

ところざわ倶楽部の皆様へ

私事小嶋一郎は市民大学20期生、現在は「地球環境に学ぶ」サークルに所属しており77歳になります。

大学卒業以来日本の宇宙開発に従事し、今なお宇宙開発関連の活動に励んでおります。

その体験を通じて「宇宙創成」にも興味を抱き「謎解きに挑戦」して参りました。

その成果を報告書としてまとめましたので紹介したいと思います。

報告書のサイズの関係で2編にまとめました。

1. 宇宙には夢がある!!

宇宙誕生秘話

宇宙誕生はなぜ138億年その疑問に迫る

2. 宇宙には夢がある!!

宇宙開発の話、人工衛星の話他

2018年9月

第1編 宇宙には夢がある!! 宇宙誕生秘話

宇宙誕生はなぜ138億年その疑問に迫る

第2編 宇宙には夢がある!!

・宇宙開発の話、人工衛星の話他

2018年8月

NPO宇宙アドバイザー協会正会員

I H I O B

ところざわ倶楽部地球環境を知るGr所属

小嶋一郎

注：この資料は難解部分もありますが宇宙、宇宙開発に興味のある方向けに編集しました

目 次

第1編

宇宙 宇宙誕生秘話

1. 夜空には夢がある

- ・地球と言う惑星に住む私達

2. 宇宙

- ・宇宙科学の主たる役割
- ・宇宙誕生解明の歴史
- ・宇宙の始まりの観測
- ・太陽系と惑星
- ・天の川銀河

第2編 宇宙開発の話、人工衛星の話他

3.1 宇宙開発の歴史

- ・日本のロケット開発の経緯
- 固体ロケット
- 液体ロケット

3.2. 日本の宇宙開発拠点

3.3. 人工衛星

- ・人工衛星にはどんなものがあるのか
- ・宇宙ステーションとHTV(こうのとりの)
- ・はやぶさ初号機、2号機



夜空には夢がある



夜空には星が瞬き、月が輝いている、きれいですね。

夜空は私たちの心に安らぎと安心感を与えてくれる。

人々の気持ちは不思議なものでそれだけには終わらない。

宇宙とは何だろう、地球という惑星はどのような存在なのだろう？

宇宙に行ってみたい……。また宇宙の誕生に興味を持ち、
どうなっているのか等々いろいろの疑問が沸きます。

皆様も同じではありませんか、その疑問を少しでも解き明かせれば
と考えます。皆さんと共にこの疑問に挑戦しましょう。

地球と言う惑星に住む私達

地球とは太陽系の中でどんな星なのかこれからどうなるのか等の疑問を持ちます。

この宇宙はどうして生まれたのかしら等の疑問も・・・？

宇宙誕生の謎や地球誕生等の疑問の理解は高度な課題、世界の多くの物理学者、天文学者の研究課題となっており、徐々に解明されて来ていますね。

まだまだ未解明のものがあき今なお研究が進められています。

地球に住み日常生活を送っている私達には直接の問題ではありませんが、しかしいろいろの事に疑問を持ち、好奇心を持つ事は私たちの夢を叶える出発点です。

少しでもその疑問点、謎に関心を持ちたいものです。

宇宙

- ・宇宙科学の進歩で宇宙創成の謎が解明して来ました。一般人にはちょっと理解に苦しい話ですね。
 - ・身近な宇宙開発から宇宙の謎を解明して、宇宙、太陽系誕生秘話等の難題に挑みましょう!!
 - ・その宇宙科学の成果を身近に感じる手助けとなればと思います。
 - ・宇宙の夢を求めて挑戦あるのみ!?
- * Ever Onward !! *

宇宙科学の主たる役割

1. 宇宙創成(宇宙誕生、太陽系誕生は？)

ー宇宙の始まり宇宙誕生

ーインフレーション、ビックバン⇒宇宙の晴れ上がり、宇宙マイクロ波背景放射
⇒銀河系誕生⇒現在

2. 宇宙は謎だらけその解明に加速器が登場します

ー宇宙の質量(エネルギー)の分布、ダークマターとダークエネルギー

3. 太陽系誕生と惑星

ーはやぶさの行く小惑星の位置(小惑星は約数百万個ある)

ー太陽と地球の関係＝日本の春秋秋冬

4. 宇宙・素粒子物理学

・宇宙の謎を解明して、誕生秘話、他に生命の存在を探す(宇宙創成は？)

ー解明の道具として加速器の活用がある、加速器にはCERN等がある

日本で設置の予定があるILCに期待する

どうして宇宙誕生は138億年前なのか？

* 宇宙誕生解明の歴史

1. 宇宙はどのように始まったのだろうか？ どのような法則が宇宙を創り、進化させたのだろう？ この問いは私達に課せられた最大の知的挑戦でした。

2. NASAが打ち上げた「WMAP観測衛星」により、非常に高精度な観測から137億年という宇宙年齢が長年定着していましたが、その後欧州宇宙機関「ESA」が打ち上げた「**プランク衛星**」により、精密に観測し見直され**宇宙誕生は138億年という年齢に変更された。**

3. 一方2013年3月21日には全天の**宇宙背景放射マップ**が公開され、NASAのWMAPが観測したデータよりも高精度な**宇宙背景放射マップ**の完成から、宇宙の年齢はこれまで137億年前と言われていたものが**宇宙が誕生した時のビッグバンの光がマイクロ波として地球に届いてるその波長を解析した結果から約138億年であることが確認された。**

*** 現在では観測と計算結果の両側面から得られたデータにより138億年が定説となった ***

どうして宇宙誕生は138億年前なのか？

* 宇宙誕生解明の歴史

- 宇宙年齢の算出は非常に難解ですが、概略はまず多くの出来るだけ遠方の銀河を観測します。この時の明るさが分かっている「標準光源」を利用して(比較して)年齢を求めます。
 - ①見掛けの明るさが予想より明るければ、予想距離より近くにある。つまりその距離で膨張が遅くなっていると言えます
 - ②見掛けの明るさが予想より暗ければ、予想距離より遠くにある。つまりその距離で膨張が速くなっていると言えます
- 遠い距離ほど宇宙の過去を見ているので、このようにデータを集めれば宇宙膨張の歴史が分かるという事です。

どうして宇宙誕生は138億年前なのか？

* 宇宙誕生解明の歴史

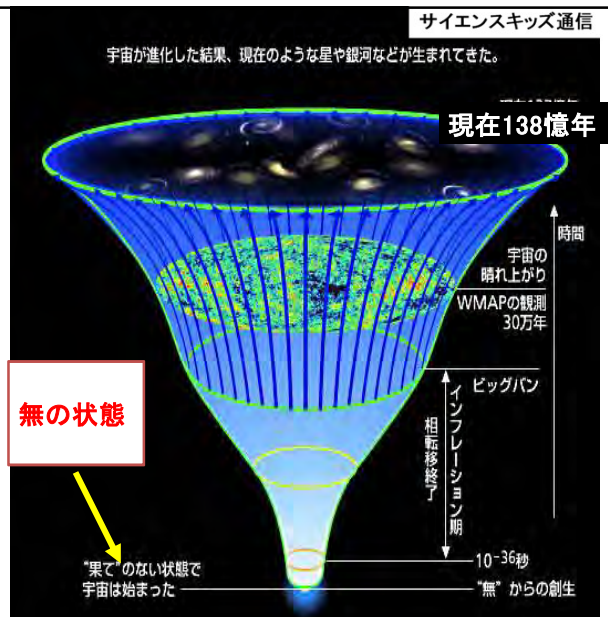
- 宇宙は膨張をしていると言う、その環境での宇宙誕生解明の疑問は？
- 宇宙年齢も宇宙膨張の歴史が分かれば算出出来ると言う。また宇宙の晴れ上がりが誕生から約138億年後である事も分かります。
- 宇宙の年齢は前述のように「**宇宙背景放射**」から導き出された。
- 宇宙背景放射とは晴れ上がり後に発せられた光です。宇宙背景放射の波長は宇宙が膨張している為引き延ばされ全体が赤に片寄っています(赤方偏位)
偏り具合は引き延ばされた時間に比例するので、偏り具合から逆算した結果晴れ上がりから現在までの時間が138億年になる。
晴れ上がりそのものは宇宙誕生時ではないのですが、宇宙誕生時から晴れ上がりまでの時間は無視出来る程度のほんの僅かな時間ですので宇宙年齢は138億年になります。
- **宇宙の晴れ上がり、宇宙背景放射とは後頁でより詳しく説明します。**

宇宙創成 宇宙誕生、太陽系誕生？

- ・何もない無の状態「**ゆらぎ状態**」から突然宇宙が生まれたと考えられています。
- ・**ビッグバン**によりエネルギーは、素粒子を生み出し、素粒子が結合して原子となる。
- ・宇宙初期には水素やヘリウム、これらの軽元素からなる雲は重力により原始星を通じて恒星となる。
- ・より重い鉄や珪素、我々の体を構成する炭素や窒素などの元素は恒星内部での核融合反応で生成し、**超新星爆発**により恒星間空間にばらまかれた。また、鉄より重い元素は超新星爆発時に生成したと考えられている。
- ・恒星やその塵が小銀河を作り、大銀河が生まれ、**太陽系惑星(地球等)**が48億年前に生まれる。
- ・宇宙は膨張を続け現在に至っている。
- ・ビッグバン理論は1948年ジョージ・ガモフが提唱

・ビッグバンのシナリオ(宇宙138億年の歴史)

ビッグバン ⇒ インフレーション(膨張) ⇒ 膨張終わる ⇒ プロトン(陽子)の形成 ⇒ 重水素・ヘリウムの形成 ⇒ 星の誕生 ⇒ 銀河の誕生 ⇒ 星の誕生のピーク ⇒ 現在



宇宙の始まりの観測(今から138億年前)

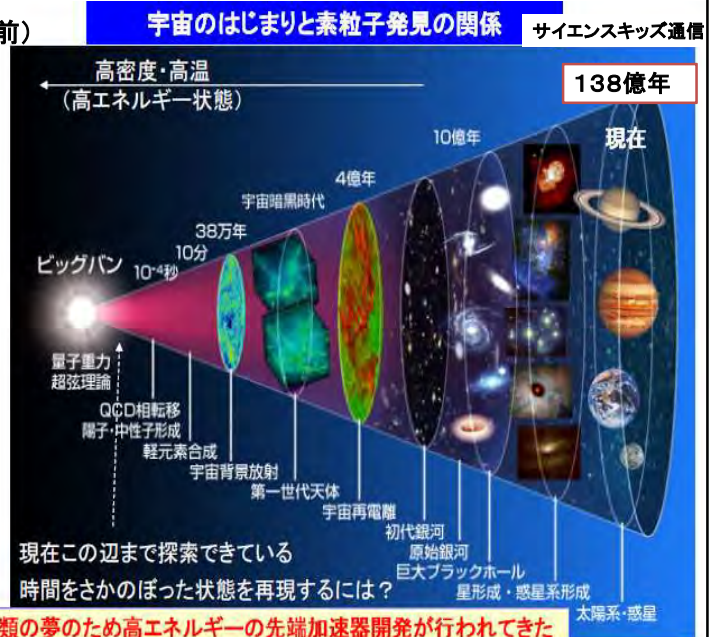
・観測秘話

光学望遠鏡では宇宙の誕生からおよそ10億年後(今から128億年前)まで、また電波をとらえる望遠鏡では宇宙の誕生から38万年経った頃(『宇宙の晴れ上がり』と言っている)まで観測する事が出来るようになっていきます。**しかし、更にその前の宇宙は望遠鏡では観測出来ませんでした。**

生まれたばかりの宇宙は、あまりに小さくて熱く、濃い素粒子のスープのような状態だったからです。

「宇宙の晴れ上がり」より前の生まれたばかりの宇宙を観測するには、**加速器**が活躍します。**加速器はたくさんの素粒子が水蒸気のようにパラパラになって激しく飛んでいたころの状態を再現する装置です。**

今日では加速器のおかげで宇宙が生まれてから3分しか経っていない時の姿が、かなり良く分かって来ました。スイスのCERN(欧州合同原子核研究機構)にあるLHCという加速器(ヒッグス粒子を発見した加速器)では、なんと宇宙誕生の**10⁻¹²秒**(1兆分の1秒)後までさかのぼる事が出来るようです。



CERNとは欧州素粒子物理学研究所。1954年にヨーロッパの12カ国が出資して設立された研究所。CERNという略称は、「European Organization for Nuclear Research」という名前。

インフレーション、ビックバーン⇒宇宙の晴れ上がり、
宇宙マイクロ波背景放射⇒銀河系誕生⇒現在

・『インフレーション』と『ビックバーン』

宇宙は急速に膨張し、物質のもととなる色々な種類の素粒子が大量に生まれ、超高速で飛び交う超高温・超高密度の火の玉のようになった。これを『ビックバン』と呼んでいます。

宇宙誕生から 10^{-27} 秒の時です。この時の宇宙の平均温度は約 10^{25} 度(1兆度の10兆倍)以上でした。その後、温度は徐々に下がり、

10^{-9} 秒(10億分の1秒)後には素粒子ばかりであった宇宙は、 10^{-5} 秒(10万分の1秒)後には素粒子の中のクォークが集まって陽子と中性子が出来た。そして3分後には陽子や中性子が集まって、元素の中で最も軽い水素やヘリウムの原子核が出来た。この頃には未だ、高温の陽子や電子がばらばらに飛びかう状態(「高温プラズマ」といいます)の中で、光(光子)は電子に邪魔されて直進する事が出来ませんでした。

・『宇宙の晴れ上がり』と『宇宙マイクロ波背景放射』⇒銀河系誕生

・宇宙の温度が3000度(K)ぐらいに下がると、電子が原子核と結合して原子となり、光は邪魔されずに直進するようになりました。この宇宙の見通しの良くなった時を『宇宙の晴れ上がり』と呼んでいます。宇宙の誕生から38万年後のことです。この時の光が、宇宙のあらゆる方向から飛んでくる電波『宇宙マイクロ波背景放射』として、1965年に初めて観測された。

・2001年にNASAが打上げたWMAPという宇宙探査機によって撮影された宇宙の姿(全地球の宇宙マイクロ波背景放射)です。宇宙全体が晴れあがってきれいに見通す事が出来ます。

インフレーション、ビックバーン⇒宇宙の晴れ上がり、
宇宙マイクロ波背景放射⇒銀河系誕生⇒現在 (前頁続き)

・宇宙マイクロ波背景放射⇒銀河系誕生

⇒現在

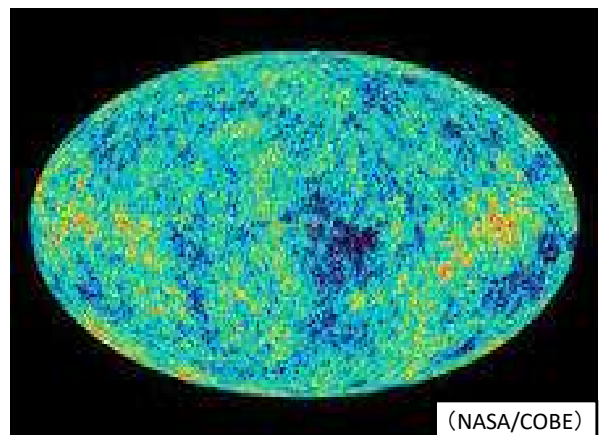
宇宙マイクロ波背景放射では宇宙全体が晴れあがってきれいに見通す事が出来ます。

ここに写っている様々な色の分布は『宇宙の温度ゆらぎ』を表わしています。

それぞれの場所のほんのわずかな温度の違いを示したもので、これは生れて38万年後の宇宙に、すでに場所によって密度の大きいところと、小さいところのムラがあった、ということを示す貴重な証拠です。

このムラが、やがてたくさんの星を産み育て、銀河系をつくって行くのです。

10億年後頃から銀河系宇宙の誕生、太陽系の誕生、そして132億年後(今から46億年前)には地球の誕生と続き、現在に至っています。



WMAPによる宇宙マイクロ波背景放射の温度ゆらぎ

宇宙は謎だらけ、その解明に加速器が登場

1. 宇宙の謎解き加速器の登場

宇宙はまだ謎だらけです。惑星や恒星などを含めて、これまでに分かっている宇宙の物質は約5%だけです。その残りの約95%の正体は何だろう？今のところ約25%は目に見えない物質である『暗黒物質(ダークマター)』、約70%は謎のエネルギーである『暗黒エネルギー』だと考えられています。

宇宙の謎を調べるなら望遠鏡を使えば良いと思いますね、なぜ、わざわざ加速器を作って、『宇宙を見る』必要があるのでしょうか？

世界最高級の性能をほこる国立天文台ハワイ観測所のすばる望遠鏡(米国ハワイ島)や米国航空宇宙局(NASA)の地上から約600キロメートルの軌道上を周回する人工衛星のハッブル宇宙望遠鏡をはじめ、たくさんの大型望遠鏡があり、暗黒物質の解明などを狙っています。

しかし、どんなに望遠鏡の性能を上げても、宇宙には見えない部分があります。その見えない部分に、宇宙が何で出来ているかのヒントがあると考えられているのです。

「見えないなら、小さい宇宙を自分たちで再現してみよう！」

科学者たちは、加速器というマシンで小さい宇宙をつくらせて、その見えない部分は何で出来ているのかを調べる実験をする。その代表加速器はスイスにあるCERNの超大型加速器(LHC)です。

しかし残念ながら『暗黒物質(ダークマター)』と『暗黒エネルギー』の正体は今だ解明に至っていません。

加速器とは、粒子に大きなエネルギーを与え加速する装置です。

2. 素粒子と宇宙: 素粒子物理学

私たちの体や身近にあるものを細かく分けていくと、すべてが素粒子に行き付く。地球やこの宇宙が成り立っているのもすべて素粒子のお陰です。

素粒子を研究する学問を“素粒子物理学”と言います。宇宙がどのようにして生まれ育ってきたかを探る基礎研究する学問です。

・加速器とは

加速器は、電磁波などを使って粒子にエネルギーを加え、粒子を加速する装置。宇宙誕生時の環境を人工的に作る装置です。

加速した粒子同士をぶつけることによってエネルギーのかたまりを作り出し、そこから噴出する様々な粒子を観測する事が目的で、加速器で加速された粒子が速ければ速いほど、より大きなエネルギーを作り出す事が出来る装置。

・CERNのLHC: 陽子-陽子衝突させる加速設置。全周は約27kmある巨大な円、陽子ビームの衝突点にて高エネルギー物理現象から生じる粒子を観測する。

・日本に設置が計画される国際リニアコライダー(ILC):

全長約31kmの直線状の地下トンネルの中で、超高速に加速した電子(e-)とその反物質の陽電子(e+)を正面衝突させ、宇宙の誕生した瞬間の姿を再現させ、超高エネルギーの世界に到達させる。

注: 電子と陽電子は、陽子よりはるかに小さくて軽い(電子と陽電子の質量は、陽子の質量の約1/1836分)のですが、これらを直線状の短い距離で光の速さにまで加速する技術と、正確に正面衝突させる技術は、LHCの場合よりもずっと難しいのです。

宇宙の質量(エネルギー)の分布

宇宙の星や生物は、私たちの知っている物質から出来ています。しかし、これらは宇宙の全質量(または全エネルギー)の4%にしかありません。

残りは、暗黒物質(darkmatter)が23%で、暗黒エネルギーが73%を占めています。

残念ながら、私たちは暗黒物質や暗黒エネルギーの正体は何であるか未だわかりません。

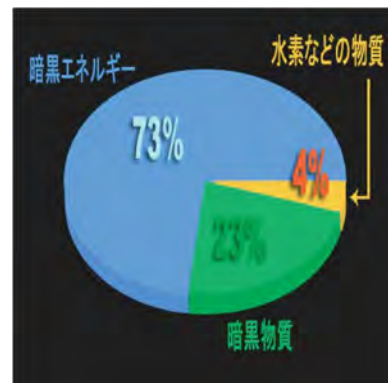
暗黒物質は宇宙の初期に未発見の相互作用の小さい素粒子である可能性があります。

この暗黒エネルギーは、アインシュタインによって一般相対性理論に導入された宇宙定数と見なす事が出来ます。

$$E = mc^2$$

(エネルギー(E) = 質量(m) × 光速(c)の2乗)

この式はエネルギーと質量は本質的に同じである事を示しています。



宇宙の質量(エネルギー)の分布。73%は暗黒エネルギー、23%は暗黒物質で残りの4%が水素などの物質から出来ています。96%について正体不明となっています。

(KEKのWebpage「キッズサイエンティスト」から)

ダークマターとダークエネルギー

ダークマターの正体

太陽系の惑星は太陽の回りを**重力の影響**により公転していて、その公転速度は重力の影響を受けて太陽中心に近い惑星は早く、遠い惑星は遅い。
しかし銀河系の恒星の公転速度は観測結果によるとこの通りでなく、**公転速度はほぼ同じであるか早い**。回転する物質には遠心力が発生する、この遠心力と内側に引っ張る星の引力が拮抗することで星は銀河の中に留まる。しかしその回転速度は理論上より早く回転している事が分かる。他の銀河系も同様な傾向にある。

何故か、それは目に見えない重力をもった何かが働いていると考えられ、この正体は今だ説明されていなく、それを暗黒物質ダークマターと名付けている。

ダークマターの特徴

- ①目に見えない(光を出したり、吸収しない)
- ②非常に重い
- ③宇宙の広範囲に分布している

注:このダークマター、ダークエネルギーの解明に日本はリーダーシップを取り東北に2030年ころ完成予定で「国際リニアコライダー(ILC: International Linear collider)」を計画しています。

ダークエネルギーの正体

ダークエネルギーは**宇宙全体に浸透し、宇宙の拡張を加速していると考えられる仮説上のエネルギーを暗黒エネルギーと呼んでいる。**

ダークエネルギー(暗黒エネルギー、dark energy)とは、現代宇宙論および天文学において、宇宙全体に浸透し、**宇宙の拡張を加速していると考えられる仮説上のエネルギーである。**

ダークエネルギーとは、宇宙全体に広がって負の圧力を持ち、実質的に「反発する重力」としての効果을及ぼしている仮想的なエネルギーである。

この語は、宇宙論研究者のマイケル・ターナーが1998年に初めて作った言葉であるとされる。

現在観測されている宇宙の加速膨張や、宇宙の大半の質量が正体不明である。

太陽系誕生と惑星

* 太陽系誕生(約46億年前):

・宇宙の誕生は約138億年前に誕生、その後約46億年後に太陽系が誕生した。

微惑星→原始惑星→原始惑星大衝突→1億年で地球規模の惑星誕生



太陽系

一番左が**太陽** (8つの太陽系惑星)

水星、金星、地球、火星、木星、土星、天王星、海王星

太陽系惑星(密度で分類する)



内惑星

岩石や金属などの難揮発性物質から構成される岩石惑星。
水星、金星、地球、火星



外惑星

地球よりも直径で4倍以上、質量で10倍以上の大きさがあり、密度は低い組成から木星と土星は巨大ガス惑星 (Gas Giant)、天王星と海王星は巨大氷の惑星 (Ice Giant) と分類される

はやぶさの行く小惑星の位置 (小惑星は約数百万個ある)

太陽系の起源・進化

太陽からの距離に依存します

- ↓ ・S型(ケイ素質)
- ↓ ・C型(含水鉱物、有機質)
- ↓ ・D型、P型(より始原的なタイプ)

探査の目的

太陽系起源と進化の解明、生命の原材料物質調査

- ・イトカワ: S型
- ・1999JU3(りゅうぐう)小惑星: C型
- ・次期探査: D型



太陽と地球の関係＝日本の春夏秋冬

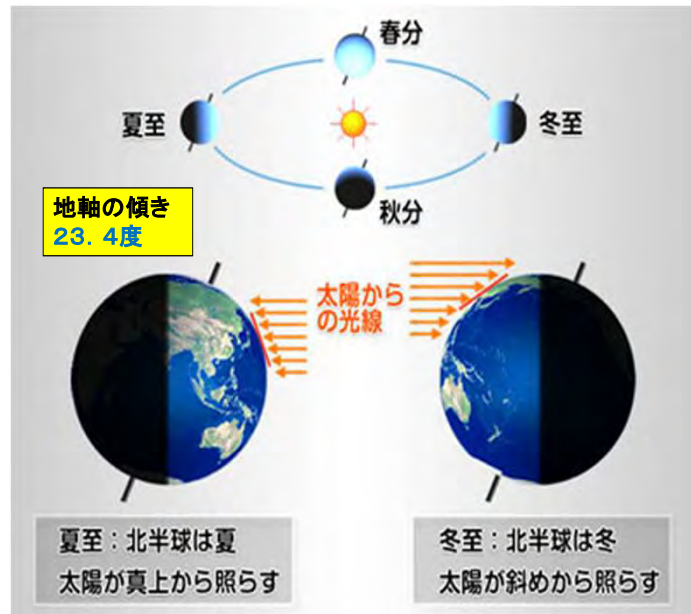
* 疑問 *

- ・なぜ夏は暑くて、冬は寒いのだろうか？
- ・夏と冬では日照時間がなぜ違うの？
- ・春夏秋冬は？

夏と冬で気温が変わるのは、太陽との距離が変わるせいでもなければ、太陽の活動が変化するからでもありません。

それは、「**地軸**」が傾いているからです。

地球は北極点と南極点を結ぶ直線を軸にして自転していますが、この地軸は公転面（地球が太陽を周回する面）に対して垂直ではありません。そこには、**約23.4度の傾き**があります。そのため、太陽の動きは一年を通じて変化します。このことは、日本だと夏は太陽が空の高いところを通るから昼が長くなり、冬は空の低いところを通るので夜が長くなることからわかる。



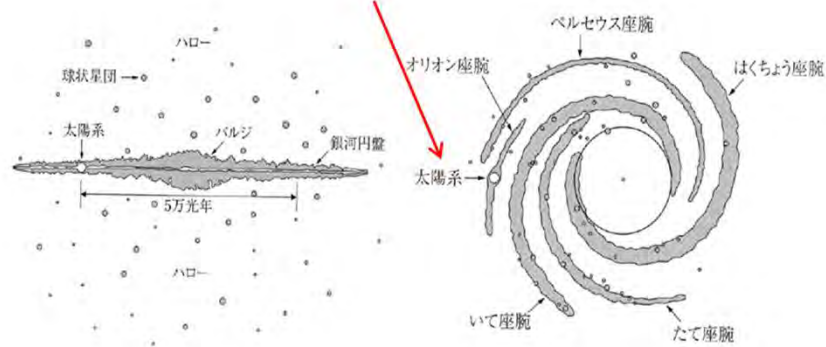
天の川銀河 (Milky Way Galaxy)

太陽系(地球等の惑星)のある銀河

- ・大宇宙の中、約8兆個と言われる銀河のうち、私たちの地球はどの銀河に属し、どのような位置にあるのでしょうか
- ・私達が住む、地球は天の川銀河 (Milky Way Galaxy) の太陽系に属している。この天の川銀河には一千億以上の星やガスやチリが集まった**天体が集う星の街**にある。
- ・それではこの天の川銀河の本物の姿はどんなものであるかを調べる。
- ・20世紀に入り、天体観測用望遠鏡の技術の進化、ハッブル望遠鏡、観測衛星により宇宙の謎解きが始まった。
- ・しかしまだまだ謎解きは続いている、その観察結果を以下に綴る。

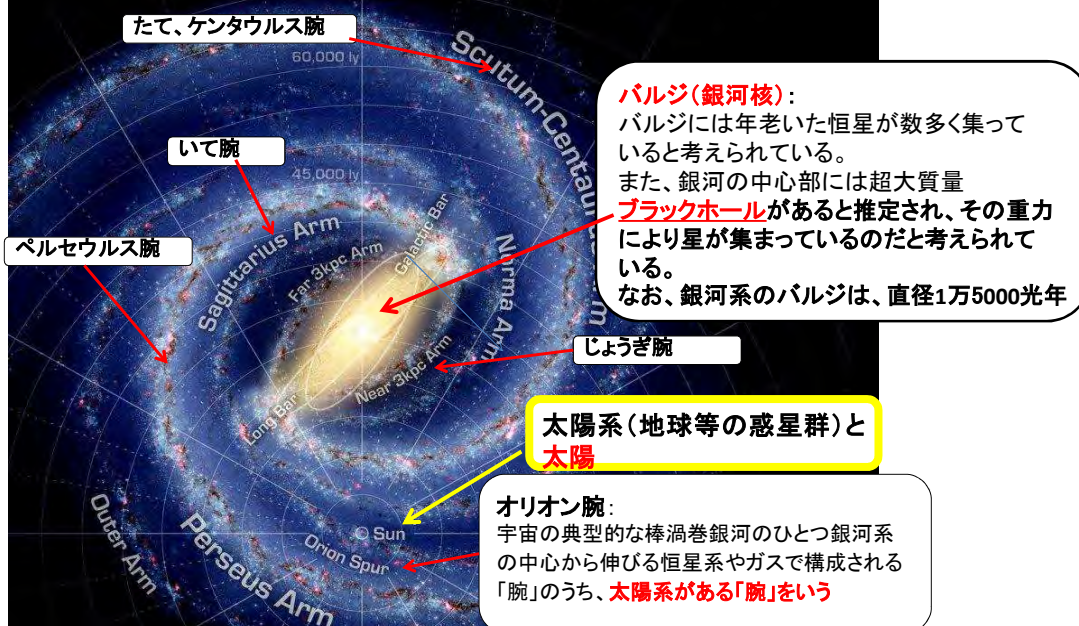
天の川銀河系の構造

オリオン腕 太陽系 地球



宇宙の数ある銀河における地球の住所
 天の川銀河⇒オリオン腕⇒太陽系の第3惑星
 銀河系では田舎にあると言える

Annotated Roadmap to the Milky Way



宇宙には夢がある!! (その1)

宇宙誕生秘話

宇宙誕生はなぜ138億年その疑問に迫る

ご拝読有難うございました。

宇宙には夢がある、皆様に宇宙開発に興味を持って頂ければ幸いに思います。

いろいろの事に興味、好奇心を持ち、その中から、将来の目標を決めその実現に励みましょう！

“限りなき前進 ~Ever Onward~”