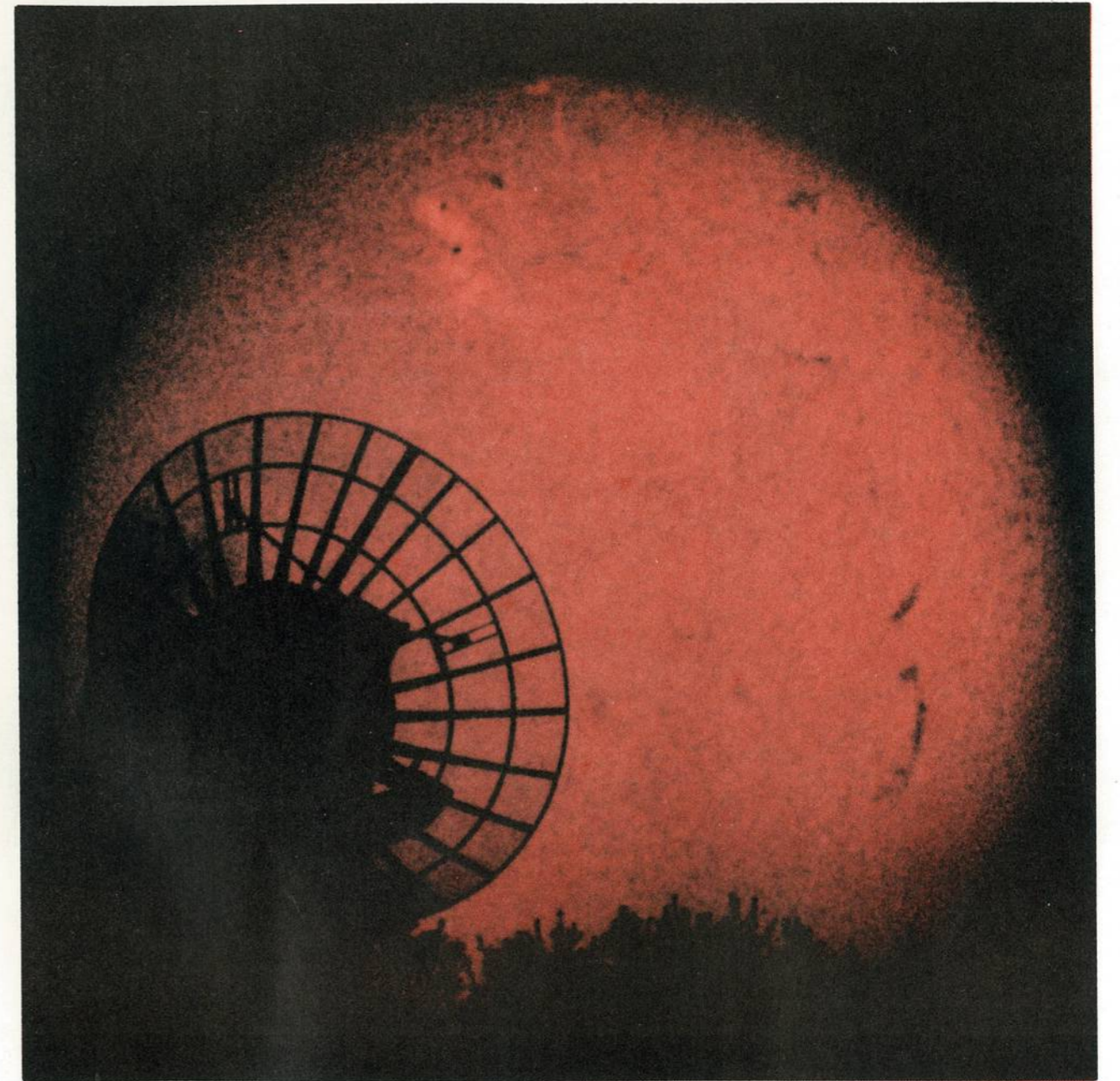


# 電波じょう乱予報

テレホンサービスガイド



郵政省通信総合研究所

1988年

# 電波じょう乱予報テレホンサービスガイド

## 目 次

1. はじめに	1
2. テレホンサービスシステム	1
2.1 システムの概要と運用	1
2.2 システムの所在地	2
3. 予報文の説明	3
3.1 概 況	3
ア. 黒点群の活動	3
イ. デリンジャー現象	3
ウ. 地磁気活動	3
エ. 短波通信状態悪化の原因	3
オ. 短波通信状態	3
3.2 週間電波じょう乱予報	4
ア. 黒点群の活動予報	4
イ. デリンジャー現象発生の予報	4
ウ. 短波通信状態の予報	4
3.3 異常現象速報	4
ア. 報告される異常現象	4
イ. 太陽フレア	4
ウ. プロトン現象	4
エ. デリンジャー現象	4
オ. 地磁気嵐	5
3.4 太陽黒点数の予報	5
4. 太陽・地磁気活動と電波じょう乱現象の解説	7
付図 テレホンサービスを行う主局と従局の配置	11

### 〈表紙の説明〉

表紙の写真は、平磯支所で1986年2月12日観測したH $\alpha$ 線単色太陽像に、太陽電波望遠鏡のシルエットを合成したものです。太陽面上には黒点、フレア、暗条（ダークフィラメント）等のじょう乱が見られます。

## 1. はじめに

通信総合研究所は短波通信の効率的運用に資するために、種々の電波じょう乱予報を実施しています。このうち、1週間先までの日々の伝搬状況の予測及び太陽フレア発生に伴うデリンジャー現象の予報を行う「週間電波じょう乱予報」は毎週2回(火、金曜日)発令し、はがきで利用者の方々に通報して参りました。このたび、業務を省力化するとともに、予報内容の拡大充実を図るため、はがきによる周知方式を廃止し、その代わりに昭和61年4月1日から自動応答式の電話により、電波じょう乱情報をサービスすることになりました。

このテレホンサービスでは、短波伝搬状況の予報に加えて、伝搬じょう乱を引き起こす要因である太陽活動、地磁気活動の概況及び異常現象速報を含む太陽地球間じょう乱予報も行います。

この小冊子は、新しい電波じょう乱情報テレホンサービスを広く利用していただくため、システムの概要及びその運用方法を紹介するとともに、予報情報の概要及び予報発令基準について説明したものです。更に電波じょう乱現象の物理的背景を御理解いただくために、第4章に太陽地球間諸現象について解説してあります。

サービス内容に関しては今後とも利用状況に応じて改善に努める考えですが、御意見、御要望があれば、下記へお寄せ下さい。

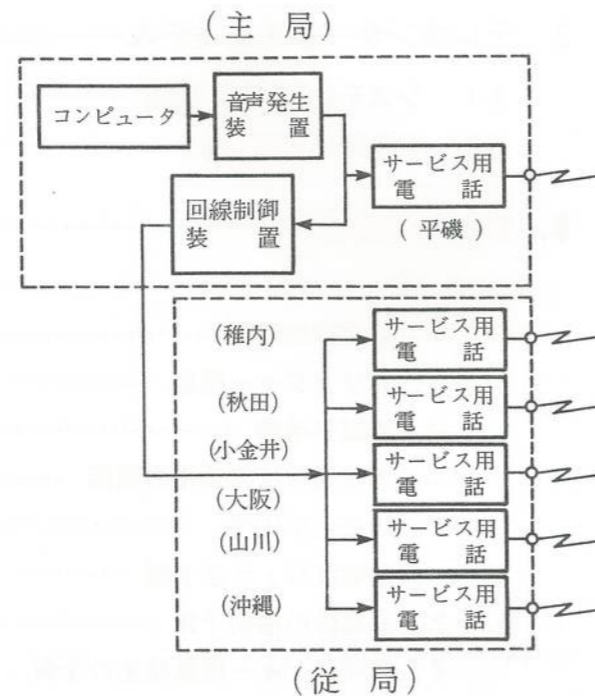
郵政省通信総合研究所平磯支所  
通信障害予報研究室  
〒311-12 茨城県那珂湊市磯崎町3601  
電話 0292-65-7121 内線221



## 2. テレホンサービスシステム

### 2.1 システムの概要と運用

本システムは、自動応答式の電話により電波じょう乱情報を提供するテレホンサービスシステムで、主局(平磯支所)及び全国5か所の従局に設置したサービス用電話により全国的に同一内容の情報サービスを行うものです。



第1図 テレホンサービスシステムの構成図

第1図はシステムの構成図です。主局ではコンピュータにより予報文を作成し、音声発生装置により150秒以内の音声情報に変換して主局サービス用電話内蔵の音声テープに録音するとともに、電話回線を通じて各従局のサービス用電話にも録音します。

サービス内容は太陽活動、地磁気活動、短波通信状態の現況と予報、太陽地球間に発生した異常現象の速報及び太陽黒点相対数の観測値と予報値で、第3章末尾に示す予報文形式に従って録音されています。この予報文の内容については第3章で詳しく説明します。

予報内容の更新は毎日午前11時に行いますが、そのほかにも、状況に応じて随時更新します。

### 2.2 システムの所在地

第1表は主局及び従局の所在地と電話番号です。表にはテレホンサービス用電話番号とお問い合わせ用電話番号を示してあります。お問い合わせ用電話は、テレホンサービス内容よりも更に詳しく状況を知りたい場合、又はテレホンサービスにつ

いて御質問、御意見等をお寄せいただく場合に利用して下さい。

これらの局の配置は付図に示します。図中の●印は主局、従局、●印は犬吠電波観測所の位置です。この図を参考に最寄りの局のテレホンサービスを御利用下さい。なお、将来従局を増やしてサービスを改善することも考えています。

第1表 主局、従局の所在地と電話番号

名称	住所	テレホンサービス用電話番号	問い合わせ用電話番号	備考
郵政省通信総合研究所平磯支所	〒311 茨城県那珂湊市磯崎町3601	0292-65-7575	0292-65-7121	主局
通信総合研究所稚内電波観測所	〒097 北海道稚内市緑2丁目3の20	0162-22-4949	0162-23-3386	従局
通信総合研究所秋田電波観測所	〒010 秋田県秋田市手形住吉町6の1	0188-31-1919	0188-32-3767	従局
通信総合研究所本所	〒184 東京都小金井市貫井北町4丁目2の1	0423-21-4949	0423-21-1211	従局
近畿電気通信監理局	〒540 大阪府大阪市東区大手前之町大阪合同庁舎第1号館	06-949-4949		従局 問合せ不可
通信総合研究所山川電波観測所	〒891 鹿児島県揖宿郡山川町成川2719	09933-4-1919	09933-4-0077	従局
通信総合研究所沖縄電波観測所	〒901 沖縄県中頭郡中城村字久場台城原829の3	09889-5-4949	09889-5-2045	従局
通信総合研究所犬吠電波観測所	〒288 千葉県銚子市天王台9961		0479-22-0871	問合せのみ



### 3. 予報文の説明

テレホンサービスの内容は、概況、週間電波じょう乱予報、異常現象速報及び太陽黒点数予報の4項目から成っています。これらの多くの情報を限られた時間内にお伝えするために、各項目は末尾の予報文に示すように、幾つかの選択肢を含んだ簡潔な文章で構成され、それらの選択肢の中から語句を選んで予報文を作成します。以下に、各項目の概要と予報発令の基準について説明します。文中の技術用語については第4章を参照して下さい。

#### 3.1 概況

予報発令時における太陽活動、デリンジャー現象及び地磁気活動に加えて、短波通信状態についての現況と24時間以内の短期予報をお知らせします。予報内容は原則として毎日11時に更新されます。

##### ア. 黒点群の活動(選択肢A, B)

黒点群の発達の状態により今後24時間以内に発生する現象を予測し、全世界的な基準(世界警報本部WWAを中心とし、西太平洋地域警報センター(通信総合研究所)を含む5つの地域警報センター間で取り決めた基準)に従って以下のように予報します。

**やや活動的:** 4個以下のMクラスのX線フレア、大きなマイクロ波帯電波異常輻射、デリンジャー現象等が今後24時間以内に発生する可能性がある。ここで、X線フレアとはX線を放射するフレア現象で、X線強度の小さい方から順にC, M, Xクラスに分類されます。

**活動的:** 5個以上のMクラスX線フレア、大きなマイクロ波帯電波異常輻射、大きなデリンジャー現象、1~2個の重要度2の太陽フレア、XクラスのX線フレア等が今後24時間以内に発生する可能性がある。太陽フレアの重要度については3.3節イを参照して下さい。

**非常に活動的:** プロトン現象(3.3節ウ

参照)、重要度2以上の太陽フレア、顕著なマイクロ波帯電波異常輻射、XクラスのX線フレア、非常に大きなデリンジャー現象等が今後24時間以内に発生する可能性がある。

##### イ. デリンジャー現象(選択肢C)

重要度1以上のデリンジャー現象を対象に、以下の基準で予報します。デリンジャー現象の重要度については異常現象速報の節で説明します。

**発生していません:** 過去48時間の間に発生していないので、今後24時間以内に新たに発生する確率は30%未満と見込まれる。

**時々発生しています:** 過去48時間の間に1~2回発生しており、今後24時間以内に新たに発生する確率は30%以上70%未満と見込まれる。

**頻繁に発生しています:** 過去48時間の間に3回以上発生しており、今後24時間以内に新たに発生する確率は70%以上と見込まれる。

##### ウ. 地磁気活動(選択肢D)

今後24時間以内の中緯度の地磁気活動指数(K指数; 3時間ごとと1日8個の指数)の1日の総和 $\Sigma K$ を予想し、以下の基準で予報します。

**静穏** :  $0 \leq \Sigma K \leq 16$

**やや活発** :  $17 \leq \Sigma K \leq 24$

**活発** :  $25 \leq \Sigma K \leq 32$

**非常に活発** :  $33 \leq \Sigma K$

##### エ. 短波通信状態悪化の原因(選択肢E)

短波通信状態が**不安定**、**非常に不安定**になる原因として、地磁気活動によるもの、デリンジャー現象によるもの及び冬季異常吸収(第4章参照)によるものの中から該当するものを選びます。

##### オ. 短波通信状態(選択肢F)

短波通信の受信電界強度の今後12時間にわたる平常値からの減衰量を予想し、以下

の基準で予報します。

**安定** : 5dB未満

**不安定** : 5dB以上15dB未満

**非常に不安定** : 15dB以上

なお、この予報は、従来日本の標準電波(JJY)の放送の中で、10分ごとにモールス符号で放送される短波通信じょう乱の短期予報**N**(安定)、**U**(不安定)、**W**(非常に不安定)と同じものです。平磯支所では、緯度や到来方向の異なる複数の短波回線の電界強度を常時観測しており、それらの変化を総合的に評価して予報しています。

#### 3.2 週間電波じょう乱予報

1週間にわたる太陽活動、デリンジャー現象及び短波通信状態を予報するもので、予報の内容は原則として毎週火曜日と金曜日の2回更新されます。

##### ア. 太陽黒点群の活動予報(選択肢G, H)

選択肢Gの基準は選択肢Aの基準と同じですが、今後1週間以内の変化を予想して選択肢Hを選びます。

##### イ. デリンジャー現象発生の予報(選択肢I)

重要度1以上のデリンジャー現象が予想される日又は期間とその発生を、以下の基準で予報します。

**ないでしょう:** 発生確率30%未満

**ややあるでしょう:** 発生確率30%以上50%未満

**かなりあるでしょう:** 発生確率50%以上

##### ウ. 短波通信状態の予報(選択肢J, K)

短波通信状態の悪化が予想される日または期間と、その程度を予報します。選択肢Kの**不安定**と**非常に不安定**の基準は選択肢Fの基準と同じです。選択肢Jで地磁気嵐の発生を予想し、更に、それにより引き起こされる通信じょう乱を予想するわけですが、地磁気嵐により通信じょう乱が発生する統計的な割合は季節により大きく異なり、夏は70%、春秋は50%、冬は30%程度とな

ります。短波通信状態の予報の適中率は、地磁気嵐発生予想の適中率にこの割合を掛けたものになりますから、特に冬季の予報は難しくなります。

#### 3.3 異常現象速報

過去数日間に発生した主な太陽フレア、プロトン現象、デリンジャー現象及び地磁気嵐の概要をお知らせします。現象の発生、終了等の時刻は世界時(UT)を用います。世界時(UT)に9時間を加えると日本標準時(JST)となります。報告の中の時刻や規模等は速報値なので、後で多少修正されることがあります。

##### ア. 報告される異常現象(選択肢L)

太陽フレア、プロトン現象、デリンジャー現象及び地磁気嵐のうち、観測された主な現象を報告します。

##### イ. 太陽フレア

太陽フレアの重要度はH $\alpha$ 線(第4章参照)観測によるフレア極大時の補正面積(見かけの面積の減少効果を補正したもの)により、次のように定義されています。

**重要度0:** 2.0平方度以下(微小フレア)

**重要度1:** 2.1~5.1平方度

**重要度2:** 5.2~12.4平方度

**重要度3:** 12.5~24.7平方度

**重要度4:** 24.8平方度以上

ただし1平方度は太陽面上 $1.5 \times 10^8 \text{ km}^2$ に相当します。

##### ウ. プロトン現象(選択肢M)

大きなフレアに伴って放出される高エネルギープロトン(太陽宇宙線)の衛星による観測の速報です。選択肢Mの中のフラックス値は単位面積(平方センチメートル)、単位立体角(ステラジアン)、単位時間(秒)当たりに観測される10MeV以上のエネルギープロトンの個数です。プロトン現象は継続時間が長く、時には数日間続くこともあるので、報告時に最大フラックスに達していない場合には**選択肢現在継続中**となります。

##### エ. デリンジャー現象

デリンジャー現象は、現象終了後に平磯支所の観測を基に発生時刻、重要度及び継続時間を速報します。平磯支所では、モニターしている複数の短波回線の電界強度の低下の程度を総合的に評価して、以下の基準で重要度を決定していますが、回線の条件によっては、必ずしもこの基準と一致しない場合があります。

- 重要度 0 : 10dB未満
- 重要度 1 : 10dB以上20dB未満
- 重要度 2 : 20dB以上30dB未満
- 重要度 3 : 30dB以上

オ. 地磁気嵐 (選択肢 N, O)

この速報は気象庁地磁気観測所 (茨城県新治郡八郷町柿岡) の報告に基づいています。

一般に、中緯度で観測される典型的な地磁気嵐は、地磁気水平成分 (H成分) のわずかな上昇で始まり (初相)、その後大きく減少し (主相)、やがて回復に向かう (終相) という開始から終りまで1日から数日程度の経過をたどります。

選択肢 N において、初相が磁場の急上昇で始まる急始型地磁気嵐の場合には正確に開始時刻を報告できますが、緩やかな上昇で始まる緩始型地磁気嵐では開始時刻が何時ごろという表現になります。

選択肢 O の中の最大○ナノテスラとは、地磁気嵐の H 成分の最大の減少量 (平常値からの偏差) を示します。

3.4 太陽黒点数の予報

太陽黒点数の予報では、前日又は前々日の黒点相対数観測値及び前月の月平均値、並びに当月から2か月先までの12か月移動平均予報値をお知らせします。毎日の観測値は世界警報本部 (WWA) から入手する情報に基づき、前月の月平均値と当月から2か月先までの予報値は、それぞれブリュッセル (ベルギー) の太陽黒点指数データセンターが発表している、国際月平均黒点数  $R_1$  の暫定値及び12か月移動平均値  $R_{12}$  を用います。一般に、

短波通信回線の最高使用可能周波数 (MUF) と最低有効周波数 (LUF) は太陽黒点数をパラメータにして予測することができます。通信総合研究所では昭和61年3月に「日本中心の短波伝搬曲線集 (短波を上手に使う法)」を出版しました。この曲線集は0, 50, 100及び150の4段階の太陽黒点数に対して、日本周辺及び日本を中心とした全世界の合計約70地点との間の12か月にわたるMUF とLUF を集大成したものです。この曲線集によりテレホンサービスの12か月移動平均予報値を用いて、希望する回線の2か月先までのMUFとLUFを予測することができます。



予報文選択肢

【予報文】

通信総合研究所○月○日○時発令の電波じょう乱予報をお知らせします。

〔概況〕

はじめに、概況です。

太陽面には <sup>A</sup> [ やや ] 活動的な [ 非常に ] 黒点群 <sup>B</sup> [ はなく、 ] [ があり、 ] [ がありますが、 ] デリンジャー現象 <sup>C</sup> [ は発生していません。 ] [ が時々 ] [ が頻繁に ] 発生しています。

地磁気活動は <sup>D</sup> [ 静穏 ] [ やや ] 活発 <sup>E</sup> [ なので、 ] [ ですが、 ] [ デリンジャー現象により ] [ 冬季異常吸収により ] 短波通信状態は <sup>F</sup> [ 安定 ] [ 不安定 ] [ 非常に不安定 ] です。

〔週間電波じょう乱予報〕

次に、○月○日から○月○日までの週間電波じょう乱予報です。

太陽面には <sup>G</sup> [ やや ] 活動的な [ 非常に ] 黒点群 <sup>H</sup> [ はありません。 ] [ があります。 ] [ があり、発達中です。 ] [ がありますが、衰退中です。 ]

デリンジャー現象の発生する可能性は <sup>I</sup> [ ないでしょう。 ] [ ○日、…、に ] [ やや ] [ かなり ] あるでしょう。

短波通信状態は <sup>J</sup> [ 今期間中は安定でしょう。 ] [ 太陽フレアによる ] [ 回期性の ] 地磁気嵐のため <sup>K</sup> [ ○日、…、に ] [ 不安定 ] [ 非常に不安定 ] となるでしょう。

〔異常現象速報〕

次に、○月○日○時 <sup>L</sup> [ 以後大きな異常現象は発生していません。 ] [ 以後に発生した主な (太陽フレア、プロトン現象、デリンジャー現象、地磁気嵐) を世界時でお知らせします。 ]

太陽フレア。○日○時○分 UT に発生。重要度○。

プロトン現象。○日○時 UT ごろに発生。 <sup>M</sup> [ 現在継続中。 ] [ ○日○時 UT ごろに最大プロトンフラックス○。 ]

デリンジャー現象。○日○時○分 UT に発生。重要度○。継続時間○分。

地磁気嵐。 <sup>N</sup> [ ○日○時○分 UT に ] [ ○日○時 UT ごろに ] 発生。 <sup>O</sup> [ 現在継続中。 ] [ ○日○時 UT ごろに終了。最大○ナノテスラ。 ]

〔黒点数予報〕

おわりに、○月○日の太陽黒点相対数は○で、○月の月平均値は○でした。短波伝搬を予測するための○月、○月、○月の太陽黒点数予報値は、それぞれ○、○、○です。

詳しいお問い合わせは平磯支所、電話水戸0292. 65局 7121 又は最寄りの通信総合研究所及び電波観測所で、平日の午前9時から午後4時まで受け付けています。

これで電波じょう乱予報を終わります。

付記：予報文中の○には該当する数値が入ります。

#### 4. 太陽・地磁気活動と電波 じょう乱現象の解説

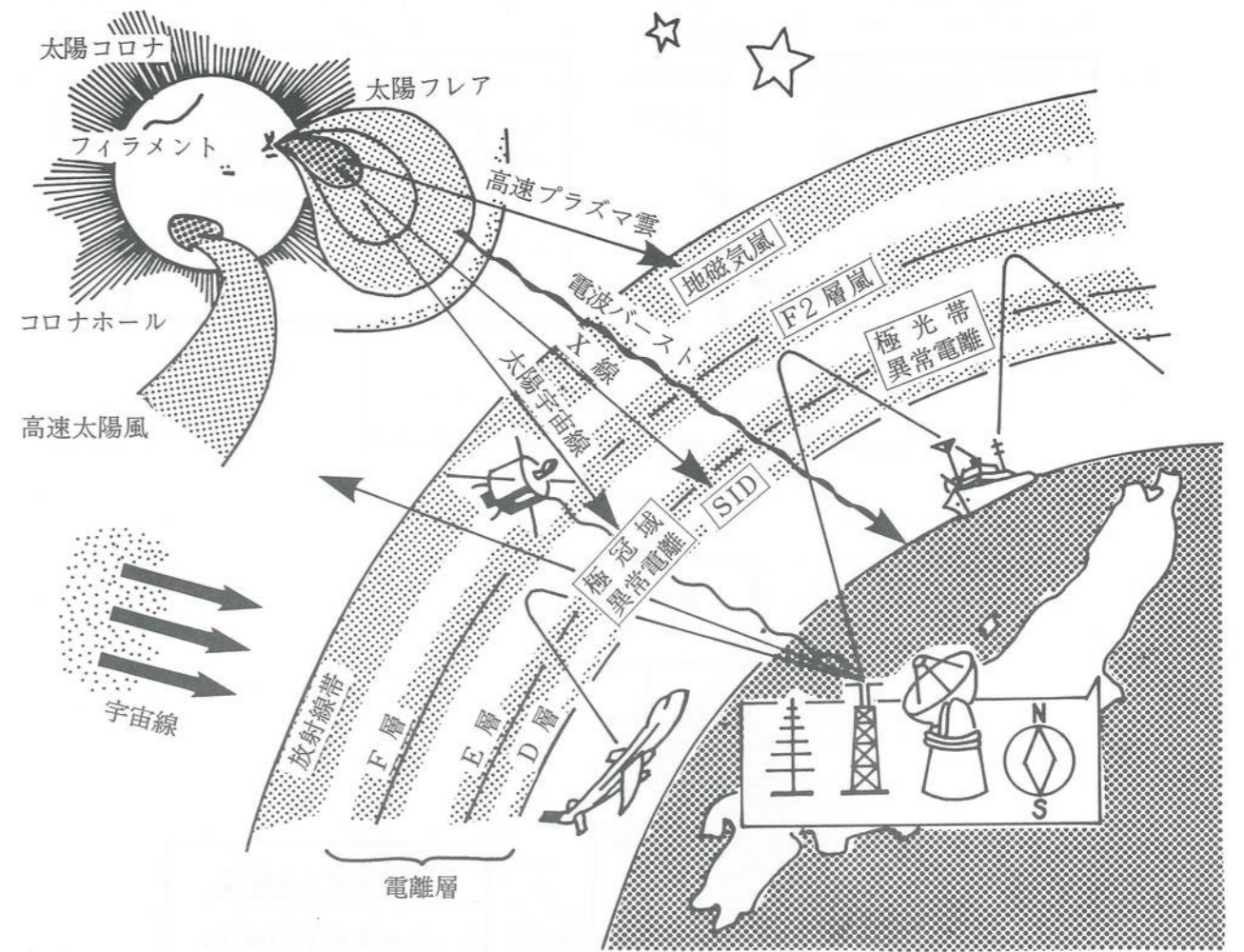
地球の上空の大気は主に太陽の紫外線により電離され、その結果下からD層(50km~90km), E層(90km~130km)及びF層(130km~数1000km)と呼ばれる電離層が形成されます。この電離層に、何らかの原因によって異常電離や不規則構造が生ずると、短波通信が影響を受けるばかりではなく、近年急速に発展した宇宙通信、測位、リモートセンシング等の分野に使用される超長波帯からマイクロ波帯までの広い周波数帯の電波に、好ましくない振幅や位相の変動が現われます。これらの現象を電波じょう乱と呼んでいます。そのじょう乱の原因となる太陽・地磁気活動について以下簡単に説明します(第2図参照)。

太陽面を望遠鏡で観察すると(決して裸眼で見ないように、失明の恐れがあります)、黒点と呼ばれる黒い斑点の集まりが見ることがあります。この黒点群を何日間か注意深く観察していると、その位置が毎日少しずつ移動し、形や大きさも変化していることに気がつくでしょう。黒点群の位置が規則的に移動するのは、太陽の自転(地球に対して見かけ上周期約27日)によるものですが、黒点群が発生してから消滅するまでの間の形や大きさの変化の様子は一様ではなく、予測し難いものです。一般に黒点群はその面積が増加し、形が複雑になるほど活動的になり、その領域から放射されるX線、紫外線や太陽電波の強度も上昇して、遂には**太陽フレア**又は単に**フレア**と呼ばれる爆発現象が引き起こされます。このフレアが発生すると、X線領域から電波領域までの広い周波数範囲にわたる強力な電磁波が放射され、同時に高速のプラズマ流が大量に放出されます。特に大きなフレアの際には、**太陽宇宙線**と呼ばれる高エネルギーのプロトン流が放出されることもあります。これらのうち、電磁波は約8分後に地球に到達しますが、その中のX線成分は下部電離層(D層)の電離を急激に増大させて、この領域を通過する短波帯電波の異常吸収による、**デリンジャー現象**又

は**SWF**と呼ばれる短波通信の障害を引き起こしたり、超長波回線の急激な位相、強度変動などの一連の異常現象を発生させます。これらの現象を**急始電離層じょう乱(SID)**と総称します。高エネルギープロトンは数時間で地球に到達し、極域の電離層に侵入して、D層の電離を増大させる結果短波回線を通信不能にしたり、超長波帯回線の位相や強度を変動させたりします。一方、フレアと同時に放出される高速のプラズマ流は、太陽から常時吹き出している太陽風と呼ばれるプラズマの流れの中を衝撃波となって進行し、ほぼ3日以内に地球周辺に到達します。そして地球がこのプラズマ雲に覆われると、地球の上層大気中に様々なじょう乱現象が発生します。それらは、地磁気嵐やオーロラ現象として地上から観測されると同時に、またその影響が電離層に及ぶと、臨界周波数が低下し、電離層反射波を用いる短波通信が障害を受けて不安定になります。

太陽活動は、よく知られているように約11年周期で変化しており、活動が盛んな時期には活発な黒点群が頻繁に出現して太陽フレアが多発します。現在(1986年)は活動の低い時期に当たっているためフレアの発生はあまり多くありません。しかし、このような時期にもフレア以外の原因で地磁気嵐が発生することがあります。この種の地磁気嵐は、太陽の自転周期ごとに繰り返し現れる性質を持っているので、**回帰性地磁気嵐**と呼ばれています。その原因はしばらくの間、なぞとされてきましたが、1973年に米国の有人衛星スカイラブによる詳しい観測の結果、太陽面上の**コロナホール**と呼ばれる、コロナの輝いていない領域から高速のプラズマ流が吹き出しており、地球がその流れの中に入ると地磁気嵐が発生することがわかりました。

このほか地磁気嵐の原因となる、太陽面現象として最近**ダークフィラメント(暗条)**の消滅現象との関連が注目されてきました。ダークフィラメントというのは、太陽面をH $\alpha$ 線(波長6563Å)という特別な光だけを通すフィルターで観測すると、みみずがはったような、暗い線状に見える部



第2図 太陽活動と電波じょう乱現象

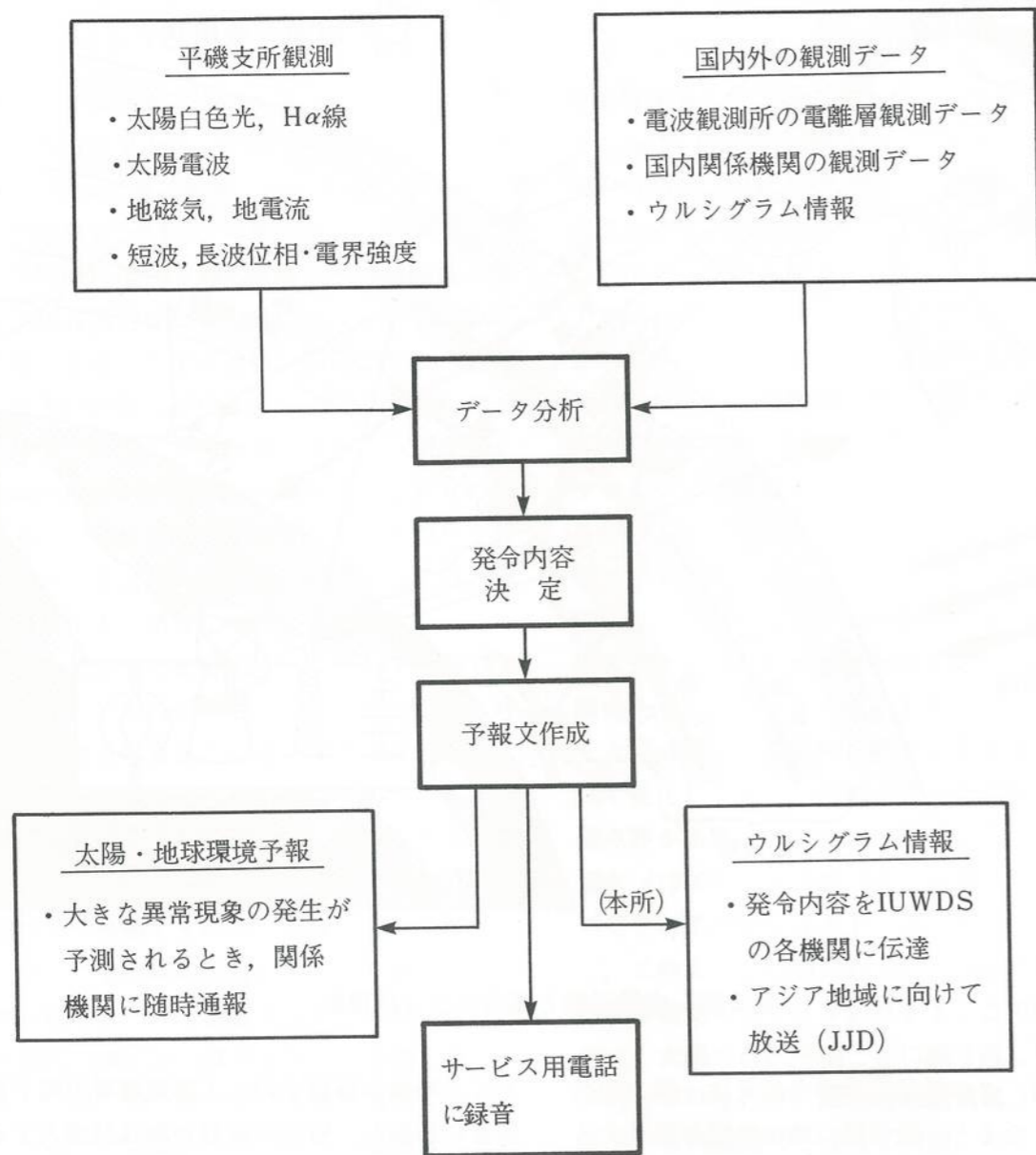
分のことで、この線状構造の全部又は一部が突然消えて無くなると、数日後に地磁気嵐が発生することがあります。このフィラメント消滅と地磁気嵐の発生との関係には、現在のところ未だ不明な点が多く、これを予報に应用するまでにはいたっていません。

このように、種々の太陽面現象に伴って地磁気嵐が発生し、更にその影響が電離層に及ぶと、短波通信が安定に行えなくなります。しかしながら、私達の長年の観測によると、地磁気嵐が起ると必ず通信障害が生ずる訳ではなく、その発生の確率は季節により異なります(第3章参照)。

これまでは、太陽面現象が電離層じょう乱と深い関係があることを説明しましたが、これらのほ

かに太陽面が静穏なのに下部電離層の電子密度が異常に増加し、短波の吸収が数日間増大することがあります。この現象は冬季のみに起こるので**冬季異常吸収**と呼ばれていますが、発生の原因はまだよくわかっておりません。

以上述べたことから、大部分の短波通信障害を引き起こす電離層じょう乱現象は、太陽地球間に発生する様々な先駆的異常現象を観測することによって予知できることがわかりただけだと思います。私達は通信総合研究所で実施している太陽、地磁気、電離層及び短波遠距離回線受信強度の定常観測と、国際ウルシグラム・世界日業務機関(IUWDS)を通じて入手される国内外の太陽地球間物理現象の観測データを基に、毎日、太陽活動、



第3図 平磯支所における電波じょう乱予報発令の作業過程

地磁気活動及び短波通信障害の予報を行っています。第3図に平磯支所における電波じょう乱予報発令の作業過程を模式的に示します。なお、IUWDSは国際的な地球物理に関する情報の交換組織で、米国コロラド州ボルダーに置かれた世界警報本部を中心に、世界に分布する5か所の地域警報センター及び5か所の準地域警報センターで構成されています。通信総合研究所は西太平洋地域警報センタ

ーに指定されており、その組織の活動の一翼を担っています。IUWDSで交換される情報の内容は太陽活動及び地磁気活動の警報と太陽、地磁気、電離層、成層圏等の観測情報で、これらはウルシグラムという共通のコードを用いて国際テレックスにより毎日相互に伝達されます。また、特別な現象が発生すると、速報が送られます。私達は、これらの情報をできるだけ早くテレホンサービスで

お伝えしたいと考えています。なお、このウルシグラム情報は呼び出し符号JJD, 周波数10.415MHzと15.950MHzの2波で、毎日16時(JST)に通信総合研究所からアジア地域全域に向けて放送されて

います。ただし、放送内容は特殊な符号なので解説書「詳解ウルシグラム・コード」(潰田一輝編著, 昭和59年, CQ出版社)を基に解読する必要があります。





付図 テレホンサービスを行う主局と従局の配置