

大きい、明るい、でも生まれてしばらくは見えない、 とっても重～い星たち

奥村 真一郎

1. はじめに

太陽のように自ら輝く恒星は、星の明るさと重さの間に「質量光度関係」と呼ばれる関係があり、重い星ほど明るく輝きます。たとえば太陽の2倍以上重いシリウスは、太陽の20倍もの光を放っています。はくちょう座のデネブは太陽の20倍の重さがあり、明るさは太陽の5万倍以上です。そしてさらに、太陽より40倍以上重い星も存在するのですが、なぜか目で見て明るく見える機会が多くないのです。そうした星たちは、どのような場所で生まれ、どのように寿命を終えるのでしょうか？ 冬の夜空に輝くオリオン大星雲に埋もれて見えない生まれただの重い星々や、光で見えない所で集団で生まれている重い星々、ウォルフ・ライエ星という種類の年老いた星など、重たい星の世界をご紹介します。

2. 星の誕生

重い星も軽い星も、生まれてくる場所は同じです。天の川(我々のいる銀河系)の中にある分子雲と呼ばれる、ガスと塵の固まりの中で星は生まれるのです。特に太陽の10倍以上もの重たい星は、太陽の10万倍もの重さの集まった「巨大分子雲」の中で集団で誕生するとされています。塵が集まって星になるための「きっかけ」についてはいろいろ議論されていますが、分子雲同士がぶつかり合ってそ

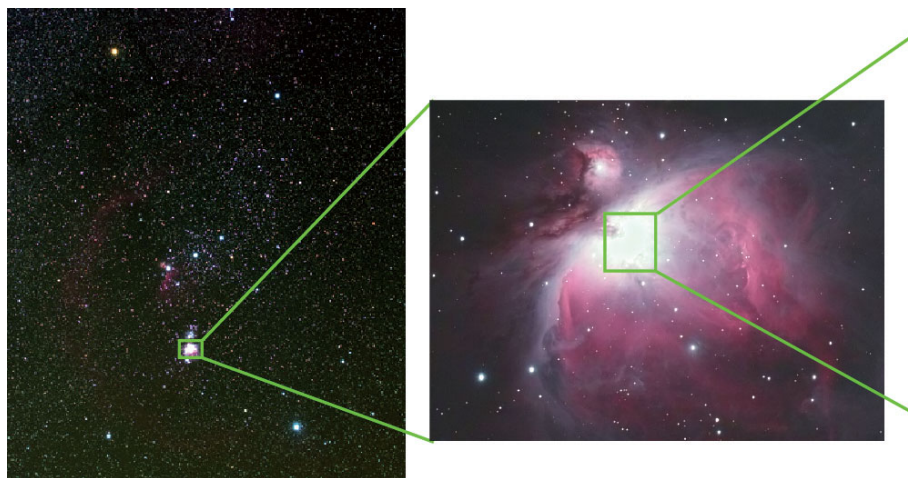


図1 左から、オリオン座全体の写真(吉田隆行氏撮影)、オリオン大星雲の写真(茂木弘光氏撮影)、「近赤外線」で見たオリオン大星雲中心部(国立天文台提供)、「中間赤

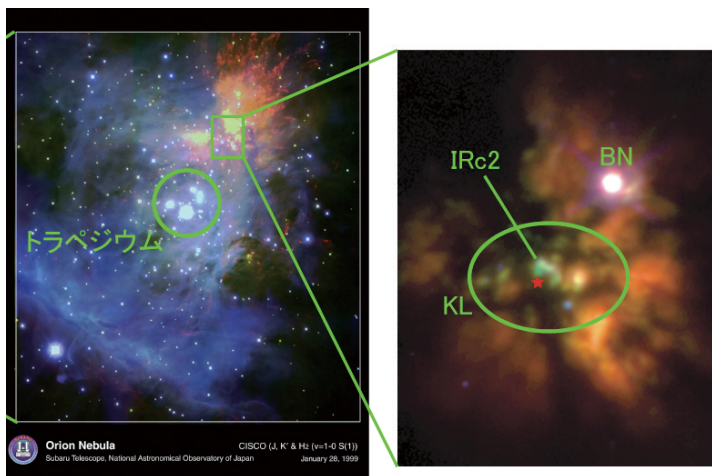


の衝撃に引き起こされるという説と、すでに生まれた星からの光のエネルギーによって起こるという説があります。

いずれにしても重い星が生まれる場所は、分子雲の中でも特に密度の濃い所だと考えられています。密度が濃い塵やガスに埋もれているため、生まれたての重い星は光(可視光)では見ることができないのです。波長が長いため塵があっても邪魔されずに奥を見通すことが出来る電波や赤外線を使った観測が、重い星の誕生する現場を調べるためには有効になります。電波や赤外線で研究されている、重い星が生まれている現場の例を2つほどご紹介します。

3. オリオン大星雲に埋もれた、生まれたばかりの重い星

冬の代表的な星座、オリオン座の中にも、巨大分子雲の中で重い星が生まれている現場があります。東西に並んだ有名な「三つ星」の真ん中の星の下(南側)に、「小三つ星」と呼ばれる、上下に並ぶ3つの天体があります(図1左)。双眼鏡などを使って見るとわかるのですが、実はこの「小三つ星」の真ん中は星ではなく、雲のように淡い光が広がっているのが見えます。このような天体を「星雲」と言います。この星雲は「オリオン大星雲」「M42」といった名前がついています。中心にはトラペジウムという4個の明るい星がありますが、この中で一番重たい星は太陽の40倍ほどの重さがあり、この星がオリオン大星雲にエネルギーを与えて光らせていると考えられています。他の3つの星も太陽より20倍重たい星たちです。オリオン大星雲は自分自身で光っている「散光星雲」と呼ばれる種類の星雲ですが、散光星雲というのは温度の高い、明るく重たい星から放たれる紫外線のエネルギー



➤ 外線で見たBN・KL領域(S. Okumura et al. (2011), PASJ 63, 823より)。赤外線でも見えていない、若くて重たい星が赤い星印の所に埋もれている。

ギーを吸収して水素(H)の原子が電離している状態を見ているのです。すなわち散光星雲があるということは、そこに重たい星があるということに他ならないのです。

トラペジウムは年齢は100～200万年と考えられており、宇宙という時間の流れで考えるととても若い星です。しかしトラペジウムは光で見えているという事からもわかるように、生まれたてのホヤホヤ、と言えるほど若いわけではありません。100万年ほど時間をかけて、星雲が膨張して周囲の分子雲を押し退け、光でも見えるようになったのです。

実はトラペジウムの近くには、今まさに重い星たちが生まれている現場があるのです。トラペジウムから見て少し右上(北西)、角度にして1分角ほど離れたところに、オリオンBN・KL領域という場所があります(図1、右端)。ここには1967年にベックリンとノイゲバウアーが赤外線観測で見つけたBNという星と、クラインマンとローの2人がやはり同じ時期に赤外線観測で見つけたKLという星雲があります。これらは赤外線では明るく輝いていますが光では見ることが出来ません。BNは太陽の7倍以上の重さの若い星だと考えられています。KL星雲はその後の研究によりさらに多くの部分に分かれることがわかりました。その中で最も明るいIrc2という天体がKL星雲全体を照らしている若くて重い星だと考えられてきました。しかしさらなる研究により、実はIrc2は自分自身で光っているのではなく、赤外線ですえ見えていない、太陽の25倍もの重さのある生まれたての星が近くに埋もれていて、そこから漏れて出てきた赤外線に照らされて光っているらしいことが明らかになりました。

4. 集団的星形成 ～重い星が集団で生まれる場所～

重い星が生まれている現場の例としてオリオン大星雲を紹介しました。ここではトラペジウムの他にBN・KL領域の生まれたての星を含めて、太陽より20倍以上重い星が5個程度存在していました。オリオン大星雲は太陽から1500光年ほどの距離にある、比較的「近場」にある天体です。それゆえ研究対象としては都合が良いのですが、銀河系(天の川)全体を見渡すと、さらに規模が大きく太陽の20倍より重い星が30個以上も集団で生まれているような現場があるのです。そのような場所の1つが、次に紹介するW51領域です。

W51領域はわし座の方角にあり、太陽からは23000光年離れています。図2はW51領域を目で見える可視光と赤外線で見え方を比較したものです。赤外線で見ると淡く広がって見える散光星雲が多く見られますが、光で見えているのは左上にある散光星雲だけです。この星雲は200万年ほどの年齢と推定されていますが、他の星雲は光で見ることが出来ないのもっと若いと考えられます。中心付近の星雲がおそらく最も若く、年齢は数10万年程度だと思われる。ここには

太陽の20倍以上重い星が20個以上も存在しています。つまりこの中心部付近の場所だけで数10万年という短い期間に、太陽の20倍以上のとても重い星が20個以上、時間的にも空間的にも集中して誕生したことになります。星を生み出す活動性という事で考えると、ここは銀河系の中で1,2を争うほどの活発な所であると言っても良いと思います。そして今から100万年後には、星雲が膨張して分子雲を押しおのけ、中心に重い星が集まった星団として、光でも見えるようになるかもしれせん。

5. 年老いた重い星 ~ウォルフ・ライエ星~

星の寿命は、重さの2乗から3乗に反比例します。つまり重い星ほど寿命が短く、「太く短い」人生を送る事になります。太陽の寿命は100億年と言われているが、たとえば太陽の10倍重い星の寿命は1000万年から1億年、30倍重い星だと数百万年程度が寿命ということになります。このように重い星は寿命が短いのに加え、すでに説明したように生まれた後もしばらくの間は濃い分子雲の中に埋もれて過ごしているため、光で見える期間が短いのです。

それでは寿命を終えた重い星はどうなるのでしょうか。太陽の8倍程度より重たい星は超新星爆発という形で寿命を終えることがわかっていますが、中でも太陽より25倍以上重い星が超新星爆発を起こす直前の状態が、これから説明するウォルフ・ライエという種類の星なのです。

星が輝くのは、星の中心で水素原子(H)が核融合という反応を起こし、ヘリウム(He)という原子に変わる時にエネルギーを放出するからです。これは、重い星も

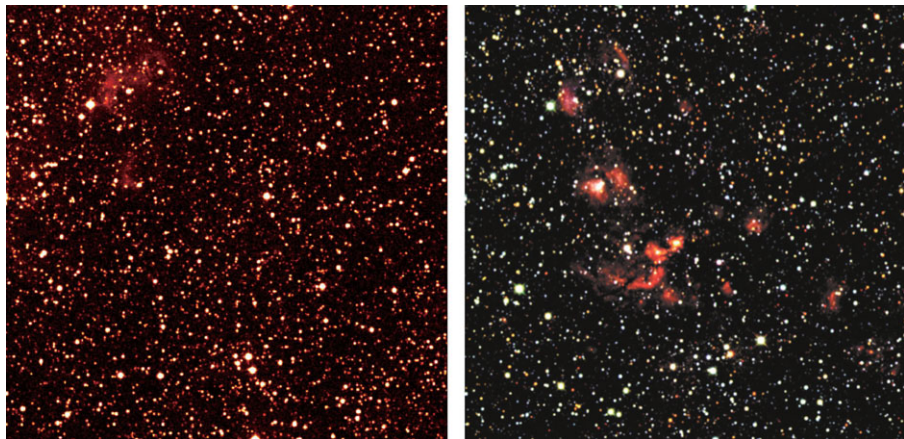


図2 W51領域の画像。左は可視光で見た画像(DSSアーカイブより)、右は赤外線(近赤外線)で見た画像(S. Okumura et al. (2000), ApJ 543, 799より)。可視光では見えない、埋もれている散光星雲が赤外線では見えている。

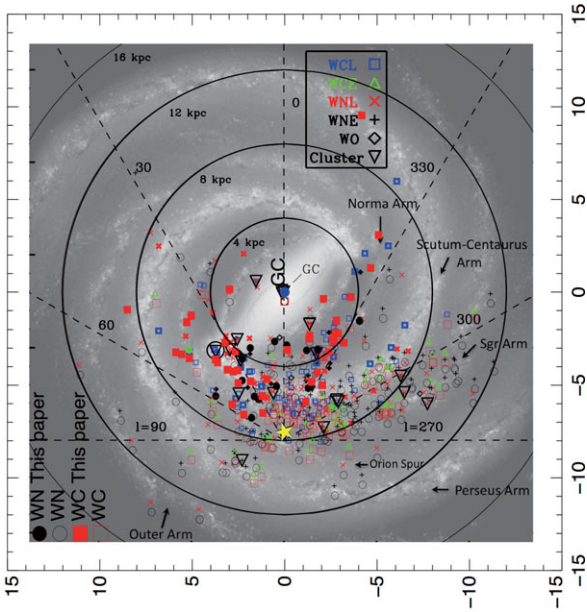


図3
銀河系を上から見た時の、
ウォルフ・ライエ星の分布。
黄色い★印が太陽の位置を
表す。

J. C. Mauerhan, S. D. Van Dyk, P. W. Morris (2011), AJ, 142, 40と M. M. Shara et al. (2012), AJ, 143, 149をもとに田中培生氏が作成。目盛りは1キロパーセク(=3260光年)の距離を表す。

軽い星も同じです。中心の水素がすべてヘリウムに変わってしまうと、中心ではなく周囲で核融合が起こるようになり、力のバランスが崩れて膨張を始め、

温度が下がります。この段階の星が、いわゆる赤色巨星です。一方、重い星の場合にはもともと表面から吹き出すガスの流れが強いため、膨張の段階で外に向かう力が重力に勝り、表層の水素ガスが吹き飛んでしまいます。その結果、星の内部の温度の高い部分が表面に露出してしまうのです。このような星をウォルフ・ライエ星(以下、WR星と表記)と言います。

銀河系には、3000個以上のWR星が存在すると言われていています。しかし、光の観測を中心とした探索で発見されたのはわずか300個程度で、最近の赤外線による観測で見つかったものを含めても500個程度しかありません(図3)。銀河系内にはまだ見つからないWR星が多くあると思われます。未発見のWR星を見つけ出して銀河系全体におけるWR星の分布を把握することは、重い星の進化や銀河系の化学進化の研究において大変重要となります。

6. 私たちのふるさと、重い星

最後に、WR星の分布、重い星の分布を調べる事がどうして重要なのか、もう少し説明します。先ほど、星の中で水素原子が核融合を起こしてヘリウムになると書きました。太陽の半分程度の重さの星の場合には、核融合はこの段階で終わります。もう少し重い星の場合にはヘリウムが核融合を起こし、炭素(C)や酸素(O)といった元素が作られます。WR星のスペクトルを観測すると、炭素や酸素などの輝線を見ることが出来ます。そしてさらに重い星になると、炭素や酸素から

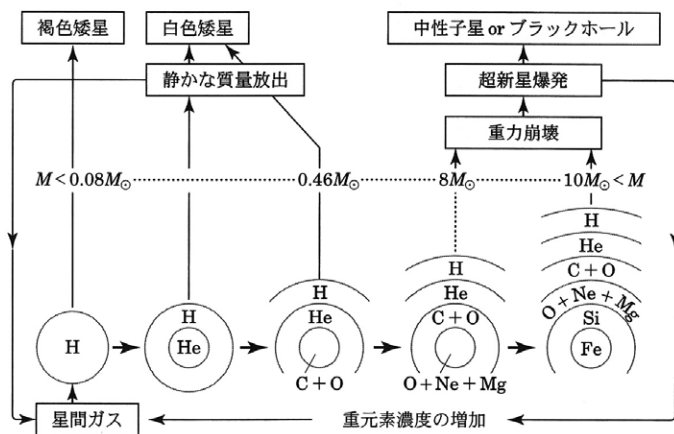


図4 星の進化と内部で作られる元素との関係。 M は星の重さ、 M_{\odot} は太陽の重さを表す。
シリーズ現代の天文学・第7巻「恒星」、第5章、図5.15より。

ネオン(Ne)、マグネシウム(Mg)、ケイ素(Si)という具合に、さらに重い元素が作られ、最後には星の中心に鉄(Fe)が作られます(図4)。鉄の原子核というのは大変安定した構造をしており、それ以上核融合反応を起こしません。鉄がたまってくるとやがて自分自身の重さを支えられなくなり、崩壊します。そしてその反動で大爆発が起こります。これが超新星爆発です。この時に星の中で作られた鉄やケイ素、炭素といった元素を周囲にまき散らします。それがやがて集まって、分子雲となって次の世代の星が生まれるものになるのです。宇宙の始まりの時には水素とヘリウム等の軽い元素しか存在しなかったわけですから、地球のような惑星や、私たちの体のもとになっている元素はすべて重い星の中で作られたものなのです。このような輪廻を繰り返すことによって、銀河系や宇宙が進化をしてゆくことになるのです。



プロフィール 奥村 真一郎(おくむら しんいちろう)
所属:日本スペースガード協会。
出身は大阪府(豊中高校卒)。学生時代は京都、神戸、東京の大学を転々として天文学を学ぶ。現在は岡山県の美星スペースガードセンターに勤務し、光学望遠鏡を駆使して地球接近小惑星やスペースデブリなどの発見観測と追跡観測に従事。目指すは唄ってハモれる天文学者???