

連載

恒星天文学の源流【9】

ハーバード天文台とHD星表の成立 その3

小暮智一（元京都大学）

5. ウィリャミナ・フレミング (Williamina Paton Fleming, 1857 - 1911)

5.1 生い立ちからハーバード天文台へ

ウィリャミナ・フレミングは 1857 年、スコットランド東部の港町ダンディーで生まれた。父はロバート・スティーブンス (Robert Stevens)、母はマリー (Mary Paton Stevens) である。父は彫刻家兼鍍金業であった。趣味として始めた写真撮影ではダンディー市内でも知られるようになっていたが、ウィリャミナが 7 歳のときに亡くなった。1871 年、町の小学校で卒業の日を迎えたウィリャミナ・スティーブンス (Williamina Paton Stevens) は校長室に呼ばれた。

「ウィリャミナ、貴女はこの町でもっとも優れた成績でこの小学校を卒業しました。町の規定によって貴女には小学校の先生になる資格ができたのです。貴女は先生になりますか？」

校長先生の言葉に驚いたが、ウィリャミナは母と相談して校長先生の申し出を受けることにした。こうしてウィリャミナは 14 歳で小学校の教員になり、その後の 6 年間、彼女は優れた教師として子供たちに慕われながら過ごしていた。

20 歳のとき、ふとしたことがきっかけでジェイムス・フレミング (James Orr Fleming) と結婚し、ウィリャミナ・パトン・フレミングとなる。二人は新天地を目指してアメリカに旅立った。どの伝記にも夫フレミングについての記載は見られないが相当の放浪家であったらしい。彼はマサチューセッツのボストンに落ち着いて 2 年も経たないうちに、身ごもった妻を残してどこかに逐電してしまった。

西部へ行ったという話もある。残されたウィリャミナはやむなく職を探し、ハーバード天文台長ピッケリングの家にメイドとして雇われることになった。ピッケリング家は身重のウィリャミナを住み込ませ、家事に当たさせた。ウィリャミナはこの処遇に感謝し、生まれた男の子をエドワード (Edward) と名付けている。

彼女は任された家事を丹念にこなし、その熱意と知的素養によって家族の大きな信頼を得るようになった。その頃、ピッケリングは天文台の男性職員の仕事ぶりに愛想を尽かしていた。彼はわが家のメイドの方がずっと優れていると宣言し、1881 年、24 歳のウィリャミナを計算助手として天文台に雇いあげた。

最初の仕事は事務と単純な計算であったが、まもなくピッケリングは彼女に科学的才能のあることに気が付く。その頃、天文台で分光作業を行っていたのはピッケリング一人であった。あるとき彼はフレミングを呼び、その作業を手伝わせながら、分類の手法を教えた。フレミングは飲み込みが早く、すぐにスペクトル検査に馴れて自分でも分類が出来るようになった。当時、ピッケリングは写真分光の特質を生かして、セッキやボーゲルの分類法を精密化しようと試みていた。そこで彼はフレミングと協力して分類法に A, B, C, などの記法を導入し精密化することにした。それがピッケリング・フレミング分類法の始まりである。やがて、ピッケリングはフレミングを信頼して分類とカタログ化を任せることにした。彼女は期待に答えてその仕事に取り組み、1 万個以上の星を分類したが、その成果はヘンリー・ドレイパー・メモリアル星表

として 1890 年に出版された(後述)。

天文台におけるフレミングの仕事は拡大され、恒星分類のほかにオリオン領域の写真観測(星の光度測定とカタログ化)や星雲状天体の検出とカタログ化などもピッケリングから指示され、10 名ほどの若い女性計算助手たちの指導も任されていた。また、天文台の出版編集も任されるようになり、こうした仕事ぶりから、1898 年には天体写真部の責任者 (curator) に任命される。これはアメリカの天文台で女性に対する正職員としての任命第 1 号となった[33][34]。



図 13 バード大学天文台の計算室におけるフレミング(中央に立っている人)とピッケリング(左に立っている人)。右端の横顔の人はアントニア・マウリー。1891 年撮影[35]。

5.2 分光分類

ピッケリングから分光分類とカタログ化を任されたフレミングは 8" (20 cm) パーシェ屈折鏡に取り付けた対物プリズム(頂角 13°)で撮影された写真乾板の検査に当たり、その上で分光分類を行った。スペクトル写真では吸収線の位置、相対強度の比較が眼視観測に比べて遥かに容易であったことから、フレミングはピッケリングの指導の下にセッキの分類型のそれぞれを細分化した。それがピッケリング・フレミングの分類法である。この分類をセッキの Type I - IV と比較してその特徴を挙げておこう。

Type I (青、白色星) は 4 種類 A, B, C, D

型に細分される。

A 型: 水素線 F ($H\beta$ λ 4861), G' ($H\gamma$ λ 4341), h ($H\delta$ λ 4101), H ($H\epsilon$ λ 3970) とカルシウム K (λ 3934) が顕著で、他の線はほとんど見られない。

B 型: A 型以外に λ 4026, 4471 線(実は中性ヘリウムであった)が現われている。

C 型: A 型の G' 線と h 線が 2 重線になっている。

D 型: Type I で輝線を示す星

Type II (太陽型星) スペクトルが複雑なため 7 種に分けられた。

E 型: F, H, K 線のみ顕著

F 型: 水素線および F, H, K 線

G 型: G, H 線に比べて K 線が非常に強い。

H 型: G 型に似ているが連続光が 4310 より赤側で強く、青側で弱い。

I 型: 上記以外に吸収線を示す。

K 型: G 型に似ているが強い 2 本の吸収バンドを示す。

L 型: K 型よりさらに赤側が強い。

Type III (赤色星)

M 型: スペクトルの 4760 より赤側が著しく強い。Type II との違いはスペクトルにバンドが現われ、写真域(青側)よりも可視域(赤側)で顕著に現われる。

Type IV (炭素星)

N 型: 赤色部分がもっとも強い。微光星が多い。

そのほかに O 型(輝線のみ示す)、P 型(惑星状星雲)があげられている。以上をまとめると表 2 のようになる。表中の下線付きのタイプ、および O, P, Q 型はのちの HD 分類では採用されていない。

表 2 セッキ分類とフレミング分類との比較

セッキ タイプ	フレミングタイプ
I	A, B, <u>C</u> , <u>D</u>
II	<u>E</u> , F, G, <u>H</u> , <u>I</u> , K, <u>L</u> (J は使われず)
III	M
IV	N
---	O (WR), P (惑星状星雲 中心星), Q (特異星)

この分類による分光カタログは北天の 10,351 個の星を含みピッケリングの名前でヘンリー・ドレイパー・メモリアル星表 (Henry Draper Memorial) として公刊されるが、フレミングの名前はない[36][37]。その頃、計算助手は論文に名前を出すことなどまだ考えられなかった。しかし、ピッケリングは論文の前文の中で

「この仕事の重要な部分、すなわち、すべての星のスペクトルの測定、分光分類、およびカタログの作成などはフレミング夫人が担当して行った。」

と述べてフレミングの役割を明確にしている。このため、この星表の分類はフレミング・ピッケリング分類と呼ばれ、あるいはフレミング分類とも呼ばれるようになった。また、この星表の前文には数値計算やカタログ化事務の手伝いとしてフレミングに協力した 8 人の女性計算助手の名前も挙げられている。

5.3 変光星と特異星

フレミングはハーバード天文台において分光分類と共に、変光星と特異星の測光、分光

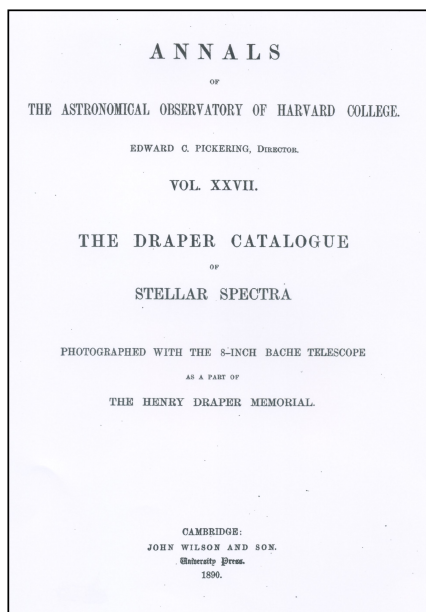


図 14 ヘンリー・ドレイパー星表の表紙
ハーバード天文台年報としてピッケリングの名前で出版されている。通常、ヘンリー・ドレイパー・メモリアル星表と呼ばれる。フレミングの名前は入っていないが、フレミングの分類として知られている[36]。

観測に当たり、多数の観測をハーバード回報などに報告している。

a) 変光星の写真測光観測

赤色の長周期変光星の大部分は Md 型(水素輝線を示すタイプ III の星)であるが、一部はタイプ IV の星も含んでいる。こちらは水素輝線を示さない。フレミングは長周期変光星として 222 個を発見しているが、そのうちの 107 星についてモニター観測を実施、詳しい光度変化を表にまとめ、ヘンリー・ドレイパー・メモリアル星表の一部として公刊している[39][40]。

b) 特異なスペクトルを示す星の分光観測

フレミングは 1890 年に最初のヘンリー・

ドレイパー・メモリアル星表を出版した後も、引き続いて全天のモニター観測を続け、分光写真と星野写真のあわせて4万枚以上の乾板を検査している。そのなかから彼女は500個あまりの特異星を検出した[41]。特異星スペクトルのサンプルを図15に示そう。これは8インチバーシェ望遠鏡の対物プリズムで撮影されたものでスペクトルの幅付けは望遠鏡の移動によっている。

フレミングはさらに、1912年までに発見された星の種別ごとの星数と発見者の名前を表の形で与えているので、ハーバード天文台の寄与を世界の他の天文台や個人による発見数と比較することが出来る[41]。フレミングの表を用いて星のタイプごとの発見状況をまとめてみたところ、表3のようになった。

この表で、まず、星の種別について主な留意点をあげると

新星(novae)にはKepler (1604)、Lindauer (1572)以来の古い新星が含まれている。

星雲(P型)は惑星状星雲が主であるが、新星の周辺に現れた星雲や、三裂星雲など一部の散光星雲も含まれている。

水素輝線星はセッキタイプのI型のうちで水素に輝線を含む星をあらわし、主に輝線B型星である。

分光連星はAタイプとなっているが、これは両成分が見えている連星を示し、いまのダブルライン連星に当たる。

変光星はアルゴール型、 β Lyr 型、短周期変光星、長周期変光星に4分類されてそれぞれ別途にリストされている。短周期はほぼ周期1ヶ月程度以下である。

炭素星はR型(早期)とN型(晩期)に分かれる。

分光特異星は β Lyr 型などと多少重複している。

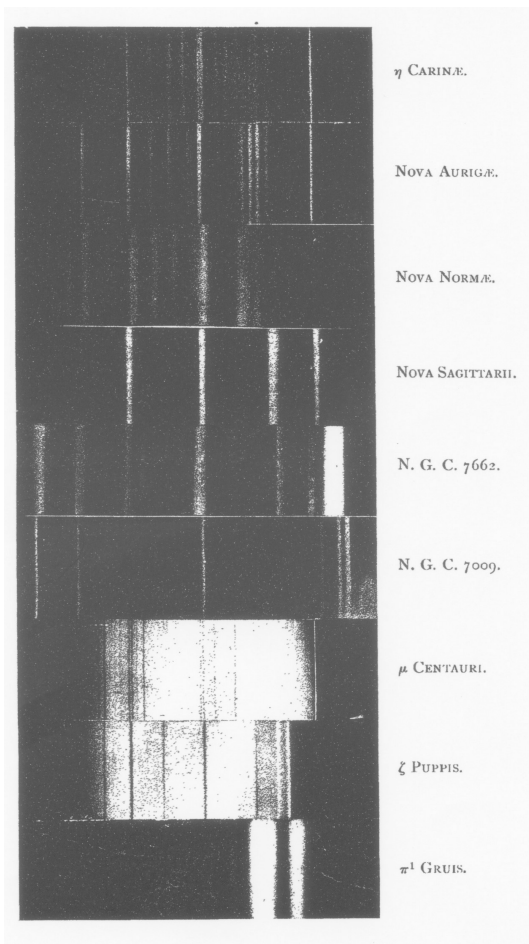


図15 フレミングによる特異星スペクトルの例[41] 最上段の η Car はLBV、次の3星は新星、NGC星は惑星状星雲、次の2星はOB型輝線星、最下段はS型変光星である。バルマー輝線は右寄りの $H\beta$ から左よりの $H\zeta$ までの範囲を含んでいる。どのタイプも顕著な輝線を示す。

表 3 特異なスペクトルを示す星の種別、星数、個人別発見数

星の種別	星の数		H 内					他
			P	F	M	C	L	
新星	28	17	0	10	0	3	2	11
星雲 (P 型)	151	89	20	59	0	0	0	62
WR 星(タイプ V) (O 型)	107	97	7	90	0	0	0	10
水素輝線星	92	84	5	69	1	8	0	8
分光連星(A-type)	47	7	3	2	1	1	0	40
アルゴール型	134	71	0	4	0	30	36	63
β Lyr 型	13	3	0	1	0	0	0	10
短周期変光星 (タイプ IV)	168	76	0	4	0	36	35	92
長周期変光星 (タイプ III)	629	227	5	182	0	25	9	402
N 型星 (炭素星)	267	73	10	63	0	0	0	194
R 型星 (炭素星)	61	59	1	58	0	0	0	2
分光特異星	29	21	0	21	0	0	0	8
合計	1726	824	51	563	2	105	42	902

注) 表の作成はフレミングに基づく [41]。表中の記号は次の通り：

H : Harvard 天文台で発見された数、H 内 : その中の個人別発見数

P: Pickering, F: Fleming, M: Maury, C: Cannon, L: Leavitt,

他 : 他の天文台または個人による発見数

次に発見者と発見件数を眺めてみよう。表 3 は 1912 年までの変光星、特異星の発見状態を良くあらわしているが、とくに注目されるのはハーバード天文台の大きな寄与である。発見星数が全数の 50%以上を占める星種別が新星、WR 星、水素輝線星をはじめ 7 種に涉っている。ハーバード天文台内ではフレミングの発見数が他の誰よりも大きい。彼女は長周期変光星などにも寄与しているが、彼女の関心の中心はスペクトルの特異性、とくに輝線の存在であった。星雲、WR、水素輝線

星などにその特色が現われている。それに対し、キャノンとリービットはアルゴール、短周期変光星など、周期の短い星で発見数を競っている。一方、マウリーはほとんどサーベイやモニターには参加していない。これもマウリーの性格をよくあらわしている。

5.4 明るい星雲と暗い星雲

表 3 の星雲は主に惑星状星雲であるが、ピッケリングは星雲のサーベイ全般にも関心を持っており、1848 年から 1908 年までにハー

バード天文台で発見された星雲のリストを示している[42]。主な発見者と発見数、観測年度をあげると

ボンド (G.P. Bond) 15 個 (1848 – 1863)
(第2代天文台長)

ピッケリング (E. C. Pickering) 15 個
(1880 – 1887)

フレミング (W. P. Fleming) 52 個 (1888
– 1907)

その他、クーリッジ (S. Coolidge)、ウインロック (J. Winlock) ら数人による発見を含めるとハーバードでの発見数は全体で 108 個に達する。これらのうち、1894 年より前に発見された星雲は NGC カタログに含まれている。星雲は多種にわたり、散光星雲のほか渦状星雲も含まれている。ここでもフレミングの寄与の大きさが印象的である。

フレミングは明るい星雲ばかりでなく、黒いシルエットを示す星雲にも注意を向けていた。そのなかに馬頭星雲も含まれている。彼女は 1888 年 2 月 6 日にピッケリングの撮影したオリオン座 ζ 星周辺の写真乾板を検査し、いくつかの星雲をチェックしているが、その中でフレミングが No.21 とした星雲が馬頭星雲の最初の記録となっている。この星雲について彼女は

「オリオン座 ζ 星の南ほぼ 60 分角のところに広がっている星雲で、直径 5 分ほどの半円状に入り込んだ湾状構造をもっている。この星雲は良いネガ乾板だけに見られるので、乾板のテストにも適している。」

と述べている[35]。この星雲はドライヤー (J.L. E. Dryer) の非恒星状天体インデックス・カタログ (Index Catalog, 1885) に IC 434 として登録されたが、「発見はハーバード天文台で行われ、ピッケリングによって報告された」とだけ記述され発見者の名前はない。フレミングは天文台の女性計算助手とし

てまだ論文に名前が出せなかった時代であった[35]。この星雲は後にピッケリングの星雲リストに記載され、発見者はフレミングとなっている[42]。なお、この時代には馬頭星雲を暗黒星雲とするかどうかには問題が残っていた。この領域の写真観測を行っていたピッケリングの弟のウィリヤム・ピッケリングも 1895 年に馬頭星雲の湾状構造に注目しているが、暗黒部分の微光星の数密度が少ないことについて、それが吸収物質の存在によるのか、あるいはその領域で実際に微光星が少ないためか、まだ、結論できないと慎重に結論を控えている[43]。

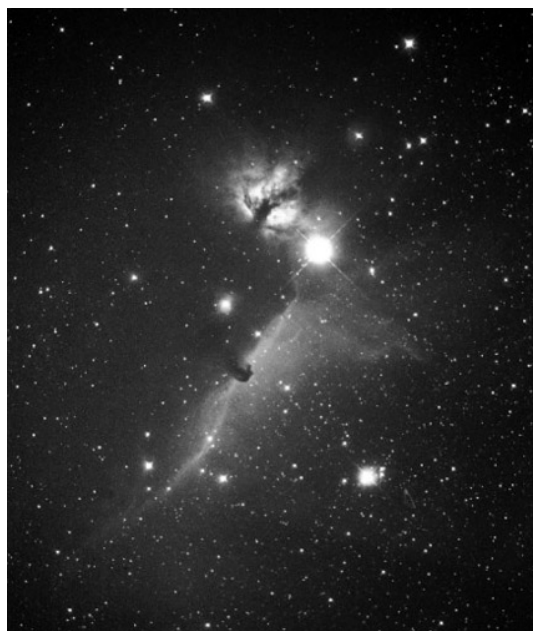


図 16 オリオン座 ζ 星と馬頭星雲 (図のほぼ中央) [44]

5.5 晩年

フレミングは精力的な観測業務のほかに、日々の生活も堪能しており、故郷を偲んでスコットランド風のバッグや人形の手芸を楽しんだり、また、運動も得意で、なかでもサッカーには自分でもチームに加わったりしたが、

ハーバード・エール大学対抗戦ではスタジオからハーバード大学の応援に熱を入れていたという。1911年5月、肺炎に罹り、半月ほどの入院で他界した。享年54は惜しまれる歳であった。一人息子のエドワードは鉱山技師として成長していった。

1906年にはアメリカ人女性として初めて英国王立天文協会の名誉会員に推薦されている。因みに王立天文協会は1824年の創立以来、女性で名誉会員に推薦されたのはキャロライン・ハーシェル (Miss Caroline Herschell, 1835年次) 以来6番目である。

文 献

- [33] Cannon, A. J., 1911, *ApJ.*, 34, 314 – 317, Williamina Paton Fleming. (追悼文)
- [34] Turner, H. H. 1912, *MNRAS*, 72, 261 – 264, Mrs. Fleming. (追悼文)
- [35] Website: She is an astronomer 2010
<http://www.sheisanastronomer.org/index.php/history/williamina-fleming>
- [36] Pickering, E. C. 1890, *Annals of Harvard College Observatory*, 27, 1 – 388, The Draper Catalogue of stellar spectra photographed with the 8-inch Bache telescope as a part of the Henry Draper Memorial. (Fleming – Pickering 分類)
- [37] Pickering, E. C. 1891, *Annals of Harvard College Observatory*, 26, 1 – 218, Preparation and discussion of the Draper Catalogue.
- [38] Pickering, E. C. aided by Fleming, W. 1897, *Annals of Harvard College Observatory*, 26, Part II, 193 – 288, Miscellaneous Investigations of the Henry Draper Memorial.
- [39] Fleming, W. P. 1907, *Annals of Harvard College Observatory*, 47, 1 – 113, A photographic study of variable stars, forming a part of the Henry Draper Memorial.
- [40] Fleming, W. P. 1912a, *Annals of Harvard College Observatory*, 47, 115 – 280, Photographic observations of variable stars during the years 1886 to 1905 forming a part of the Henry Draper memorial.
- [41] Fleming, W. P. 1912b, *Annals of Harvard College Observatory*, 56, 165 – 226, Stars with peculiar spectra.
- [42] Pickering, E. C. 1908, *Annals of Harvard College Observatory*, 60, 147 – 194, Nebulae discovered at the Harvard College Observatory.
- [43] Pickering, William H. 1895, *Annals of Harvard College Observatory*, 32, 1 – 80, Investigation in astronomical photography.
- [44] Malin, D. 1993, *A View of the Universe*, Cambridge Univ. Press, p. 85.

小暮智一 (元京都大学)