ペットボトル内に組み込むもの。



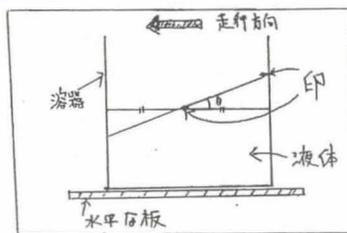
測定法 図のような装置を作り、おもりの傾きθからFも求め、aを計算する。



(b) 液体傾斜法 5,6,8 班

液体(水)を入れた直方体を利用、フロピーディスクのケース、ボールペンの芯を抜いて気泡をつくったもの。

測定器構成図



測定法 ① 四角い透明な容器を水平板上に固定。

② 真ん中へまで液体を入れ水面の真中

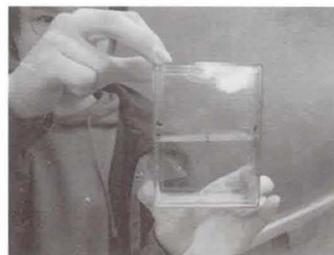
に高さの印を付けておく。

③ 加速と同時に水面が傾くので、

傾きかたがよほど印を打つ。

(てきた5秒毎に5秒に1回印を打つ)

④ θを測定し、 $a = g \times \tan \theta$ で加速度を求め。



(c) 曲面摩擦法：曲面にベアリング等の球を置き、慣性力と摩擦力のつりあい状態から、“a”を求めるもの、教官の提示用。



5. 測定器の製作

学生たちは、旅行委員としての各種役割の仕事のほかに、このプロジェクトに係わる仕事が重なって、きつい内容になったが、放課後の時間を主として利用し、目標の11月中に測定器の製作をほぼ終えた。機内持込という制限のなかで、手荷物のなかに入るよう、注意したくらいで、特にこちらからは指導は抑え自由な発想と自主性を重んじた。

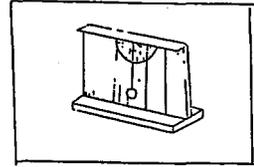
搭乗の際の荷物検査は心配であったが、問題はなかった。離陸時のシートベルトのチェックになって7班の測定にパーサから中止の要請があった。長い棒状のものは、離陸時、万が一の場合に、危険であるとのことであった。他の測定は予定どろりに実行できた。6班は水が漏れて、測定は失敗に終わった。パーサはかわいそうに思って彼らに速度等のデータを機長から聞いて伝えていた。

表1に各班の氏名と測定法を示す。表2に班で提出したレポート例を示す。表3に各班の測定結果を示す。6班は測定方法の不調、7班は測定器の故障、8班は測定が中止された。結果が得られたのは、5つの班であった。

ジェット機の加速度測定 PROJECT

H. 12. 11. 9. 2年5組HR

班名 2班
 班員 浅野-正 小林孝士
小林宏城 小松昌史 長田忠一
 Project長 _____
 測定主任(離陸) 小林宏城
 測定主任(着陸) 小松昌史



測定係り 小林宏城
 測定係り 小松昌史
 計算主任 小林孝士
 測定器製作主任 浅野-正

測定法 振り子を用いた重力加速度の測定
傾斜した棒と測定器
糸の付いた板の部分を底面に押し、板の傾斜を測り、重力加速度の測定
傾斜した棒と測定器

測定法 ①振り子法 ②液体法 ③ばね法 ④その他 印する

離陸所要時間 $t = 35$ (秒) 着陸所要時間 $t = 50$ (秒)

加速度 $a =$ スタート1.72 中間3.56 離陸2.8 (7%) (7%) (7%) 加速度 $a =$ 着陸2.56 中間1.19 最終-0.51 (7%) (7%) (7%)

数値計算 棒長 $L = \frac{1}{2}at^2$ 離陸速度 $v = \frac{2L}{t}$
 $\frac{1}{2} \times 3.56^2 \times 2.7 = 1660$ (着) $2.8 \times 35 = 98$ (着)
 $\frac{1}{2} \times 50^2 \times 1.38 = 1725$ (着) $98 \times 60 \times 60 = 3528$ (着)
 運動エネルギー $K = \frac{1}{2}mv^2$ 推力 $F =$ $1.38 \times 30 = 69$ (着)
 $\frac{1}{2} \times 1650 \times 35^2 = 1026375$ (着) $FL = \frac{1}{2}mv^2$ $69 \times 60 \times 60 = 2484$ (着)
 $M = 309 + (1.4 \times 10^4 \times 77)$ $F = \frac{1}{2}mv^2 = 11.5 \times 10^6$ (着)
 L. 前 36.4)

表 2

班	離陸時間		着陸時間	加速度 α (7%)			- α	L (m)	v (7%)	K(J)	F(N)
	(行)	(帰)		スタート, 中間, 離陸	7%	7%					
1	MD-11	30 (行)	40	0.432, 3.567, 3.567	-1.728, 5.658, 0.432	1214	75.66	1.77 × 10 ¹²	1.46 × 10 ⁹		
	747	40 (帰)		1.782, 3.184, 3.184						-1.728, 2.083, 1.552	2158
2	MD-11	35 (行)	50	1.72, 3.56, 2.8	-2.26, -1.37, -0.51	1656	98	1.02 × 10 ⁸	1.1 × 10 ⁷		
	747	(帰)									1725 (着)
3	MD-11	44 (行)	40	2.63, 2.63, 2.63	1.73, 2.62, 0.34	2546	115	2.0 × 10 ⁹	8.1 × 10 ⁶		
	747	(帰)									
4	MD-11	45 (行)	45	2.85	-2.13	2885	125	1.98 × 10 ¹⁰	6.86 × 10 ⁶		
	747	45 (帰)		2.40						-2.56 L2430, L'1752	2156
5	MD-11	44 (行)	45	2.84, 2.84, 2.84	1.66, 1.66, 0.83	2000		2.4 × 10 ⁹	1.2 × 10 ⁶		
	747	40 (帰)		2.59, 2.59, 2.59						1500	
6	MD-11	40 (行)	30	2.7		2160		1.8 × 10 ⁴	8.3 × 10 ⁵		
	747	(帰)		測定計算不明							
7	MD-11	44 (行)		3.27, 5.44							
	747	(帰)									
8	MD-11	20 (行)				1088		1.6 × 10 ⁶	1.5 × 10 ⁶		
	747	(帰)									

表 3

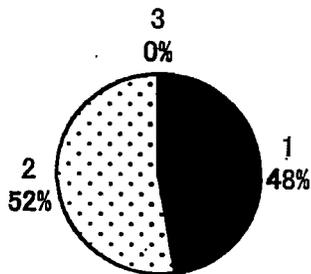
6. 測定結果

表3から、1. 離陸平均時間は40秒 2. 着陸時間は40から50秒。3. 離陸加速度は2.6から3.6 4. 着陸加速度は-1.5から-2.5m/s² 5. 離陸距離1500から2500m 6. 着陸距離1700から2100m 7. 離陸速度75から125m/sが得られた。いずれも測定結果数値は予想の範囲内であればよく、こだわらないことにした。彼らが体験の中から得た数値であるから、満足すべき結果と思っている。学生は、真の値を知りたがったが、あえてそれは問題にすべきではないとし、皆が努力した結果を大切に、そして失敗した班は、原因をしっかりとらせるように指導した。うまくいった班は協力体制がすばらしかったことを、講評した。

7. "a" Project に関するアンケート結果

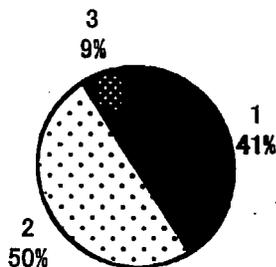
(1) ジェット機の加速度測定方法について

1. かなり考えた	19
2. 考えた	21
3. あまり考えなかった	0



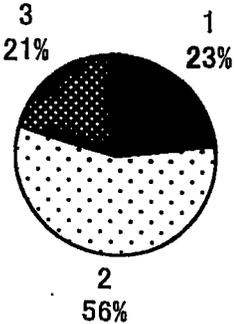
(2) その理由は

1. ジェット機の加速度そのものに興味があった	14
2. 加速度から、滑走路の長さとか、エンジンの出力がわかるから。	17
3. 興味がわかなかった	3



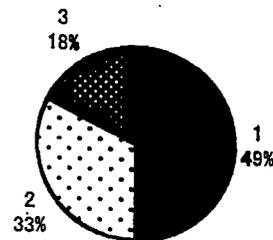
(3) われわれの班の測定器は

1. アイデアがよいと思った。	9
2. まあまあのがんがっていた	22
3. うまくいか不安であった。	8



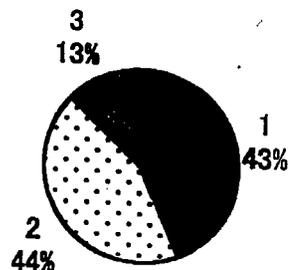
(4) 測定器の製作に

1. 協力した	20
2. まあまあ	13
3. できなかった	7



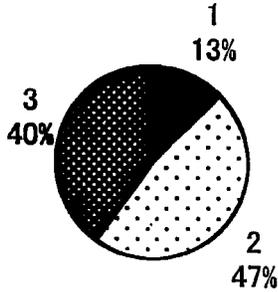
(5) その出来具合は

1. よいできた	17
2. まあまあだった	17
3. いまひとつだった	5



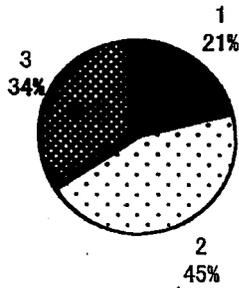
(6)ジェット機内での測定は

- 1.うまくいった 5
- 2.まあまあであった 19
- 3.うまくいかなかった 16



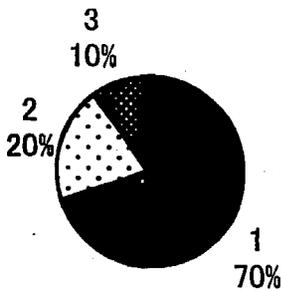
(7)加速度の計算結果は

- 1.信頼性があると思う 8
- 2.まあまあであろう 17
- 3.あまり自信がない 13



(8)実際ジェット機に乗って、加速度を体感して。

- 1.すごい加速度と思った 28
- 2.まあまあと思った 8
- 3.さほどではないと思った 4



物理的感想を求めた結果を記す。初めての飛行に感動した・鉄の塊が空を飛ぶのが不思議・ゆれがよかった・想像より短い時間で離陸した・走り始めて飛び立つまで意外と時間がかかった・加速度はジェット機でしか味わえないと思った・速度が時速1万キロを越しているのに機内は静かだった・体感の加速度はすごいのに振り子はさほど振れていなかった・離陸の瞬間の、なんともいえない感覚が楽しかった・大きなものを浮かせるエネルギーに感動した・加速度に圧倒された・傾き（バンク）がすごかった・翼がよく見えて、ゆれていた。

感想に対して、初めての飛行に感動したが多く、その中身も、加速度のすごさ、飛行するエネルギー、大きなものを浮かせるエネルギー等の科学的な思考に培われた素直な表現が書かれていた。また、「加速度はすごいのに振り子はさほどゆれていなかった」にあるよう、実験の予測に対して、結果を直視している学生もあり、冷静な判断力が育っている。

限られた条件の中で行われた、ジェット旅客機を物理実験室とした試みは、学生たちに創意、工夫、実行力、チームワークの大切さを教え、成功したと考えている。

8. あとがき

単に物理教育の面だけでなく、修学旅行なかで、学生は協力して1つの目標を達成した満足感がえられ、クラス担任としてHR運営に関する教育の成果があったと思っている。海外への修学旅行の機会を用いて、ジェット機内で物理学の運動における、加速度の測定を、協力して行ういわゆる、ジェット機を物理実験室として用いた授業例を報告した。各自が責任分担を果たすことで、チームワークの重要さを体験した。近代科学のシンボルであるジェット機の離着陸のスリリングな瞬間を、科学的に冷静に直視、分析したことは、今後彼らが科学技術の担い手として育ってゆく際に、有意なものにしてけると信ずる。

本実験を認めてくださったジェット機のパーサと機長に感謝の意を表します。おわりに、「a」Projectに懸命に取り組んだ平成11年度2年5組の諸君の努力を称えます。

参 考 文 献

- 1) 宮坂忠昭:ロボコンによるモノ作り教育の実践例, 長野高専紀要,第33号(1999),151-160.
- 2) 精密工学会「モノ作り教育体系調査報告」(2000年7月)