

連載

恒星天文学の源流【10】

ハーバード天文台とHD星表の成立 その4

小暮智一（元京都大学）

6. アントニア・マウリー (Antonia Caetana de Paiva Maury, 1866 - 1952)

6.1 生涯と人物

ドレイパー一家の住むヘイスティングス・オン・ハドソン村からハドソン川を 50 km 程上流の東岸にコールド・スプリング村 (Cold-Spring-on-Hudson) がある。ここはハドソン山地に囲まれ、ハドソン川に臨む景勝の地で、人口は 3000 人程 (2005 年) であるが、19 世紀の面影を残す建物が多く、歴史的保存地区にも指定されている。

アントニア・マウリーは 1866 年 3 月 21 日、この村で生まれた。父ミットン・マウリー (Mytton Maury) はプロテスタントの牧師、母バージニア・ドレイパー・マウリー (Virginia Draper Maury) はヘンリー・ドレイパーの妹であるから アントニアにとってヘンリーは伯父に当たる。当時、この村には適切な学校がなかったのでアントニアは主として父ミットンから教育を受けている。弟妹とともに子どもには厳しい日課が課せられていた。その後、バサール女子大学 (Vassar Women's College) に入学し、マリア・ミッチェル (Maria Mitchell, 1811 - 1889) のもとで天文学を学んで、学問的、思想的に大きな影響を受ける[45] [46]。

マリア・ミッチェルはアメリカでは初めての大学に職を持つ女性天文学者であり、航海暦の編集、変光星の観測などで知られている。バサール女子大では数学と天文学を担当し、また、付属天文台の台長を兼ねていた。マリアは天文教育に強い熱意を持っていたのみでなく、独立心が強く、女性の地位向上、人権問題にも大きい関心を持っていた。しかし、その反面、明るく、心の広い人でもあったの

で、マリアの生地ナンタケットでは彼女の教え子や地域の人によってマリア・ミッチェル天文台が創設され、地域の天文教育普及に貢献している[47]。



図 17 バサール女子大学卒業の頃クラスメートとの集合写真 (1887 年)。アントニア・マウリーは後列左から 2 人目[48]。

アントニア・マウリーは 1887 年にバサール女子大学を卒業すると翌年からハーバード天文台の計算助手として勤務する。ハーバード天文台では初めての高学歴の計算助手である。マリア・ミッチェルの薫陶があつてのことであろうか、マウリーは天文台のほかの計算助手には見られない強い個性を示していた[49][50]。

マウリーはピッケリングの指導の下にヘンリー・ドレイパー・カタログのプロジェクトに参加する。マウリーの分担はフレミングの分類法を引継ぎ、北天の星の分光カタログの作成であったが、マウリーは次第にフレミングの分類に疑問を抱くようになる。彼女の手元にはフレミングより分散の高いスペクトル写真が集まっていた。それを見ると、フレミングが同じタイプと分類している星の間でも水素吸収線の幅に大きな違いがある。ある

星は幅が広く中心が浅いの、ある星では幅が狭く、中心が深い。同じタイプと呼んで良いのであろうか。この疑問から出発して彼女は独自にスペクトルの理論的解釈を試み、新しい観点から分類法をすっかり変えてしまった。こうしたマウリーの態度はフレミングの継承を期待したピッケリングの意に沿わない。この頃のマウリーについて、研究室の同僚であったドリット・ホッフライトは次のように記している[51]：

「彼女はピッケリングに雇われた女性たちの中で最も深い思索家であった。しかし、ピッケリングはスペクトルの独自の解釈を進めようとするアントニアを激励するのではなく、反って、ルーチン業務から離れて独自に進もうとする彼女にいらだちを募らせていた。」

マウリーはついにピッケリングとは一緒に仕事は出来ないと感じて、未完成の分類作業を中断して 1992 年に退職してしまった。しかし、マウリーの分類は高分散スペクトルに基づいており、太陽および明るい星について彼女は精密なスペクトル線同定表を作成していた。マウリーと並んで分類作業を進めていたアンニー・キャノン（次節）にとってその同定表は不可欠であった。恐らく、キャノンの進言があったためであろう、ピッケリングはマウリーの分類法には賛成できなかったが、彼女に天文台に復帰するよう手紙を送った。それに対し、マウリーは次のように返事をしている。

「私の独自の理論的考察に基づいた分類法を認めて下さい。また、カタログを私以外の名前で公刊するのはフェアではありません。」(それまではフレミングの例のようにカタログは台長ピッケリングの名前で公刊されていた。)

2 人の間にはまだわだかまりがあったが、伯

母のアンナ・ドレイパーはマウリーの意見に賛成しピッケリングの説得に当たった。ピッケリングもついにその条件を了解してマウリーを天文台に復帰させた。マウリーは 1895 年に復帰して再び分光分類とカタログ化を続けたが、作業はほぼ終わっていたので、分類の成果はハーバード天文台 1897 年の年報にマウリーの名前で掲載されることになった[52]。しかし、実際に出版されたのは 1901 年になってからで、その年の年報(第 28 巻)にキャノンと並んで掲載されている。

マウリーはそれでもピッケリングとのわだかまりが解けず、出版の見通しが立つと 1897 年にはやばやと天文台を退職してしまう。ケンブリッジやニューヨークなどで教鞭をとりながら、再びハーバードに戻ってくるのは 1918 年になってからである。



図 18 アントニア・マウリーの 1898 年頃の肖像[48]

6.2 分光分類

マウリーの分光分類はドレイパー11インチ(28 cm)屈折鏡に取り付けたプリズム分光器によるスペクトル写真に基づいているが、このスペクトルは頂角 15° のプリズムを最高4個まで適宜組み合わせ得られた、当時の対物分光としては最高の分散度を持つものであった。

スペクトルの中でマウリーは吸収線相対強度のほかに吸収線の幅に特別の注意を払った。また、フレミングがA, B, Cなどと分けたことについても、星から星へのスペクトルの変動は連続的であると考えた。その結果、フレミング分類とは独立にスペクトルをグループ(Group)と線幅特性(Division)という2本立てにした分類を行った[52]。グループはIからXXIIまで通し番号で表され、吸収線相対強度に対応する。吸収線として着目したのは

水素バルマー線 ($H\beta$, $H\gamma$, ..., $H20$)

電離カルシウム (H, K 線)

太陽線 (太陽フラウンホフ線で水素以外の吸収線)

金属線 (太陽線に含まれない金属線)

オリオン線 (主として中性ヘリウム吸収線)

グループはフレミングと同様に水素線が弱まり、H, K 線が強まる方向で連続的な系列を作る。マウリーはオリオン線をオリオン座の青い星に見られる特別な線として扱っているが、ヘリウムの存在はすでに1895年にボーゲル(Vogel)によって知られている[53]。マウリーの分類でヘリウムが取り入れられていないのは前述したように彼女の分類作業に中断があったからである。ハーバード天文台に戻って作業を進めたが、分類はほぼ完成していたため、オリオン線の名前はそのまま残されている。

マウリーは最初、セッキの分類タイプを改

良して

O, I, II, III, IV, V, C, L

の8タイプに細分した。ここでI-Vはセッキのままであるが、そのほかにO, C, Lを設けた。ここでOタイプはオリオン線の発達した星、Cは複合スペクトルを示す星、LはOタイプの中でスペクトルに輝線を示す星、となっている。その上でマウリーは自らの分光グループを22 (I-XX)に分け、上記のタイプと次のように対応させている。

グループ I-V : タイプ O (オリオンタイプ)

O オリオン線 ($\lambda 4144.0$, $\lambda 4481.4$ Å) が存在し、水素は中程度の強さでグループの順に強くなる。太陽線は見られない。

グループ VI : オリオンタイプとセッキのタイプ I の中間

グループ VII-XI : セッキのタイプ I

オリオン線は見られない (例外は2星)、水素は極大強度。

グループ XII : タイプ I と II の中間

グループ XIII-XVI : セッキのタイプ II

水素線が弱まり、太陽線が次第に強くなってくる。

グループ XVII-XX : セッキのタイプ III

水素線は一般に弱く、太陽線は緩やかに強くなって次に弱くなる。カルシウムが顕著、吸収線に替わって吸収バンドが目立ってくる。

グループ XXI : セッキのタイプ IV

2つの吸収バンドが顕著、吸収線は弱い。スペクトル青色部が著しく弱い。

グループ XXII : セッキのタイプ V

弱い連続スペクトルの上に幅広い輝線が重なっている。強い輝線バンドの中には星雲輝線と一致するものがある。(今日のオルフ・ライエ星を含む。)

上に述べたC, Lタイプはこの22タイプには含まれていない。

スペクトルのグループ化 I – XXII と併行してマウリーは、線幅特性 (Division) として吸収線を幅によって次の a, b, c, またはその重複によって区別している。

a 単一吸収線として幅は広いが連続スペクトルから明確に線が識別できる。ただし、水素と H, K 線を除く。標準的な線幅を示す星で、観測された 681 星中、355 星がこの特性を示す。

b 吸収線が全体として幅広く、連続スペクトルに対してぼやけて現れる。オリオン線を示す星も含まれる。

c 水素およびオリオン線が幅狭く明確に定義できる。H, K 線が一般に強く、また、上記の金属線を示す場合が多い。

吸収線がこれらの特性の中間にあるものを ac, ab などと表し、a, b のどちらかにはっきり識別できない場合は a, b と示すことにする。今で言えば a-特性は主系列星、b-特性は早期型星、c-特性は巨星の特徴を示すタイプである。

マウリーは全体で 681 星の分類を行い、カタログにまとめている [52]。分類のタイプ、グループと線幅特性は観測された星数とともに表 4 に示そう。この表でタイプはセッキの分類、D.C. とあるのはドレイパー・カタログの略でフレミングの分類を示している。

表 4 に示されるようにマウリーの分類法はフレミングと異なり、徹底してスペクトル線の幅にこだわっている。それは星のスペクトル特性グループと線特性の 2 次元的に配列として示されている。なかでもマウリーの特色を示すのは c-特性を示す星である。表 4 のなかで 18 星が c-特性に分類されているが、ホッフライトはそれを HD 星表(キャノン)、MK 分類と比較している。それを表 5 に示そ

う [51]。これを見るとキャノンはほとんどの星を特異星 (p) としているが、MK 分類ではすべて光度階級 I の超巨星になっている (ρ Cas が MK 分類で G2 0e となっているのは I より高光度の超巨星を表している)。

ホッフライトはまた、マウリー分類が全体としても現行の MK 分類とよく調和していることを強調しているが、それは図 19 に見ることができる [51]。これを見ると XXI (炭素星)、XXII (WR 星) を除いたマウリーのグループ I – XX (すべての線幅特性 a, b, c を含む) と MK 温度系列が狭い範囲で見事に対応している。この狭い範囲にすべての光度階級を含んでいる。温度系列の連続性からグループを I から XXII まで通し番号でそろえたのは、極めて論理的であった。

しかし、この分類は直感的に把握しにくい点もあった。論理的ではあったが、現行の HD 分類のように、電離ヘリウムを主体とする星を O 型、中性ヘリウムは B 型、水素吸収線は A 型などと、特徴を大分けにまとめる方が理解しやすい。そのためマウリー分類はその後採用されなかった。

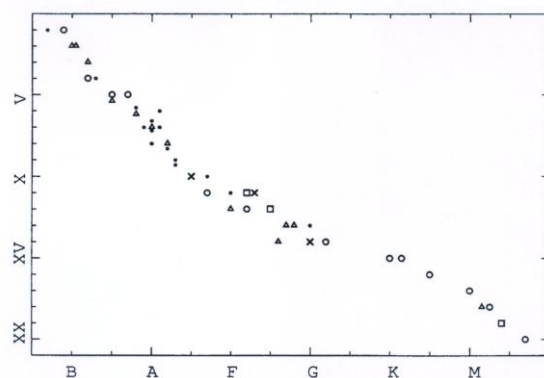


図 19 マウリーの分光型と MK 分光型との関係 [51]。横軸は MK 温度系列、縦軸はマウリーのグループ (I – XX)。光度階級は V (ドット)、IV (白丸)、II (四角)、I (三角) で示す。

表4 マウリーによる分類と星の数[52]

Type はセッキ分類、Group (I – XXII) と Division (線幅特性)はマウリーの分類、D.C.は Draper Catalogue でフレミング分類を表す。分光型ごとに観測された星数を示す。

Type	Group	Division								Total	D.C.
タイプ	グループ	線幅特性と星数								星数計	
		c	ac	a	a,b	ab	b	a,b,ac	p		
O	I	--	--	--	--	--	7	--	--	7	B
O	II	--	--	4	5	--	5	--	2	16	B
O	III	1	--	5	7	--	5	--	1	19	B
O	IV	--	--	11	22	3	14	--	--	50	B
O	V	3	--	9	8	--	5	--	--	25	AB
OI	VI	6	--	4	9	3	9	--	--	31	AB
I	VII	1	--	13	13	--	17	--	1	45	A
I	VII	1	1	23	6	3	17	--	7	58	A
I	IX	--	--	?	17	3	9	5	--	34	AF
I	X	--	--	2	12	2	3	--	--	19	AF
I	XI	--	5	?	11	5	--	7	1	29	F
I,II	XII	2	3	29	--	1	--	--	--	35	FG
II	XIII	4	1	22	--	--	--	--	--	27	G
II	XIV	--	7	40	--	--	--	--	3	50	G
II	XV	--	--	117	--	--	--	--	1	118	K
II	XVI	--	--	23	--	--	--	--	--	23	K
III	XVII	--	--	19	--	--	--	--	--	19	Ma
III	XVIII	--	--	20	--	--	--	--	--	20	Mb
III	XIX	--	--	10	--	--	--	--	--	10	Mb
III	XX	--	--	4	--	--	--	--	2	6	Md
IV	XXI	--	--	--	--	--	--	--	--	4	Na
V	XXII	--	--	--	--	--	--	--	--	4	O
C	--	--	--	--	--	--	--	--	--	18	--
L	--	--	--	--	--	--	--	--	--	14	--
合計		18	17	355	110	20	91	12	18	681	

表 5 マウリーによる c-特性を示す星と HD, MK 分類との比較 [51]

星名	分光分類			絶対等級
	Maury	Cannon	MK	
χ^2 Ori	IIIc	B2p	M2 Iave	- 6.8
ϕ^2 Cma	Vc	B5p	B3 Iab	- 6.2
η Cma	Vc	B5p	B5 Ia	- 7.0
67 Oph	Vc	B5p	B5 Ib	- 5.7
+59° 660	VIc	B9p	B9 Ia	- 7.1
+58° 607	VIc	A0p	A0 Iae	- 7.1
β Ori	VIc	B8p	B8 Iae	- 7.1
μ Sgr	VIc	B8p	B8 Iaep	- 7.1
15 Sgr	VIc	B0	B0 Ia	- 6.2
4 Lac	VIc	B8p	B9 Iab	- 6.3
η Leo	VIIc	A0p	A0 Ib	- 5.2
α Cyg	VIIIc	A2p	A2 Iae	- 7.3
ϵ Aur	XIIc	F5p	F0 Iae	- 8.5
35 Cyg	XIIc	F5p	F5 Ib	- 4.5
δ CMa	XIIIc	F8p	F8 Ia	- 8.0
45 Dra	XIIIc	F8p	F7 Ib	- 4.4
γ Cyg	XIIIc	F8p	F8 Ib	- 4.3
ρ Cas	XIIIc	F8p	G2 0e	- 8±

マウリー分類の重要性が認識されるようになったのはヘルツシュプルングによる [54]。彼はマウリーによるスペクトル線の幅の違いに関心をもち、c-特性をもつ星と a-特性をもつ星の統計的性質を比較した。その結果、前者は三角視差が測定限界以下である。視線速度が一般に小さく、また、銀河面への集中が著しい、などから c-特性の星は a-特性の星より光度の大きい巨星であると推定した。こうして彼は星には巨星と矮星の区別のあることを指摘し、ハーバード天文台のピッケリングに c-特性の意義を認めるように手紙を送つ

た。しかし、それに対するピッケリングからの返事はそつけなく、「c-特性は分光器や観測の時期によって現れる不確定な現象であるから、分類の基準にはならない。」というものだった。

このころ、ヘルツシュプルングはまだコペンハーゲンの私設ウラニア天文台で観測を行うアマチュア天文家に過ぎなかったが、ピッケリングの返事に不満をもち、論文 [53] の中で彼のことを、「あたかも、鯨と魚類の区別を知らながらそれを同一種と主張する生物学者のようだ。」と皮肉っている。

ヘルツシュプルングはその後、ヘンリーノリス・ラッセルとの協力の下にヘルツシュプルング・ラッセル図（HR図）の成立へと貢献するようになるが、その経緯については別の機会に触れよう。

6.3 その後の観測と琴座 β 星

分光分類の論文が出版された以後、マウリーは1897年に再び天文台を離れ、ケンブリッジやニューヨークなどの大学で教鞭をとっていたが、1918年にまた、ハーバード天文台に10数年ぶりに正職員（助教授）として戻ってくる。それはピッケリングが他界する前年であった。この頃にはヘルツシュプルングを通してマウリーの分類法が高く評価され、広く知られていたためピッケリングも無視できなかったのであろう。

ピッケリング亡き後、彼女はずっと変光星と特異星の観測的研究を続けている。マウリーの研究態度は相変わらず天文台のほかの人と異なってサーベイ観測には興味を示さず、特定の星をより高い分光分散でより深く探求するという態度で一貫している。量より質である。

彼女の観測の中でよく知られているのは食連星の琴座 β 星の分光観測である。この星はハギンスの時代から輝線星として知られていたが、そのスペクトル変化には謎が多かった。マウリーはハーバード天文台で1886-1901、1921-1931年にわたって観測された分光乾板を測定し、輝線強度の変動とともに視線速度から軌道要素を推定した[55]。それによると主星はB9型超巨星で質量は太陽の0.6倍、伴星はB2e星で質量は太陽の9.48倍で、主星は伴星の周りをほぼ円軌道で回っている。軌道周期は12.92日である。この質量推定に対して、オットー・シュトルーフ（Otto Struve）[56]はエディントン（A.S. Eddington）[57]によって導かれた質量光度

関係から外れているという理由で質量に疑問を呈しているが、シュトルーフもこの星を「謎の星」と呼んでいる。最近になってハルマネック（Petr Harmanec）はチェコのオンドリーエフ天文台で詳細な分光観測を行い、琴座 β 星は質量交換段階にあって急速に進化しつつある星で、質量流出星（マウリーの主星）はB6-8II型巨星で質量は太陽の3倍、質量流入星は早期Be星で質量は太陽の13倍であることを見出した（2002年）[58]。また、このBe星は光学的に不透明な降着円盤の中に埋もれていて可視光では見えないという。ハルマネックもスペクトル変化の特異性に注目し、「いつまでも挑戦すべき輝線連星」と呼んでいる。マウリーの観測は円盤をもつ食連星について初めて軌道要素を推定した先駆的な意義を持つものであった。

6.4 ドレイパー公園園長として

マウリーは1935年に天文台を退職するとヘイスティングス・オン・ハドソン村に移って、ドレイパー公園の園長として余生を送る。ここでヘンリー・ドレイパー亡き後のヘイスティングス天文台について少し触れてみよう[59]。

1882年の1月、ヘンリー・ドレイパーの父ジョンが他界した後、ヘイスティングスの土地はジョンの姉ドロシー・キャサリン（Dorothy Catharine）に管理を任かされた。その年の11月にヘンリー・ドレイパーも亡くなると、その妻アンナによって夫の用いた望遠鏡や分光器などの機材はハーバード天文台に寄贈され、天文台としての機能は失われた。しかし、ドロシーは天文台跡はそのまま残し、ドームや写真暗室などには手をつけなかった。彼女が1901年に95歳で世を去ると、土地の管理はヘンリー・ドレイパーの妹アントニア（結婚してアントニア・ドレイパー・ディクソン Antonia Draper Dixon）に引き継がれ

た。アントニアは愛鳥家であり、ナチュラリストであったから、敷地には植物を植え込んで美しい庭園を造り上げた。1905年に新しいドームが火事で焼け落ちるというハプニングがあった。アントニアは古いドームをそのままにして、残りをすっかり居住用の邸宅に改築した。それでも古いドームが残っていたので、この家は天文台コテージと呼ばれるようになった。アントニアが1923年に他界すると遺言によって敷地と建物はアメリカ歴史保存協会に寄付された。この協会はここをドレイパー公園として開放し、建物は博物館または図書館とする計画を持っていたが、計画は進まず、協会はすべてをヘイスティングス・オン・ハドソン村に寄贈した。

1935年にハーバード天文台を退職したアントニア・マウリーは村に移り、ドレイパー公園と「天文台コテージ」を公共施設として、新しく再生させた。まず、古いドームに新たに6インチ(15 cm)屈折望遠鏡を設置し、地域のアマチュア天文家と村当局の協力によって天文学の普及に乗り出す。彼女は天文台を公開し、無料の天文普及講座を開いたりしている。マウリーはまた、叔母のアントニア・ドレイパー・ディクソンに似て愛鳥家であり、熱心な環境保護主義者でもあった。そこで4万平米の公園は植物園に生まれ変わり、顕微鏡を備えた植物観察室なども設けられた。コテージには図書室を設け、天文から動植物まで科学普及書をそろえて地域の科学教育に大きく貢献した。

マウリーは1952年にこの地で没する。その後、1971年に地域の有志によってヘイスティングス歴史協会が設立され、村からの委嘱によって公園と天文台コテージの維持に当たり、現在も広く普及活動が続けている[60]。



図20 天文台コテージの開設に先立って、庭先で購入した望遠鏡に見入るアントニア・マウリー(1932年頃の撮影)[48]

文 献

- [45] Vassar College Encyclopedia
http://vcencyclopedia.vassar.edu/index.php/Antonia_Maury
- [46] MacDonald, J. 2008, Website, p. 1 - 4, Maria Mitchell
<http://www25.uua.org/uuhs/duub/articles/mariamitchell.html>
- [47] 小暮智一 2009、天文月報7月号、p.437、歴史的天文台バーチャル探訪、その1. マリア・ミッチェル天文台
- [48] Chamberlain, J. 2008, Hastings Historian, 38, No.2, Antonia Maury – Astronomer, naturalist.

-
- [49] Hoffleit, D. 1952, *Sky and Tel.* March 1952, 102, Antonia C. Maury.
- [50] Mack, P. E. 1990, *Jour. Hist. Astronomy*, 21, 65 – 76, Strategies and compromises: Women in astronomy at Harvard College Observatory, 1870 – 1920.
- [51] Hoffleit, D. 1994, *The MK Process at 50 Years*, ASP Conf. Ser. Vol. 60, 215 – 223, Reminiscences on Antonia Maury and the c-characteristic.
- [52] Maury, A. C. 1897, *Ann. Astr. Obs. Harvard College*, 28, Part I, 1 – 134, Spectra of bright stars photographed with the 11-inch Draper telescope, as a part of the Henry Draper Memorial.
- [53] Vogel, H. C. 1895, *ApJ*, 2, 333 – 346, On the occurrence in stellar spectra of the lines of Cléveit gas, and on the classification of stars of the first spectral type. (Cléveit gas = helium gas)
- [54] Hertzsprung, E. 1909, *Astronomische Nachrichten*, 179, 373 – 380, Über die Sterne der Unterabteilungen c und ac nach der Spektralklassifikation von Antonia C. Maury.
- [55] Maury, A. 1933, *Ann. Astr. Obs. Harvard College*, 84, No.8, 208 – 255, The spectral changes of Beta Lyrae.
- [56] Struve, O. 1934, *The Observatory*, 57, 265 – 274, The puzzle of Beta Lyrae.
- [57] Eddington, A. S. 1924, *MNRAS*, 84, 308 – 332, On the relation between the masses and luminosities of the stars.
- [58] Harmanec, P. 2002, *AN*, 323, 87 – 98, The ever challenging emission-line binary beta Lyrae.
- [59] Hastings Historical Society ホームページ, History of the Observatory Cottag
- http://hastingshistorical.org/cottage/Cottagepage1.html
- [60] 小暮智一 2009、天文月報 12 月号、p.769、歴史的天文台バーチャル探訪、その 4、ヘイスティングス天文台とドレイパー公園

小暮智一（元京都大学）