

# 第8次南極地域観測越冬隊極光部門報告 (1967—1968)

神沼克伊\*・平沢威男\*\*

## AURORAL OBSERVATION AT SYOWA STATION, 1967—1968

Katsutada KAMINUMA\* and Takeo HIRASAWA\*\*

### *Abstract*

The auroral observations carried out by the 8th wintering party of the Japanese Antarctic Research Expedition, 1967–68, included

- 1 All-sky camera
- 2 Visual and photographic observations of aurora
- 3 Observation of auroral pulsations
- 4 Auroral photometry along the geomagnetic meridian
- 5 Observation of the auroral radio noise

A description of each observation and obtained results are briefly given

### *1 Auroral pulsations*

A special photometer was designed for investigating the detailed characteristics of auroral pulsations and their relationships with geomagnetic pulsations. The photometer (Fig. 1) consists of a single telescope equipped with a band-pass filter (4278 Å). The field of view is 5°. The amplified anode current of the RCA 1p21 photomultiplier is fed to

three electrical band-pass filters ( $f_1$ , 0.01–0.1 Hz,  $f_2$ , 0.1–2 Hz,  $f_3$ , 2–30 Hz), and recorded by a slow running tape-recorder. The outputs of the band-pass filters are separately registered on multi-channel pen recorders together with the signals of the geomagnetic pulsations. By means of this photometric system, data of more than 300 clear night hours were recorded (Fig. 3). Figs. 4–8 illustrate the various types of auroral luminosity fluctuations together with the geomagnetic field fluctuations. Auroral pulsations observed at Syowa Station can be classified into the following five types.

A. Irregular fluctuations with large amplitudes (a few tens of KR) observed mostly at the onset of an auroral substorm (Fig. 4).

B. Pulse-like auroral pulsations with a period of about 20–40 seconds, the amplitudes of which are sometimes greater than 10 KR. Pulsations of this type are frequently observed in the early morning hours of magnetic disturbed days (Fig. 5).

C. Long-lived auroral pulsations with

\* 東京大学地震研究所. Earthquake Research Institute, University of Tokyo, Bunkyo-ku, Tokyo

\*\*東京大学理学部地球物理学研究施設 Geophysics Research Laboratory, University of Tokyo, Bunkyo-ku, Tokyo

a sinusoidal waveform. Their periods and amplitudes are about 10 seconds and a few KR, respectively. This type is dominant in the morning hours (Fig. 6).

D. Rapid fluctuations of auroral luminosity with a period of about 2–0.5 seconds (Fig. 7, A and B).

E. Extremely rapid fluctuations with a frequency of about 20–30 Hz (Fig. 8, A and B)

Waveform correlation between auroral and geomagnetic pulsations depends on their periods. Most auroral rapid fluctuations of period shorter than 5 seconds are not accompanied by geomagnetic fluctuations. Auroral and geomagnetic pulsations of period longer than 10 seconds have similar waveforms.

## 2. *Photometry of aurora along the geomagnetic meridian*

A meridian scanning photometer was designed for investigating the time and space variations of the auroral luminosity (Fig. 2). A rotating mirror scans from north to south along the geomagnetic meridian. The scanning time of this photometer is 12 seconds. In the auroral zone, it is desirable to measure the auroral luminosity from 0.1 KR to a few hundreds KR (about 50–60 dB). Therefore, signals of the auroral luminosity are amplified by the high, medium and low gain amplifiers and are separately registered on a 3-channel pen-recorder. Fig. 10 illustrates an example of the chart record obtained. The

data shown in Figs. 11 and 12 were derived from the above records. Considering the data taken over a period of 25 days (listed in Table 2), the following relationships were thought to exist at the time of occurrence of auroral substorms.

a. Auroral arcs begin to move equatorwards about an hour–20 minutes before the onset of the auroral substorm.

b. The equatorward movement of auroral arcs take place generally in about 5–10 minutes.

c. At the onset-time of an auroral substorm, the luminosity of auroral arcs suddenly intensified.

d. Within a few minutes after the onset of the storm, the aurora spreads and blankets the sky, in which very bright arcs exist, with rapidly fluctuating luminosity. These arcs move towards the pole, in general, at a speed of about 200–300 km/s.

e. At the end phase of the substorm, the aurora become active on the polar side of Syowa Station.

## 3. *Spatial and temporal variations of auroral forms*

Continuous photographic observations of aurora were carried out. Fig. 13 illustrates the auroral forms during an auroral substorm. Fig. 14 illustrates the space and time variations of corona at the zenith. Fig. 15 illustrates the formations and eastward movements of auroral loops.

## 1. は じ め に

1967年の昭和基地における極光の活動度は、3月、4月は比較的穏やかであったが、5月下旬から7月にかけて、かなり活発な極光が観測された。7月下旬から8月中旬まではほとんど大きな活動はなく、8月下旬から9月上旬にかけて越冬中最大の極光活動がみられた。

9月下旬にも比較的大きな活動があり，この年はIASY(International Active Sun Year)の前々年として，中程度の極光活動の年であったといえる．

第8次越冬観測（1967年2月～1968年1月）の極光部門の定常・研究のそれぞれの観測項目は次の通りである．

- A. 全天写真による極光の形態と運動の観測（神沼）
- B. 目視およびスチール連続写真による極光形態観測（神沼）
- C. 極光光電測光観測（平沢）
  - a. 極光輝度短周期変動の観測
  - b. 極光輝度掃天観測
- D. 極光雑音の電波観測（平沢）（70MHz リオメーター）

この報告では，それぞれの観測方法，経過，および結果の概略等について述べ，資料を利用する手引きにしたいと考える．

## 2. 極光観測の方法および経過

### 2.1. 全天写真観測

7次隊の設置した全天カメラにより，30秒毎に15秒露出で撮影した．観測期間の詳細はJARE Data Reports, No. 3 (Aurora), Compiled by M. AYUKAWAを参照されたい．

### 2.2. 目視およびスチール連続写真による観測

3月6日に観測を始め，6月頃までは目視観測に重点をおき，以後スチール写真に重点をおいた．目視観測は夜間晴天時（月令12.5～22.5の期間は軽視），原則として30分毎に，International Auroral Atlasのcodeによって記録をとった．スチール写真用に，最初ニコンモータードライブ装置および全天撮影のため魚眼レンズ（F:3.5）を用意したが，寒さによる不動作，レンズの暗さのため使用できず，すべて手動で撮影を行なった．使用カメラは，8月まではオリンパス S<sub>2</sub>，8月からニコン F（250枚撮り，F<sub>2</sub>，35mm）を使用し，モノクローム（Fuji HS または Tri X）を用い，活動度の高い極光の形態，時間および空間的变化を調べるため随時撮影した．表1はスチール連続写真観測が行なわれた日時および枚数を示す．

表1 スチール連続写真による極光観測実施表

Table 1 Duration of continuous photographic observations of aurora

Date	Time (U. T.)				Number of photograph	
	Start		End			
May 1, 1967	21 <sup>h</sup>	28 <sup>m</sup>	21 <sup>h</sup>	30 <sup>m</sup>	8	
	21	46	21	47	3	
	22	10			2	
	22	11	22	16	17	
	22	46			2	
	22	50			2	
	22	52	23	05	26	
	20	34			14	
	2				150	
	3				15	
	12	21	54	21	58	28
	27	21	40	21	50	5
	28	19	13	19	14	18
		19	15	19	18	3
		22	25			1
	30	15	30			1
		15	31			1
		15	34			1
		18	31			1
		18	33	18	37	20
		18	45			1
	18	48			1	
	19	38	19	45	34	
	20	00			1	
	20	04			1	
	20	05	20	06	9	
	20	10			2	
	20	14			4	
June 4	21	55	22	00	21	
	22	45	22	47	16	
	23	10	23	13	7	
	23	14			2	
	23	15			3	
	22	55	22	56	6	
	23	20	23	25	10	
	23	25			1	
	23	27	23	28	3	
	20	30	20	31	11	
	20	36	20	38	21	
	20	40	20	44	4	
	21	25	21	26	16	
	21	28	21	29	3	
	21	31	21	32	10	
	26	00	26	00	28	14
		00	41	00	42	6
		00	43	00	53	16
		20	36	20	38	25
		20	45			3
	27	00	51	00	53	12
28	00	12			3	
30	00	03	00	05	19	
	00	19	00	20	10	
July 5	21	07	21	10	25	
	21	40	21	45	25	
	00	38	00	40	16	
11	00	41	00	45	11	

Date	Time (U. T)		Number of photograph
	Start	End	
Aug 7	23 <sup>h</sup> 12 <sup>m</sup>	23 <sup>h</sup> 15 <sup>m</sup>	34
	01 16		1
	22 29	23 08	87
Sept 1	23 09	23 19	55
	17 28	17 34	21
	17 35	17 39	19
	19 03	19 09	25
	19 11	19 16	19
	19 16	19 30	83
	23 15	23 17	16
	00 17	00 33	69
2	21 57		1
	21 59	22 10	76
	22 15	22 18	11
	22 43	22 48	16
3	20 34		56
9			41
12			270
29	18 25	22 09	63
Oct 7	21 25		

### 2.3. 極光輝度短周期変動観測装置

極光輝度の短周期変動（極光脈動，周波数範囲，0.01Hz～30Hz，周期 100秒～0.03秒）の観測およびそれ等と地磁気脈動との相関関係を詳しく調べるために特に設計されたものである。図1に示すように，視野5度の単体望遠レンズと干渉フィルター（4278 Å）を通した極光輝度の変化を，光電子倍增管（1p 21）により光の変化を電氣的信号に変換し，インピーダンス変換器および増幅器をとり，更にエレクトリカルハントパスフィルター $f_1$ （0.01Hz～0.1Hz）， $f_2$ （0.1Hz～2Hz）， $f_3$ （2Hz～30Hz）により直流分に重なっている振幅の小さい

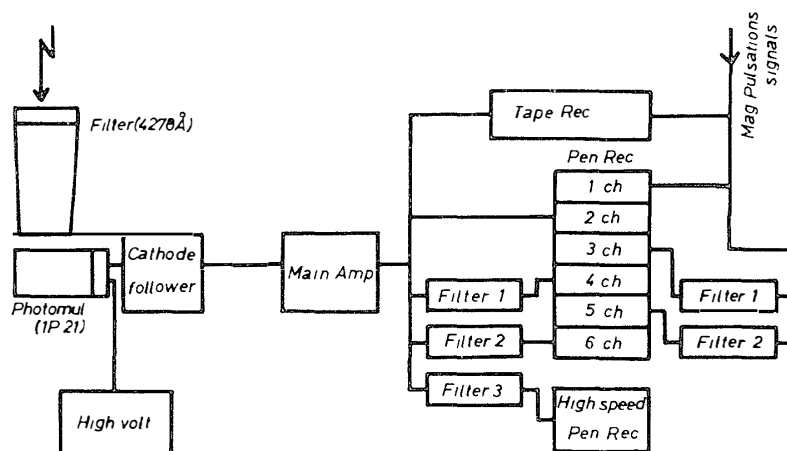


図1 極光輝度短周期変動観測装置の block diagram

Fig 1 Block diagram of 5° solid angle zenith photometer.

短周期（脈動分）成分までペン書きレコーダーに記録し、同時に PWM 方式の遅送り（1.9 mm/s）テープレコーダーに記録する装置である。地磁気脈動の信号も同じ周波数特性を有する  $f_1$  および  $f_2$  フィルターを通して、並列してペンレコーダーおよびテープレコーダーに記録を行なう。

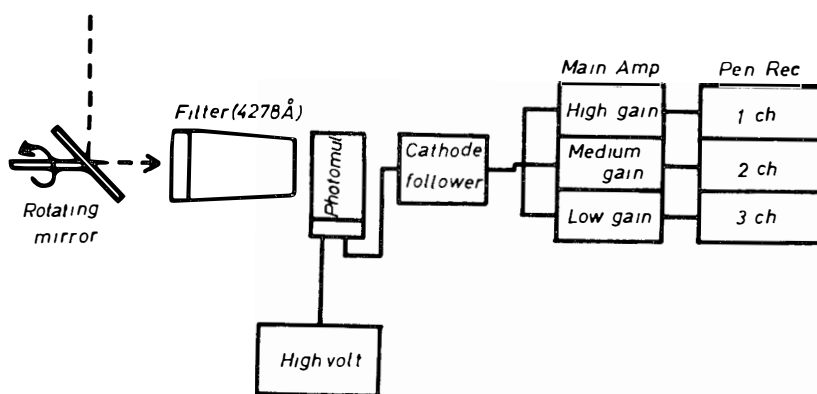


図 2 極光輝度地磁気子午線掃天観測装置の block diagram

Fig 2 Block diagram of meridian scanning photometer.

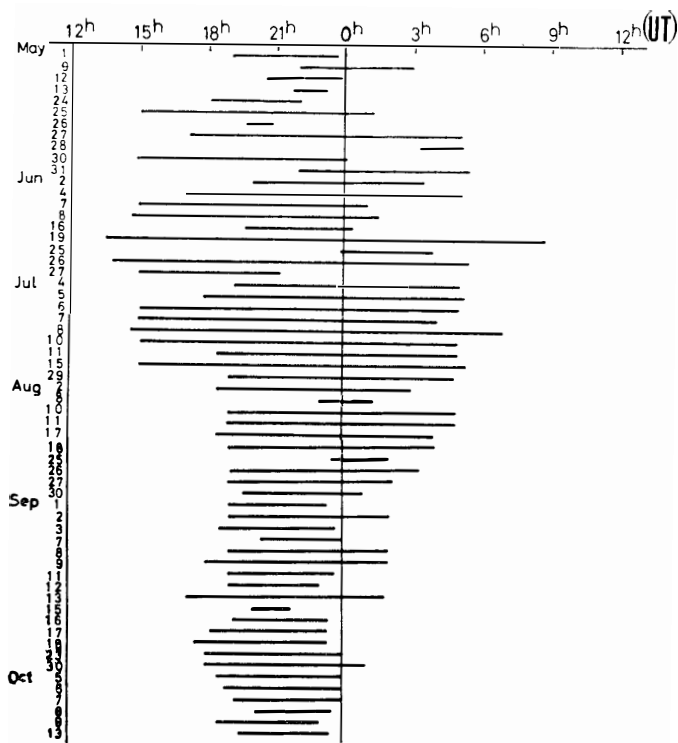


図 3 極光輝度短周期変動および子午線掃天観測の実施図

Fig. 3. The date when the zenith and the meridian scanning photometers were in operation

## 2.4. 極光輝度地磁気子午線掃天観測装置

回転鏡を用い、地磁気子午線に沿って、極光輝度の空間および時間変化を観測する装置である（図2）。地磁気南↔北への1掃天時間は12秒で、視野は子午線に沿って5度幅になるように設計された。極光輝度の dynamic range は 1KR～数百KR（約 50dB～60dB）であるため、記録は高、中、低の3つの感度に分けて記録する方式を用いた。

上記の極光輝度の短周期変動および空間分布の観測は観測器の調整に手間とり、観測開始時期が他の観測にくらべておくれたが、5月上旬より開始し、図3に示すように、晴天に恵まれた延べ60日の観測資料を得ることができた。

## 2.5. 極光雑音の電波観測（70MHz リオメーター）

第7次からの継続観測であるが、観測棟移転にともない、八木アンテナを新たに新観測棟の北東20mに設置し、70MHz帯の宇宙雑音の電離層吸収を観測した（増幅利得 140dB、帯域幅 6 KC）。全期間ほぼ順調な観測が行なわれたが、当初の目的であった極光現象が発すると思われる電波雑音は観測されなかった。

# 3. 極光観測の結果の概略

## 3.1. 極光短周期脈動

極光輝度短周期変動観測装置によって得られたチャート記録の例を図4～8に示す。極光脈動は周波数0.01Hz～30Hzの範囲（周期100秒～0.03秒）で、ほぼ5種類に分けられ得ると考える。即ち、

(1) 極磁気嵐 (polar substorm) 中特に開始時に観測される不規則な波形で、変動の幅も大きなもの。時に振幅が数10KRに達するものもめずらしくない。この type は地磁気脈動との相関もよい（図4）。

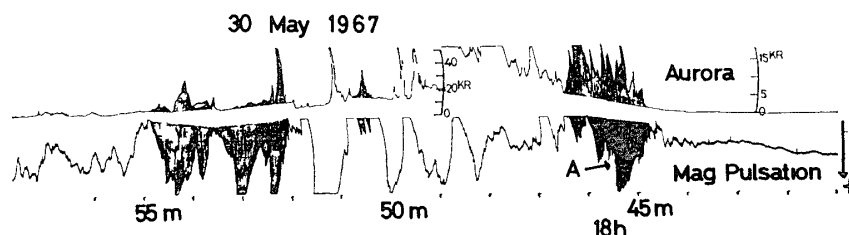


図4 極磁気嵐開始時に観測される極光脈動と地磁気脈動との相関  
 Fig. 4. Waveform correlation between the auroral and geomagnetic pulsations  
 observed at the onset-time of the auroral substorm

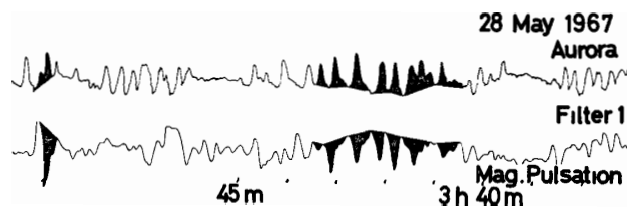


図 5 Pulse 波形を示す極光脈動と地磁気脈動

Fig 5. Auroral and geomagnetic pulsation with the pulse-like waveform.

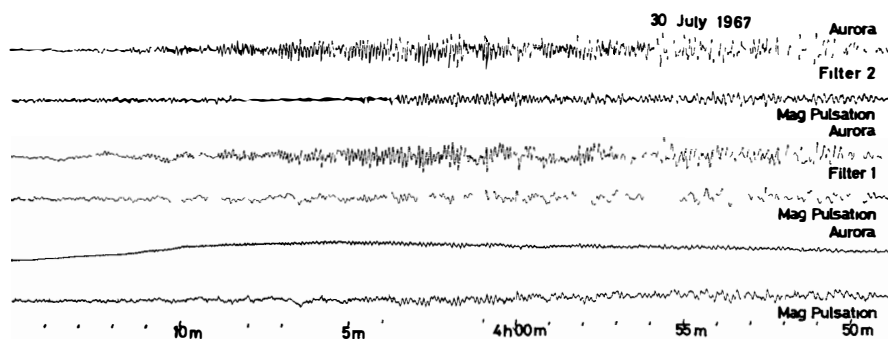


図 6 準正弦波形を示す極光脈動と地磁気脈動

Fig 6 Long-lived auroral pulsations with the sinusoidal waveform.

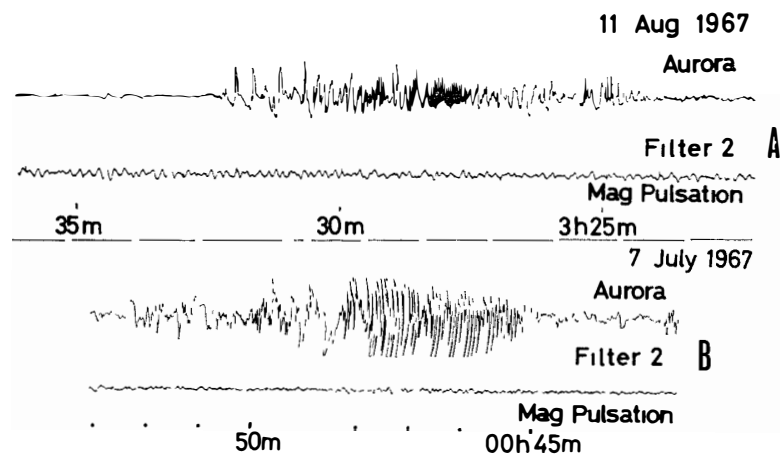


図 7 周期 2~0.5 秒の極光脈動

この種の短周期極光脈動と地磁気脈動との相関はほとんどない

Fig 7 Rapid fluctuations of auroral luminosity with the period about 2-0.5 second

(ii) 変動周期約20秒~40秒位で、pulse 的波形を示す 変動幅は 10KR 程度、地磁気擾乱時の朝方 (03 h~06 h local time) に多く観測される 図 5 に示すように、地磁気脈動との相関は非常によい



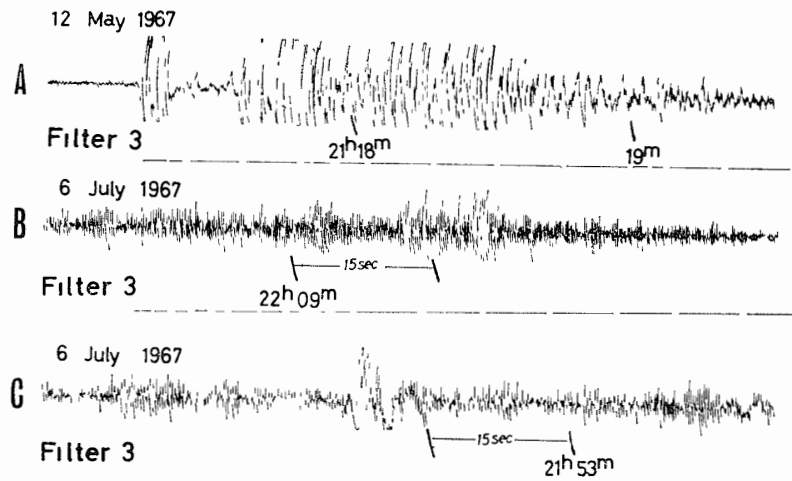


図 8 超短周期 (20~30Hz) 極光脈動

Fig 8 Extremely rapid fluctuations of a frequency about 20-30 Hz

(iii) 準正弦的な波形を示し、周期10秒、振幅数KR程度の定常的な変動。現象の継続時間は1~3時間位。朝方4h~9h local timeに多く観測される。地磁気脈動との相関は良い (図6)。

(iv) 図7 A, B に示される周期2秒~0.5秒程度の変動。これ等の短周期変動は地磁気脈動

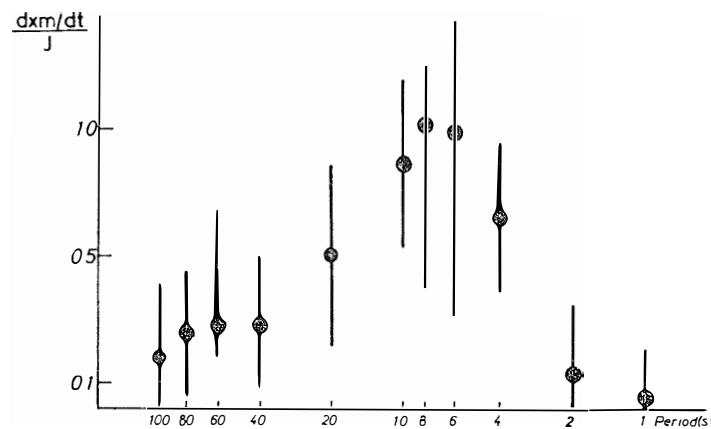


図 9 極光脈動の周期に対する地磁気脈動の response 曲線

J 極光脈動の振幅 (KR)

$dxm/dt$  地磁気脈動  $xm$  成分の振幅 ( $\gamma/s$ )

Fig 9 Correlation between the period of auroral pulsations and  $\frac{dxm/dt}{J}$

J auroral luminosity

$dxm/dt$  time derivative of the amplitude of geomagnetic pulsation ( $xm$ )

との相関はほとんどない．振幅は 1 KR 程度．

(v) 図 8 B, C に示される周波数 20~30 Hz の超短周期脈動．この型の脈動は，現象の数は少ないが，多くは 20 h~24 h local time に観測された．振幅は 0.5 KR 程度．

以上の分類は，まだ最終的なものではなく，更に詳しい検討を必要とする．

極光脈動と地磁気の脈動との相関は，統計的にみて周期に依存して，周期の長いもの程良く，周期約6秒より短いものは，相関が急に悪くなる傾向がある（図 9）．

### 3.2. 極光輝度の時間・空間変化図

極光輝度子午線掃天観測装置の観測資料例を図10に示す 図11および12は，この観測資料

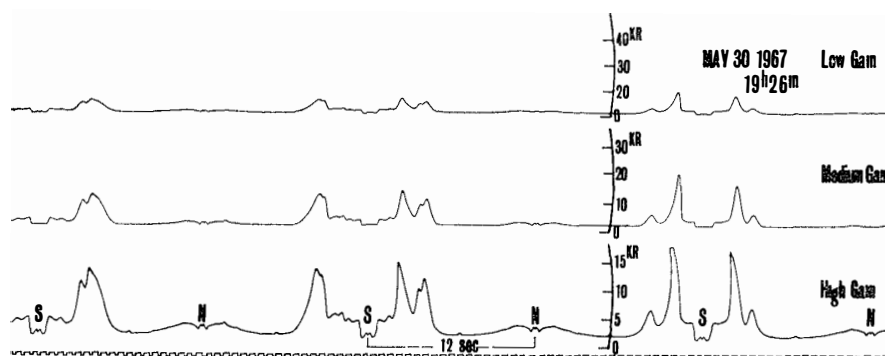


図 10 極光輝度子午線掃天観測装置の観測 data 例

Fig 10 Chart record obtained by the meridian scanning photometer.

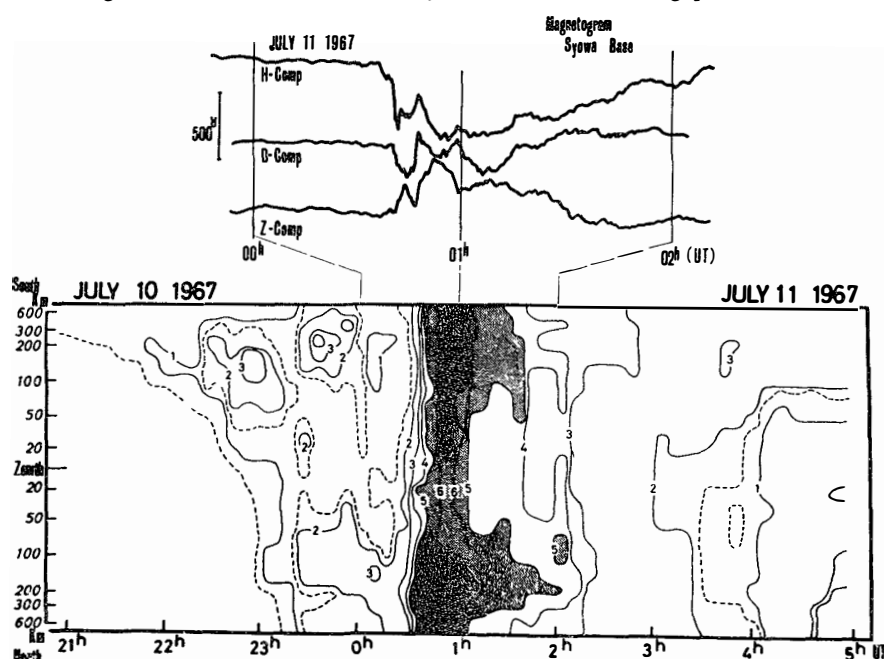


図 11 極光輝度の時間空間変化図および地磁気変動記録

Fig 11 Time and space variations of the auroral luminosity and the magnetogram

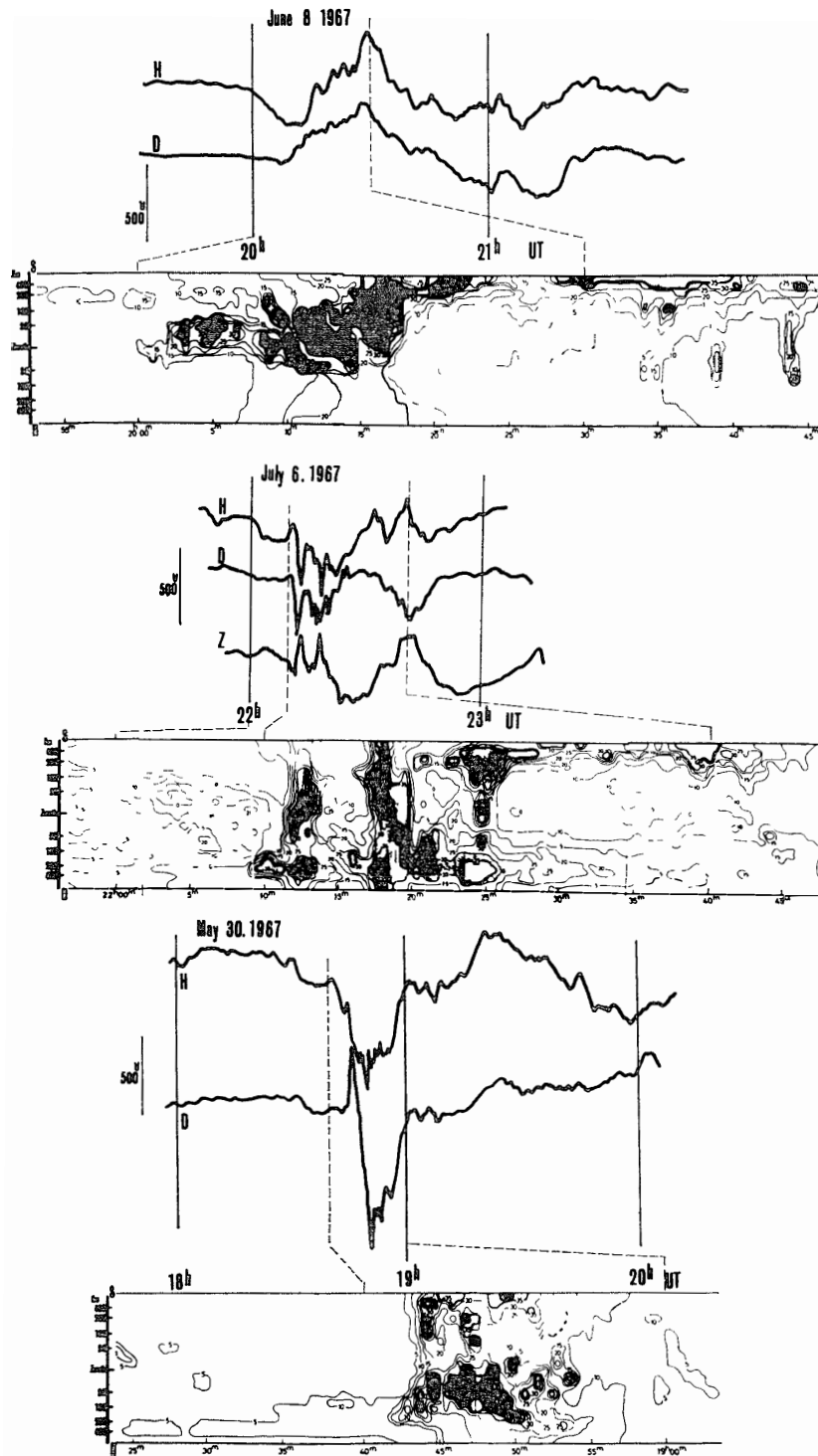


図 12 極磁気嵐時の極光輝度時間空間変化図

Fig 12 Time and space variations of the auroral luminosity during the auroral substorms

表2 極光輝度の時間・空間変化図リスト

Table 2 The time and space variations of auroral luminosity

Date		Time			
		Start		End	
May	1	22 <sup>h</sup>	00 <sup>m</sup>	23 <sup>h</sup>	10 <sup>n</sup>
	2	19	50	20	40
	25	21	05	21	55
	25-26	23	10	01	15
	28	18	45	19	20
	30	18	05	19	10
June	2-3	23	15	00	25
	4-5	16	35	05	10
	5-6	15	15	23	15
	6	15	00	23	05
	8-9	14	40	01	30
	29-30	19	00	05	10
July	5-6	19	50	05	15
	6-7	19	00	02	05
	10-11	21	50	05	00
	11-12	18	45	05	00
	14	21	00	23	10
	27-28	18	15	02	03
Sept	1-2	17	50	02	20
	2-3	18	45	01	40
	3	21	15	23	30
	8-9	19	00	02	00
	9-10	18	05	01	45
	29-30	18	15	00	30
	30	23	10	23	30
Oct	8	20	10	21	50

を読み取って作られた極光輝度の時間空間変化図を示す。この変化図は表2に示される25日間のものが作製されている。またこの変化図を詳しく調べ——極光のふるまひは、昭和基地付近を中心として極磁気嵐 (Polar substorm) が起るときには

- (i) 極磁気嵐開始前5分～20分前から極光の極側から赤道側（昭和基地においては南から北）への動きが始まる
- (ii) 極磁気嵐開始前5分～10分前までに、極光は昭和基地の天頂を通過し、赤道側(北方) 300～500km まで到達する。
- (iii) 極磁気嵐開始時、赤道側にある極光が突然5～6倍の明るさになり、
- (iv) 開始後数分のうちに、ほぼ全天の極光の明るさが一様に増し(4～6倍)、その中に特に明るい所(アーク)(10～20倍)が不規則に輝く。
- (v) 特に明るい所(アーク)は、総体的には極方向(南方)に動き、その速さは、ほぼ200km

～300km毎秒位である。アークは極方向に動くときには光度が増し、赤道方向（北方）に動くときには光度が減る傾向が認められる。

(vi) 極嵐の終息時には、極光活動は極側（南方）に退く

### 3.3. 極光の形態の変化と運動

極光の形態が、時間的、空間的に変化するかは、超高層物理分野の極域諸現象を解明するのにはなほ重要である。その目的のために、全天カメラによる観測とあいまって、ステール写真による連続撮影が行なわれた。観測方法は、屋外の写真撮影者（神沼）と観測棟内で地磁気、極光、および自然電波の観測を行なう者（平沢）とがトランシーバーで連絡を保ちながら撮影を行なった。そのうちのいくつかの興味ある結果が図13, 14, 15に示されている。図13は極磁気嵐最中の極光。図14は同しく極磁気嵐時に天頂近くで見られるコロナ状極光の形態変化、図15は、極光のループ形態の形成と形成後の空間的運動（移動）。図16は自然電波（VLF放射）を発する極光の形態等を示す。

## 4. む す び

第8次越冬隊極光部門が行なった観測の項目、方法、経過および結果の概略を述べた。成果の詳細は、今後逐次別報として出すつもりである。この報告が、私達の観測負荷を他の人々が利用されるための手引となれば幸である。

最後に、観測実施にあたって、ご指導とご協力を賜った第8次観測隊各位に厚く謝意を表します。

(1969年 5月12日受理)

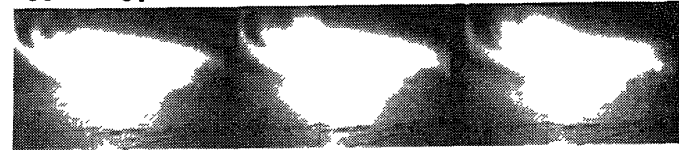
JUNE 4 21<sup>h</sup>55<sup>m</sup> E.



58<sup>m</sup>



59<sup>m</sup> S.



22<sup>h</sup>00<sup>m</sup>



JUNE 4 22<sup>h</sup>45<sup>m</sup> SW.



46<sup>m</sup>



47<sup>m</sup> SE.



図 13 (a) スチール連続写真, 極磁気嵐最中の極光

Fig. 13 (a). Serial variations of the aurora during the substorms

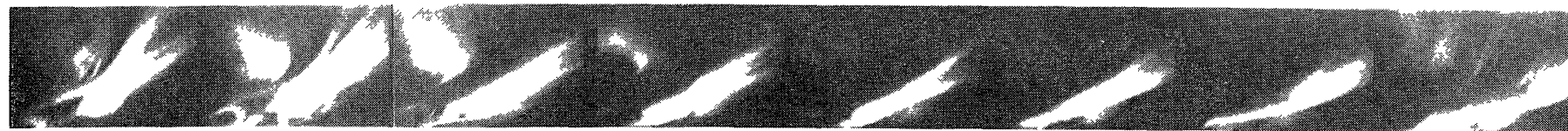
JUNE 30 00h19m SW.



20m



AUG. 7 23h14m E.



15m



図 13 (b) スチール連続写真, 極磁気嵐最中の極光

Fig 13 (b) Serial variations of the aurora during the substorms

JUNE 4 23<sup>h</sup>10<sup>m</sup> ZENITH

13<sup>m</sup>



JUNE 5 23<sup>h</sup>20<sup>m</sup> ZENITH



25<sup>m</sup>



SEPT. 29 21<sup>h</sup>58<sup>m</sup> ZENITH



22<sup>h</sup>00<sup>m</sup>



OCT. 8

03<sup>m</sup>

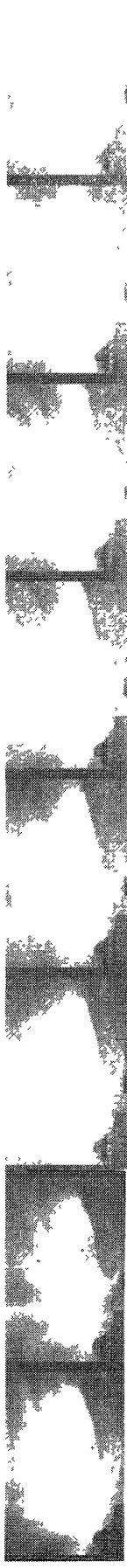


図 14 スチール連続写真, 極磁気嵐時に天頂近くで見られるコロナ状極光の形態変化

Fig 14 Serial variations of auroral corona in zenith



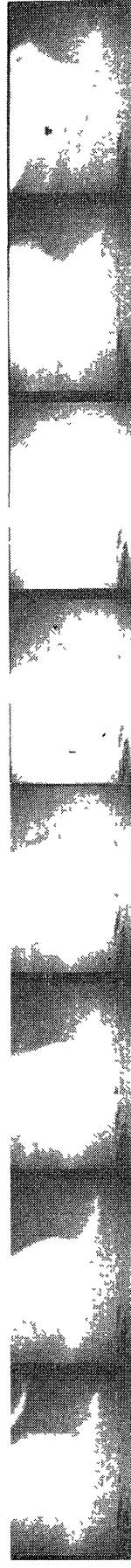
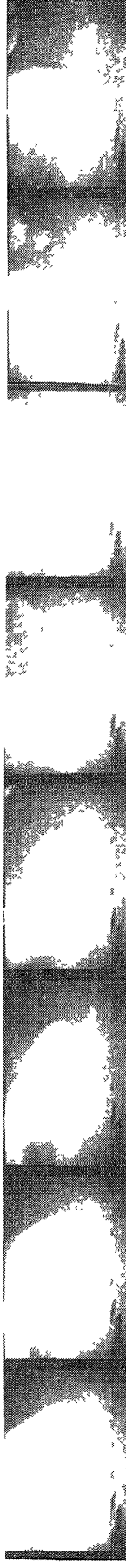
SEPT. 1 19<sup>h</sup>17<sup>m</sup> E.



16 m



MAY 3 19<sup>h</sup>35<sup>m</sup> NE.



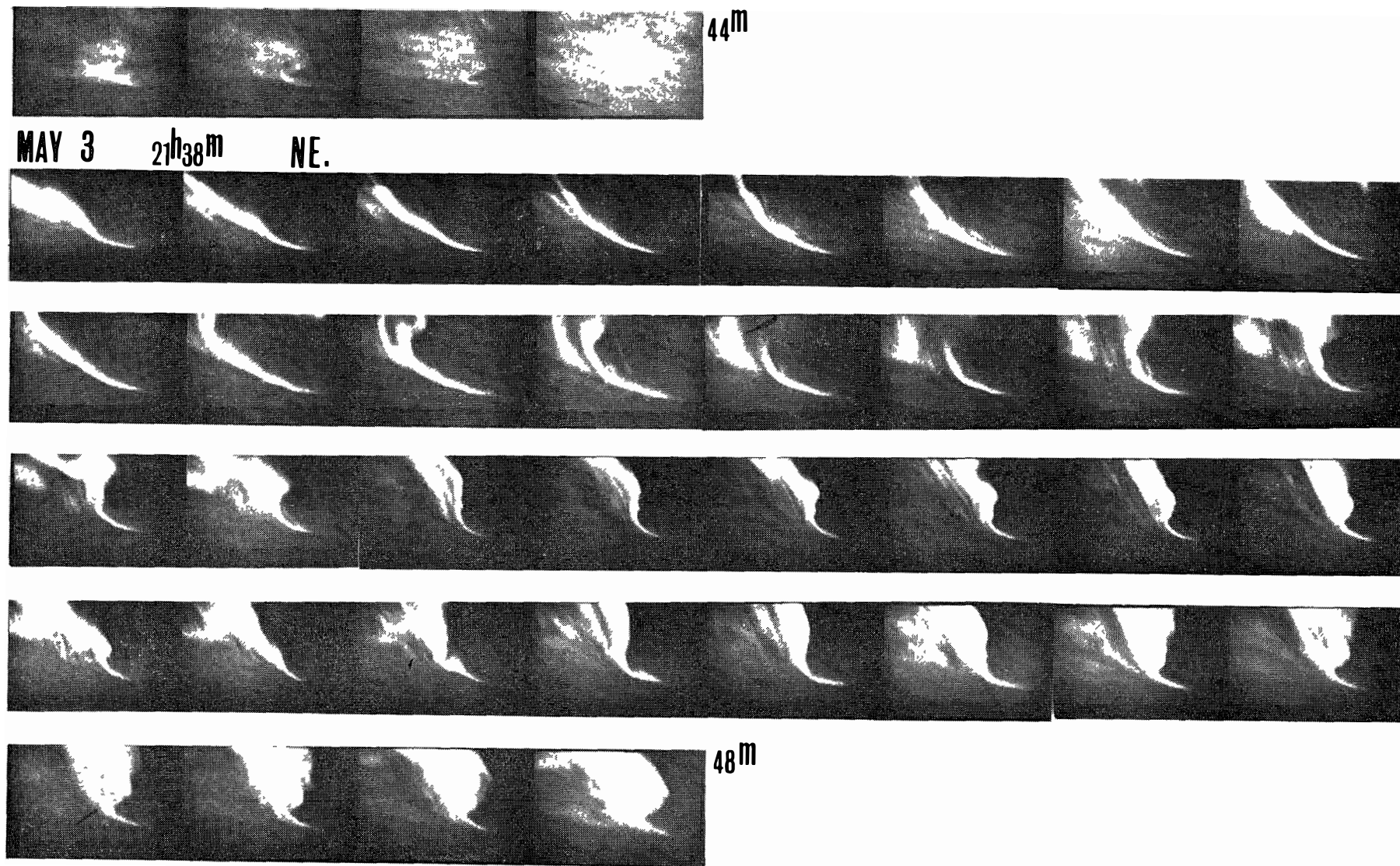
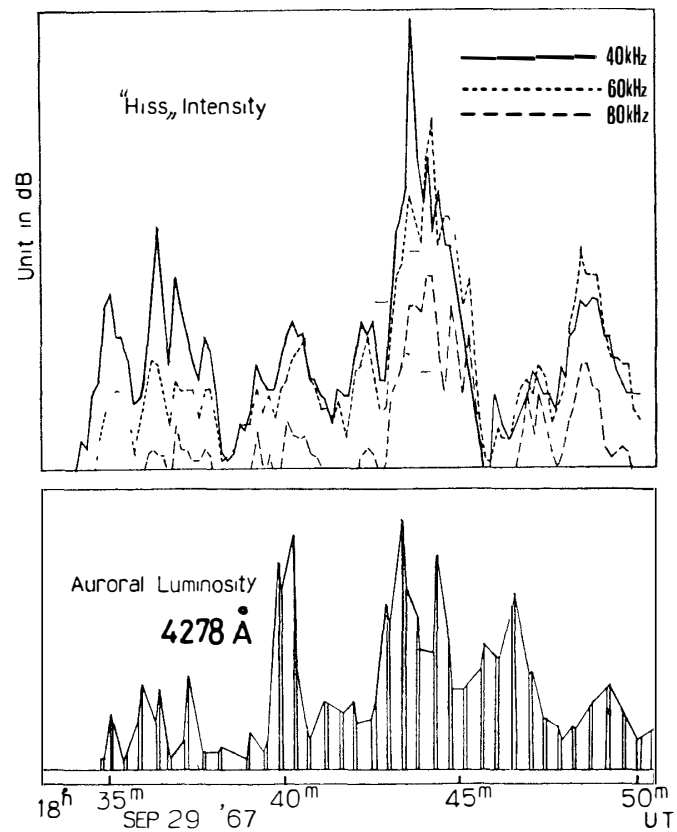


図 15 スチール連続写真，極光のループ形態の形成と形成後の移動  
 Fig 15. Formations and eastward movements of auroral loops.



SEPT. 29 18h40m E.

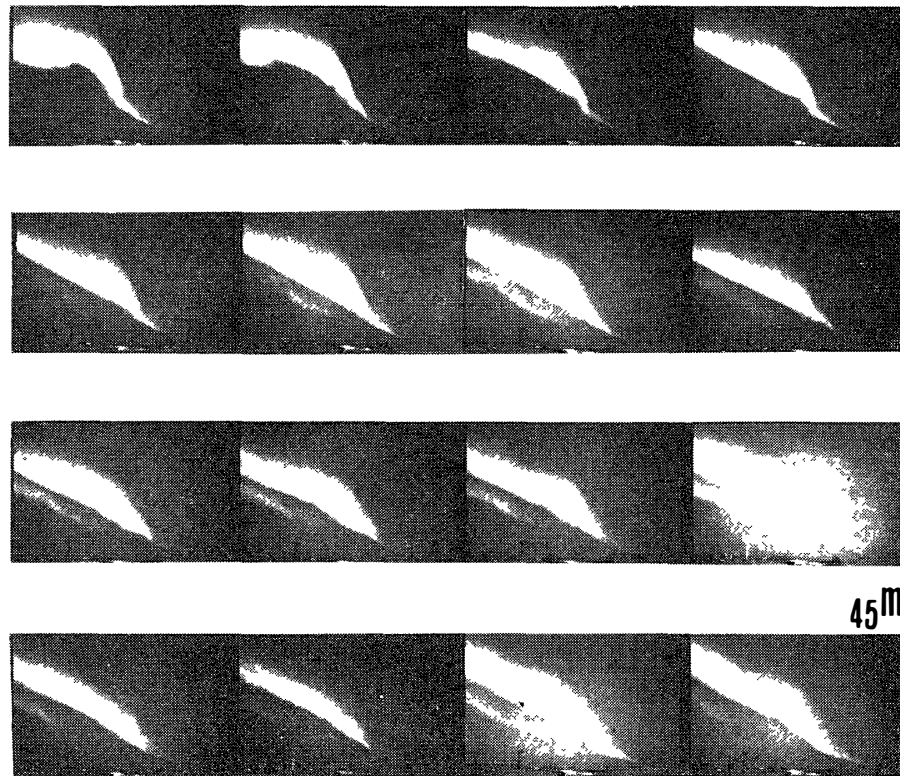


図 16 スチール写真, 自然電波 (VLF 放射) を発する極光

Fig 16 Correlation between the intensity of VLF-Hiss and the luminosity of the auroral arc. The form of the arc is also shown.