

連載**シネマ天文楽【6】****スターチャイルド****福江 純（大阪教育大学）****1. SF 映画を誰と観るか**

もう随分昔のことになるが、とある女性を映画に連れて行ったことがある。京都の四条河原町近くの小さな映画館で、往年の名作が再びかかっていたのだ。ぼく自身はかつて一度観たこともあり、原作も読んでいて、ものすごく面白かったので、一押しで連れて行ったのだが、同伴者にとってはチンパンカンパンだったらしい。絵は綺麗だと言ってくれたが、内容は全然わからなかったそうだ。以後、その人を映画に連れて行ったことはない。そのときの映画が『2001年宇宙の旅』である。監督スタンリー・キューブリックと作家アーサー・C・クラークががっぷり四つに組んで作った、SF 映画の金字塔である。うーん、面白いはずなんだが、たしかに、難解な映画ではある。

ともあれ、SF 映画を誰と観にいくかは難しい。相手によっては関心がないし、かといって、一人で観にいくのも何となく寂しいし(一人で行くことが多いが)、まあ、『スターウォーズ エピソード I、II』とかは子どもと行ったが、最近では、映画館に行く時間自体がなくなってきたので、あまり悩む必要もなくなった(^^;

ということで、今回は『2001年宇宙の旅』の巻だ。もっともタイトルこそ『2001年宇宙の旅』のキーワードの一つでもある、“スターチャイルド”としたが、内容的には、『ライトスタッフ』で紹介したロケットの話の続編といったところである。

2. 『2001年宇宙の旅』

さて、『2001年宇宙の旅』、名前を聞いたこ

とのない人はまずいないと思うが、観たことのない人は案外といふかも知れない(図1)。製作・監督・脚本がスタンリー・キューブリックで、1968年の傑作SF映画だ。原作がアーサー・C・クラークだが、より正確に言えば、映画の脚本をキューブリックとクラークが二人三脚で書いて、同時に、クラークが映画の小説化をしたのである。だから、映画と小説とでは細かい点でいろいろ異なっている。また映画では説明不足な(というか、わざと説明をぼかしてある)部分が、小説版では解題してあつたりする。なお、『2010年宇宙の旅』とか『3001年宇宙の旅』という続編もある。

**An epic drama of adventure and exploration!
World Premiere April 2nd**



2001: a space odyssey

CINERAMA

KIRK DULLEA GARY LOCKWOOD STANLEY KUBRICK ARTHUR C. CLARKE STANLEY KUBRICK
DIRECTOR SUPER PANAVISION METROCOLOR

図1 2001年宇宙の旅 (<http://www.strafe.com>)

300万年前のアフリカ、絶滅に瀕していたヒトザルの前に忽然と出現した<モノリス>

一縦横高さの比率が、正確に、1:4:9となっている黒い石板。このモノリスによって、ヒトザルは道具や武器を発明し、人類への道を辿ることになった。そして、ヒトザルが投げ上げた骨が宇宙船に変わると、そこは漆黒の宇宙。“美しく青きドナウ”の流れる中、月面調査に向かうフロイド博士の乗ったシャトルが宇宙ステーションにドッキングするところだった。数百万年の後、宇宙時代になって、月の地中からモノリスが見つかったのだ。誰がモノリスを残したのか。そして舞台はふたたび切り替わり、モノリスの発した電波をたどって外惑星系に向かう、宇宙船ディスカバリー号の船内に移る。

そしてそこからは息詰まる展開が続く。機能不全に陥ったコンピュータHALが乗員たちをつぎつぎに殺していく。何とかHALの“反乱”を鎮めたボーマン船長は、木星の軌道で（小説版では土星の衛星ヤペタス）巨大なモノリスに出会う。そしてモノリスに開いた時空の彼方へ通じる超空間回廊を抜けたボーマン船長は、白い部屋に現れる。そして、ボーマンは、スターチャイルドに生まれ変わって、地球へと還るのである（図2）。

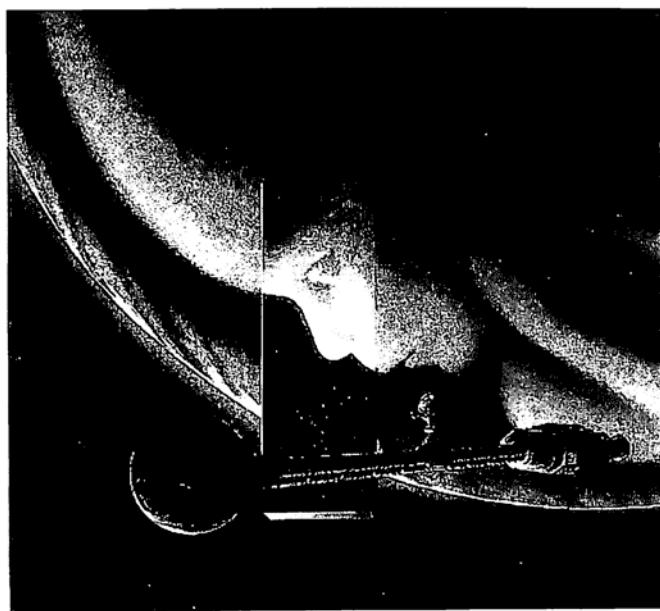


図2 モノリスとディスカバリー号とスターチャイルド (<http://www.strafe.com>)

少しだけ補足しておくと、HALが機能不全に陥った理由は、ディスカバリー号の目的（モノリスの探査）を秘密にするように（HALが）命令されていたことと、乗員の質問などに正確に答えるコンピュータとしての論理との矛盾のためだと、小説版では説明してある。またボーマンの辿り着いた白い部屋は、ボーマンの記憶をもとにシミュレートされた仮想空間である。まあ、ここまで説明すれば、別に難解ではなかろう。

3. 原子力ロケット—ディスカバリー号

宇宙空間を飛翔するスペースシャトル、回転する宇宙ステーション、宇宙の無重量状態や真空状態の描写…『2001年宇宙の旅』は、まさに宇宙映像の宝庫だ。しかもそれらのシーンがかなり正確に科学考証してあって、現在（いま）見ても、瑕疵を見つけることが難しく、十二分に鑑賞に耐えるのだ。

そしてHALと並ぶハードなガジェットが、スペースポッドなどを備えた宇宙船ディスカバリー号である。人の精子をモチーフにしたといわれるあの細長い姿は、なかなか忘れようたって忘れられるもんじゃない。

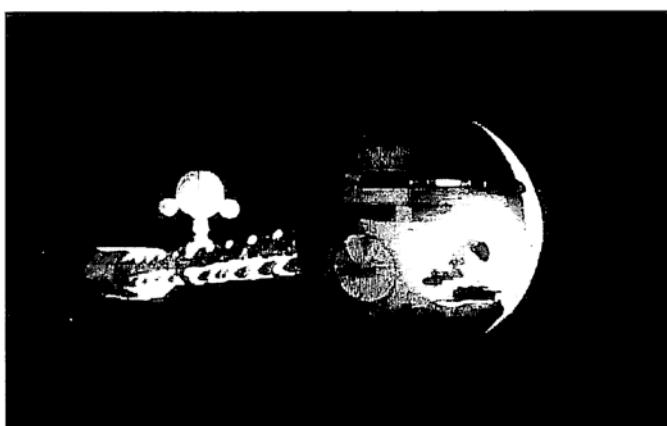


図3 ディスカバリー号

(<http://www.strafe.com>)

では、このディスカバリー号はどのような推進システムによって飛行していたのだろう。

映画ではそこらへんまではわからないが、小説版では、原子炉で液体酸素をプラズマにし、それを収束電極で絞って噴き出すエンジン、というようなことが書いてあるので、いわゆる「原子力ロケット」であることがわかる。

この「原子力ロケット」というのは、水素ガスなどの推進剤を加熱し加速するためのエネルギー源として、原子炉を利用するものだ(図4、図5)。

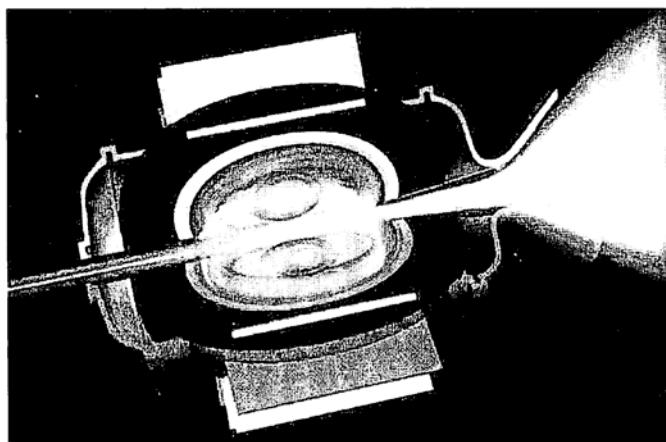


図4 原子力ロケットエンジン
(<http://www.lascruses.com>)

現在実用化されているロケットは、主に、「ライトスタッフ」のときに紹介した化学ロケットである。一方、核分裂あるいは核融合に基づいた原子力ロケットは、理論的には化学エネルギーを使用するロケットの限界を大きく越えることができる。

化学反応では、原子のまわりの電子雲の中で、電子が再配列する際にごくわずかな質量がエネルギーに転換される。その効率は10億分の1にも満たない。しかし、ウランの核分裂では、核物質のうち少なからぬ割合、だいたい1万分の8ぐらい、がエネルギーに変わり得る(実際には現在の核分裂炉は燃料物質の1%ぐらいしか核分裂させていないが)。さらに、重水素反応に基づく核融合ロケットでは、効率は0.004ぐらいになる。その結果、燃料の単位質量当たりに使用可能なエネルギーを比べると、核分裂を利用する場合、化学エネルギーの約500万倍、核融合の場合、約2600万倍にもなる。

とはいって、実用化するためには、まだまだ技術的な困難があるのが現状だ。

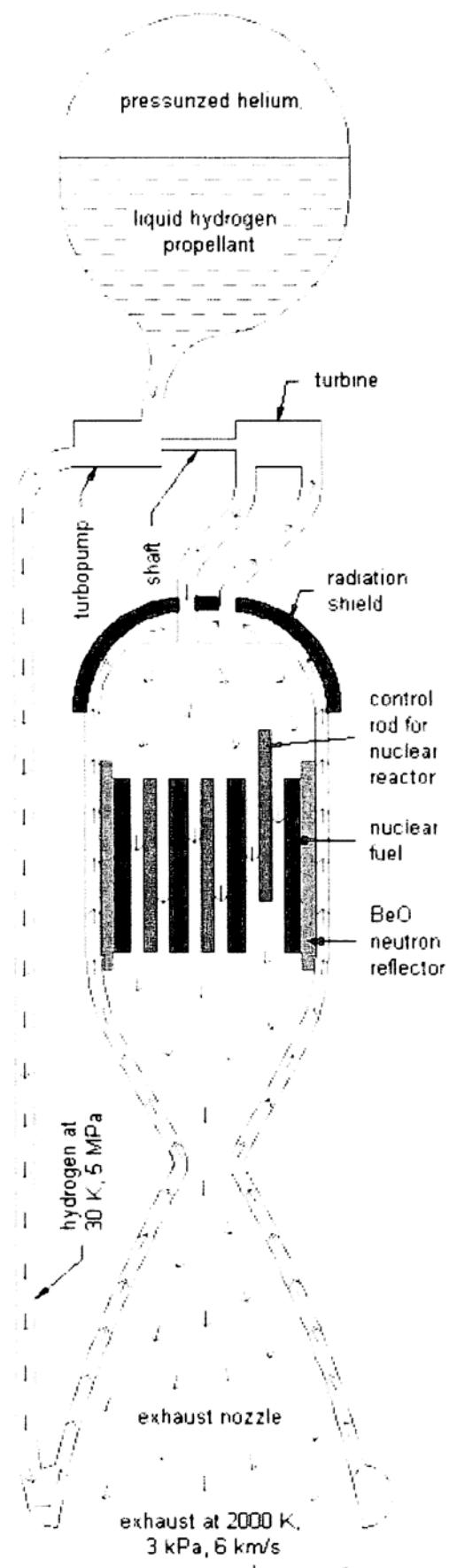


図5 原子力ロケットの構造
(<http://www.nuclearspace.com>)

ちなみに、“核分裂”原子力ロケットのエンジンはすでに建造され、テストされたことがある。アメリカ合衆国で 1950 年代から 1960 年代にかけて行われた数々の実験ロケットにへ原子力エネルギーを応用したナーバ計画、キウイ計画、そしてローバー計画の副産物としてテストされた。もっともあくまでテストであって、決して飛ぶことはなかったが。また 1970 年代初頭に計画が中止される前に、有人火星探査を目指として、原子力ロケットエンジンを開発するために数十億ドルがつぎ込まれたこともある。

あ、それから、ディスカバリー号の船体が細長いのは、船首の球形居住区を船尾の危険な原子炉から離しておくためである。念のため。

4. イオンロケット

荷電粒子を高速で射出して推力を得るタイプのロケットが「イオンロケット」である（図 6、図 7）。必要な電力を生み出すために核反応炉を使う。



図 6 イオンロケットエンジン

(<http://www-istp.gsfc.nasa.gov/>)

イオンエンジンの原理は図 7 に示したような感じだ。核反応炉がエネルギーを供給して、電気推進装置に送られた推進剤の原子を電離する。また同時に電場を形成してこれらのイオンを高速に加速する。電離ではぎ取られた非常に質量の小さな電子は、後方に送り出されてイオンの排気と結合し、ビームの電荷を

中性化する（そうしないとロケットは負の電荷を帯びてしまうだろう）。これは液体状の水銀がイオンエンジンで使用される推進剤の例だが、イオン化できて効率よく加速できるものならどんな元素でもいい。電気推進装置としては、たとえば核反応炉とか太陽光やレーザー光を受光する太陽電池列などがあるだろう。

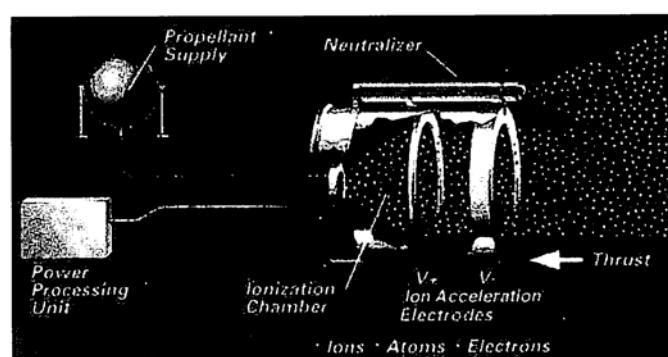


図 7 イオンロケットの構造

(<http://faculty.erau.edu/>)

このようなイオンロケットは、現有の技術で非常に高い比推力を達成する実用的な方法である。事実、過去に、実際に建造されテストされて飛んだこともある。

ただし、基本的にはイオンロケットは、高い推力を犠牲にして大きな噴出速度を得ている。そのため、高い比推力（推力／推進剤の質量）が必要な地上からの打ち上げには向かない。逆に言えば、ロケットがすでに軌道上にあって、もはや大きな比推力が必要でなくなければ、イオンロケットは大変有効な推進方法となるのだ。

5. 光子ロケット＆反物質ロケット

往年の SF や SF マンガなどで定番だった未来のロケットが、光子を噴出して飛行する「光子ロケット」だ（図 8）。光子を生成するためには、たいてい物質と反物質の対消滅を利用するので、光子ロケットは同時に「反物質ロケ

ット」でもある。光速（30万km／秒）に等しい噴出速度をもつ光子ロケットの比推力は、当然ながら、あらゆるタイプのロケットのうちでも最高値になるだろう。

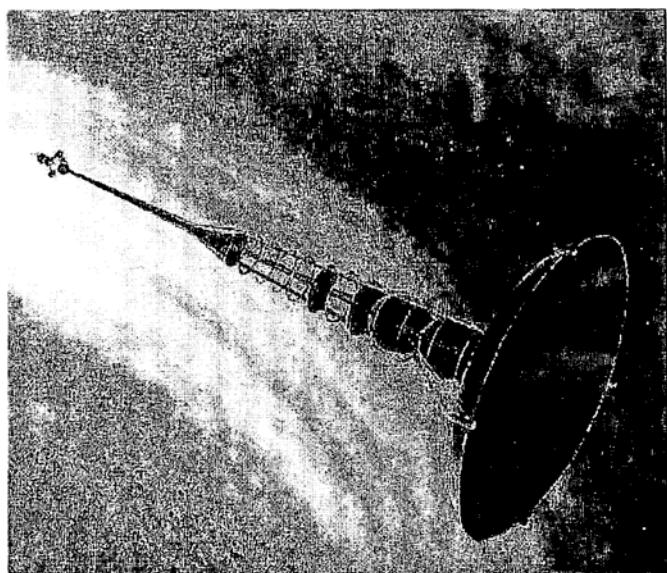


図8 光子ロケット

(<http://website.lineone.net/>)

光子ロケットを最初に考案したのは、ドイツのロケット学者オイゲン・ゼンガーで、1950年代初頭のことである。彼の考えでは物質と反物質の対消滅を用いて高エネルギーのガンマ線を生じ、それを噴出するというものだった。

ゼンガーの時代に知られていた唯一の反物質は陽電子（正に帯電した、電子の反粒子）だった。電子と陽電子が対消滅すると、511keVのエネルギーをもった2個の光子（ガンマ線）になる。そこで彼は、貯えられた陽電子と電子とを対消滅させ、高エネルギーのガンマ線の強力なビームを作ればいいと考えたのだ。ただし、電子・陽電子対消滅で発生する2個のガンマ線光子はランダムな方向に飛び出るので、このような単純なモデルでは、ロケットの推力とすることはできない。

この問題に対しては、その後、陽子と反陽子の対消滅を用いた「反物質ロケット」が提案された（図9）。陽子と反陽子の対消滅はパイ

中間子と呼ばれる短命の素粒子を生じる。陽子・反陽子対消滅からは、平均的に、1.5個のプラス荷電パイオンと1.5個のマイナス荷電パイオンと2個の中性パイオンが生まれる。中性パイオンはすぐに崩壊してガンマ線光子になるが、荷電パイオンは崩壊までに少し時間があり、最終的にガンマ線光子とニュートリノになる。そして荷電パイオンは電荷をもっているので、収束することが可能になるわけだ。

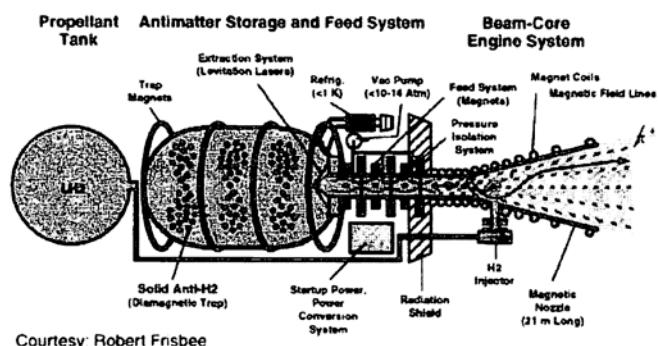


図9 反物質ロケットの構造

(<http://woodmansee.com/>)

陽子・反陽子反応で生じた荷電パイオンを一方向の流れに収束するための方法としては、たとえば、物理学者のロバート・L・フォワードたちは超伝導コイルによって形成された「磁気ノズル機構」を提案している。排気流の中で大部分のガンマ線光子が出現するまでに、若干のタイムラグがあるので、その間に、荷電パイオンの流れを排気ガスの運動量に変換するのだ。フォワードは対消滅エネルギーの30ないし50%が排気流に変換できるだろうと見積っている。

6. その他の未来ロケット

現在あるいは未来の科学技術で可能なロケットをいくつか紹介したが、他にもいろいろある。

「核パルス推進」は、伝統的な化学燃料ロケ

ットに似ている。ただし、化学燃料の代わりに、核燃料を使うのだ。通常の化学ロケットの場合、燃焼室で化学燃料を燃焼させ、ノズルから噴出して、その反作用で推進する。一方、核パルス推進の場合、さすがにロケット内部で核燃料を爆発“燃焼”させるわけにもいかないので、燃焼／爆発はロケット外部で行う。すなわち、ロケットの後方外部で、核爆弾あるいはもう少しエレガントには核融合燃料のマイクロペレットを爆発させ、その爆風の反作用で推進するのである。そして、大きな核爆発ではロケットにダメージを与えるので、小さな核爆発をパルス状に立て続けに起こすことから、核“パルス”推進と呼ばれている。

「ビーム推進」は、太陽系内に置かれたレーザー、マイクロ波、X線その他のビームステーションから送られてくるエネルギーを受けて推進するロケットである。いわば、ロケットのお荷物の一つであるエネルギー源を、ロケット外部に置き去りにしたものだ。送信されてきたエネルギーを利用してロケットに搭載されている推進剤を高温にし噴出してもいいし、ビームの運ぶ運動量をロケットで直接受けてその反作用で推進してもいい（後者の場合は推進剤は必要ない）。

太陽の光を受けて進む「太陽帆船」も、エネルギー源を置き去りにしているという点では、ビーム推進の一種だといえる。反射帆を広げて太陽のかたわらを高速で通過すれば、太陽光の圧力だけで、ペイロードを太陽系から高速で射出できる。

「星間ラムジェット」は地球大気圏のラムジェット推進の宇宙版である。通常のロケットの一番の荷物である推進剤／燃料を、持参せずに、飛行しながら集めようとするものだ。星間空間はほぼ完璧な真空だが、わずかに水素ガスなどは存在している。磁気的な収集漏斗などによって、これらのごく希薄な物質を

かき集めながら、同時に燃焼させ噴出することによって推進する。

詳しくは、拙著『アンドロイドの作り方』を参照していただきたい。

日々の営みをおくっている間に、未来はどんどん過去になっていく。子どもの頃にははるかな未来だった21世紀が、もう数年も経ってしまった。いつの間にか、鉄腕アトムの誕生日（2003年4月7日）も過ぎてしまった。半世紀前の予想と異なり、いまのところ、エアカーも飛んでいなければ、アンドロイドも闊歩しておらず、月基地や火星植民もまだだ。もっとも、コンピュータ（パソコン）やゲーム文化などは予想外の展開を遂げただろう。未来への道というものは、単純な一本道ではなく、曲がりくねって糸余曲折しているようだが、それが面白いといえば面白いのかもしれない。2001年にはモノリスと遭遇しなかつたが、2010年に遭遇しないとはいえないのだから。

参考文献

福江 純、1996年、『やさしいアンドロイドの作り方』大和書房、2004年に空想科学文庫として文庫版も出る予定