

電 波 太 陽 写 真

柴 崎 清 登*・石 黒 正 人*

緩 目 信 三*・田 中 春 夫*

1. はじめに

太陽電波は 1942 年に、ヘイ (J.S. Hey) によって発見された。当時は分解能の悪い 1 つのアンテナによる観測であったが、1953 年に、日本とオーストラリアで独立に多素子電波干渉計が作られ、太陽の東西方向の電波強度分布が観測されるようになった。その後分解能がどんどん改良され、現在では東西方向の分解能は $0.4'$ にまでなっている。一方太陽の電波強度分布を 2 次元の図形として観測する電波太陽写真儀は、1958 年にオーストラリアのシドニーで作られた (波長 21 cm, 分解能 $2.3'$)。その後アメリカのスタンフォード (9.1 cm, $3.0'$)、日本の豊川 (3 cm, $1.5'$)、オーストラリアのカルグーラ (1.9 m, $1.5'$; 3.8 m, $3'$; 7.5 m, $6'$)、そして最近では豊川 (8 cm, $1.5'$) に、次々と電波写真儀が作られた。しかし、シドニーでは宇宙電波に重点をおいた改造をして太陽の観測は 1973 年末で中断し、またスタンフォードでは 1973 年 8 月末で観測を中止したため、現在マイクロ波領域での電波太陽写真儀は、豊川にある 2 台だけとなっている。

このほかに、大口径のパラボラアンテナを太陽に向け短い波長で高分解能、高感度の観測がなされ、鮮明な写真をとった例はあるが、太陽の観測に割り当てられる時間が極めて制限されている。刻々変化する太陽の活動域、さらには太陽面爆発を観測するためには、どうしても連続観測が必要である。

2. 電波太陽写真儀のしくみ

豊川では 1969 年に波長 3 cm の電波太陽写真儀を作り、以来ずっと観測を続けている。これに加えてこのたび、波長 8 cm の写真儀ができ、今年の 6 月から写真がとれるようになった。分解能は波長 3 cm のと同じであるが、いろいろな種類の観測ができる能力はずっと大きい。この写真儀は、図 1 の様に直径 3 m のパラボラアンテナを東西 213 m にわたって 32 個、南北 107 m にわたって 16 個、T 字型に配置したものである。各アンテナから入った電波を、導波管によって東西・南北そ

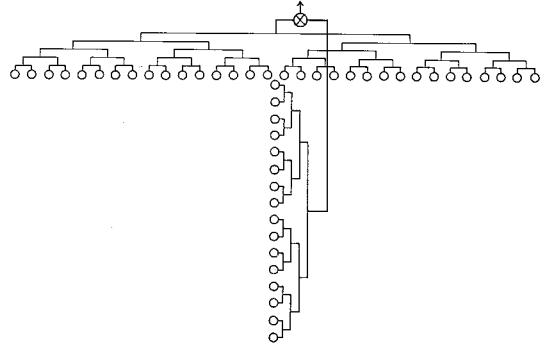


図 1 電波太陽写真儀のアンテナ配列

れぞれ別々に加え合わせ、T字のつけ根でこれら 2 つの出力を掛け合わせる。そうすると、直径 107 m の大きなパラボラと同じ位鋭い指向性ができる。この指向性のビームの幅は、天頂付近で $1.5'$ で、太陽が南中からずれたり、冬になって高度が低くなると、指向性が鈍くなる。この指向性のビームは、東西および南北の各アンテナにつけられた回転移相器を回すことによって動かすことができる。そこで予め用意したプログラムに従ってこれらを回すと、任意の速さでテレビのように太陽面を走査することができる。太陽全面を走査するのに必要な時間がシャッタースピードに相当する。この写真儀には、40 秒、3 分、20 分の 3 つのシャッタースピードが用意されている。太陽面で速く変化する現象を捉えるためにはシャッタースピードを速くしなければならない。しかし一方、シャッタースピードを速くすると感度が悪くなる。そのため、目的に応じて最適のシャッタースピードを選択する必要がある。

このように、太陽面を鋭い指向性のビームで走査し、太陽面の電波強度分布を、次に述べる現象過程を経て、視覚に訴える様に電波写真として表示する。或いは時により等高線式の電波地図として表示することもある。

3. 電波太陽写真の現像過程

太陽面を鋭い指向性のビームで走査するとき、受信機の出力を刻々デジタル符号に変換して計算機にとり込む。掛け算の写真儀では、1 走査線ごとに出力の符号が反転する性質があるため、図 2-a のように、山が上に出たり下に出たりする。この例ではシャッタースピード

* 名古屋大学空電研究所

K. Shibasaki, M. Ishiguro, S. Énomé, H. Tanaka:
Radioheliogram

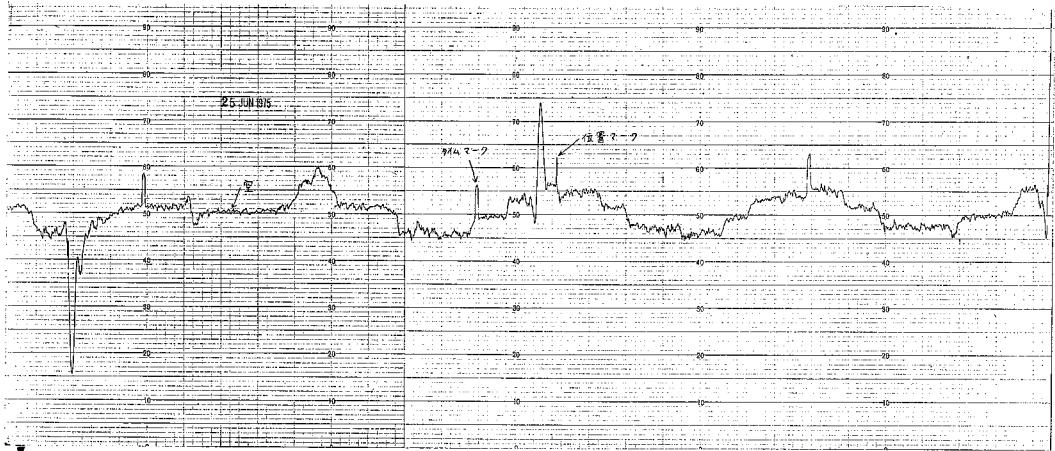


図 2 a. 生データのチャートレコード

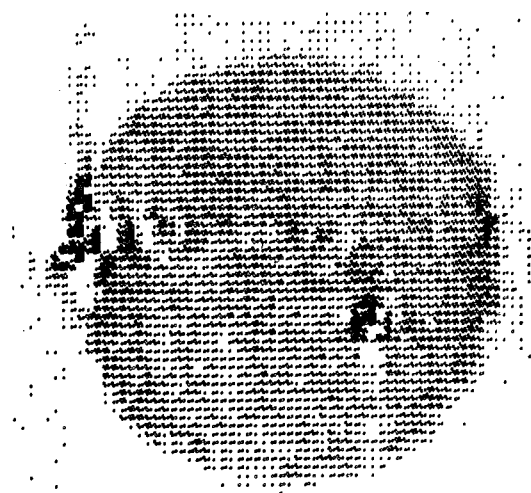


図 2 b. 並べかえを行なった段階の写真

は 20 分で、「飛び越し走査」と呼ぶ方法を用いている (図 3)。東西 1 走査の間南北を約 8 走査し、東西 8 走査で太陽全面を走査する方式である。計算機にとり込まれたデータから先ず空のレベルを決め、反転している符号をもとに戻し、飛び越し走査から逐次走査への並べ換えを行う。この段階の電波写真が 図 2-b である。北側の空が明るくなっているのは、東西と南北の導波管の長さが僅か数 mm 異っていたためである。これを計算機で修正し、受信機の雑音を取り除いたものが、表紙左上図である。

写真儀の指向性は表紙左下図に示すように、主ビームの近くにかかなり大きなサイドローブができる。そのため、太陽の東縁と西南にある高い山を中心に、十字形に明るい所と暗い所が交互に見えている。この段階での分解能は 1.5' で、細かい構造を見るにはこの段階の電波写真がよい。サイドローブがじゃまであったり、大きな

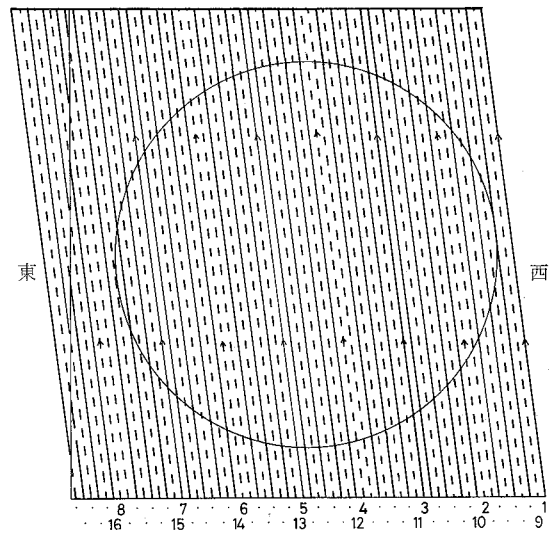


図 3 太陽面走査の順序。実線は正、破線は負のビーム。

構造を見たい場合には、計算機処理によってこれを小さくすることができる。ただし分解能は 3 分の 2 に落ちる (表紙右下図)。この処理を行ったものが表紙右上図である。アルバムの 3, 4 も、この処理が加えられている。アンテナの配置や回転移相器が完全であれば、この処理によってサイドローブの影響はほとんど消えるはずであるが、現状ではまだ不備な点が残っている。これを完全にするには、位相角を 3 度以下、つまり導波管の長さにして 1 mm 以下の誤差にする必要があり、容易でない。

次に太陽面の各点の電波強度を加えたものが、同じ波長で別に観測した絶対強度測定値と等しくなるようにデータを正規化し、磁気ディスクや磁気テープに書き込んで保存する。一方写真にするためには、ブラウン管装置の管面上で、太陽面の各点に相当するます目を、電波強度に応じた明るさにするという方法をとっている。実

際には、まず目の中の輝点の数を変えて見掛上の明るさを変えている。電波強度の特に強いところは、この方法では表現しきれないので、或る強度以上は真黒に、また更に強いところは真白にするという方法を用いている。

4. 電波太陽写真に見えるもの

太陽電波は大きく分けて、爆発現象ともなう電波バースト、活動領域から出てゆっくり変化するS成分、および太陽全面から出て、月の単位ではほとんど変化しない「静かな太陽」成分の3つがある。

電波バーストは時間変化が激しいため、シャッタースピードが速くないと観測できない。波長 8 cm の写真機では、40 秒のシャッタースピードを用いて、電波バーストの中では比較的ゆるやかなものを捉えることができる。しかし通常は、1 次元ではあるが更に分解能の高い観測をした方がよい成果が挙げると考えられる。

S成分は黒点やカルシウム羊斑の上に局在している。これは波長 3-20 cm で特に強く、豊川の写真機はS成分の観測に適している。表紙の写真でも2つのかなり強いS成分が見られる。写真機よりは4倍も分解能が高い1次元走査による観測で、このようなS成分は微細な構造をしていることがわかっている。写真機では、このような微細構造の研究をするにはまだ分解能が不足しているが、一方1次元走査の弱点である南北方向に活動域が並んだときの重なりの問題がなくなる。また更に、弱いS成分や、太陽の縁にあるS成分に対しては、写真機の方が遙かに感度がよく、有利である。1次元と写真機の観測は、まさに相補的である。写真機でも、1次元走査の場合と同じく、黒点磁場を反映した偏波の分布の観測もできるようになっている。アルバム4の4は、波長 3 cm の電波写真で、光の観測と比較してある。この頃には黒点の数が多く、それらがS成分とよく対応していることがわかる。

静かな太陽成分は、S成分を除いた太陽全面から出る熱放射である。現在は太陽活動極小期に当り、この観測をするのに好都合である。

太陽大気は光球、彩層、コロナからなっている。波長 8 cm の静かな太陽成分は主に彩層上部とコロナ下部のあたりから放射されている。波長 3 cm の静かな太陽成分はそれに比べて、彩層からの放射の割合が大きく、コロナの寄与が少ない。彩層の温度は一万度ない数万度といわれている。一方コロナの温度は二百万度で、この二つの層の間（いわゆる彩層コロナ遷移領域）で温度は急激に上昇している。また、密度は逆に急に薄くなっている。波長 8 cm の静かな太陽成分はこのような状態が急激に変化する領域からの放射であるため、興味ある現象が観測される。

静かな太陽成分の広がり大きさはほぼ光球の大きさに等しいが、8 cm では多少それより大きい。1975年6月25日の波長 8 cm の電波写真をみると、東と西の縁にそってS成分以外に弧状に明るく輝いている部分がある。これが limb brightening と呼ばれる現象である。図4に、東西の断面を示してある。東にはS成分があって、わかりにくい、西にはっきりとこの現象があらわれている。これは、上にも述べたように、コロナの温度が彩層のそれに比べて高く、太陽の縁では図5のように放射に寄与するコロナの厚さが、いっきよに倍になるためである。波長 3 cm では、コロナからの放射の寄与が少ないために、limb brightening の現象は 8 cm ほどはっきりとは認められない。

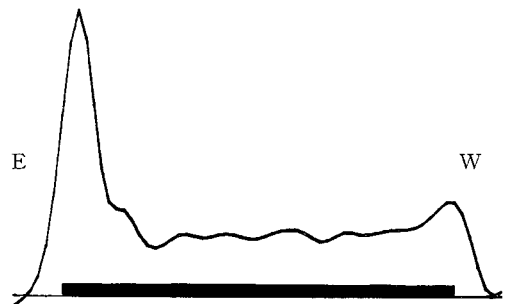


図4 1975年6月25日の波長 8 cm の電波太陽写真の東西の断面。下の太い線は光球の広がりを示す。

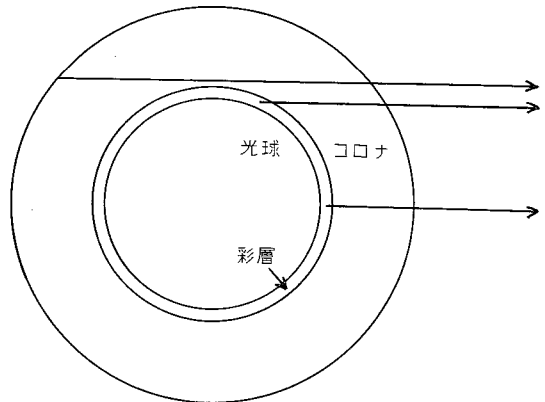


図5 波長 8 cm の電波の太陽大気中での通路

1972年6月6日の波長 3 cm の電波写真（アルバム4の4）で気がつくことは、静かな太陽成分のあちこちが暗くなっていることである。これらは、光の観測と比較してみると、大部分は H α フィラメントに対応していることがわかる。北と南にこれに対応しない部分があるが、これは何によるものかはまだはっきりしない。H α フィラメントは温度が低く密度が高いため、下からの放射を吸収して、暗くみえるのである。

5. 今後の課題

波長 3cm の写真儀のアンテナは、一部分は作られてから既に 15 年以上たっている。そのため、最近では老朽化して、以前ほどよい写真がとれなくなっている。今後はこれを改修して波長 8cm と 3cm で同時によい写真がとれるようにする計画である。

波長 8cm の写真儀は現在まだ本当に完成したとは言えないが、早急にシステムを完全にして、“静かな太陽”を長期間くわしく調べたい。さらに、ここ一年位のうちに始まると思われる第 21 太陽活動期における太陽の活動を追ってゆきたい。特に波長 8cm ではコロナからの放射が見えるので、EUV や軟 X 線による太陽コロナの写真と比較することにより、興味ある事実が引き出せるものと考えている。

さらに、現在行っている処理はまだ最終的なものではなく、また、処理時間もかかるので、これも今後改良してゆきたい。

最後に、写真儀の建設や毎日の観測には太陽電波研究室の技官諸氏、諸嬢が献身的な努力をされていることを記して、感謝の意を表したい。

掲 示 板

第 8 回 月・惑星シンポジウム

上記のシンポジウムを東京大学宇宙航空研究所において、1975年10月1日(水)、2日(木)、3日(金)にわたり開催します。お誘いあわせの上、多数御参加いただけますようお願いいたします。

問合せ先: 〒153 東京都目黒区駒場 4-6-1

東京大学宇宙航空研究所 高柳和夫

電話 03-467-1111 (内) 484, 495

オリオン領域研究会

下記のように、オリオン領域の研究会を開きます。

日時 1975年11月17日から19日まで

場所 東京天文台講義室

8月号“オリオン星雲”の記事をもとにして、若い天体の集りのオリオン・アソシエーションの全体像を形成する事を目的としています。

問合せ先: 〒182 東京都三鷹市大沢 2-21-1

東京天文台 磯部秀三

電話 0422-32-5111 (内) 216

★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★

— わが国唯一の天体観測雑誌 —

天文ガイド

毎月5日発売! 定価240円(〒32)



天文ファンの人たちに毎月の天文現象の案内や、ニュースの紹介をするとともに、望遠鏡の作り方、観測ガイド、天体写真の写し方など実用記事も掲載。
また、読者の写した天体写真、星座写真等たくさん作品や望遠鏡の自作レポートも網羅。

誠文堂新光社 東京・神田錦町一五 振替・東京六二九四

★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★

天文に興味を持ちはじめた小学校上級生から中学校1年生ぐらいの子供たちのための天文入門書

星空の12ヵ月

古畑正秋著 / A4判 / 定価 900円

12枚の毎月の星図を中心に、星座の話、星の明るさ、金星や火星の動き、流星、月のこと、天の川、変光星のことなど、はじめて星に心をうばわれた少年たちにわかるようにやさしく説明してあります
■おもな内容——星座のさがしかた / 星座の歴史 / 星座の表 / 星の明るさ / 日出、日入の薄明 / 1月の空 / 冬の空 / 2月の空 / 3月の空 / 4月の空 / 5月の空 / 6月の空 / 7月の空 / 8月の空 / 9月の空 / 10月の空 / 11月の空 / 12月の空 / 星座の動き / その他