

# SPACESHIP

VOL.3.15

## 新型 宇宙推進ロケット の探求

宇宙船はどこまで進化しているのだろう?

すでに実用化されている宇宙船の推進原理や、新たに活用が期待される推進原理と理論、課題について、将来型宇宙推進研究プロジェクトに携わる南 善成氏が語る。

宇宙旅行は夢なのか、実現可能性はあるのか？

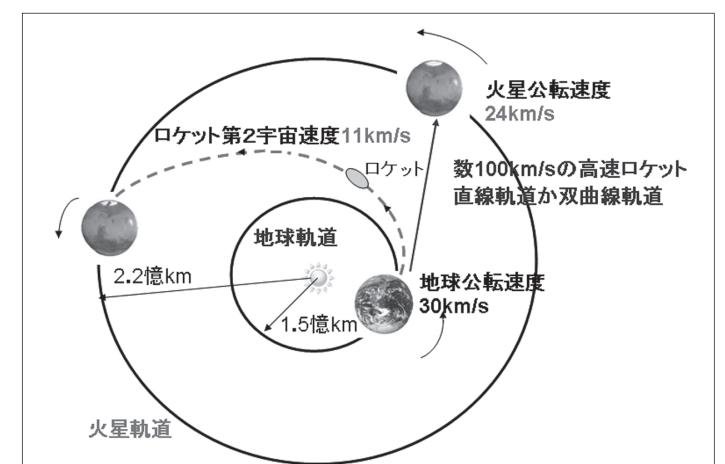
文 南 善成

### なぜ火星に行けない? 高速ロケットの必要性

火星に行きたい！しかし、有人火星旅行なんてほとんど不可能……。なぜかというと、ロケットの速度が火星の速度に比べて遅すぎるので。地球は太陽の周りを秒速30キロメートル（時速10万8000キロメートル）の速さで回っています（図1）。また、火星は太陽の周りを秒速24キロメートル（時速8万

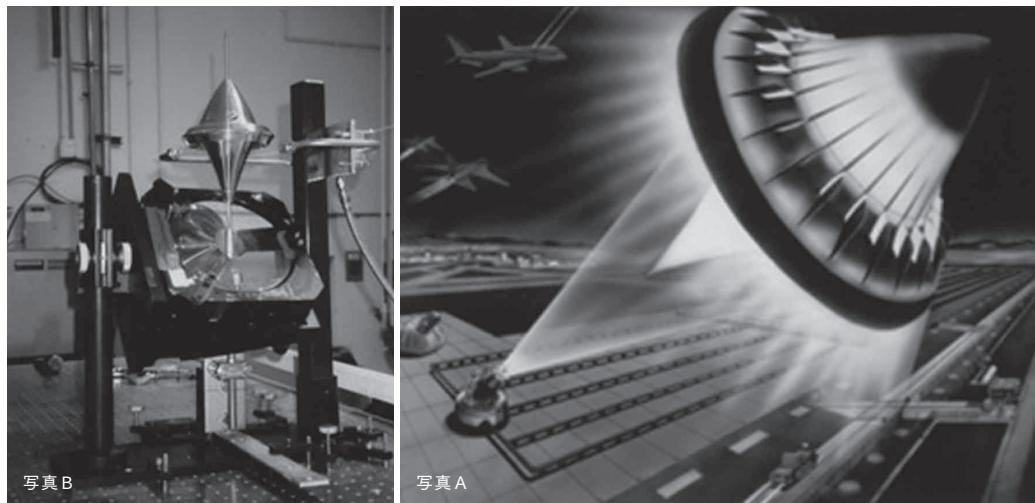
2キロメートル／秒は、火星に比べてかなり遅い速度です。目標の火星がロケットに比べて動きが速いため、龜がうさぎを追って遅すぎるのです。地球からロケットが出発して半年から1年後、ちょうど火星が目の前にいるような飛行経路、つまり軌道を選び、そのような時期に打ち上げないと火星には行けません。仮にロケットの速度が秒速数100キロメートルなら、直線軌道で短期間で行けるのですが、現在のロケットの速さでは、いつでも好きなときに惑星に行くわけにはいきません。

図1／ロケットの速度と火星の公転速度



現在、宇宙に進出する手段は、H2A、H2B、ソユーズ、アリアンなどの液体燃料を用いた液体ロケット、イプシロンなどです。しかし、現在のロケットの速さでは、いつでも好きなときに惑星に行くわけにはいきません。

Star People スターピープル Vol. 49、頁86-91

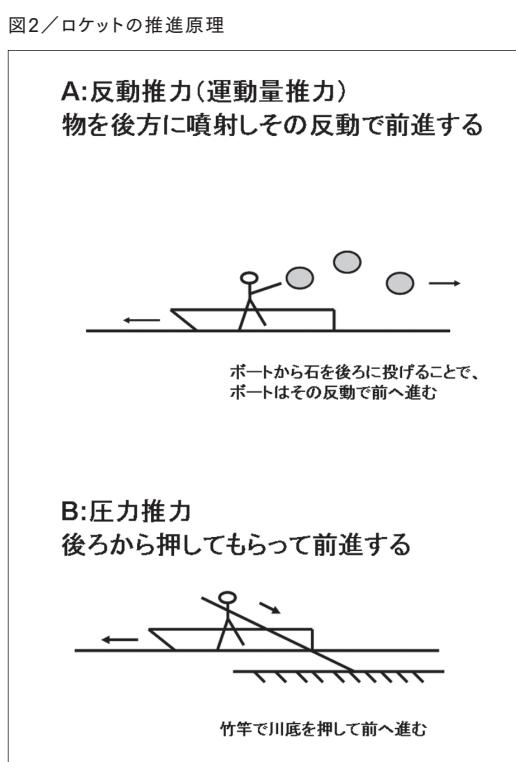


出展:AFRL Propulsion Directorate-Edwards AFB Research Site

のような固体燃料を用いた固体ロケットが、実用かつ主流です。写真Aは、研究段階のレーザー推進ロケットです。ロケットに向かって地上から強力なレーザー光を照射します。1997年11月に世界最初のレーザー・ロケットが米国によって打ち上げられ、15・3メートルの垂直飛行に成功しました。写真Bは地上試験設備の状況を示しています。その他、ロケットの種類としては、はやぶさに用いられた電気推進のイオンロケットが実用化されています。また、研究段階の原子力推進や、世界で初めて実用化に成功したイカロスのようなソーラーセイルがあります。

### ロケットはなぜ動く? 推進原理と速度の関係

ロケットが移動する原理を簡単に説明すると、2つの推進原理があります（図2）。まず、反動推力、別名運動量推力とも呼ばれています。これはガスや物質を後方に噴射し、その反動で前進するものです。たとえば、ボートは石を後ろに投げると、ボートはその反動で前へ進みます。



つまり、物を後方に噴射し、その反動で前進する方式です。次に圧力推力です。これは、後ろから押してもらって前進するものです。ソーラーセイルはそもそも押しもあって前進するものですし、ロケットやジェット機にも、一部に圧力推力が寄与しています。たとえば、船頭がボートから竹竿で川底を押し、前へ進む方法です。人が地面を足で蹴つて前進する、また、水泳選手がターンするときアーチの壁を足で押して進む、自動車のタイヤが地面の地面を押して進む、ローラースケートの人が誰かに背中を蹴飛ばしてもらう等があります。ここで、もし蹴飛ばす人がいつしょにローラースケートに乗っていては進みません。押される人と押す人は、独立していなければいけません。反動推力を推進原理とするロケットには、最高速度に上限があります。いかに重いものをいかに速く後ろに放し出すかで、ロケットの推力と速度が決まります。あまりに重たい物は速く投げられないし、軽すぎるものは速く投げても推進力は小さくなります。一方、太陽光帆船、つまりソーラーセイルは、軽量で大面積の帆（セイル）を宇宙空間で広げ、太陽光を風のよう受け取って推進します。ソーラーセ

図6／圧力推力による新型宇宙推進ロケット

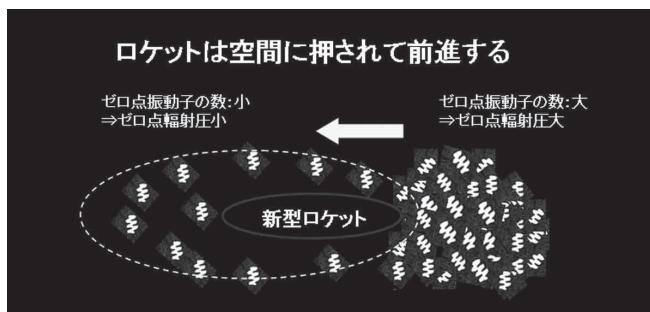


図7／満員電車のAさんと周辺の乗客

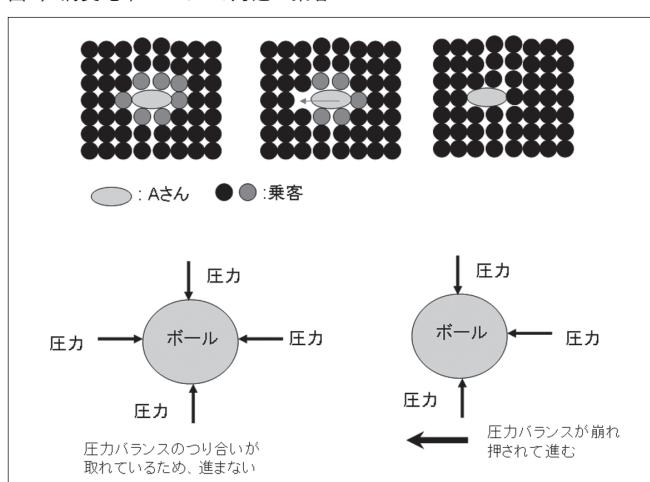
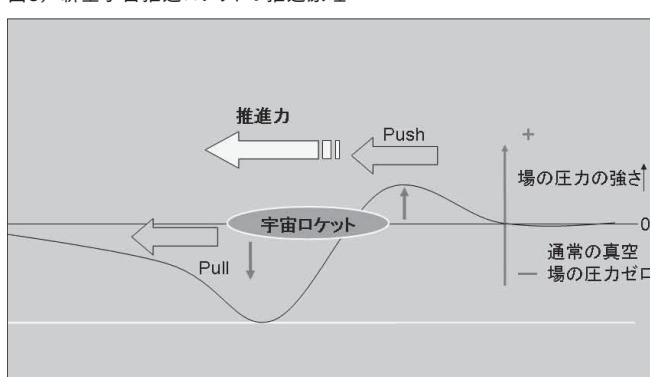


図8／新型宇宙推進ロケットの推進原理



それらしい図で説明します(図8)。通常の真空中の場の圧力の強さをゼロとします。宇宙ロケット後方の真空の場の圧力の強さをゼロ点振動子の数が多くなるようにして増加させ、前方の真空の場の圧力の強さを減少させれば、宇宙ロケットは後ろから押され、前から引っ張られて前進します。これは同時にする必要

ムの塊のようなもので、曲がったり、伸びたり縮んだりする透明なゼリー状、あるいはゴム状の実体のある場とマクロ的に考えることも重要です。図5の右側は、相対論の本でよく見られる、重力の説明図です。重量物により、平坦な格子状の空間にくぼみが生じ、その凹みの周辺に向かって物が落ちるということです。逆に、何らかの方法で、平坦な格子状の空間の上方方向に出っ張りが生じ、空間が膨れ上がることも考えられます。図5

の左は空間が前方でへこみ、後

方で膨れる状態を示しています。

### 夢の新型ロケット構想

ここから、圧力推力を推進原

理とする、新型宇宙推進ロケットの夢のお話をしたいと思いま

す。先ほど話したように、ゼロ

点振動子の数が多いと金属板を

押します。新型ロケットの前方

では、通常の真空状態でゼロ点

圧が小さいとします(図6)。

何らかの方法で新型ロケットの後方にゼロ点振動子の数が多くなるようになると、ゼロ点輻射圧が大きくなります。水中のピンポン玉が水圧の高い方から水圧の低い方向に押されて進むように、新型ロケットはゼロ点輻射圧の大きい後ろの真空から、ゼロ点輻射圧の小さい前方の真空中に押されて前進します。

先ほどの押されて進むことを

また、真空空間は、透明なゴ

イルのような圧力推力を推進原理とする宇宙ロケットであれば、光の圧力により押し続けられて加速するので、速度の頭打ちはありません。しかし、光の圧力は非常に微小なので、推進力が小さく、加速度は数マイクロGと極めて小さい値です。仮に1マイクロGの加速度だと、約3年かけて秒速1キロメートルに到達する計算になります。秒速100キロメートルに達するには約300年間押され続けなければなりませんが、とにかく時間さえあれば光に近い速度に

からっぽではなかつた! 真空空間は、これまでにないからつて、真空空間について考えましょう。われわれがいる周囲の空間と宇宙空間を比べると、ここには空気があり、宇宙空間は真空です。空気を除けば、真空である空間に変わりはありません。真空は何もないからつて、真空の状態に見えますが、現代物理学では、真空空間は、粒子と反粒子が絶え間なく発生したり消滅したりしている活発な場所

で、時空間全域にわたる領域で、激しく揺らいでいるゼロ点振動子で満たされた媒体とされています(図3)。図3の下部は2枚の金属板があり、金属板の外側のゼロ点振動子の数が多いので、金属板の間に、ゼロ点振動子の数が少なく圧力が低いので、金属板が周辺の真空から押されて近づく、カシミール力と呼ばれる現象です。カシミール力は、理論的にも実験的にも正式に検証されているものです。

図4の上は、宇宙創成のビッ

度で、Aさんは周囲の乗客から押され、どちらの方向にも動くことができません。ここで何らかの拍子でAさんの前の人気が倒れていた圧力がなくなり、Aさんは後ろの乗客から押されて前に進むことになります。つまりボルトに周辺からの圧力が均等にバランスよくかかるれば、ボルトは進まないで静止していますが、圧力のバランスが崩れれば、圧力の弱い箇所に向かってボルトは前進することになります。

図3／真空である空間とは何か(1)

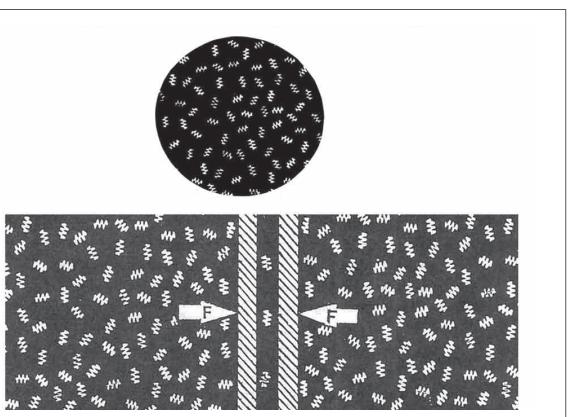


図4／真空である空間とは何か(2)

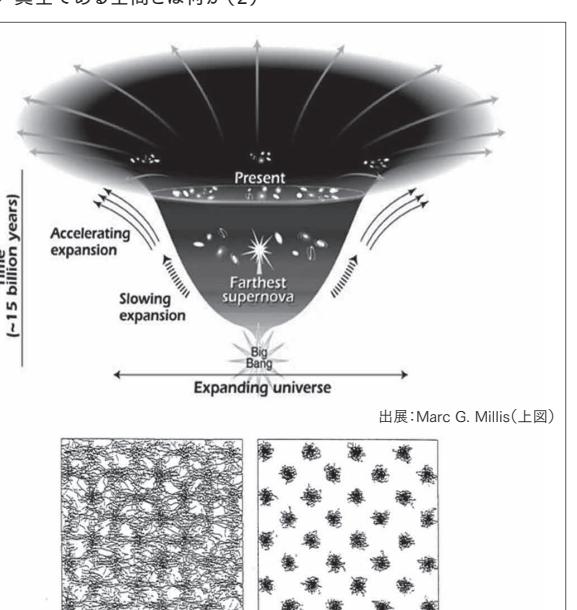


図5／真空である空間とは何か(3)

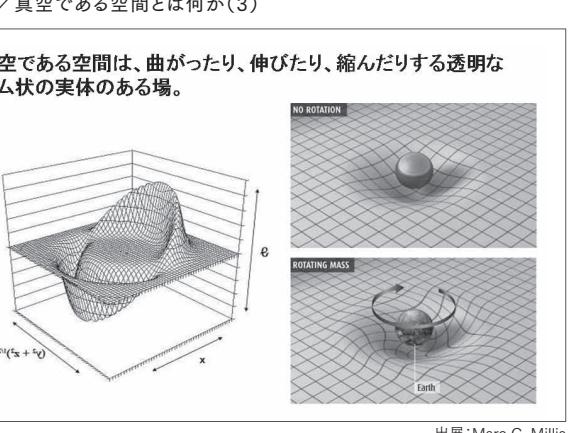
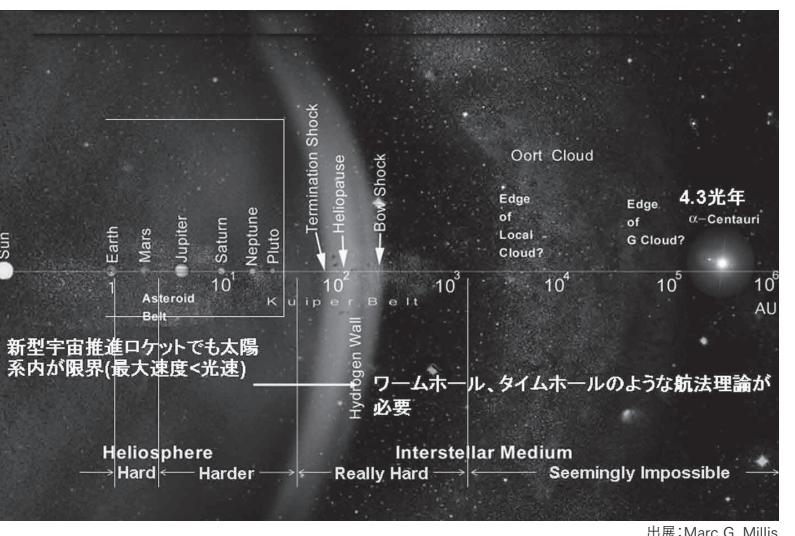


図11／宇宙空間の規模と宇宙飛行の困難性

の前方は通常の真空状態で、後方の真空場の圧力を増加させて後ろから押して前進するだけでもよいです。あるいは、宇宙ロケットの後方は通常の真空状態で、前方の真空場の圧力をだけを減少させて前から引っ張つて前進するだけでもよいです。いずれにせよ、宇宙ロケットの真空中に對して推進させることが重要です。自動車が地球の地面を押して進むように、無限に続くゴムのような塊の宇宙空間を押して進む、宇宙空間全體が自動車を押すための地面のようなものと考えます。

同じことですが、宇宙船前方の平坦な格子状の空間に、くぼみが生じて空間が凹み、宇宙船が引っ張られ落ち込む、あるいは、宇宙船後方の平坦な格子状の空間が膨れ上がり、たとえば風船が膨れ上がると膨らむ風船に押されるように、後ろから押されて前進します（図9）。

図10は、国際会議や欧米のジャーナル誌で掲載されている圧力推力を推進原理とする空間駆動推力を推進原理とする空間



出展: Marc G. Millis

図9／宇宙空間のくぼみとロケット推進

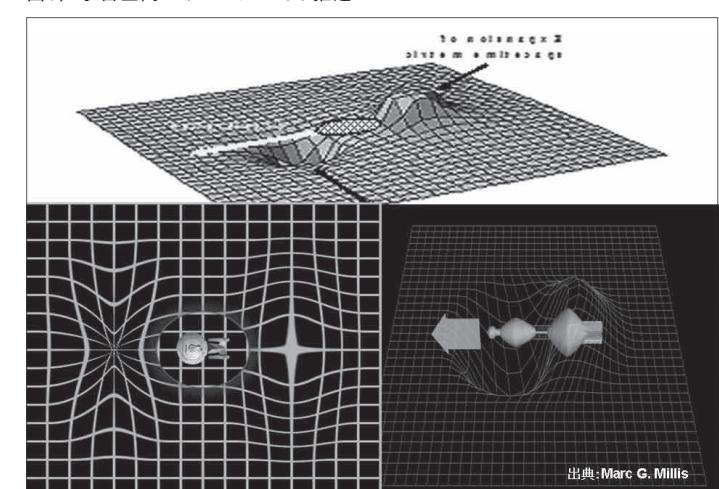
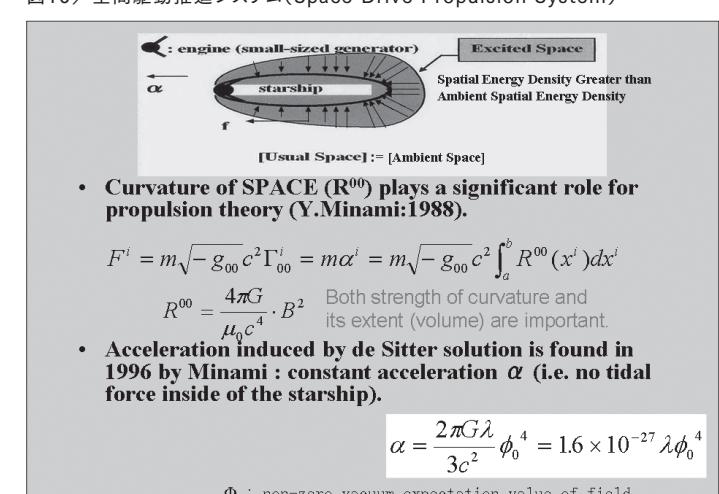


図10／空間駆動推進システム(Space Drive Propulsion System)



- Curvature of SPACE ( $R^{00}$ ) plays a significant role for propulsion theory (Y. Minami, 1988).

$$F^i = m\sqrt{-g_{00}}c^2\Gamma_{00}^i = m\alpha^i = m\sqrt{-g_{00}}c^2 \int_a^b R^{00}(x^i)dx^i$$

$$R^{00} = \frac{4\pi G}{\mu_0 c^4} \cdot B^2$$

Both strength of curvature and its extent (volume) are important.

- Acceleration induced by de Sitter solution is found in 1996 by Minami : constant acceleration  $\alpha$  (i.e. no tidal force inside of the starship).

$$\alpha = \frac{2\pi G\lambda}{3c^2} \phi_0^4 = 1.6 \times 10^{-27} \lambda \phi_0^4$$

$\Phi_0$ : non-zero vacuum expectation value of field

かく新しいエネルギー源の発見  
万億キロワット時は、 $36 \times 10^{17}$   
ギュールと試算されます。とに

### 星間旅行は遠い夢?

空間の性質解明が鍵に

の確保です。1キログラムの物体を光速の10パーセントの速度（秒速3万キロメートル）に加速する運動エネルギーは、 $4.5 \times 10^{12}$  ジュール（ $4.5 \times 10^{12}$  ジュール）。100トンの宇宙船なら4.5  $\times 10^{17}$  ジュール。ちなみに2007年の日本の発電電力量1万億キロワット時は、 $36 \times 10^{17}$  ギュールと試算されます。とに

衝突反応で生成されていますが、生成量は極微量で、かつ反陽子を保管貯蔵することが困難です。

対消滅による発生エネルギーは、核分裂反応の約1000倍、核融合反応の約200倍です。これは動力源のひとつ候補かも

りません。陽子は水素ガスの放電で簡単に大量生成できます。

反陽子は、欧米はもちろん、日本でも加速器により陽子と陽子の衝突反応で生成されていますが、生成量は極微量で、かつ反陽子を保管貯蔵することが困難です。

現在の原子力発電所の核分裂反応と同様に利用し、MHD発電により電力を生成する陽子・反陽子消滅反応炉による発電や、ダークエネルギーの研究等が必要かもしれません。陽子は水素ガスの放電で簡単に大量生成できます。

が必須です。たとえば、

陽子と反陽子が衝突して消滅する時、大量の熱エネルギーを発生します。その熱を、

現在の原子力発電所の核分裂反応と同様に利用し、MHD発電により電力を生成する陽子・反陽子消滅反応炉による発電や、

ダーカークエネルギーの

研究等が必要かもし

れません。陽子は水素ガスの放電で簡単に大量生成できます。

反陽子は、欧米はもち

らん、日本でも加速器

により陽子と陽子の衝突反応で生成されていますが、生成量は極微量で、かつ反陽子を保管貯蔵することが困難です。

対消滅による発生エネルギーは、核分裂反応の約1000倍、核

融合反応の約200倍です。こ

れは動力源のひとつ候補かも

りません。

最後になりますが、1903年、ライト兄弟による人類初の

星間旅行は遠い夢？

空間の性質解明が鍵に

の確保です。1キログラムの物体を光速の10パーセントの速度（秒速3万キロメートル）に加速する運動エネルギーは、 $4.5 \times 10^{12}$  ジュール（ $4.5 \times 10^{12}$  ジュール）。100トンの宇宙船なら4.5  $\times 10^{17}$  ジュール。ちなみに2007年の日本の発電電力量1万億キロワット時は、 $36 \times 10^{17}$  ギュールと試算されます。とに

衝突反応で生成されていますが、生成量は極微量で、かつ反陽子を保管貯蔵することが困難です。

対消滅による発生エネルギーは、核分裂反応の約1000倍、核

融合反応の約200倍です。こ

れは動力源のひとつ候補かも

りません。

反陽子は、欧米はもち

らん、日本でも加速器

により陽子と陽子の衝突反応で生成されていますが、生成量は極微量で、かつ反陽子を保管貯蔵することが困難です。

対消滅による発生エネルギーは、核分裂反応の約1000倍、核

融合反応の約200倍です。こ

れは動力源のひとつ候補かも

りません。

南 善成 Yosinari Minami  
NPO法人アドバンストサイエン  
ステクノロジー研究機関理事長、  
将来型宇宙推進プロジェクト  
マネージャー兼務。日本航空宇宙学会、  
日本物理学会会員。IAA(国際  
宇宙航行アカデミー)メンバー、  
NASA BPP(Breakthrough  
Propulsion Physics)グループ  
メンバー、英国惑星間協会  
(The British Interplanetary  
Society)フェロー。

【参考文献】  
[1] Y. Minami, Spacefaring to the farthest shores-theory and technology of a space drive propulsion system, JBIS (Journal of the British Interplanetary Society) 50 (1997) 263-276.  
[2] Y. Minami, Space Drive Propulsion Principle from the Aspect of Cosmology, Journal of Earth Science and Engineering 3 (2013) 379-392. http://davidpublishing.org/  
[3] Y. Minami, Basic Concepts of Space Drive Propulsion-  
Another View (Cosmology of Propulsion Principle), Journal of Space Exploration, 2(2) (2013)106-115.  
[4] 南善成著『未踏科学—星間旅行・タイムマシン等を語る夜のサロ  
ン風研究会』(2008年、ナチュラルスピリット)