

## 第1章—諸準備

### 観測プログラムの立案前に一言

本説明書の目的は利用者に変光星観測の行い方と観測データをAAVSO国際データベースに組み込む為に報告する為のやり方の指針を提供する事にある。本説明書に加えて、新会員パッケージとAAVSOウェブサイト (<http://www.aavso.org>)の「新たに観測を始める方へ(New Observers)」のコーナーには他にも有益な情報がある。どうかこうした資料を注意深く読んで頂きたい。それにどの段階にあっても、もし観測者に疑問が湧けばAAVSOに遠慮なく連絡を取って貰いたい。

### 観測プログラム立案について

観測者がどの変光星を継続的に追跡したいのかとか観測に必要な装備品を集める事とか観測地を選ぶ事とか、いつ、かつどれだけの頻度で観測すればよいのかと言う事を念頭に入れて観測計画を立案すると必ずその立案は成功する。観測者は、自身の個人的な興味、経験、装備品、と観測地の状況に適合した観測プログラムを確立することが求められる。例えば仮に一ヶ月にほんの一つの観測結果しか報告しなかったとしても、観測者は、変光星天文学の分野に重要な寄与をしている事になるし、その観測者が成し遂げた知識に満足を感じる事ができる。

### AAVSOからの支援

時には、実地訓練の代用がない場合がある。新規に観測を開始しようとしている観測者の要請に更に応える意味で、AAVSOは、助言プログラムというものを設定している。そのプログラムでは、新規の観測者をできるだけ地理的に近い経験ある観測者に引き合わせる。このプログラムに関する情報は新会員パッケージに紹介されている。

新規の観測者並びに経験ある観測者向けの別の情報源として、「AAVSO討論(Discussion)」グループがある。このグループは、電子メールを基本にしたフォーラムで、そこでは、観測者は疑問に思った事を投稿したり、コメントをだす事が出来る。他のAAVSO会員並びに観測者はそうした質問に回答できる。このサービスに関する情報も又新会員パッケージに載っているし、又AAVSOのウェブサイトで紹介されている。

変光星観測はこの説明書で概説しているように簡単そうに聞こえるかも知れないが、初心者にとってその行程は非常に挑戦心のいるもので、時には不可能に思える。それが普通なのです!我々はそれを特に主張したい。と言うのは、多くの新

規観測者は、最初にこの困難に出会って失望し、事態は改善しないであろうと信じてしまう。我々はそうした新規観測者に向かって言いたい事は、安心して貰いたい、事態は全く改善する。ほんの少し実践が必要なのである。



オーストリアのAAVSO観測者ピーター ラインハードによって組織された“Astronomische Jugendclub”の会員面々

### どの変光星を観測対象にするか?

新規眼視観測者には、新会員パッケージに掲載されている(AAVSOウェブサイトにも転載されている)「簡単変光星(Stars Easy to Observe)」表から変光星を選んで観測を始める事を強く勧める。この表には世界中のどの場所からでもそして年間を通した様々な季節で見ることが出来る変光星が含まれている。だから、観測者は、観測場所、所持装置、そうして観測しようとする月に最も適合する変光星を消去法で選ぶ事ができる。双眼鏡を使用する眼視観測者向けには別途表が用意されている。観測者が観測しようとする変光星が周極星でない限り、季節が移り変わるに従い、又は観測者が観測していた変光星が夜に地平線から消えてしまうに伴い、観測者は、自身のプログラムに更に観測対象変光星を追加する必要が出てくるであろう。

### 観測プログラムの拡大

観測者が経験を積み、かつ自身の変光星研究に馴染んできたと感じると、その観測者は、恐らく「簡単変光星」表以外の変光星を更に観測対象にしたいと言う意欲が出て来る。例えば、「AAVSO会報(Bulletin)」に載っている長周期変光星をもっと観測する事が考えられる。

長周期変光星を観測するには、長期間観測する事が求められる。またしばしば、Alert Notice と MyNewsFlash の中で特別な観測が依頼される事がある。これらは、他の更に専門的な観測プロジェクトと同様にAAVSOウェブサイトの「観測活動(Observing Campaigns)」にリスト化されている。



変光星観測者メリー グレノン(観測機材7x50双眼鏡と伴に)

観測者が自身の観測計画を立案し、その後拡張する為に考慮しなければならない留意点を述べると：

**観測地点の地形** — 観測者の観測計画の規模は観測者がそこをどれだけの頻度で利用するかどうかと言う事と共に観測場所の位置と地形によって左右される。

**観測地の天候** — 観測地の天候が良好であればあるほど毎晩観測が必要な変光星を追跡するのがより賢明である。例えば激変光星とかかんむり座R星型変光星である。(変光星のタイプに関する情報は、この説明書の第3章に記載されている。)もし観測地点の晴天率が時間にして20%以下であるならば、ゆっくり変光する長周期星のような変光星を観測する事が勧められる。こうしたタイプの変光星の観測は、1ヶ月に一度の観測でも意味がある。

**光害** — 観測地点の光害の程度により、観測しようとする変光星の選択が大きく影響される。市街地に在住する観測者には明るい変光星の観測に専念するように助言する。夜空が暗い地域の観測者には、観測者が所持する器材の性能の限界に近い暗い変光星を追跡する事が勧められる。最も熱心なAAVSO観測者の中に、非常に光害が強い状況下で観測している者がいる。

### 観測地点の状況

遠方で暗い空の観測地点は決して眼視による変光星観測に必要なものではない。1ヶ月に蓄積される観測数が観測者の家と観測地点間の距離に反比例するという格言は今もなお生きている。もしも観測者が1週間当たりに数夜間、普通程度の光害に汚染されている裏庭で観測するのであれば、実際そうした観測は片道2時間掛けて僻地の観測地点に行き1ヶ月に一度しか観測しなくてほんの数個の観測結果しか得られない事より、実りがあり、かつ観測を楽しむ事を証明するであろう。成功裏に変光星を観測するには、何にもまして観測計画を観測地点と装備品に合わせる事が重要である。AAVSOを先導している観測者達の多くが現在都市部に居住していて、そこから観測している事を心に留める事には意味がある。

### 更に経験を積むと・・・

経験を積んだ変光星観測者は朝焼け又は夕焼けの薄明時のみに観測を行おうと考えるかも知れない。こうした時間帯の観測は特に貴重である。なぜなら、薄明時の観測には困難がある為、変光星が空白季節に入るか又はそこから出て来ると言う時期は、観測数が少なくなるからである。空白季節は、数ヶ月に及ぶ場合があり、その時期、恒星は昼間の時間帯にのみ水平線上にある。真夜中と夜明けの間の時間に東の空に位置する変光星を観測する事も又特別な価値がある。と言うのも、殆どの観測者は夜半以前に活動していて、その時には、これらの変光星は未だ空に昇ってきていないからである。



ハルダム メナリは市街で変光星観測をしている

## 必要器材

### 光学機器

好奇心、忍耐、そして適切な光学機器が揃って初めて、変光星観測は成功する。明るい変光星には品質の高い双眼鏡、時には肉眼のみで十分であるが、暗い変光星には持ち運びができるか、固定された望遠鏡が必要になる。光学機器に関する情報の多くは雑誌とかウェブサイトで得られる(これらの情報源の多くは付録3に掲載されている)。

**双眼鏡**—初心者には、経験のある観測者も同様、双眼鏡は優れた観測機器である。双眼鏡は持ち運びでき、かつ使いやすい。そして更には比較的広視野が得られる。広視野が得られる事で、目的の変光星付近の視野を特定する事がより簡単になる。高品質の双眼鏡を使えばかなりの事ができる。一般的には、手持ちの7×50ないしは10×50級の双眼鏡が変光星観測にうってつけである。高倍率双眼鏡もまた優れた働きをするが、通常架台に固定して使用される。

**望遠鏡**—変光星観測に「うってつけ」の望遠鏡というものはない。望遠鏡各種にはそれぞれに特化した利便性がある。変光星観測者は、いずれの製品、型式のもの、そしていずれの入手可能な型の望遠鏡を使用しても良い。だから、観測者が使用している望遠鏡が最善のものであると言える。変光星観測者の間で最も一般的な望遠鏡は短焦点(口径比:f/4-f/8)でニュートン式の反射望遠鏡である。そしてこれらの口径は、15cmないしはそれ以上のものである。口径が15cmないしそれ以上で短焦点のニュートン式の反射望遠鏡は、他のタイプのものとは比べて価格が非常に安く、組み立てが簡単である。近年、かさばらないデザインの理由からシュミット-カセグレン式又はマクストフ式望遠鏡が初心者向けにも経験ある観測者にもかなりの人気を得ている。

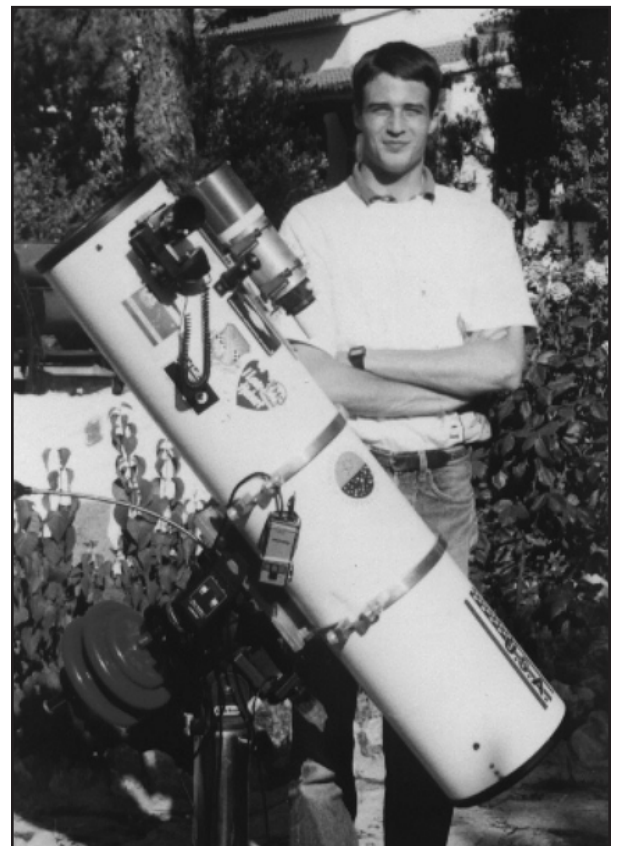
**ファインダー**—観測者の望遠鏡に目的の変光星を特定する為に空の一角を見つける器材が装備されている事は最良である。標準的なファインダー望遠鏡ないし、目盛環(通常のものないしはデジタル表示のもの)、又は等倍の導入装置が常に変光星観測において使用される。どのタイプのファインダーを選ぶかは観測者の間で分かれる。だから、勧められる事は、もしも観測者が既にこれらのシステムの内いずれかを所持しているのであれば、少なくとも暫くの間は、それを使用する事である。

**接眼鏡**—低倍率で広視野用接眼鏡が一個あれば、それは様々な変光星の位置を特定するのに

非常に役に立つ。又それは、観測者ができるだけ多くの比較星を同一視野に導入する事も可能にする。

高倍率は、観測者が所有する望遠鏡の極限等級に近い暗い変光星を観測しようとしないうち又は恒星が緻密に分布している視野を観測しようとしないうち不用である。観測者が必要とする最適なサイズと倍率を持った接眼鏡は、観測者が使用する望遠鏡のサイズと型に依存する。推奨される事は、2、3個の接眼鏡を所持する事である。それらの内の1個は低倍率(20倍から70倍)であった方がよい。これを使って明るい変光星を見つけて観測を行う。他の接眼鏡は低光度の変光星を観測する目的で高倍率のものとしておくとうちが良いだろう。高品質の接眼鏡(特に高倍率のもの)はより良い恒星像をもたらす、結果として低光度の変光星を見やすくする。又良質で、色収差がない、2倍ないしは3倍のバーローレンズを持っておくとうちである。(接眼鏡に関する更なる情報は次のコラムの内容を参照して欲しい。)

**架台**—変光星観測では、架台は赤道儀であっても経緯儀であっても構わない。架台に重要な事は安定性である。安定であれば恒星像が振動で揺れる事が少ない。更には、円滑に回転出来れば、



ニコラス オリバはニュートン式の反射望遠鏡で変光星観測をしている

## AAVSO会員であり、かつ観測者でもあるカール フィーラーからの接眼鏡に関する談話

基本的となる接眼鏡の要素を理解することは、どれだけの大きさの視野の星図を選べばよいのかとか、見ようとすることを期待通りに見る事ができるのかどうかとか、そして、観測者当事者が所有する機器を最大限活用できるかどうかとか言った事に非常に役に立つ。こういった件に関する非常に重要な考察を短いながらも以下に述べる。

**アイリリーフ** アイリリーフとは、目に全視野が入りかつ焦点を結ぶ接眼鏡と目の距離の事である。一般的には、接眼鏡が高倍率用に成ればなるほど、観測者が覗くのに必要な射出径はより小さくなり、かつ観測者は自身の目をより接眼鏡に近づけなければならない。接眼鏡の設計上ないしは倍率の関係からそうした接眼鏡に目を近づけなければならないと言う事は、特に眼鏡をかけている観測者にとっては問題になる。又こうした事から、満足のいく視界を得る為に観測者は目を接眼鏡に近づけすぎて、まつ毛が接眼鏡に当たってしまうと言う不便が生じる。しかし、観測者が接眼鏡から目を数ミリメートル(例えば、8~20mm)離してかつ焦点を目に合わせ全視野も目に入れる事が出来る「長距離」のアイリリーフを持った接眼鏡が市場にはある。幸運にも、これらは、こうした要請に合致するような構造をした接眼鏡である。

**視野** 視野には二種類ある。一つは実視野(TF)であり、もう一つは見かけの視野(AF)である。実視野とは光学機器を通して観測者が見る事の出来る空の角距離の事である。実視野は、現に装着される接眼鏡によって得られる倍率の程度に依存する。裸眼(この場合倍率は1倍である)で見る事が出来る角度は実視野の一例である。見かけの視野とは、接眼鏡単体で得られる角距離の事である。そして、これは、接眼鏡レンズの直径に依存する。テレビ画面のフレームはこの見かけの視野の一例である。

一般に、実験的に実視野を見積もる方法は、視野内にある恒星が横切る時間を測定する事である。この方法は「追加観測助言」(11ページ)に紹介されている。もしも観測者が既に接眼鏡の見かけの視野と倍率(M)が分かっているのであれば、次式によって実視野を見積もる事ができる:

$$TF = AF/M$$

例えば、見かけの視野が50度で倍率が40倍の接眼鏡については、上式から、実視野は1.25度と算出される。この視野は、ほぼ満月の直径の2.5倍に当たる。

**射出瞳** 射出瞳とは目に入る光束の大きさの事である。観測者の瞳径により、射出瞳の実効的な大きさは制限される。もしも射出瞳の直径が約7mm以上であれば、伝搬する光のある部分は「無駄に」なる。と言うのは、7mmと言うのは、若くて、健康な人間が暗闇に十分慣れた場合の瞳径のほぼ最大径であるからである。又射出瞳が約2mmよ

り小さいのであれば、目に入射する光は余りにも少なすぎるから、元々余り明るくない恒星の光度は正確にその光度を反映しないかも知れない。観測者が手元の接眼鏡の焦点距離(FL)と観測者が所持する望遠鏡の口径比(FR)を知っているのであれば、射出瞳(EP)は次式によって算出できる:

$$EP = FL/FR$$

例えば、ある接眼鏡の焦点距離が25mmであり、それが、口径比10の望遠鏡に装着されているとするとその射出瞳は2.5mmになる。口径比、FR、は望遠鏡の焦点距離(mm単位)を口径(mm単位)で割れば算出できる。

倍率を上げる事に拠るコントラストの増大— 接眼鏡の倍率が増大にするにつれて、観測者の目に入射する光量は減少する。しかしながら、適当な範囲で倍率を上げるとしばしば、恒星対背景の空のコントラストが増大する事が見られる。この効果はしばしば普通程度の光害が存在する空で比較法による光度を推定する場合に利用される。例えば、しばしば認められる事は、10x50mmの双眼鏡は少し光害を被っている空では7x50mmの双眼鏡より優っている。同様の事が望遠鏡についても言える。例えば、20倍から40倍と言う、低倍率から中程度の倍率に倍率を上げると極限等級に近い状況下ではより良い視界が得られるであろう。

**同一点焦点接眼鏡** 同一構造で、同一メーカーから供給されている接眼鏡群はしばしば、焦点位置を再調整する事無しに各接眼鏡を交換できる。こうした特性がある事は使い勝手が良い。混在した一群の接眼鏡を同一点焦点にする事もしばしば可能である。そうするには、接眼鏡の鏡筒側にプラスチックでできたO-リングないしはスペーサを嵌めればよい。

**接眼鏡の構造** 接眼鏡には様々のタイプの構造がある。古いタイプは二枚のレンズ構造をしているが、新しいものでは、八枚のレンズから構成されている。あるタイプは低倍率から中程度の倍率の範囲で最も良く性能を発揮し、他のタイプは、低倍率から高倍率までの全領域を網羅する。「正しい」接眼鏡を選ぶと言う事は、観測者の観測対象にも拠るし、観測者が必要とする倍率にも依存する。また分解能にも依存するし、視野にも依存する。はたまた観測者が目的とする接眼鏡にどれだけ出費できるかにも拠る。アイリリーフ、見かけの視野、そして価格の観点から見た通常タイプの接眼鏡の大まかな比較を以下に示す。

	アイリリーフ ケルナに対して	見かけの視野 (度)	価格 ケルナに対して
ケルナ	短い	36~45	低価格
オルソスコピック	中程度	40~50	中価格
プレッセル	中程度	48~52	中価格
エルフ	長い	60~70	中価格
「超広角」	長い	52~85	非常に高価

恒星間の移動が楽である。追尾系があれば、高倍率を使用している場合便利であるが、多くの観測者は追尾系無しで観測している。

### 星図

星図が一冊あるか縮小版のそうした類の星野地図があれば、星座を学ぶ場合とか変光星が存在する空の部分を見つける場合とかに大いに役立つ。AAVSO版変光星用星図(the AAVSO Variable Star Atlas)は特に変光星位置を特定する目的で作成されている。加えて、数種類の他の星図を、観測者の目的とか嗜好に基づいて選択できる。これらの多くは「読んでおくべき書物」の項の付録3に表として掲載されている。

### AAVSO変光星領域星図

一旦観測者が、目的の変光星が位置する領域を特定できたのなら、その変光星を特定し光度を見積もる為に様々の尺度のAAVSO変光星領域星図が必要になる。ここに続く2ページには、例となる星図を用いながら、一般的なAAVSO変光星領域星図について詳しく説明されている。こうした星図は、AAVSOのサイトからダウンロードできるし、必要ならば、僅かな費用でAAVSO本部から取り寄せる事が出来る。

### 時計

観測者は、暗闇で時計を見る必要があるし、その時計の精度は殆どの変光星に対して二分以内である必要がある。特別なタイプの変光星(食連星、フレア変光星、こと座RR型変光星等)に対しては、時計の精度は数秒以内である必要がある。

現在、日本で受信可能な電波時計信号の周波数は長波で40kHz と 60kHz の二波のみである。

### 記録の保存方法

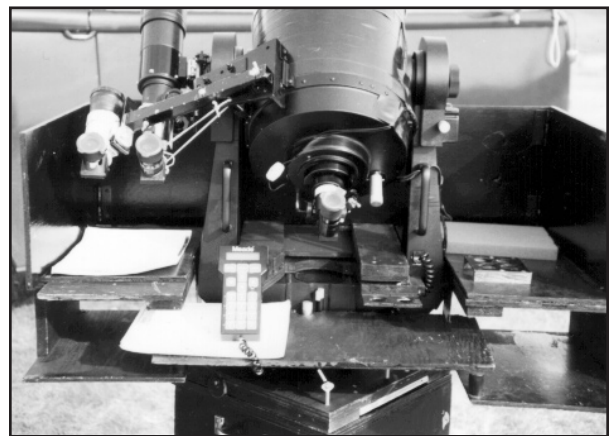
効果的な記録保存が必要である。その為に観測者達は色々工夫している。ある観測者は一晩の全観測結果を一冊の記録帳に付け、その後、各変光星についてそれぞれのデータシートに記録を写している。又別の観測者は各観測毎に各変光星別に記録を付けている。更に別の観測者は、観測結果を直接コンピュータに入力している。どのような保存方法であれ、変光星観測者は、前の光度測定に影響を受けてはならない。精度の点に重点をおいて注意深く記録は検査されるべきである。

### 観測用物置台

大抵の観測者は、星図とか記録用紙とか他の機器を置く為に机かテーブルを使っている。そして多くの観測者は又風除けと露除けにそれらの上に遮蔽物が覆いを作っている。赤色を発するライトは、夜間観測中に観測者の目に悪影響を与えないので、星図を照らす場合に有用である。下の写真に示されているように、長年に亘り、AAVSO観測者はこうした問題に創造的な工夫を凝らして解決して来ている。



エド ハルバックの観測用台車



ジャック ノービィの「回転式ワークステーション」

## AAVSO変光星星図

いずれの変光星を特定する事は、技に通じた代物である。観測者を手助けする目的で、AAVSO変光星星図が用意されている。これらの星図には、十分な決定がなされた一連の眼視等級値が示された比較星が記載されている。AAVSOとしては、観測者にこうしたAAVSOが用意した星図を使用する事を勧める。そうすれば、同じ比較星に対して光度値が異なって表示されている異なった星図を使用した場合に生じる矛盾を防ぐ事が出来る。もし、こうした混在した星図を使用すると、同一夜で同一変光星の光度を測定する場合に二つの異なった光度値が観測される事になる。

標準的なAAVSO星図の大きさは、幅8-1/2インチ(216mm)、縦11インチ(280mm)で、表示されている領域は「a」星図で、1ミリに付き5分角から、「g」星図では、1ミリに付き2.5秒角まであり、その差は120倍である。特定の観測目的に使用する星図の大きさは観測機器に依存する。下表の1.1にその粗ましを挙げる：

表1.1 — 星図の大きさ

	角度/mm	表示範囲	適用機器
a	5分角	15度	双眼鏡／ファインダー
ab	2.5分角	7.5度	双眼鏡／ファインダー
b	1分角	3度	小望遠鏡
c	40秒角	2度	7~10センチ望遠鏡
d	20秒角	1度	10センチ以上の望遠鏡
e	10秒角	30分	大口径望遠鏡
f	5秒角	15分	大口径望遠鏡
g	2.5秒角	7.5分	大口径望遠鏡

決ページの図1.1はラベル表示された典型的なAAVSO星図の一つである。各星図の見出しには幾つかの情報が含まれている。例えば変光星の呼称(この項目については17-18ページを参照)とか星図の大きさを示すアルファベットとか、変光星名である。変光星の呼称の下には、変光範囲、変光周期、変光星のタイプ、そして変光星のスペクトル型が記載されている。変光星の座標は2000年分点のもの(別の場合には、1900年分点であったり1950年分点であったりする)が、変光星名の下に表示されている。赤経座標は頭から時間、分、秒で表示され、赤緯は、頭から度、分、そして小数第1位の分が表わされている。最後に

その星図が更新された日にちが右上肩に示されていて、そのすぐ下にはその星図の尺度を表す、1mm当たりの秒角又は分角度値が示されている。古い星図の多くはこうした情報が異なった形式で表示されているか又は一部分しか含んでいない。AAVSO星図では、恒星は白の背景に黒い点で表されている。そして、その点の大きさは特に比較星については、明るさの程度に応じて変わっている。しかし、当然の事ながら、望遠鏡を通しては、恒星というものは点にしか見えない。「a」と「b」星図以外では、変光星は一般に視界の中心に位置している。そうして下図で示す印で、表示されている：

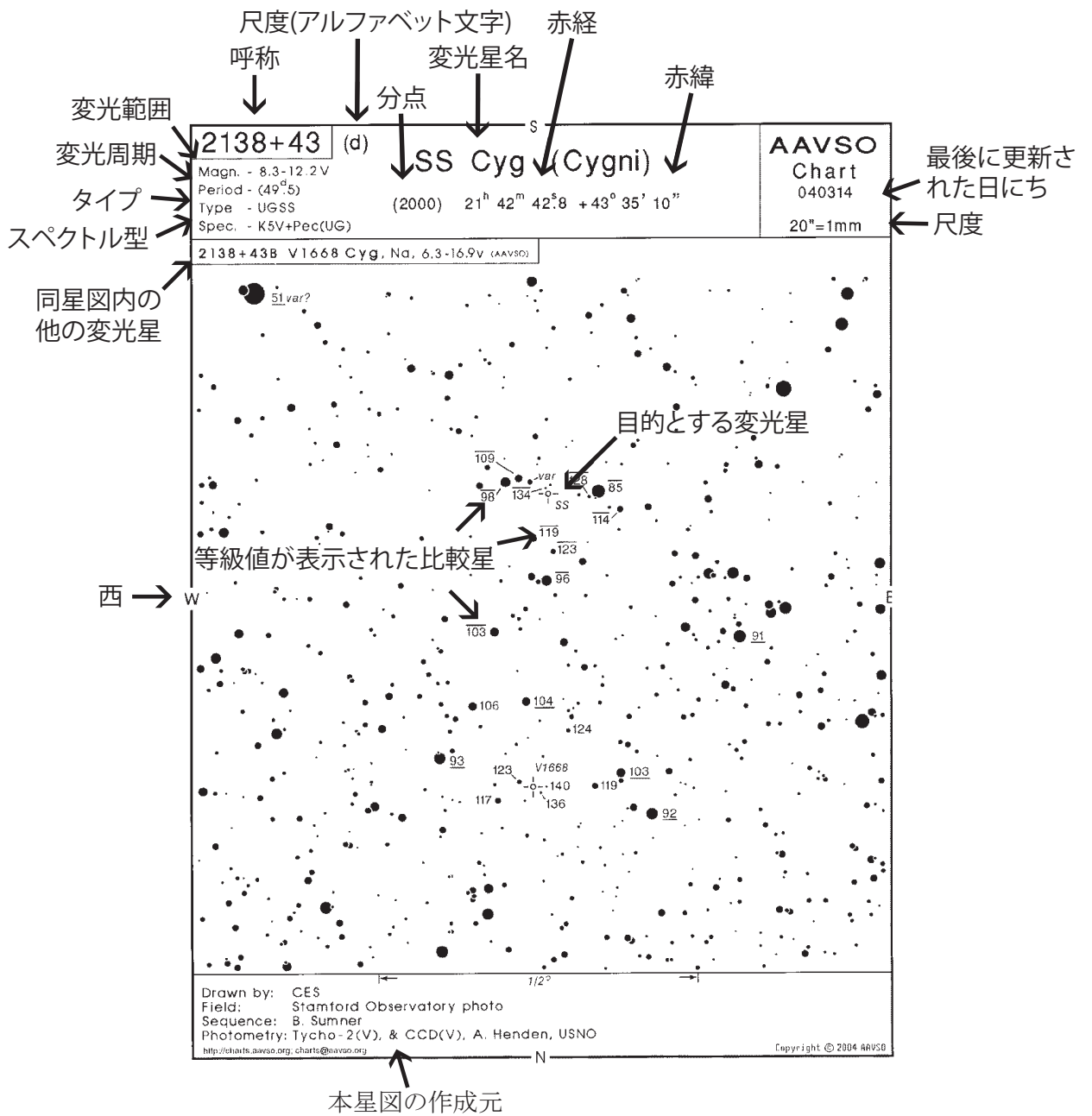


古い星図の中には、変光星は単なる丸印で示されていて、中にはその丸印の中に点が示されている。殆どの場合そうであるが、AAVSO計画の中で一つ以上の変光星が同一星図に存在する場合は、各変光星に対してそれぞれ見出しが追加されている。

変光星周辺には光度が一定の比較星と言う恒星が幾つか存在している。これらは、目的の変光星の明るさを決定する時に使用される。こうした比較星は、それらの等級から見分ける事が出来る。こうした等級は等級値の少数第1位までの近似値で示されている。この場合小数点は、恒星と見分けづらいので省略されている。例えば、光度「8.6」等級値は、星図上では「86」として表記されている。この数値は出来る限りその比較星の右側に表記されているが、他の場合は、比較星を表す点と数値が線で結ばれている。

標準AAVSO星図に加えて、奇数回反射を繰り返す望遠鏡に見られる(天頂プリズムが装着されているシュミット-カセグレン式か屈折望遠鏡に見られるような場合には)西と東が逆になっている鏡像表示星図も用意されているし、広い視野を示す4インチ x 5インチ (101mm x 127mm) 大のファインダー用星図も用意されている。又食連星観測用、こと座RR型変光星用、光電測光用ないしはCCD装置使用の観測者向けの特殊目的星図も用意されている。

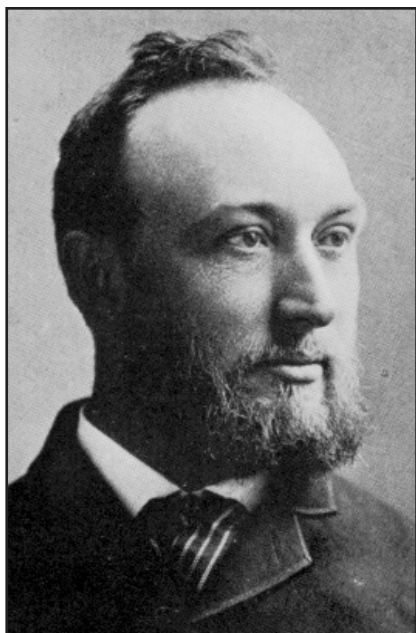
図1.1 - AAVSO星図の例



AAVSO星図は、全て、オンライン星図検索エンジン (<http://www.aavso.org/observing/charts>) を通じて入手可能である。紙に印刷された星図は、要請があれば、AAVSO本部から入手できる。

## 初期の変光星星図とはどう言ったものであったかというと……

1890年代半ばに、ハーバード大学天文台長であったエドワード C ピッカリングは、観測の質を保ちつつ、かつ一貫性を確保しつつ変光星観測に更にもっと多くのアマチュアが参加できるようにする為の鍵は、光度値が確定された一連の標準となる比較星を用意する事であると気付いた。観測初心者にとっては、こうした手法は、ウィリアム ハーシェルが生み出し、アルゲランダにより推奨され、改良された手法である非能率的なものに従うより変光星観測をより簡単なものにした。このピッカリングが生み出した手法は、光度曲線を導き出す為の骨の折れる換算をより楽にした。



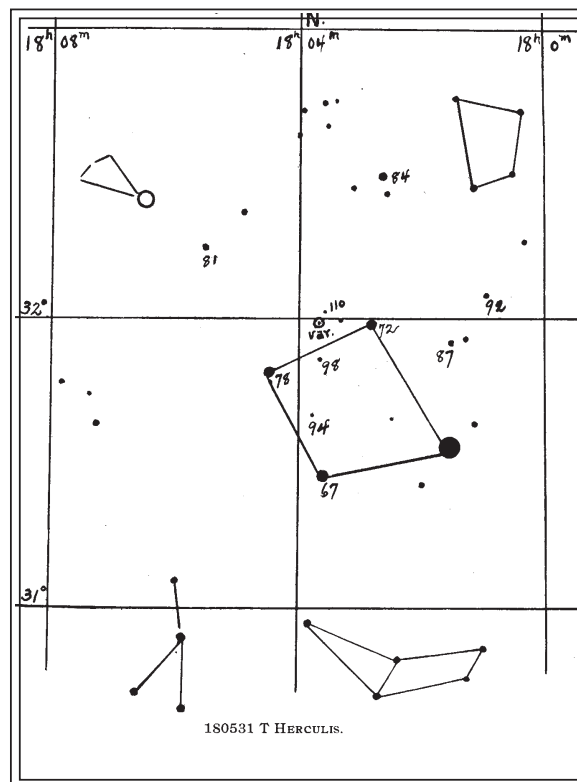
エドワード C ピッカリング

ピッカリングと後にAAVSOを共同設立したウィリアム タイラ オルコットは、変光星観測者に変光星とそれらの比較星を直接描き込んだ一連の星図を提供し始めた。これらの星図は、ドイツのボン詳図をなぞって作成され、比較星はアルファベット (a, b, 等) で表記された。

1906年に、ピッカリングは彼が考案した星図形式に主要な変更を加えた。それは、変光星観測の進歩の中で使い続けられている。彼の手法は今では写真技術を使って得られた星図上に直接一連の比較星の光度を入力する方法になっている。変光星観測は変光星の光度より明るい比較星と暗い比較星とを直接比べてその光度が決定されている。つまり、観測対象である変光星の光度が与えられた比較星の光度に一致していればその光度が変光星の光度になり、異なっていれば、比較星の光度から補間して変光星の光度を決定する。これは、今日、一般的に使用されている方法である。



ウィリアム タイラ オルコット



E. C. ピッカリングにより作成された初期の変光星星図の一例。この星図は、1911年に一般向け天文記事「小望遠鏡を使ったアマチュアの為の変光星観測」に使用された。