

みわ塾 講座内容

2003 年 4 月 23 日 (第 1 回)

毎月 1 回原則第 3 水曜日

2 時から 4 時まで

6 時から 8 時まで (同じ内容)

4 月 23 日

5 月 21 日

6 月 18 日

7 月 16 日

8 月 (清里 緑陰講座・東京ではやりません)

9 月 17 日

場所：新宿区榎町地域センター

(天の川 群馬天文台)



お願い！

この講座は生涯学習の一環と考えています。これまであまり科学に関心のなかった方々を対象にしているもので、将来研究者になるとか気象予報士の試験対策などにはあわせていません。気楽に科学談義という感じで行こうと思っていますので、その点お含み下さい。

科学的知識はこんなところと関連していたのだ、人工衛星を打ち上げるのはこんな意味があるのだ。自然を見る目が少しは変化した。などなどの日常的な部分との関連ができればいいな。そんな中から新たな文化が創られてくるのではないかと考えています。ぜひ新たな文化の創造に関わってください。

講座責任者 三輪主彦 e-mail kazmiwa@aol.com

はじめに 文化としての科学

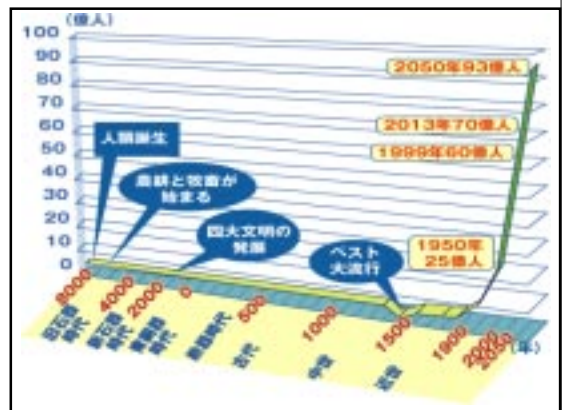
文化とは何かという難しい問題はとりあえず棚上げにして置いて、単純に人間の精神的生活に関わるものを文化あるいは文明とよぶことにする。広辞苑にはそう書いてある。さらに「文化」と対立する言葉は「自然」とある。人間のつくり出したもの、考え出したものそれらすべてが文化なのだろう。

一方「科学」は自然界の現象を観察してその中からある法則を見いだしていく方法ということになる。

人間のことを考えるとき科学はあまり役に立たないという先入観がある。人間というのは何を考えるかわからないし、それぞれ個性があるので一概にくれない。さらに一回きりの人生なので再現性はないから科学の対象にはならないと考えてる。8月23日に火星が大接近するとか、DNA情報を使って遺伝子治療をするとか確実に予測が可能なのが科学であって、あなたの寿命はあと何年ですなどというのはただの予想で非科学的とされている。しかし個性があったとしても日本人の平均寿命が87歳であることははっきりとしており、科学的に扱うことはできる。一つ一つの分子や原子のうごきはわからないが条件次第で全体としては、どう振る舞うか予測することは可能である。

人間の行動を、無目的に動いている原子分子にたとえるのは無理だと言われそうだが、平均寿命の例のように、かなりの部分は科学的領域にひかると私は考えている。これまで文化とか歴史など文化系分野を科学で扱うことはなかったが、地球規模の視点からみれば文化、歴史も科学的に扱ってもよいだろう。次のグラフをみて欲しい。これは世界の人口増加を示したものだ。21世紀の上昇率はものすごい。このまま続けばあと2000年で人間の体重は地球の重さと同じになるそう。この視点から見た場合、20世紀は歴史上異常な時代だったということがわかり、21世紀にはこの上昇を維持することはできないということは一目瞭然である。

地球環境で問題にされているマクロな分野は科学的に考えるべきことなのだ。



第1回 宇宙観の広がり (新しい文化の創造)

ここはどこ？

1. 身の回りの世界、私は見た！

遠い昔の人たちの、あるいは子どもの頃の世界はごく身の回りに限られていた。ある時期になると人はこの世界がどこまで広がっているのか考えるようになる。自分のいる場所への関心、「ここはどこ」という疑問である。

最初は自分の足で到達した場所がその世界だった。ヘロドトスのような旅行家たちは世界を広げていった。さらにコロンブスやマゼランという探検家は地球が球形をしていることを実証してくれた。

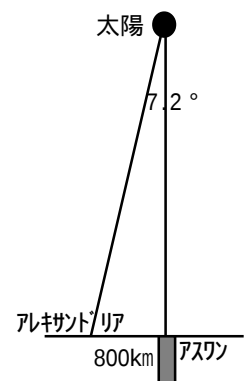
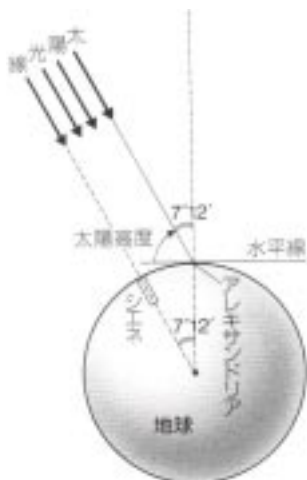


●誰が見ても左が昔の地図と思う。
下はB.C. 500年頃、
左はA.D. 900年頃。
権威に動かされると
眼力が曇る。



2. 科学的な計算、まだ見ぬ世界！

直接行くことができなくても、距離を測ることができる。アナクサゴラスという人は、地球の周りを回っている太陽や月までの距離を測った。右図は彼が測った方法である。この図から、太陽はシエネの上空何kmあるのか計算できる。(ただし前提になる図が間違っているのもので、答えは間違いである。)



同じ数値を使い、地面がカーブした図にすると左のような図になる。この図を描いたのはエラトステネスというギリシャの学者だった。彼はこの図から太陽までの距離ではなく、地球の半径を求めた。

考え方は違っていたが、直接行かなくても、距離を求める方法があることを示してくれた功績は大きい。

【エラトステネス (BC276 ~ 194) 古代アレキサンドリアの図書館長】

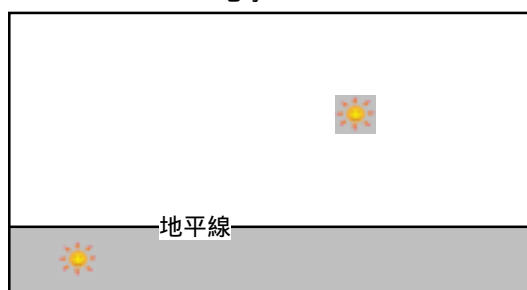
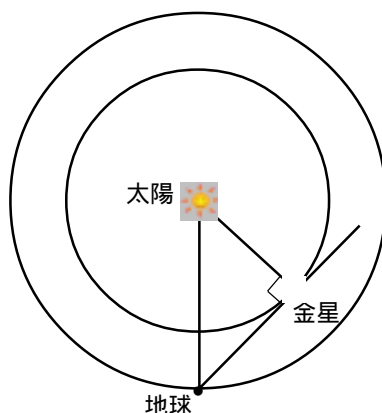
3. 惑星の距離、金星の場合

アナクサゴラスの方法は三角測量という。日本の各地で【三角点】を見るが、それは地図づくりの基準点なのだ。

この方法を使えば金星までの距離も簡単に測ることができる。惑星までの距離は天文単位 (A.U.) を使う。

1 A.U. = 1.5×10^8 km である。

右図は金星が太陽から最も離れた位置関係である。このときの角度は時計で計ることができる。(1時間は 15°)



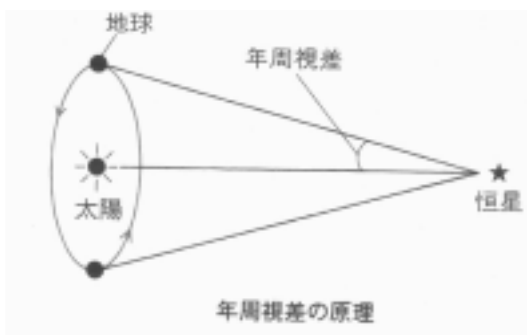
- 問題 地球と太陽の距離は1 A.U. である。金星と太陽の距離は何1 A.U. か。ついでに、このような位置関係になった時、宵の明星でしょうか？ 明けの明星でしょうか？

4. 恒星までの距離 ものすごく遠い

三角形の底辺をできるだけ大きくとれば、恒星までの距離を測ることができる。私たちが地球にいて、実際に測ることができる最大距離は地球軌道直径(約3億km)である。年周視差を p とし、距離を d とすると $d = 3.26 / p$ という関係が成り立つ。 d の単位は光年で、

p の単位は秒である。この式を使うと、年周視差 0.38秒のシリウスの距離は8.6光年になる。年周視差を測れるのはごく近い恒星だけである。

地動説を提唱したコペルニクスは図の年周視差を測ろうとしたが、肉眼ではとても無理だった。実際に測ったのはドイツのベッセルで、19世紀になってからのことだった。現在でも年周視差で距離を求めることができるのは数百光年までである。実際の測定は大変難しいが、まあ感覚的にも理解できる方法である。



【コペルニクス (1473 ~ 1543) ポーランド、地動説 (太陽中心説) の提唱】

5. 明るさと色から距離を求める。

遠い星からの情報は、明るさと色である。現在は電波やX線も観測できるが、昔から観測している明るさと色、この二つの情報から距離を測定することができる。この方法を分光視差とよんでいる。

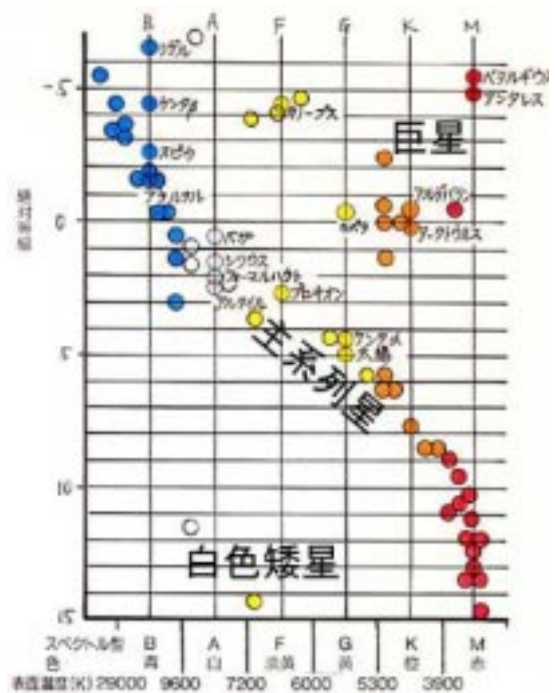
この方法を使うにはまず三つの前提を理解しておかなければならない。

近くの星は明るく、遠くの星は暗い。
星の色は表面温度をあらわす。青い星は温度が高い。
本当の明るさは色と関連している。

右上図は明るさ(距離とは関係のない本当の明るさ)と色(スペクトル)の関係を示した図で、作成した人の頭文字をとってHR図(Hertzsprung-Russell図)という。太陽のように黄色い星の本当の明るさは、図から求めることができ、実際に見える明るさと比較することによって、距離を求めることができる。

主系列星

星は星間ガスから生まれ、主系列星として星の一生の大部分のときを過ごす。星全体のおよそ9割以上を占めるのが主系列星で、その表面温度(色)と明るさの間に一定の関係がある。



6. 標準光源を用いる方法 変光星

我々の住む銀河系のさらに外にある銀河の距離を【推定】するには、変光星を使う。変光星は規則的に明るさを変える。その周期と本当の明るさ(絶対等級)の間には密接な関係があり、絶対等級を求めることができる。上の場合と同様に、絶対等級と地球からの見かけの明るさの違いから、距離を計算することができる。大マゼラン銀河(16万光年)や右図のアンドロメダ銀河(230万光年)の距離は変光星を観測して求められた。



M31 アンドロメダ銀河

8. 銀河系はどんな形をしている？

高い所から眺めれば、自分の住んでいる場所がどんな所かは一目瞭然である。地球が丸いことは宇宙飛行士になれば自分の目で確かめることができるが、今いる所を動かさないで、そこがどんな所なのかを知ることは大変難しい。

人類は月に行ったり、火星にも行くことは可能になりそうだが、それでも太陽系の中のほんの一部にすぎない。さらに広い銀河系になれば、直接出かけることはまず不可能だ。

しかしそのような状況の中でも様々な方法で人類の住む位置を推定しようという試みはなされてきた。

有名な試みはハーシェルの天の川(銀河系)モデルである。

彼は妹のカロリーヌと共同で天の川の星を区画に分けて数えた。その結果浮かび上がったのが上の図である。子どもの絵かと思う人もいるだろうが、この一粒ずつの点に意味があるのだ。これと最新モデルとどのくらい違っているか？ そんなに違ってないのだ。

【W. ハーシェル(1738 ~ 1822) ドイツ系イギリス人 天王星の発見、大望遠鏡を製作し、数々の新発見。オルガン奏者としても有名。妹は初の女性天文学者、息子も NGC カタログを作った天文学者】



ハーシェルの宇宙



120cmの反射望遠鏡

9. 遠くの銀河は猛スピードで離れていく

となりのアンドロメダ銀河(昔は大星雲などと言った)の距離は230万光年と計算されている。さらに遠い、何億光年以上離れた天体の距離を測るのは、また別の法則を使う。ここにハッブルという天才的な人が登場する。彼はウィルソン山天文台の100インチ(2.5m)望遠鏡を使って銀河の観測をし、アンドロメダ銀河の距離を求めた。さらに宇宙には銀河が無数にあり、遠くにある銀河ほど高速で遠ざかるという法則(ハッブルの法則)を発見した。 $V = H r$ という簡単な式で表される。 H は ハッブル定数で、約 $75\text{km/s} \cdot \text{Mpc}$ とされる。この逆数が宇宙年齢とよばれる数値で、133億年とされている。すなわちハッブルの法則から宇宙の年齢が割り出されているのだ。

その銀河が遠ざかっているかどうかは、「遠ざかっている物体から出る光の波長は長い方にずれる」(ドップラー効果)という性質を使う。銀河のスペクトル線の波長のずれを観測すればわかる。波長のずれが大きいほど速度が速く、それだけ遠くにあることがわかる。

【E. ハッブル(1888 ~ 1953) アメリカ ウィルソン山天文台の100インチ望遠鏡使用。ハッブルの法則 銀河の分類 もとヘビー級のボクサー】

10. 膨張宇宙の発見

アインシュタインは相対性原理を宇宙に適用して宇宙方程式を作った。その式を解けば宇宙は膨張することになるのだが、彼は宇宙は永久不変だと信じていたので、宇宙項を付け加え無理やり宇宙は不変である式に直してしまった。ところが、ハッブルの発見によって宇宙は膨張していることがわかった。アインシュタインは「生涯最大の失敗」と述べた。宇宙方程式は正しかったが、余計なことをしたので間違った結果を出してしまったのだ。

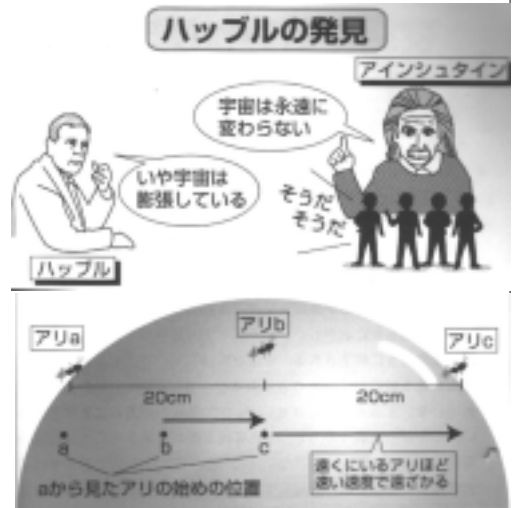
ところでいつまで膨張が続くかは、宇宙方程式の初期条件が決まればわかることであるが、まだ宇宙にはわけのわからないダークマターなどがあって、物質密度がわからないので、将来何時までも膨張が続くのか、収縮に転じるのかはわかっていない。

【A. アインシュタイン（1879～1955）ドイツ 相対性理論 宇宙方程式 ブラックホールの予言】

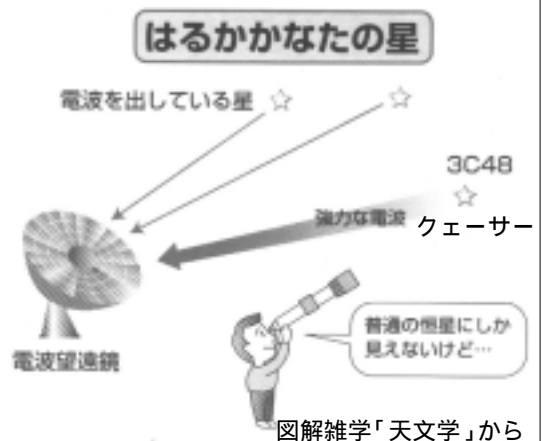
11. 銀河より古いクェーサー

ハッブルの法則で、より遠い「銀河」はと書いたが、望遠鏡で銀河が観測できるのは10億光年程度で、それより遠くになると明るさが足りないので見つけることはできない。しかし1962年、奇妙な天体が見つかった。星のように見えるのだが、光速に近い速度で後退している。速度から考えるとその天体は30億光年から120億光年付近にあるのだ。そんな遠くの星が見えるということは銀河の数千

倍のエネルギーを出していることになる。この奇妙な星は擬恒星状電波源（クェーサー）と名付けられた。その速度から求まるクェーサーの年齢は今から120億歳から30億歳である。それより新しいものはない。いまのところ銀河は30億年頃に生成され、古い時代のクェーサーに取って代わったと考えられている。



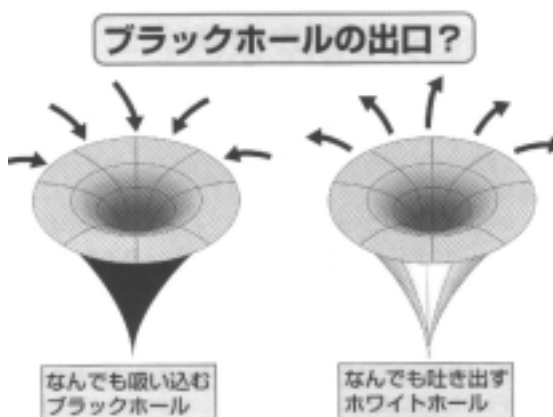
図解雑学「天文学」から



図解雑学「天文学」から

12. ブラックホールって？

クエーサーからは膨大なエネルギーが放出されているがこの源はクエーサーの中心にあるブラックホールだと考えられている。ブラックホールは相対性理論から予言されていた天体である。強大な重力によってすべてのものが吸い込まれる。その寸前に巨大なエネルギーが解放されX線を放射する。光も吸い込まれるので見ることはできないが、強いX線を出し、近くの星々を吸い込んでいる様子から見えはないもののブラックホールの存在が確認されている。ほとんどの銀河の中心部に巨大ブラックホールがあることがわかっている。クエーサーはブラックホールそのものではないかとの考えもある。しかしまだクエーサー、ブラックホールの実体についてはわからないことが多い。



図解雑学「天文学」から



ブラックホールの想像図 吸い込まれる直前の星からのエネルギーが放出される。

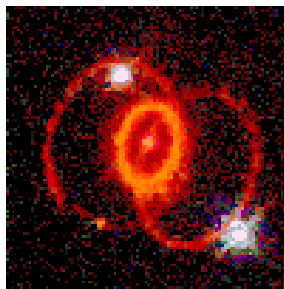
. いまはいつ？

1. 星や銀河を見ることは宇宙の歴史を見ることである。

アンドロメダ銀河を望遠鏡で見ることができるが、230万光年離れているので、今届いた光は230万年前に発せられたものである。ものすごい巨大な望遠鏡でアンドロメダの星の様子が見えたとする。そこで誰かが助けを求めているのが見えた。「それ助けに行こう」といっても、もうそれは230万年前、人類がやっと出てきた頃のことで、その人(?)はとっくにいなくなっている。2億光年先の銀河であれば、地球では恐竜がのさばっていた時代に発せられたものだ。遠くの星々を観測することは宇宙の歴史を一度に見ていることなのである。クーサーをみれば100億年前の宇宙が見える。さらに遠くを見れば宇宙の誕生の様子まで見るができるかも知れない。現在宇宙誕生から30万年後の「宇宙の晴れ上がり」の状態を観測できるようになっている。130億年の宇宙の歴史の30万年だから、もうほとんど宇宙のはじまりまでたどれることになった。しかしここからが問題だ。



すばる望遠鏡ドーム 世界最大級の8.2mの反射望遠鏡（ハワイ島）



超新星爆発の残骸 1987A
HST（ハッブル宇宙望遠鏡）



長野県野辺山にある
口径45m電波望遠鏡

2. ビッグバン

膨張する宇宙を過去にさかのぼると、宇宙の始まりにたどり着く。G. ガモフは極端な高温高密度の状態から爆発的な膨張が始まったとする予言をした。定常宇宙を唱えていたF. ホイルはその考えをからかって「ビッグバン BIG BANG」と揶揄した。しかしガモフの予言は様々な証拠で固められ、確たる理論になっている。

しかしこの理論は問題があった。最初の一点、特異点から始まったことになる。そこには何があったのか、どうして爆発が始まったのかという疑問に答えがなかった。「そりゃ神様が「はじめ」と号令したのさ！」ってことになる。

しかし今はその疑問も解決した。といっても、このあたりの状況では現在我々が知っている物理学では解決ができない。時間、空間、物質の三者が渾然一体となっている状態だからである。しかしホーキングはこのような状態こそ宇宙誕生の秘密があると考えている。

【G. ガモフ (1904 ~ 1968) アメリカ ロシア生まれ 理論物理学者】

3. 宇宙の創生 (ここから先は、Newton1998 から引用した。)

宇宙は「無」から生まれた。「無」は時間、空間、物質、エネルギーがない状態である。量子論的には時間や空間、エネルギーは一つの値をとることができず、たえずゆらいでいる。ここから超ミクロな宇宙が「トンネル効果」によって突然生まれてくる。トンネル効果というのは、ミクロな粒子がごく小さい確率であるが、通常では通れないエネルギーの壁を通り抜ける現象である。宇宙が小さいほど、また真空のエネルギーが大きいくほどトンネル効果によって宇宙が生まれる確率が高いことをホーキングが示してくれた。こうして生まれた宇宙は量子論的に最小の長さである 10^{-34} cm という超ミクロだった。

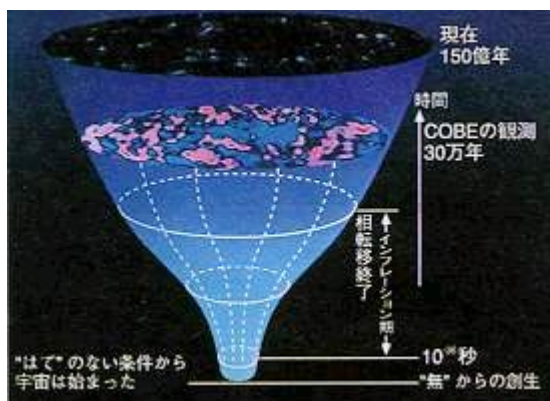
【S. ホーキング (1942 ~) イギリス 車いすの物理学者 特異点の解明】

4. インフレーション宇宙論

宇宙誕生の 10^{-44} 秒という大変小さな時間のあとに、急激な膨張（インフレーション）が起こったとする理論で、日本の佐藤勝彦が1981年に提唱した。

誕生直後の宇宙は高い真空のエネルギーを持っていた。このエネルギーが空間を急膨張させる。急膨張すると高いエネルギーの真空が低いエネルギーの真空に相転移する。このエネルギーの差が熱として解放される。これが「ビッグバン」である。ビッグバン宇宙の光からすべての物質のもとになるXホizonがつくられた。

【佐藤勝彦 (1945 ~) インフレーション理論の提唱者 京都大卒東京大学教授】



2以降は、私は理解不可能なので、ほとんど書き写しです。佐藤さんは次のノーベル賞の候補だそうですから、これは正しいのでしょう)……疲れた！！

5. 今後の課題

2 1世紀の宇宙観測は何をめざすのか。天文学の長期計画は次の通りである。

惑星と生命誕生プロセス

惑星系はいかにして、どのくらい多く誕生するのか。

どれほど多くの惑星が生命を持ちうるのか。

人類が宇宙でいかなる位置を占めるのか。

宇宙史における物質の起源

宇宙初期の物質と力の生成。

初期天体における重元素合成。

星間物質の進化。

そして惑星物質へ進む宇宙物質の進化。

我々がこの宇宙でどのような道筋をたどって現在に至ったかを解明する。

暗黒物質の解明

現在ある物質の100倍の重力を担う謎の物質ダークマターの解明

ダークマターの定量化。

宇宙における天体形成過程の理解に基本的な影響をおよぼす可能性がある。

もう一つおまけ

創造科学というのがある。これはなかなか難問で、ビッグバンなんかあるものか。そんなこと学者は頭の中で抱いた妄想である。とか、進化論なんてうそっぱちだ。人間が猿から進化しただって、そんなバカなことがあるか。猿と人間の間の動物なんかいないじゃないか。

そう、人間は神様が造ったもの、宇宙だって、時間だってみな神が造ったのだ。それが創造科学の基本なのだ。

笑って済ませればそれでいいのだが、これがなかなか力を持っている。アメリカでは「進化論」「ビッグバン」を教えてはいけない州が、かなりの数あるという現実がある。

今日のような授業をやったら、アメリカ南部の州では、即クビになる。日本でよかった。そんなバカなと思うかも知れないが、アメリカってのはおかしい国なのだ。

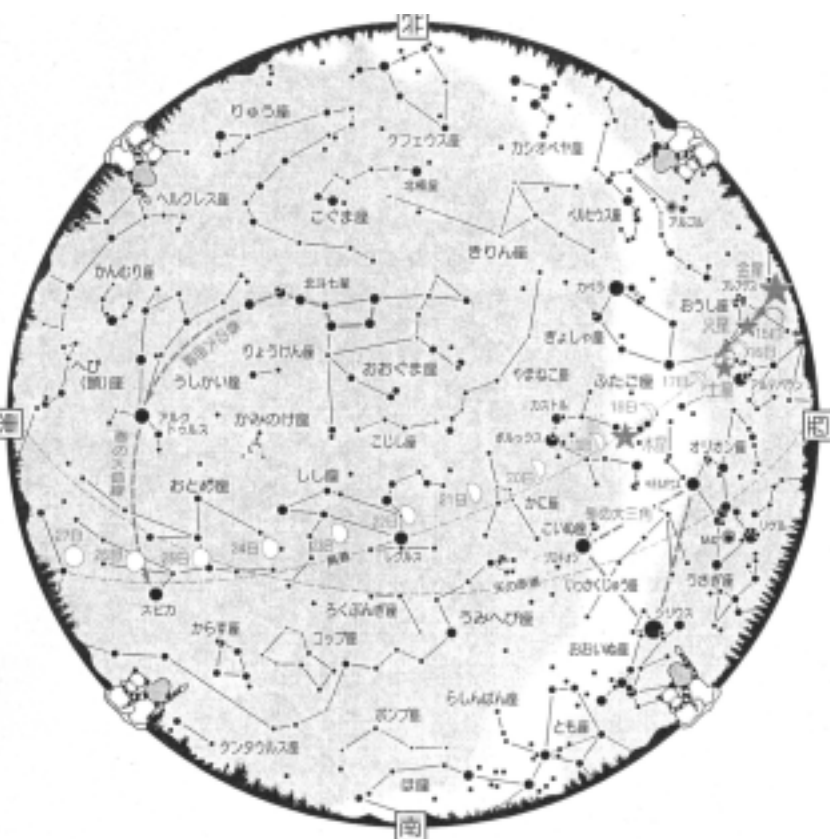
春の星座

春の星座の代表はおとめ座だ。「エエーッ、秋の星座じゃないの?」という人は天を眺めたことがない人。星占いの自分の星座に太陽が来たら、こっちからは見えないのだ。自分の星座は半年後じゃないと見えない。

おとめ座の1等星はスピカ。青白く美しい星だ。それを探すには、春の大曲線を見つけることから始めよう。北斗七星はわかりますか。柄をカーブに沿って延ばしていくと赤い1等星が見つかる。それはうしかい座のアークトゥールス。そのカーブをさらに延長すると青白いスピカが見つかります。

星の神話

▼今回は「おとめ座」。乙女の正体は様々な説があるが、ここでは農業の女神デメテルとする。おとめと言ってもデメテルには娘がいる。名はペルセポネ。▼二人が野にいる時に、草の根っこの穴から冥土の神様ハデスが現れ、ペルセポネをさらって行き、ムリヤリ自分の后にした。母親のデメテルは嘆き悲しみ、洞穴にこもってしまった。農業の神様ですから、彼女がいなければ草花は咲かないし、大地からわき出る泉の水も凍ってしまう。彼女が隠れてから大地はまったくの冬枯れ



の地になってしまった。驚いた大神ゼウスは、ハデスにペルセポネを地上に返すように言った。ハデスもしかたなく承知するが、帰り際にペルセポネにザクロの実を4粒与えた。ペルセポネはその実を1粒食べた。▼地上に戻ったペルセポネは母親と再会するが、娘が冥土のザクロを口にしたことを聞き、驚いた。というのは食べたザクロの実の数の期間、冥土に戻らなければいけないという定めがあったからだ。4つのうち、1つ食べたので、1年の四分の1の期間、すなわち三ヶ月間はペルセポネは冥土で暮らさなければならない。母親の女神デメテルは三ヶ月間、悲しんで洞穴の中にこもってしまう。地上はその期間、冬枯れの景色になる。