

30年間2000通の秘密文書の謎を解明

宇宙人

フランス国立科学研究所 主任研究員
ジャン=ピエール・ブチ Jean-Pierre Buit

ユミットからの

中島弘二 (訳) Hiroji Nakajima

手紙

UJAO

徳間書店

《訳者紹介》

中島弘二（なかじま・ひろじ）

1947年、札幌市生まれ。

東京外国語大学大学院修士課程修了。フランス政府給費留学生としてパリ大学に学び、学位を取得。83年、パリ国立東洋語学校日本語科講師を勤める。現在は立教大学一般教育部教授。専攻は19、20世紀フランス文学、美術史。訳書に『アフリカの夏』（河出書房新社）、『かくも長き手紙』（講談社）、『世界の至宝10、現代美術』（ぎょうせい）、『弟子から見たショパン』、『内なるヴァイオリン』（以上、音楽の友社）などがある。

宇宙人ユミットからの手紙

30年間2000通の秘密文書の謎を解明

1993年 6 月30日 初版

著 者	ジャン＝ピエール・ブチ
訳 者	中島弘二
発行者	徳間康快
発行所	株式会社 徳間書店 〒105-55 東京都港区新橋4-10-1 電話(03)3433-6231(代) 振替 東京4-44392 <編集担当 溝口立太>
印刷所	本郷印刷株式会社
カバー印刷	半七写真印刷工業株式会社
製本所	宮本製本所株式会社

© Hiroji Nakajima 1993, Printed in Japan

落丁・乱丁本はお取り替えいたします。

ISBN4-19-355219-5

巻 末 資 料

〔目次〕

資料 1

ユミットの手紙について (5)

1. MHD (磁気流体力学) / 2. 双子の宇宙 / 3. 複数の宇宙
4. 手紙の内容の一貫性 / 5. 結論にかえて

資料 2

「光速度の変化する宇宙モデル」(25)

1. はじめに / 2. 光速度 C の永年変化 / 3. ゲージ関係の提案
4. 発展方程式 / 5. 幾つかの基本方程式のゲージ不変性 / 6. 結論

資料 3

「光速度の変化する宇宙モデル：赤方偏移の解釈」(33)

1. はじめに / 2. 時間かエントロピーか
3. 赤方偏移とロバートソン＝ウォーカー計量 / 4. 電磁気の問題
5. 赤方偏移 / 6. ハッブル則とロバートソン＝ウォーカー計量
7. 赤方偏移と距離の評価 / 8. クエーサーの問題
9. その他のゲージ関係 / 10. 結論

資料 4

「光速度の変化する宇宙モデル：クエーサー観測データとの比較」(49)

1. はじめに / 2. ゲージ不変性の補足
3. 観測データとの比較 / 4. 結論

資料 5

「宇宙論——双子の、左右対称の、時間の逆流する宇宙」(61)

1. はじめに / 2. 双子の宇宙、熱力学的平衡状態の仮定とその結果
3. カップリングの定義 / 4. ニュートンの統一解
5. 物質と反物質 / 6. 結論

資料 6

「磁気流体力学——新種の磁気流体力学コンバーター、誘導装置」(67)

1. はじめに / 2. イオン化制御加速機
3. MHDエアロダイン / 4. プラズマと側壁との接触

資料 7

「ローレンツカによる衝撃力の相殺」(71)

1. はじめに / 2. 定常状態における二次元系の分析
 3. 平行性をどうやって保つか / 4. 数値計算
 5. 将来の非定常状態への拡張
- 1987年、筑波のMHD国際学会での発表論文

解説

「資料 2～7」(81)

資料 8

今後の研究の展望 (89)

1. 磁気流体力学に関する考察
2. 宇宙論に関する考察、モデル化の試み
3. 論理学についての考察

資料 1

ユミットの手紙について

本題に入る前に、1962年から67年にかけてすでにユミットの手紙に現れていたいくつかの指示をここに掲載するのも興味深いことと思われる。

「この手紙のことを話題にした印刷物には、いかなる理由があってもあなたが署名してはいけないし、ましてやあなたの職業的地位を書いたりして、内容に科学的保証を与えてはなりません（UFOなどの非常に異質なテーマと関連づけて、それほど信頼度の高くない定期刊行物や専門誌で取り上げられる場合は別として）……いかなる理由があろうともわれわれの地球上での行動を妨害する手だてを持った組織や、責任ある言論機関がまなじりを決しかねないような言動は、厳にこれを慎まねばなりません」

誰が言っているのであろうと、こんな指令はクソくらえだ。これではまるで受取人は、彼らのモルモットではないか。

1. MHD（磁気流体力学）

手紙によればユミットの宇宙船の運航方式は、大気中の移動か、宇宙空間の移動かによって根本的に異なるもののようである。とは言えそのコンセプトには両者に共通するものがある。つまり移動の前に、周囲の環境を変えてしまうのだ。大気中を航行するときは、周囲の空気を強力にイオン化してしまう。惑星から惑星へ航行する場合には、周囲の環境を変えること、つまり時空の薄板を変えること以外の何ものでもないのである。

どちらの場合にも変化は機体を取り巻く層のなかで実現される。手紙には、空気をイオン化して電導体にするべく、壁一面にイオン化装置が張りめぐらされているという記述が見出された。

このささやかな装置によって、マイナスイオンが生じるとされている。その方法は、正確なエネルギー量を持った電子を周辺にある分子に衝突させ、それらの電子

を原子もしくは分子のような重い物体に仮そめにではあるが、付着させるのだ。マイナスイオンの「寿命」は限られているので、一定ではなくパルスによるイオン化が生じることになる。

一般的に自由電子を作るには、一定のものであれ可変のものであれ強電界を利用して気体を加工したほうが実験上では簡単である。どちらの場合にもいわゆるプラズマが得られ、これが自由電荷を持っているために電導体となるのである。ここ数年のユミットの手紙では、オレンジ色の光の暈は、まさにイオン化現象によるものだ（注. 1）と言明している。

機体周囲の空気が電導体になりさえすれば、そこに力を、いわゆるラプラスの力を作用させることが可能となる。これは現在地球上で開発されている、MHDの潜水艦や船舶を動かしているのとまったく同じ原理だ。ただしこの場合には海水の塩分を自然の電導体として活用しているのだから、この必要不可欠な成分がなければ、MHDの潜水艦や船舶は動けなくなってしまうだろう。このプロジェクト担当のエンジニアなら誰しも、このような機械を淡水に入れるのは、水に最小限の電導性を与える物質を壁面に発散させる装置でも作らぬ限り問題がある、と異口同音に言うであろう。この壁面への発散という考え方こそは、ユミットの手紙にも見出されるものだ。

ユミットの手紙をもとに、われわれが1975年以来行ってきた理論と実験による研究では、シミュレーションを援用せざるを得なかったことが多々あった。壁面のミニイオン化装置で、どうやって気圧のかかった大気をイオン化できるのだろうか？われわれの技術では不可能だった。そこでわれわれは別の方式に転換し、強電界を発生する電極や、低比重の空気に作用する超高周波の電磁場で試してみたりした。どちらのモデルケースでも、イオン化された空気のオレンジ色の暈を完全に再現することができた。ついでながら流体力学に言及のある手紙の一部を、ここに引用しておこう。

「われわれの宇宙船が何らかの大気の最も密度の高い層に、極超音速に相当するスピードで突入するとき、衝突時と脱出時に壁面に伝わる熱は（われわれの流体力学のコンセプトには別の表現の仕方があるのだが、ここではあなたがたが日頃使っている言葉を用いることにする）、高度の熱防御対策が施されているくらいでは、とても吸収しうるものではなく、付属する多くの装置が破壊され、壁の表面も溶解してしまう。そのうえ問題の層を脱するとき、層流は自動的に乱流に移行するので、エネルギー損失は非常に高いものとなるだろう。

要はあなたがたの言う衝突時と脱出時の大気層を、船体を変形せずに自由自在にコントロールすることにつきる。気体の流れと脱出時の速度勾配を調節して、層流が乱流に移行するのを防がねばならないのだ。さらに各層（衝突時と脱出時の）と機体の壁面との実際の距離を、どのような飛行状態にあっても一定に保つようコントロールし、熱カロリ移動を限度内に抑えておかねばならない。このような対策でもまだ足りず、補助的手段としてリチウム蒸散による保護も必要とされる。

隣接する大気層の力学的勾配を変更する装置は、船体を取り巻く環状フィンの、クラウンの環の部分に取り付けられている。

このようにすれば航行の独立性は、大幅な許容値とともに保証される。そして地球の大気中での標準的飛行条件は、マッハ12に相当することになる」

このようなデータをもとにして、壁面イオン化装置のつくるパルスイオンと一個の、さらに複数個のソレノイドによる可変磁場システムを組み合わせた推進システムの開発が進められた。この研究はモーリス・ヴィトンとわたし自身の手によって、1977年2月28日付のパリ科学アカデミー報告に、「新型のMHDコンバーター、誘導装置」（serie B, t.284, pp.167-169）というタイトルで発表された。この論文は1975年9月15日付の同誌に掲載された最初の覚書よりも詳細にわたるもので、やはりMHD型航空機（エアロダイン）のコンセプトが結論として登場してくるものだが、アカデミー会員のエヴリー・ジャッツマンはこれを「物理法則に反するもの」として直ちに猛烈な反論を行っている。

このパルスイオンと周期的磁場の組み合わせによる推進という考え方は、後日ベルギーの物理学者オーギュスト・メッサンによっても取り上げられた。

引用したユミットの手紙に登場する第二のアイデアは、乱流の消滅に関するものである。機体の周囲に電磁力の場をどのような方法で形成するにしても、この磁場が大気層の境界に強力な作用を及ぼし、乱流を見事にストップさせてしまうことがすぐに明らかになった。1975年にはもうこのような成果があがったのだ。専門家でない人のためにこの「境界層」という文法を無視したような用語の意味を説明しておこう。流体力学の専門家は、壁面に垂直方向でかなり速度が変わる気体、もしくは流体の層をこのように呼んでいる。これは空気分子が移動中の物体に接触するとき、その物体に比べて分子の速度はゼロ（流体力学では、移動中の物体に対する速度を測るのがふつうである）になることによって生じたものなのだ。どのようなデザインの自動車でも時速100キロのスピードで空気中を進むときは、この「境界層ガス」にすっぽりと包まれる。ボンネットの上での速度は、通常のように車体との

比較において計測される場合は、層の厚さがゼロなのに時速ゼロから100キロに移行するようなことはない。速度の変化は最小で数ミリ、もしくはそれ以上の厚さがある層を通じて行われる。流体気流の「層流的性格」は、そう長く持続されうるものではない。少しでも凹凸があれば、乱流が発生してしまうのだ。車体を送風機にあて、ボディ周囲の気流の流れを具体的にすれば、この層流から乱流への移行をはっきりと目で確認できる。

1975年以来ヴィトンとわたしは比較的簡単な実験によって、この乱流は流体力学に特有な不治の病ではなく、適切な力場によって消滅させうることを確認できた。じつのところわたしはこの最初の結果に驚いてしまった。これはまったく新しい発想であり、手紙を読んだことが直接に影響しているからである。実験はトゥルーズのDERMOで行われた。一回目の実験でたちどころに結果が判明した。

物体が超音速もしくは極超音速の気流の中にあると、正面の衝撃波がただちに発生し、それを通じて比重、圧力、温度が急激に変化する。速度がマッハ3を超えると、いわゆる極超音速の領域に突入することになる。このとき衝撃波は物体の正面部分をきつく包みこむので、人はこれを「衝撃層」と呼ぶのである。ユミットの手紙には、この衝撃層に手を加えることは可能であり、「勾配」すなわち気体のパラメータである比重、圧力、温度の急激な変化を大幅に減らすことができると明確にうたっている。これは完全に新しい考え方なのだ。なにしろわれわれがこの文書を読むまでは、どこの大学でもどこの工科系専門学校でも、超音速時の、ましてや極超音速時の飛行においては、衝撃波は不可避なものだと教えているのだから。

他の手紙には、この大気相互間の飛行を全然音を立てずに行うことが可能であるとの記述がある。解決法が明確に示されていないまでも、少なくともそのような問題が提起されているのである。これは今までの考え方とは矛盾するものだ。最初のうちはわたしも流体力学からの類推で（注. 2）、ある外形の周囲にいかにして衝撃波が発生するかをシミュレートできることを思い出した。ユミットの手紙にある考え方によって、われわれとしても、もう解決済みとされている問題を再検討せざるを得なくなったわけである。水力シミュレーションによる衝撃波消滅の実験は1976年末に実施され、結果は成功だった。物体の周囲の「衝撃層」は完全にコントロール可能であり、とりわけこの厄介な衝撃波を消滅させうることを証明されたのだ。この成果を気体にまで適用し、超音速飛行の処理をコンピュータのデジタルシミュレーションで行ってみると、やはり衝撃層はコントロール可能であり、端的に消滅させることすらできるという結果が出た。「勾配」の種々のパラメータを制限すれ

ば、つまり気流を完全に調節しつつ熱の流出を受入れ可能な程度のものにすれば、物体の周囲の気流を自由自在にコントロールできるのである。

今日ではもうMHD推進のコンセプトは主流となっている。一般読者向けの科学雑誌（1991年4月号の『科学と生命』Science et vie）も同様の評価をしている。このような移動方式が乱流を大幅に減少させるばかりか、消滅さえさせるものであることも周知の事実である。

衝撃波も乱流も発生させない極超音速飛行の問題は、まだ一般の耳にまでは届いていないが、われわれとしてはアメリカやソ連が70年代はじめから積極的に取り組んでいるのは疑いないと思っている。それどころか軍事機密の厚いヴェールに覆われているとはいえ、重要な成果はすでに達成されたかもしれないのだ。少なくとも空洞実験ではエネルギー源は装置の外部から来るから、その重量や外形寸法は問題にならない。それにしても手紙に明示されている数値には驚くべきものがある。われわれだってこれと同じテクノロジーを持っていたら、プラズマに囲まれた機体を音もたてず、ソニックブームも起こさずにマッハ12で航行させることができるかもしれないのだ！ それにこのタイプの推進装置は、完全に無公害である。MHDエアログインは、ユミットの宇宙船から派生したものだが、まさしく21世紀の飛行機なのである。

2. 双子の宇宙

科学者には宇宙論のアプローチを、計量とテンソル計算にもとづく極端に重厚で精巧な形式的体系と結びつけて考える習慣がある。歴史的には現代宇宙論の基礎は、ソ連の数学者フリードマンが1921年に行った研究をもとにしたものである。彼はアインシュタインの「場の方程式」の最初の解、と言うよりも最初の三つの解を見つけた人物である。この三種の解をもとに宇宙生成の三つのタイプが構築可能であった。第一の解では宇宙はプラスの曲率を持ち、自らのうちに閉ざされた超球になる。宇宙は激しい膨張の段階を経て成長を停止した後に、収縮したのである。二番目の解に従えば、宇宙はマイナスの曲率を持ちつつ、無限の膨張運動をし続けていることになる。三番目のものは、この無限の膨張がゼロ曲率に関連するとしている（注. 3）。これがいわゆるユークリッド宇宙である。

これらの解は専門家でない人間には訳の分からぬ膨大な数学的作業や、苦勞の多い計算のあげくに現れてきた。1934年、ミルンという宇宙論学者がマック・クリー

(注、4) という人の応援を得て、宇宙のこのような運動は相対性ではなくもっと単純な方程式で、ニュートン力学による方程式で表されることを証明した。二人はたった数行の計算式で、フリードマンを有名にした方程式に辿り着いたのである。当時これは大騒ぎになり、どうしてそうなるのか、誰もすぐには分からなかった。宇宙の運動は思ったほど密接には、物事の操作をこれほど複雑にする限定的な相対性理論に依拠しているわけではなかった。ミルンとマック・クリーは方程式から相対性理論に関わる局面を取り除いて、つまりイギリスのニュートンによって導入された形式を復活させることによって、フリードマンの魔法のような解を再創造することができたのである。

わたしも一個の宇宙ではなく、二枚の薄板状の宇宙を想定して、同じようなことを試みた。わたしは左右対称に流れる二つの時間を導入し、この面対称の特性を考慮に入れた。そしてこの件に関し、1977年のアカデミー報告に二点の論文を発表した。そのうちのひとつ「時間が逆方向に流れる、左右対称の双子の宇宙」を、本書の巻末資料として掲載した。

本書の資料5の1には時間の逆転 (t_1-t_2) と面対称 (X_1-X_2) の二つの仮説がある。解によれば二つの集団は、物質-反物質の相対性に呼応するものでなければならない。これについては資料5の5を参照のこと。結論では物質と反物質(宇宙論における)は面対称の二つの異なる空間に所属しており、正反対の時間の矢をともなっていると書いてあるはずだ。このような結論に達したちょうど1977年に、わたしはこれらの手紙が学者の好む表現を使えば、「自明でない」情報をもたらしているのだと考え始めたのである。比較の対象としてアンドレイ・サハロフの業績の一部(アントロポ社刊の著書、117ページ)を引用することができる。「ここで複数の薄板構造の宇宙を提言しよう。これは一方が他方の絶対未来に位置する二個の四次元空間が、重力崩壊によって接続されて出来たものである」さらには「ここでは時間のベクトルが逆転した宇宙生成モデルを想定しよう」(同著書、143ページ)とある。以前の論文(注、5)が引用されており、そこでサハロフは「宇宙のすべての出来事は、宇宙崩壊の瞬間に関連づけられれば左右対称なものである可能性がある」ということを示唆しているのである。この研究は1977年(注、6)、つまりサハロフ論文の10年後に出たわたしの論文と発想を同じくするものである。

3. 複数の宇宙

宇宙旅行について語る手紙には、距離と光速の局所的数値の変化を伴った、三次元の座標系の変化への言及があった。関連箇所を引用しよう。

「われわれの時の観念には、恐らくあなたがたの知らない局面があるのかもしれませんが。まず第一にわれわれはあなたがたのように、時間とはひとつの次元、もしくは連続体であると考えすることはできません。ある瞬間を時間軸の一点だと見なすことはできないのです。この問題に関連した点がひとつあって、われわれはそれをあくまで強調しておきたい。あなたがたは宇宙における粒子の最大速度を秒速299780キロ(光の速度)であり、それは「一定」なのだと思っている。もちろんあなたがたが誤った方法でこの計測を行ったわけではないのです。この同じ三次元の枠内では、われわれが記録したのもやはりこの速度です。しかし三次元の枠、もしくはシステムを変えさえすれば、この限界速度は大幅に変わってくるのです。たとえば次のような同系の数値が得られることになります。

$$C_0, C_1, C_2, \dots, C_n$$

これは $C_0=0$ から $C_n=$ 無限にまで広がり、個々の数値が与えられた特定の慣性系に連結しています……

……アインシュタインの歩みは間違っていないのですが、彼は光速が与えられた慣性系においてのみ一定なのだ、ということを知らなかったのです」

他の手紙には、宇宙Rの曲率半径と光速Cが逆方向に変化すると、はっきりと書かれてある。Rがゼロに近づくときは、Cは無限に向かうし、その逆も真なりというわけだ。そして惑星間の旅行は、三次元の枠を変えないかぎり、とても我慢できるような期間で行われるものではないとも記されている。その利点は二つある。世界はプラトンの大きな洞窟だと、つまりひとつの構造の、超次元現実の投影であり、われわれの知覚しえないものだと考えることによって、この洞窟の奥で目印(repère)が変われば投影の方式もまた変わることが理解される。宇宙船を構成する物質や乗組員も、やはりべつの慣性系に投影されるが——この言葉はじつに適切である——そこでは距離はもっと短くなり、光は速度を増すのである。宇宙船が他の慣性系を亜光速で数ヶ月航行してから再浮上する場合には、あくまでこの限定された相対性原理に従って、つまりこの限界速度Cを超えることは不可能だったにもか

かわらず、光速の20倍、30倍の速度で航行した（もしくは「宇宙の褶曲」の条件に従えばもっともっと速く）ような外観を呈する。ここは単に「自分のいる慣性系における光速度を超えることは出来ない」とのみ記述して、原理の適用範囲を広げるだけでいいのである。

本質的な問題はこの光速度の数値と、ある意味では物質相互の距離を表す宇宙曲率半径Rとを結びつける法則がどのようなものかを見究めることだ。わたしは静力学の発想を取り入れて（注、7）、RCの積が一定と考えられるようなモデルを研究してみたが、これはうまく行かなかった。この考え方をマドリードの学会でも発表してみたのだが、ドミンゲスが発言を求め、その方程式は間違っている、正しい法則ではRC²が一定になるはずだと言った。そしてわたしが見たこともない手紙まで持ち出すのだった。そのときはわたしも、秘教もここに極まれり思ったものだ。その4、5年後、わたしは一般相対性理論に本腰を入れて取り組んだが、ユミットの宇宙のテーマのことはやはり頭から離れなかった。そういうことすべてが、最終的には「モダンフィジックスレターズA」に掲載された三点の論文となって実を結んだわけである。論文を審査したのは数学者のジャン＝マリー・スリオーだが、彼はとりたててこの道の専門家として評価が甘いとされる人物ではないにもかかわらず、これらの論文は全文掲載されることになった。これには一般向けの解説を数ページ加えてはみたが、恐らくほんの一握りの専門家を除いて、一般読者にとってはまったく理解を絶するものであろう。掲載論文は実質的にはユミットの手紙にあるデータを使えば、先端科学を構築することができるという証拠にしかないだろう。

わたしの立てた最初の仮説は、ユミットが複数の宇宙と呼ぶ構造に関するものである。手紙には、この宇宙は数限りないペアになった宇宙で構成されている、とある。ただしこれらの宇宙は三次元であって、四次元ではないとユミットは言うのである。ちなみにこの種の文書には、偶然の結果などということはない。この三次元の座標系というテーマは絶えず現れている。われわれ科学者にとって、宇宙というもの、もしくはあるひとつの宇宙は必然的に四次元のものなのである。それは時空であり、空間の三つの次元と時間の一つの次元からなるものなのだ。ユミットが三次元のことしか口にしないのは、われわれ自身の宇宙の、ビッグバンに始まる連続的状态のことを問題にしているためなのかもしれない。それはもっと経済的だ。そうしながら、わたしはオッカムの得意とする原理を適用してみた。つまり変数Cのビッグバンのモデルを構築してみたのである。その準備段階としてまず、一般相対性理論全体を極度の注意をはらって細かく検討してみた。この理論はアイン

シュタインの有名な場の方程式にもとづくもので、次のように書く。

$$G = \chi T$$

GとTがテンソルだということに読者は興味がないだろうし、この段階では大して重要なことではない。重要なのはこの理論では光速度Cは、アインシュタインの定数 χ 一箇所にしか出てこないということだ。

$$\chi = -\frac{8\pi G}{C^2}$$

π は単に3.1416……の定数である。

Gは重力の、Cは光速度の定数である。

アインシュタインは有名な場の方程式を考え出した後、そこに現れた定数Cの値を決定するために、いわゆる同定の作業に取り組んだ。ところがわたしはそのやり方ではG/C²の関係が実質的には一定であるが、両者が別々にそうなのではない！ということに気がついて目を丸くしてしまった。つまりGとCは神聖侵すべからざる一般相対性理論の秘儀に抵触せずとも、ビッグバンの途上で変化し得るのだ。1987年の冬から88年にかけて、数学者のジャン＝マリー・スリオーにとってはまるで夢のような日々が訪れた。彼は一般相対性理論の専門家として国際的にもトップレベルにあり、いずれにしても理論物理学と宇宙論と数学者という、必ずしも両立しない分野（注、8）を厳密に究めている人物として知られている。そのスリオーにしてもこの点についてはわれとわが目を疑い、『幾何学と相対性』（1964年ヘルマン社刊）という自著を探しに行った。たしかにこの有名な言葉は本に載っており（382ページ）、アインシュタインが着手し、やがて定数の計算にまで行き着いた計算もちゃんと載っていた。なのにスリオーは一度もこれに気づいたことがなく、ここではたと首をかしげてしまったのである。わたしとしてはこの忌々しい絶対定数を解放したからには、新しいデータを考慮にいれたモデルを構築するのみである。それは生易しいことではないが、導きの糸はしっかりと握っている。膨張の途上ではエネルギーは保存されねばならないが、質量はその限りではないということが分っているのである。これはユミットの手紙にあった、もうひとつの鍵となる文章である。赤方偏移、つまり遠くの物体の赤への偏差が観測されるからには、これはエネルギーが $h\nu$ 、つまり ν が周波数でhがプランクの定数である光子にも有効なはずで、 ν は変化するのだ。このような観測結果を宇宙の膨張に、ドップラー効果に関連づけるのが今までの伝統であった。わたしにとっては、エネルギー保存のために $h\nu$ を保存する

こと、つまりプランクの定数を変化させることが必要である。わたしは友人のアカデミー会員、ジャン＝クロード・ペケールと話をし、「すべての定数がほんとうに絶対定数か、でなければどれもみな変化するか、二つに一つだ」という結論に達したことも支援材料としている。ミルンは1930年代に初めてプランクの定数の変化に言及し、それが赤方偏移に、「光子の赤色化」に関わるとした。そうだとすればこの現象はやはり h の変化によるものであって、膨張現象によるものではないことになる。当時はペケールもヴィジエの協力を得て「疲労した光」の理論を展開しつつ、宇宙の膨張というドグマに自ら反論を試みた。わたしのモデルでは光はエネルギーを保存するのだから、疲労するのは光ではなく、途中で変化するプランクの定数なのだ……

それでも研究は成果をあげたので、読者は「モダンフィジックスレターズA」に載った最初の論文、「光速度の変化する宇宙モデル」を参照されたい。問題となっているのは資料2の方程式(5)であるが、ウンモ・ネットワークによって得られた内容のキーポイントとなる、 $RC^2 = \text{定数}$ の法則もある。この論文では、場の方程式も解かれている。それもフリードマンのモデルのように、宇宙の三つの可能性（循環の可能性一つと、無限の膨張に相当するもの二つ）を云々しているのではなく、もはや可能性はひとつしかないと言うのである。資料2の方程式(9)の下には次のように記されている。「 K にとっての唯一可能な数値は、 -1 である」はっきり言えば宇宙にとっての唯一の可能性は、マイナスの曲率をもつことなのだ。ユミットの文書はこの点については明快である。「宇宙はマイナスの曲率をもつ超球である」と言っているのだ。わたしがユミットのいくつかの言葉を仮説として取り上げ、正統的ではあるが比較的「流動的な」モデルにそれを活用してみると、自ずと結論が見えてきた。これらの手紙が偶然に出来上がったとは考えられない。これを書いた人は、一般相対性とゲージ理論に精通しているに違いない。それにわたしとしては1962年から長期間にわたって、大変な可能性を秘めた情報をまず自分のために利用もしないうちから、こんなふうに秘儀めいたやり方でバラまいては面白がっている科学者が世界のどこかに居るとは思えないのだ。ここからどれほど有益な情報が引き出されるか知れやしない。もちろん古代エジプトの象形文字しか見ようとしないような俗人には、このような成果は無きに等しい。とにかくこの文書に新しい角度から光をあててみることにしよう。

方程式(9)から得られた解は、アインシュタインの解にとって代わるものであり、ゼロではない圧力の宇宙モデルがその結論となる。伝統的モデルの数学的弱点のひ

とつとして、諸々の方程式を解けるようにするためにはこの宇宙の圧力がゼロ（注9）という仮説を立てざるを得なくなる時がいずれ来るということがあった。方程式(18)は読者には非常に不思議に見えるかもしれないが、これは新しい成果の表現であり、光がこの宇宙を一周することが不可能であることを示すものだ。なぜなら光がこの旅行にかける時間は、宇宙自体の年齢と同じになるからである。この方程式によって宇宙の生成から始まった粒子間の永続的なエネルギー交換が、無期限に保証される。宇宙が一様であり、常に循環する必要があることも、このようにして正当化されるのである。銀河、銀河団、億光年単位の巨大な黒点構造などの新しい構造が永続的に発見され続けていることから、読者にはこの一様性というものがまったく相対的なものであることがお分かりになると思う。これは原初の放射の一様性であり、宇宙の最幼年期状態の化石である。この光子のスープの驚くべき一様性についての解釈は現時点では存在せず、宇宙の遠い過去において、元素同士の衝突が頻繁にあったとしか考えられない。ところが光速度が一定のモデルにおいては、この時代は本質的には非衝突的なのである。宇宙のこの非常に原初的段階では、粒子の光の速度以上の速さで互いに分離していく。だから粒子同士が出合うことはまったくない。 C の数値が「あまりに低い」ために、互いに交流することは不可能である。わたしの論文にはこのパラドックスがすっきりした表現で提起されている。このモデルではビッグバンに近づくほど光速度 C も増大する。そして「ゼロ時点」ではそれが無限大になるのである（その後このゼロ時点という観念が槍玉に上がることになるとはいえ）。

1988年にやはりスリオーの主導で発表された、「光速度の変化する宇宙モデル、赤方偏移の解釈」という資料2の論文では、「観測しうるもの」はすべてこの計算にあてはまることを証明した。だからこれは超ひも理論とか、リンデやホーキングの理論とかのような、観測や実験による根拠があったためしのない新種の数学的幻影ではなく、観測結果との比較検討を正直に受けいれてから出来上がったものである。

宇宙論にとって観測しうるもので基本となるのは、遠距離の物体の赤方偏移である。伝統的宇宙論では、既知のものとされる光源（比較的近い銀河）の光度から距離を逆算することによって、膨張速度は観測者と物体の間の距離に比例するという、有名なハッブルの法則を導くことができる。この法則もやはり一般相対性理論から派生したものである。わたしは銀河についても同じもの、つまり赤方偏移の度合いに応じて銀河とわれわれとの間の距離を計算するときも、まったく同じように表現できることを再確認した。従って「体面は保たれた」のである。そもそも科学とは、

歴史の流れにおいて常に進化をとげる解釈モデルに依拠しながら、外観を解釈する試み以外の何ものでもないのである。その意味ではわたしは数百万光年の距離までは、古典的理論で観測可能とされているものとまったく同一の物を見ることになった。それでもスリオーはしばらくの間、この研究はすでに知られていることを別の形で表現しなおしただけのものだと考えていた。三つではなくて一つの宇宙を提示して、半世紀にもわたる論議にピリオドを打つわけだが、それは誤りである。宇宙の一樣性は前と変わらない。他にも痛快な数学的特性があるのだが、そこまで深入りするのは勘弁してあげよう。差異が目立つのは非常に長距離で、非常に大きな赤方偏移がある場合、つまりクエーサーの世界である。古典的アプローチとわたしのアプローチの違いは、いずれは観測を通じて明確にされるであろう。

古典的アプローチでは、宇宙空間に含まれる物体は宇宙とともに成長することはない。宇宙が膨張している可能性は認められているが、星雲や星団や恒星や惑星系の外形寸法は一定だと考えられている。風船をふくらませるイメージ（古典的アプローチ）にたとえば、宇宙の物体はゴム風船の表面に貼りついた紙吹雪のかげらのようなものである。風船に息を吹きこむと、紙片が貼り着いた場所とそうでないところに皺が寄って、最悪の場合には紙片がはがれてしまう。

こういうことはみんなばかげていて、単純素朴なようだが、実はとんでもない話なのである。わたしの研究は、物体を風船の上に描くことによって表現の仕方を変えることに他ならない。そうすれば物体は風船とともに膨張する。つまりこの新しい世界によれば、宇宙が膨張すると同時に星団や星雲や恒星や惑星、さらには人間までと一緒に膨張するのである。ここまで来れば読者はまた何か別のものが出てきた、どこからそんなものが出てくるのだろう、と不思議に思うかもしれない。それは前に述べたことと同じである。物体の大きさが一定であるということは、その質量が保存されているという仮説につながる。これこそ現代化学の父ラヴォアジエによって導入された原理の、遠い無意識の記憶なのだ。宇宙の物体と宇宙の同時膨張は、それらのエネルギー保存の配慮を表すものなのである。

このような観念が物理学者すら当惑させるものだということは、わたしも承知のうへだ。これに先行すること、つまり一般相対性は一種のダイヤル鍵付の金庫のようなもので、極度に頑丈で複雑だということにはどう対処すべきなのだろう？ この金庫をこじ開けることはできない。1920年代にアインシュタイン、ミンコフスキー、ロバートソン、ウォーカー、フリードマンがそれぞれに組み合わせ番号を考え、扉は開けられた。わたしの研究はこの金庫にもうひとつ開くところが、もうひとつ

の扉があるが、そのためには別の数字の組み合わせが必要となるので、全体としてはまったく同じような数学的厳密さが支配していることを示そうとするものだ。このもうひとつの扉は開かれた。それはわたしが請け合おう。物理学の諸定数は今度は唯一のパラメータ、たとえば時間に結びつく変数として処理される。その進化の法則は、このエネルギー保存のテーマとか、宇宙の物体とそれになう生地の融合（セーター自体と一緒に膨張するセーターの模様）のような、ごくまともな考察から推論されたものである。

だがそうなる誰が正しいかをどうやって判定するのか、何が差異を確然たるものにするのか、という疑問も生じてこよう。答えはクエーサーの見かけの直径にある。パーセルとマイリー（注.10）という二人の研究者は1988年、有名誌「ネイチャー」に最初の成果を公表している。短距離では目の前からある物体を遠ざければ遠ざけるほど、見かけの直径は小さくなる。物体が100万光年単位の距離に達する場合は、遠ざかれば遠ざかるほど逆に今度は見かけの直径は増大するのである。このとんでもないパラドックスは、一般相対性の古典的成果なのだが、その理由はここで説明するにはあまりにも難解なものである。もっと正確に言えば、見かけの直径はその距離に比例するようになったのだ。

わたしのモデルでは、この見かけの直径は逆に定数に向かう。最初の古典的なモデルは、「モダンフィジックスレターズ A」に「光速度の変化する宇宙モデル：クエーサー観測データとの比較」というタイトルで掲載された資料4の、図1にある点線の曲線で示される。座標の横軸は観測者からの距離を、縦軸は物体の見かけの直径を表している。古典の曲線は長距離に向けて上昇し、わたしのモデルの曲線は逆にここには現れていない水平の限界に向かっていくことが分かる。真ん中にあるのはパーセルとマイリーの集めた資料にもとづく点の集まりである。統計的に見るとこれらの結果はこの点の集まりに若干有利であるが、それはもちろん確実なものではない。もっと大幅で、二つのモデルに決着をつけられるほど大量の赤方偏移Zに相当する数値が必要である。この件はたぶんあと10年はかかることだろう。

研究者が一流雑誌に愚劣な記事を发表或しすると、こっぴどくやっつけられるのが当たり前である。だがわたしの場合は研究誌であろうが、セミナーの席上であろうが、誰も何も言ってくれないのである。攻撃も批評も一切なしだ。それでもブリュッセル天体物理学研究所のロスベールという人物には食ってかかられた。2ヶ月前の、ベルギー宇宙現象研究協会(SOBES)（注.11）主催の学会で、最近ベルギーで頻発しているUFO現象がメインテーマであった。

「大衆向けの本（前著書『UFOに関する調査』のことだ）なのに、こんなふうに科学的な資料をつけたりするのは、いけません」

「これは大衆だけに向けて書かれた本じゃありません。わたしは科学者の書いた学術書だと思っています」

「あなたの本に出てくる光速度が変化するってモデルは、全然いただけませんなあ。まったくナンセンスのきわみじゃないですか」

「いいですか、話は簡単です。わたしはルールに従ってゲームをしてるんです。自分の仕事をまとめてトップレベルの科学誌に発表しました。あなたが批判したいなら、同じようにやったらいいでしょう。その批判をもっと徹底させて、同じ雑誌に手紙を書いて掲載してもらいなさいよ。それがゲームの規則というものです。そうならならぬなら、やっぱりあなたは何も言いたいことがないってことですな」

わたしはここでふとアカデミー会員のエヴリー・シャッツマンの批判を思い出した。15年ほど前のことだが、彼はMHDエアロダインは飛べないし、それは「基本的公理に反する」と主張していた。ところが今日では電磁力推進の潜水艦は、『科学と生命』誌のページの上ですら航海しているのである。このアカデミー会員は「ウラニアの子供たち」と銘打った本をその数年後に出版し、超音速で音を立てずに空中を飛行することはできないと、今度は何らの根拠もあげずに自らの信心を披露した。5年か10年もしたら、超音速気流に取り巻かれた模型によるシミュレーションでは衝撃波は消滅するだろう。今日のテクノロジーをもってすればこれは完全に実現可能だし、じつはわたしは内心ではアメリカ人はもうこの実験を終了したのではないかと思っている。ローレンス・リヴァモア研究所の施設規模からすればこの実験は比較的簡単な部類であるが、パークレーの高エネルギー部門の責任者であるカンクル教授の話では、UFO現象と関連ありと見なされているこの種の研究は、極秘なのだそうなのだ。

ひとつだけ明らかなことは、このウンモ事件のおかげでわたしは思いもかけぬほど遠くまで足を延ばすことになり、長年の間わたしの研究の方向が定められたことである。わたしは手紙に散在する指摘をもとに、堅固に論証されたドグマを洗い直し、MHDの場合のように説得力のあるものとか、宇宙論の場合のように少なくとも質が高く一貫性のある研究をすることができた。本章ではいくつかの幸運な一致を強調したつもりである。わたしにはそれが単なる偶然のなせる業とは思えない。金庫の新しい組み合わせ番号を教えてくれた人は、この番号でうまく行くことを最

初から知っていたのだ。

4. 手紙の内容の一貫性

1975年にわたしが宇宙論に関する最初の手紙を入手し、この双子のテーマ、つまり時間の矢が正反対になって、過去がある意味では一方の未来となるような二つの宇宙という考え方を知ったとき、わたしはこのようなテーマには、特殊な数学的言語が含まれるはずだと思った。当時わたしは言語のコード化いかんによって同じ文章、同じ「節」が、物理現象を過去—未来と未来—過去の二方向にわたって、同時に記述する可能性があると思像していた。その時はもちろんこのような数学的言語を見つけたわけではないが、この考えを数年経ってから新しく来たユミットの手紙中に発見して、わたしはほんとうに驚いた。ジャン＝ジャック・パストールなら、彼自身は科学者ではないにせよ、そのことを証言できる。ユミットはこれに続く手紙でもやはり自分たちの考えを地球の言葉に直そうとしても、単なる言語学的な問題に恐ろしく苦勞させられたと述懐しているのではないか。われわれにしても、何らかのテーマについてすぐ膨大な情報の流れが頭に浮かぶようなことがあっても、どうしても理解可能な言語に翻訳できず、口をつぐむしかないことが絶えずあるではないか。宇宙の少しばかり微妙な部分を記述するときは、彼らはこの段階では意味と頻度の二重のコードを援用することになるのだそうだ。文章とは音素の連なりであり、さらには体系的な吃音（くり返し）であり、この音素の二重化、三重化である。したがってメッセージには意味を直接分析することによる第一の情報と、この吃音に結びついたデジタルコードの読み取りによる第二の情報が含まれている。一例をあげよう。「宇宙、宇宙ははは、膨張、膨張、膨張している」と言えば、これは二通りに読みとれる。すなわち、

——「宇宙は膨張している」

——さらに2-3-3という命題

後者の命題はデジタルの別なコードによって読まれるべきであり、たとえば「宇宙は収縮している」という意味になる、とする。手紙によれば、表現は緩慢だが、情報量がそれを補って余りあるとのことだ。このような表現方式は、最終的には現象を過去—未来と未来—過去において同時に記述する、二重共時的言説に行き着く（注12）。つまりこれこそ、わたしがこの新しい宇宙のヴィジョンの理論的帰結として以前から想像していたことなのである。当時これは手紙の内容が一貫しているこ

との証左であり、何度もくり返して生じる現象だと思っていた(注, 13)。

ついでに言うておくが、とりわけこのエクリチュールにおいては、あることとその反対のことを、同時に言うことが可能となる。まるで笑い話のようだが、これは人が思う以上に大変なことなのだ。われわれの理論的言説は、われわれが何をしようと、二千年来このかたアリストテレスの思考の枠内に閉じこめられ、排中律(ある命題は正しいか間違っているかのいずれかであって、同時にどちらでもあることはないとする)に従って真と偽に分断されている。これもやはりユミットが強調するところであって、彼らは数学者バートランド・ラッセルの業績(注, 14)を称揚しつつ、言語の見直しが絶対に必要であるとして、「あなたがたはこの一步を踏み出さない限り、大きな進歩は決してないでしょう」と言うのである。

二重の言語という考え方は、新しいものではない。われわれは常にこれを使用している。日常生活では複数の言語を使用しているのだ。「わたしは彼に借りたものを返そう」と言った場合、この文はわたしがそこに乗せる情報によっては様々な意味を帯びうる。嘲るような声で言えば、単なる肯定から否定の意味まで持つていくこともできるのだ。わたしがこの文章に特別な身振り加えても、それは同じことだ。この文を中立的に棒読みし、今度は「名誉の腕」に結びつけたら、意味は全然変わってしまう。フロイドやラカン以来、人間の言葉には意識と無意識が、単なる言葉の選び方を通じて混在していることも分かっている。われわれはみな「フォークミたいな言語」を所有しているのだ。

奇術師なら二重言語を完璧に使いこなすし、中には注意して耳を傾けていなければ見逃してしまうような吃音の第二のコード化を使用する人もいるだろう。試しにあなたもこのテクニックを練習して楽しんでみたらいいだろう。たとえば文の最初の一語を二度言えば、この文は嘘だという意味になることだって想像できる。奇術師(彼は目隠しをしている)の相棒が、

「教えて下さい、教えて下さい、この婦人はメガネをしていますか」と言うのだ。

こう言ったときは答えはノーである。観客はびっくりするだろう。可能性は無限にある。

5. 結論にかえて

この巻末資料で、わたしは審査を経た後に実際にトップレベルの専門誌に掲載さ

れた学術論文を紹介することしかできないし、またそうしなければならないと思う。わたしがこの文章を書いている最中にも研究は続けられているが、その研究の出発点はドミンゲスがマドリッドで耳打ちされたあのちょっとした文句で、ユミットがブラックホールについての彼の質問に答えて、「ブラックホールは存在しない。中性子星が不安定になれば、その質量は双子の宇宙に移される」と言ったことである。

わたしとしてはこの言葉は意味深長であり、ブラックホールは……存在しないのだと思っている。中性子星が臨界質量を、太陽の二倍半に相当する質量を超えると、中性子同士の間核力や内圧は、重力の怪物じみた力に拮抗できなくなってしまう。星は爆縮するのである。ピンの先ほどの容量のなかに、しまいにはこんなに大変な質量を持ちこむことになるこのような爆縮の出口はどこにあるのかという問題の輪郭を鮮明にするために、科学者たちはブラックホールというこの数学的幻影を構築したのであるが、これでは爆縮の結果が単に無限の未来へと押しやられただけのことである(ペンローズがブラックホールに関して導入した「宇宙検閲」という言葉が一番あてはまるのはこういう場合ではなかろうか?)。

そう考えるのはわたし一人だけではない。スリオーは他の数学者とともに、超高密度の環境を記述するこの解決が、物質が存在しない真空の宇宙を描き出す場の方程式から生じたものであることに最初に気がついた一人である。この根本的な批判を無視するわけには行かない。現象を正しく記述するには、完璧な場の方程式を用いなければならないが、今までそれは誰にもできていないのである。

現時点でわたしの抱くヴィジョンは、これとは違う。星が爆縮の運動を開始するとき、この星を完全に呑みこむことになる中心部では、特異点が生じるのである。それからこの特異点は再び閉鎖される。これはすべて数万分の一秒間の出来事である。この特異点の内側には何があるのだろうか? 何もない、絶対に何もない。それはただ単にその場のトポロジーが超円環(ドーナツ)であって、超球ではないという理由によるものである。物理学者は現在のところ数学的な意味で正確にこの種の記述を操作できないので、使わない。確かにこれは単純なものではないのである。わたしの考えではこの中性子星消滅のプロセスが意味するのは、宇宙船が座標系を変えるときに消滅してしまうのと同じことが自然現象にも認められるということだ。この超空間の移動が完了した後は、機体があった場所には何もない、粒子も光子も何もないと、手紙にははっきりと書かれている。この情報は一筋縄で行くものではない。理論物理学者にとっては、絶対真空は存在しない。物質がまったくない真空は、光子に満たされているのである。光子がないということは、それは真空

ではなく、時空の組織の単なる不在だということだ。言い換えると宇宙船のあった場所は、円環の鞍部に相当するのである。この場所に何があるか探すのは、タイヤのチューブの軸にあるゴムの性質を知ろうとするようなもので、まったく無駄なことだ。われわれがチューブの外にいただけのことだ。このブラックホールの探究には興味津々たるものがある。その問題点は次のような言い方に要約されよう。

「ブラックホールが存在するなら、UFOは存在しないし、その逆も真なりである」

他の手紙には、この移動は「質量を逆転させる」とある。もう一度こういったちょっとした言葉を組み合わせてみるしかあるまい。最後までやれば恐らく解決が見えてくるだろう。

移動を終えた宇宙船はどこにあるのだろうか？ 時空の別の領域に、別の時代に、もっとビッグバンに近いところにだ。ゲインが相当なものであるためには、この時代がまだ銀河の存在しなかった状態に相当するものでなければならない。乗組員はそこで原初の宇宙の姿を眼のあたりにすることになろう。形の定まらぬ質量が流動しているのだ、と手紙は語っている。わたしの意見では、これは誕生してからまだ10万年しか経っていない宇宙の姿なのだ。この頃の宇宙には、10万太陽質量（球状星雲の原形）に相当する水素が充満している。

ここまで来れば読者は、もう宇宙船が過去に移動するのなら、出発点にまで立ち戻って、自分自身の過去を混乱させることもできるのかな、と考えたくもなるであろう。これはバルジャヴェルの小説「軽はずみな旅人」のテーマである。だが「モダンフィジックスレターズ A」所収の最初の論文を参照すれば、パラドックスの可能性はまったくないことが証明されているのが分かる。資料2の08の方程式を見て頂きたい。地平線 $L(t)$ は、常に宇宙半径 $R(t)$ に等しいのである。はっきり言えば自分自身に光速度で電報を打つためには……宇宙の年齢と同じだけの時間が必要となるわけだ。従ってこれは不可能である。まさにこのような関係が「アンチパラドックス」の究極の保証となっているのだ。この幸運な結末にしても、わたしには偶然の結果とは思われない。エントロピーが適当な時期に出現して、ほとんど思考による操作が不可能な時間変数に取って代わることにしても然りだ。ちなみに手紙にはこんな言葉がある。

「なぜあなたがたはいつもエントロピーと時間を区別しようとするのか、それがどうも分からない。エントロピーとはまさに時間のことなのに」

ここで筆を置くことにしよう。これ以上は専門家にしか興味の持てない数学的考

察が続くことになる。

注。

- 1) とはいえ、手紙によれば、気体に対するこのような作用には、まったく性格の異なる二つの機能が付随することになる。第一には離陸する前に宇宙船の外壁を消毒して、惑星間の航行条件にもめげず繁殖する恐れのある病原菌を他の惑星に持ちこまぬようにすることであり、第二には双子の宇宙を貫通して航行する際に、たとえ質量の流れが微弱であっても、微生物や超微粒子の衝突によって外壁が急速に摩耗するのを防いで船体を保護することである。
- 2) 「沈黙の壁」Le Mur du silence前掲書と「UFOに関する調査」Enquête sur les OVNI前掲書。
- 3) この曲率については拙著『ジェオメトリコン』Géométriconブラン出版を参照のこと。
- 4) W.H.マック・クリー、E.A.ミルン「数学クオータリージャーナル」1934年5号、73ページ。
- 5) A.D. Sakharov, ZHETF, Pis'ma 5 : 32 (1967) ; JETP Lett. 5 : 24 (1967)
- 6) J.P. Petit : "Univers en interactions avec leur image dans le miroir du temps", CRAS du 6 juin 1877, t.28H, série A, pp.1413-1416.
- 7) Liouvilleの定理
- 8) 彼が次のように言ったのは有名な話である。「理論物理学は厳密さを欠いた数学だし、物理学は実験を欠いた数学だ」
- 9) 星雲の浮動の速度は秒速数千キロであるから、秒速30万キロの光速度に比すれば無視しうる程度のものだということになる。これは物理学的には妥当な結論なのだが、数学的厳密さには欠けるものとなる。
- 10) P.D. Barthel et G.K. Miley dans Nature, 333 (1988).
- 11) ベルギー宇宙現象研究学会。
- 12) もちろん状況がもっと単純な場合には、もっと一般的な慣用語法が用いられる、と断ってある。「リングを1キロ欲しい」と言うために通時的でありかつ過去に遡及する記述の微妙な組み合わせを援用することはないのである。
- 13) わたしは同じようなやり方で、1975年にはこのような言説が必然的に「四種の真価値を有する論理」を導き、「真—真」、「真—偽」、「偽—真」、「偽—偽」という四つの可能性を含むのではないかと推測していた。このテーマはその後何年も経

ってから、ユミットの手紙に再登場してくるものである。詳しくは本資料の最終章を参照されたい。

- 14) ラッセルは歴史的には最初に解決不能の命題を強調した。そして、真と偽という単純な概念を脱し、「自分では髭を剃らない人の髭しか剃らない」床屋の有名な逆説を提示した。それでは誰が床屋の髭を剃ることになるのか、とラッセルは問いかけるのである。真でもなく偽でもない解決不能の命題の、もっと単純なタイプのものは、「わたしは嘘をつく」という命題である。もしほんとうに嘘をついているなら、嘘をつくという言葉も嘘になるし、その逆もまた真なりである。

資料 2

「光速度の変化する宇宙モデル」

ジャン＝ピエール・ブチ 著
(マルセイユ天文台)

モダンフィジックスレターズ A (Modern Physics Letters A, Vol. 3, No.16 (1988)
1527-1532)

© World Scientific Publishing Company

1988年6月1日受理

要約：この論文では、 c と h と G が時間的に変化する宇宙モデルを考えよう。物理学の特徴的な長さ（コンプトン波長、ジーンズ長、シュワルツシルト半径）は、宇宙のスケール因子 $R(t)$ と同じ時間依存性を持つものと仮定する。輻射優勢の場合も物質優勢の場合も、同じ $R \approx t^{2/3}$ という法則が得られる。プランク定数は t 、重力定数は $1/R$ 、プランク長さは R と同じ時間発展を示す。素粒子の質量は、 $m \approx R$ のように変化する。ハッブルの法則は、依然として成り立つ。赤方偏移の原因は、プランク定数の永年変化によるものと解釈される。

1. はじめに

1930年以来、物理学の基本定数が、本当に「定数」なのかどうか、何人かの人々が、疑問を提示してきた^{1,2,3,4}。実験室における精度の高い実験や天文観測によれば、これらの基本定数は、きわめて定数に近く、時間変化はないように思われる。しかし、ここで注意しなくてはならないのは、このような実験や観測が行なわれている時空が、広大な宇宙から比べれば、地球周辺のちっぽけな領域に過ぎない、ということだ。実際、ヴァン・フランゲン⁵による観測結果の分析では、重力定数 G が時間的に変化するという結果も出ている。私の知るかぎり、光速度や、その他の「基

本定数」が、本当に、宇宙のどこで測っても時間に依存しない、というのは、未だに議論の余地のある仮説に過ぎない。「定数」(特に光速)が時間的に変化したらどうなるか? その宇宙論への影響を考えるのが、この論文の目的である。

2. 光速 c の永年変化

基本定数の時間変化の可能性を初めて考えたのは、ミルン¹である。ミルンは、赤方偏移の原因が、実は、古典的なドップラー効果ではなく、プランク定数の永年変化によるのではないかと考えた。もしも、遠くの天体から飛んでくる光子のエネルギーが変化しないならば、振動数の見かけ上の減少は、プランク定数が宇宙時間(t)と同じように大きくなるからだとしか考えられない。ミルン¹は、また、重力定数 G が、時間がたつにつれて小さくなってゆく可能性も論じている。

ミルンと同じように、ホイール²は、宇宙の全質量が保存される、という仮定を疑問視して、重力定数 G の永年変化と物質の連続的な生成を提案した。ディラック^{3,4}は、特徴的な物理量を組み合わせてできる巨大数が「巨大」なのは、時間変化の結果であると考え、重力定数 G が時間に依存して物質が連続的に生成される、という結論に達した。巨大数の有名な例としては、電磁力と重力の比がある。この路線は、カヌートとフシー⁵、ロデンケ⁶、ユルグ⁷に引き継がれたが、不思議なことに、このうちの誰一人として、光速の不変性を考え直してみようという者はいなかった。

場の方程式に出てくる、いわゆるアインシュタイン定数は、方程式をポアソン方程式と同定することによって、

$$\chi = -\frac{8\pi G}{c^2} \quad (1)$$

と決まる。アインシュタイン定数 χ は、4次元において、時間にも空間にも依存しない絶対定数でなくてはならない。もしも χ が時間や空間に依存すると、場の方程式が発散してしまうからである。しかし、 χ が時間に依存しないということは、必ずしも、 G と c が別々に定数でなくてはいけなく、ということではない。 G/c^2 という「比」が定数でありさえすればいいのだ。もし、 G/c^2 という比が定数ならば、宇宙時間に対して、 G と c が時間的に変化する宇宙モデルをア・プリオリに構築することができる(宇宙時間の定義は、この後にでてくる)。

この論文では、以下、光速の永年変化の影響を考えることにしたい。

3. ゲージ関係の提案

空間の等方性と一様性から、ロバートソン=ウォーカーの計量が導かれ、アインシュタイン方程式を書き下すことができる。

$$-\frac{8\pi G}{c^2}\rho = \frac{3k}{R^2} + \frac{3}{R^2}\left(\frac{dR}{dx^0}\right)^2 \quad (2)$$

$$-\frac{8\pi G}{c^2}\left(\frac{p}{c^2}\right) = -\frac{k}{R^2} - \frac{1}{R^2}\left(\frac{dR}{dx^0}\right)^2 - \frac{2d^2R}{Rdx^{0^2}} \quad (3)$$

この方程式系で、 k は空間の曲率、 p は圧力であり、 ρ はエネルギー密度である。普通の宇宙モデルでは、宇宙時間 t は、時間変数 x^0 を用いて、 $x^0 = ct$ という具合に定義する。ここで、 c は絶対定数と考えられている。普通のモデルでは、光子の波長が R と同じように変化する。

私のモデルでは、まず、時間変数 x^0 と宇宙時間 t との関係は、

$$dx^0 = c(t) dt \quad (4)$$

と拡張される。次に、宇宙のスケール因子 R をゲージパラメーターと考え、主な物理定数を R を用いてあらわすことにする。

$$c \approx \frac{1}{\sqrt{R}} \text{ または } Rc^2 \approx \text{const} \quad (5)$$

$$m(\text{素粒子の質量}) \approx R \quad (6)$$

$$h \approx R^{3/2} \quad (7)$$

$$G \approx 1/R \quad (8)$$

(1)とも関連するが、これらの関係は、 G/c^2 を定数に保つことがおわかりいただけるであろう。また、物質集団の構成員の相対速度を V と書くと、

$$V \approx R^{-1/2} \quad (9)$$

となる。 V は、例えば、銀河集団の中のある銀河のランダム速度とか、雲の中の自由粒子の速度などである。もしも、宇宙の粒子数が保存されるとすると、物質密度

ρ は、

$$\rho \approx 1/R^2 \quad (10)$$

という関係を満たす。

さて、以上のようなゲージ関係を仮定すると、宇宙の進化は、ゲージ過程であらわすことができ、コンプトン波長、ド・ブローイ波長、シュワルツシルト半径、ジーンズ長の全てが、宇宙のスケール因子 R と同じように変化する、という結論に達する。

私のモデルでは、 mc^2 は、依然として定数であり、また、

$$\frac{mc^2}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}} \approx \text{const} \quad (11)$$

である。

普通の宇宙モデルでは、質量は不変であるが、エネルギーは、宇宙の背景エネルギーが変化するため、不変に保つことはできなかった。私のモデルでは、その反対で、エネルギーは不変だが、質量が変化する。それに加えて、特徴的な重力エネルギー Gm^2/R が保存される。

私のモデルでは、エネルギーが保存されるので、モーメント mV は、 $R^{1/2}$ のように変化する。もちろん、モーメントを $\rho u^i c$ で定義すれば、この量は保存される。

最後に、プランク長さは、 $R(t)$ のように変わり、プランク時間は、 t に比例し、重力は、 $1/R(t)$ のように変化する。

4. 発展方程式

(4)式を方程式系(2)、(3)に代入すると、次のような方程式系が得られる。

$$\frac{2}{R} \frac{R''}{R} + \frac{2}{R^2} \frac{R'^2}{R} + \frac{kc^2}{R^2} = \chi \rho \quad (12)$$

$$\frac{1}{R^2} (R'^2 + kc^2) = -\chi \frac{\rho c^2}{3} \quad (13)$$

ここで、状態方程式

(28)

$$p = -\frac{\rho \beta^2 c^2}{3} \quad 0 < \beta \leq 1 \quad (14)$$

を使うと、(12)と(13)から ρ を消去できて、

$$\frac{2}{R} \frac{R''}{R} + \frac{R'^2}{R^2} (2 + \beta^2) + \frac{kc^2}{R^2} (1 + \beta^2) = 0 \quad (15)$$

が得られる。

特に、宇宙の発展が、 $R=at^m$ のように、時間の冪の形になっている時は、(15)式から β が消える。式(15)によれば、 $Rc^2=R_0c_0^2$ は、全く時間に依存しない。また、私のモデルでは、 k の値は -1 に決まり、空間の曲率は負である。 m の値も決まって、結局、宇宙の発展は、

$$R = \sqrt[3]{\frac{g}{4} R_0 c_0^2 t^{2/3}} \quad (16)$$

という形になる。

このモデルでは、既存のモデルと違って、輻射優勢の場合も物質優勢の場合も、 $R \propto t^{2/3}$ という同じ法則が得られる。また、

$$R = \frac{3}{2} ct \quad (17)$$

という関係も得られる。

もし、宇宙の年齢 t_0 と、現在の光速 c_0 がわかれば、

$$L(t) \equiv \int_0^t c(\tau) d\tau \equiv R(t) \quad (18)$$

を使って、ゲージパラメータの現在の値、 $R_0 = \frac{3}{2} c_0 t_0$ を導くことができる。(18)は、宇宙の地平線が、常に、ゲージ(=スケール)因子 $R(t)$ と一致することを示している。

5. 幾つかの基本方程式のゲージ不変性

まず最初に、衝突のない液体の満たす、ヴラソフ方程式を考えよう。 $f(r, V, t)$ は、速度分配関数であり、位置ベクトル r 、速度ベクトル V 、時間 t に依存する。重力の影響は、 Ψ であらわされる。つまり、 $m \partial \Psi / \partial r$ が、質量 m の粒子に働く力というわけだ。

(29)

$$\frac{\partial f}{\partial t} + V \cdot \frac{\partial f}{\partial r} - \frac{\partial \Psi}{\partial r} \cdot \frac{\partial f}{\partial V} = 0 \quad (19)$$

見通しをよくするために、次のような、無次元の変数を導入しよう。

$$t = t^* \tau; f = f^* \xi; V = V^* w; r = R^* \zeta; \Psi = (G^* m^* / R^*) \varphi$$

すると、(19)式は、

$$\frac{1}{t^*} \frac{\partial \xi}{\partial \tau} + \frac{V^*}{R^*} w \cdot \frac{\partial \xi}{\partial \zeta} - \frac{G^* m^*}{R^{*2} V^*} \frac{\partial \varphi}{\partial \xi} \cdot \frac{\partial \xi}{\partial w} = 0 \quad (20)$$

と書くことができる。前に述べたゲージ関係の $G^* \approx 1/R^*$ と $m^* \approx R^*$ を思いだそう。
(20)式の次元分析から、 $V^* \approx 1/(R^*)^{1/2}$ と

$$R^* \approx t^{*2/3} \quad (21)$$

が得られる。これは、ゲージ関係であり、(10)と関係している。

次に、シュレディンガー方程式を考えよう。

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 \Psi + U \Psi = -i \hbar \frac{\partial \Psi}{\partial t} \quad (22)$$

やはり、無次元の変数を導入する。

$$t = t^* \tau; r = R^* \zeta; h = h^* \eta; m = m^* \mu; U = U^* u \quad (22)$$

すると、(22)の次元分析から、

$$\frac{\hbar^{*2}}{2m^* R^{*2}} \approx U^* \approx \frac{h^*}{t^*} \text{ すなわち } \frac{t^{*2}}{R^{*3}} \approx U^* \approx \text{const.} \quad (23)$$

という結果が得られる。これは、はやい話が、 $R^* \approx t^{*2/3}$ である。

最後に、真空中のマックスウェルの方程式を考える。

$$\nabla \times E = -\frac{\partial B}{\partial t} \quad (24)$$

$$\nabla \times B = \frac{1}{c^2} \frac{\partial E}{\partial t} \quad (25)$$

やはり、無次元の変数を

$$E = E^* \epsilon; B = B^* \beta; r = R^* \zeta; t = t^* \tau; c = c^* \omega$$

を導入する。新しい変数では、方程式は、

$$\frac{E^*}{R^*} \frac{\partial}{\partial \zeta} \times \epsilon = -\frac{B^*}{t^*} \frac{\partial \beta}{\partial \tau} \quad (26)$$

$$\frac{E^*}{R^*} \frac{\partial}{\partial \zeta} \times \beta = \frac{E^*}{c^{*2} t^*} \frac{\partial \epsilon}{\partial \tau} \quad (27)$$

となる。 $c^* \approx 1/(R^*)^{1/2}$ を考慮すると、やはり、 $R^* \approx t^{*2/3}$ が得られることがわかる。

6. 結論

この論文では、基本定数の時間変化を考え、その物理的な意味を探った。その結果判明したことは、整合性を保つためにゲージ関係を導入する必要がある、ということである。赤方偏移は、ドップラー効果によるのではなく、ミルン¹⁾のアイディアと同じように、プランク定数の永年変化によることになる。基本パラメータの R と t は、ゲージ関係によって結ばれる。粒子の質量は、 R のように変化する。エネルギーと重力エネルギーは保存される。

このモデルでは、宇宙の地平線 $L(t)$ が、 $R(t)$ と一致することが予言できる。これは、宇宙の大域的な一様性を正当化するものである。空間の曲率は負であり、 R と t のゲージ関係は、 $R \approx t^{2/3}$ である。

プランク定数は、 t のように変化する。重力定数 G は、 $1/R$ のように変化する。プランク長さは、 R のように変化する。プランク時間は、 t のように変化する。重力は、 $1/R$ のように変化する。

参考文献

- 1) E.A. Milne, 「運動学的相対論」 Kinematic Relativity (Oxford, 1948).
- 2) F. Hoyle and J.V. Narlikar, 「共形不変な重力理論における宇宙モデル」 Cosmological models in conformally invariant gravitational theory, Mon. Notices Roy. Astr. Soc. 155 (1972) 305-325.
- 3) P.A. Dirac, Nature 139 (1937) 323.
- 4) P.A. Dirac, Proc. Roy. Soc. London A333 (1937) 403.
- 5) V. Canuto and J. Lodenquai, 「ディラック宇宙論」 Dirac Cosmology, Appl.

- J. 211 (1977) 342-356.
- 6) T.C. Van Flandern, 「重力定数は変化しているか?」 Is the gravitational constant changing?, Appl. J. 248 813-816.
- 7) A. Julg, 「ディラックの巨大数仮説と物質の連続的生成」 Dirac's large numbers hypothesis and continuous creation, Appl. J. 271 (1983) 9-10.
- 8) V. Canuto and S.H. Hsies, 「3 K背景放射、ディラックの巨大数仮説とスケール共変の宇宙論」 The 3K blackbody radiation, Dirac's large numbers hypothesis, and scale-covariant cosmology, Appl. J. 224 (1978) 302-307.
- 9) R. Adler, M. Bazin and M. Schiffer, 「一般相対論入門」 Introduction to general relativity (McGraw Hill, 1965).
- 10) J.M. Souriau, 「幾何学と相対論」 Géométrie et relativité, ed. Hermann (France, 1964).

資料3

「光速の変化する宇宙モデル：赤方偏移の解釈」

ジャン＝ピエール・ブチ 著
(マルセイユ天文台)

ヒダンフィジックスレターズ A (Modern Physics Letters A, Vol. 3, No.18 (1988) 1733-1744)

© World Scientific Publishing Company

1988年7月11日受理

要約：参考文献1（資料2）で示した、 c と G と h が時間に依存するモデルを拡張して、電磁気を考える。エントロピーは $\log t$ のように変わり、時間の代わりにエントロピーを用いた表示では、計量が共形平坦になる。幾何学的な考察から、新しいゲージ関係が導入され、リュードベリ数が R のように変わる。ハッブルの法則は、依然として成り立つ。宇宙の年齢は変わらないが、変域(span)はメティグ(Mattig)の値の半分になる。遠方にあるクエーサーの大きなエネルギー密度は、今まで、過大に評価されていた可能性がある。標準理論から導かれる、クエーサーの絶対光度の増加は、光速 c の永年変化によるものかもしれない。電子-陽子の質量比が R のように変わると仮定すると、微細構造定数 α 、ボーア半径、電磁気力と重力の比の三つが絶対定数のように振る舞う。

1. はじめに

物理定数が時間的に変化するモデルが、何人かの人々によって提出されてきた^{2,3,4,5,6,7,8,9}。しかしながら、光速 c の時間依存性を考えた人は、いまだかつていない。保存則の形を不変に保つためには、アインシュタイン定数 $\chi = -8\pi G/c^2$ が絶対定数でなくてはならない。その場合、 c を絶対定数として扱いながら G を時間的に

変化させようとする、どうしても、場の方程式に、物質の生成源を入れてやる必要がある(参考文献3参照)。従って、 c が定数で G が変化する理論は、物質の連続的な生成を意味する。

前論文¹で、私は、光速度が時間に依存するモデルは、重力定数 G とプランク定数 h の間に適当なゲージ関係があれば、つじつまがあうことを示した。従って、私のモデルでは、物質の連続的な生成は必要ない。ロバートソン=ウォーカー計量を時間に依存する光速度に合うように拡張し、場の方程式でも光速度が時間に依存するようにすると、ゲージ関係が完全に決定される。さて、ここで、参考文献1の結果をまとめておこう。

$$c \approx \frac{1}{\sqrt{R}} \approx t^{-1/3} \quad (1)$$

$$m(\text{素粒子の質量}) \approx R \quad (2)$$

$$h(\text{プランク定数}) \approx R^{3/2} \approx t \quad (3)$$

$$G(\text{重力定数}) \approx 1/R \quad (4)$$

$$R(\text{特徴的な長さ}) \approx t^{2/3} \quad (5)$$

$$V(\text{自由粒子の速度}) R^{-1/2} \approx c \quad (6)$$

$$\rho(\text{質量密度}) \approx 1/R^2 \quad (7)$$

$$mc^2 = \text{定数} \quad (8)$$

次に、ちょっとエントロピーについて考察する。

2. 時間かエントロピーか

相対論的な速度分布関数は、

$$f = n \left(\frac{m}{2\pi kT} \right)^{3/2} \frac{1}{c K_2 \left(\frac{mc^2}{kT} \right)} \sqrt{\frac{2\pi kT}{m}} \exp \left(- \frac{mc^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \right) \quad (9)$$

となる。ここで、 m は静止質量、 T は温度、 n は数密度であり、 K_2 はベッセル関数である。速度が小さく、 $\beta = (\langle v^2 \rangle^{1/2}/c) \ll 1$ の時は、古典的なマックスウェル=ボルツマンの速度分布関数が得られる。

$$f = n \left(\frac{m}{2\pi kT} \right)^{3/2} e^{-mv^2/2kT} \quad (10)$$

さて、次式で定義される、バリオンあたりのエントロピーを計算しよう。

$$s = - \frac{k}{n} \iiint f \log f \, dv \, dw = -k \langle \log f \rangle \quad (11)$$

k はボルツマン定数である。参考文献1によれば、 $n \approx R^{-3}$ 、 $m \approx R$ 、 $Rt^{2/3}$ 、 $T = \text{定数}$ なので、

$$\log f = \log A(\beta) - \log t - \frac{2}{\beta^2 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad (12)$$

が得られる。従って、

$$s = k \log t + H(\beta) \quad (13)$$

となる。

私のモデルでは、 β はゲージ不変なので、 $s \approx \log t$ である。

標準宇宙論では、宇宙は、等エントロピーで発展する。しかし、膨大な時間の経過にもかかわらず、エントロピーが全く変化しないなどということがあるのだろうか？ 私のモデルでは、エントロピーは時間と共に増加する。ビッグバンの特異点では、 $s = -\infty$ に当たる。

さて、エントロピーを

$$s = 3/2 k \log t \quad (14)$$

と定義しよう。すると、ロバートソン=ウォーカー計量

$$dS^2 = c^2 dt^2 - R^2 \frac{du^2 + u^2 d\theta^2 + u^2 \sin^2 \theta d\varphi^2}{(1+u^2)^2} \quad (15)$$

は、

$$ds^2 = R^2 \left\{ ds^2 - \frac{du^2 + u^2 d\theta^2 + u^2 \sin^2 \theta d\varphi^2}{(1+u^2)^2} \right\} \quad (16)$$

に帰着する。

(16)は、エントロピーと空間変数による表示であり、計量は、共形平坦になっている。宇宙論にとっては、ローレンツ不変なエントロピーのほうが、時間変数よりも都合がいいと言える。

もう一つ、つけ加えると、宇宙を位相空間（位置と速度の空間）で記述すると、特徴的な体積 $R^3 c^3$ は、 t と同じように変化する。

3. 赤方偏移とロバートソン＝ウォーカー計量

電磁波を放射する物体、例えば星雲 N_1 を考えよう。この物体の大きさは無視して、点で近似する。この N_1 から発せられた光が、共動座標系の原点にある星雲 N_2 でキャッチされたとしよう。星雲 N_1 は、

$$d\xi = \frac{\{du^2 + u^2(d\theta^2 + \sin^2 \theta d\varphi^2)\}^{1/2}}{1 + \frac{k}{4}u^2} \quad (17)$$

で定義される ξ によって記述される。 ξ は、時間に依存しない距離座標であって、物理的に意味を持つ距離は、 $R\xi$ である。

時間 t_1 に発せられた光は、時間 t_2 に N_2 に到着する。 $t_2 > t_1$ である。

N_1 と N_2 の距離は、 $R(t)d\xi$ で時間に依存する。光は、ヌルな世界線を旅行するため、

$$dS^2 = (dx^0)^2 - R^2 d\xi^2 = 0 \quad (18)$$

$$\xi = \int_{x_1^0}^{x_2^0} \frac{dx^0}{R(x^0)} \text{は不変。}$$

が得られる。

さて、時間 $x_1^0 + \Delta x_1^0$ に星雲 N_1 を出発した光は、

$$\int_{x_1^0 + \Delta x_1^0}^{x_2^0 + \Delta x_2^0} \frac{dx^0}{R(x^0)} = \xi \quad (19)$$

から決まる時間 $x_2^0 + \Delta x_2^0$ に星雲 N_2 に到着する。

Δx_1^0 が、 N_1 において、放射性崩壊の半減期など、何らかの物理的な意味を持つ周期としよう。また、 Δx_1^0 は、光が宇宙空間を旅行する時間に比べて短いものとする。この周期現象は、 N_2 から見れば、式(19)で決まる「周期」 Δx_2^0 の現象として記述される。

簡単な計算により、

$$\frac{\Delta x_2^0}{R(x_2^0)} - \frac{\Delta x_1^0}{R(x_1^0)} = 0 \quad (20)$$

が得られる。

ここで、参考文献1と同じように、宇宙時間 t を $dx^0 = cdt$ により導入し、 $R(x_1^0) = R_1$ 、 $R(x_2^0) = R_2$ 、 $C(x_2^0) = c_2$ 、 $c(x_1^0) = c_1$ と書こう。すると、

$$\frac{\Delta t_2}{\Delta t_1} = \frac{R_2 c_1}{R_1 c_2} \quad (21)$$

となる。

4. 電磁気の問題

さて、時間 t_1 に実験室の原子から、エネルギー $E_1(t_1)$ の放射があったとしよう。同じような原子から、時間 t_2 に、エネルギー $E_1(t_2)$ の放射があった場合、われわれは、二つのエネルギーが等しいかどうかわからない。光の放射は、電磁相互作用である。

古典的な重力場の記述は、4次元では、電磁相互作用を取り入れることができない。宇宙の完全な記述をするためには、重力と電磁力を共通の幾何学的な枠組みで扱う必要があるが、残念ながら、充分満足の行く枠組みはできあがっていない。従って、私のモデルにおける電磁相互作用の扱いも、ある程度整合性を失うことになる。考えられる方法としては、例えば、リュードベリ定数（水素のイオン化エネルギー）が、次のようなゲージ関係に従う、というのはどうだろう。

$$E_1 \approx R\gamma \quad (22)$$

（これは、全く任意の関係であることに留意されたい。）この関係が、赤方偏移にどのように反映されるか、見ることにしよう。その後で、ほかのゲージ関係との関係を論ずることにする。

5. 赤方偏移

標準宇宙論では、赤方偏移 z は、ドップラー効果と特殊相対論の効果によって説明される。以下、添え字 1 は、光の放射体をあらわし、添え字 2 は、光を受け取る側をあらわすものとする。与えられたスペクトル線について、 $E_1 = h_1 \nu_{10}$ が、遠くの星から発射された光エネルギーで、 $E_2 = h_2 \nu_{20}$ が、地球上の実験室（天文台）で受信した光のエネルギーだとしてしよう。光は、静止した原子から、振動数 $\nu_1 = \nu_{10}$ 、あるいは、波長 $\lambda_1 = c_1 / \nu_1 = \lambda_{10}$ で発せられる。

ここで、 ν_2 は、観測された受信振動数で、 $\lambda_2 = c_2 / \nu_2$ 、 $\lambda_{20} = c_2 / \nu_{20}$ である。電磁放射のエネルギーについては、ゲージ関係(22)が成り立つものとする。

赤方偏移は、次のように 3通りの方法で定義することができる。

1 まず、波長の比として：

$$1+z = \frac{\lambda_2}{\lambda_{20}} = \frac{\lambda_2 \lambda_{10}}{\lambda_1 \lambda_{10}} \quad (23)$$

$$\frac{h_1 \nu_{10}}{h_2 \nu_{20}} \approx \left(\frac{R_1}{R_2}\right)^\gamma \quad \frac{h_1}{h_2} \approx \frac{t_1}{t_2} \approx \left(\frac{R_1}{R_2}\right)^{3/2}$$

$$\frac{\nu_{10}}{\nu_{20}} \approx \left(\frac{R_2}{R_1}\right)^\gamma \left(\frac{R_2}{R_1}\right)^{3/2} = \left(\frac{R_1}{R_2}\right)^{\gamma-3/2} \quad (24)$$

$$\frac{\lambda_{10}}{\lambda_{20}} \approx \frac{c_1 \nu_{20}}{c_2 \nu_{10}} \approx \left(\frac{R_2}{R_1}\right)^{1/2} \left(\frac{R_2}{R_1}\right)^{\gamma-3/2} = \left(\frac{R_2}{R_1}\right)^{\gamma-1}$$

最終的に、

$$1+z = \left(\frac{R_2}{R_1}\right)^\gamma \quad (25)$$

を得る。ここで、 $\gamma = 1$ ならば、標準宇宙論の結果に一致することに注意。

2 次に、振動数の比として：

$$1+z = \frac{\nu_{20}}{\nu_2}, \quad \nu_2 = \frac{c_2}{\lambda_2}, \quad \nu_{20} = \frac{c_2}{\lambda_{20}} \quad (26)$$

これは、やはり、(25)を与える。

3 最後に、エネルギーの比として：

$$1+z = \frac{h_2 \nu_{20}}{h_1 \nu_{10}} \approx \left(\frac{R_2}{R_1}\right)^\gamma \quad (27)$$

やはり、同じ結果である。標準宇宙論との整合性からは、 $\gamma = 1$ とするのがいいように思われる。

6. ハッブル則とロバートソン=ウォーカー計量

さて、 $1/R(t)$ を、

$$\varepsilon = \frac{c_2(t-t_2)}{R_2} \quad (28)$$

に関して展開しよう。結果は、

$$\frac{1}{R(t)} = \frac{1}{R_2} + \frac{R'_2}{R_2 c_2} \varepsilon + \frac{1}{c_2^2} \left(\frac{R_2'^2}{R_2} - \frac{R_2''}{2} \right) \varepsilon^2 + O(\varepsilon^3) \quad (29)$$

である。

R'_2 と R''_2 の点は、時間微分を意味する。この展開の一次の項だけを残すと、

$$z = \left(\frac{R_2}{R_1} \right)^{2-\gamma} - 1 = (2-\gamma) \frac{R'_2}{c_2} \varepsilon \quad (30)$$

が得られる。

次に、座標距離を次のように展開する。

$$\int_{t_1}^{t_2} \frac{cdt}{R} = \xi$$

$$\xi = \frac{c_2}{R_2} (t_2 - t_1) + \left(\frac{c_2}{R_2} \right)' \frac{(t_2 - t_1)^2}{2} + O\{(t_2 - t_1)^3\} \quad (31)$$

$$\xi = \varepsilon + \frac{1}{2c_2} \left(\frac{c_2}{R_2} \right)' \varepsilon^2 + O(\varepsilon^3)$$

やはり、展開の一次の項まで取って、

$$c_2 z \cong (2-\gamma) R'_2 \xi \quad (32)$$

が得られる。従って、第一近似では、天文学者は、

$$c_2 z \cong (2-\gamma) \frac{R'_2}{R_2} d_2 \quad (33)$$

を観測しているわけだ。ここで、 $d_2 \equiv R_2 \xi$ は、観測者から天体までの固有距離である。(33)は、ハッブル則そのものであり、私のモデルにおいても、依然として、この法則が成り立っていることがわかる。 d_2 と c_2 と z を測ることによって、ハッブル定数(宇宙の年齢)を導くことができる。

参考文献1に従って、 $R=3/2ct$ と取ると、

$$R' = \frac{3}{2}(c+tc') = \frac{3}{2}c(1+t \frac{d \log c}{dt}) = c \quad (34)$$

となり、宇宙の年齢は、

$$t = (2-\gamma) \frac{2d_2}{3c_2 z} \quad (35)$$

与えられる。 $\gamma=1$ とすると、標準宇宙論の結果と一致する。

1. 赤方偏移と距離の評価

ここで、ロバートソン=ウォーカー計量に戻ると、光については、まず、

$$\int_{t_1}^{t_2} \frac{cdt}{R} = \int_0^u \frac{dw}{1+k \frac{w^2}{4}} \quad (36)$$

という関係がある。アインシュタイン=ドジッターモデルでは、 $k=0$ なので、右辺の積分が実行できて、

$$\int_{t_1}^{t_2} \frac{cdt}{R} = u \quad (37)$$

がある。 $R=at^{2/3}$ を代入すると、

$$\int_{t_1}^{t_2} \frac{cdt}{R} = \frac{3c}{a} (t_2^{1/3} - t_1^{1/3}) = \frac{3c}{a} \left(1 - \frac{1}{\sqrt{1+z}} \right) = \frac{3ct_2}{at_2^{2/3}} = \frac{3ct_2}{R_2} = u$$

となり、これから、固有距離が、

$$d_2 = R_2 u = 3ct_2 \left(1 - \frac{1}{\sqrt{1+z}} \right) \quad (38)$$

計算される。 z が小さい時、 $d_2 \approx 3/2ct_2$ であり、逆に、 z が大きいと、 $d_2 \approx 3ct_2$ に近づく。

もちろん、メティグの公式からも、同じ結果が得られる：

$$u = \frac{c}{R_2 H_2 q_2^2 (1+z)} \{ q_2 z + (q_2 - 1) \sqrt{1 - 2q_2 z - 1} \}$$

$$q_2 = \frac{1}{2} \rightarrow u = \frac{4c}{R_2 H_2 (1+z)} \left\{ \frac{z}{2} - \frac{1}{2} \sqrt{1+z} + \frac{1}{2} \right\}$$

$$u = \frac{2c}{R_2 H_2 (1+z)} (1 - \sqrt{1+z}), \quad d_2 = R_2 u, \quad H_2 = \frac{2}{3t_2}$$

次に、私のモデルでは、 $k = -1$ なので、その場合の距離公式を導出しよう。

$$ds^2 = (dx^0)^2 - e^{g(x^0)} \frac{b^2}{1 - \frac{abr^2}{4}} (dr^2 + r^2 d\theta^2 + r^2 \sin^2 \theta d\varphi^2)$$

において、

$$\frac{|ab|}{4} = \frac{1}{r_0^2} \text{ または } b = \frac{4}{ar_0^2}$$

と書くと、

$$ds^2 = (dx^0)^2 - e^{g(x^0)} \frac{\left(\frac{16}{a^2 r_0^4} \right)}{\left(1 - \left(\frac{r}{r_0} \right)^2 \right)} (dr^2 + u^2 d\theta^2 + u^2 \sin^2 \theta d\varphi^2)$$

である。さらに、

$$e^{g(x^0)} \frac{16}{a^2 r_0^4} = R(t)$$

と書いて、

$$ds^2 = c^2 dt^2 - R^2 \frac{du^2 + u^2 d\theta^2 + u^2 \sin^2 \theta d\varphi^2}{(1-u^2)^2}$$

を得る。動径方向については、

$$cdt = \frac{Rdu}{1-u^2}, \quad \int_{t_1}^{t_2} \frac{cdt}{R} = \text{Argth} u$$

$$c = c_2 \left(\frac{t_2}{t} \right)^{1/3}, \quad R = R_2 \left(\frac{t}{t_2} \right)^{2/3}$$

$$\log(1+z) = \text{Argth} u$$

$$u = \frac{(1+z) - \frac{1}{(1+z)}}{(1+z) + \frac{1}{(1+z)}}$$

$$d_2 = R_2 u = \frac{3}{2} c_2 t_2 \frac{(1+z)^2 - 1}{(1+z)^2 + 1} \quad (39)$$

である。

z が無限大に近づくと、地平線 $(3/2)c_2 t_2$ があらわれ、これは、標準値 $3c_2 t_2$ の半分である。

これは、ちょうど、標準モデルで、 v_r/c (v_r は動径速度) を z の関数として与える規則と同じである。

標準モデルにおける距離との比は、

$$\eta = \frac{(1+z)^2 - 1}{(1+z)^2 + 1} \frac{1}{2 - \frac{2}{\sqrt{1+z}}} \quad (40)$$

であり、(39)と(40)は、 z が小さい時は、区別がつかない。

8. クエーサーの問題

現在の所、クエーサーは、 z が 0.13 から 4 の間にある。クエーサーの直径は、その変動周期 T から決められ、最大値 cT を取る。私のモデルでは、 c が時間的に変動

するため、標準モデルよりも大きな値が得られる。cは、昔は、今よりも大きかったからだ。

体積当たりのパワーは、銀河の大きさによる。P_{QSO}をクエーサーが放出する絶対パワーと呼ぼう。また、銀河の放出するパワーをP_Gと呼ぼう。クエーサーの銀河に対する相対パワー密度は、

$$\pi = \frac{P_{QSO} \text{ Volume galaxy}}{(cT)^3 P_G} \quad (41)$$

である。ここで、Volume galaxyは、銀河の体積である。

私のモデルでは、銀河の大きさは、もはや一定ではない。宇宙の発展とともに大きくなる。クエーサーが銀河の中にあるとしよう。銀河の大きさは、(1+z)のように大きくなる。私のモデルでは、標準モデルと比べて、3つの補正因子がある。まず第一に、距離が少々近い。次に、cの変化により、直径が変わってくる。そして、最後に、銀河の大きさも変わってくる。

私のモデルでの相対パワー密度は、 $\pi = \pi \xi$ と書け、 ξ は、

$$\xi = \eta^2 \frac{1}{(1+z)^3(1+z)^{3/2}} = \frac{\eta^2}{(1+z)^{9/2}} \quad (42)$$

すなわち、

$$\xi = \frac{1}{4} \left\{ \frac{(1+z)^2 - 1}{(1+z)^2 + 1} \right\}^2 \frac{1}{(\sqrt{1+z} - 1)^2 (1+z)^{7/2}} \quad (43)$$

で与えられる。

z	η	ξ	
0	1	1	
0.13	1.025	0.606	最も近いクエーサー
0.2	1.03	0.467	
0.5	1.048	0.177	
1	1.024	0.0463	
1.5	0.985	0.0157	
2	0.946	0.0063	
2.5	0.912	0.00296	

(44)

3	0.882	0.00152	
3.5	0.856	0.000842	
4	0.834	0.0005	最も遠いクエーサー
5	0.8	0.000201	
6	0.771	0.0001	
7	0.75	0.0000485	
8	0.731	0.0000275	
9	0.71	0.0000162	
10	0.7	0.0000102	

私のモデルにおける補正は、観察されるクエーサーの絶対光度を減少させ、この補正の度合いは、zとともに大きくなる。従って、もし、私のモデルが正しいとすると、今までの標準宇宙論は、クエーサーの体積パワー密度を過大評価していたことになる。また、クエーサーの絶対光度の増加は、実は、cの永年変化によることとわかる。古典的には、銀河の大きさは、ジーンズ長と関係するが、私のモデルは、星やクエーサーなどの放射物体の大きさについて、何も情報を与えることができない。大きさは、エネルギー放射の仮定に依存する。私は、核融合係数のゲージ関係を与えていないので、天体の大きさを決定することはできない。クエーサーは、銀河のように、時間とともに大きくなることも可能であり、天文観測は、この仮説を支持しているように思える。この問題については、次の論文で扱うつもりだ。次の論文では、モデルによる予測値と観察データの整合性について述べる。

9. その他のゲージ関係

水素のイオン化エネルギーは、 $E_i = 1/2 \alpha^2 m_e c^2$ である。ここで、 α は微細構造定数であり、 m_e は電子の質量である。標準モデルとの整合性から、私は、 $E = R\gamma$ において、 $\gamma = 1$ と選んだ(式(25)、(33)と(35)を参照)。電子-陽子の質量比を $\delta = m_e/m_p$ で定義すると、参考文献1から、 $m_p \approx m_n \approx m \approx R$ であり、 mc^2 は絶対定数なので、

$$\alpha^2 \delta \approx R \quad (44)$$

とすることがわかる。従って、微細構造定数と質量比の両方を定数にとめおくことはできない。

(45)

9.1.もし、質量比 δ が定数で、微細構造定数が時間に依存するとすると：

$$\alpha = \frac{e^2}{2\epsilon_0 hc} \approx \sqrt{R} \quad (45)$$

h と c のゲージ関係を思いだすと、 $e^2/\epsilon_0 \approx R^{2/3}$ が得られ、電磁力は、 $F_{em} = e^2/4\pi\epsilon_0 R^2 \approx R^{-1/2}$ となる。従って、

$$\text{重力/電磁力} \approx \frac{1}{\sqrt{R}} \quad (46)$$

となり、これは、ディラックのアイディア^{4,5}に近い。

ボーア半径は、

$$a_0 = \frac{h^2 \epsilon_0}{\pi m_e e^2} \approx \sqrt{R} \quad (47)$$

で与えられる。

9.2.もし、微細構造定数 α が定数だとすると：

$m_e \approx R^2$ と $e^2/\epsilon_0 \approx R$ であり、電子のコンプトン波長 $h/m_e c$ 、重力と電磁力の比、ボーア半径は、絶対定数となる。参考文献10から13において、何人かの研究者が、 α 、 α^2 、 $(g_p/g_e)(m_e/m_p)$ の時間変動を調べている。ただし、 g_e と g_p は、電子と陽子のジャイロマグネティック比である。ページェル¹³によれば、

効 果	量	変動の上限
光学ダブルット分裂	α	3 %
光学と21cm赤方偏移の比較	$\alpha^2(g_p/g_e)(m_e/m_p)$	10^{-3}
水素と金属元素の赤方偏移を比較	$\delta = m_e/m_p$	50%

なので、私は、微細構造定数 α が定数だという第二の可能性を取る。また、どちらの場合でも、 $g_p/g_e \approx 1/R$ となることに注意。

10. 結論

この論文では、参考文献1の結果を電磁気系にまで拡張した。リュードベリ数（イオン化エネルギー） E_I が $R\gamma$ のように変わる、という新しいゲージ関係を導入した。リュードベリ数=ウォーカー計量から、電磁波を放射する天体の距離を導いた。結果は、標準理論に近いものの、私のモデルでは、クエーサーなどの天体のパワー密度が通常よりも低い結果になる。また、 z が大きくなると絶対光度が増すのは、 c の時間変化によることになる。

電子-陽子質量比 $\delta = m_e/m_p$ は R のように変わり、微細構造定数は、絶対定数として振る舞う。

参考文献

- 1) J.P. Petit, 「光速の変化する宇宙モデル」 An interpretation of cosmological model with variable light velocity. Mod. Phys. Lett. A.
- 2) E.A. Milne, 「運動学的相対論」 Kinematic Relativity (Oxford, 1948).
- 3) F. Hoyle and J.V. Narlikar, 「共形不変な重力理論における宇宙モデル」 Cosmological models in conformally invariant gravitational theory, Mon. Notices Roy. Astr. Soc. 155 (1972) 305-325.
- 4) P.A. Dirac, Nature 139 (1937) 323.
- 5) P.A. Dirac, Proc. Roy. Soc. London A333 (1937) 403.
- 6) V. Canuto and J. Lodenquai, 「ディラック宇宙論」 Dirac Cosmology, Appl. J. 211 (1977) 342-356.
- 7) T.C. Van Flandern, 「重力定数は変化しているか？」 Is the gravitational constant changing?, Appl. J. 248 813-816.
- 8) A. Julg, 「ディラックの巨大数仮説と物質の連続的生成」 Dirac's large numbers hypothesis and continuous creation, Appl. J. 271 (1983) 9-10.
- 9) V. Canuto and S.H. Hsieh, 「3 K背景放射、ディラックの巨大数仮説とスケール共変の宇宙論」 The 3K blackbody radiation, Dirac's large numbers hypothesis, and scale-covariant cosmology, Appl. J. 224 (1978) 302-307.
- 10) B.E. Pagel, 「クエーサー吸収線の赤方偏移による、過去の陽子-電子質量比の時間変化の上限値決定について」 On the limits to past variability of the

proton-electron mass ratio set by quasar absorption line redshifts, Mon. Not. astr. Soc. (1977), short communication, 81-85.

- 11) A.M. Wolfe, R.L. Brown and M.S. Roberts, 「原子物理学の基本定数が宇宙の時間スケールで変化する場合の上限」 Limits on the variation of fundamental atomic quantities over cosmic time scales, Phys. Rev. Lett. 37 (1976).
- 12) A.D. Tubbs and A.M. Wolfe, 「物理法則の大域的一様性の証拠」 Evidence for large-scale uniformity of physical laws, A.P. J. 236 (1980) 105-108.
- 13) B.E.J. Pagel, 「定数の定数性に関するクエーサー分光学の意味」 Implication of quasar spectroscopy for constancy of constants, Phil. Trans. R. Soc. Lond. 3310 (1983) 245-247.

資料 4

「光速度の変化する宇宙モデル：クエーサー観測データとの比較」

Y. コピエール・プチ 著

オリビエ天文台 (2 Place Le Verrier, 13004, Marseille, France)

宇宙物理研究所 (Traverse du Siphon, 13012 Marseille, France)

「現代フィジックスレターズ」 A (Modern Physics Letters A, Vol. 4, No.23 (1989) 2201-2210)

World Scientific Publishing Company

1989年7月25日受理

要約：前論文の補足として、ボルツマン方程式のゲージ不変性について考察した後、最近の電波クエーサー観測データと私の理論との比較を行なう。視角半径のクエーサーのゆがみ (bending) と赤方偏移との関係については、既存のフリードマンモデル ($q_0 = 1/2$ とおいた場合よりも、私のモデルの方が、よいフィットを示す。ジェット形成の理論的な理由が充分に解明されていないために、割合自由にデータに理論値をフィットさせることができるのである。

1. はじめに

この論文では、参考文献 1 と 2 を、ローマ数字で I、II とあらわすことにする。I と II で、私は、物理定数が時間的に変化する宇宙モデルを提唱してきた。基本定数が時間に依存するので、全体の整合性を保つため、新たにゲージ関係を導入して、基本定数どうしを関係付けた。ここで基本定数と呼んでいるのは、光速度 c 、重力定数 G 、プランク定数 h 、電子の質量 m_e 、陽子と中性子の質量 m_p 、 m_n などである。私は、一般相対論においては、 G と c の両方が絶対定数である必要はないことを指摘した。必要なのは、 G/c^2 という「比」(場の方程式におけるアインシュタイン定数)

が定数になることなのだ。比が一定というのが、最初のゲージ関係を与える。その他のゲージ関係は、幾何学的な考察から生じる。ジーンズ長、シュワルツシルト半径、コンプトン波長など、いわゆる特徴的な長さは、宇宙のスケール因子 $R(t)$ と同じ時間依存性を持つと仮定される。

ゲージ関係から、以下のような結果を得る。

$$c \propto R^{-1/2} \text{あるいは } Rc^2 = \text{定数} \quad (1)$$

$$m_p \propto R \text{と } m_n \propto R \quad (2)$$

$$h \propto R^{3/2} \quad (3)$$

$$G \propto R^{-1} \quad (4)$$

$$V(\text{自由粒子の速度}) \propto R^{-1/2} \quad (5)$$

$$\rho(\text{質量密度}) \propto R^{-2} \quad (6)$$

私の宇宙モデルでは、空間の曲率は負であり、圧力はゼロである。面白いことに、物質優勢の場合も、輻射優勢の場合も、宇宙のスケール因子は同じ発展を示す：

$$R = \sqrt[3]{\frac{9}{4} R_0 c_0^2 t^{2/3}} \quad (7)$$

論文IIにおいて、ハッブルの法則が、宇宙の膨張ではなく、プランク定数の永年変化($h \approx t$)によることが示された。私のモデルでは、宇宙の全エネルギーは定数であるが、イオン化エネルギーなどの特徴的なエネルギーは、 $R(t)$ のように変わる。この結果は、電磁気学に導入された新しいゲージ関係とも整合性を保っている。光や電波を発する天体までの距離は、赤方偏移のデータから推測することができ、 z の小さい値では、フリードマンモデルで $q_0=1/2$ とおいた場合に近い結果を与える。私のモデルでの距離とフリードマンモデルでの距離の比は、

$$\eta = \frac{(1+z)^2 - 1}{(1+z)^2 + 1} \cdot \frac{1}{2 - \frac{2}{\sqrt{1+z}}} \quad (8)$$

なり、 $z \leq 2$ ならば、食い違いは5%以下である。

2. ゲージ不変性の補足

論文Iの5節で、ウラソフ方程式、シュレディンガー方程式、マックスウェル方程式のゲージ不変性が示された。ここでは、ボルツマン方程式もゲージ不変であることを示そう。方程式は、

$$\frac{\partial f}{\partial t} + V \cdot \frac{\partial f}{\partial r} - \frac{\partial \Psi}{\partial r} \cdot \frac{\partial f}{\partial V} = \int (f' f'_1 - f f_1) g b db d\epsilon du dv dw \quad (9)$$

である。 f は速度分布関数で、 g は、二つの粒子の相対速度であり、 b が距離（衝突パラメータ）である。無次元の変数を

$$t = t^*, f = f^*, V = V^* w; g = V^* \gamma; r = R^* \xi; \Psi = (G^* m^*/R^*) \phi; b = R^* \beta \quad (10)$$

を導入する。

速度分布関数は、

$$f^* = n^* \left(\frac{m^*}{2\pi kT} \right)^{3/2} e^{-m^* v^{*2}/2kT} \quad (11)$$

となる。論文Iで示したゲージ関係を使うと、 $G^* m^*/R^* \approx 1/R^*$ 、 $V^* \approx 1/(R^*)^{1/2}$ 、 $m^* \sim R^*$ ($m^* V^{*2}$ は定数)であり、エネルギー kT も定数である。要するに、 $f \approx R^{*-3/2}$ であり、方程式は、

$$\frac{1}{t^*} \frac{\partial f^*}{\partial t^*} + \frac{V^*}{R^*} w \cdot \frac{\partial f^*}{\partial \xi} - R^{*-3/2} \frac{\partial \Psi}{\partial \xi} \cdot \frac{\partial f^*}{\partial w} = R^{*-3/2} \int (\xi' \xi'_1 - \xi \xi_1) \gamma \beta d\beta d\epsilon d_3 w \quad (12)$$

に帰着する。次元解析から、各項が $1/t^*$ 、 $V^*/R^* = R^{*-3/2}$ 、 $R^{*-3/2}$ のように変わるこ

とがわかり、結局、

$$R \propto t^{2/3} \quad (13)$$

が得られ、ボルツマン方程式がゲージ不変であることが証明された。

3. 観測データとの比較

さて、いよいよ、パーセルとマイリーによる、134個のクエーサーの電波観測データ(参考文献3)とモデルとの比較に移ろう。パーセルとマイリーのデータでは、遠くのクエーサーほど小さい視角半径を持ち、ゆがみが大きく、光度が大きい。銀河や電波源の数など、観測データにも色々あるが、特に、視角半径と赤方偏移の関係は、最も信頼性の高いテストであり(参考文献4と5を参照)、さまざまなモデルと比較されてきた。これまでの結果は、一口で言うと、標準的なフリードマンモデルで $q_0=1/2$ とおいたものは、全く観測と一致せず、 $q_0=0$ とおいたものは、フィットが悪く、一風変わった「疲れた光」(参考文献4、5)や、古典的な静的宇宙論のほうがフィットが良かった。しかしながら、これまで使われたデータは、 $z \leq 1.5$ に限られていた。今回、パーセルとマイリーによって集められたデータは、 $z=2.91$ まで達しており、より正確な比較ができる。相対論的なジェット形成については、理論的な解明がなされていないので、この論文では、クエーサーの固有パワー(intrinsic power)の問題については、扱わない。

視角半径と電波源のゆがみの場合、ほとんどが幾何学的に決まってしまうため、色々なモデルを直接比較するのに都合がいい。もっとも、重要な体系的効果(systematic effect)が存在するかもしれず、この点に関しては、パーセルとマイリーの論文を参照されたい。ここでは、その要点だけをまとめておく：

●クエーサーの発するジェットは、初めはきちんとした形を保っているが、星間物質との相互作用によって、範囲の狭い、乱れた「耳たぶ」型に変わる。(参考文献6)もし、この相互作用が、特定の赤方偏移の値において、視角半径を大幅に変えようとすると、パーセルとマイリーによれば、もっと大きな z の値では、さらに複雑な機構のために、耳たぶが押し曲げられている可能性がある。

●上記の相互作用やゲージ過程に、宇宙の膨張の果たす影響については、まだよくわかっていない。

●観測のかたより(よく知られたマルムクイストのものなど)により、遠くのクエーサーの視角半径を実際よりも小さく見積もっているかもしれない。

さて、この論文では、上に述べた観測上の問題は無視して、一応、観測データは信頼できるものと仮定して話を進めることにする。つまり、「視角半径と耳たぶのゆがみ」対「赤方偏移」のデータが、異なる宇宙モデルを比較するのによいテストだとして話を進める。そして、私のモデルが、ほかのモデルと比べて、観測データとよく一致を示すことをご覧にいれよう。ほかのモデルで、唯一、よいフィットを示すのは、古典的な静的な宇宙だが、全く静的な宇宙は、あまり物理的に魅力がないであろう。

3.1. 視角半径

添え字1は、電波がクエーサーから発射された時期をあらわし、添え字2は、電波が地球で受信された時期をあらわす。電波源の端っこから電波が時間 t_1 に発して動作方向に進んで地球に達したとすると、観測者から見て、クエーサーの視角半径 Φ は保存されているので、モデルによらずに、

$$\Phi = \frac{D(t_1)}{d(t_1)}$$

と書ける。ここで、 $D(t_1)$ は、クエーサーの直径で、 $d(t_1)$ は、地球からクエーサーまでの距離である。

まず、古典的な静的モデルでは、 $D(t)=\text{定数}$ 、 $R(t)=\text{定数}$ 、 $d(t_1)=Rz$ なので、

$$\Phi = \frac{\Phi_0}{z}$$

がある。次に、フリードマンモデルで $q_0=1/2$ とおいた場合(いわゆるアインシュタイン・ドジッター宇宙)、 $D(t_1)=D\text{定数}$ 、 $R(t_1)=R(t_2)/(1+z)$ 、 $d(t_1)=R(t_1)u$

$$u = 2 \left(1 - \frac{1}{\sqrt{1+z}} \right)$$

から、視角半径は、

$$\Phi = \Phi_0 \frac{(1+z)^2}{2(1+z-\sqrt{1+z})}$$

となり、パラドックスが生じてしまう。この関数は、 $z=1.25$ で最小値をとり、 z が大きくなるにつれて、 z に比例して増加するのだ。

一方、フリードマンモデルで $q_0=0$ とおいた場合、 $u=z$ であり、従って、

$$\Phi = \Phi_0 \frac{1+z}{z}$$

となる。この場合、 z が大きくなると、視角半径は定数に近づく。

さて、私のモデルでは、 $D(t_1)=D(t_2)/(1+z)$ 、 $R(t_1)=R(t_2)/(1+z)$ 、 $d(t_1)=R(t_1)u$ 、

$$u = \frac{(1+z)^2 - 1}{(1+z)^2 + 1}$$

なので、視角半径は、

$$\Phi = \Phi_0 \frac{(1+z)^2 + 1}{(1+z)^2 - 1}$$

となる。フリードマンモデルで $q_0=0$ とおいた場合同様、 z が大きくなると視角半径は定数に近づくが、その近づき方は、もっと速い。観測データとの定量的な比較を行なうために、 $\Phi = \Phi_0 f(z)$ と書くことにしよう。つまり、モデルの z 依存性は、関数 $f(z)$ に集約されるわけだ。 $f(z)$ と「最大視角半径」との線形回帰が行なわれた。データは、134個の全てを使ったり、パーセルとマイリーによる形態分類に従ったサブサンプルを使ったりした。「拡がった形状の」場合、耳たぶが片方にしかないグループ(D2型)は、両側に耳たぶがあるグループ(T型とD1型)と区別ができないことが判明したため、どちらのグループもサンプルに取り入れた。最終的には、急スペクトル型(SSC)と複雑型(C)を除いた95のサンプルを「拡がった形状の」データとして用いることになった。

回帰の結果は、次のようになった。ただし、係数と誤差は、全て、角度(秒)単位になっている。

● 静的宇宙モデル

(54)

● 1.14サンプルについては、

$$\Phi = (20.0 \pm 2.0)f(z) - (2.6 \pm 19.7)$$

● あり、形状によって選んだ95のサンプルについては、

$$\Phi = (23.0 \pm 2.0)f(z) + (0.1 \pm 18.8)$$

● あった。

● フリードマン ($q_0=0$)

● 1.14サンプルについては、

$$\Phi = (20.0 \pm 2.0)f(z) - (22.6 \pm 19.7)$$

● あり、形状によって選んだ95のサンプルについては、

$$\Phi = (23.0 \pm 2.0)f(z) - (22.9 \pm 18.8)$$

● あった。

● ガインシュタイン=ドジッター

● 1.14サンプルについては、

$$\Phi = (28.8 \pm 2.9)f(z) - (89.3 \pm 20.1)$$

● あり、形状によって選んだ95のサンプルについては、

$$\Phi = (31.4 \pm 3.1)f(z) - (93.2 \pm 20.0)$$

● あった。

● 私のモデル

● 1.14サンプルについては、

$$\Phi = (21.5 \pm 2.1)f(z) - (19.1 \pm 19.6)$$

(55)

であり、形状によって選んだ95のサンプルについては、

$$\Phi = (24.5 \pm 2.2)f(z) - (18.6 \pm 18.7)$$

であった。

どちらのサンプルについても、アインシュタイン=ドジッターモデルと比べて、私のモデルの方が良いフィットを示す。特に、第二項の定数に注目していただきたい。統計的には、この定数項の影響は無視できず、当然のことながら、この項が大きな負の数であれば、視角距離が負になって、はなはだ都合がよろしくない。従って、先に述べたような、何か体系的な誤差が存在しないかぎり、理論的な見地からアインシュタイン=ドジッターモデルは排除することができる。この結果は、図1にプロットしてある。「拡がった形状の」クエーサーと「コンパクトな形状の」クエーサーとは、それぞれ、四角と星印で示してある。縦軸は、グラフを見やすくするために、対数を取ってある。実線が私のモデルによる理論値で、点線が、アインシュタイン=ドジッターモデルによる理論値である。線は、両方とも、「拡がった形状の」95サンプルに対して最小2乗法でフィットさせたもの。グラフがごちゃごちゃしてしまうため、静的宇宙モデルとフリードマンモデルで $q_0=0$ とおいた場合の線は書いてない。しかし、静的宇宙モデルの線は、私のモデルの線に近く、また、フリードマンモデルで $q_0=0$ とおいた場合の線は、 z の大きな値では、普通の線と点線の、ちょうど真ん中くらいである。

グラフには、最近公表されたデータ(参考文献7、8、9)から、三つの値を取ってきてプロットした。この三つは、形状分類ではTとD1に属する。二つは、視角半径が大きく、もう一つは、 z が約3.8で、バーセルとマイリーのデータで最大の赤方偏移を示すものよりも格段に大きい。ちなみに、4C41.17は、現在知られている最も遠いクエーサーである。面白いことに、このクエーサーのグラフ上の位置は、拡がった形状のデータ群の上限にきていて、私のモデルによる線と同じ形を形成しており、誤差ぎりぎりにおさまっているのだ。まとまった形状のクエーサーのデータは、拡がった形状のデータとは全く違った分布を示しており、さらに、二つのサブグループに分かれるようだ。この傾向が、データ数が少ないという理由によらないのであれば、ここには、なにか進化上の理由があるに違いない。

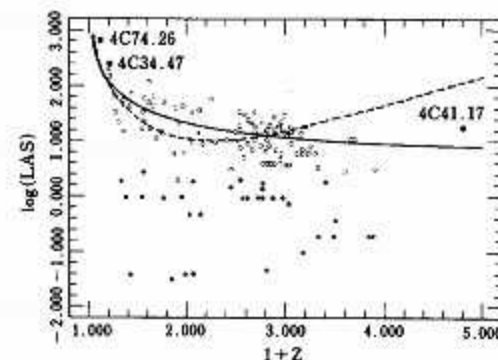


図1の説明：視角半径の対数対赤方偏移のグラフ。拡がった形状の95のクエーサー(T型、D1型、D2型)は四角でプロットしてあり、まとまった形状の33のクエーサー(ssc型)は星印でプロットしてある。実線は、私のモデルによる理論値であり、点線は、アインシュタイン=ドジッター宇宙の理論値。理論値は、拡がった形状のデータにフィットさせてある。比較のため、最近のデータを3つプロットした。4C41.17は、現在知られている最も遠いクエーサーで、4C74.26は、最も大きいクエーサーである。

2. ゆがみ

次に、バーセルとマイリーによって指摘された、遠方のクエーサーの形状のゆがみについて考えよう。このゆがみが、やはり、何らかの体系的な誤差によるものではないとするならば、面白いことに、私のモデルで、うまく説明がつくのである。宇宙のゲージ過程で、全エネルギーは保存されるので、私のモデルでは、ジェットを放出するクエーサー核の回転エネルギーも保存される。

$$E = \frac{1}{2} I \Omega^2$$

併せて、 $m \propto R$ 、 $I \propto R^3$ 、 $\Omega \propto R^{-3/2}$ から $\Omega \propto 1/t \propto (1+z)^{3/2}$ となり、95のサンプルに対して用いられたバーセルとマイリーによる一次元冪法則のフィットと一致する。メジエール(最頻値)を使うと、バーセルとマイリーの結果は、

$$\log(\text{ゆがみ/角度}) = 0.43 + (1.73 \pm 0.43) \log(1+z)$$

であり、メジアンを使わない、全てのデータに対するフィットでは、

$$(\text{ゆがみ}/\text{角度}) = (3.71 \pm 1.24)(1+z)^{3/2} + (2 \pm 17)$$

となり、定数項は、統計的にはゼロといってよかろう。グラフ2は、ゆがみの対数対赤方偏移のデータへのフィットを示す。普通の線が私のモデルによる理論値で、点線がパーセルとマイリーの結果である。データの分散が大きいため、実線と点線のどちらが正しいかは言えない。

さて、グライバー（参考文献10）による、クエーサーの莫大なエネルギー生産のメカニズムの分析について一言述べておこう。もし、第一に、クエーサーの中心「エンジン」から、高速度のプラズマの塊が、クエーサーの磁気双極子軸にそって発せられるとしよう。発射は連続的でも断続的でもよい。第二に、磁気双極子軸は、一般に、角運動量の軸とは一致しないとする。すると、クエーサーから発せられるジェットは、ちょうど、庭の回転スプリングラークから出る水と同じで、アルキメデス螺旋を描くことになる。ただし、星間物質との相互作用は、無視できるものとする。もし、星間物質との相互作用が、核から離れた地点で強くなるならば、ジェットは、そこで止まることになり、ゆがみは強調されることになる。クエーサーの周りの星間物質の分布が球対称でなくてはならないという理由はないから、この星間物質との相互作用こそが、頻繁に観測されるジェットの非対称性の理由かもしれない。もっとも、パーセルとマイリーの主張した通り、ランダムな効果により、全体の形状がゆがむことはありそうである。

いずれにせよ、私のモデルでは、赤方偏移が大きいほど、ゲージ関係から、その角運動量も大きくなり、ジェットのゆがみも大きくなるということが言える。

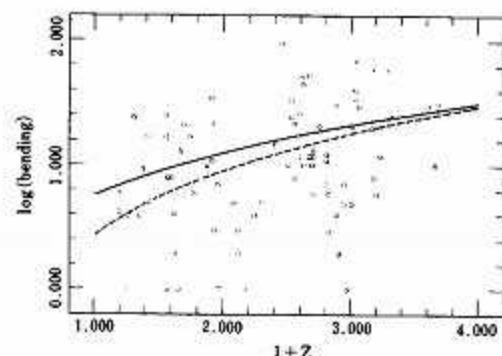


図2の説明：ジェットのゆがみの対数対赤方偏移のグラフ。T型とD1型の、83のデ

ータを使った。実線が私のモデルによる理論値であり、点線は、パーセルとマイリーによるフィットである。

4. 結論

134のクエーサーについての、視角半径対赤方偏移、また、ジェットのゆがみ対赤方偏移のデータを分析した。面白いことに、私のモデルは、通常のモデルと比べて、視角半径対赤方偏移のデータへのフィットが良い。また、ジェットのゆがみ対赤方偏移については、通常のモデルでは全く説明がつかないが、私のモデルでは、きわめて自然な説明ができる。ゲージ関係の存在によって、クエーサーや銀河は、昔は、もっと大きな角速度で回転していたのだ。遠くのクエーサーが小さな視角半径と大きなゆがみを持つ、という傾向は、今後、観測データが整備されても変わらないと思われる。しかしながら、最近カペーハイによって文献11で指摘されたような原因により、電波銀河と違って、フラックスに制限のある電波クエーサーのデータには、体系的な誤差がまぎれこんでいる可能性もある。また、ジェットのゆがみの考察の際に述べた過程は、おおまかなものであり、決定的なものではない。

結論として、ラ＝ヴィオレット（参考文献5）によって指摘されたように、観測データを説明できるのが、物理的には非現実的な、静的宇宙モデルしかない、といわれている。不満足な現状は、私の宇宙モデルを使えば解消されとも言える。銀河のデータを詳しく検討することにより、「疲れた光の」宇宙モデルと私のモデルのどちらが良いか、決めることができるであろう。また、パーセルとマイリーによって指摘された、遠方のクエーサーの光度が近隣のものよりも大きい、いわゆる固有光度の問題も、説明できるかもしれない。

参考文献

- 1) J.P. Petit, Mod. Phys. Lett. A3 (1988) 1527.
- 2) J.P. Petit, Mod. Phys. Lett. A3 (1988) 1733.
- 3) P.D. Barthel and G.K. Miley, Nature 333 (1988) 319.
- 4) V.K. Kapahi, in Observational Cosmology, eds. A. Hewitt, G. Burbidge and I.Z. Fang (Reidel), p.251.
- 5) P.A. La Violette, Ap. J. 301 (1986) 544.
- 6) M.L. Norman, J.O. Burns and M.E. Sulkanen, Nature 335 (1988) 146.

- 7) J.M. Riley, P.J. Warner, S. Rawlings, R. Saunders and G.G. Pooley, Mon. Not. R. Astron. Soc. 236 (1988) 13.
- 8) P.D. Barthel, J.R. Hooimeyer, R.T. Schilizzi, G.K. Miley and E. Preuss. Ap. J. 336 (1989) 601.
- 9) M.M. Waldrop, Science 241 (1988) 905.
- 10) V.K. Kapahi, Astron. J. 97 (1989) 1.

資料 5

「中宙論——双子の、左右対称の、時間の逆流する宇宙」

「フレ・リクネロヴィッチ氏の紹介による、ジャン＝ピエール・ブチの覚書^(*)」

前の覚書⁽¹⁾で、統一されたニュートンのモデルが提示されたが、これはヘックマンやシュッキング⁽²⁾のに似た方程式に行き着くものであった。本論は同じ方程式を、別の幾何学的コンテキストにおこうとするものであり、物質、反物質のシステムに関してもより正確な記述をもたらすものと思われる。

1. はじめに

前の覚書⁽¹⁾では同じユークリッド空間に浮遊する、同じ質量で反対の電荷を持つ二つの集団モデルを研究した。熱力学の局所的平衡の仮説によって、この宇宙の特徴的な大きさである $R(t)$ が、ヘックマンやシュッキングのものと同じような方程式にしたがい、ほぼ定数になる⁽²⁾ 統一的解が得られた。ここではユークリッド空間 $(\vec{r}_i, m_i, t_i, \times_i)$ を浮遊する集団 N を、べつの幾何学的コンテキストに導入してみよう。ただし、 $\times_i$ はベクトル積をあらわす。

このシステムの進展は場によって組合わされた（組合わせの方式については後述^(*)）、 N 個のウラソフの方程式の研究から推論されることになる。ここでも熱力学の局所的平衡の仮説をたてることにしよう。そうすれば速度の分配関数はマックスウェルのものが選ばれる。

マックスウェルの説だけでも巨視的なパラメータにもとづくいくつかの特性が導かれる。したがって温度は必然的に一定である。巨視的速度は、個々の集団にとっては、ハッブルの法則に応じた角速度の場と、剛体の回転を重ね合わせたものとなる。

そして密度 n_i が時間にしか依拠しない特殊な解に向かうことが決定的になる。このような条件では次数ゼロの方程式はみな $n_i \sim T_i^{-3/2}$ に還元されてしまう。

こうした特性はウラソフの方程式から生じた、17の偏微分方程式のはじめのN個に由来するものである。

2. 双子の宇宙、熱力学的平衡状態の仮定とその結果

この段階では解 f_i 同士のカップリングはまったくない。宇宙 E_1 は宇宙 E_1 もしくは宇宙 E_2 と一体化して以下のような特性を帯びる。

$$(1) \quad \vec{r}_1 \equiv \vec{r}_2; \quad \vec{w}_1 \equiv \vec{w}_2; \quad t_1 \equiv t_2; \quad x_1 \equiv x_2.$$

これらの宇宙 E_1 、 E_2 は左右対称でそれぞれの時間が逆流していることが分かる。熱力学的平衡状態にあるという仮定の第二の側面は以下のように記される。

$$(2) \quad T_1(t_1) = t_2(t_2), \quad \forall i \text{ と } j.$$

これは巨視的速度場に対して影響を及ぼす。この考え方を明確にするために、宇宙 E_1 における f_1 と宇宙 E_2 における f_2 の、二集団モデルを検討しよう。どちらか一方の宇宙で観測する者は、自分の宇宙の要素と双子の宇宙の要素を、同時に知覚できると想定される。つまり E_1 で観測する者によって知覚される要素1の巨視的速度 $\langle \vec{w}_1 \rangle_1$ と今度は E_2 で観測する者が知覚するこの同じ速度 $\langle \vec{w}_1 \rangle_2$ である。時間は逆流しているので、以下のようになる。

$$(3) \quad \langle \vec{w}_1 \rangle_1 = - \langle \vec{w}_2 \rangle_2$$

もっと一般的には以下のようになる。

$$(4) \quad \langle \vec{w}_i \rangle_j = \frac{t_j}{t_i} \langle \vec{w}_i \rangle_i.$$

このように発想すれば、 E_1 と E_2 は空間的・時間的観点である。熱力学平衡は $T_1(t_1) = T_2(t_2)$ であることを物語っている。そのために動径成分 $\langle \vec{w}_1 \rangle_1$ と $\langle \vec{w}_2 \rangle_2$ が逆になっていることが容易に見てとれよう。従って「宇宙は膨張しているのか？」という問いに対しては「それは時空の観点に立つかによる」と答えるのが適切なのだ。同様に、時空のどの観点をえれば集団の回転方向も逆転してしまうことになる。以上の理由により、このモデルが時間と空間において方向を定めることは不可能である。

3. カップリングの定義

この段階では、左右対称で時間の流れが逆転している二つの宇宙があることになり、そこには二つの集団 f_i が含まれており、それが熱力学的平衡において一個の総体 f を形成していると考えられる。個々の集団 f_i は重力場 $\vec{g}^{(i)}$ 、電気場 $\vec{E}^{(i)}$ 、磁場 $\vec{B}^{(i)}$ に包まれて動き回る。これらの場は、個々の集団の線形結合だとのみ考えることにしよう。

$$(5) \quad \vec{g}^{(i)} = \vec{g} = \sum_j \vec{g}_j,$$

$$(6) \quad \vec{E}^{(i)} = \vec{E} = \sum_j \vec{E}_j,$$

$$(7) \quad \vec{B}^{(i)} = \vec{B} = \sum_j \vec{B}_j.$$

4. ニュートンの統一解

解を統一するには、場がポワソンやマックスウェルの方程式に従い、ウラソフのN個の方程式から生じた残る方程式が、縮退しなければならない。これらの方程式は以下のようになる。

$$(8) \quad -\frac{\partial \Psi}{\partial r} + \frac{q_i}{m_i} \left(-\frac{\partial V}{\partial r} + \vec{E}' + \langle \vec{w}_i \rangle_i \times \vec{B} \right) - \frac{D_i \langle \vec{w}_i \rangle_i}{Dt_i} = 0.$$

前の覚書で展開された考えを、再びとりあげよう。

$$(9) \quad \vec{B} = B\vec{k}; \quad \vec{E}' = -\frac{\dot{B}}{2}(\vec{k} \times \vec{r}).$$

マックスウェルの諸方程式は、変換しても不変であることが分かる。つまり t は t になり、 $\times$ は $-\times$ (ベクトルの積の逆転) になるのだ。もし方程式(10)が角速度が温

度のように変化することを表しているのなら、解の縮退と存在があることをもう一度確認することになる。

$$(10) \quad \frac{\dot{\omega}_1}{\omega_1} = \frac{\dot{T}_1}{T_1},$$

$$(11) \quad \frac{\dot{B}}{B} = -\frac{2\dot{R}}{R},$$

$$(12) \quad \omega_i^2 + \frac{q_i \omega_i B}{m_i} = \omega_j^2 + \frac{q_j \omega_j B_j}{m_j}, \quad \forall i \text{ と } j;$$

Rがすべてのシステムに共通の特徴的大きさだとすると、方程式(11)は磁場がプラズマ（無限磁性レイノルド数）と密接に結ばれていることを表すものだ。

5. 物質と反物質

二つの集団を持つシステムを取り上げよう。まず $\omega_1 = -\omega_2$ だとする。この条件で流れの速度がゼロでないためには、 $q_1 q_2 < 0$ 、つまり $m_1 m_2 > 0$ でなければならない。粒子1は陽子を表すものとしよう。質量 m_1 と電荷 q_1 は従ってプラスである。粒子2はプラス質量で、マイナスの電荷を持っている。粒子1、2の磁場における回転方向を調べれば、どちらか一方の宇宙にいる観測者にとっては方向は逆向きだということになる。今度は粒子1と2があるとしよう。粒子1は粒子2を追いかけて、粒子2はだんだんスピードをあげながら逃げて行く。もちろんこれは、宇宙 E_1 から見た話だ。 E_2 の観点からは、逆のことが観測される。

宇宙 E_1 もしくは E_2 から観測された二つの集団は、互いに反対に回転しており、全体の角運動量はそのためにゼロとなる。

今度は $\omega_1 = \omega_2$ の場合を検討しよう。

E_1 もしくは E_2 から見た二つの集団は、同じ方向に回転している。従って流れの密度のベクトルがゼロにならぬためには、 $q_1 q_2 > 0$ と $m_1 m_2 > 0$ を持たねばならない。粒子1は陽子を表示しているはずなので、1と2はある磁場においては同じ回転方向を示すことになる。この二番目の表示は、破棄されるだろう。なぜならそれは反物質の観測データに矛盾するからである。

ここで $\omega_1 = \omega_2$ の場合に戻ると、進化の方程式は以下になる。

$$(13) \quad R^2 \ddot{R} + \frac{1}{3} - \frac{2}{3R} (\beta_R^2 + \beta_R \beta_M) = 0.$$

これは覚書⁽¹⁾とまったく同じである。

6. 結論

このモデルは、幾何学的表現を通じて物質=反物質の組合わせをニュートン式に記述しようとする試みである。物質と反物質は左右対称で、時間の逆流する二つの異なる宇宙に所属しているのである。この二つが全体として場によって結ばれていると想定してみた。このモデルによれば、現実に対する時空の観点のどちらを取るかはまったく恣意的なので、実に魅力的なシンメトリーが出来上がる。この論文で導出した解は、速度が小さく、曲率も無視できる、と仮定した場合にのみ正しい。

この解は統一的性格を有するから、この作業の範囲を左右対称で時間の逆流する、曲率半径の同じ二つの多様体へと拡大するのも、興味あるものであろう。

(*) 1977年3月28日の講演

(1) J.P. Petit, G. Monnet, 「報告」Compte rendu, 283, serie A, 1976, p.1057.

(2) O. Heckman, E. Sücking, 「世界モデル」Worlds Models. SEU, 1958, p.148-159.

フェリペール＝ゴー通り10番地
エクス・アン・プロヴァンスにて

資料 6

「磁気流体力学——新種の磁気流体力学コンバーター、誘導装置」

アレクサンドル・リクネロヴィッチ氏の紹介によるジャン＝ピエール・ブチとモーリス・ウィーソンの覚書^(*)

新しいタイプの円盤状MHDの加速機で、誘導装置とイオン化制御装置がついたものが提示されている。機体は独立した発電装置を備え、MHDエアロダインの誕生を可能にするものである。側壁にプラズマを閉じ込める方法が紹介されている。

1. はじめに

前の覚書⁽¹⁾ではかなり特殊な外形のMHDコンバーターで、強力なホール効果を利用するものが記述された。これらの装置のうち幾つかのものについては、現在実験の対象となっている。

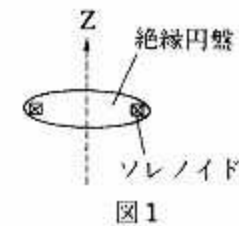


図1

側壁イオン化装置



図2

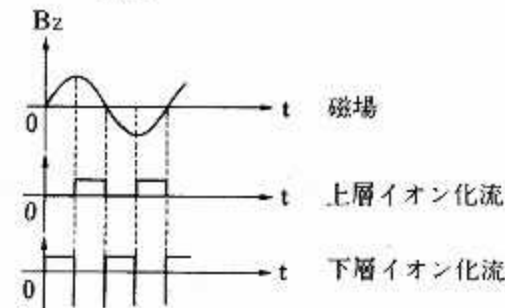


図3



この覚書では、交流磁場のMHD加速機が論じられる。交流電流の流れるソレノイドが周縁に配置された、絶縁素材でできた円盤(図1)を考えてみよう。この磁場の変化によって、円盤に接する流体に、誘導電流の円環が生じることになる。ホール効果は無視し得るほどのものだと仮定しよう。これらの誘導電流はB場の瞬間値と連動して、遠心性と求心性を交互に帯びる動径方向の力を生む。システムは球対称だから、この力は動径攪拌効果しか持たず、1サイクルにおける運動量の積はゼロである。誘導電流の強さは、場Bの強さとその周期Tによって異なる。B/T比の閾値以下では、この誘導電流は微弱なままである。

2. イオン化制御加速機

円盤の側壁に、イオンを生じさせる何らかのシステムを取り付ければ、事情は違ってくる(図2)。この装置があれば加速機側壁に接するどの面においても、誘導電流の制御が可能となるのだ。図3に従って、イオン化装置の電力供給を調節してみよう。イオン化緩和の時間が、場Bの周期Tの前では微少である条件にあるとする。

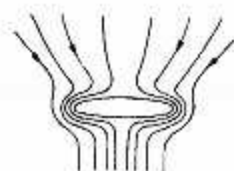


図4

3個のソレノイドの外形

磁場の力のカーブ

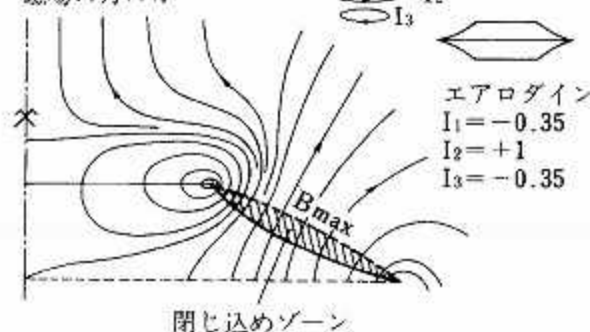


図5

の条件が現れると、ラプラースの放射状の力が円盤の上部で遠心性となることは、容易に見て取れよう。イオン化された空気はパルス脈状に求められており、図1に従って流体の流れが形成される。

3. MHDエアロダイン

この加速機が独立した電気エネルギー源を持っていれば、誘導電流でイオン化制御のMHDエアロダインが得られるだろう。前の覚書⁽¹⁾ではMHDエンジンが記述されていた。二サイクルエンジンで、圧縮段階の最後に融合反応の混合気体にMHDが生じるというものである。このときプラズマは膨張を開始し、エンジンはこの第2段階でホールタイプの発電機として機能する。

参考までにラルフ・モワールの最近の論文⁽²⁾を引用しておこう。モワールもやはり交流MHDエンジンを提起しているが、方式は違っており、もっと簡単なもののようにある。本質的な要素は円盤状のチャンバだが、これはトカマックに他ならない。モワールは、ローソンの条件はMHD圧縮において達成できると評価している。ちなみにこの圧縮機のタイプは、シートピンチ型である。この場合は融合プラズマの膨張が磁場の力線を圧縮し、誘導による電流の直接生産を行う。エアロダインもエンジンも誘導電流によって動作するから、この二重方式のメリットは、電極を通じて強い電流が移動する問題から解放されるところにある。

4. プラズマと側壁との接触

円盤加速機の誘導ソレノイドによって生じる磁場は、側壁において極大となる。従って磁圧は、側壁から遠く離れたところに放電を移動させる傾向を帯びる。MHDの相互作用のポジションを制御したい場合には、側壁にではなくその周辺に最大限の場をもたらすような幾何学形を援用しなければならない。それは恐らく図5に示したような、複数のソレノイドの幾何学形によって得られる。計算によれば、磁場の強度はほぼ円錐形の表面において最大となるのである。このエアロダインの側壁は、ラプラースの力が場の線に対してタンジェントであるように、場の線に対して直交垂線を選ばねばならない。MHDエアロダインは、ジャン＝ピエール・ブチのアイディアである。数個のソレノイドに接する幾何学形は、モーリス・ヴィトンによるものである。

(*) 1976年12月8日の講演

(1) J.P. Petit, 「報告」 Comptes rendus, 281, serie B, 1975, p.157.

(2) R. Moir, 「融合からのエネルギー直接変換」 Direct conversion of energy from fusion, Rapport UCRL, 76096, Lawrence Livermore Laboratory, California, U.S.A.

ロメンヌ通り、22番地、オーバーニュ

資料 7

「ローレンツ力による衝撃力の相殺」

ロマン・B.ルブラン 著
国立科学研究庁、フランス)

目的 1950年から1972年の間に、プラズマ加速の理論的、実験的研究が、二つの方向に向かって進められた。一つは、高エンタルピーの風洞での再突入のシミュレーションであり、もう一つは、宇宙空間でのプラズマ推進である。再突入のシミュレーションに関しては、1972年に、ほぼ全容が解明されたとして、研究が打ち切られた。宇宙空間でのプラズマ推進に関しては、火星への長期宇宙旅行の計画が中止されたため、やはり、研究が打ち切られた。宇宙空間でのプラズマ推進では、旅行の期間が与えられると、最適な推進値を決めることができる。しかし、月までの旅行では、距離が短いため、洗練された大型MHD (=磁気流体力学) 推進装置は必要ない。

これは、MHDに使い道はないのかということ、実は、超音速飛行というすばらしい応用があるのだ。この論文では、MHD推進で、衝撃波が相殺できることを示す。現在は、まだ基礎研究の段階であるが、最近、フランスは、この研究に補助金を支出することを決定した。この論文では、コンピューターによる数値シミュレーションの結果を報告する。シミュレーションの状況は、熱いアルゴン気体の中での衝撃波の実験を想定している。熱いアルゴン気体は、高い電気伝導率を達成し、非平衡状態のイオン化による不安定性を取り除くのに必要なのだ。最近、政府の30万ドルにのぼる研究資金が、実験を担当するルーアンの熱力学研究所に与えられた。

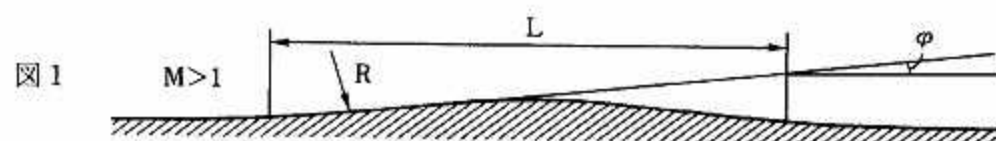
1. はじめに

● 文献1と2の実験では、衝撃チューブ内において、熱に攪乱されることなく、プラズマ推進が得られることが確かめられた。しかし、ジュール効果が強い

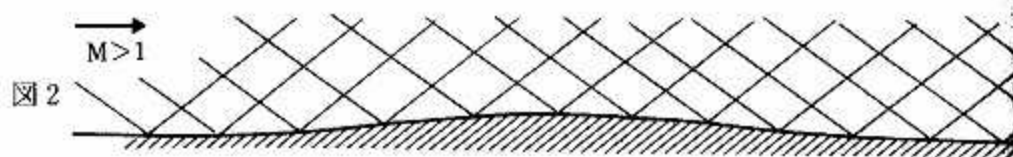
ときには、局地的に、超音速衝撃波が生じることがある。このエネルギーが大きくなると、圧力勾配による減速力が、電磁推進力を上回ってしまうこともあり得る。簡単な理論的考察から、次のような条件が満たされれば、プラズマ推進が可能になる。

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v} \quad \frac{\sigma B^2 L}{\rho V (\gamma - 1)} > 1 \quad (1)$$

この無次元の量は、古典的なMHD相互作用パラメータと同じものだ。分母の $(\gamma - 1)$ は、気体が、内部エネルギーをためこむことによって、圧力のはねあがりを抑えることを示している。この式は、参考文献1、2の実験とよく合う。この二つの実験は、熱擾乱を扱った唯一の実験である。この論文では、まず、第一段階として我々は、一次元系の分析を行なう。図のような凸凹の壁を考えよう。



ローレンツ力とジュール効果を扱う通常の方法で、気体のさまざまなパラメータ(速度、圧力、密度、絶対温度)の変化を導くことができる。モデルで指定される微的な線(characteristic line)が気体の上昇流と平行に保たれるならば、衝撃波が生じない。



α をマッハ角と呼び、 ϕ を実験室系で壁の凸凹が接線となす角度としよう。次の条件が満たされれば、平行性は保たれる。

$$\frac{dM}{M} = \sqrt{M^2 - 1} d\phi \quad (2)$$

これから、

(72)

$$JB = \frac{M^2(\gamma - 1)}{2\sqrt{M^2 - 1}} \rho V^2 \frac{d\phi}{dx} + \frac{J^2}{\sigma V} (\gamma - 1) \left(1 + \frac{\gamma M^2}{2}\right) \quad (3)$$

が得られる。 $d\phi/dx$ の物理的な意味は、曲率半径Rの逆数である。この式は、壁の両側に衝撃波が生じないために必要なローレンツ力をあらわしている。次に、衝撃波の発生領域内における実際の実験に関係付けることのできる物理量と、その好ましい値を列挙しておく。

試験気体	: アルゴン
気体温度 T_g	: 10000度K
密度 ρ	: 0.05kg/m ³
流れのマッハ数M	: 1.5
気体速度V	: 2500m/s
電気伝導度 σ	: 3500Mhos/m
熱容量比 γ	: 1.275
壁の曲率	: 0.2m
MHDチャンネルの長さ	: 0.1m
試験時間	: 100 μ s
磁場B	: 2テスラ
電流密度	: 200アンペア/cm ²
ベータパラメータ β	: $\beta < 1$

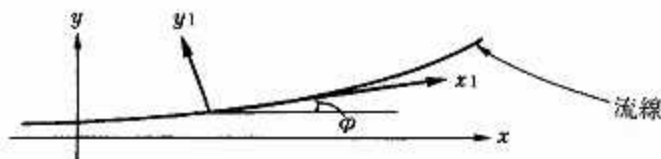
ローレンツ力は、 $d\phi/dx$ の符号に依存することに注意。大まかに言って(=ジュール熱による圧力勾配を無視すれば)、 $d\phi/dx$ が正の領域ではプラズマを加速する必要がある、 $d\phi/dx$ が負の領域ではプラズマを減速する必要がある。気体を減速することは、気体の運動エネルギーの大部分を電気エネルギーに変換するという意味である。これは、発電と同じ原理である。実際、エネルギー収支は、気体の運動エネルギーと電気エネルギーの差によって決まり、これはまさしく熱力学でお馴染みのエネルギー損失である。

(73)

2. 定常状態における二次元系の分析

古典的なオイラー方程式の検討からはじめよう。熱いアルゴン気体が入って、速度の電流 J が流れている衝撃チューブ内では、電子温度 T_e は、気体温度 T_g とほぼ同じにすることができる。このことは、参考文献 1、2 の実験でも明らかにされた。また、ジュール効果は弱くて無視することができ、流れはエントロピーを保存するものとする。このような仮定のもとで、次図を考えよう。

図 3



質量の保存は、

$$\frac{\partial \rho u}{\partial x_1} + \rho u \frac{\partial \varphi}{\partial y_1} = 0 \quad (4)$$

運動量保存則は、

$$\rho u \frac{\partial u}{\partial x_1} + \frac{\partial p}{\partial x_1} = J_{y1} B = F_x \quad (5)$$

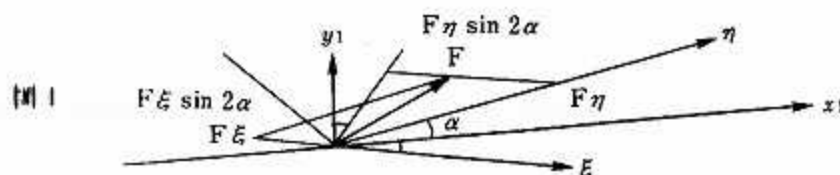
$$\rho u^2 \frac{\partial \varphi}{\partial x_1} + \frac{\partial p}{\partial y_1} = -J_{x1} B = F_y \quad (6)$$

と書くことができる。ここで、系の性格をうまく記述する「特徴的な」座標、 η を導入しよう。この新しい座標系では、方程式は、

$$\sqrt{M^2 - 1} \frac{\partial \rho}{\partial \xi} - \rho u^2 \frac{\partial \varphi}{\partial \xi} = -\sin \alpha F_{x1} - \cos \alpha F_{y1} \quad (7)$$

$$\sqrt{M^2 - 1} \frac{\partial \rho}{\partial \eta} + \rho u^2 \frac{\partial \varphi}{\partial \eta} = -\sin \alpha F_{x1} + \cos \alpha F_{y1} \quad (8)$$

よって、ローレンツ力の座標成分は、それぞれ、



$$\frac{\partial}{\partial \xi} (P - \varphi) = -F_{\perp \xi} \frac{\sin^2 \alpha}{\gamma P} = 2 \frac{\partial \lambda}{\partial \xi} \quad (9)$$

$$\frac{\partial}{\partial \eta} (P + \varphi) = -F_{\perp \eta} \frac{\sin^2 \alpha}{\gamma P} = 2 \frac{\partial \mu}{\partial \eta} \quad (10)$$

よって、ここで P はブースマン数で、

$$dP = \frac{\sin \alpha \cos \alpha}{\gamma P} dp$$

$$P = -\alpha - \sqrt{\frac{\gamma+1}{\gamma-1}} \text{Artg} \left[\sqrt{\frac{\gamma-1}{\gamma+1}} \text{Ctg} \alpha \right] + \text{Cst.} \quad (11)$$

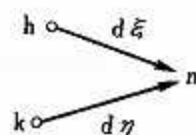
ここで定義される。 λ と μ は、外サイクロイド座標 (epicycloidal coordinates) である。 λ と μ は、ローレンツ力が働かない時は、特徴的な線に沿って定数値を保ち、ローレンツ力があると、外サイクロイド座標は、

$$P - \varphi = \lambda \quad P = P(\text{Mach}) = \lambda + \mu \quad (12)$$

$$P + \varphi = \mu \quad \varphi = \mu - \lambda \quad (13)$$

変化する。流れは、特徴的な線に沿って、逐一、定めていくことができる。

図5



$$\lambda_n = \lambda_h - \frac{\sin^2 \alpha}{\gamma P} F_{\perp \xi} d\xi \quad (14)$$

$$\mu_n = \mu_k - \frac{\sin^2 \alpha}{\gamma P} F_{\perp \eta} d\eta \quad (15)$$

3. 平行性をどうやって保つか

壁から充分離れた所では、流れのパターンが一様だと仮定する。平行性の条件

$$\frac{JBh}{2\rho V^2} = \tan \varphi \quad (16)$$

と書ける。ここで、hはローレンツ力の働く範囲である。この関係式は、流れのエネルギーが速度差に等しいことを言っている。この式は、書き換えると、

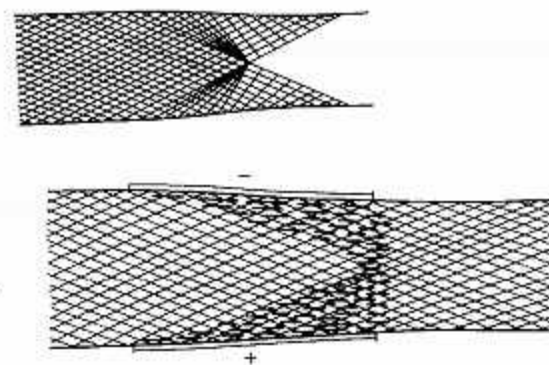
$$\frac{JBh}{2\rho V^2} = \sqrt{M^2 - 1} \quad (17)$$

となる。前掲のデータを挿入すると、例えば、速度差が角度で10度の時、 $h=0.0$ が得られる。

4. 数値計算

まず始めに、チューブの内部解で、 $d\varphi/dx$ が正の領域を考えよう。もしローレンツ力がないとすると、次の図のように、特徴的な線は、チューブの中心を焦点として収束する。

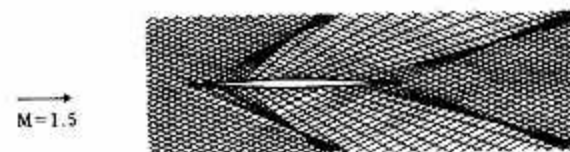
(76)



図の説明：ローレンツ力がある場合の図。二つの連続的な電極がある。

電磁場が示されている。磁場は、二つの三角領域に存在する。磁場は、非一様なものである。電気伝導度は一定だと仮定した。電場は、ポアソン方程式を解いて得られる。

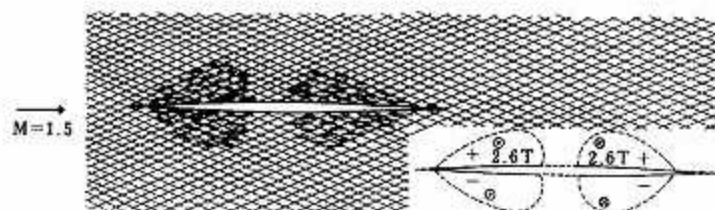
次に、外部解を考えよう。無限大の超音速流の中に、薄い物体が入っている。ローレンツ力が存在しない時は、特徴的な線の切れ目が、衝撃波の生じている場所だといえる。次の図をご覧ください。マッハ数は1.5である。



図の説明：薄い物体のまわりの衝撃波

次に、ローレンツ力を導入しよう(次図参照)。右下に示したような、二つの電極がある。磁場は2.6テスラであり、その向きも示されている。矢印が力の場を示している。プラズマは、前面では加速され、背部では減速されている。

(77)



図の説明：ローレンツ力 $M=1.5$ による衝撃波の相殺

われわれは、ここで得た数値的結果が、実際の衝撃チューブにおける実験において確認されることを願う。もちろん、上記の考察は、薄い物体を扱っているのであくまでも摂動解である。われわれは、いずれ、物体を厚いものに変えて研究をすすめたい。その場合、停滞点の近くに超音速の領域が出現し、超音速から亜音速のスムーズな流れの接続が必要になる。これは、長い到達距離を持ったローレンツ力により達成できるであろう（参考文献3参照）。

5. 将来の非定常状態への拡張

もしも実験が、我々の理論的計算を確認することができれば、その応用は、どのようなものになるであろうか？ まず、熱いアルゴンを持った天体においては、ローレンツ力を使うことによって、衝撃波なしに超音速で飛行することができる。参考文献3で示したように、この場合、ローレンツは、乱気流も打ち消すことができる。では、普通の大気中ではどうだろうか？ 普通の大気中で我々の理論を応用するためには、非平衡状態におけるイオン化が必要になる。また、気体の温度を下げ、電子密度の強い変動が起きるであろう。この問題を解決するアイデアとして、われわれは、前回の国際会議において、磁気閉じ込めの方法を提案した。空において、磁場の変動を許すとして。磁場が強い所では、ホール係数(Hall parameter)が高く、プラズマの局地的な抵抗が増し、電子は、最小磁場に沿って動くことになる。この最小磁場に沿って、電流密度 J は増加し、電子密度と温度が上がる。その結果、局地的に強結合クーロン状態が達成され、ホール係数を減らす。我々、非一様なホール係数の場を得ることになる。もし、この係数値が臨界値よりも低ければ（クーロンのプラズマにおいては、ほぼ2）、最小磁場に沿って、「流れ

は安定し、周囲は、不安定なホール係数プラズマが取り巻くことになる。この、磁気閉じ込めによるプラズマ安定化の方法は、核融合の閉じ込めとは大分違ったものである。

この方法は、希薄気体ではうまくいく。衝撃チューブの中の密度の高いプラズマにおける実験は、フランスのMHDプロジェクトチームによって行なわれるであろう。コンピュータを使った数値実験では、挿入物体の周辺で最小電気伝導度が実現され、冷たい気体の中でも、衝撃波の相殺が可能だという結果が出ている。実験数値として、

特徴的長さ L	: 10m
気体温度 T_g	: 300度K
密度 ρ	: 1.3kg/m ³
気体速度 V	: 660m/s
MHDチャンネルの長さ	: 0.1m
磁場 B	: 4 テスラ
電流密度	: 15000アンペア/cm ²

である。冒頭にあげた基準により、熱擾乱を防ぐためには、電気伝導度が1Mho/m程度であればよい。この条件は、強い電場による「自然な」非平衡操作、または、壁からのマイクロ波の放射（コントロールされたイオン化）によって、きわめて容易に達成される。

強い磁場は、加速を助けることも付け加えておこう。高い β 値をもった幾何学的配置は、今までとは全く違ったものである。なぜならば、ローレンツ力を壁に垂直に与えることができるからだ。挿入物体が気体の中に入ると、停滞点の周辺で流れを「分離して」下降流として、ゆっくり「閉じて」やるのがいいように思われる。これは、「媒体が入ってきたのと同じ状態を出してやれ」という原則を守ることだ。もしもローレンツ力が慣性力と平衡を保つことができるのであれば、流れに沿って、気体圧力を一定にすることが可能であろう。この方法は、超音速領域での流れの方程式の一種変わった解法となるであろう。

他方、高ホール係数のMHD変換器は、ディスク状が良いと思われる。同じく、ディスク状のエアロダインが高 β の状況下にうまく適合することもわかる。

この研究は、フランス国立科学研究庁(CNRS)と研究工業省の援助のもとに行われた。

参考文献

- 1) B. Fontaine:「イオン化されたアルゴン気体中の横波電磁場の影響について考察」"Contribution à l'étude de l'action d'un champ magnétique et électrique transversal sur un courant supersonique d'argon ionisé. Cas d'une décharge pure. Cas de la conversion MHD." Thèse CNRS n AO 7860 IMFM 1973.
- 2) B. Forestier:「イオン化されたアルゴン気体中のラプラス力の影響についての考察」"Etude de l'action des forces de Laplace sur un courant supersonique d'argon ionisé." Accélération. Thèse CNRS n AO 7861 IMFM 1973.
- 3) J.P. Petit:「磁気閉じ込めによるヴェリコフ不安定性の除去」"Cancellation of the Velikhov instability by magnetic confinement." Eighth international MHD meeting, Moscow 1983.

解説

「資料2～7」

資料2の解説

今世紀の初め、物理学者たちによって物理学の定数が次々と発見、測定された。それは数値が正確に決定された重力定数 G であり、システムや測定場所がどうであれ、絶対定数として示される光速度 c であり、電子と陽子と中性子の質量 m_e 、 m_p 、 m_n であり、プランクの定数 h である。これらの大きさはどれもみな絶対定数と見なすというコンセンサスも成立した。その後これらの大きさを別々に変化させることも試みられたが、すべからず実験や観測の面で矛盾を露呈してしまっている。そのため、定数全体として一貫性が保たれていると思われていた。それでも物理学者ディックは重力定数 G の変動を導入しようと試み、このテーマに関する研究論文をいくつか発表した。残念ながらあまり説得力のあるものではない。

以上の論文は今まで誰も試みたことのない重力定数 G と光速度 c の同時変動を考慮したものである。そして驚くべきことにこれらの変動が一般相対論におけるアインシュタイン方程式では見逃されており、またいわゆるロバートソン＝ウォーカー解のヴァリエーションにすぎないとは言え、 G と c が可変である解が出現したことも確認できたのである。計算を重ねて矛盾を追求してみても、どこにも矛盾はなかった。新しい考え方のおかげで、破綻はなくなるのだ。私の理論では、すべてのエネルギーはこの宇宙空間で保存されるが、質量は保存されないのである。質量はもはや単なる計算の媒体としてしか現われない。例えば有名なエネルギー mc^2 はきちんと保存されているが、質量 m の変動は c の変動に従い、全体としてはアインシュタインのヴァリエーションは矛盾しないのである。

そして最終的にはフリードマンのモデルのように三つの解にではなく、たった一つの解に行き着く。それだけでもすでに驚くべきことであるが、この解には興味深い特質がいくつかある。古典的モデルにまつわるいくつかの逆説は、解消されるのである。たとえば一個の粒子が宇宙の「ゼロの瞬間」もしくは $t=0$ にきわめて

近い瞬間に電磁波を放射すると、古典的アプローチではこの電磁波は半径 ct の球体の範囲に広がることになる。この大きさ ct は、宇宙論の地平線と呼ばれている。だが粒子間の平均距離は $R=t^{2/3}$ の放物線を描いてもっとずっと速く増大するという事実から逆説が生じてくる。つまり粒子同士はエネルギー交換の情報が進むよりもずっと速いスピードで遠ざかってしまうのだ。となると宇宙の幼年期には粒子間の相互作用は不可能だったのに、どうして宇宙がこれほど一様なのかという疑問が当然生じてくる。今日までのところ、「宇宙は一様なものとして誕生したのだから」というのがその答であった。

われわれの研究では、宇宙が $t=0$ に近いときには光速度がもっと速くなるので、電磁波はもっと速いスピードで伝播することが解明された。どの時代にも粒子は相互に作用し、宇宙の一様性は自然に保証されていたわけである。ア・プリオリな一様性などという仮説を立てる必要はもはやない。それは本論の成果(8)としてまとめられているから、これだけでこの試みの正当性を十分に保証しうるものである。

このような見地からすると、宇宙はもはや膨張しているのではない、と言うよりもそのような言い方はもはや無意味なのであって、粒子、つまり宇宙に含まれる恒星や星雲も、宇宙とともに膨張しているのである。5. ではこれがさらにこの事実がシュレディンガーの方程式とマックスウェルの方程式の、「ゲージの変化」に対する不変性を導くことを証明しており、これが宇宙の根本的特質であることを示しているものと思われる。

資料3の解説

この二番目の論文は、ハッブル・ド・ヒューマソンによって発見された遠距離天体の赤方偏移現象を分析したものである。赤方偏移は古典的理論のようにドップラー=フィゾー効果に帰せられるものではなく、光子のエネルギー保存+プランク定数の変動によるのだ。この赤方偏移、 z から、対象の距離を推定するために、徹底的な計算が行われた。「中くらいの」距離では古典的法則がそのまま適用しうるし有名なハッブルの法則も認められる(9)。

したがって観測との矛盾点はない。それでは時間が測定には現れないのに、どうして物理定数が時間によって変動するのか、と疑問に思う読者もいることだろう。だが測定の道具もやはりこれらの同じ定数を基盤としており、やはり時間とともに

変化するのである。したがってこのような変動をある一点で測定することは不可能なのだ。リボンを使ってテーブルの大きさを計るものとしよう。いつ計っても結果は変わらないが、厳密に言えばそれはテーブルとリボンの長さが常に一定しているという意味ではなく、単にどちらも同時に進化しているからにすぎないのだ。これが「時間」変動の考え方である。

ここで相対論的エントロピーを計算してみると、古典的モデルでは一定しているはずなのに、ここでは時間の経過にともなって増大していることが分る。物理学の観点(第二法則)からすれば、このほうが満足できる結果である(14)。

今度は時間変数を変え、古典的時間変数 t の代わりに、この変動するエントロピーに従って計算してみよう。すると計量は数学的に見て非常に興味深い形を呈する(10)。それにもしエントロピー変数 s のほうが時間 t よりも適切であり、この変数 s が真の時間であるとすれば、宇宙創成の最初の瞬間は $s=-\infty$ に遠ざけられることになる。最初の特異点はもはやなく、「 $t=0$ の前には何があったのか」という疑問も無意味になる。

この宇宙の誕生とその過去に関する問題についてひとつ指摘しておかねばならない。宇宙が $t=0$ に近い、最も遠い過去にどんな状態であったかと疑問に思うときは、時をさかのぼり、宇宙空間のスープのすべての構成要素が光速度に近い速度(粒子の熱運動の)にある状況に到達することになる。時間の計測はナンセンスなものになる。実際どんな時計で、原子が c に近い速度で運動しているこの時間を物理的に計測できるのか。周知のように物体の速度が c に近づけば、その時間は「凍結」する傾向を示すのである。このような条件での時間の記述は、有名なアキレスと亀の寓話を想起させる。それよりは変数 s による出来事の解説のほうが満足すべきもののように思える。その違いをやさしいイメージを用いて説明してみよう。宇宙が一冊の書物だと想像してほしい。時間 t はこの本の厚さである。厚さを計ったからには、最初のページ、この場合には「著者の序文」には何かが書いてあるのかと思うのも当然である。だがいざページをめくって過去にさかのぼるにつれて、このページ自体がだんだん薄くなることを想像してみよう。そうすれば「今の」ページと「本の冒頭」の間には数限りない出来事が書かれていることになる。変数 s は何のことはない、ページの番号なのである。過去にさかのぼればページ数は無限になり、本の厚さ(時間 t)という観念を持って本を「読む」のはまずいやり方だったということになるのである。

資料4の解説

古典的モデルに競合するモデルも、観測して確認できる可能性がないのであれば、意味はない。古典的モデルでは非常に遠距離の、非常に大きな赤方偏移 z を有する物体の行動は、大きさが一定だとすると奇妙なものになる。物体の見かけの直径は、ある一点で正確に測定しうる大きさであり、「純粋な」大きさであるが、これが距離に応じて縮小しはじめるのだ。その後この見かけの直径が最小値($z=1.25$)を経て、今度は直線的にどこまでも増大しはじめる。この逆説は、見かけの直径の「化石」を測定するという事実から生じるものである。宇宙が $t=0$ （これは誤っているが、われわれの論拠を位置づけるのに役立つ）に非常に近いときも、星雲は存在していたと想像しよう。これらの星雲がわれわれに非常に近づいたとき、われわれは目に見える通りの見かけの直径を測定することになる。光の伝播速度が遅いので、われわれが測定値を得るのはずっと遅く、たとえば100億年後のことにすぎない。この宇宙の進化にまつわる厄介な逆説が生じるのもそのためなのだ（図1の点線のカーブ）。

ここに提示したモデルではすべての物体は宇宙とともに大きくなり、非常に遠距離の物体の見かけの直径は、この事実を裏書きするものなのだ。その結果としてクエーサーが進化しないものとして—これもまだ仮説にすぎないわけだが—その見かけの直径は、ある定数に近いものとなる（図1の直線カーブ）。したがって観測結果（電波天文学による）を基礎にこのモデルか古典的モデルかを選択できるわけである。

電波天文学によって得られるデータでは古典的モデルよりもわれわれのモデルのほうが若干有利となっている。将来もっと大きな赤方偏移を示す物体を、もっと正確に測定できれば、おのずと結果が出るであろう。冒頭に掲げた論文の結果③と結びつけてみると、この見かけの直径 ϕ は単に距離 d の逆数で変動するだけであることが分るが、これは大変驚くべき結果である。

第二部では事のついでにボルツマンの方程式も、やはり冒頭の論文に提示されたゲージ関係に従っていることを証明している。このようにして物理学において知られる方程式はすべてこれらの関係に従っているのである。

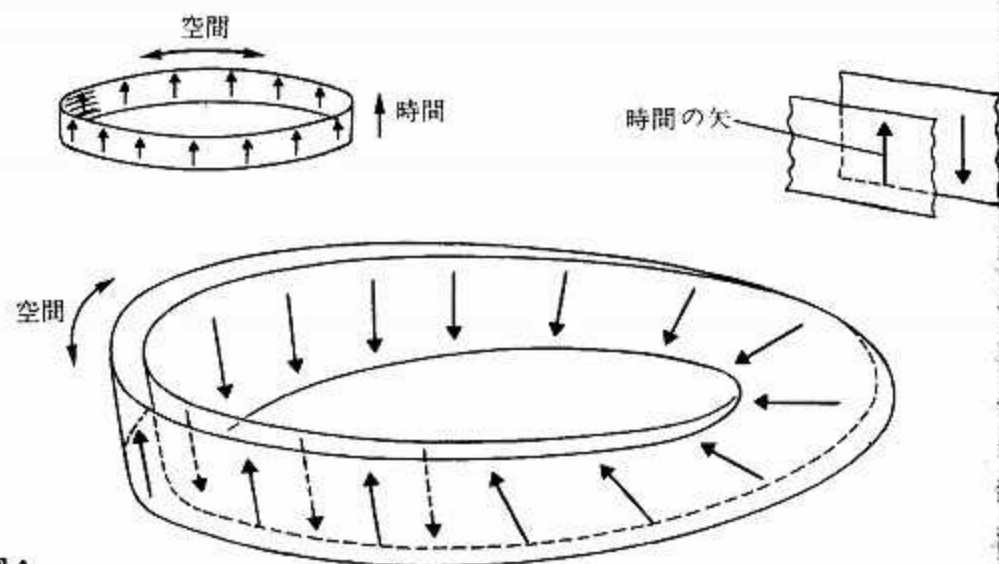
資料5の解説

宇宙空間の進化は、ニュートン力学で解明しうるものだ。ミルンが1934年に証明したように、宇宙空間の進化の本質的諸特徴（ハッブルの法則、フリードマンの方程式）は、非相対論的モデル、つまり平坦で曲率がゼロで、重力や光の作用が無限の速さで伝播するような、ユークリッド的宇宙によっても把握可能である。私は、 M^4 の宇宙を考えた。これは方程式（ボルツマンの方程式とポワッソンの方程式）によって記述され、時間の矢が反対方向に、鏡に向き合った形で左右対称になっているものである。私の考えは、単に二つの宇宙の構造と法則が「鏡に向き合った」形になっていることを示すにすぎない。たとえば電磁力の古典的な「三本指の規則」は、われわれの宇宙では右手によって表わされるわけだが、これがもうひとつの宇宙では左手によって表わされるはずなのである。この二つの宇宙はバラバラに切り離されているが、「共通の場」をつくっていると考えられる。そうするとフリードマンの方程式③と類縁関係にある方程式に到達することになり、これには電磁力現象が考慮に入れられている（フリードマンの方程式はそうではない）。

このモデルを採用すれば、宇宙は時間とともに膨張しているのか、それとも右と左に曲がって行くのか、などという疑問は消え去ってしまうだろう。「それはあなたが時空のどの地点に立つかによる」というのがその答になるのである。

以下の二つの図はその後現在に至るまで進行中の研究を分りやすくイメージ化したものである。宇宙空間のこうした双子的性格自体も、やはり見かけのものにすぎない。時空はひとつなのだが、自己自身と相互作用を行っていると考えられる。図Aは時空の断片を表わすが、これには閉じた空間の次元が一つと時間の次元（矢印）があるのみである。読者もこのメビウスのリボンを包みこんでいる二番目の絵を見ながら、このようなテープを作ることが簡単にできる（その場合にはテープを切って、もう一度貼り直すことになる）。数学者なら誰もが知っているこの幾何学的状況によって、時間の矢が正反対になっている空間（反転した）における両極が「向かい」形になる。

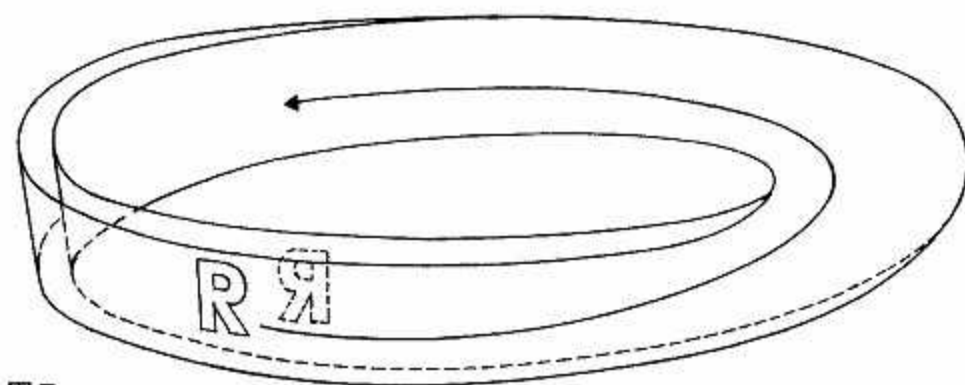
図Bは左右対称性の図解である。Rの文字をテープに沿って持続的に滑らせて一周回らせ、最初の位置に戻って来ると、逆向きのRとなり、ロシア語のЯ（イア）と思わせるものになる。



図A

双子の時空構造の概略

時間の矢はひとつしかない。しかしメビウスの二つの薄板によって幾何学的図形が形成され、二つの時間の矢が逆向きになった二つの時空であるかのような幻想を生じさせている“ビッグバン”のとき二つの薄板は「貼り合わされる」のである。そして宇宙は非時間的であり、時間は「存在しない」のである。



図B

Rの文字が宇宙を一周すると、初めの文字に対して左右対称に、鏡に向きあった恰好になる。Rはちょうどロシア文字のЯとなるのである。二つの宇宙は左右対称である。“ビッグバン”のとき、二つの薄板は「貼り合わされる」のである。そして宇宙は方向性を失うのである。

このようなアプローチでは、全体が膨張するのである。だが「最初の」瞬間に

は「二枚貼り合わされた」恰好になっている。時間は空間とともに方向づけられないものとなったのである。わたしは現在でも宇宙論の研究を続けており、宇宙がメビウスのリボンの一種を三次元もしくは四次元においてさえ包みこむことに気がついた。ひょっとしたら宇宙は「オリガミ」なのかも知れない。

資料Bの解説

この論文はわたしがMHDエアロダインに関して最初に発表した三点の論文のうちの一つである。これを選んだのは形状が円盤であり、ユミットの文書から直接ヒントを得たものであるからだ。空気は側壁イオン化装置によってイオン化されているが、これは手紙ですべて説明されているものである。イオン化はパルス化されている。ソレノイドのシステムによって物体の周囲には可変磁場が形成される。イオン化が安定して行われれば、気体は放射状に運動し、遠心的になったり求心的になったりする。磁場によって機体の内側と外側のイオン化状態を適度にシンクロナイズすれば、機体の上部には遠心力が、下部には求心力の場が働くことになる。したがって空気はヘリコプターのローターの働きと同じように、強力に吸いこまれるわけである。MHD研究からは他にも様々な研究論文や実験が生まれている。だが財政的支援が得られないので、10年前に中断を余儀なくされたものである。

資料7の解説

これは1987年、筑波のMHD国際学会で行った発表である。1950年代の流体力学技術に基づき、コンピューター——この場合は単なるアップルのマッキントッシュだが——による諸方程式の数値解を加味しつつ論考したものである。そして流体が超音速で流入する絞りの内部、もしくは気体中をやはり超音速で移動する薄い翼の外側の周囲では、電磁力、つまり独立した磁場と気体中の放電流の組合せを気体（相互作用の帯域では自然にもしくは人工的にイオン化されている）に作用させることによって、衝撃波は非常にうまく除去できることが証明されている。

考え方としてはごく単純なものである。衝撃波が生じるのは気体が速度の変化、とりわけあまりにも急激な減速にさらされるからである。したがって気体が減速する傾向のところは加速し、逆に加速気味のところは気体を減速させねばならない。つまり流れを完全にコントロールすれば、大量のエネルギー損出と熱効果の原因と

なる衝撃波は生じないのである。計算は高熱(10000℃)で高速度(2700m/s)のアルゴンが発生する、実在した風洞による実験をベースとしたものである。試験気体の圧力は1バールであった。わたしが指導教授となってこのテーマに関するドクトラール論文が二点作成されているが、流体力学研究室の通常予算としては比較的低額で済むものにもかかわらず、実験は一度もできなかった。これらの研究はまったく新しい基礎的研究分野を開拓したものであり、超音速流体力学が、衝撃を容認するものと衝撃を排除するものの二つに分断されることを示すものだ。そしてさらに衝撃波のない、高密度の気体中の極超音速飛行の可能性に道を拓くものなのである。

結果は本文に挿入された図に分りやすく示されている(5、計算結果)。最初の図は絞り(気体は左から入る)における諸特性の交錯を示しているが、これが原因となって衝撃波とパイプのブロッキングが生じるわけである。二番目の図は、電磁場の作用によってこの諸特性の交錯が防止され、したがって衝撃波の発生が防止されることを示している。

その次の図は力場の場が存在しない場合の、超音速気体流中に配置されたレンズの翼の輪郭を示す。諸特性の交錯は、圧力の変調の集積を表わすものであり、衝撃波の発生する場所を指示している。その次の図はこの衝撃波をいかに除去することができたかを示している。これらの計算はすべて、物理的パラメータに相当して、衝撃チューブと高熱気体の発生源に用いた気体力学の面でも、使用すべき磁場がたとえばテスラ級のもののなので、電磁力の面でも大変使用運用しやすいものであった。実験終了まで衝撃波を除去しておくのに必要となるエネルギーは、単純な縮台によって供給されるはずであった。しかしこの研究がUFOのテーマに近いものであることから、激しい「免疫学的」な抵抗が生じてきた。そのためわれわれに1987年の筑波学会のときも、もっと最近では本論よりも重要な内容を含む研究発表を承諾してくれた1992年の北京での学会のときも、自分で出席し発表する財政的可能性は与えられなかった。フランス政府はこの研究に関心を抱くことを拒んだ。かりか、この計算を首尾良く成し遂げた院生たちにポストを与えることも拒んだのである。現在ではこの研究はフランスではタブーのテーマとされ、完全に見放されている。だがごく最近になってカナダ人の研究者が同じ計算をし直し、計算式で解を出すのに別の方法を駆使しつつ、まったく同じ結果に達している。今後彼がわれわれよりもチャンスに恵まれることを祈る。

資料 8

◆後の研究の展望

1991年に本書がフランスで出版された後に、わたしが新たに読みえたユミットの手紙を手がかりとして独自の考察を進めてきたのは、第三部に述べた通りである。ここではその考察、さらに科学的な側面をいくつか紹介して、ユミットの科学の射撃軌道の大きさを強調しておきたい。

わたしとしてはこと科学に関するかぎり、厳格な審査を経てトップレベルの学術誌に掲載されることが、最も重要な評価の基準と考えているから、その意味では次に出ることはあくまで今後の研究の展望であり、さらに詳細かつ厳密な検討を重ねなければならぬものであることを、ここにお断りしておく。

1. 磁気流体力学に関する考察

1991年の秋、わたしの自宅に近いカグラッシュ原子力研究所で、MHD国際学会が開催された。この分野についてはどの国も長年にわたってあまり関心を示していなかったのだが、最近にわかに脚光を浴びてきており、ここ数年は日本が主導的地位を占めている。学会には数名の日本人が出席していたが、残念ながら名前は思い出せない。以後に述べる考察はこれら日本人の専門家を念頭においたものである。

フランスではこの会議の1年ほど前にPAMIR(MHDの産業や研究への応用を目指す組織)という委員会が創設されて、種々の組織がここに一括統合された。この委員会の代表も学会に出席していたので、わたしとても25年間この分野の研究にたづなわれてきたのだから、この機会に加盟したいと申し出た。だがそれはわたしが継続的にMHDを研究する組織に所属していないから」という理由で受け入れてもらえなかった。あれ以上しつこく言っても、おそらく無駄であったろう。UFOに興味を持ち、ましてや地球外生命との接触の可能性を云々したりすることは、このフランスではそれだけで科学者としては重大なハンディとなるのである。

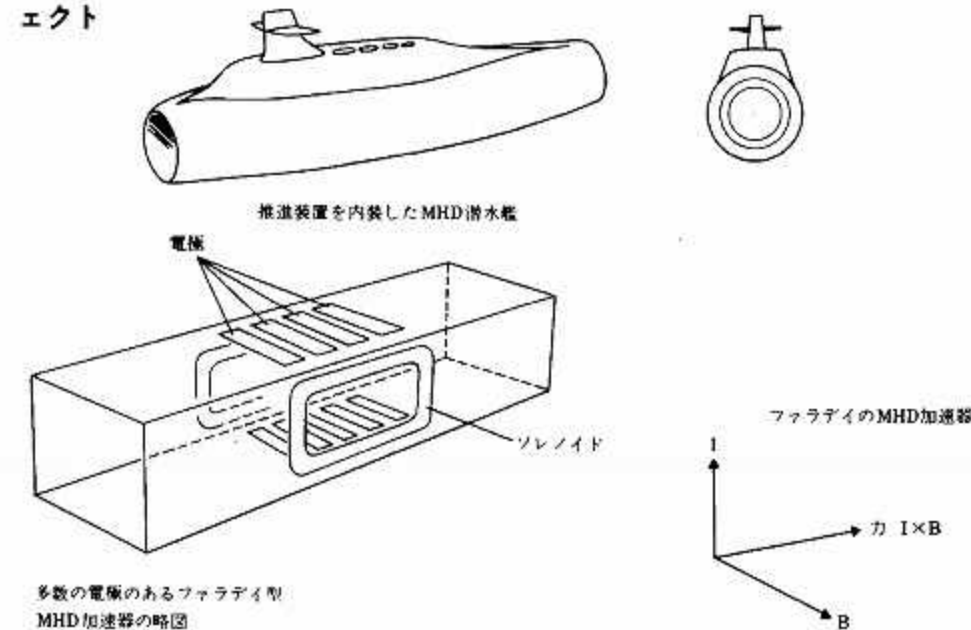
この国際会議では、グルノーブルのフランス人チームが、科学技術研究局

(DRET)、つまりフランス軍事研究の委託で行った理論の研究発表を行っていた。彼らはこの分野では新参者にすぎず、もはや時代遅れになっているMHD原子力潜水艦プロジェクトをあらためて取りあげ、それに関するいくつかの計算を披露したのみであった。

ショーン・コネリー主演の『レッド・オクトーバーを追え!』にも出てきたように、ソ連の原潜の中にはこのタイプの推進装置を、ファラデー加速器による補助関として装備したものがあるのかもしれない。この映画の内容が正しければ、ソ連の原潜はMHD補助推進装置によって最高速に達するか、もしくはまったく音を立すずにある程度の時間航行するかのどちらかである。水中でスクリューが回転するならば、どのような対策を講じてもかなりの雑音が発生するものだ。だがMHD推進の場合だと、航行の過程でどうしても海水の電気分解が生じてしまい、化学変化の痕跡がれっきとして残るのは避けられない。

フランスチームの採用した解決法は、きわめて粗骨なもので、まず船体の中心に沿って巨大な空洞を設け、その外側に複数の電極を付け、その上にソレノイドを巻きつけることによって内部を磁化させようというものである。それはファラデー加速器の最も古典的な形態である。

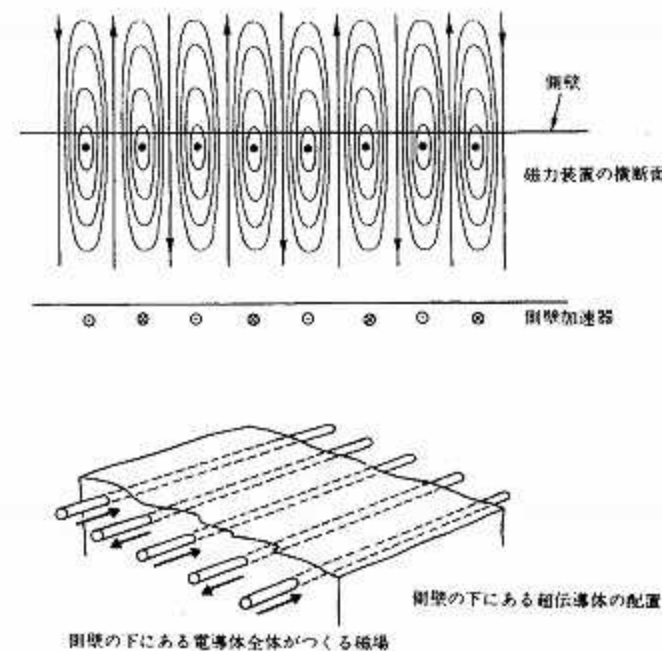
「フランス」による、内部にファラデータイプの加速器をつけたMHD潜水艦プロジェクト

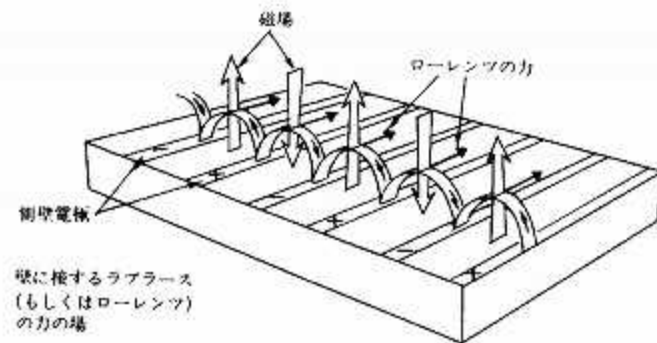


しかしこの方式では外部抵抗がそのまま残ってしまう。潜水艦の船体の外側は周囲の海水に対して受動的になるから、水中を高速で移動する場合には粘度の高い摩擦が生じ、空洞現象にさらされる。

わたしは発言を求め、なぜあなたたちは側壁加速器を援用しようとしなかったのかと質問した。この加速器については、わたしも1983年のモスクワでの第8回国際会議でその原理を紹介しており、今では有名になっているものである。その略図が図1に示す。側壁の下にある超伝導体によって磁場が発生し、波長λの空間的周期性が生じる。側壁の線形電極は外部の海中に放電する。この二つが組み合わさって、わが国ですでに1977年に実験して確認しているように、側壁に接する、きわめて効果的な力の場が形成される。加速力は側壁に隣接する層の厚さλに限定される。この層が薄ければそれだけ効率があがることになる。こうなれば潜水艦は「皮が能動的な」魚も同然である。船体は丸みを帯びた形でもいいし、思い切って球体や卵形にしてもいい。これは居住性や水圧に対する抵抗という意味ではきわめて興味深いものである。パイプ状の潜水艦の場合はこれと正反対の結論になるのが明らかで、およそこの限り最悪の方式だということになる。

側壁加速器の原理



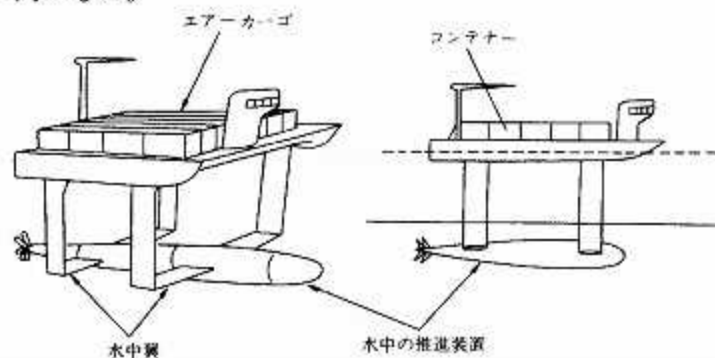


研究グループは、開発された方式で生じる磁気の兆候が最も弱いと思われるものであるが、だからこそわれわれは——単純素朴にも、とわたしは思うのだが——速器を潜水艦の内側につけることで問題を解決したのだ、と反論した。そこでわたしは、側壁加速器による磁場は、わずか数n倍の距離に相当する側壁の距離で急速に地球の磁場よりも弱くなるが、それは超伝導の横棒を分離しているピッチコイル場を生じさせているからなのだ、と再び反論を述べた。しかしこのような論拠に彼らは「馬耳東風」で、それ以上言っても無駄なことが分かった。

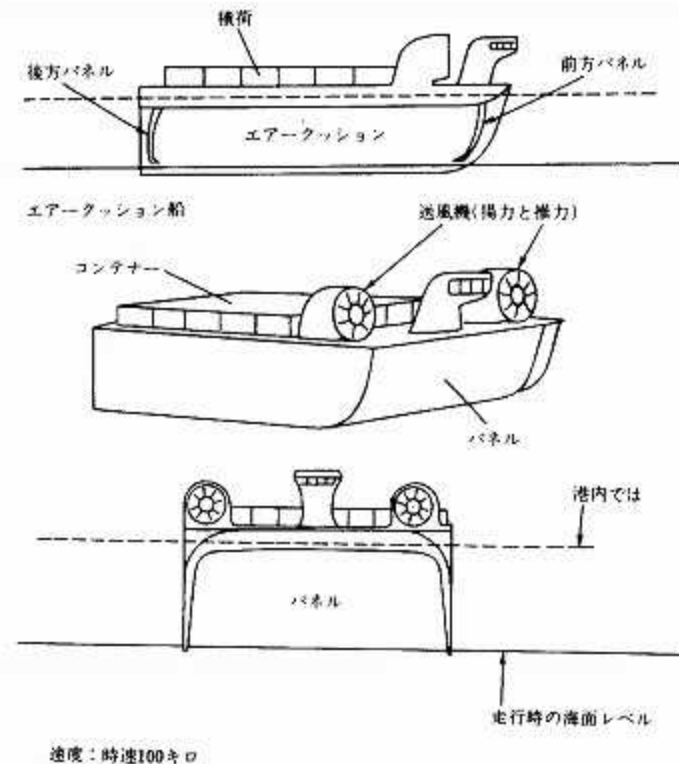
わたしは日本がトラックや鉄道による輸送の不足と不便を解消し、とりわけ土地不足を補うために、これからは高速海上輸送の拡充を目指すのだという断言のある雑誌で読んだ。ホバークラフトの改良型輸送船がその候補となっているが、これはエアークッションの方式に基づき、船体がそっくりそのまま海面上を時速500キロのスピードで飛んで行くというものである。他にもたとえば船と潜水艦の中間のようなもので、推進装置全体が一種の巨大な水中魚雷の中に組み込まれている方式のものもあった。

日本のプロジェクト

プロジェクト1……推進装置が海面下にあり、水中翼を備えた、無蓋の空中船。喫水は非常に高いもの。

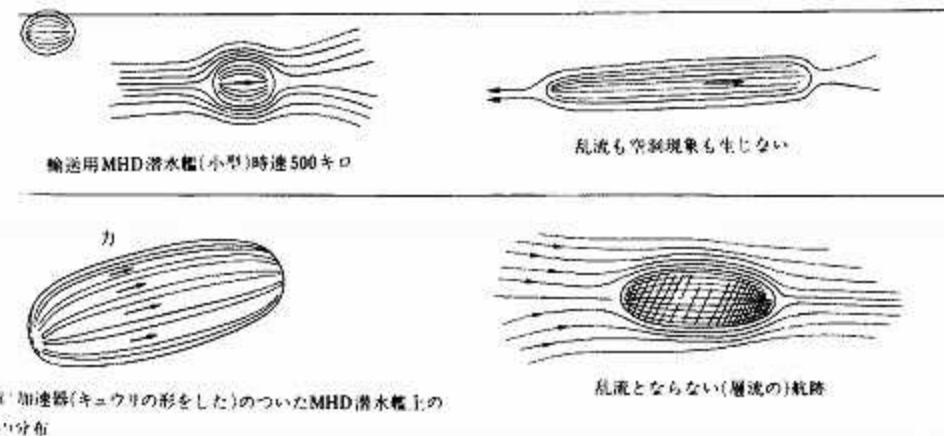


プロジェクト2……エアークッションが前後二枚のパネルによって船体の下に維持されるもの。欠点は喫水が高く、荒天時にはこの柔軟性のあるパネルの消耗が激しいところ。



しかし、MHD潜水艦タイプのものについては、一言も触れられていない。

側壁加速システムによるMHD潜水艦



このような民間用船舶にとっては、化学変化の痕跡はもはや問題にはならないはずである。何と言ってもMHDの原潜は、この分野にすぐにでも応用できる理想的なものである。わたしの考えではこの方式は、地理的条件を考慮するならば、日本の輸送テクノロジーが、どうしても避けられない通過点のようなものである。その点では大量の貨物を高速で輸送できる点にある。スピードが同じであれば船体が大ければ大きいほど経済効率は良くなる。なぜなら容積は特徴的次元の立方体のように増大し、濡れ表面積は正方形のように増大するからだ。

側壁加速器による外部のMHD推進は流体の動きを完全にコントロールし、摩擦抗をなくし、とりわけ望ましくない空洞化現象を打ち消すわけだから、水中では速数百キロのスピードを出すにもさして問題はないだろう、とわたしは常々考えた。水面を走るMHD船は、時代遅れで実用的ではない。MHDは潜水航行のためにこそあるのだ。船体が水深20メートル以上になると、どんな悪天候でも影響を受けずに操縦可能であるのは確実である。たかが500海里ほどの短距離輸送に、どうして飛行機のように複雑で壊れやすく、不安定なものを使ったり、鉄道や高速道路のように場所をとるものを使用したりするのだろうか。MHD潜水艦は人間や、自動を含めた貨物の輸送に適しているのだ。

MHDに関するもうひとつの考察は、エアロダイン、つまり空中を移動する機械対象とするものだ。UFOを目撃した人たちは、この種の巨大なマシンが上空を飛んでも風はとくに感じなかったと証言している。それならば周りの空気に作用するプラウスの力の場を利用して、地上には風を起こさずに空中を浮揚する機械というものが考えられるのだろうか？ 答はイエスだ。機械が上部から吸いこんだ空気を、水平方向に放射状に排気すればいい。

これはたとえば水槽実験で簡単にシミュレーションが可能であり、機体が十分エネルギーを備えさえすればすぐにも実現できる。もちろんこの空気の流れを下方に導き、運動量を回収できればもっと効率は良くなる。ただしこのような側面の排出のおかげで、地表環境を乱すことなく、直接的な移動が可能となっているのも事実である。このようなMHDエアロダインは、ローターなしのヘリコプターのようなもので、埃ひとつ立てずにどんな高度でも移動可能である。

日本の科学者はMHDのこの種の問題についてはとりわけ敏感のようだ。そこでわれわれとしても巻末資料に、1987年に筑波で開催されたMHD国際学会に郵送して表した論文を掲載するのが有益であろうと判断した。この研究は予算がないため

中断せざるを得なかったし、学会に参加するために現地に出張することもできなかったものである。内容は、われわれが1975年以来主張し続けている考えを発展させたもので、波を立てずに海上を高速で移動する方法を述べている。これはつい最近になってある研究者が、もちろんわれわれの研究を知らなかったのであろうが、再び考察を始めており、1992年末の雑誌『ネイチャー』(Nature)掲載論文にそのアイディアが採られている。ここではそれを指摘しておくに留めておこう。

1. 宇宙論に関する考察、モデル化の試み

リットは宇宙空間は双子構造になっていると言っている。わたしはそのような状況をどのような幾何学的形式でもって説明しうるものなのか、長い間疑問に思っていた。カルーザが1920年代に指摘しているように、五番目の次元を加えねばならないのだろうか？ わたしは現段階では新しい場の方程式の可能性を検討している。

$$(1) \quad G = \chi (T - {}^*T)$$

これに対してアインシュタインの方程式は、

$$(2) \quad G = \chi T$$

となる。

ここで方程式の第二辺に第二項を導入し、これが時空の局所的幾何学への、双子構造の貢献を表わすようにするのだ。この試験的モデルによれば、幾何学的コンテンツは次のようになる。宇宙は言葉の空間的な意味でマイナス曲率の超球である。つまり時空は S_2 タイプの「十字形」 R なのだ。宇宙から時間を除けば、それは射影平面上の一枚の薄板のついた外皮になる。これは三次元では古典的なメビウスの二重周期的リボンに相当する。もし「時間の矢」が逆になっているのなら、これは1977年の論文で展開したような、時間の逆流する左右対称の宇宙のテーマと符合することになる。この試論は全体として「CPT不変」のモデルを作ることも視野においている。

わたしはこれと同時にかの有名なブラックホールの先端的分野に関する研究も行った。なにしろユミットは、ブラックホールは存在しないと言っているのだ。わたしはたとえば超円環の変数を様々に変えてみた。そうすることで「ブラックホールの中には何があるのか？」という永遠の疑問を払拭できる可能性が生じるからだ。

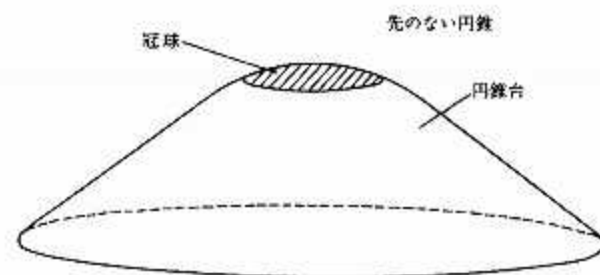
だが変数を変えてみると、円環の円断面に相当する、球体面に関するリーマン計の行列式がゼロであることが判明した。わたしはこの結果にしばし呆然としてしまった。リーマン計量の行列式はゼロであるはずがないのである。

その後わたしは行列式がゼロというのは正常なことで、それは単にこの面を越えるときに空間と時間が逆転することを表わしているのではないかと考えるようになった。そうするといわゆるガウスの座標は定義不能になるのだ。だがこのようなみは、未だ未完成だとわたしは思っている。それはシュワルツシルトの解と同じように、「解の断片」にすぎず、これまでのブラックホールに関するアプローチがすべてそうであったように、第二項のない方程式の産物なのである。

(3) $G=0$

一般的にはこれがこのブラックホールのモデル化の最大の弱点となっている。エネルギー=物質を含まない空間を記述した方程式を出発点として、どうしたら超量級の物体を記述できるのだろうか？ この方程式には第二項がない。そもそもそれはたとえば水星の周囲の進みを生じさせながら太陽の周りを回る星の運行を記述するために——その役目は立派に果たしたわけだが——考案されたものなのである。

真に非定常的な、完全な解は、(1)のタイプの方程式から導き出されるはずだと測される。しかも注意せねばならないのは、場の方程式が軌跡という言葉に意味あるようにするために、持続的測地線全体を生み出さねばならないのなら、不連続性を示すテンソルの場 T を基盤とすることができるということだ。こうしたこと決して矛盾するものではない。なぜならこの種の操作はいわゆる「外側のシュワルツシルト」と「内側のシュワルツシルト」という二つの計量を照合させることによって、すでに行われているのだから。この形状を一般向けに単純化したイメージとして、定常的な二次元モデルを用いて図示することができる。これもやはり円錐台と冠球を接合することになる。接続の条件となるのは、二つの接する面が正確に接合されること、つまりあわせ面の単位長あたりの曲率がまったくないことで、円錐台はユークリッド的物体であり、冠球はリーマン的物体である。ただそれだけのものだ。

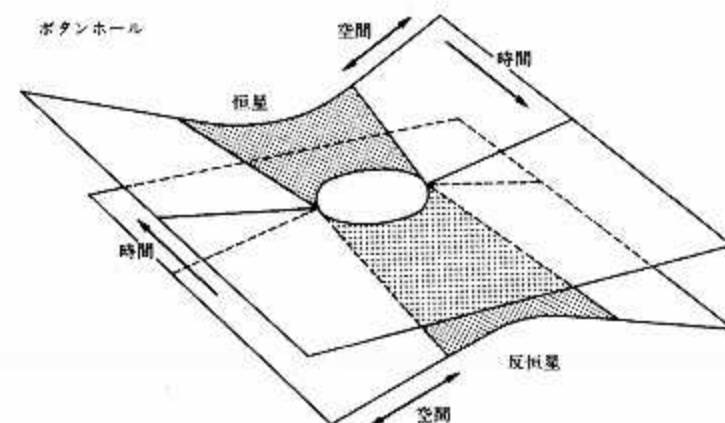


接続円環にはまさしくテンソルの場の不連続性がある。これは四次元の世界では、定常的構築物において、星の内部では形状は $G=\chi T$ の解であり、星の外部では $G=0$ であることを意味するものだ。こういうことはすべて周知の事実であり、反駁の余地はない。太陽の内部と外部の形状はこのようにして記述可能となるのである。星を何の障害もなく貫通できるニュートリノは、この測地線の連続性を具体化していることになる。

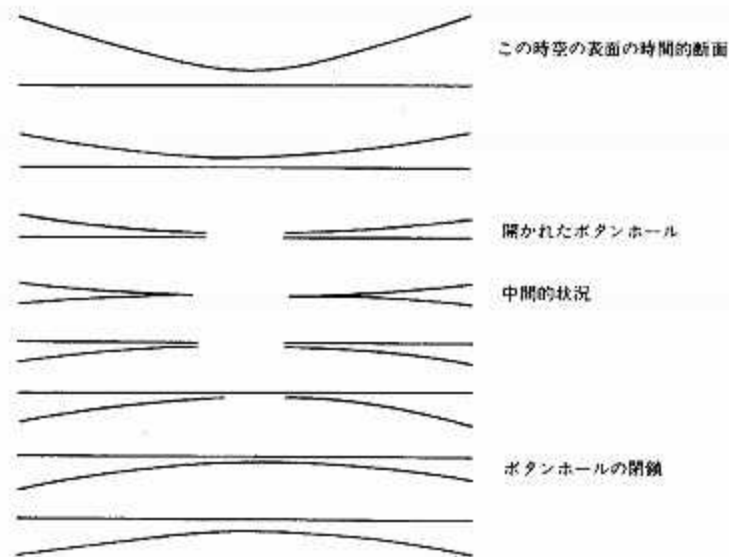
だからわたしはどうしても、シュワルツシルトの解やその副産物である $G=0$ の場での解は、不連続的なテンソルの場 T が与えられた方程式によって記述されて然るべき超空間の移動の、ある瞬間を表わしているにすぎないのではないかと思えてならないのである。このようなアプローチの位置づけをはっきりするために、もう一度二重次元的な一般向けのイメージを用い、時間における進化を図解しておくことにしよう。

ブラックホールはプロセスの中間段階であり、ホイーラーの主張するようなミニミニの穴のイメージは当てはまらず、二つの円錐台が接合したイメージが妥当であろう。この場合すべての曲線は円断面（三次元では球体断面となる）に集中する恰好になる。

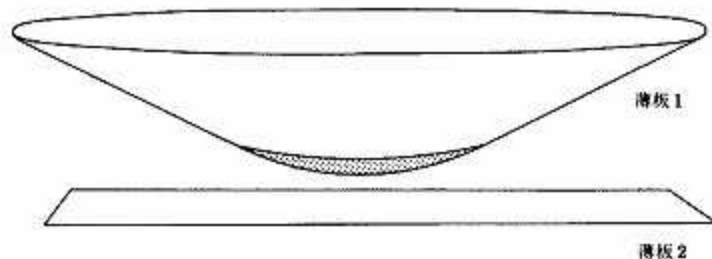
時間における進化を表わすには、補足的次元をひとつ取り除き、時空の表面を空間の座標と時間の座標によって考察しなければならない。そうすれば不規則な凹凸を示す中性子星も単なるセグメントになってしまうのだ。



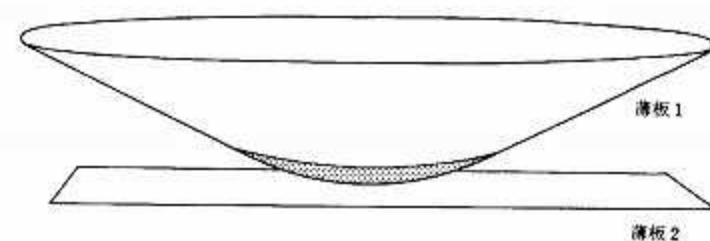
このようにして時空における一種のボタンホールが得られる。この表面における単位時の断面図は次のようになる。



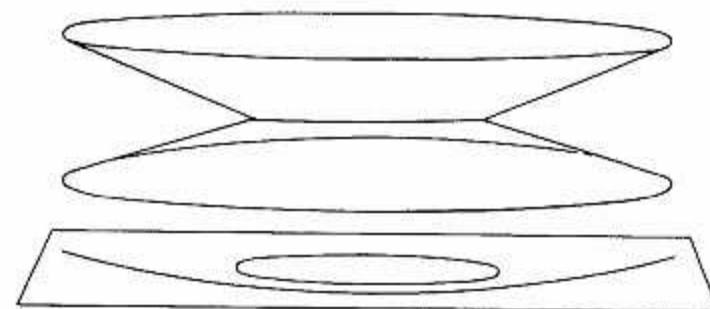
空間は開かれ、また閉じる。中央の状況はシュワルツシルトの解に、かの有名なブラックホールに相当する。これらの図をそれぞれ、中心線を軸にして回転させると、プロセスの薄膜 3 d が得られるが、これは表面 2 d のイメージの続きである。



この最初のイメージでは空間 1 と 2 (双子の宇宙) が「向き合って」いる。一目の宇宙は一個の「恒星」を含んでおり、ここでは灰色の冠球で図式化されている。組み合わせられた部分において「対面」となる部分では、空間はユークリッド的である。次のイメージでは二つの面が一点で「接合」している。これは二つの宇宙が信する点である。



その次のイメージ。ここでは空間は開き、環状の部分が現われる。ここでは「中央の状態」を示しておいたが、これはシュワルツシルトに相当するものであり、円を描いて接合する二つの円錐台によって表わされる。このとき「物質」はこの円環によって「押し潰されて」しまうのである。

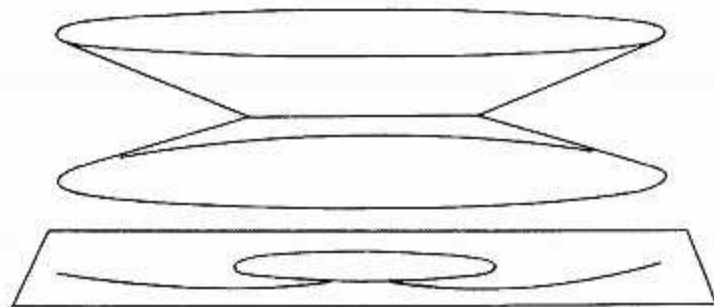


測地線も描いてあるが、これは円断面にはみ出すものではない。もちろんこの「円断面の内側」には「何もない」のである。曲率は円断面に集中している。表面上に曲中の密度が配分されるかわりに(先ほどの図の灰色の部分)、円弧に沿って配分された「単位長さあたりの」曲率になっている。幾何学的にはこれで二つの面 S_2 が面 M_1 に従って接合されたことになる。従って部分的には次元の変質が生じているのだ。

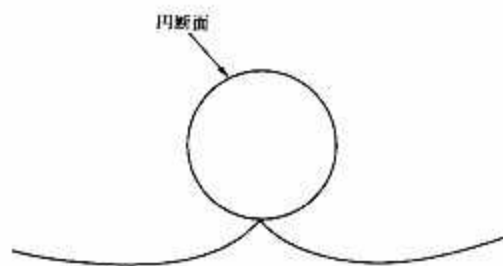
大抵のモデルにおいては、こういうことは完全に明解なのだが、これを四次元で数学的に解決するとなると、きわめて困難なものとなる。なぜなら S 球体 S_2 に従って接合する二つの超面 S_1 がなければならぬからである。この場合にはいったいどんな場の方程式を動員すればいいのだろうか？ まず第一に外の空間を記述する方程式 $G = 0$ が、そして次にエネルギー=物質が三次元空間に配分されている部分を記述する方程式 $G = \chi T$ が、第三にはエネルギー=物質が超面 S_2 に濃縮している時空の断片を記述し、解の鍵ともなる未知の方程式が必要となるであろう。だからこれはかなり先進的なモデル構築の試みなのだ。

次に示す図は、測地線を用いて、(ここでは円環の)表面を越えたところを表わし

ている。



次に示す図はこの軌道がある面に、別な表象空間に投影したものである。



こうしたことはアイデアとしては面白いかもしれないが、数学的に機能させるのは極めて困難である。読者にはそれがよく分かってもらえと思う。

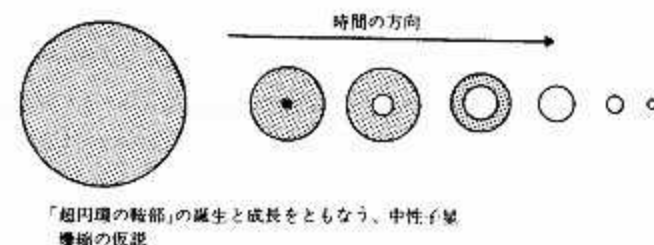
中性子星の爆縮の古典的ヴィジョンでは、星から遠いところにいる観測者と星と中性子と一緒に移動していく観測者とでは、時間の流れ方が違うとされている。前者にとって「自由落下の時間」として具体化される表面の凹凸はきわめて短く、万分の1秒くらいしか続かない。外側にいる観測者にとってこのプロセスは無限続く。そのために科学者は次のような言い方をするのだ。

——外側で遠くから観測する場合には、わたしは破局的プロセスの見物人であり、巨大な質量が針の頭ほどのものに凝縮するのを眺めている。だがわたしにとってこのプロセスが際限なく続くので、その結果をわたしが記述すべきなのとは思えない。わたしはただ外側から観測しうるものを記述するに留まるのだ。この物の内側は、光ですらそこから脱することはないほどで、わたしには知る由もないだから、なおさらのことである。

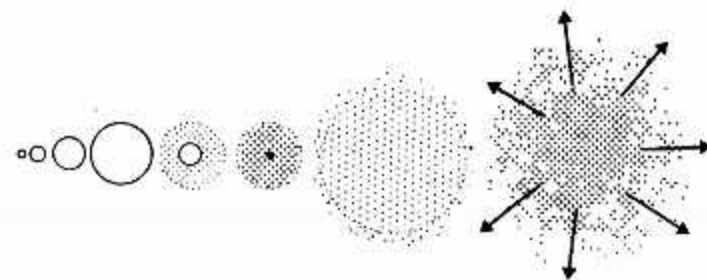
もしも他のモデル構築によって、有限の自由落下時間が導き出されるとしたら、もしも外側から遠距離で観測する人にとって非定常性があるとしたら、この現象がどこに帰着するのかが判明するはずなのだ。すべてはそこにある。このモデル化の試みが首尾良く行ったとして、外部の観測者が考えうるような中性子星の爆縮とは、どのようなものでありうるのだろうか？

星は収縮するだろう。それから中心に特異点が現われ、空間が双子のもう一方へ閉められることを示すだろう。この特異点の集合が球体（断面の）に変形し、きわめて迅速に星に侵入し、ちょうど球体シンメトリーのアコーディオンのように、いわばすべての質量を表面に集積するだろう。この特異点の増大によって、一種の幾何学的衝撃波が生じる。もちろんこの球体の内部には、「何もない」はずだ。腕を中へ差し入れれば、この同じ溝の面の外側にある、双子構造のほうに突きぬけてしまふ！ という意味では何もないのである。

球体の特異点がこのようにして中性子星を「呑みこんで」しまえば、特異点は再び閉じられ、その後には真空、つまり低密度の放射に満たされた部分（物理学には純粋真空はないわけだから）しか残らないだろう。以下にそれを図式化する。



観測者にとっては星は「非物質化」することになるだろう。前の図はシュワルツシルトの幾何学に相当する。双子空間ではこのシナリオが逆になる。



ここで現われるのは特異点であり、これはシュワルツシルトの解で得られる最大質量にまで成長する。その後この特異点は中心の一点に収縮し、超空間の窓は、再

び閉じられる。双子構造において「物質化」を促すこの超空間の移動のプロセスが終わった後、その「航跡」には中性子星の物質が残される。

これはあくまで球体的シンメトリーの超空間的移動の計画であり、中性子星にはもともと回転運動がまったくないということを想定しているものだ。これは非現実的かもしれないが、回転する星のイメージは、この種の二次元+時間によるモデル化では捉えられないものなのだ。回転をとまなう移動には、強力な重力波の発信が伴うであろう。

急激に凹凸の生じた中性子星が、激しく短く最後の「叫び」をあげることは容易に想像がつく。近年観測されているが、満足なモデルひとつも提示されていない「ガンマ・フラッシュ」も、おそらくこれで説明がつくであろう。

とは言え、アインシュタインの方程式とは別の方程式を運用するのは、容易なことではない。数学者や物理学者はこの点については非常に神経質になる傾向があるし、それも頷ける話なのだ。これを論文として発表する前に、彼らの要求をことごとく満足させねばならない。彼らはたとえばこんなふうに問い質すであろう。「あなたがしていることは正確には何なのか？ それは合法的なことなのか？ あなたのモデルの数学的意味は？ これこれのことは何を意味しているのか？ その結果が物理的に観測しうるのか？」などと。

3. 論理学についての考察

これは最近着手したばかりの研究である。まだ完成はしていないものの、その指すところはじつに魅力的なので、ここに紹介する意義があると思われる。人間言語をつくり、それを用いるうちに、言語がいわゆる決定不能の命題を無数に内秘めていることに、早くから気がついてた。たとえば「嘘をつく」(mentir)という言葉を一人称現在で活用することは不可能だ。「わたしは嘘をつく」というのは明らかに自己矛盾している文章である。

数学者はそこでこういう言い方をしてきた。「心配しないでおう。数学の言語もっと一貫性をもって構築されるのだし、決定不能の命題(真偽の確かめようのない)がない『完璧な』言語に到達することも可能なからだ」

今世紀の初め、数学者は集合論を通じてついに形式言語を発見したと思

いかバートランド・ラッセルという人物が混乱の種を蒔き、この希望をみじんに打ち砕いてしまった。彼は理髪師の逆説を発明することで不朽の名を残したのである。

「どの種類の人間、つまり自分で髭を剃る人と、自分では剃らない人がいる町があるとする。自分では剃らない人の中には理髪師もいるわけだが、彼の仕事は自分では髭を剃らない人だけを相手にして髭を剃ってあげることである。それでは誰が理髪師の髭を剃ることになるのか、とラッセルは問いかけるのである。

「所属する」と「所属しない」というごく初歩的な操作子に基づく集合理論のふりかへ、やはり不十分なものであることがこうして明らかになった。そしてこの発見が数学の世界にとっては深刻な悲劇の様相を帯びることとなったのである。

数学者は撤退の姿勢をとった、想像しうるかぎり最も単純と思える「言語」、つまり「 0 」が五つの基本公理を援用して公理化した算術に立ち戻ったのである。この算術は 0 と 1 という二つの要素からなる。

すなわち、

1 は 0 を継承し

0 はどの数字も継承しないのである。

この「継承」の操作は繰り返しが可能なので、数字全体が無限に生じてくることになる。これと合わせて真と偽の「真理の価値」を論理によって演繹的仮説を立てることができた。言語は命題的である。すなわち言語によって基本公理に基づく推論や論証が、つまりは「もしここでこうだったら、こうなる」式の構築が可能となる。

しかし算術によって生じる二つの命題は決定不能であり、証明不可能であるが、それらはどんな論理の組立てをもってしても表現することは不可能である。それは

$0 \neq 1$ と $0 = 1$ なのだ。

最初のものは真で、二番目のものは偽であるが、誰にも証明はできはしないのだ！ 結局のところ、と数学者たちはいつのまにか論理学者になって考えていた。この算術の新しい要素は、補足的公理として受け取る以外にはないだろうと。だが残念

なことに問題は少しずれただけで、論理機械は次に示されるような決定不能の命題をまたしても生み出すことになる。

$$1 \neq 2 \quad \text{と} \quad 1 = 2$$

これも解決はつきそうもなかった。オーストリアの数学者ゲーデルがいわゆる「不完全性」の定理を唱えてからは、事態はますます深刻なものとなった。彼は巧妙なテクニックを駆使して、算術の要素と基数とひとつの言語の諸要素との間に、二重に一義的な関係を立てることに成功したのである。彼はそのためにどんな記数法でも最初に来る数によって構成される「基礎」を用いた、これは今日でもかなり驚異的なことである。ゲーデルはすべてを記数できることを証明して見せたのである。文字、言葉、文章、文法規則、定理、論証など何でもいいのだ。

だとすれば、どんな言語も不完全性という、計算法が侵されているのと同じ病に苦しむことになるはずだ。つまり決定不能な命題を少なくとも一つは含んでいるはずなのである。それは数学を含めた、あらゆる言語に当てはまる。

このゲーデルの定理は、世界を説明する体系としての科学の歩みの信頼性をひどく傷つけたにもかかわらず、今日では現代科学の最も重要な貢献の一つとして評価されている。

ユミットは60年代の、最初の頃の手紙からすでに、四値の論理、つまり四つの真価を有する論理に言及しており、これこそはわれわれの知識の新たな飛躍の鍵となるべきものだと言っている。これなしにはわれわれの科学は長らく足踏み状態を続けてしまうだろう、と言うのである。四値の論理こそは宇宙空間を理解する鍵なのだ、と彼らは執拗にくり返している。

われわれの科学はすべからず合理性に依拠しているが、合理性自体はアリストテレスの論理学から生じたものである。このギリシャの哲学者が当時は三つの基本的原理を主張していたことを思い出そう。

- (1)同一律。事物が存在すると同時に存在しないということはあり得ない。
- (2)非矛盾律。もしAがBならば、Aは「非B」ではあり得ない。生きていると同時に生きていないことはあり得ないのである。
- (3)排中律。あるひとつの命題は、真であるかもしくは偽であるかのどちらか一方でしかあり得ない。

ゲーデルの定理によれば、二番目と三番目の命題は無効になる。(1)の内容は現在の論理学構築の支柱であり、これだけが残る。しかしハイゼンベルクの原理によれば(1)の内容も、いくぶん怪しくなる。

論理学者たちはゲーデルの逆説を乗り越えようとして、不明瞭な論理を構築するために、真と偽と決定不能の三つの領域をこの不明瞭な境界に位置づけた。さらに真と偽の間にあらゆる中間の段階を導入するような様相論理学をも検討した。

他にも真と偽と決定不能の三分法による論理を考えた人もいた。この場合は言語の諸命題は点々と浮かぶ島のように配置されることになる。ごく相対的な合理性が働く言語領域があって、それが曖昧な領域の外側に、論理的胞子のように離れた場所に置かれているのである。だがどの試みも効を奏しはしなかった。ゲーデルの障壁は存続したのである。

四値の論理とはいったいどのようなものなのか？

われわれはゲーデルの逆説に、算術に原点復帰して考えてみた。もっと根本的なものが考え得るのだろうか？

われわれはそこで数学者ガウスの想像した、複素整数というものを見直してみようと思い立った。周知のように複素数は「実数の二倍」ではなく、逆に実数が複素数の部分集合にすぎないのである。さらに詳しく検討してみると、この複素数の算術は正しく公理化されてはいなかったことが分かる。じつはこれは実数の論理を単に多元化したものにすぎない。実数の集合の二倍と考えられている、複素数の整数の論理についても同じことが言える。

複素数は集合 (x, y) ではなく、ある面における一点なのだ。選択の公理は、組合せ (x, y) ではなく面の一点を自由に選ぶ権利があることを意味する。「面における点」が先であり、 (x, y) の組合せは二番目なのだ。同様に複素数の整数を選んでも、二つの実数の集合 (a, b) を選択したことにはならず、ネットワークの一点を指示することになるのである。

この研究はしたがって、これらの複素数整数のために、ペアノの公理に相当する諸公理を創造しようとする試みである。このような作業によって、同一律を含めてアリストテレス的論理学の原則をすべて見直すことになるから、これを有名なハムレットの言葉のもじりで次のように言うこともできるだろう。

存在してしかも存在しないこと、
それが問題なのだ。

このような条件ではすべての論理操作子は四重になっている。だから操作子は抽象的表意文字で書き表わすべき四つの操作子の協同作用に取って代わられねばならない。

伝統的論理に一種の対応関係を求めれば、次のようになる。

- (存在する、存在する)
- (存在する、存在しない)
- (存在しない、存在する)
- (存在しない、存在しない)

真理値については、四種の可能性がある。

- (1、1) 真の命題、証明可能
- (0、1) 偽の命題、証明可能
- (1、0) 真の命題、証明不能
- (0、0) 偽の命題、証明不能

だがここでもまた表意文字が最初で、対になった文字はその次になっている。

われわれはすでに、パズルのピースのような形をした素材をひと通り構築したが、これは根本的な公理が発見され、正しく定義されなければ意味をなさないであろう。発見された暁には、まったく独創的な論理機械が手に入ることとなるが、これは同一律を含めすべてが作り直されているはずだから、古典的な論理をもってしては説明も分析もできないものとなるのである。

問題の焦点は何か？

わたしが推測するには、このような論理は五番目の可能性がないという意味では、完璧なものとなるかもしれない。こうしてゲーデルの定理は否定されるのではなく、乗り越えられるのだ。

これら四つの可能性とは何を意味するのか？ 単に証明不能の自明の理があるということだけだ。たとえば諸々の感情とか、存在していることの自覚というものがある。これはどんな場合にも主体を切り離しては成立しない論理というものである。そして双子の宇宙空間モデルとも関連がありそうである。なぜなら、宇宙1に居る観測者によって感知され思考される命題が、宇宙2に居る観測者にとっては証明不能であることが明らかになる可能性があるのだ。だがこのアイデアはまだほんの芽生えの段階にすぎない。

四値の論理は意識の論理であり、生けるものの論理でもあるかもしれない。

いずれにしても人は論理を用いて論証を行い、プログラムを作っている。証明可能なことは即計算可能なことなのだ。現代のコンピューターは、かの有名なシーソ-回路を基本とし、二進法の論理に基づいている。四値の論理からはまったく違うコンピューターが生まれるかもしれない。一番基本となるプロセッサも、この新しい論理のデータに従って考案されるべきであろう。この種のコンピューターはいわゆる人工知能の鍵となるかもしれないが、それはコンピューターが意識的になるからなのではなくて、もっと人間に近い思考ができるようになるからなのだ。

既存のコンピューターではこの種の機械の機能をシミュレートすることは不可能である。ところがこれらのコンピューターなら、現在の機械が実現しうることはすべて可能なのだ。

これはじつに興味をそそられる研究分野である。とは言うものの、このようなプロセッサを創り出し、特許を取った国は、地球上のコンピューターをすべて支配するとともに、他の国々にとっては大変な脅威となるであろう。どんなメダルにもその裏があるものだ。そして今日ほど科学上の発見ではなく、それを人間がどう使うかが重要となった時代はないのである。

し、本書を少しでも日本の読者に読みやすいものにするために協力を惜しまなかった担当の編集者、溝口立太氏に心よりお礼を申し上げたい。

一九九三年六月、東京にて

中島弘二

存在してしかも存在しないこと、
それが問題なのだ。

このような条件ではすべての論理操作子は四重になっている。だから操作子は抽象的表意文字で書き表わすべき四つの操作子の協同作用に取って代われねばならない。

伝統的論理に一種の対応関係を求めれば、次のようになる。

- (存在する、存在する)
- (存在する、存在しない)
- (存在しない、存在する)
- (存在しない、存在しない)

真理値については、四種の可能性がある。

- (1、1) 真の命題、証明可能
- (0、1) 偽の命題、証明可能
- (1、0) 真の命題、証明不能
- (0、0) 偽の命題、証明不能

だがここでもまた表意文字が最初で、対になった文字はその次になっている。

われわれはすでに、パズルのピースのような形をした素材をひと通り構築したが、これは根本的な公理が発見され、正しく定義されなければ意味をなさないのである。発見された晩には、まったく独創的な論理機械が手に入ることとなるが、これは同一律を含めすべてが作り直されているはずだから、古典的な論理をもってしては説明も分析もできないものとなるのである。

問題の焦点は何か？

わたしが推測するには、このような論理は五番目の可能性がないという意味では、完璧なものとなるかもしれない。こうしてゲーデルの定理は否定されるのではなく、乗り越えられるのだ。

これら四つの可能性とは何を意味するのか？ 単に証明不能の自明の理があるということだけだ。たとえば諸々の感情とか、存在していることの自覚というものがある。これはどんな場合にも主体を切り離しては成立しない論理というものであろう。そして双子の宇宙空間モデルとも関連がありそうである。なぜなら、宇宙1に居る観測者によって感知され思考される命題が、宇宙2に居る観測者にとっては証明不能であることが明らかになる可能性があるのだ。だがこのアイデアはまだほんの芽生えの段階にすぎない。

四値の論理は意識の論理であり、生けるものの論理でもあるかもしれない。

いずれにしても人は論理を用いて論証を行い、プログラムを作っている。証明可能なことは即計算可能なことなのだ。現代のコンピューターは、かの有名なシーソ回路を基本とし、二進法の論理に基づいている。四値の論理からはまったく違うコンピューターが生まれるかもしれない。一番基本となるプロセッサも、この新しい論理のデータに従って考案されるべきであろう。この種のコンピューターはいわゆる人工知能の鍵となるかもしれないが、それはコンピューターが意識的になるからなのではなくて、もっと人間に近い思考ができるようになるからなのだ。

既存のコンピューターではこの種の機械の機能をシミュレートすることは不可能である。ところがこれらのコンピューターなら、現在の機械が実現しうることはすべて可能なのだ。

これはじつに興味をそそられる研究分野である。とは言うものの、このようなプロセッサを創り出し、特許を取った国は、地球上のコンピューターをすべて支配するとともに、他の国々にとっては大変な脅威となるであろう。どんなメダルにもその裏があるものだ。そして今日ほど科学上の発見ではなく、それを人間がどう使うかが重要となった時代はないのである。

宇宙人ユミット

からの
手紙

UIMMO

Ⅱ

人類介入へ精密なるプログラム

フランス国立科学研究庁、主任研究員

ジャン・ピエール・ブチ

中島弘二

Hiroshi Nakajima

緊

急

出

版

ユミットは、まもなく
われわれを支配する!

最後の警告を記した手紙、
全世界に先駆け衝撃の公開!!

トップレベルの宇宙物理学者による徹底解析
—— 待望の書き下ろし

徳間書店 ● 文庫 1600円(本体1553円)

人類の脳に種の絶滅コードを発見

宇宙人

フランス国立科学研究計 主任研究員
ジャン=ピエール・プチ Jean-Pierre Petit

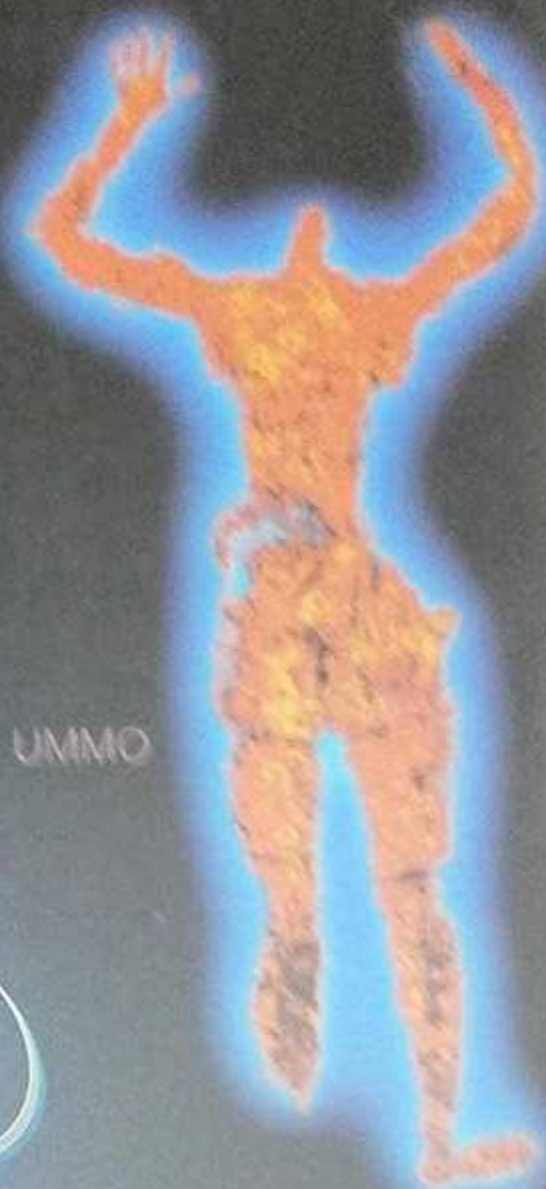
ユミット

中島弘二(訳) Hiroji Nakajima

からの

L'Avenir effrayant de l'Humanité
selon les Lettres Ummites

手紙 Ⅲ



UMMO

徳間書店

宇宙物理学者

「著作権保護コンテンツ」

ジャン＝ピエール・ブチ

中島弘二 [訳]



宇宙人ユミット からの手紙

全世界の諜報機関・科学界を翻弄し続ける
45年間6000通の秘密文書の謎

空間×時間× 

5次元文庫

「著作権保護コンテンツ」

徳間書店

「アメリカが盗んだ」

宇宙人ユミットのプラズマ科学

宇宙物理学者

ジャン＝ピエール・プチ

中島 弘二 訳



THE X-FILES:UMMO

今世紀最大の
X-ファイル

宇宙人 ユミットの謎

CIA、KGB、スペイン中央防衛情報局…
全世界の諜報機関を震撼させた30年間の全調査記録

マルチヌ・カステロ＋イザベル・ブラン＋フィリップ・シャンボン〔著〕

中島弘二〔訳〕

地球の科学は、
ユミットに進化させられて
いたのか!?

あのホーキングをはじめ、
サハロフ、リンデ、ヴァレーなど、
世界の一流科学者に接触していたウンモ星人、

その衝撃の実像!!



定価 1300円(本体1262円)

徳間書店

地球人類の60人に1人は宇宙人:心理学者[衝撃の科学レポート]

宇宙人の魂をもつ人々

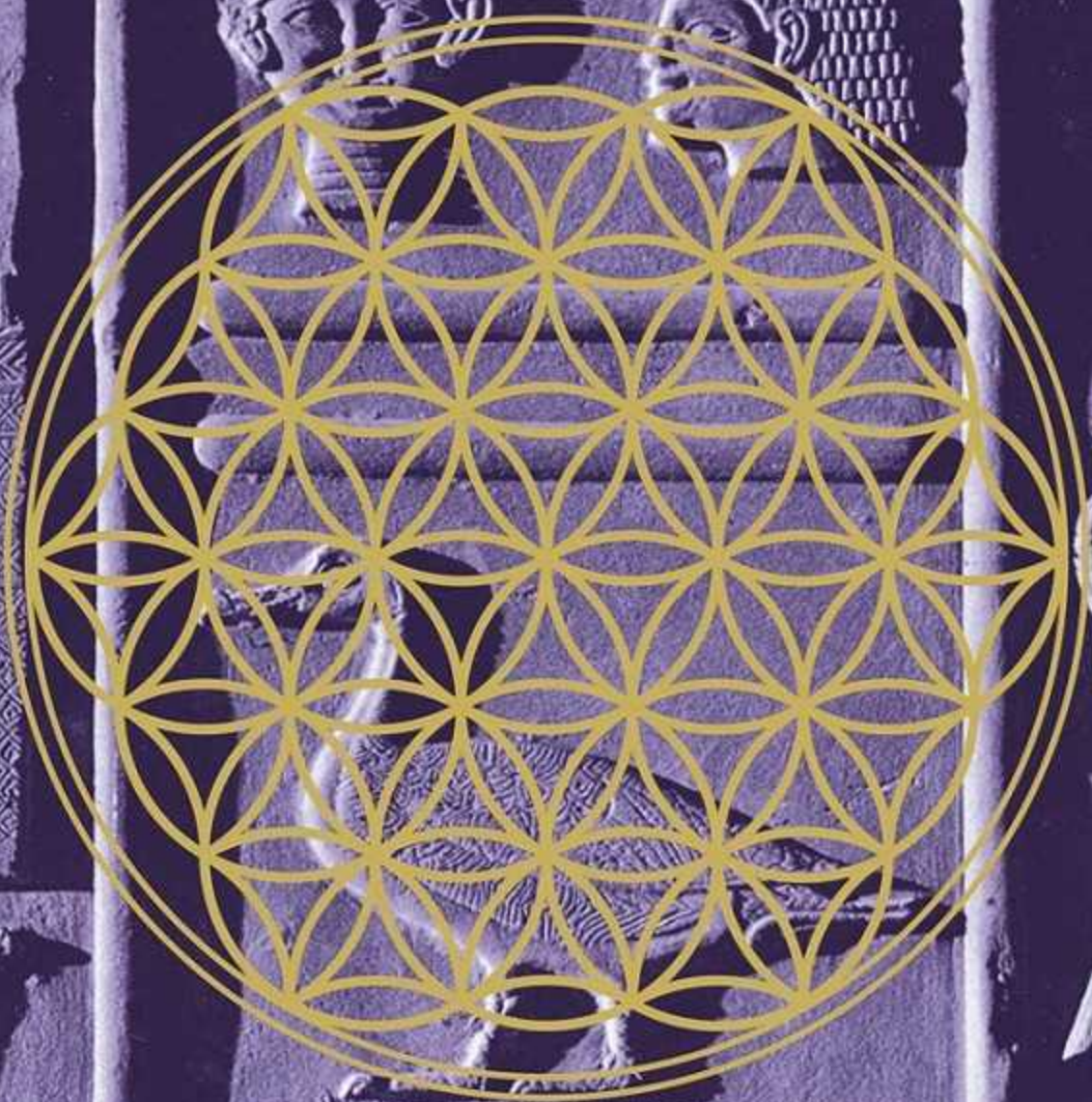
覚醒したるET人格
ウォークインと
さまよえる魂
ワンダラー

スコット・マンデルカー
南山 宏[監修] 竹内 慧[訳]

徳間書店

FROM ELSEWHERE

古代神聖幾何学の秘密



The Ancient Secret of the
Flower of Life

フラワー・オブ・ライフ

第1巻

Drunvalo Melchizedek
ドランヴァロ・メルキゼデク 著
脇坂りん 訳

私たち自身が本当は誰なのかを思い出し、
新たな意識と、新人類の到来の可能性の扉を開く

古代からの隠されていた叡智をあますところなく一挙公開！
待望の邦訳版、ついに刊行！

元宇宙人だった彼との 15年間の不思議な体験

by andromeda

