

「第2回サイエンスカフェ」レポート

〔講演内容にQ&Aを加え、
修正・加筆して報告します〕

ビッグバン宇宙論の謎と科学の本質(1) —最先端宇宙論が抱える未解決問題—

現在の宇宙論が、ビッグバン宇宙論、インフレーション宇宙論、“無”からの宇宙創成理論の3つで構成され、それぞれが **深刻な未解決問題(謎)** を抱えていることを明らかにします。自然科学によって宇宙の起源を解明できたとは言い難いのです。

- 1 最先端宇宙論の概要
 - 2 ビッグバン宇宙論の謎
 - 3 インフレーション宇宙論の謎
 - 4 “無”からの宇宙創成理論の謎
- 【結論】

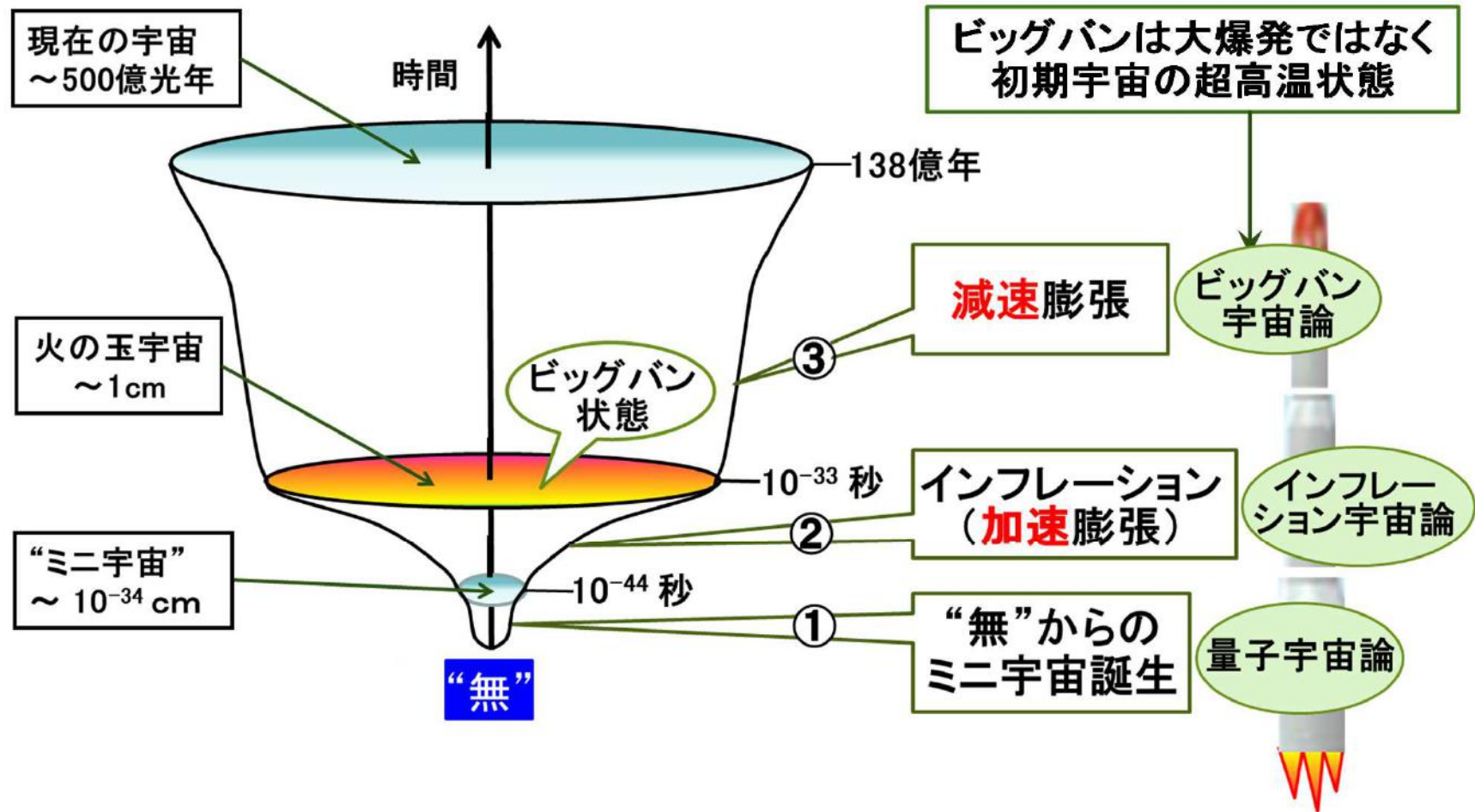
- 【Q&A1】 標準的ではない宇宙論
- 【Q&A2】 インフレーション宇宙論誕生の経緯
- 【Q&A3】 物質とエネルギーの等価性
- 【Q&A4】 暗黒エネルギーの観測値を決めた方法
- 【Q&A5】 ホーキングの「虚数時間」とは？
- 【Q&A6】 量子宇宙論で扱う“無”とは？
- 【Q&A7】 宇宙の起源が解明できないことは創造主が存在する証拠か？
- 【Q&A8】 創造主を信じる信仰は科学と矛盾するか？

本文中に【Q】を、21ページ以降に【Q】と【A】を記載

1 最先端宇宙論の概要

【多くの科学者が受け入れている標準的な宇宙論】

最先端の宇宙論は **三段ロケット風** です。



すなわち、**ビッグバン宇宙論**、**インフレーション宇宙論**、および
“無”からの宇宙の誕生を説明する **量子宇宙論** で構成されています。

【ビッグバンとは】

一般に、宇宙の始まりの「大爆発」と考えられています。
しかし、もともと、

ビッグバンは“大爆発”ではなく、初期宇宙が
超高温状態にあったことを指していた

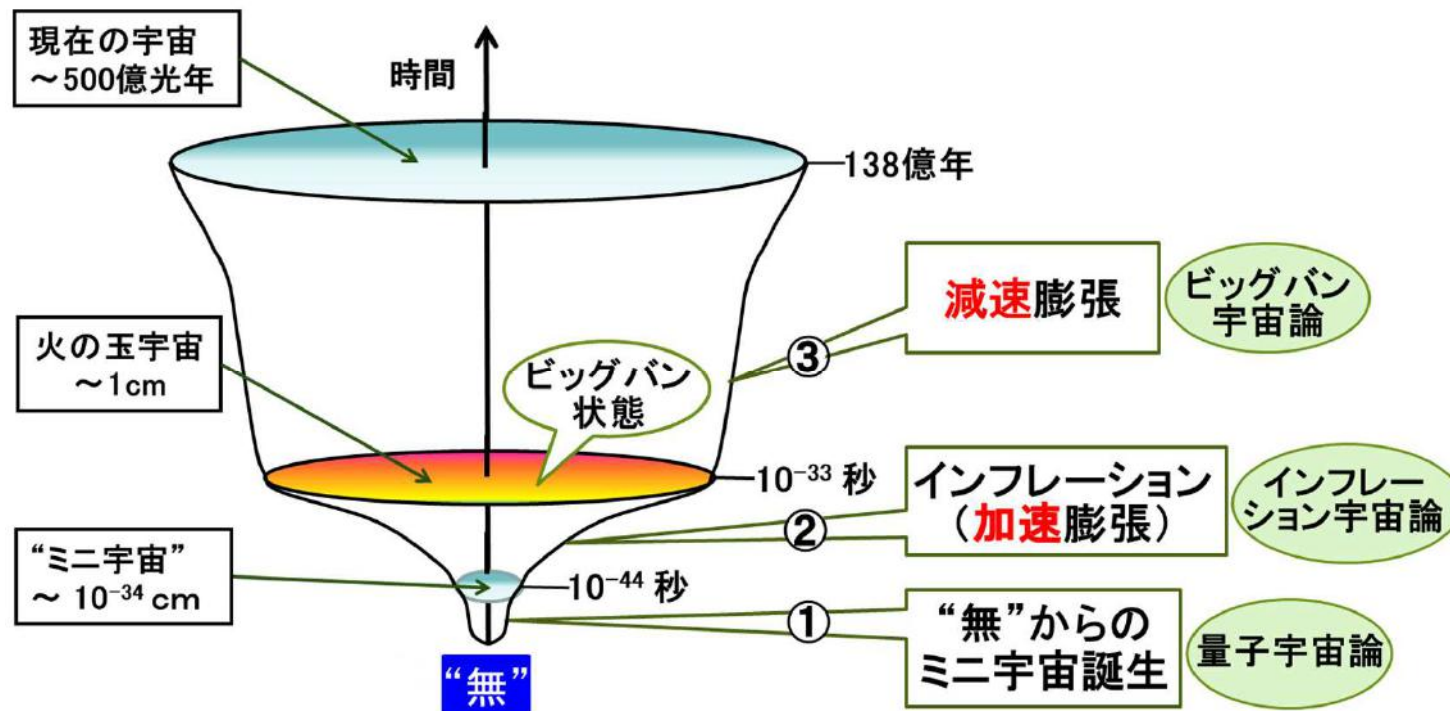
のです。

膨張する宇宙論に反対していた著名な天体物理学者が、「これはビッグバン(すなわち**大ぼら**)なアイデアだ」とからかいました。ビッグバンには大爆発とともに「大ぼら」という意味があるのです。賛成派はこれを逆手にとって、自分たちの理論をビッグバン宇宙論と呼んだところ、大受けして今日に至っています。

【標準的な宇宙論による宇宙の歴史】

- ① **量子宇宙論** では、“無”から直径が 10^{-34} cm、つまり原子や電子より桁違いに小さな、ここでは“ミニ宇宙”と呼ぶ初期宇宙が誕生し、
- ② **インフレーション宇宙論** では、“ミニ宇宙”がものすごい勢いで**加速**しながら膨張するインフレーションを起こして直径が1cmほどの**火の玉宇宙**、すなわちビッグバン状態(**超高温状態**)になり、
- ③ **ビッグバン宇宙論** では、火の玉宇宙がゆっくりと、しかも**減速**しながら膨張を続け、138億年かけて現在の宇宙が作られた。

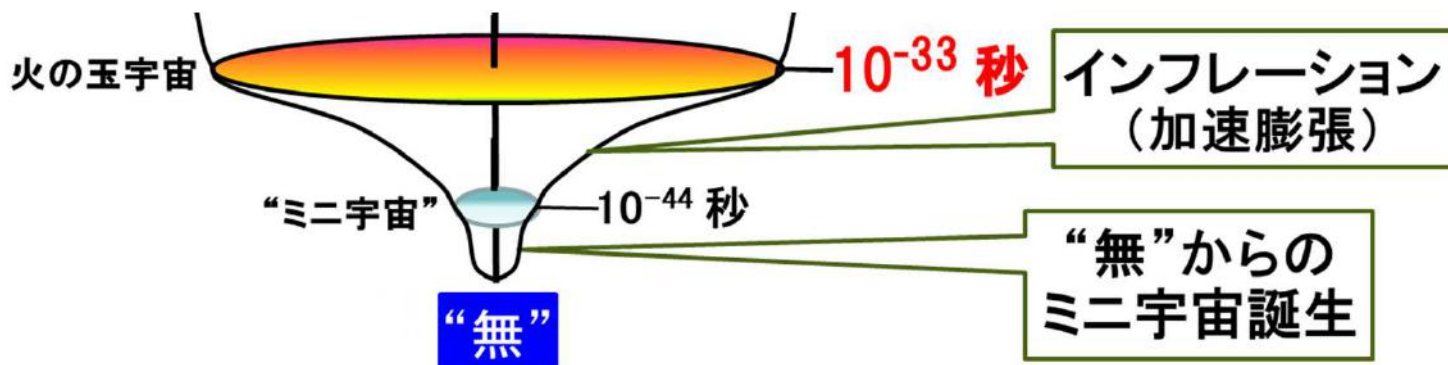
というシナリオが描かれています。



インフレーションが終了したのは、宇宙開闢から
 わずか10の⁻³³乗秒、すなわち、0が33個並ぶ
1兆分の1の、1兆分の1の、10億分の1秒という
 途方もなく短い時間です†。

$$10^{-33} \text{ 秒} = \overbrace{0.0000 \cdots 0000}^{33 \text{ 個}} 1 \text{ 秒}$$

† インフレーション宇宙論には多くの種類があり(12ページ参照)、
 種類ごとに時刻と宇宙の大きさが異なります。ここでは、インフ
 レーション宇宙論の創始者、佐藤勝彦の著書、『宇宙はこうして
 誕生した』、ウエッジ選書(43ページ)に記載された値を用いました。



【Q&A1】 標準的ではない宇宙論にはどのようなものがありますか？

§ 2 ビッグバン宇宙論の謎

【ビッグバン宇宙論の誕生】

ビッグバン宇宙論は、天文学者・宇宙物理学者の
ジョルジュ・ルメートル 神父(元・ローマ教皇庁の科学
アカデミーの院長)によって提唱されました(1927年)。
アインシュタインの **相対論(重力論)** からビッグバン
理論を提唱したのです。



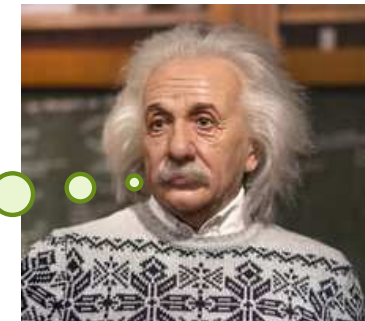
ジョルジュ・ルメートル

ところが **アインシュタイン** は、自分の世界観に合わないという理由でビッグバン宇宙論に反対しました。

アインシュタインはルメートルに対して

あなたの数学は正しい
かもしれないが、あなたの
物理学は忌まわしい。

と述べました。



アルバート・アインシュタイン

アインシュタインの **世界観** では、宇宙は調和と
美に満ち定常的でいつまでも同じ姿で変わらず、
膨張などしない、と考えられていたのです。

【ビッグバン宇宙論が支持された主な理由】

ところが、**ハッブル・ルメートルの法則**†、すなわち遠方の銀河が私たちの住む天の川銀河からの距離に比例する速度で後退していることが1929年に発見されると、**アインシュタインはビッグバン宇宙論を受け入れました。**

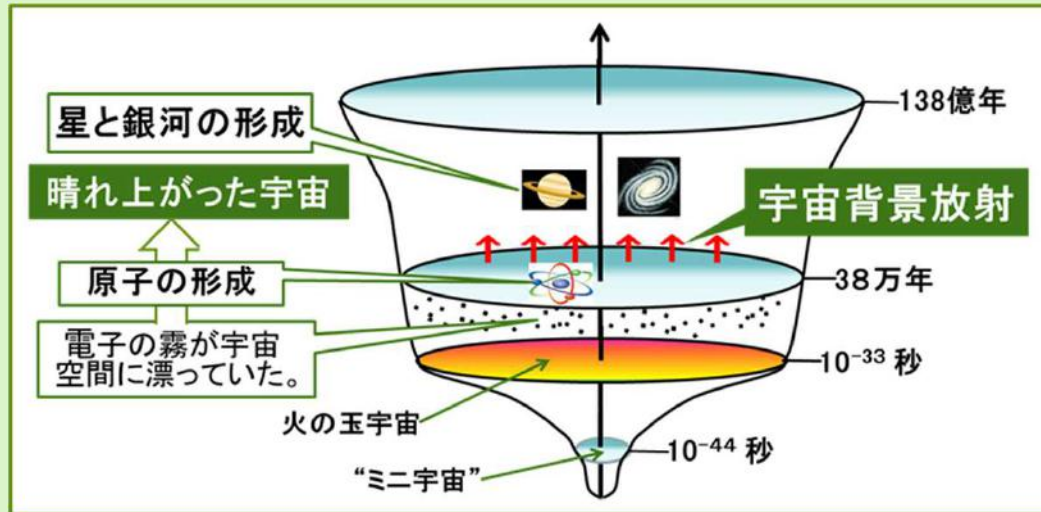
†この法則は、元来「ハッブルの法則」と呼ばれていました。ところが、ルメートルも独自に発見していたことが近年明らかにされたので、その功績を顕彰するために2018年からこう呼ばれています。

さらに、次のページで説明する**宇宙背景放射**が観測されたので、ビッグバン宇宙論が宇宙論の標準的理論として認められるようになったのです。

【Q&A2】では、インフレーション宇宙論はどのようにして生まれ、なぜ支持されたのですか？

答えは22ページ

アナログテレビで放送終了後に見えた“砂嵐”。実は、これによって、**ビッグバン宇宙論**を支持する最大の証拠である **宇宙背景放射** を見ていたのです。



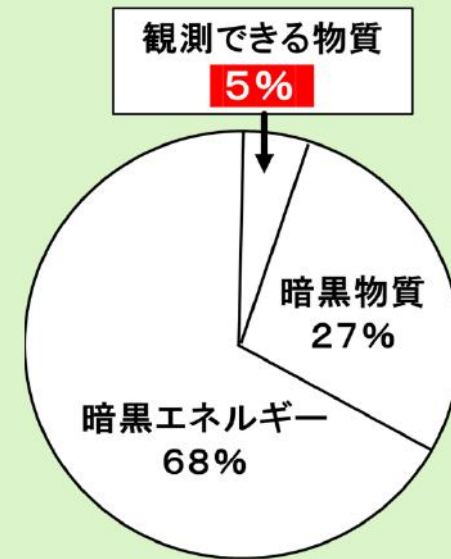
- ◆ 宇宙開闢後38万年ごろまでは、電子の霧が宇宙空間に漂い、電子の霧によって宇宙は隠されていました。
- ◆ 開闢38万年頃に、漂っていた電子が原子を形成して光をさえぎらなくなり、**晴れ上がった宇宙**が出現しました。
- ◆ この時に放射された光が **宇宙背景放射** で、波長が宇宙の膨張によって伸びてマイクロ波となり、アナログTVの“砂嵐”として見えたのです。

現在も宇宙背景放射が観測されるから、ビッグバン宇宙論は証明された確実な理論だと考えられがちですが、この後で説明するように、深刻な**未解決問題(謎)**を抱えています。

【宇宙を満たす正体不明の物質】

ビッグバン宇宙論に基づく宇宙背景放射のスペクトルを解析した結果から、

- ◆宇宙を構成している要素である物質（およびそれと等価なエネルギー）のうち実際に観測される物質は、わずか**5%**しかなく、
- ◆95%が未知の**暗黒物質**および**暗黒エネルギー**と呼ばれる**得体の知れない**物質からなることが明らかにされました。つまり、



謎①

宇宙の全物質（エネルギー）の95%が正体不明

これがビッグバン宇宙論を基とする最先端宇宙論の第1の謎です。

20世紀の末から盛んに研究されていますが、今なお暗黒物質と暗黒エネルギーの**正体を明らかにする見通しが立っていません**。

【Q&A3】 物質とエネルギーが等価なのはなぜですか？

答えは22ページ

暗黒物質は

- ◆望遠鏡では観測できないけれども、質量を持ち重力(万有引力)によって周囲の物質を引きつけ、銀河の運動などに実際に影響を及ぼしていると考えられている物質です。



- ◆しかし、**正体が不明**なので、暗黒物質と呼ばれているのです。

暗黒エネルギーは

- ◆【Q&A4】で示すように、**真空のエネルギーの「生き残り」**であろうと推察されていますが、

謎②

その観測値が、素粒子論による理論的な計算値より120桁も小さい。

という **謎を抱えている**ので**暗黒**エネルギーと呼ばれているのです。

- ◆これは **物理学史上最悪の「理論と観測」の不一致**と呼ばれているほど深刻な未解決問題です。

【Q&A4】 暗黒エネルギーの観測値はどのような方法で決められたのですか？

答えは23ページ

§ 3 インフレーション宇宙論の謎

インフレーションが抱える謎は2つありますが、まず一つ目は、

謎③

インフレーションのメカニズムが不明である。

ことです。これが最先端宇宙論が抱える第3番目の謎です。

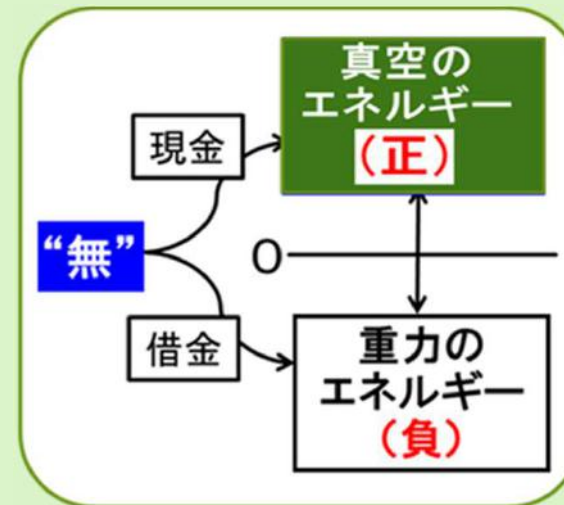
インフレーション宇宙論は、佐藤勝彦らによって1981年に提唱されましたが、佐藤らが提唱したインフレーション宇宙論では、インフレーションが始まらないことが分かりました。そこで、恣意的(勝手)な仮定を導入してインフレーションが起きるようにした理論が数多く作られました。佐藤は次のように述べています。

「インフレーションを・・・を担うものは、インフラトンと呼ばれている。要するにその正体は分からないのだから、勝手に都合の良いものを理論的に仮定してそう呼んでいるのである。・・・インフラトンとは何か、まったく正体不明である」 佐藤勝彦、『宇宙論入門—誕生から未来へ』、岩波書店、103ページ

ちなみに、「数百もの「都合の良い」インフラトン」が提案されています†。皮肉まじりに「インフレーション宇宙論の数がインフレーションした」と言われています。 † Scientific American, 32, Feb. 2017 [別冊日経サイエンス 229, 98ページ]

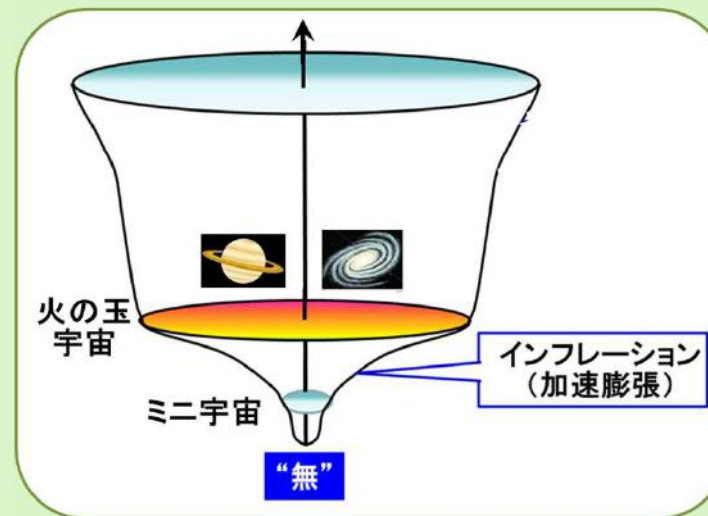
インフレーション宇宙論のもう一つの謎は、**ただ飯理論**に関するものです。

ただ飯理論では、“無”から**真空のエネルギー**という正のエネルギーが、重力のエネルギーという負のエネルギーと引き換えに取り出されたと仮定されています。
無一文の状態から借金と引き換えに現金を手に入れるのと同様です。



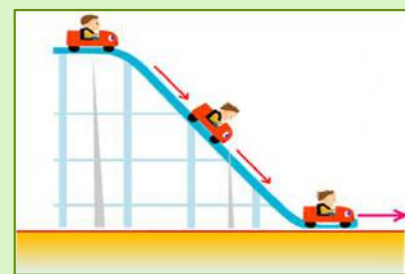
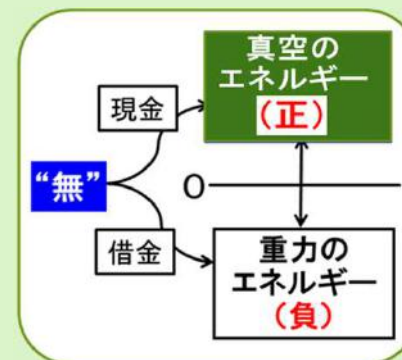
そして、

- ◆ “無”から取り出された真空のエネルギーが、“ミニ宇宙”を**インフレーション**させ、
- ◆ インフレーションが終ったとき、熱エネルギーに転じて火の玉宇宙をもたらし、さらに**物質**（素粒子から星、銀河）に**転換**したと推論されています。



「ただ飯理論」では、

- ◆ 正の真空のエネルギーが、負の重力のエネルギーと引き換えに獲得されるので、**エネルギー保存則が満たされ**ています。
- ◆ これは、車両が坂道を下ると速度が増して運動エネルギー(正)が増えますが、重力のエネルギー(負)と引き換えに増えているのでエネルギー保存則が満たされているのと同様です。



しかし、**“無”では既存の物理法則が成り立たない**ので、ただ飯理論が成り立つかどうかを、理論からも実験からも証明することができません。したがって、インフレーション宇宙論は

謎④

“無”から真空のエネルギーが取り出されたと仮定する「ただ飯理論」は証明不可能

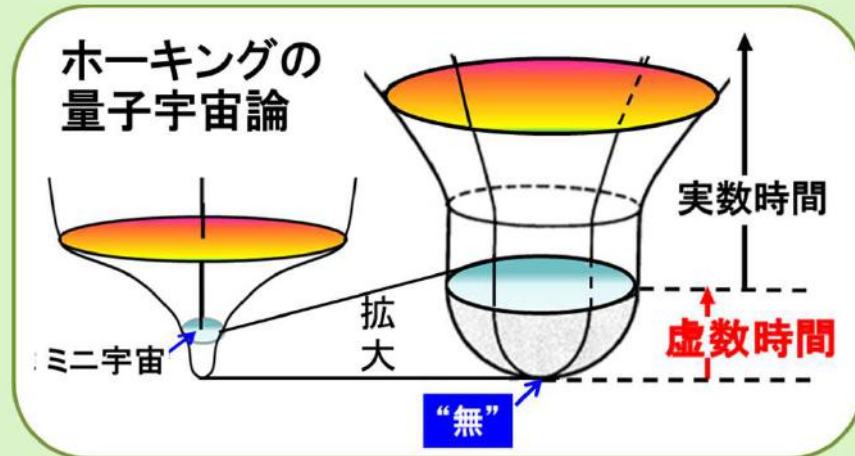
という根源的な未解決問題を抱えているのです。

§ 4 “無”からの宇宙創成理論の謎

“無”からの宇宙誕生を説明する量子宇宙論の本格的なバージョンは、車いすの天才物理学者ホーキングによって提唱されましたが、根源的な未解決問題を抱えていることを説明しましょう。

ホーキングは、

◆ “ミニ宇宙”が“無”から、**仮想的な虚数の時間**が流れる世界を通過して、**実数の時間**が流れる現実の世界に飛び出したと仮定しています。



スティーブン・ホーキング

“無”には、空間も時間も物質(エネルギー)も存在しないので、既存の**物理法則が成り立たない**のです。そこで、ホーキングは

科学で扱えない“無”に対して**仮想的な原理**を導入しています。

したがって、ホーキング説は**理論からも実験からも検証できません**。

さらにホーキングが導入した「**虚数時間**」は、実体のない想像の産物ですから理論的に考察することも観測することも不可能です。

それゆえ、理論物理学の研究者の吉田伸夫は次のように述べています。
「**ホーキングの理論を頭から信じている物理学者はほとんどいない**であろう。アイデアを正当化できるような**理論的根拠も観測データ**も存在しないからである」 『宇宙に果てはあるか』、新潮社、191ページ

また、宇宙物理学者の二間瀬敏史は、次のように指摘しています。
「この話(ホーキング説)は半分「**夢物語**」と思って読んで下さい。堅苦しい物理の世界にも、このような空想的な分野が存在します。この分野は・・・まだ**科学と言うにはほど遠い状態**です。それを実験で確かめるすべもないからです」 『だから宇宙は面白い』、平凡社、109ページ

謎⑤

量子宇宙論は検証できない「**夢物語**」

これが“無”からの宇宙創成を唱える最先端宇宙論が抱える根本的な未解決問題です。

【Q&A5】 ホーキングはなぜ、「創造の産物」である虚数時間を導入したのですか？

【Q&A6】 量子宇宙論で、宇宙を生み出したとされている“無”とはどのようなものですか？

答えは24－25ページ

【結論】

最先端宇宙論は5つの **深刻な未解決問題** を抱えています。

物理学史上最悪の
「理論と観測」の不一致

謎① 宇宙の全物質の
95%が**正体不明**

ビッグバン宇宙論

謎② 暗黒エネルギーの観測値が
計算値より**120桁も小さい**。

謎③ 宇宙をインフレーション
させるメカニズムが**不明**

インフレーション宇宙論

◆物理法則が成り立たない**“無”**を扱う理論は
◆理論からも実験からも
検証不可能。

謎④ **“無”**から真空のエネルギー
を取り出したと仮定する
ただ飯理論は**証明不可能**

量子宇宙論

謎⑤ **“無”**からの宇宙創成理論
(量子宇宙論)は**夢物語**

自然科学によって宇宙の起源を解明できたとは言い難い。

これが今回の結論です。

- 【Q&A7】** 自然科学では宇宙の起源が解明できないことは、
創造主が存在する証拠ですか？
- 【Q&A8】** 創造主を信じる信仰は科学と矛盾しませんか？

答えは26－27ページ

【第3回の予定】

ビッグバン宇宙論の謎と科学の本質(2) —宇宙のファインチューニング(微調整)と人間原理—

宇宙では人間の生存に必要な条件が奇跡的にファインチューニングされていることを説明するために提唱されている人間原理が**宗教に近い**と批判されていることなどを示して**科学の本質に迫ります**。

Q&A コーナー

【Q&A1】 標準的ではない宇宙論

<Q>

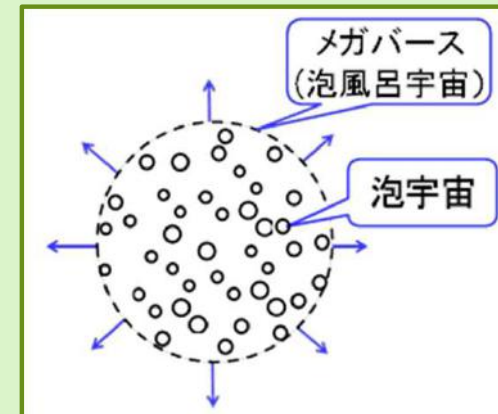
標準的ではない宇宙論にはどのようなものがありますか？

<A>

次のような理論が提唱されています。いずれも **宇宙には始まりがない**と仮定されています。

永久インフレーション宇宙論

永遠の昔からインフレーションしているメガバース (泡風呂宇宙) の中で、それよりはるかに小さい宇宙、すなわち **泡宇宙が永遠に誕生し続けている**。



サイクリック宇宙論

宇宙はインフレーションが終わると収縮に転じ、**膨張と収縮を永遠に繰り返す**。

ブレーン宇宙論

超ひも理論によれば、宇宙空間は3次元ではなく、6次元の「余剰次元」が加えられた9次元である。そのような宇宙が無限に多く存在し、9次元空間の中でブレーンと呼ぶ「3次元の膜」を構成しており、異なるブレーン同士が衝突して新たな **宇宙が誕生するプロセスが永遠に続く**。

【Q&A2】 インフレーション宇宙論誕生の経緯

<Q>

インフレーション宇宙論はどのようにして生まれ、なぜ支持されたのですか？

<A>

1981年に佐藤勝彦と米国のアラン・グースが、独立に発表しました。彼らは、アインシュタインの相対論(重力論)に素粒子論を結び付けてインフレーション宇宙論を作ったのです。

インフレーション宇宙論は、ビッグバン宇宙論が抱えていた三つの未解決問題(地平線問題、平坦性問題、モノポール問題)を説明することができたので多くの科学者によって支持され、今日に及んでいます。

【Q&A3】 物質とエネルギーの等価性

<Q>

物質とエネルギーが等価なのはなぜですか？

<A>

アインシュタインの相対論から物質(詳しくは質量)がエネルギーと等価であること($E=mc^2$)が示されたのです。この原理に従って原子爆弾が開発され、原子力エネルギーの利用が始まりました。

ちなみに広島原爆のエネルギーは、わずか1gの質量が熱エネルギーに転換したものです。

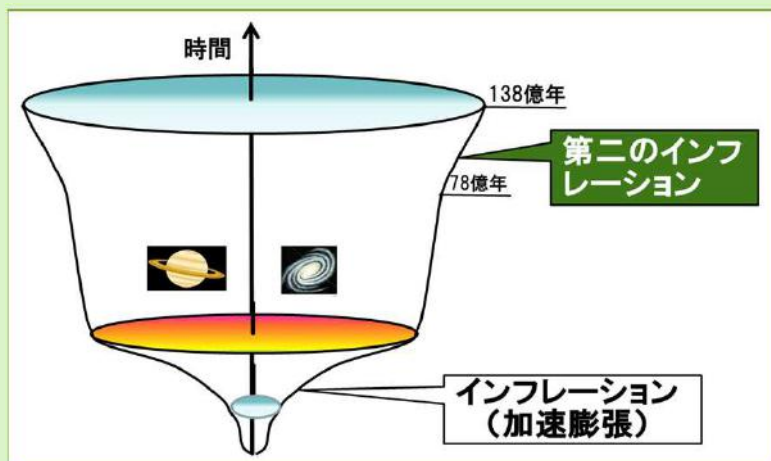
【Q&A4】 暗黒エネルギーの観測値を決めた方法

<Q>

暗黒エネルギーの観測値はどのような方法で決められたのですか？

<A>

- ◆13ページで説明したように、インフレーションが終った後、真空のエネルギーが、熱エネルギー、そして物質(素粒子から原子、星、銀河)に転換したとされています。
- ◆ところが、物質に転換しないで生き残った真空のエネルギーがあり、これが**暗黒エネルギー**であると推察されています。
- ◆さらに、暗黒エネルギーがいわゆる、**第二のインフレーション** †を引き起こしていると推察されています。



†ビッグバン宇宙論によれば、宇宙はインフレーションの終了後は減速膨張します。ところが、宇宙開闢78億年ごろから、ふたたび加速膨張していることが天体観測で明らかにされ第二のインフレーションと呼ばれるようになりました。さらに、その原動力が暗黒エネルギーではないかと推測されるようになったのです。

そこで、第二のインフレーションにおける宇宙膨張速度の加速率から、暗黒エネルギーの値を決定したのです。

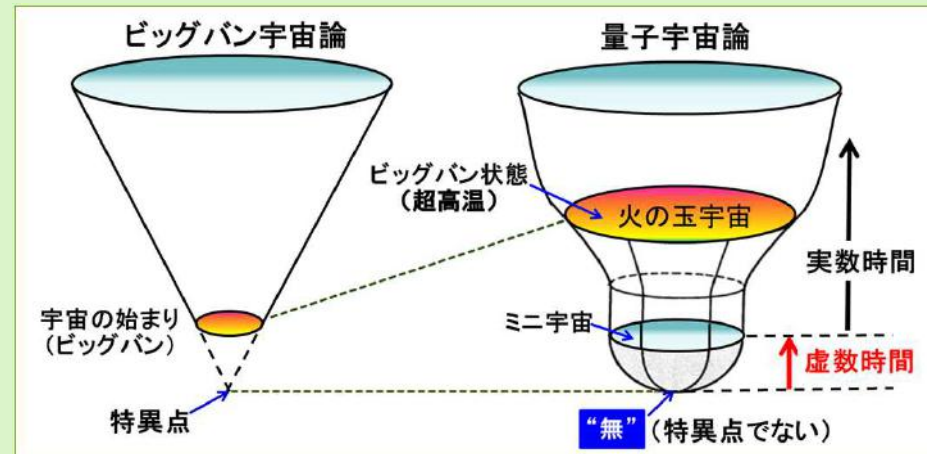
【Q&A5】 ホーキングの「虚数時間」

<Q>

ホーキングはなぜ、仮想的な虚数の時間を導入したのですか？

<A>

最初に提唱された頃のビッグバン宇宙論では、ビッグバンよりさらに時間をさかのぼると、ついに宇宙の大きさがゼロになる点、いわゆる**特異点**（円錐の頂点）に達します。これが“無”に相当します。



宇宙の大きさがゼロの特異点では、宇宙の密度が無限大になるため**物理法則が破綻**します。それゆえビッグバン以前を“無”にまでさかのぼって宇宙の始まりを物理学で扱うことができませんでした。

そこで、ホーキングは、ビッグバン以前を**虚数時間**で表すことによって、特異点（円錐の頂点）をつるりとした球面上の一点に変えて**特異点をなくした**のです。こうして彼は宇宙の起源を“無”までさかのぼれる物理学的・数学的モデルを作ったのです。

【Q&A6】量子宇宙論で扱う“無”とは？

<Q>

ホーキングの量子宇宙論で、宇宙を生み出したとされている“無”とはどのようなものですか？

<A>

それは、哲学や神学で扱う「無」ではなく、ホーキングが
物理理論を構築するための出発点 として考え出した“無”です。

すなわち、量子力学によれば、現実世界の真空では、

◆「粒子と反粒子のペア」が生成しては消滅し、消滅しては生成している、すなわち生成と消滅の間で揺らいでいることから類推してホーキングは、“無”では、

◆“ミニ宇宙”が生成しては消滅し、消滅しては生成している、すなわち生成と消滅の間で揺らいでいる[†]と仮定したのです。つまり、彼は、

時間と空間が存在する真空 で成り立つ原理を

時間も空間も存在しない“無” に恣意的に拡張したのです。

しかし、これが正しいかどうかを検証するすべがありません。

[†] 生成した直後にたまたま消滅しないで実数世界に飛び出した「幸運な宇宙」が現在の宇宙に成長したと仮定されています。

**【Q&A7】 宇宙の起源が解明できないことは
創造主が存在する証拠か？**

<Q>

自然科学では宇宙の起源が解明できないということは、創造主が存在する証拠ですか？

<A>

そのように考える信仰者もいます。しかし、科学者であれば、創造主を認める信仰者も、自然界の出来事を超自然に頼らず科学的な方法で探求しています。

現段階で解明できないことをすぐに**神の御業と決めつけない**で、解明できる可能性をも受け入れて探求を続けることが、信仰者にとって大切でしょう。

【Q & A8】 創造主を信じる信仰は科学と矛盾するか？

<Q>

創造主を信じる信仰は科学と矛盾しませんか？

<A>

すべての事柄は超自然を排して(つまり神抜きで)自然法則のみによって説明すべきだと考えている人々にとっては矛盾します。

しかし、自然界の出来事を**科学の方法で探求する**ことは創造主に対する信仰と何ら矛盾しません(第3回レポート15ページ参照)。