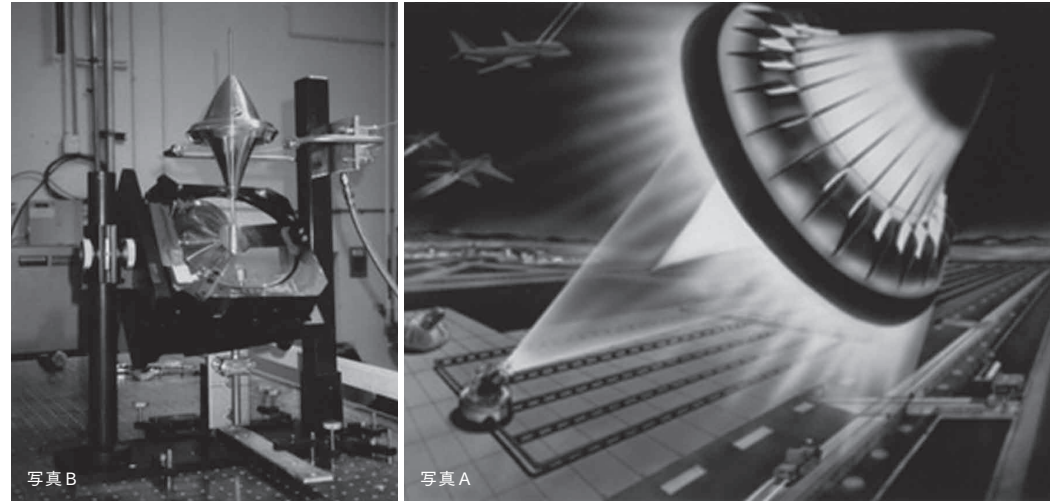


新型 宇宙推進ロケット の探求

宇宙船はどこまで進化しているのだろうか？
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

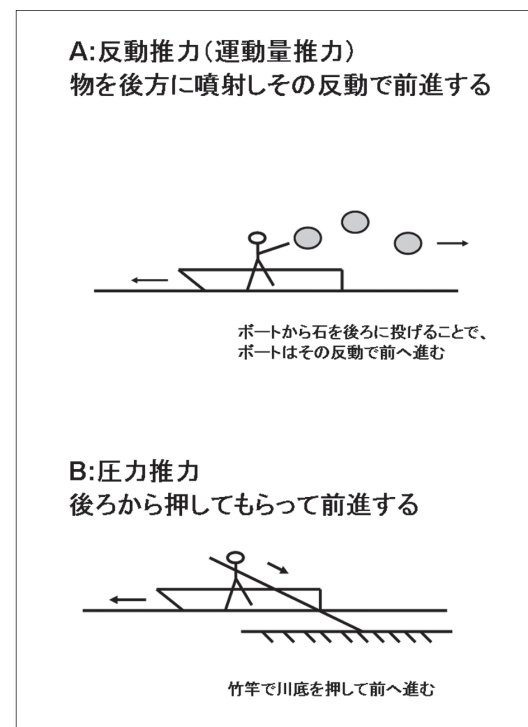


写真A 写真B
出展：AFRL Propulsion Directorate-Edwards AFB Research Site

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。ロケットに向け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。化学推進、電気推進、原子力推進、レーザー推進のロケット、プロペラ機、ジェット機、スクリーンによる艦船が移動するのは、すべてこの原理です。たとえば、ボートに乗った人が石を後ろに投げると、ボートはその反動で前へ進みます。

図2/ロケットの推進原理



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うですし、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。人が地面を足で蹴って前進する、また、水泳選手がターンするときプールの壁を足で押して進む、自動車のタイヤが地球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った等があります。ここで、もし蹴

飛ばす人がいっしょにローラースケートに乗っている進みません。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せん。いかに重いものでも、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、軽量で面積の帆(セイル)を宇宙空間で広げ、太陽光を風のように受けて推進します。ソーラーセ

図1/ロケットの速度と火星の公転速度

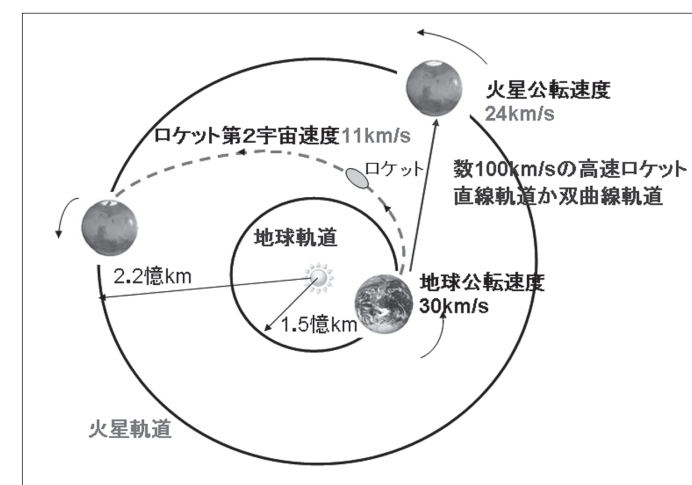


図1/ロケットの速度と火星の公転速度
火星に行きたい！しかし、有人火星旅行なんてほとんど不可能……。なぜかというところ、ロケットの速度が火星の速度に比べて遅すぎるのです。地球は太陽の周りを秒速30キロメートル(時速10万8000キロメートル)の速さで回っています(図1)。また、火星は太陽の周りを秒速24キロメートル(時速8万

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……。なぜかというところ、ロケットの速度が火星の速度に比べて遅すぎるのです。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

6000キロメートル)で回っています。現在、地球脱出のために必要なロケットの速度11・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、亀がうさぎを追いかけるようなもの。地球からロケットが発射して半年から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。現在、宇宙に進出する手段は、H2A、H2B、ソユーズ、アリアンのような液体燃料を用いた液体ロケット、イプシロ

図6/ 圧力推力による新型宇宙推進ロケット

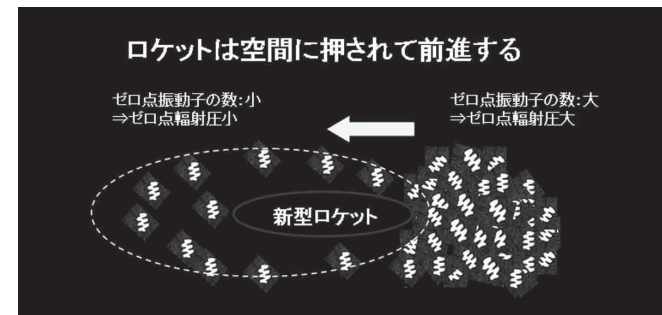


図7/ 満員電車のAさんと周辺の乗客

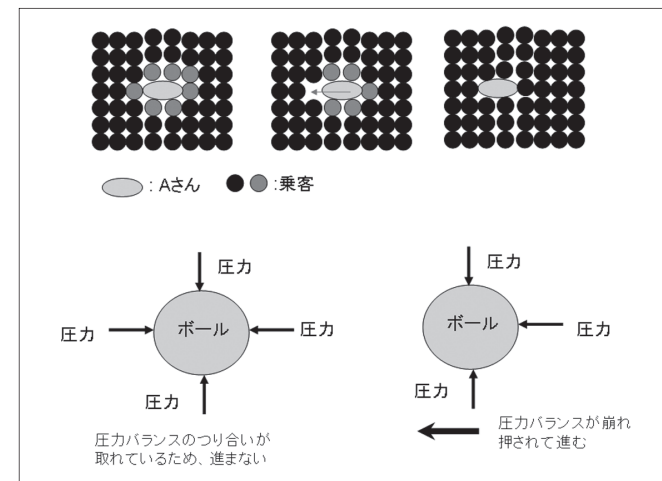
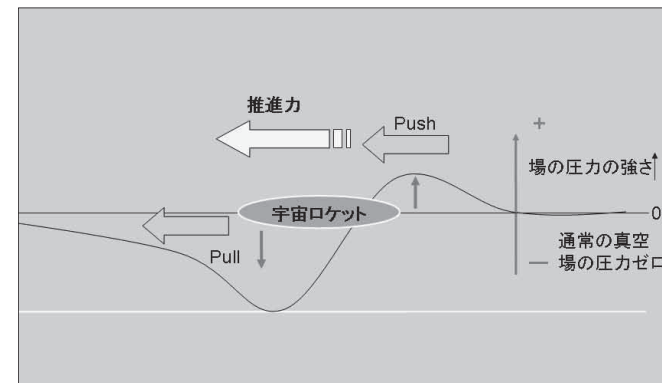


図8/ 新型宇宙推進ロケットの推進原理



先ほどのたとえ話をそれらしい図で説明します(図8)。通常の真空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を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、前から引張られて前進します。これは同時にする必要はなく、宇宙ロケット

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。真空場の圧力を使った夢の新型ロケット構想

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すると、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に押されて前進します。

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さんの前の人が倒れていなくなると、前から押さ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となります。つまりボールに周辺からの圧力が均等にバランスよくかかっていたら、ボールは進まないで静止しています。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ールは前進することになります。

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年間押し続けなければなりません。とにかく時間さえかければ光に近い速度に

到達できます。真空空間はからっぽではなかった！ここで、真空の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っぽ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が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圧力が高い状態です。一方で金属板の間は、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と、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。

また、真空空間は、透明なゴバンから高温の宇宙が急速に膨張し、現在の冷たい宇宙になった状態を示す図です。高温時の初期宇宙は、たとえば図4左下のような紐が鎖状に絡まった粘性のような媒体でしたが、宇宙が急速に膨張して低温になり、紐が毛玉のような固体の媒体になったとも考えられます。ちょうど水分子が固まって氷になる相転移現象のように。こうしたことから、真空は何か実体のある特殊な性質をもつ媒体と推測されます。

図3/ 真空である空間とは何か(1)

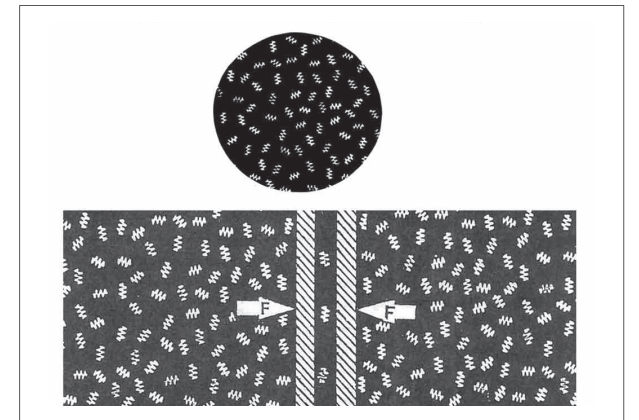


図4/ 真空である空間とは何か(2)

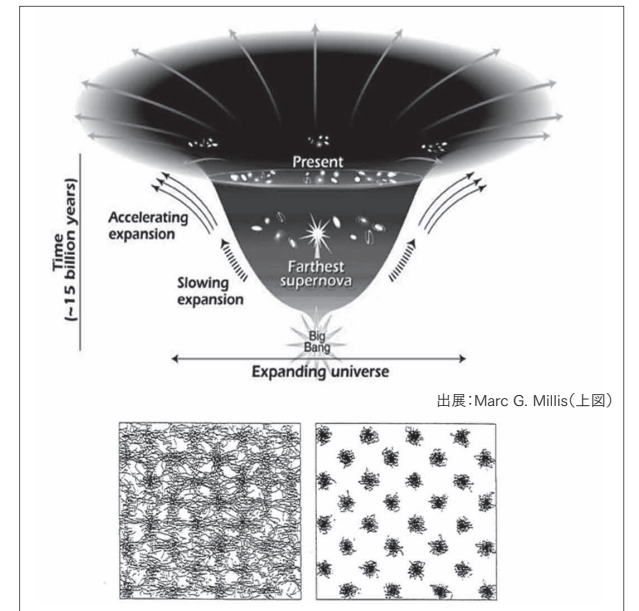


図5/ 真空である空間とは何か(3)

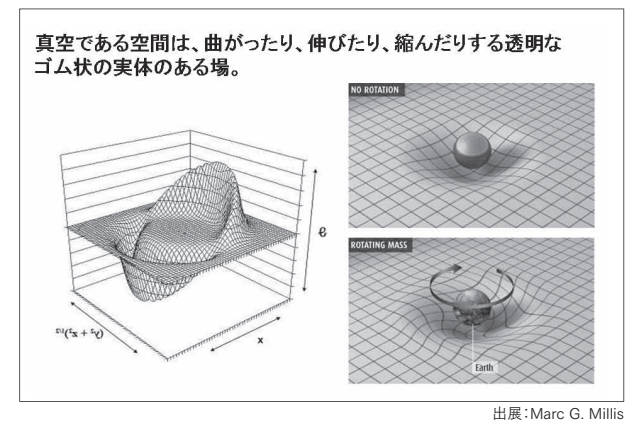
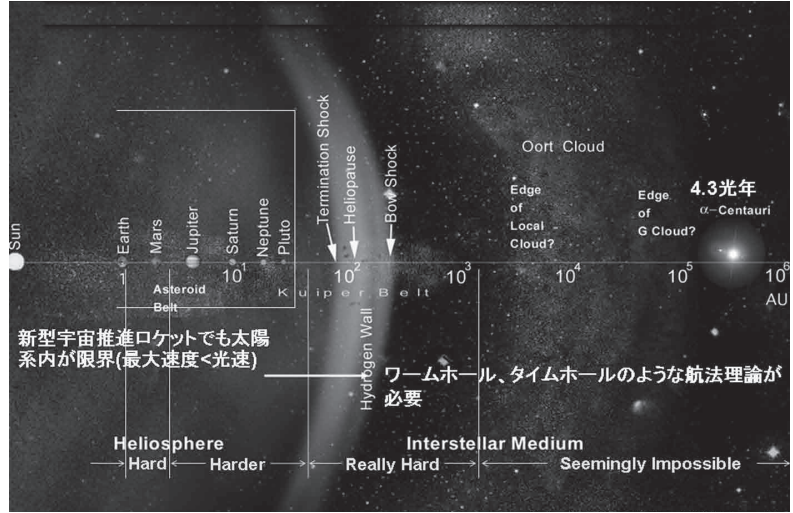


図11 / 宇宙空間の規模と宇宙飛行の困難性



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、450テラジュール(450×10¹²ジュール)。100トンの宇宙船なら450×10¹⁷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、36×10¹⁷ジュールと試算されます。とにかく新しいエネルギー源の発見

**星間旅行は遠い夢？
空間の性質解明が鍵に**

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の候補かもしれません。

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。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の候補かもしれません。

図11は、太陽系と恒星系の距離を概観したものです。いちばん近い恒星αケンタウリでも4・3光年先です。新型宇宙推進ロケットを用いたとしても、最大速度は進光速度の光の速度近くまでです。光速はいかなる推進原理でも超えられません。したがって、太陽系の惑星までは短期間で行けても、何光年何百光年、何千光年先の星への星間旅行は、宇宙ロケットの推進理論だけでは不可能です。星への星間旅行はワームホール、虚数時間のタイムホールのような、光速の壁を迂回する航法理論との併用が不可欠になります。いかに宇宙空間の規模が広大で、宇宙旅行が大変かがわかります。月は近いので、いまのロケットでも行けますが、月へ行く方法で人類が惑星空間や恒星空間に飛び出すことは、技術的な限界から不可能に近いと言えます。現在、人類は大海の宇宙空間を前にして、海岸の砂浜の岸辺近くをボートで進む技術しか手にしていないのです。

南 善成 Yosinari Minami
 NPO法人アドバンスサイエンステクノロジー研究機構理事長、
 将来型宇宙推進研究プロジェクト、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、ナチュラルスピット)

動力飛行が達成されました。ライト兄弟は、目には見えない透明な空気の流れを利用して飛行機の翼を持ち上げられることを、風洞実験を重ねて探求しました。彼らは、空気の性質をよく研究したのです。同じように、何もない透明な空間の性質をよく調べること、そこから新しい発見が生まれるかもしれません。

の前方は通常の真空状態で、後方の真空場の圧力だけ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だけを減少させて前から引っ張って前進するだけでもよいです。いずれにせよ、宇宙ロケットの前後に非対称なアンバランスの真空の場の圧力を生成し、広大な真空空間に対して推進させることが重要です。自動車は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、宇宙空間全体が自動車を押すための地面のようなものと考えます。

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進システムを要約したものです。数式はデザイン文字として無視してください。当初は推進原理の説明を単純化するため、空間の曲率生成に、磁場の単純なオンオフでなく、磁束凍結メカニズムによる種磁場の収縮動作を用いた強磁場生成方式で発表しました。1996年以降は、推進性能が良好な重力場方程式のド・ジッター解を用いた方式を基本にし、磁場は全く使用していません。

図9 / 宇宙空間のくぼみとロケット推進

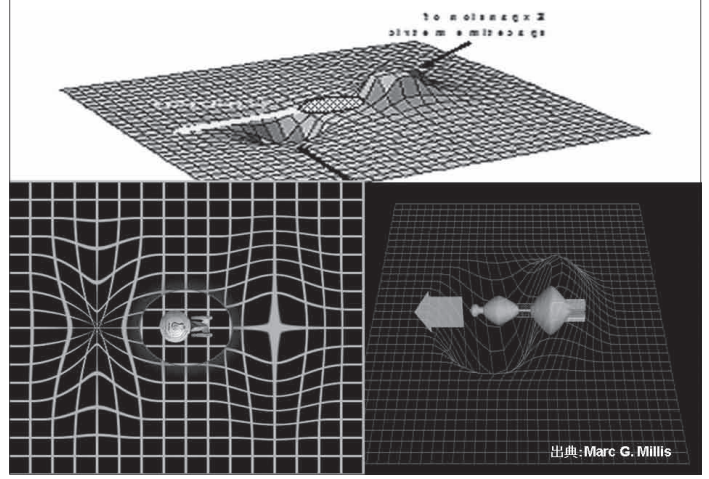


図10 / 空間駆動推進システム(Space Drive Propulsion System)

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

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

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

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

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

Φ_0 : non-zero vacuum expectation value of field

図11は、太陽系と恒星系の距離を概観したものです。いちばん近い恒星αケンタウリでも4・3光年先です。新型宇宙推進ロケットを用いたとしても、最大速度は進光速度の光の速度近くまでです。光速はいかなる推進原理でも超えられません。したがって、太陽系の惑星までは短期間で行けても、何光年何百光年、何千光年先の星への星間旅行は、宇宙ロケットの推進理論だけでは不可能です。星への星間旅行はワームホール、虚数時間のタイムホールのような、光速の壁を迂回する航法理論との併用が不可欠になります。いかに宇宙空間の規模が広大で、宇宙旅行が大変かがわかります。月は近いので、いまのロケットでも行けますが、月へ行く方法で人類が惑星空間や恒星空間に飛び出すことは、技術的な限界から不可能に近いと言えます。現在、人類は大海の宇宙空間を前にして、海岸の砂浜の岸辺近くをボートで進む技術しか手にしていないのです。

したが、まだまだ人類が手をつけていない、あるいはつけられない実験がたくさん残っています。私は、真空は宇宙膨張の初期の性質をいまなお保有しており、何らかの外的な刺激を与えることで、現在の硬い氷のような空間を軟らかい水のような空間に相転移させる、つまり励起させることが可能と考えています。次の課題は、宇宙推進ロケット共通の課題ですが、宇宙ロケットの動力源、つまり推進エネルギー