



シネマ天文楽【2】 ライトスタッフ

福江 純 (大阪教育大学)

1. もしかしたら

歴史にifは付き物であると同時に禁句でもあろうが、もしかしたら、人類は、使い捨てのロケットではなく、有翼の宇宙機で宇宙へ進出していたかもしれない。もしかしたら、『ライトスタッフ』は、そんなifを感じさせる映画だ。

そしてまた。チャック・イエーガーが格好いい。格好よすぎる。主役であるはずの“最初の7人”を完全に食ってしまっている。男の子なら、いや女の子ももちろん、10人が10人とも、この世界最速の男に憧れるだろう。そのうちの2人ぐらいは自分もパイロットになってみたいと思うかもしれない。『ライトスタッフ』は、そんな気持ちを感じさせる映画だ。

2. 宇宙開発年表

『ライトスタッフ』は、次章でも述べるように、宇宙開発の史実をもとにした映画だが、そもそもの史実を、この半世紀の間の宇宙開発の歴史を、とくに映画で扱っている時期を中心にまとめておこう。

1957年10月04日 ソ連、世界初の人工衛星
スプートニク1号の打ち上げ

…<スプートニクショック>

1958年01年31日 アメリカ、人工衛星エク
スプローラー1号の打ち上げ

1958年10月01日 アメリカ航空宇宙局
NASA 設立

1961年04月12日 ソ連、世界初の有人宇宙
船ヴォストーク1号の打ち上げ(ユーリ・ガ
ガーリン飛行士)

1961年05月05日 アメリカ、フリーダム7が
15分間の弾道飛行(アラン・シェパード)

…マーキュリー計画の開始

1961年05月25日 ケネディ大統領の有人月
着陸宣言の有名な演説

…1960年代の終わりまでに人間を月面に着陸
させて帰還させるという目標を達成するべ
きだ、というやつ

1961年07月21日 アメリカ、リバティベル
7が弾道飛行(バージル・グリソム)

1962年02月20日 アメリカ、フレンドシッ
プ7が地球を3周する(ジョン・グレン)

1962年05月24日 アメリカ、オーロラ7が
地球を3周する(スコット・カーペンター)

1962年10月03日 アメリカ、シグマ7が地
球を6周する(ウォルター・シラー)

1963年05月15日 アメリカ、フェイス7が
地球を22周する(ゴードン・クーパー)

1963年06月16日 ソ連、世界初の女性宇宙
飛行士ワレンチナ・テレシコワが地球を48
周する

1965年03月18日 ソ連、アレクセイ・レオ
ノフが世界初の宇宙遊泳

1965年03月23日 ジェミニ3号が地球を3周
する

…ジェミニ計画の開始

1966年11月11日 ジェミニ12号の打ち上げ
…ジェミニ計画の終了

1968年10月11日 アポロ7号の打ち上げ

…アポロ計画が実質的に開始

1969年07月16日 アポロ11号の打ち上げ
(ニール・アームストロング、マイケル・コ
リンズ、エドウィン・オルドリン)

同20日、月着陸。着陸船イーグル。

同24日、帰還。

1972年12月07日 アポロ17号の打ち上げ。
…予定の20号までこなせずにアポロ計画の
終了

1973年05月14日 アメリカ、スカイラブを地球周回軌道に打ち上げ
 1975年07月17日 アポロ宇宙船とソユーズ19号のドッキング成功
 1977年08月12日 アメリカ、スペースシャトル・エンタープライズ号による滑空飛行テスト成功
 1981年04月12日 アメリカ、スペースシャトル第一回の打ち上げ (STS-1)

この後は、チャレンジャーの悲劇、宇宙ステーションミールの危機、国際宇宙ステーションISSへの道程、などなど、いろいろなキーワードがあるが、近過去のことなので省略する。

ぼく自身は、1956年の生まれで、幸か不幸か、宇宙開発の流れと同じ時代を生きてこれた。幸いだったのは、幼少時(笑)には、未来が夢と希望に満ち溢れていて、それがしっかりと体の深奥に刻まれたことで(だから、今でも、決して夢と希望は忘れられない)、不幸だったのは、成長してから、宇宙開発や未来技術の負の側面が露になってきたことである。

ところで、面白いことに、1969年のアポロ月着陸時、ぼくは中学校2年のときはずで、もちろんTVで夜中だったと思うが見ていた記憶はある。だけど、あまり熱狂した覚えはないのだ。ずっと(自分自身の気持ち)が不思議だったんだが、ぼくの中では、当時、こんな当たり前だ、宇宙時代なんだから、月ぐらい当然だ、という気持ちがあったのではないかと、最近、思っている。ところが、一方で、スペースシャトルの初フライト、これは熱狂した。先の年表と照らし合わせると、ぼくは大学院博士課程の1年になったばかりのようだが、ぼくがそのときいくつだったかは年表と比べないとわからなかったものの、シャトルのタッチダウンは克明に覚えている。アサヒグラフなどの写真集も何冊も買い

求めているも手元にある。シャトルは翼の生えた石と同じで、揚力が足りないから着陸をやり直すことはできないのだ。タッチダウンはたった一度きりのチャンスなのである。そんなものが宇宙から“落ちて”きて、タイヤから白煙を吐きパラシュートを広げる姿に熱狂したのである。

いかんいかん、熱くなってしまった。

3. ライトスタッフの世界

1983年の映画『ライトスタッフ(原題 The Right Stuff)』は、トム・ウルフの『ザ・ライト・スタッフ』(中公文庫)をもとにした、1950年代後半の宇宙開発計画をドキュメンタリータッチで語る映画だ。昔、ビデオも高くお金も無かった頃に、レンタルビデオをコピーしたのもっていたのだが、いつの間にかカビていた(^^; ので、今回、DVDを購入して見直した。やっぱり相変わらず胸躍る映画だった。

宇宙開発の歴史は、
 第一期 最初のロケットと人工衛星
 第二期 最初の有人宇宙飛行
 第三期 アポロの時代
 第四期 スペースシャトルの時代
 第五期 現在

ぐらいに大別されるだろう。この映画は、第一期から第二期にかけて、とくに最初の有人飛行の時代を扱ったものである。

映画は空軍の試験機X-1のシーンから始まる。音速の壁に挑んだ世界最速の男たち、その名はテストパイロット。

大空には魔物が潜んでいるという。その魔物は、マッハ1、音速で現れ出でる。魔物が現れると、操縦桿は効かなくなり、パイロットは地獄へ落ちるのだ。

画面は一転、葬送の場面。そう、テストパイロットがマッハの魔物に捕われて激突死したのである。棺のそばでガムを噛む男、それがチャック・イエーガーだ。

そして1947年10月14日

We did it!

ソニックブームを残し、イエーガーは音速を超えたのである。

このX-1はロケット機で、アメリカ陸軍航空隊—1947年に空軍として独立—が1943年から開発を進めていたもので、1947年10月14日、マッハ1.06の公式速度記録を達成した。試験機には、しばしば、“X”がつけられるが、これは“eXperiment”の“X”である。RX-78のXと同じ、だと思う。閑話休題。

イエーガーの新記録達成は始まりに過ぎない。世界最速の男を目指し、テストパイロットたちの挑戦は続く。マッハ2、マッハ3を目指し。このあたりでBGMに流れる「テネシーワルツ」がなかなかいい。というか、映画全編で、BGMの使い方も秀逸だ。

だいたい、ここらへんまでで1時間、全体の1/3ぐらいだ。つまり、全体で3時間超、結構長い映画なのである。

そして1957年10月04日、それは起きた。ソ連の行った世界初の人工衛星スプートニクの打ち上げ。いわゆる、スプートニク・ショックだ。それに対して、アメリカは、ロケットもできていないのに、宇宙飛行士の選抜をはじめ。しかし、その後のロケットの打ち上げはことごとく失敗する。爆発炎上するロケットたち。アメリカ海軍のバンガード計画は挫折し続けたのだ。そこで陸軍が開発していた、フォン・ブラウンのジュピターロケットに軍配が上がり、起死回生、1958年01月31日にエクスペローラー1号の打ち上げになったのである。

さらに1958年の10月01日にアメリカ航空宇宙局NASA (National Aeronautics and Space Administration) が発足し、有人宇宙飛行のマーキュリー計画もスタートした。1959年04月09日に発表された最初の宇宙飛行士：

ガス・グリソム、ゴードン・クーパー、ドナルド・スレイトン、ジョン・グレン、スコッ

ト・カーペンター、アラン・シェパード、ウォルター・シラー

マーキュリー計画の7人、いわゆる“ファースト・セブン”だ (“オリジナル・セブン”と呼ぶこともある)。

マーキュリー・レッドストーンによって、1961年01月31日、チンパンジーの“ハム”が打ち上げられた。“(操縦をしない) あいつら (アストロノート) もチンプなみだ”と笑うテストパイロットたち。しかしチャックは言う。“サルは宇宙飛行の危険を知らないが、彼らは知っている。その危険を冒してロケットに乗る彼らは素晴らしい”と。

このころアメリカは、最初の人工衛星でこそ負けたが、有人飛行ではソ連を出し抜けると考えていたらしい。ところが1961年04月12日、ソ連はユーリ・ガガーリンを乗せたヴォストーク1号を打ち上げたのである。その結果、アメリカは国家の威信をかけて、宇宙へと挑むことになった。そして1961年05月05日、ケープカナベラルからアラン・シェパードを乗せたマーキュリー宇宙船フリーダム7号は打ち上げられ、シェパードはアメリカで最初の弾道飛行を行ったのである。さらに同年07月21日は、バージル・グリソムを乗せたマーキュリー宇宙船リパティベル7号が打ち上げられ弾道飛行を行い、1962年02月20日には、ジョン・グレンを乗せたフレンドシップ7がついにアメリカ最初の軌道飛行を行ったのである。なお、船名につけられている“7”は、ファーストセブンに敬意を表しているものだ。

『ライトスタッフ』では、ファーストセブンのうちの6人までが宇宙に出るまでが描かれている。なお、スレイTONは心臓欠陥のため地上勤務になり、このときは飛べなかった (後に、心臓病を克服し、宇宙へ出る)。

マスコミから英雄扱いされ脚光を浴びるファーストセブン。ジョン・グレンなんかはケネディ大統領と家族ぐるみの付き合いまで

してるわけだが。その舞台裏で、その華々しい饗宴と並行して、黙々と飛び続ける男たちがいる。青空を突き抜けてイエーガーは飛ぶ。アフターバーナーを点火して漆黒の宇宙の境界まで。彼らの名はテストパイロット。

…すみません。書いてて、自分で酔っちゃいました(笑)。

余談だが、この映画、英語の字幕ヴァージョンがある。オリジナル音声と(日本語)字幕で見ようと思ったら、うちは純正のDVDプレーヤーじゃなくてPS2で見てるので操作がわからなく、英語の字幕が出てきた。これがなかなかよい。日本語字幕も結局あったのだが、英語字幕の方が勉強になる。また、いま見ると、『ジュラシックパーク』のマルコム博士(の若いとき)とか、『エーリアン』のアンドロイドとか、後に見たことのある俳優も結構出ていたりして、変な懐かしさもある。閑話休題2。

そうそう、原作および映画のタイトルの“ライトスタッフ(right stuff)”だが、ふつう“正しい資質”と訳される。その真なる意味は、やはり映画を見てから、一人ひとり感じてほしいと思う。

4. 『ライトスタッフ』を天文する

ちょっと待った。2年ぶりの宇多田ヒカルTV生出演だ(2003年01月31日ミュージックステーション)。続きはまた後(^^;

~COLORSをフルで聞いたけど、いい……。

『ライトスタッフ』については、もう見てもらうだけで十分なのだが、ま、一応、野暮なお勉強タイムをしておく。

最初に出てくるのが、天文学そのものではないかもしれないが、音速の壁(sound barrier)だ。この音速の壁というものは、本当にあると信じられていた。たしかに、音速に達した途端に衝撃波(shock wave)が生じたりしてそれなりに大変なことにはなるが、実際には、壁はなかったのである。実は、身のまわ

りでも音速を超えるのは難しくない。たとえば、鞭を振り回すと、鞭の先端の速度は簡単に音速を超えることができる。ヒュンヒュンと音がするが、あれは一種のソニックブームなのだ。

そもそもの音速だが、ふつう高校の物理では、空気中の音速は秒速340m、と習うと思う。というか、ぼくはそう習った。さらに、温度に依存することも習うかもしれない。摂氏温度で表すとえらく複雑な式になるのだが、絶対温度で表せば非常にきれいで単純な式になる。空気だけでなく、一般に理想気体の音速は絶対温度の平方根に比例するのである。だから、空気の音速であれ、高温の太陽内部の音速であれ、極低温の星間ガスの音速であれ、すべて同じ形の式で表される。気体の種類によって、式の係数の値が数倍の範囲で違うぐらいだ。むしろ、温度による違いの方が大きいので、たとえば、絶対温度が300K程度の空気の音速が秒速300m程度なら、絶対温度が数度の星間ガスの音速は秒速数十mだし、数万度の高温ガスの音速は秒速数kmぐらいになることがすぐわかるのだ。

飛行機などの運動速度が、その周囲の空気の音速と等しくなったときを、“マッハ1”という。音速の2倍ならマッハ2だ。ただし、音速は高度や温度によって異なるので、実際の速度がいくらいくら、ということはいえない。なお、マッハは、エルンスト・マッハ(E. Mach)から。

別の話題としては、映画の最後の方で、イエーガーが高空まで突き抜けていったとき、テスト機が失速するシーンがある(史実では、1953年12月2日に、X-1A型ロケット機で高度2万3000mぐらいでマッハ2を超えたときに失速を起こしている。幸い、高度9100m付近まで落下したときに操縦機能が回復したそう)。ブラックアウト現象も起こしていたので、映画の失速の原因はよくわからないのだが、少なくとも、あまり上空だと、空気

の密度が減って翼が受ける揚力が減少するために、翼が役に立たなくなることは事実だ。飛行機が飛ぶメカニズムは、まあ、話としては知っているものの、きちんと勉強したことはないので、一度は詳しく勉強してみたいものだ。何てたって、あんな鉄の塊が空を飛ぶなんて信じられない。ために、ほくは30代の半ばまで飛行機に乗ったことがなかったのだから。

さて、いよいよ天文、というか宇宙らしく、ロケットだ。ちなみに、ロケット (rocket) の語源は、<ちょっと気になる天文用語>でも書く予定だが、イタリア語で、rock (糸巻き棒) と小さいの意味を表す -et の合成語で、小さい糸巻き棒の意味だ。紡錘状をしたロケットの形状からついた。

まず、ロケットには3人の父がいるといわれている。ロシアのコンスタンチン・E・ツイオルコフスキー、ドイツのヘルマン・オーベルト、アメリカのロバート・H・ゴダードだ。そして実際に飛ばしたのは、ロシアでは、ツイオルコフスキーの弟子のようなセルゲイ・P・コロリョフたちであり、アメリカでは、大戦末期のドイツはペーネミュンデでV2を生んだウェルナー・フォン・ブラウンである。詳しくは参考文献を読んでほしい。映画でも、コロリョフと思われる人物（もしかしたら歴史的映像かもしれない）やフォン・ブラウンに似た俳優が演技している。

さて、そもそもロケットというものは、質量をもった物質（推進剤、プロペラント）を吹き出して、その反作用で飛ぶ乗り物だ。燃料と酸化剤を混ぜて燃焼し、高温にしたガスを噴出するのは、あくまでも推進効率を高めるための仕組みに過ぎない。だから、ロケットで高速に達するためには、(1) より多くの推進剤を噴出するか、(2) より高速で推進剤を噴出するか、の2通りしかない。

このロケット推進の原理は、すでにツイオルコフスキーが説き明かしていて、簡単な式

にまとめあげている。すなわち、推進剤やエンジン部分やペイロード（積載部分）などすべて含めたロケットの初期質量を M_i 、推進剤などを噴出し切った後の最終質量を M_f 、推進剤の噴出速度を V_e とすると、ロケットが獲得する速度増分 ΔV は、

$$\Delta V = V_e \ln (M_i / M_f)$$

あるいは、書き換えただけだが、

$$M_f = M_i \exp (-\Delta V / V_e)$$

のように表せるのだ（詳しくは補遺1参照）。すなわち、ロケットの到達速度 ΔV を上げる方法は、上で述べたように、推進剤の割合を多くするか (M_i / M_f を大きくして)、噴出速度 V_e を大きくするか、なのだ。

たとえば、液体水素と液体酸素を使うLE-7エンジンの噴出速度は毎秒4400mほどで、このエンジンで地球低軌道に上昇するのに必要な毎秒10km程度の速度を得るには、

$$M_f = 0.1M_i$$

の質量比が必要になる。言い換えれば、この場合、ロケットの初期質量の90%を推進剤が占めているということだ。ロケットが燃料を打ち上げていると言われる所以である。

ロケット技術のもっとも重要な改革の一つは、アポロ宇宙船を打ち上げたサターンV型に代表される多段式ロケットの採用だ。多段式のおかげで、ペイロードはより大きな最終速度を達成することが可能になった。多段式ロケットでは、途中でロケットの一部を切り離すことによって、各段のエンジンが加速する質量はより小さくて済む。もし1段目のロケットが残りの部分（他の段のエンジンや推進剤も含んだ“ペイロード”）を最終速度 V_1 に加速できるのなら、相似的な2段目は $2V_1$ を、3段目は $3V_1$ を達成できる。さらに、各段での初期質量と最終質量の比を R （これは各段で等しいと仮定する）とし、噴出速度を V_e とすれば、 n 段目で達成される速度は、

$$\Delta V = n [V_e \ln (R)]$$

となる（補遺2参照）。

先の単段式ロケットの例だと、各段の質量比 R が 0.1 ならば、地球軌道の離脱速度 30km/s 程度が得られるのだ。

まだまだ、宇宙開発がらみでは、日本独自の構想<宇宙船ふじ>とか、スペースプレーンの話などいろいろ面白い話があるのだが、紙数も増えたので、これぐらいにしたい。

...

何ということだ。ラフな稿を書いたところでTVをつけたら(2003年2月1日深夜)、スペースシャトルコロンビアの惨事である。そのまま寝られなくなってしまった。本文の宇宙開発の年表は、第一回シャトルの打ち上げで終わっている。その一号機がコロンビアだったのだ。通算28回目の飛行で今回の惨事になった。打ち上げ時の破損箇所が大気圏再突入時にもたなかったのではないかと、いまのところ指摘されている。これが宇宙開発の厳しい現実なのだ。これで2年ぐらいたま停滞するだろう。ISSも確実に遅れるに違いない。1986年のチャレンジャー事故のときは原因究明委員会でリチャード・ファインマンが、ガンに冒された体で頑張った。いま、彼はもういない。彼のような総合科学者もいなければ、犠牲者にも申し訳がたたないだろう。成長し発展するのが生物種の宿命である以上、宇宙開発を進めていかない限り、人類という種に未来はないのだから。

補遺1 ロケット推進の基本原理解

微小質量 dM の噴出ガスを噴出速度 V_e で噴出して、質量 M のロケットの速度が微小速度 dV だけ変化したとしよう。運動量の保存から、ロケットと噴出ガスの全系の運動量の増加はゼロに保たなければならない。すなわち、

$$M dV - V_e dM = 0$$

が成り立つ。整理すると、

$$dV = V_e \frac{dM}{M}$$

となり、 V_e を一定として積分すると、

$$\int dV = V_e \int \frac{dM}{M}$$

と表される。初期状態 ($M=M_i$) と終状態 ($M=M_f$) を上限下限として積分を実行すると、

$$\Delta V = V_e \ln \left(\frac{M_i}{M_f} \right)$$

が得られる。すなわち速度の増加分 ΔV は、推進剤の噴出速度 V_e に、初期質量 M_i と最終質量 M_f の質量比 M_i/M_f の自然対数を乗じて得られる。ツオルコフスキーによって導かれたこの式は、「ロケット方程式」と呼ばれている。

ただし、自然対数は非常にゆっくりとしか増加しないので、 ΔV の増加の仕方は小さい。

M_i/M_f	$\Delta V/V_e$
1	0
10	2.30
100	4.61
1000	6.91

なお、上の式の逆関数を作れば、すなわち自然対数を指数にほどけば、ロケット方程式は下のようにも書ける。

$$\frac{M_i}{M_f} = \exp (\Delta V / V_e)$$

この式の逆数が本文で示した式である。

補遺2 多段式の原理

ロケットが多段式で、各段での推進剤とペイロード(つまり残りの段の推進剤などを含む質量)の状態は相似的であり、かつ各段で

等しい噴出速度 V_e をもつとしよう。このとき、各段での初期質量と最終質量の比を R (これは各段で等しいと仮定する) とすれば、ロケット方程式から、1段ごとの速度増分は、 $V_e \ln(R)$ となり、さらに n 段目で達成される速度は、

$$\Delta V = n [V_e \ln(R)]$$

となる。この種の多段式ロケットでは、質量比 R をもつ1段式ロケットの n 倍の最終速度が達成されるが、初期質量と最終質量との総質量比が、

$$\text{全初期質量} / \text{最終質量} = R^n$$

のように非常に大きなものになる点が欠点になっている。

なお n によらず、

$$R^n = \exp(\Delta V / V_e)$$

である。

各段がこのように相似的になっているということは本質的ではないし、実際そのようにロケットを組み立てることは難しい。しかしもし各段が同じ噴出速度をもつならば、多段式ロケットでは相似的な状態がもっとも効率的である。

参考文献 (宇宙開発創世記がらみの気軽に読める図書)

トム・ウルフ, 『ザ・ライト・スタッフ』,
中野圭二・加藤弘和訳, 中公文庫 (1983年)

中富信夫, 『アメリカ宇宙開拓史』, 新潮文庫 (1984年)

…この原作も本当に面白かった覚えがある。たいていは、映画が面白くても原作がつまらなかったり、原作がよくても映画がしょぼかったりするもんだが、『ライトスタッフ』は、原作も映画も秀逸な稀有な例だと思う。他には、『ジュラシック・パーク』とか『ロード・オブ・ザ・リング』とか数少ない。さあ、読んでから観るか、観てから読むか!?

立花 隆, 『宇宙からの帰還』, 中公文庫 (1985年)

ボブ・ウォード, 『宇宙はジョークでいっぱい』, 野田昌宏訳, 角川文庫 (1985年)

中富信夫, 『宇宙ステーション1992』, 新潮文庫 (1985年)

ジェームズ・ミッチェナー, 『宇宙への旅立ち 第一部～第三部』, 水上峰雄訳, 集英社文庫 (1989年)

的川泰宣, 『宇宙に取り憑かれた男たち』, 講談社+ α 新書 (2000年)

的川泰宣, 『月をめざした二人の科学者』, 中公新書 (2000年)

ホーマー・ヒッカム・ジュニア, 『ロケットボーイズ』, 武者圭子訳, 草思社 (2000年) → 『遠い空の向こうに』という映画になっている。

中富信夫, 『NASA-X機 天才たちの挑戦』, 講談社+ α 文庫 (2002年)