

二重星・実現連星のカタログ

石田 五郎*

1. 二重星の収集

二重星のカタログを最初に発表したのは、ウィリアム・ハーシェル、1782年のことである。フィロソフィカル・トランザクション誌第72巻に発表されたこのカタログは、総数 269 個の二重星を収め、その内 227 個はハーシェル自身の発見によるものであるが、叙述はきわめて散文的で、今日のいわゆる星表の体裁からはほど遠い。

たとえば、第 1 番の ϵ Boo (フラムスチード 36 番星) の項をみると「1779年 9 月 9 日 (多重性を発見の日付)。二重星、光度のちがい著しい。主星: 赤みがかかる。伴星: 青というよりはややライラック色。非常にきれいな。両星の空隙は、227 倍の視野では伴星の視直径の $3/4$ 倍; 460 倍では主星の $1/4$ 倍, 932 倍では主星の視直径の 2 倍; 1159 倍ではさらに離れ; 2010 倍では主星の $2/4$ 倍。これらの数字は 2 年間にわたる観測の平均値である。位置角 $31^{\circ}34'$ 、北西」と以下、発見の日付順に星がならぶが、269 番目は α Tau (フラムスチード 87 番) で、「1781 年 12 月 19 日、二重星。光度非常にちがう。主星: 赤。伴星: うす暗い。角距離 $1'27''45'''$ (ふしぎな記号である) 位置角 $52^{\circ}58'$ 、北東。460 倍ではこの星の視直径は、子午線上で $1''46'''$ 、2 個の完全な観測の平均で、この値は $6'''$ までである。932 倍では $1''12'''$ 、すばらしい観測である。8''' まで一致する。視直径はどちらの倍率でもすばらしくよくあう。」

これらの観測は、ウインザー宮近くのダジェットに大望遠鏡をすえたハーシェルの悪戦苦闘のたまものであるが、この第 1 カタログは、収集の完全を期するよりも、発表を急いだようである。また、1781 年の天王星の発見は、この二重星の掃天観測中に偶然なされたのである。

そもそも、ハーシェルの二重星観測の意図は、このカタログの直前に掲載された論文「On the Parallax of the Fixed Stars」に主張されたように、年周視差の確認にあった。この小論文には、地動説の当然の結論である視差現象の発見への悲願がはっきりと表面にうちだされている。この冒頭の一節は次の如くである。

「恒星の距離をはかるということは、いままで多くのすぐれた天文学者たちが解決しようと試みてきた問題であった。しかし結局はまだ全く闇黒をさまよっている状態である。さまざまな方法が空しくくりかえされ、そして全く大まかな数字しか結果は出ていない。つまりはっきりいえることは、恒星の距離は地球の年周軌道半径の 94 万倍の長さより小さいことはありえないということだけである。」

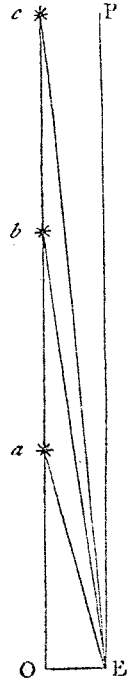
グリニッジ天文台の J. ブラドリーは、結果に及ぼす誤差を最小にするために、グリニッジの天頂を通る γ Dra を使い、位置の年周変化を検出した。1725 年 12 月 14 日に始まるこの観測は、結局は年周光行差の発見に終わった。

ハーシェルの表現によれば、視差測定に二重星を使うとしたのはロング博士 (Dr. Long 不詳) の考案で、プトレマイオスの星表から、牡羊の先頭の星 (γ Ari), カストルの頭の星 (α Gem), オリオン剣の真中の星 (θ Ori), そして乙女の胸に輝く星 (γ Vir) を使ったという。ハーシェルの考えでは

- イ) なるべく接近した星対をつかうこと
- ロ) なるべく等級差の大きい星対をえらぶこと

であった。イ) は 1 対の恒星の相対位置の値に及ぼすさまざまな誤差 (主なものは大気差) を少なくするための必須の条件であり、ロ) は等級差が距離のちがいを示すというハーシェルの根本の仮定にもとづき、相対位置変化を検出するための必要条件である。このためにカタログでは星対を 6 個のクラスにわけている。

- 第 1 クラス: すぐれた器械でやっと見分ける。 24 個
- 第 2 クラス: 目あるいはマイクのみでわかる。 38 個
- 第 3 クラス: 角距離 $5'' \sim 15''$ 46 個
- 第 4 クラス: 角距離 $15'' \sim 30''$ 44 個
- 第 5 クラス: 角距離 $30'' \sim 1'$ 51 個
- 第 6 クラス: 角距離 $1' \sim 2'$ 66 個



第 1 図

* 東京天文台岡山天体物理観測所
G. Ishida: Catalogues about the Double Stars or Binary Stars.

第1図で a, b, c の星が太陽 O から、それぞれ、1, 2, 3 の距離にあり、地球が軌道上で E まで動いたとき、星 a の視差 $\angle OaE=1''$ とすると、 b の視差は $1/2''$ 、 c の視差は $1/3''$ 、 b, c の相対視差は $1/2''-1/3''=1/6''$ になる。この距離の差が大きいほど、視差の値は大きく、したがって等級差の大きい星対を狙うようになる。

ハーシェルの第2のカタログは1785年に発表された。フィロゾフィカル・トランズアクション誌第75巻である。

ここには新に434個の星対が加えられている。第1クラスの $A\ Ori$ (フラムスチード32番): 1782年1月20日にはじまり、第6クラスのフラムスチード12番 Lac : 1783年8月18日に終わっている。

第3のカタログ補遺は、1821年王立天文学会メモワール第1巻に発表され、145の星対が追加された。

そしてこれらの結果は、ウィリアムの子ジョン・ハーシェルによってまとめられ、1867年に王立天文学会のメモワール第35巻に **Synopsis** (一覧表) として、コンパクトな形にまとめられた。

2. 実視連星系

恒星界に連星系の存在の可能性を初めて言及したのは1779年クリスチャン・マイヤーがかいた小冊子『*De novis in Coelo Sidereo Phaenominis in miris Stellarum fixarum Comitibus*』である。

W. ハーシェルは長期にわたり二重星の観測をつづけていて、カストル ($\alpha\ Gem$) を初め、いくつかの星が、年月の経過とともに位置角の変化を示すことに気がついた。

1803年にはフィロゾフィカル・トランズアクション誌に『この25年間に二重星の相対位置について起った変化について』という論文をかき、特にカストルの動きにつき、それが太陽運動の反映ではないかという仮定のもとにさまざまな検討を加えたが、2個の恒星の公転運動と考える方が妥当であると思うようになった。さらに1804年にも同誌に他の多くの星対について論じ、ますますこの考えを確信するようになった。

連星系——実視連星系の存在は、ニュートンの万有引力法則を太陽系から恒星界へと普遍化するものであり、これにより恒星の質量の計算が可能になるものである。

3. 発見目録

ウィリアム・ハーシェルの二重星観測は、だいたい1802年までになされ、1804年から1816年まではほとんど観測がない。ジョン・ハーシェルは父の遺業をつぐためジェームス・サウスの協力をあおぎ、1921年→1923年に $3\frac{3}{4}$ インチおよび5インチ口径の屈折望遠鏡により、観測をはじめた。架台は時計仕掛なしの赤道儀で、マイ

クロメーターには、平行線にクモ糸をつかったという。

ロシアのドルバト天文台長 F.G. ウィルヘルム・ストルーヴェは1813年ころより、子午儀で二重星の測定を行っていたが、まもなく小赤道儀望遠鏡を得て、観測にはげみ、1822年に発見目録『*Catalogus 795 stellarum duplicium*』を刊行した。

1824年11月、ストルーヴェはすばらしいフラウンホーファ製の9.9インチ口径屈折望遠鏡を手に入れ、筒は13フィート、運転時計の装置をもち、すばらしい偉力を発揮する器械であった。ストルーヴェの観測は3種の過程を経て行われた。

- イ) 二重星の発見
- ロ) 子午儀による位置測定
- ハ) マイクロメーターによる相対位置測定

これが **Catalogus Novus** (3110対を発見)、の3種のカタログにまとめられたのである。刊行年はそれぞれ1827年、1852年、1837年である。

ストルーヴェの発見した星対は Σ の記号がつけられている。その子オットー・ストルーヴェは1839年に設立のブルコヴォ天文台に於て、二重星を発見し、1843年に514個の星対を含む発見目録を刊行した。これは $Q\Sigma$ の記号を附し、ブルコヴォ二重星ともよばれる。

そして19世紀は、多くの二重星天文学者が輩出した。スミス、ドウズ、デムボウスキイ、スキヤパレリ、リュウイス、バーナム、etc. etc. である。

4. 総目録

1906年に出版されたバーナムの総目録の序文をよむと面白い。バーナムはアメリカの天文学者で、1873年に王立天文学会月報 (M.N. of R.A.S.) に “*Catalogue of Eighty-one Double Stars, Discovered with a Six-inch Alvan Clark Refractor*” により、二重星天文学の一時期をきざした。彼は T.W. ウェブの “*Celestial Objects for Common Telescopes*” により観測をはじめ、1870年4月に初めての二重星 ($\beta\ 40$) を発見している。ウェブの本は各星座毎に二重星、星雲、星団を並べたもので、二冊本の下巻に相当する。(これは最近ドーパー版で出版され、多くの人の目にふれているであろう)。バーナムはデャボーン、ウォッシュバーン、リック、ヤーキスの4天文台に席をおき、1910年まで観測をつづけ、1340対を発見している。

バーナムの二重星総目録は1906年に出版された。S.W. Burnham: **A General Catalogue of Double Stars, with in 121° of the North Pole** (1906, Carnegie Institution of Washington) で2冊本である。(東京大学理学部天文学教室で所蔵している。) Part I はカタログ、Part II はノートである。

カタログは赤緯 -31° までの 13665 星対を掲載している。星は赤経順に一連の番号 (BDS 番号) でならべられ、1904年までに発見の分が 1—12755 まで、1904年以後は追加 (Appendix) として 12756—13655 とナンバーがつけられる。各星対は、通し番号、発見星表番号、他のカタログ番号、赤経・赤緯 (元期1880年)、位置角、角距離、等級値測定年、観測者、ノートの順に記載される。

ノートは第一巻に記入された測定値以後のすべての観測値が掲載され、相対的運動のありさまが図示され、また軌道要素のしられた88系については、周期その他の要素の値が記入されている。このうち予備的にしる意味をもつのは 34 系で、残りの 54 系は周期すらも危い値である。「少くとも伴星が 270° 以上まわらなければ信頼のおける結果をうることは出来ない」とバーナムは序文の解説で断言している。その他、各星表間の索引もついている。

現在、二重星の名前としてつかわれている ADS 番号はエイケンの総目録での記載番号である。

Robert Grant Aitken: **New General Catalogue of Double Stars, within 120 degrees of the north pole, vols.** (1932, Carnegie Institution of Washington, publication No. 417) この 2 冊本は東京大学の中央図書館で所蔵している。

バーナムの総目録が絶版となるやいなや、バーナムはこの本で洩らした二重星の測定値、連星の軌道要素の文献の収集をはじめ、1912年にこれがフラワー天文台の E. ドゥリトル教授にうけつがれ、カードで分類された。ドゥリトルはバーナム総目録に所載の星と、それ以後に発見された星とふたつに分けて収集した。しかし1917年には彼は非常に用務多忙となり、忠実にアップデートにカード分類をすすめることが不可能になり、1919年にはエイケンに後事を託することを頼んだ。1920年ドゥリトル教授の急死の後、すべてのカードをうけとり、このふたつに分れた部分を注意ぶかく、ひとつに並べるようにし1927年までは資料を完全に収集することができた。

二重星の目録としては連星系であるべき星対をのせるべきで、これには角距離 ρ と等級 m との間にカーチスの判定式がある。

$$\log \rho = 2.5 - 0.2m$$

この判定式より大きい ρ をもつ星対はみかけの二重星として排除されなければならない。

一方、目録は過去の二重星発見の記録であり、バーナムの総目録では何の制限もおこなっていない。

それで少し寛大な判定式

$$\log \rho = 2.8 - 0.2m$$

をエイケンは採用した。

赤緯 30° 以北の 17180 個の星対は赤経 12^h で区切って

2 冊に分けている。

各星対については ADS の通し番号、BDS 番号、星名、カタログ番号、赤経・赤緯 (元期1950年および1900年の値)、ハーバード測光等級、スペクトル型 (ヘンリー・ドレーパー目録より)、発見又は最初の位置測定値、観測状況、観測者名が記載される。多重星の場合には、近接した星対から記入している。

軌道要素については一切記載していない。

バーナム、エイケンの両目録に含まれていない南天の星対についてはインネスの目録がある。

P.T.A. Innes: **Provisional Reference Catalogue of the more prominent Southern doubles.** (1899, Annals of the Royal Observatory, Cape of Good Hope, vol. II).

R.T.A. Innes: **Southern Double Star Catalogue, -19° to -90° .** (1927, Union Observatory, Johannesburg, South Africa)

5. 索引目録 (IDS)

南北両半球をカバーする総目録はまだできていない。リック天文台のジェファースは、ヨハネスバーク天文台のファン・デン・ボスと協同して、全天の索引目録をつくった。

H.M. Jeffers, W.H. van den Bos, F.M. Greeby: **Index Catalogue of Visual Double Stars, 1961.** (1963, Publications of the Lick Observatory, vol. 21) 2 vols.

第 2 次大戦後、リック天文台では1927.0年以後の二重星観測資料が IBM パンチカードで集められ、1951年エイケン教授の死後、バーナム・ドゥリトル・エイケンの原稿カードが加わり、ヨハネスバーク天文台の 95,000 の観測を記載した 18,000 枚のカードがマイクロフィルムでリック天文台によせられ、これがパンチカード化され、この IDC の材料となったのである。星対の総数は 64,247 個である。

Part I は発見目録からの索引で、発見者の省略記号一覧表、発見目録→赤経値、赤経値→発見目録番号の照合表がのっている。

Part II は赤経による索引目録である。

すべての星は赤経 (1900年元期) 値によって通しで並べられる。各星については赤経 (1900年, 2000年)、赤緯 (1900年, 2000年) 発見目録番号、多重性 (AB, AC, BC など) 最初の観測、最後の観測 (年号、位置角、角距離)、等級、スペクトル型、固有運動 (東西、南北方向、1000年当)、カタログ番号、ADS 番号がぎっしりと並んでつめこまれている。等級は明るいものは H.D. Catalogue, Albany General Catalogue その他で、暗い星は位置カタログ記載のものをフォトメトリック目盛にな

おしている。スペクトル型もさまざまなカタログから転載している。

もし測光観測あるいは分光観測で二重性がうたがわしいと思われるものがあれば、まず1900年元期に赤経値を換算してこの索引目録の Part II をさがせばよい。それが Index Catalogue たる所以である。

IDS の原稿がすっかり整ったあとジョンキアの二重星総目録が出た。

R. Jonckheere: **Catalogue général de 3350 étoiles doubles de faible éclat observées de 1906 à 1962.** (1962, Observatoire de Marseille)

これはジョンキアがその生涯の観測中に、フランスやイギリスの望遠鏡で測定した微光二重星の測定値をすべて記載したもので、一種の発見目録の如きものである。

IDS にはこの目録から転載することはできなかったが、従前 Journal des Observateurs 誌などに発表された分は収容してある。

6. 連星軌道目録

W. ハーシェルの研究から一世紀たち、いくつかの連星系はみかけの楕円を完結して描くようになると、これから幾何学的に楕円要素を決定する方法が多くの人々によって研究された。そして惑星の軌道要素と同じように直観的なキャンベル要素、あるいは楕円の長軸、短軸の方向余弦を示すティーレ・インネス要素がかなり精度よく計算されるようになった。

ファンデンボスは最初117対の軌道要素を BAN に発表した。

W.H. van den Bos: **A Table of the Orbits of Visual Binary Stars** (1926, BAN vol. 3)

またフィンゼンは144対の要素を南アフリカ連邦天文台サーキュラーに発表した。

W.S. Finsen: **Catalogue of Visual Binary Stars** (1934, U.O. Circular No. 91)

この改訂版は1938年に出て、196星対をのせ、第1目録に掲載の内、64個は改良した値とおきかえている。

年月がたち、観測がつぎつぎと先ののびるにつれて、ますます正確な軌道要素が計算されるようになる。

第2目録にはまず上に ADS (又は CPD) 星表番号、星名、下に赤経・赤緯 (1900年元期) が記される。その右は等級、スペクトル型で、ハーバード流の値を使用している。その右はキャンベル要素 ($P, e, a, w, T, n, i, \Omega$) が二段に並び、その右にティーレ・インネス流 (A, F, C, H, B, G, pL, pN) が同じく二列に並ぶ。その右に力学視差、予報位置の範囲、そして文献が記される。

クラス 1) 決定された要素

クラス 2) 信頼できる要素

クラス 3) 暫定的要素

クラス 4) 放物線軌道要素

クラス 5) 不確定要素

にわけて記載されている。

ワシントン天文台に滞在したとき、このフィンゼンの目録を使っていたら、うしろから「それはだめだ」という声がした。チャールズ E. ウォーリーであった。「何故か?」ときくと「要素の選択が悪い」という。そして「俺のカタログを使え」ともって来た。

Charles E. Worley: **A Catalog of Visual Binary Orbits** (1963, U.S. Naval Observatory, Publications, vol. 18, Part 3) である。

ウォーリーは口数は少い静かな男だが悪口は痛烈である。“Bad book” といい、“Bad Table” ときめつける。まるで Finsen が大嫌いといった口ぶりである。この目録には要素のウェイトが記してある。

ウェイト	1. 確定的	43星対
	2. 良好	71
	3. まあよい	143
	4. やや危い	167
	5. 全然だめ	93

体裁は大版で見易いという点以外、フィンゼンのと余り変わらないが、*印をつけた星対に対する巻末のノートは簡にして要を得ている。

そのウォーリーが、フィンゼンと手を組んで、新しい目録をつくった。

W.S. Finsen & C.E. Worley: **Third Catalogue of Orbits of Visual Binary Stars.** (1970, Republic Observatory, Johannesburg Circular, vol. 7, No. 129)

二人はそれぞれ別々に要素のリストから階級を定め、そして互いにリストを比較し、一致点に達したという。

さらにウォーリーが、天体物理の資料から等級・スペクトル型を補足し、フィンゼンは要素を精密に検討した。

両人がにこやかに手をにぎったのはめでたきかぎりである。

全体では696系で、795組の軌道要素が記載されている。

7. 予報位置目録

どの連星系は何年には伴星がどの位置角、角距離いくらになるかを計算してくれた便利な目録がある。

もちろん、Finsen や Worley の軌道目録には、この種の予報の計算式がでており、軌道要素を代入すればすぐに計算できるのだが、本を開いてすぐにわかるのはありがたいことである。パリ天文台の P.M. ミュレの目録である。

二重星目録一覧表

総目録		星数	刊年
W. Herschel:	Synopsis of all Measures	848 pairs	1867
F.G.W. Struve:	Catalogus Novus	3,110	1827
S.W. Burnham:	General Catalogue	13,655	1906
R.T.A. Innes:	Reference Catalogue		1899
R.G. Aitken:	New General Catalogue	17,180	1932
R.T.A. Innes:	Southern Double Star Catalogue		1927
R. Jonckheers:	Catalogue général	3,350	1961
H.M. Jeffers etc.:	Index Catalogue	64,247	1963

軌道要素目録

W.H. van den Bos:	Table of the Orbit	117	1926
W.S. Finsen:	Catalogue of Orbits	144	1934
W.S. Finsen:	Second Catalogue of Orbits	196	1938
Ch. E. Worley:	Catalog of Visual Binary Orbits	536	1963
W.S. Finsen & Ch. E. Worley:	Third Catalogue of Orbits	696	1970

位置予報目録

P.M. Muller:	Catalogue d'éphémérides	304+59	1953~54
P.M. Muller:	Second catalogue d'éphemerides	497	1964
P.M. Muller & Cl. Meyer:	Troisième catalogue	610	1969

P. Muller: **Catalogue de 304 éphémérides d'étoiles doubles** (1953, Journal de l'Observateur vol. 36)

Son supplément (1954, J.O. vol. 37) に 304 星対と 59 星対の1960年までの予報位置を発表した。

1960年~1970年の分は第2目録で

P.M. Muller et Cl. Meyer: **Second Catalogue d'éphémérides d'étoiles double** (1964, Publication dl'-Observatoire de Paris, Fasc. 22) に 497 星対につき 525 の軌道にしたがって計算してある。

1968年~1978年は第3目録で、

P.M. Muller et Cl. Meyer: **Troisième Catalogue d'éphémérides d'étoiles doubles** (1969, Publication de l'Observatoire de Paris) で 610 星対の 633 軌道が計算してある。

	5423 AGC1 = α CHA VAN DEN BOS 1960		5447 OS 156 DOMMANGET 1953		5455 DS 157 HEINTZ 1961		
1968	72.0	10.92	252.8	0.54	240.4	0.31	1968
69	70.1	11.05	251.9	0.54	237.4	0.31	69
70	68.2	11.16	251.0	0.54	234.3	0.31	70
71	66.3	11.23	250.1	0.54	231.2	0.31	71
72	64.4	11.27	249.3	0.54	228.2	0.31	72
73	62.6	11.28	248.4	0.54	225.1	0.31	73
74	60.7	11.25	247.5	0.54	222.1	0.31	74
75	58.8	11.18	246.7	0.54	219.1	0.32	75
76	56.9	11.08	245.8	0.54	216.1	0.32	76
77	55.0	10.95	244.9	0.54	213.2	0.32	77
78	53.0	10.77	244.0	0.54	210.3	0.32	78
	p= 50.090		p=1057.800		p= 265.000		

表 1 P.M. Muller et Cl. Meyer の位置予報目録

最初に記載された連星系の ADS 番号, 星名, 等級, 赤経・赤緯 (1950年元期) が赤経値の順に列挙され, 次に予報位置がのるが, 周期の長い系では1年毎の周期の短い系では0.5年毎の値が記載されている。

例えばシリウス (αCMa, ADS 5423) では, 表1に示すように左から t (年), θ (位置角), ρ (角距離) の順に記載されていて, ひとめで, ここ 2, 3 年がシリウス伴星の観測には好都合な時期であることがわかる。

計算はすべて位置角は 0°1, 角距離は 0°01 までおこなわれている。

8. さいごに

二重星, 連星の区別は, 英語では double stars, binary stars と一応区別しているようだが, 必ずしも厳密ではない。近頃では, 軌道運動は示さなくても, 共通の固有運動をもつものは連星系と考えている。

フランス語では étoiles doubles で, binaires という言葉は食連星の方以外ではあまり使わない。

ドイツ語では Doppelsterne ただ一語しかないので問題は無い。