

素人の宇宙考①「宇宙誕生と終焉」 秘話

所属 4 氏名 永野 徹

(1) 宇宙誕生秘話序論

宇宙はこの世で最後のロマン・最大のミステリ・最高難易度の物理事象を秘めた世界だと言っても過言ではありません。日常生活では宇宙を意識する必要性も知る機会も全くありません。1957年ソビエト連邦が世界初の人工衛星スプートニク1号を打上げて地球の重力圏から宇宙へ人類が脱出する事に成功しました。1969年にはアメリカのアポロ11号が月面着陸に成功、2024年時点でNASAが火星有人探索計画を進めていると言う。ここに来て俄かに宇宙での無重力体験がブームとなって増々宇宙が身近なものになりつつあります。宇宙論に関する進展は1900年代初にアインシュタイン博士の宇宙方程式が突破口となり、銀河天体観測による裏付けデータが得られたことで宇宙論が大いに進展しました。また意外な事にマクロと正反対のミクロ世界の研究「素量子論」が宇宙論(1946)の進展に大きく貢献している。宇宙の誕生についてはジョージ・ガモフ博士のビッグバン理論が有名ですが超高温・超高圧環境が如何にして創出されるかに難点があった。宇宙誕生について調べてみると魅力あふれる情報が多々得られました。宇宙誕生から現在までの経過を図一1に示します。

(2) 宇宙誕生秘話

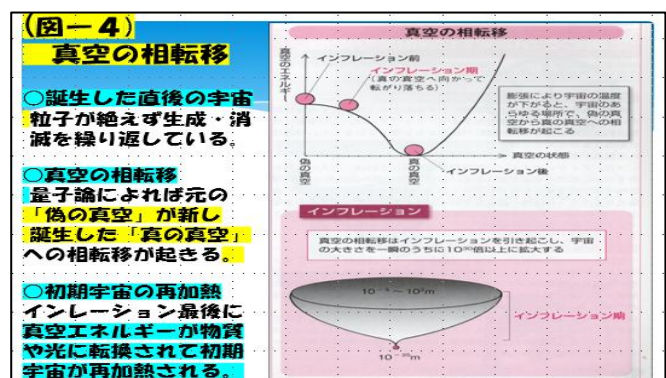
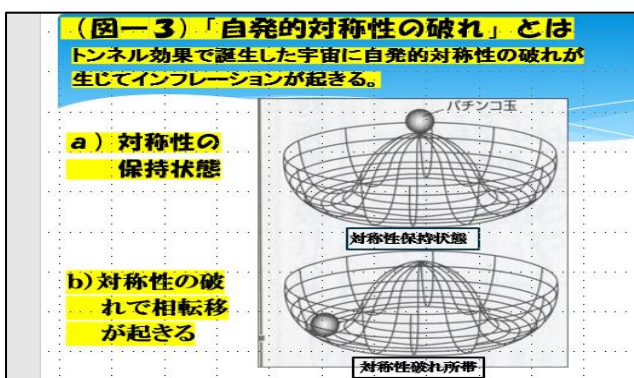
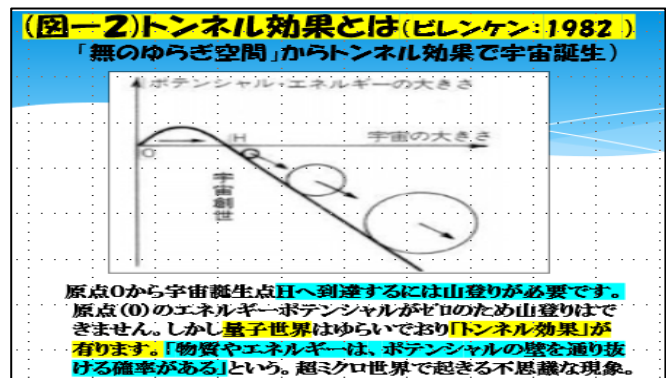
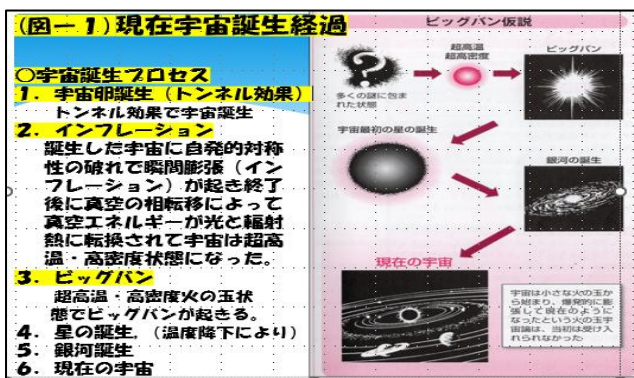
1) トンネル効果とは(無の空間から宇宙の卵が誕生)

図一2に示す通り、量子論では宇宙誕生前の無の空間(エネルギー密度ゆらぎのある無空間)からトンネル効果で初期宇宙(宇宙の卵)が誕生したことになります。また最近の新しい説ではインフレーション膨張の原因は過冷却ではなくインフラトンと呼ばれる粒子の持つエネルギーであり、宇宙が誕生した時にすでにインフレーション膨張をしていたとの説があります。他にも色んな説が提案されていますがここでは量子論によるトンネル効果説を取り上げます。

2) インフレーションとは(ビッグバンを創出する前段階: 超高温・高密度空間の醸成)

1. インフレーション理論

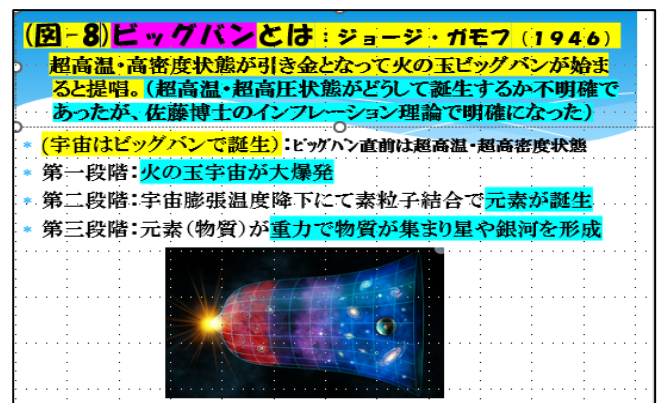
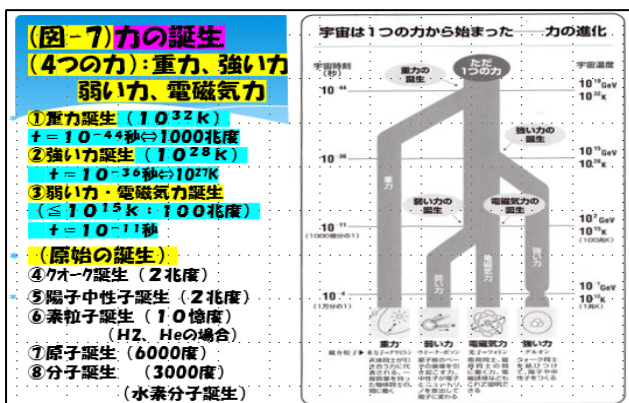
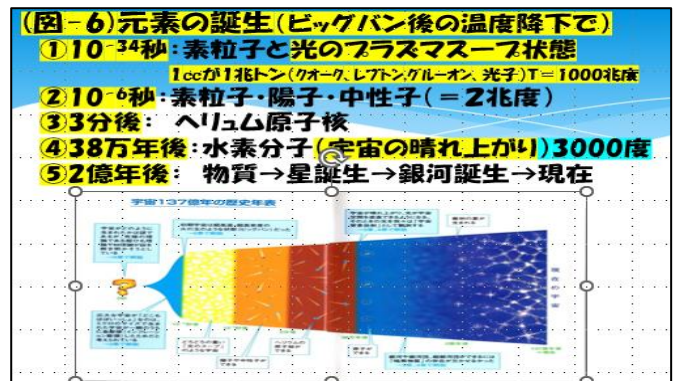
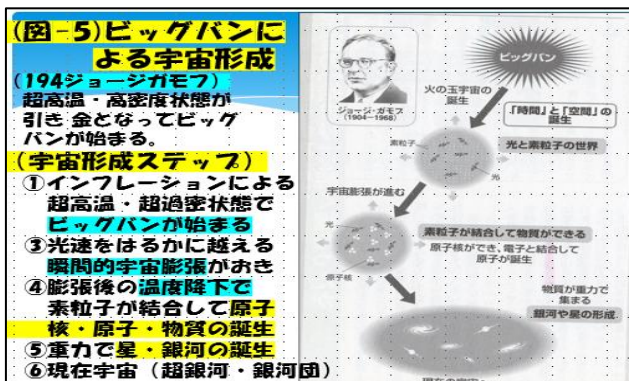
トンネル効果で誕生した宇宙の卵は「対称性の破れ」(図一3)が生じて光速より遥かに速い瞬間膨張(インフレーション)が起きる。その後真空の相転移(図一4)により真空エネルギーが光と輻射熱に変換されて超高温・超高密度状態が醸成されてビッグバンが開始されます。



3) ビッグバンによる宇宙形成

1. ビッグバンによる宇宙形成ストーリー

インフレーションにより誕生した超高温・超高密度によりビッグバンが始まり現在宇宙が形成された(図-5)。ビッグバンによりピンポン玉以下の初期宇宙が現宇宙の 1/3 程度の大きさまで瞬間膨張したことでビッグバン開始時の超高温・超高密度の光とクオークのプラズマ状態から急激な温度降下で素粒子→原子→分子→元素と結合変化で物質が誕生(図-6)。また温度降下に伴い 4 つの力も誕生(図-7)。誕生した重力により「物質→星→銀河→超銀河」重力集合して現在あるような大規模な宇宙が形成された。ガモフは宇宙晴れ上がり時の光が絶対温度 $\approx 5\text{K}$ のマイクロ波として宇宙に残っている事を予告し、後年 2.7K マイクロ波が観測されビッグバン理論(図-8)が主流となった。



(3) 宇宙終焉論(仮説)

1) はじめに

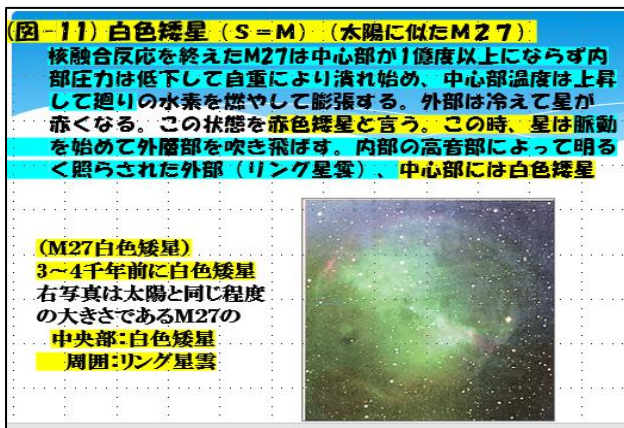
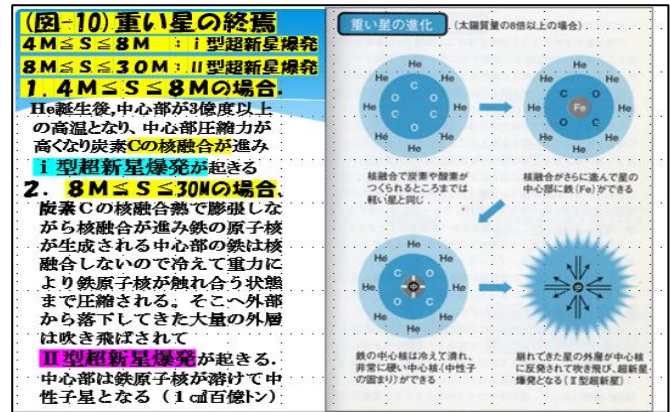
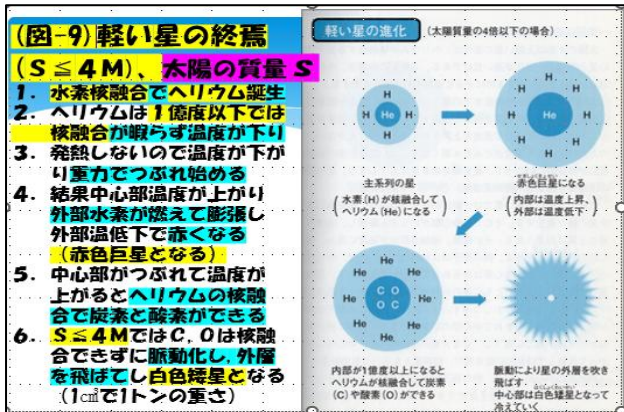
宇宙の終焉については様々な仮説が提案されている段階である。存続期間についても有限、無限の両方が提示されている。20 世紀始めまで「宇宙は永遠に存在し続ける」と言う定常宇宙論が主流であったが 1920 年にハッブルが天体観測により宇宙の膨張を発見したことにより宇宙の誕生についてはビッグバン理論が主流となり現在は宇宙膨張の果てに宇宙の終わりはどうなるのかが主要な課題。宇宙終焉はアインシュタインの宇宙方程式の解や量子論により 3 グループの宇宙終焉論がある。

(宇宙膨張の果てに宇宙の終焉はどうなるのか以下 3 グループ仮説)

- ①第1グループ: 定常宇宙論(宇宙膨張観測結果にも拘わらず宇宙は永遠に存在し続けるという説。)
- ②第2グループ: 振動宇宙論(一時的現象として終焉を迎える)
重力によっていずれ膨張が止まり宇宙はビッグバン開始時の特異点に回帰してリサイクルする
・振動宇宙論(サイクリック宇宙論)膨張が止まりビッグバン開始時へ回帰してビッグバンを反復。
- ③第3グループ: 永久的現象(宇宙に終焉は無いが一樣な平衡状態に達する。)
・宇宙の熱的死: 宇宙のエントロピーが均一化に向かい絶対零度に近づくと変化しなくなる説。
・ビッグリップ: 宇宙膨張で密度が希薄となり重力集合ができなくなり宇宙はバラバラになる説。
・宇宙の低温死: ある時点で重力が膨張に打ち勝ち収縮に転じて潰れるという説。
・ビッグクランチ: 重力によっていずれ膨張が止まりビッグバン開始の特異点まで回帰する説。

2) 星（恒星）の最後

宇宙誕生時に存在した最も基本的な素粒子は中性子で、中性子崩壊で生成されるのは全て水素（H）。水素の重力集合で核融合が起きてヘリウム（He）が形成されると同時に核融合の大量熱で輝く。核融合で星の生成できる元素は鉄（Fe）まで。それ以上の重い元素は星の超新星爆発時に生成される。第1世代星が崩壊後に重力集合して誕生した第2世代星には鉄より重い元素が含まれている。誕生した星の最後は星の質量によって決まる。太陽の質量をMとすると恒星の質量が4倍以下、4倍～8倍、8倍～30倍、30倍以上で星の崩壊方法が変わる（図-9、図-10）。過去において崩壊した星の事例として太陽と同程度の星M27の白色矮星・リング星雲の画像を（図-11）に、藤原定家の明月記に記載されたカニ星雲のII型超新星爆発（例）を（図-12）に示す。



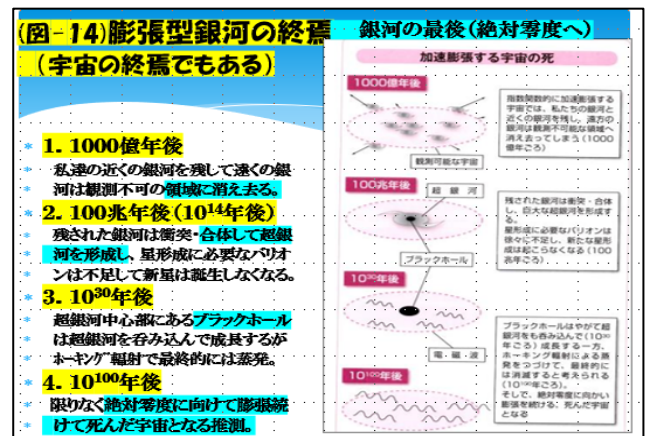
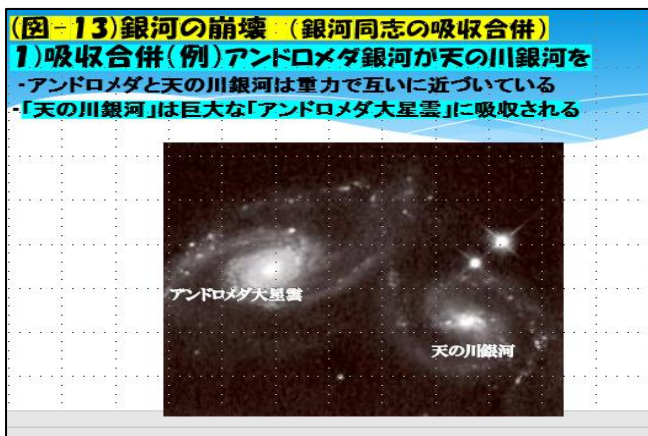
2) 銀河の崩壊

1. 銀河の吸収合併による生滅

銀河の崩壊は即ち宇宙の崩壊であるが銀河同志が吸収合併して一方が消滅する事例として、太陽系が所属する天の川銀河（小）がアンドロメダ銀河（大）に重力で引き寄せられている（図-13）。

2. 膨張型銀河の崩壊

膨張型銀河の終焉（宇宙の崩壊でもある）について提言されている一事例を（図-14）に示す。



3. 宇宙崩壊パターン

アインシュタインの宇宙方程式の解から予想される宇宙の崩壊パターン（図-15）と量子論による崩壊説等を整理して「宇宙終焉のまとめ」を（図-16）に示す。



(図-16)宇宙崩壊のまとめ

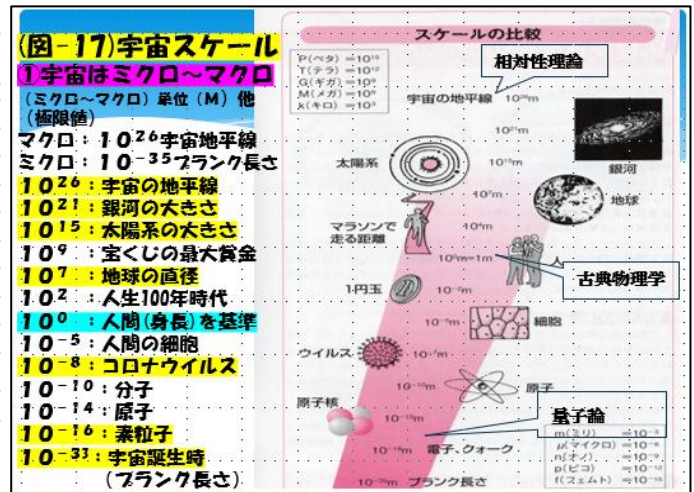
分類	宇宙曲率	終焉ケース名称	論名	補足	寿命	星・銀河存在期間(年)
□大宇宙		最新宇宙論	無敵小宇宙論	無敵小宇宙で構成	永遠	無敵の小宇宙が無敵に存続
□小宇宙(無敵)		定常宇宙論 (宇宙はひとつと)	(旧宇宙論) 20世紀初頭まで	宇宙は永遠のもの	終焉無し	宇宙は膨張している事が判明
相対性理論	閉宇宙 (曲率正)	ビッグクランチ	収縮宇宙論	重力収縮 ビッグバンの逆転	再生(反復)	ビッグバンとビッグクランチ反復
	開宇宙 (曲率0or負)	ビッグフリーズ	低熱化平衡論 エントロピー法則	宇宙の熱的死 絶対零度への冷却	熱的死	(天の川・星・銀河の一生) 下記()内の単位は年 星形成: (10 ⁹ ~10 ¹⁰) 星消滅: (10 ⁹ ~10 ¹⁰) 銀河終焉: (177~217)10 ⁹ 銀河終焉: (10 ¹¹)年 銀河終焉: (10 ¹⁴)年 銀河終焉: (10 ¹⁶)年
		※天の川銀河の70%以上は超新星爆発によって ①太陽の20倍以上の質量によって超新星爆発後に ブラックホールが生まれる。(銀河内に10 ⁷ 個程度) ②銀河中心に大質量ブラックホールが存在している。 ③銀河中心の大質量ブラックホールが銀河物質を 10 ¹⁰ 年後には全てを呑み込むことになるものも重要。				
	—	ビッグリップ	素粒子崩壊論	ダークエネルギー	崩壊	素粒子レベルでバラバラになる
量子論	—	真空崩壊	量子論	真の真空へ相転移	無限	高エネルギー真空泡で崩壊

(4)宇宙物理の進展

宇宙は巨大なマクロの世界であるとの感覚が非常に強いが実は非常に小さなミクロの世界も包含している。地球上の日常生活で起きる現象はニュートン物理学の適用でほぼ問題ないが、宇宙のようなマクロの現象に対してはアインシュタインの相対性理論が適用される。また素粒子等のミクロ現象には量子論が適用される。更に宇宙誕生時の“超高温・超高密度・超光速”を越える現象に適用できる新物理学＝宇宙物理学(仮称)の完成が不可欠である。(宇宙スケール“図-17”を参照)

表一1 (宇宙の大きさと適用物理学)

No	物理学名称	適用範囲	提案者	法則等	備考
1	古典物理学 (ニュートン物理学)	地球上	ニュートン	万有引力の法則 1. 慣性の法則 2. 運動の法則 3. 作用・反作用	絶対座標・絶対時間
2	相対性理論 (マクロ正解)	宇宙	アインシュタイン	特殊相対性理論 一般相対性理論	全て相対性、時空一体論 光速不変
3	量子理論 (ミクロ世界)	量子	ボーア シュレディンガー	不確定性原理	確率的存在論
4	新物理学 (宇宙物理学(仮称))	宇宙誕生	未定	超高温・超高压・超光速	



(5) 天の川銀河

太陽系は天の川銀河の中心から 2.6 万光年に位置する。太陽を含む恒星の大集団(約 2000 億個)を銀河系と呼ぶ。銀河系は円盤形状で星は円盤内の渦巻状の腕に沿って分布している。天の川銀河の大きさは直径が約 10 万光年の球体直径軸上に円盤状に水平分布している。夏の夜空で有名な天の川は天の川渦巻銀河の一部である。銀河系中心部には巨大なブラックホールが確認されている。(図-18、図-19 参照)

