

**宇宙の中性水素ガスは従来の2倍
-Planck衛星を用いた新解析法によって精密測定を達成-**

名古屋大学大学院
理学研究科
附属南半球宇宙観測研究センター
会見者：教授 福井 康雄
(2013年9月9日)

宇宙の基本的な構成要素は水素原子 H であり、宇宙で観測される物質の 90%を占める。残りは、ヘリウム He、炭素 C 他のもより重い原子である。

水素は星を形成する基であり、宇宙の進化を司る基本物質である。従来の水素原子の測定法は、水素の放つ波長 21cm の電波を電波望遠鏡で受信し、その電波強度が水素原子の総量に比例すると仮定する方法が一般的であった。名古屋大学の研究チームは、南米チリに設置した電波望遠鏡 NANTEN2 によって、太陽系近傍 500 光年にある分子雲（ペガサス座）を観測した。この結果を最新の観測衛星 Planck の観測結果、および、中性水素の観測結果と比較し、従来の測定法に欠陥があり、水素原子の総量が少なくとも 2 倍以上（従来値と比べて）存在することを見いだした。この結果は、星間物質の性質はもとより、分子雲における星形成、銀河宇宙線量、星間ダストの性質、等の幅広い課題に大きな波及効果をもたらすものと予想される。本件は、9月10日より東北大学で開かれる日本天文学会において発表される。

新解析法の特長は、中性水素の温度が場所によって大きく変動していることを精度よく求めた点にある。従来の方法では、水素ガスの温度が絶対温度で 125 度以上にあると仮定していた。この場合、電波強度は水素総量に比例する。しかし、本解析によれば、実際には多数の水素原子は温度 20 度-50 度の範囲にあり、そのために水素総量が多くても電波強度は増加せず、水素の総量を不当に低く見積もっていた。電波強度はおおむね温度に比例して変動するためである。

新手法の決め手となったのは、宇宙背景放射観測衛星 Planck が今年 3 月に一般公開した星間ダストのサブミリ波放射の観測結果である。星間ダストは重元素からなる固体であり、水素の 100 分の 1 程度の一様な比で宇宙に存在するため、星間物質の全量のよい指標となる。今回、Planck の観測結果と、分子雲 (NANTEN2) + 水素原子 (アレシボ電波望遠鏡) との詳細な比較を行なって、水素原子中に前述の大きな温度の勾配があることを見いだした。温度が 125 度を超える部分を注意深く特定してダストと水素原子の存在比を精密に求め、これを水素ガス全体に適用することで水素原子全量の測定に成功した。

この方法を全天に適用すると水素原子全量は、少なくとも従来の推定値の 2 倍以上あると結論される。従来、正体不明の星間物質が存在するとされており「暗黒ガス」とよばれていた。今回の結果は、「暗黒ガス」の実体が低温の水素原子であることを解明したものである。さらに、星間物質の性質はもとより、分子雲における星形成、銀河宇宙線量、星間ダストの性質、等の幅広い課題に大きな波及効果をもたらすことが予想される。

共同研究者

名古屋大学大学院理学研究科
天体物理学研究室

山本 宏昭 助教
岡本 竜治 大学院生
早川 貴敬 研究員
立原 研悟 准教授
桑原 利尚 研究員
服部 桃 大学院生

資料 HP

<http://www.a.phys.nagoya-u.ac.jp/~fukui/press20130909/>

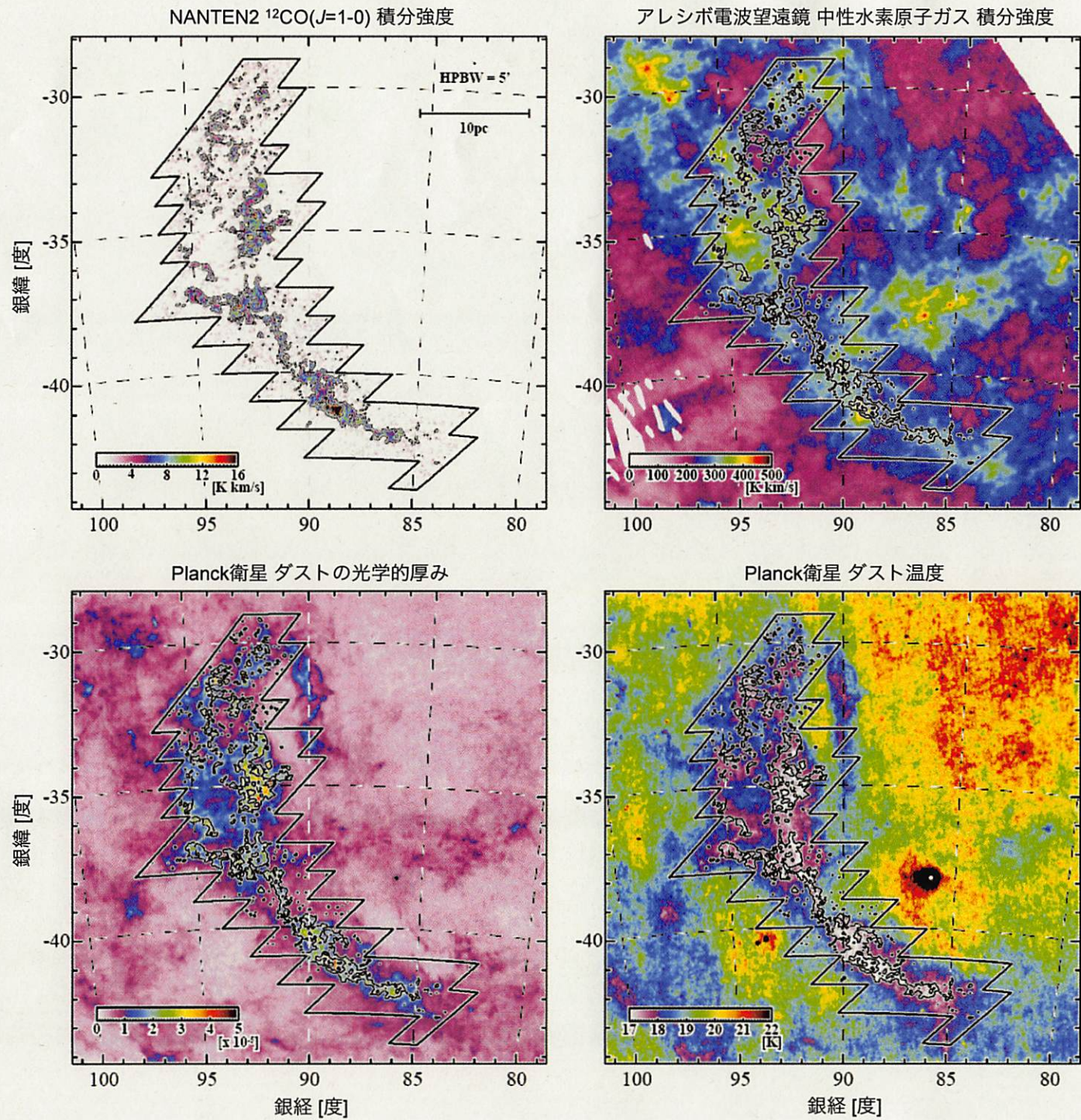


図 1.

Planck衛星 ダスト光学的厚み

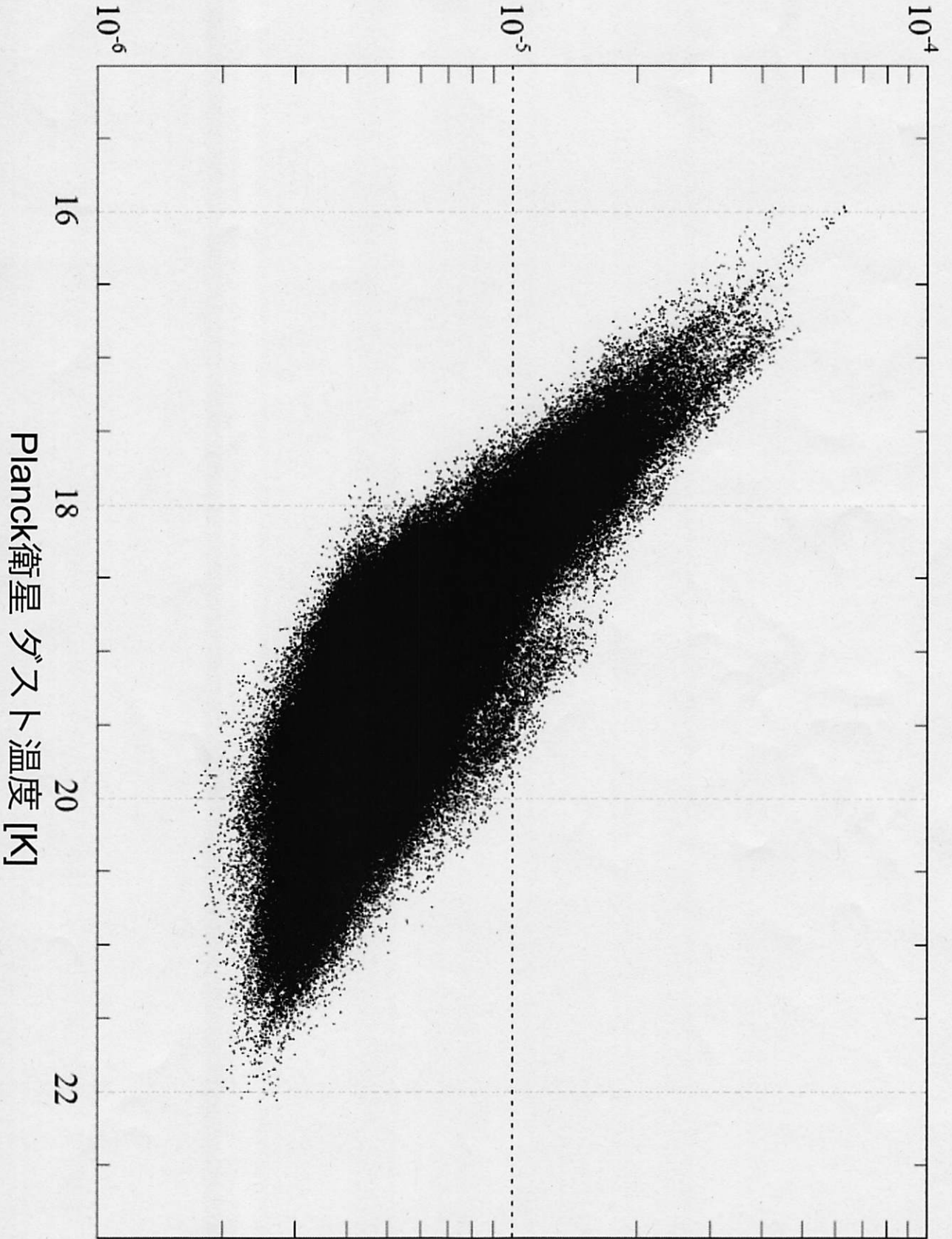


図 2. 縦軸logスケール

中性水素原子ガス 積分強度 [K km/s]

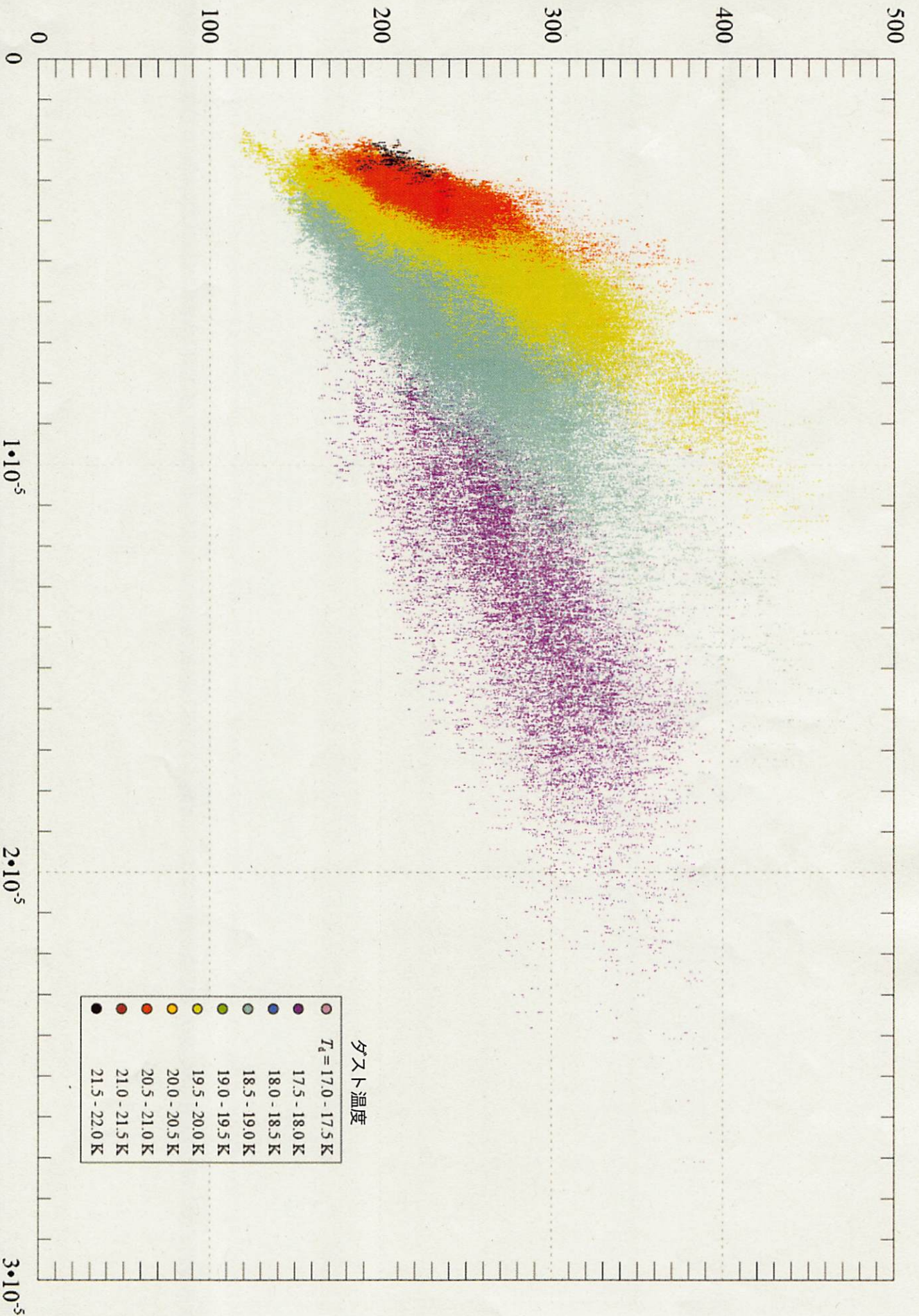
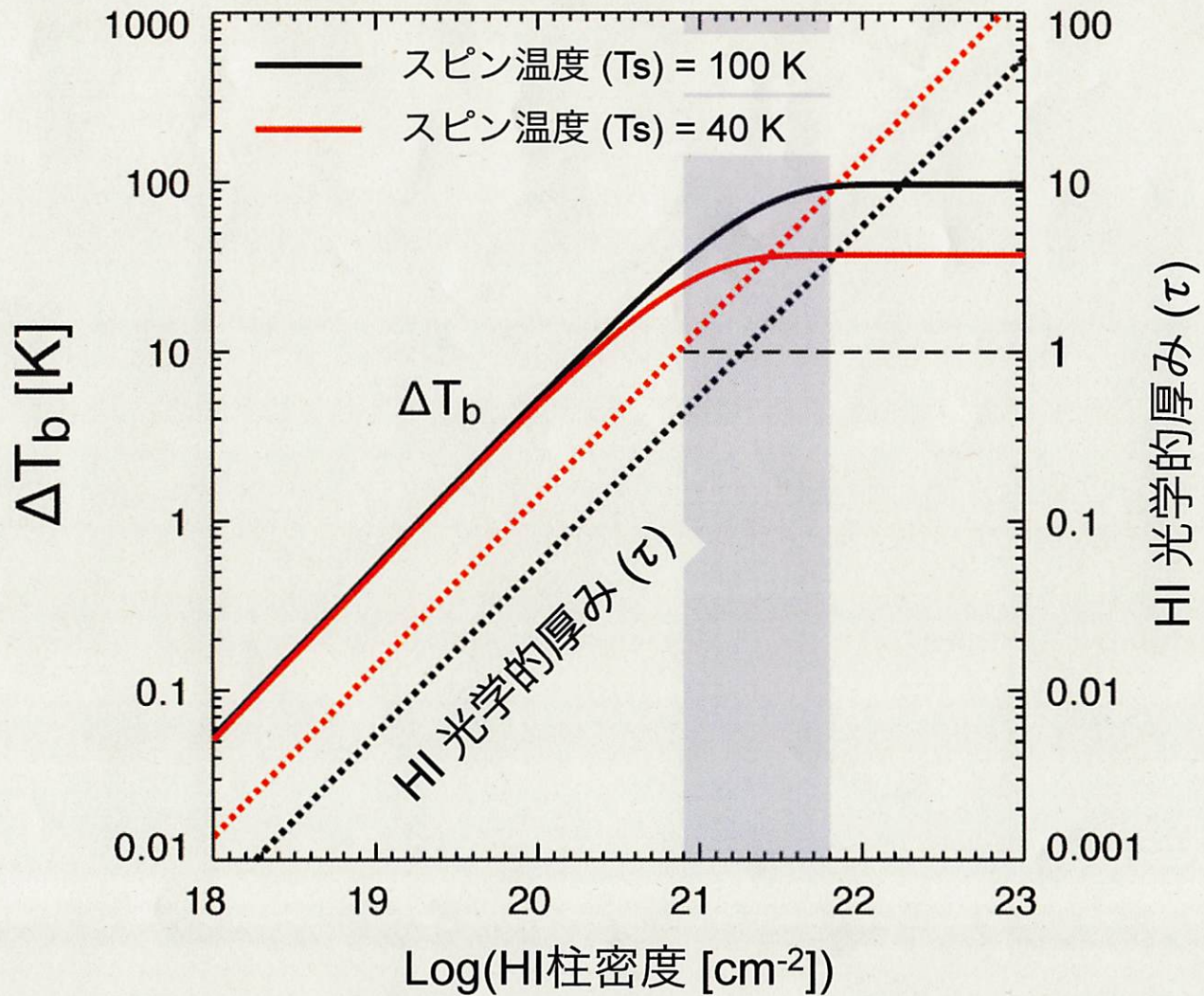


図 3.

Planck衛星 ダスト光学的厚み

速度幅 = 10 km/s



T_{bg} = 背景の放射

$$\Delta T_b = (T_s - T_{bg})(1 - \exp(-\tau))$$

図 4.

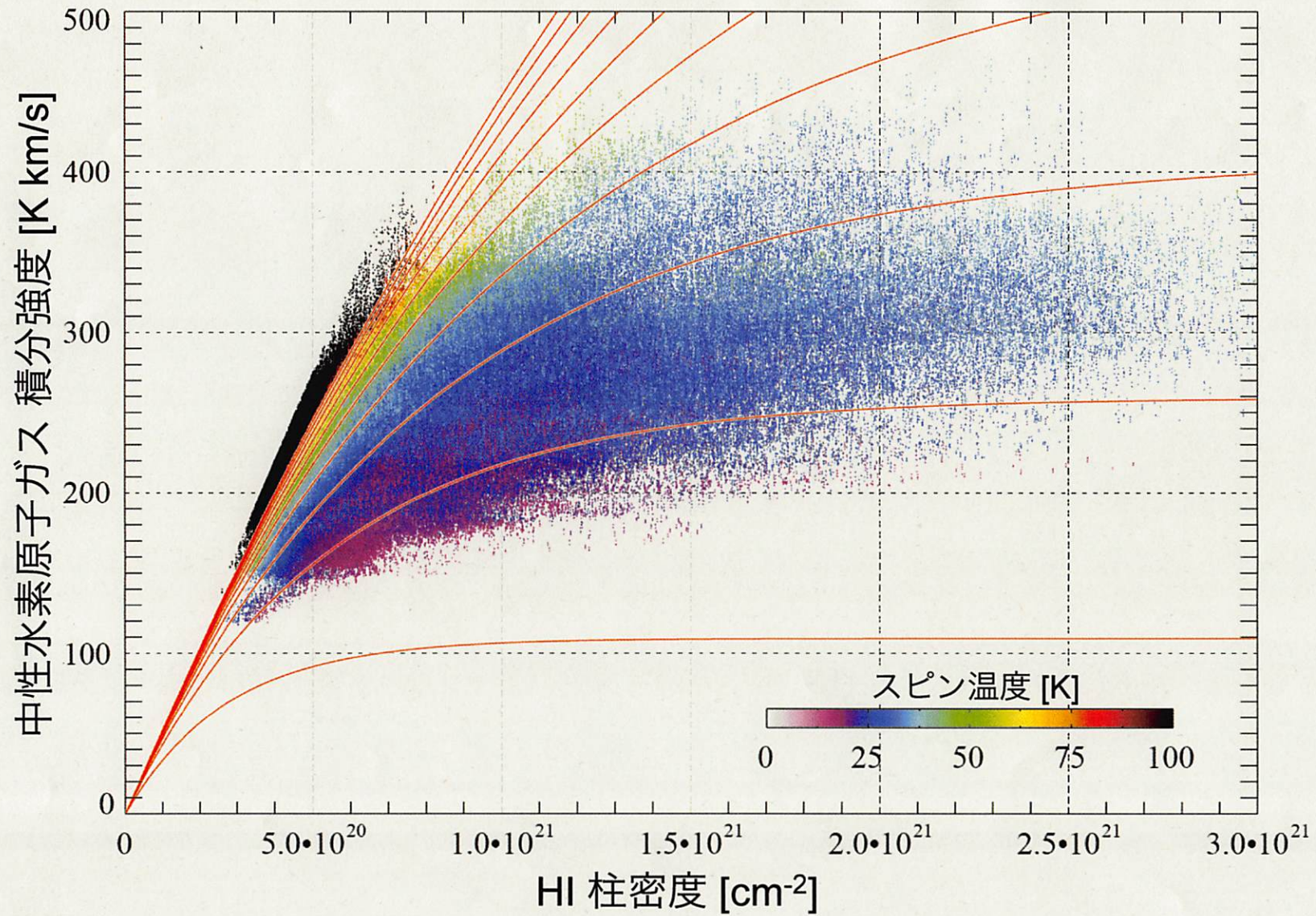


図 5.
赤の曲線はスピン温度が等しい線(理論線)
下から10, 20, 30, ..., 100 K

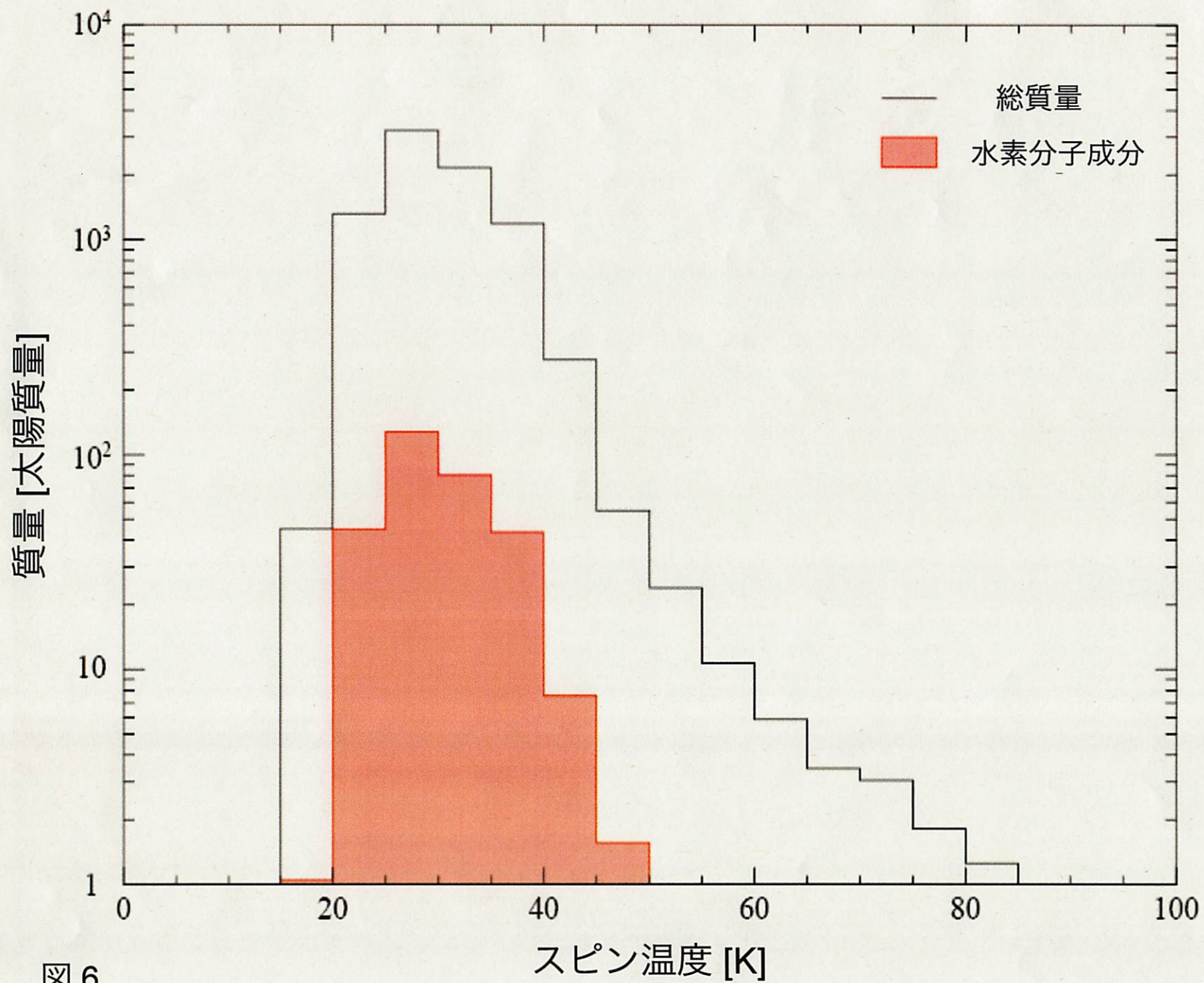


図 6.

・原始太陽系 太陽と太陽系は約46億年前に形成されたと考えられる。生まれた直後の太陽系は、原始太陽とそれをとりまく円盤状のガスと塵とからなる。これを原始太陽系とよぶ。

・ケンタウルス座アルファ星 南天のケンタウルス座でもっとも明るい星。太陽系にもっとも近い恒星で、4・3光年の距離にある。

・光学望遠鏡 天体を可視光で観測するための望遠鏡。

・恒星 太陽のようにそれ自体で輝いている星。木星や月は、太陽光を反射して光っている惑星と衛星であり、恒星ではない。「恒」星とはいいが、明るさはかならずしも一定とは限らない。

・光速度 電磁波が真空中を進む速度で、毎秒約30万キロメートル。電磁波はすべて光速で進む。

・光年 天文学的な距離の単位で、光速で1年かかって到達できる距離。約9兆キロメートル、6万3000天文単位にあたる。

〈サ行〉

・サブミリ波 波長0・3ミリメートルから1ミリメートルの電波のこと。地球大気による吸収のために観測が困難であった。

・散開星団 100〜200個の恒星が集まった星団。さしわたし数十光年のひろがりを持つ。銀河系の散開星団は、おおむね若い(例 スバル星団)。

・紫外線 電磁波の一種。波長が10オングストロームから3800オングストロームの間のもので、原子・分子を電離する作用を持つ。

・重元素 炭素以上の比較的重い元素の総称。

・主系列星 水素の核融合反応によって輝いている段階の恒星。恒星のほとんどは主系列星である。

・シュバルツシルト半径 物体がブラックホールになる半径のこと。

・磁力線 磁場の作用方向を示す仮想的な曲線。磁場の性質は、磁力線の方向と密度によってあらわされる。

・新星 星が突然約10万倍明るくなる現象。連星系で、一方の赤色巨星からほかの星にガスが降りつもるために起こる。

・星間ガス 星間空間を漂うガス。大きく分けて、原子ガスと分子ガスとがある。原子ガスは水素原子を主成分とし、密度が低く1立方センチメートルあたり1個程度。分子ガスについては分子雲の項参照。

・星間物質 星と星との間に存在するガス(星間ガス)と塵(星間塵)との混合物のこと。

・赤外線 電磁波の一種。波長は7000オングストローム(0・7マイクロメートル)から7ミリメートル)から0・3ミリメートルの範囲にある。

・赤色巨星 水素を燃えつくした小質量星進化の最終段階で、星の中心にヘリウムがたまり、外層が不安定になって膨張した状態の巨星。表面温度が低く、赤く見える。

・絶対温度 物理学的に考えられる最低のエネルギー状態をゼロとした温度スケールであり、度K(ケルビン)を単位とする。絶対温度0度は、摂氏マイナス273・15度にあたる。

・セファイド型変光星 変光星の一種。明るさと変光周期の間に一定の関係があり、変光の周期と見かけの明るさを測定して天体の距離決定に用いることができる。

・双極分子流 原始星から噴出する高速の分子ガスの流れ。一対のよく収束されたジェット状をなす。分子ガスが放つ電波によって観測される。

〈タ行〉

・楕円銀河 回転楕円体(葉巻型、あるいはパンケーキ型)状の銀河。渦巻銀河よりも大型のものが多い。星間物質はほとんどない。

・ダークマター 宇宙にある眼に見えない物質のこと。宇宙初期の銀河形成期、重力を支配するなど、重要な役割を果たしたといわれる。

- ・中性子 素粒子の一つ。電荷を持たず、陽子とともに原子核を構成する。ふつう中性子単独では安定に存在できず、1000秒くらいで陽子と電子に崩壊する。
- ・中性子星 全体が中性子でできている高密度星。質量は太陽と同じくらい。半径は10キロメートル、密度は1立方センチメートルあたり1億トン。超新星爆発によってつくられる。高速で自転する中性子星は、パルサーとして観測される。
- ・超新星爆発 大質量星が進化の果てに起こす爆発的現象。爆発前の10億倍くらいに明るくなる。爆発後は、中心にブラックホールや中性子星が残り、周りに超新星残骸とよばれる膨張する星雲ができる。
- ・超伝導受信器 超伝導を用いて雑音を極度におさえた高感度な電波受信器。宇宙の弱い電波を受信するために電波望遠鏡にとりつけて使用される。
- ・Tタウリ型星 おうし座T星とよく似た性質の星々のこと。小質量星の原始星段階直後にあたる。星の質量的增加はなく、ゆっくりと重力収縮することによって輝いている。まだ核反応は起こっていない。太陽質量のTタウリ型星は、約3000万年の収縮のうちに水素燃焼反応が始まり、主系列星となる。
- ・電子 素粒子の一つ。マイナスの電荷を持ち、陽子や中性子の約2000分の1の質量を持つ軽い粒子である。

・電磁波 空間中や、物質中をつたわる電磁的な波動のこと。放射ともよばれる。電磁波の量子が光子である。波長の長い方から、電波、赤外線、光、紫外線、エックス線、ガンマ線がある。

・電波 電磁波の一種。波長が0.3ミリメートルより長いもの。

・電波望遠鏡 宇宙の電波を観測するための望遠鏡。パラボラアンテナを可動架台に搭載した形式のものがふつう。

・天文単位 距離の単位であり、太陽と地球の平均距離を1とする。1天文単位は約1億5000万キロメートルにあたる。

・電離 原子、分子が紫外線などによって電子をはぎとられること。

・同位体 原子の種類は、原子核中の陽子の数で決まる。同じ原子には、原子核中の中性子数の異なるものが存在できる。これを同位体とよぶ。たとえば、重水素の原子核は陽子1個、中性子1個からなり、水素同位体の一つである。また、ヘリウム同位体としてはヘリウム3（陽子2個、中性子1個）があり、炭素同位体としては炭素13（陽子6個、中性子7個）がある。

〆八行

・白色矮星 小質量星の進化の最後にできるコンパクトな星。質量は太陽の半分程度で、

大きさは地球程度。およその密度は1立方センチメートルあたり1トン。

・パルサー 中性子星が速く自転している状態。電波、光、エックス線などで規則正しいパルス状電磁波を放出する。

・万有引力の法則 英国の物理学者、アイザック・ニュートンによって発見された物理法則。2つの物体の間には、たがいの質量に比例し、距離の2乗に反比例する引力が生じるという法則。

・光ジェット 原始星から噴出する高速のプラズマ状ガス流。双極分子流よりも強く収束されたジェット状。光で見える。

・光のスペクトル 宇宙の光には、いろいろな波長の光が混在している。これを波長ごとに細かく分けたものをいう。波長に分けることは、分光とよばれる。

・ビッグバン 私たちの宇宙の最初に起こった急激な爆発的膨張のこと。

・微分回転 ガス体、液体が回転するとき、回転周期が回転中心からの距離によって一定ではない回転のこと。差分回転ともいう。これに対して、剛体の回転は、各部の回転周期が同一である。

・不規則銀河 渦巻銀河、楕円銀河には分類されない不定形的小型銀河(例 大小マゼラン銀河)。

・プラズマ状態 原子が原子核と電子とに分かれて共存している状態。たとえば、大質量星の紫外線によって水素原子が電離することによって生じる。

・ブラックホール 物質が極度に圧縮され、光子さえも脱出できなくなった天体。大質量星が進化の末に起こす超新星爆発によってつくられる。

・分子 原子が2個以上結合したもの。

・分子雲(II分子ガス雲) 星間空間を漂う水素分子ガスを主成分とするガス雲。さしわたし10〜100光年、質量は10太陽質量〜100万太陽質量。分子ガスの密度は1立方センチメートルあたり100個以上。分子ガス中の塵によって星の光はさえぎられており、内部は摂氏マイナス260度くらいの低温。

・星の寿命 恒星は、水素の核融合反応によって輝いている時期(主系列期)がもつとも安定で、時間的にも長い。星の寿命は、ほぼ水素燃焼段階の期間で決まる。軽い星ほど寿命は長い。

・星のたまご 星誕生直前の分子ガスの濃いかたまりのこと。1994年に、おうし座で発見されたときに命名された。水素分子ガスを主成分とし、密度は1立方センチメートルあたり10万個以上になる。

〈マ行〉

・マゼラン銀河 銀河系の伴銀河で大小2個ある。南天にあり、南半球でしか見えない。大マゼラン銀河は16万光年の距離にあり、質量が銀河系の10分の1。小マゼラン銀河は20万光年の距離にあり、質量は銀河系の100分の1である。英語では、それぞれthe Large (Small) Magellanic Cloudとよばれる。直訳すれば大(小)マゼラン「雲」となるが、実際は銀河なので本書ではこのように統一した。

〈ヤ行〉

・陽子 素粒子の一つ。プラスの電荷を持ち、中性子とともに原子核を構成する。重さは中性子にはほひとしい。

〈ラ行〉

・ラス・カンパナス天文台 南米・チリ共和国にある光学天文台。米国・カーネギー研究所の所有。1996年に名古屋大学の「なんてん」電波望遠鏡が設置された。

・乱流 ガスがさまざまな大きさのかたまりからなり、それぞれのかたまりがまったく不規則な運動をしていること。

・量子論 現代物理学の基礎理論の一つ。ごく微小なスケールではエネルギー等の物理量は不連続な存在、「量子」になるという考え方を基礎として、粒子のふるまいをあつかう理論。

・ローレンツカ 運動する荷電粒子が磁場から受ける力のこと。

〈ワ行〉

・惑星 恒星の周りを回る小天体。それ自体は光を出さず、主星の光を反射して光る。惑星の質量は、恒星の100分の1から100万分の1程度。地球、火星、木星、土星などは太陽の惑星である。

・惑星状星雲 小質量星の進化の最終段階につくられる星雲。惑星に似た丸く明瞭な外周を持つ。赤色巨星の外層が不安定になって放出されたガスであり、リング状のものが多い。

