

フレアを頻発する太陽活動領域の $H\alpha$ 観測

黒河宏企*

$H\alpha$ OBSERVATIONS OF FLARE-PRODUCTIVE SOLAR ACTIVE REGIONS

By

Hiroki KUROKAWA

The development of magnetic shear must be a key factor in understanding the mechanism of energy storage and release in solar flares. $H\alpha$ monochromatic-image observations of highest spatial-resolution are essential for the study of magnetic shear development in solar active regions. From observations using the Domeless Solar Telescope (DST) of the Hida Observatory, two types of processes are found to be involved in the development of magnetic shear configurations between sunspots: (A) collision of two sunspots of opposite magnetic polarities, and (B) successive emergence of twisted magnetic flux ropes. It is suggested that the latter process is more important for the production of major flares.

1. ま え が き

太陽フレアによる地球及び惑星間空間擾乱についての予報を正確に行なうためには、まず、どのようなフレアが、いつ、どこで、発生するかを知る必要があるであろう。フレアの発生機構即ち、フレアエネルギーの蓄積機構、解放機構について知らねばならないわけである。

これまでの研究によると、フレアエネルギーの源は、太陽表面磁場の歪として蓄積されるものと考えられているので、太陽活動領域（黒点領域）の磁場構造の変化とフレア発生との因果関係を調べるのが、重要な課題であると言える。この為には、光学観測では、光球ベクトル磁場の測定と、高空間分解の $H\alpha$ 単色像及び黒点像の撮影が、最も重要な手段であると考えられている。この小稿では、京都大学理学部附属飛騨天文台のドームレス太陽望遠鏡によって行なわれている、高分解 $H\alpha$ 単色像を用いた研究について紹介することにしたい。

2. 60 cm ドームレス太陽望遠鏡 (DST)

天体の像は、望遠鏡によって結像されるまでに、地球

大気の乱流によってかなり歪められるという宿命を負っている。従って、地上からの天体観測は、地球大気の吸収及び乱流との戦いであるということが出来る。飛騨天文台の DST においては、望遠鏡周辺から生ずる乱れた空気の流れを最小限に抑えるために次のような工夫をしている (Nakai and Hattori, 1985)⁽¹⁾。

(1) 地表付近の乱流から逃れるために、望遠鏡を塔上に乗せて、地上 23 m に持ち上げていること。

(2) 屋根から生ずるかげろうの源を無くするため、格納ドームを取り去っていること。

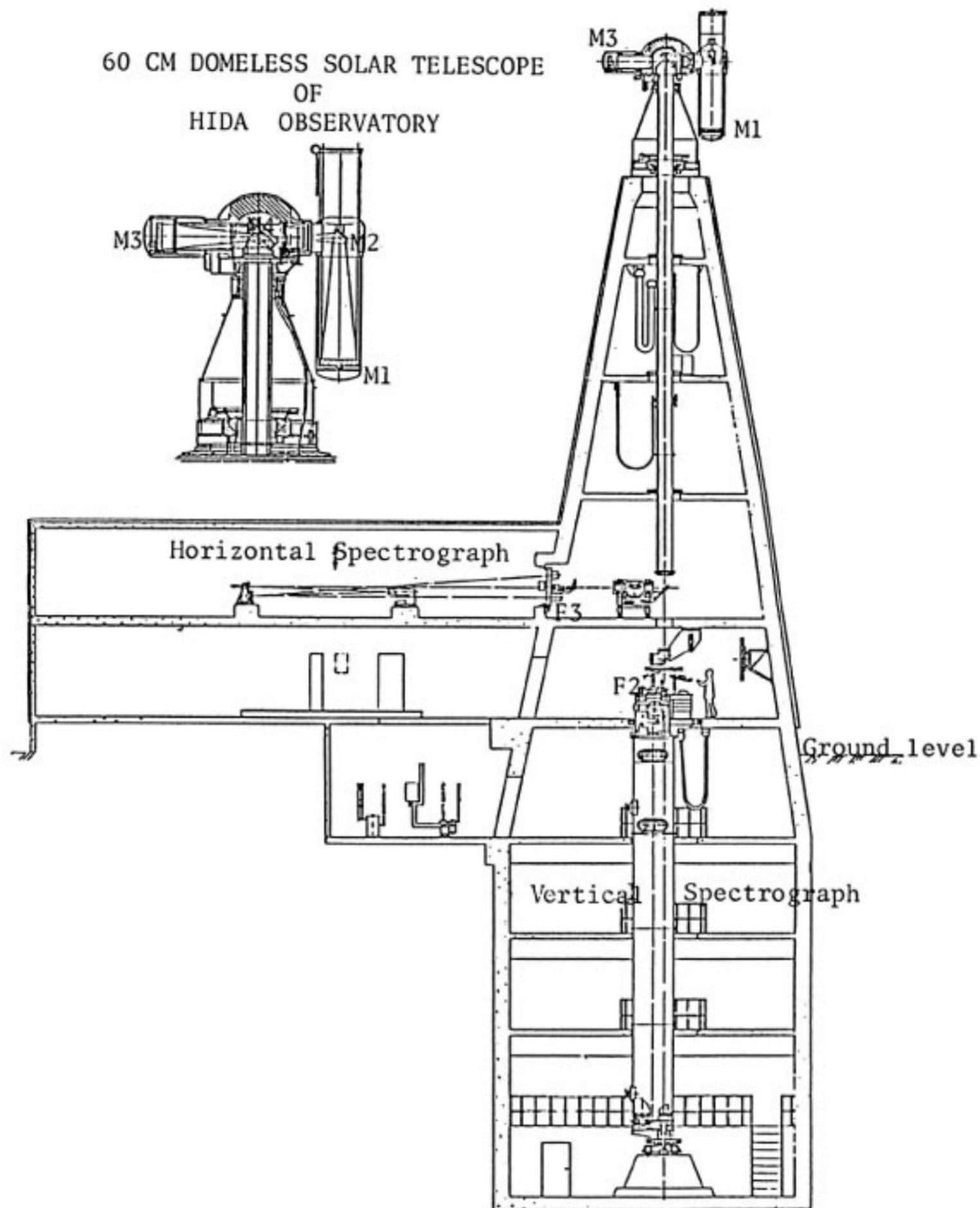
(3) 塔体の表面から立ち上がるかげろうを無くするために、塔体表面を冷却し、外気温と同一になるように、制御している。

(4) 望遠鏡筒内を真空にしている。

望遠鏡システムの断面図が、第 1 図に示されている。主鏡 M1 によって F1 点に結像された一次像は、M3 のグレゴリー副鏡で拡大されて、M4 鏡によって垂直下方に送られ、垂直分光器の焦点 F2、あるいは水平分光器の焦点 F3 上で、30 cm の太陽像となる。

垂直分光器は、 10^6 を越える高い分解能を持ち、約 10 mm/A という高分散のスペクトルを与えるのに対して、水平分光器においては、広い波長領域の同時撮影が可能であるので、二つの分光器を目的によって、使い分けて

* 京都大学理学部附属天文台
Hida Observatory, Faculty of Science, Kyoto
University



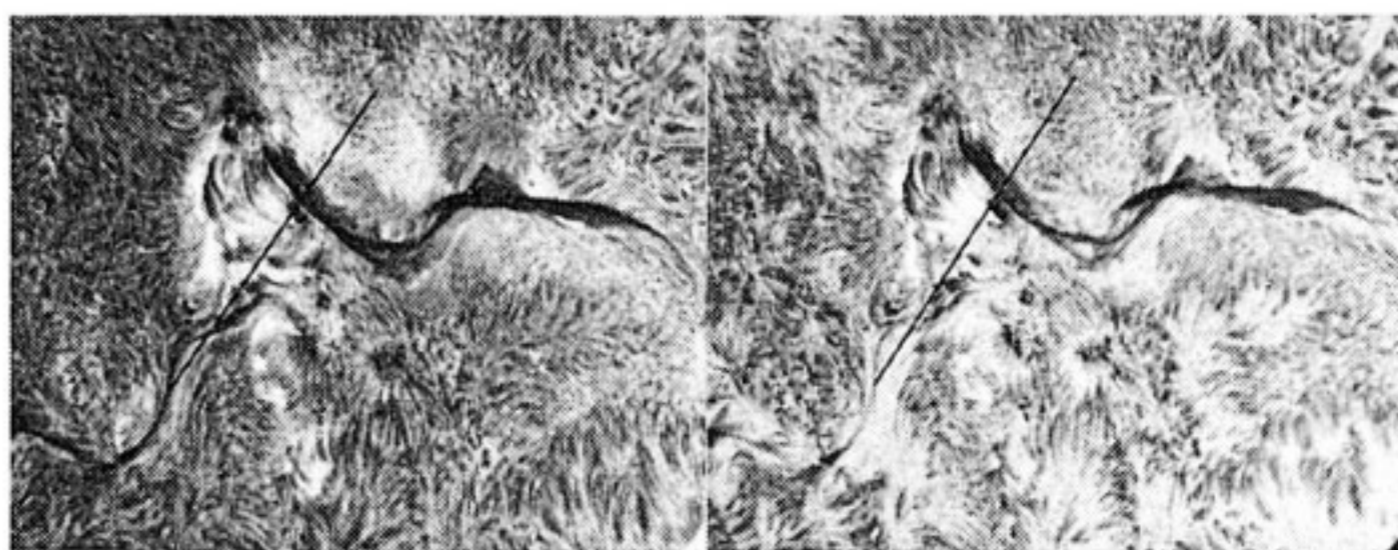
第1図 京都大学理学部附属飛騨天文台 60 cm ドームレス太陽望遠鏡の断面図

いる。又、垂直分光器のテーブル上には、Zeiss $H\alpha$ リオフィルター ($\Delta\lambda=1/4 \text{ \AA}$) を用いた $H\alpha$ 単色像撮影装置が設置されており、ここで紹介する太陽活動領域の写真は、すべてこの装置で撮影されたものである。第2図に、その例を示している。 $H\alpha \pm 0.0 \text{ \AA}$, $+0.3 \text{ \AA}$, -0.3

\AA , $+0.5 \text{ \AA}$, ……と、順番に波長をずらして撮影する事によって、速度場の構造と、見通す深さの違いによる立体構造を調べることが出来るわけである。

H α Velocity Sequence of NOAA 5084 (88 JUL 26 SA)

20"



7/26 023830 (+ 0.3)

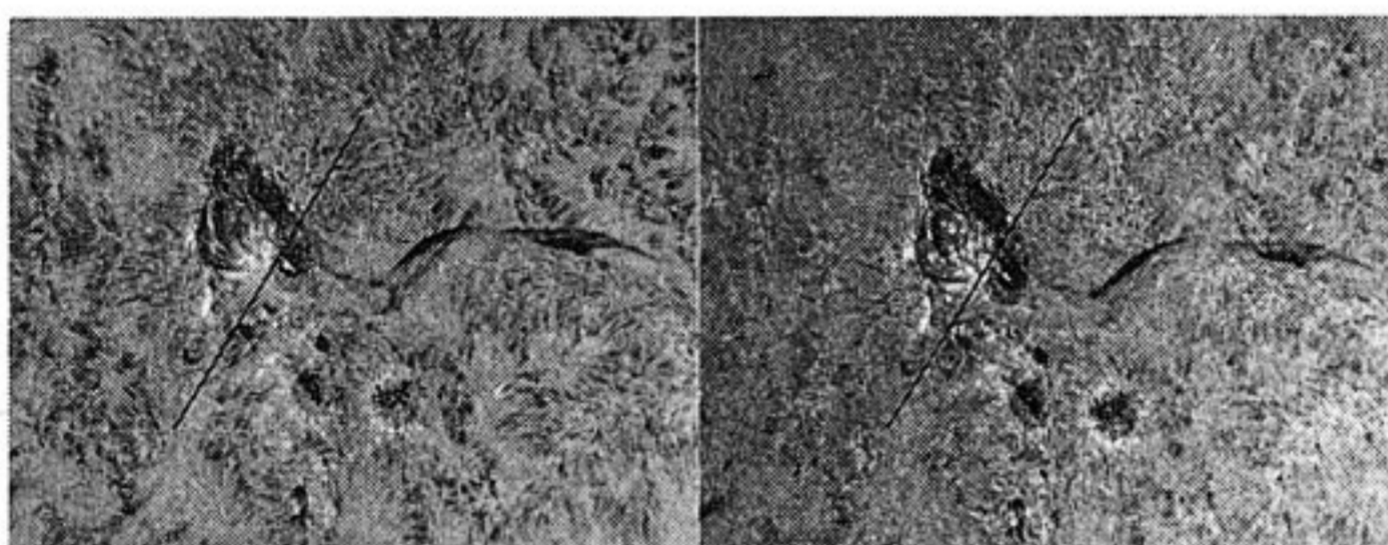
023843 (+ 0.5)



7/26 023827 (± 0.0)

023835 (- 0.3)

023852 (-0.5)

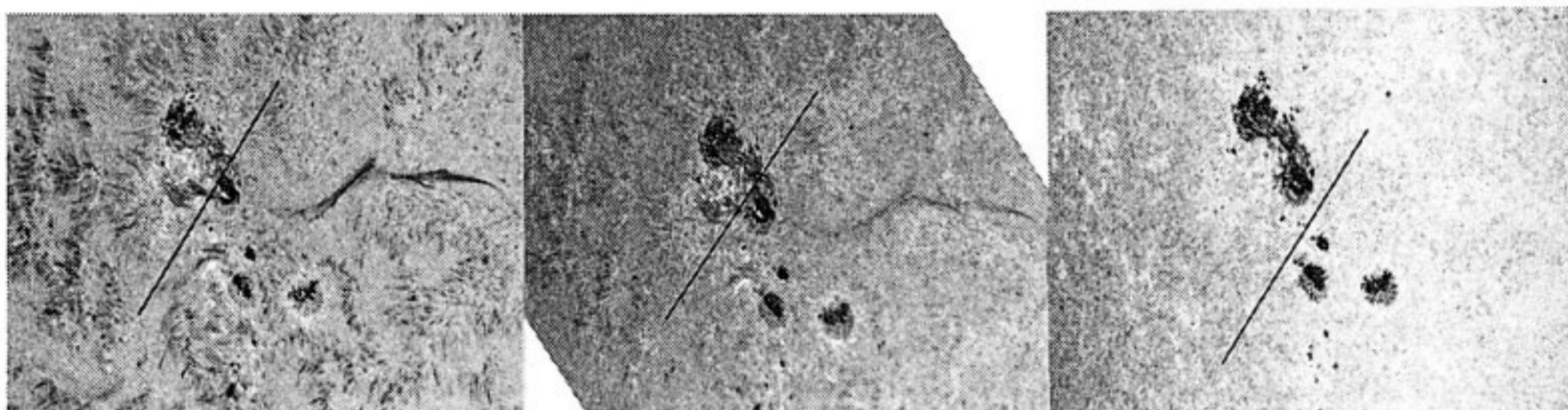


7/26 023900 (+0.8)

023930 (+1.0)

H α Velocity Sequence of NOAA 5084 (88 JUL 26 SA)

20"



7/26 023910 (-0.8)

023942 (-1.0)

024316 (-5.0)

第2図 H α 単色像の例 (1988年7月26日, NOAA No. 5084 領域). 写真下の数字は, 左より日付, 時刻 (UT), 及び H α 線中心からの波長のずれ (Å) を示す.

3. 磁気シアー構造の発達

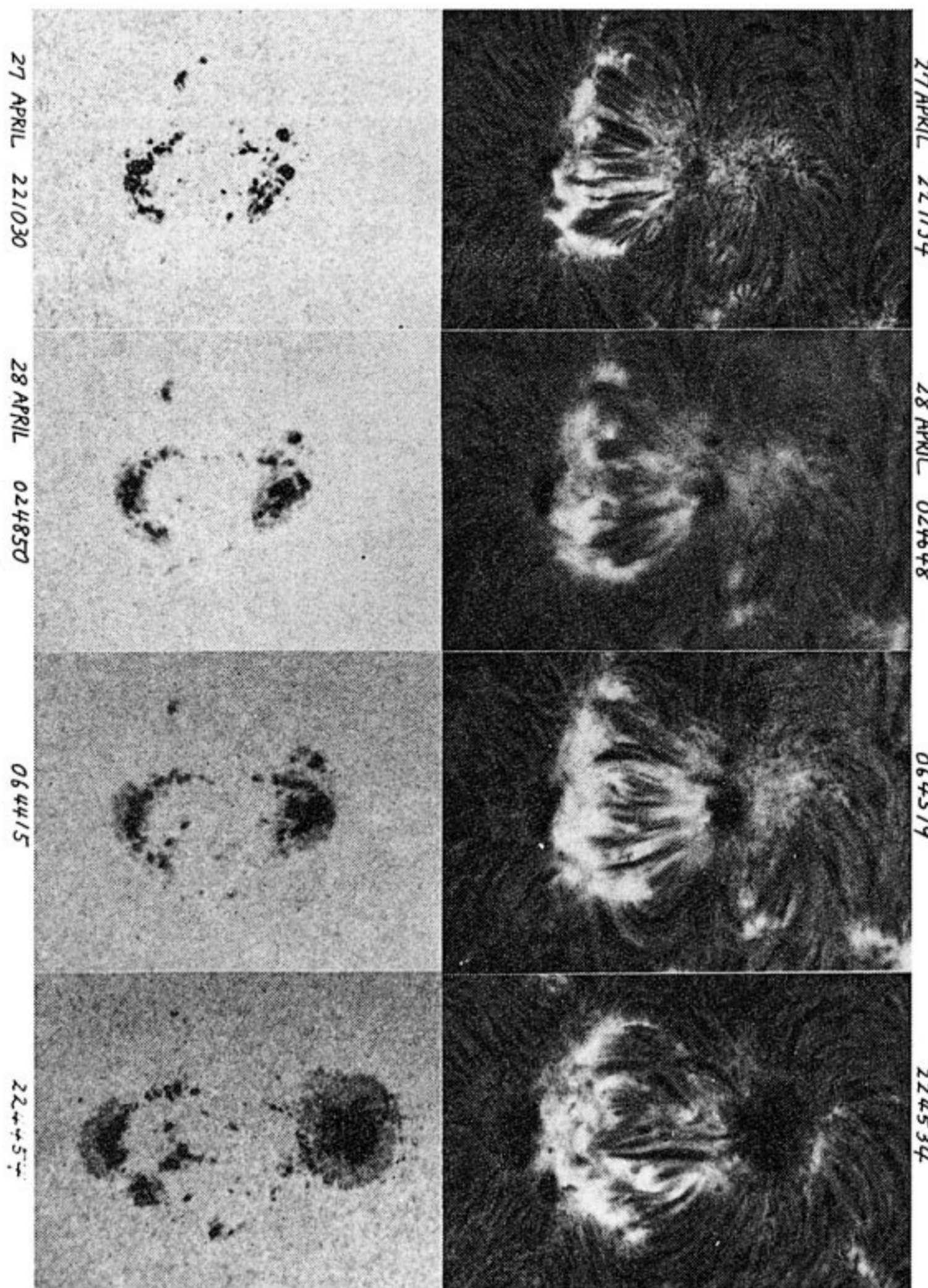
H α 単色像で太陽を見ると黒い筋状の模様が全面にみられる。細く短いものから長く太いものまで色々あるが、これらは全て、磁力線の方に沿ったガスの流れを表わしていると考えられており、磁場構造の変化を考える上で非常に重要なものである。

例えば、第3図に示されたものは、アーチフィラメント (AFS) と呼ばれる構造であって、光球下から浮上したばかりの新しい磁力線の束を表わしている。黒い筋模

様は、互いにほぼ平行に、異なる磁極の黒点を結んでいるのが見られる。このような場合、磁力線は磁気境界線 (視線方向磁場の中性線) に、ほぼ直角に走っており、この活動領域の磁場構造は、おおむね、いわゆるポテンシャル磁場 ($\nabla \times B = 0$) となっている事がわかる。

一方、第4図に示されている黒い長大な筋模様は H α フィラメント (プロミネンス) と呼ばれる構造であるが、詳しくみると、更に細い筋模様の束であることがわかる。これらの筋模様は磁気境界線にほぼ平行に走っているため、この活動領域の場合は、黒点間の磁力線の配

EMERGING FLUX REGION AND ARCH FILAMENT SYSTEM.



1984 APRIL 28 024850 UT : r = 09'
224454 UT : r = 05'34"

第3図 黒点の発達とアーチフィラメント (AFS) の例

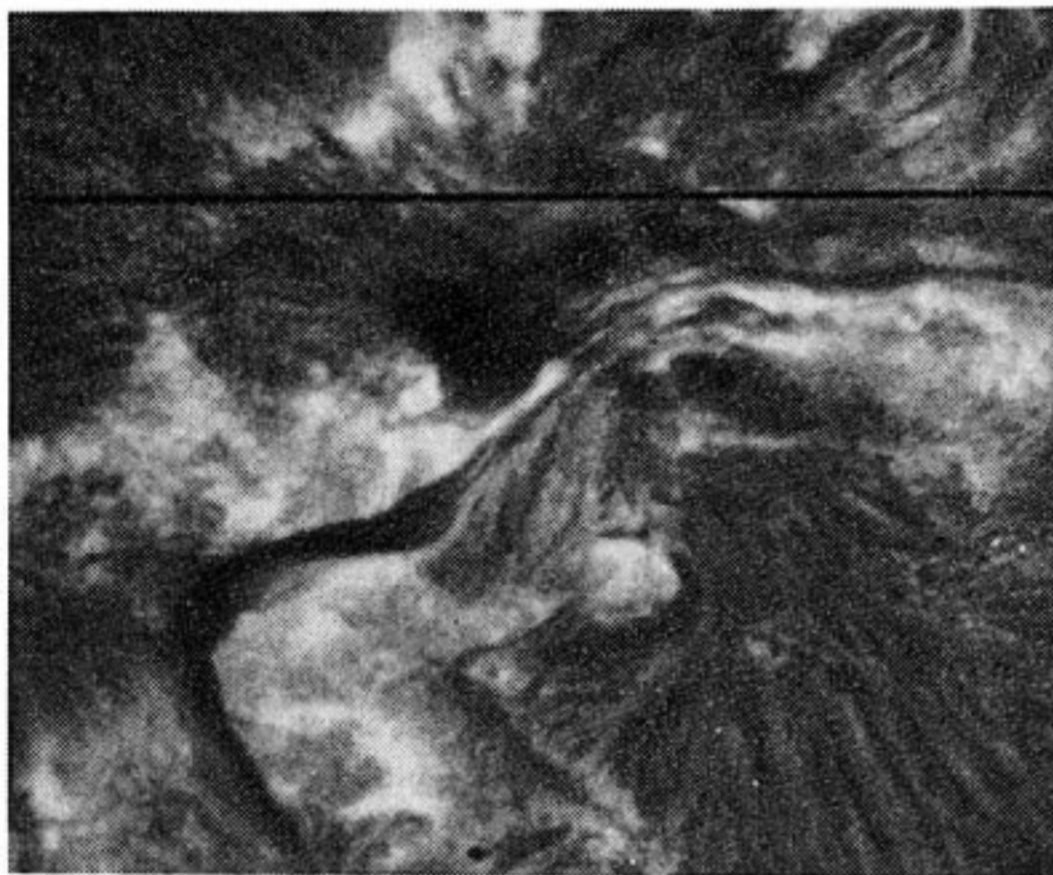
A GREAT FLARE IN A HIGHLY-SHEARED MAGNETIC REGION

April 25, 1984

20"



(b) 00 24 35 UT (Apr. 25)



(a) 22 07 13 UT (Apr. 24)



(c) 23 00 30 UT (Apr. 25)

第4図 磁気シアアの発達した領域に発生した巨大フレア

置がポテンシャル磁場配置から、大きくずれていることになる (Kurokawa et al., 1987)⁽²⁾. この様な状態を磁気シアア (magnetic shear) と呼んでいるが、しばしば大きなフレアの源となることが知られている (Zirin and Tanaka, 1973)⁽³⁾. 即ち、太陽フレアのエネルギー蓄積機構を知るためには、magnetic shear 構造が如何にして形成されるのかを調べる必要がある。

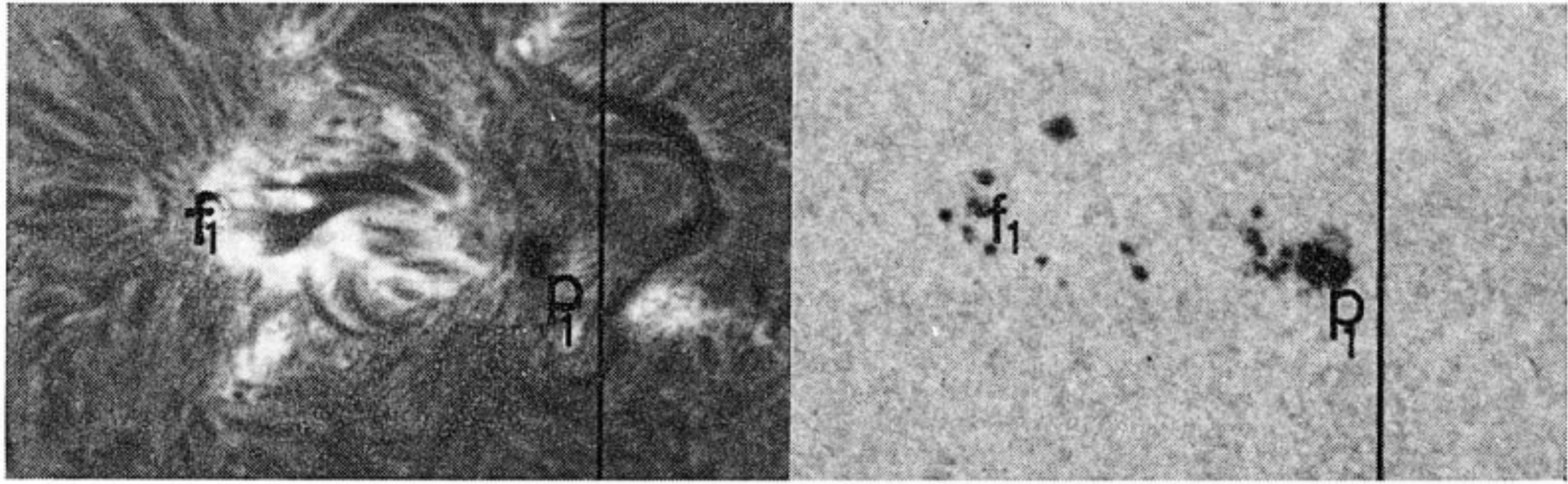
これまでの観測から、磁気シアアの発達過程について次の二つのタイプがあるようである (Kurokawa 1987)⁽⁴⁾

- (A) 異なる磁極の黒点が互いに衝突する場合
- (B) 異なる傾き角を持つ双極磁場領域が引き続き浮上して来る場合

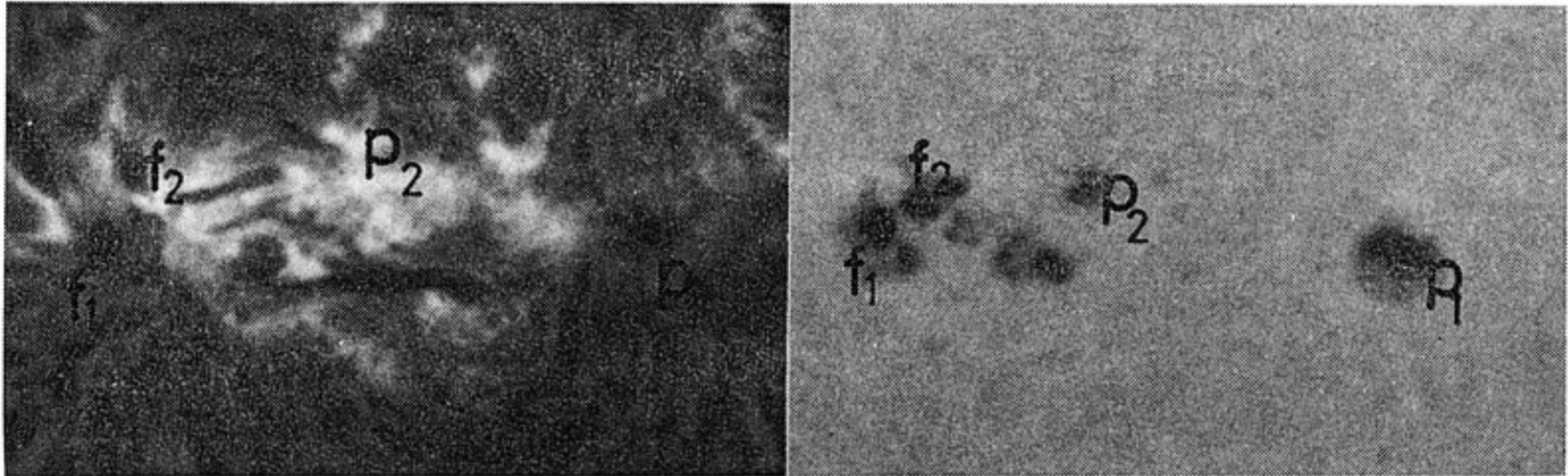
第5図は、1982年4月の Hale No. 18320 領域の発達過程を示しているが、Type (A) の磁気シアア構造の形

成を見ることが出来る。まず、April, 15 (第5図(a)(b)) には、p1-f1 の双極磁場領域が発達中であり、April 17 には p2-f2 ペアアが出現しているのが見られる。これらは互いに同一方向の極性を持っているのに対して、April 18 に出現した f3-p3 領域は反対向きであったので、f3 と p1 の衝突によって、その間に磁気シアア構造が発達したのであった (第5図(c)(f))。第5図(e)の p1-f3 間にシアアした H α filament が見られるのが、このことをはっきりと示している。その後この H α filament の両側で、two-ribbon flare が起こっている様子が第5図(g)に与えられている。

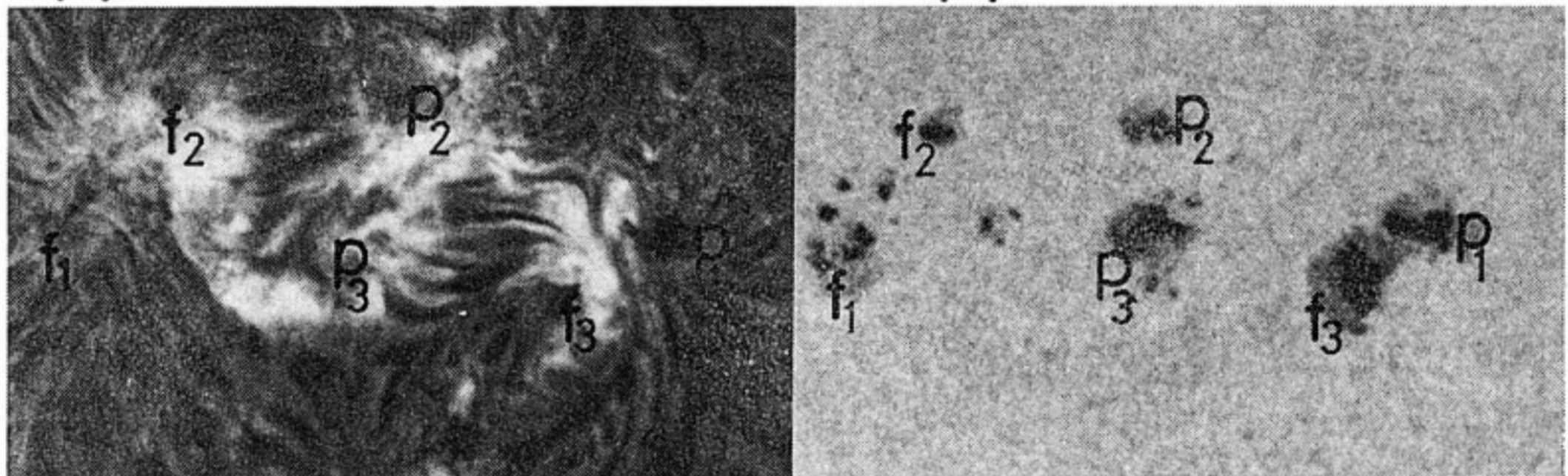
他方 Type (B) の例が第6図の Hale No. 17906 領域の発達過程のなかに見ることが出来る。第6図(a)(b)においては、双極黒点 p1-f1 がその磁気境界線に直角な



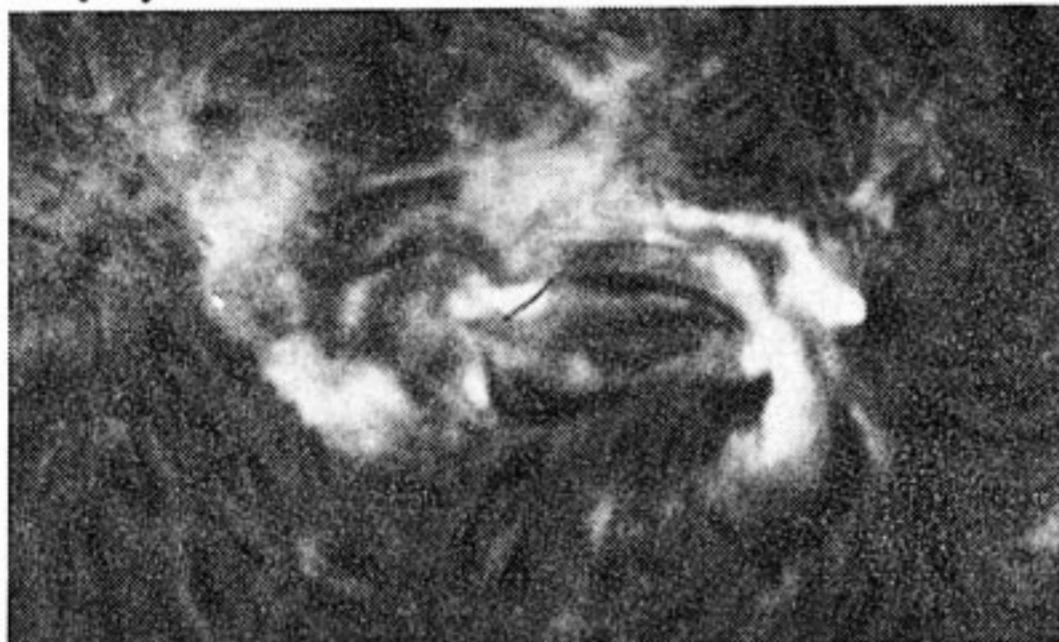
(a) 22 08 58 UT APR. 15 (b) 22 06 17 UT



(c) 22 09 15 UT APR. 17 (d) 21 26 44 UT



(e) 21 43 01 UT APR. 18 (f) 21 43 36 UT



(g) 22 57 50 UT APR. 18

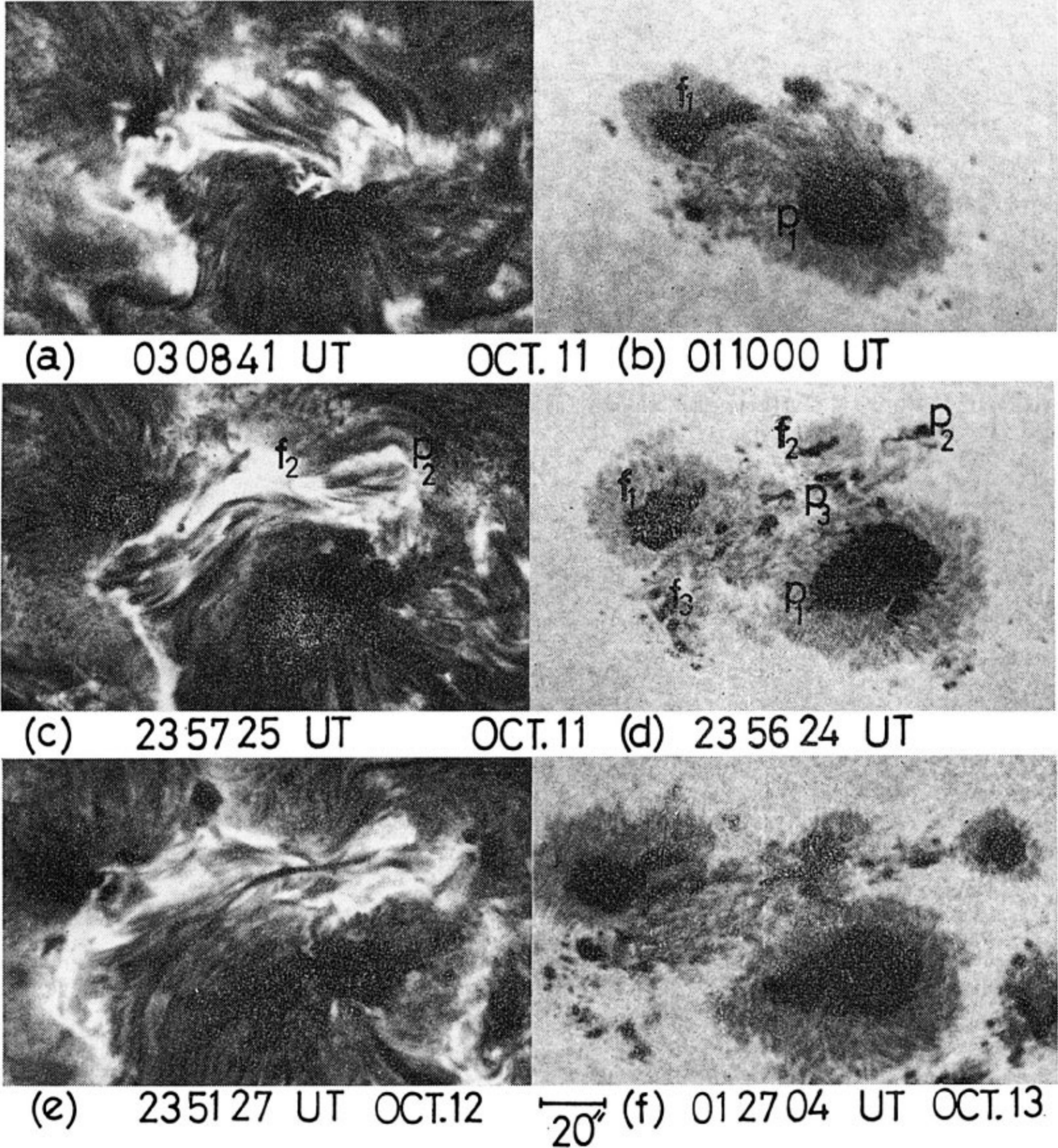
DEVELOPMENT OF
MAGNETIC SHEAR
APRIL 15-18, 1982

20"

第5図 異なる磁極の黒点が互いに衝突して磁気シアアが発達した例

DEVELOPMENT OF MAGNETIC SHEAR

OCTOBER 11-13, 1981



第6図 異なる傾き角を持つ双極磁場領域が引き続き浮上して磁気シアアが発達した例

AFS で結ばれており、ポテンシャル磁場に近い構造を示しているが、第6図(c)(d)においては、すでに全く方向の異なる p_2-f_2 , p_3-f_3 の浮上双極磁場領域 (EFR) が p_1-f_1 の境界線に沿って出現しているのが見られる。この結果、磁気シアア構造が急激に発達しているように見えているわけである。この間約20時間足らずであり、こ

の様な短時間で磁場の方向が90度近く回転していることは、光球下から傾きの異なる磁場が浮上してきたと考えられる以外説明できないであろう。この領域で第6図(c)(d)の約6時間後に、強大な3 Bフレアが発生したのであった。

以上の二つのタイプの中でも、後者の場合は特に重要

で、強く大きなフレアが発生する要因となるようである。このことは、Tanaka et al. (1980)⁽⁴⁾によって示唆された捻れた磁束管の浮上と関係しているようであるが、今後更に高空間分解の観測によって、多くの活動領域の進化とフレア発生との因果関係を調べ、明らかにしていく必要がある。それによって、フレア発生予報への道が開けるものと期待される。

参 考 文 献

- (1) Nakai, Y. and Hattori, A., "Domeless Solar Tower Telescope at the Hida Observatory", *Memoirs of Faculty of Science, Kyoto Univ.*, 36, pp. 385-399, 1985.
- (2) Kurokawa, H., Hanaoka, Y., Shibata, K. and Uchida, V., "Rotational Eruption of an Untwisting Filament Triggered by the 3B Flare of 25 April, 1984", *Solar Phys.*, 108, pp. 251-264, 1987.
- (3) Zirin, H. and Tanaka, K., "The Flares of August 1972", *Solar Phys.*, 32, pp. 173-207, 1973.
- (4) Kurokawa, H., "Two Distinct Morphological Types of Magnetic Shear Development and Their Relation to Flares", *Solar Phys.*, 113, pp. 259-265, 1987.
- (5) Tanaka, K., Smith, Z., and Dryer, M., "Energy Storage Process and Energy Budget of Solar Flares", *IAU Symp.*, 91, pp. 231-234.

