

宇宙環境情報 テレホンサービスガイド



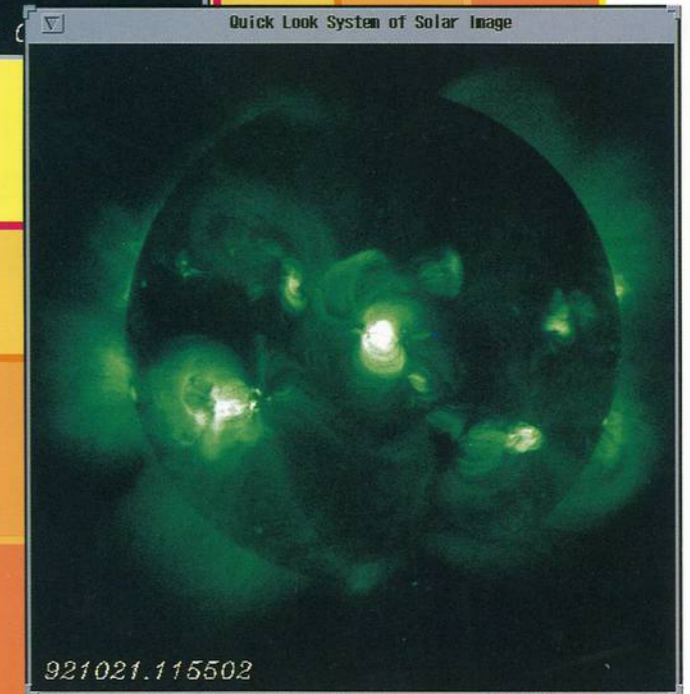
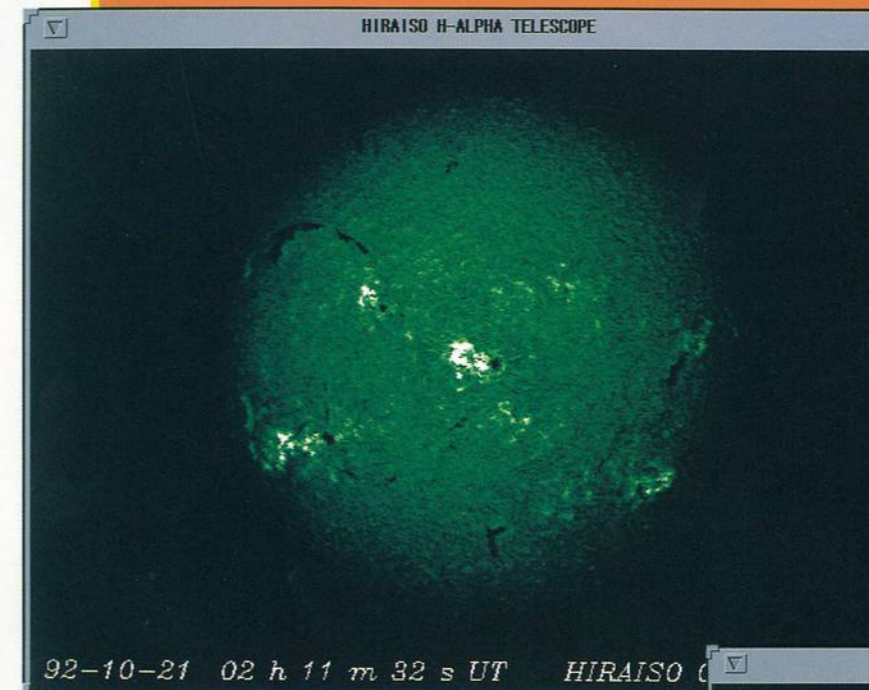
平磯宇宙環境センター

311-1202 茨城県ひたちなか市磯崎町3601

TEL (029) 265-7121 (代)

FAX (029) 265-9720

URL <http://hirweb.crl.go.jp/>



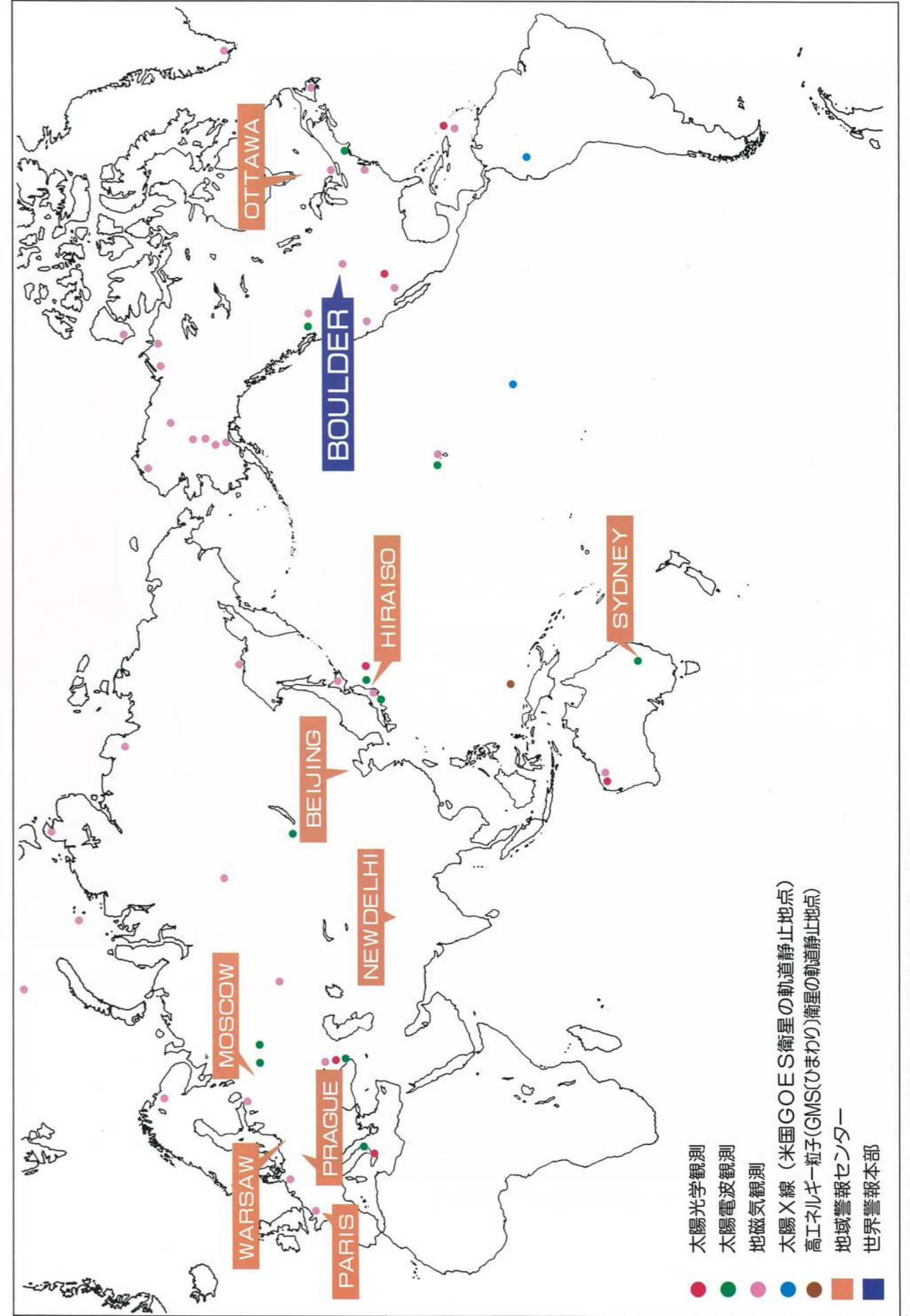
宇宙環境情報テレホンサービスガイド

目次

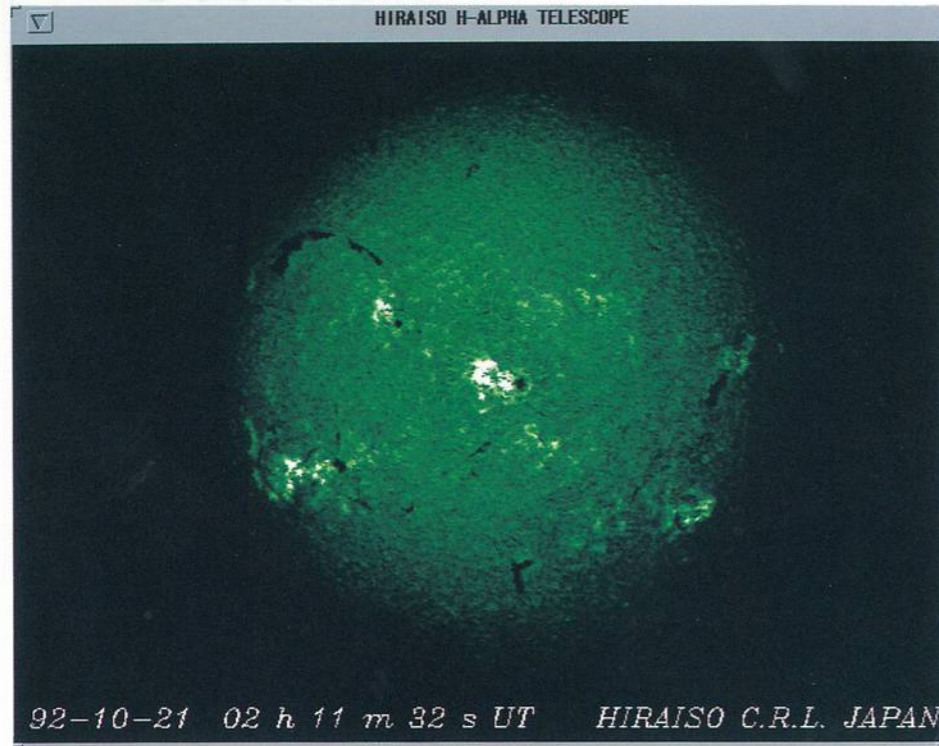
1. はじめに	
2. テレホンサービス解説	
概況・予報	6
案内文1 太陽活動	7
案内文2 地磁気活動	8
案内文3 プロトン現象	8
案内文4 電離層	9
案内文5 活動度指数	9
3. 太陽・地磁気活動及び電波擾乱現象の解説	
太陽活動(光・X線)	13
太陽活動(太陽電波)	14
惑星間空間及び地磁気・プロトン現象	16
電離層電波伝搬と異常現象	17
4. 宇宙環境情報サービスのご案内	
宇宙環境情報テレホンサービス	18
太陽地球環境予報	18
オンラインデータベース	19

〈表紙の説明〉

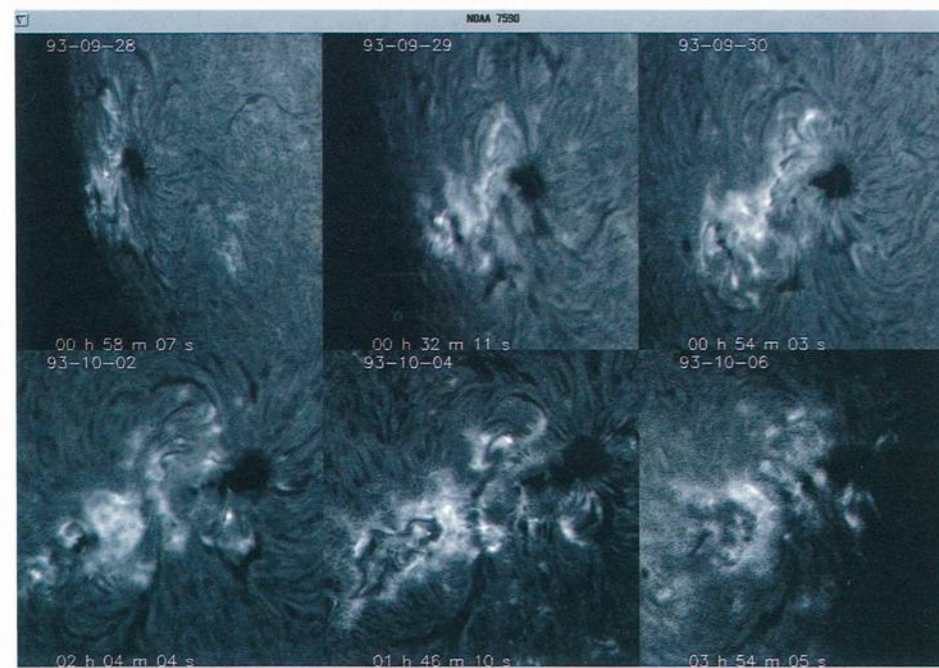
平磯 H α 望遠鏡
とようこう軟X
線望遠鏡(文部
省宇宙科学研究
所) でみた1992
年10月21日の太
陽全面像



■ ISES 警報センター及び関連する太陽地球系科学の観測網
日々の宇宙環境情報テレホンサービスの内容は、これらの観測所から送られてくるデータをもとに決定しています。



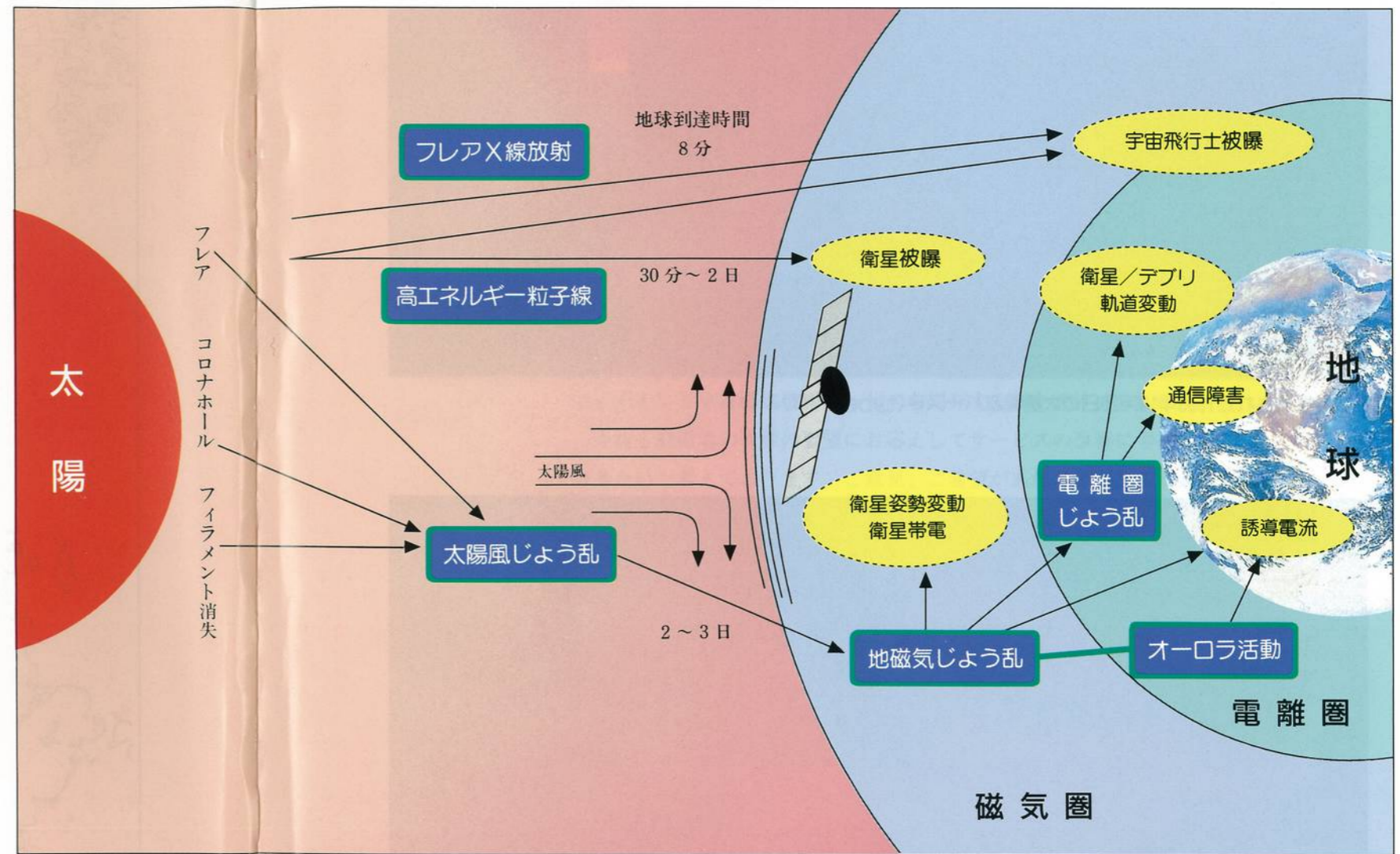
平磯H α 望遠鏡でみた1992年10月21日の太陽全面像。白く光っているところが活動領域、黒いすじはダークフィラメントである。



平磯H α 望遠鏡の拡大像モードでみた活動領域NOAA7590。

■宇宙環境じょう乱発

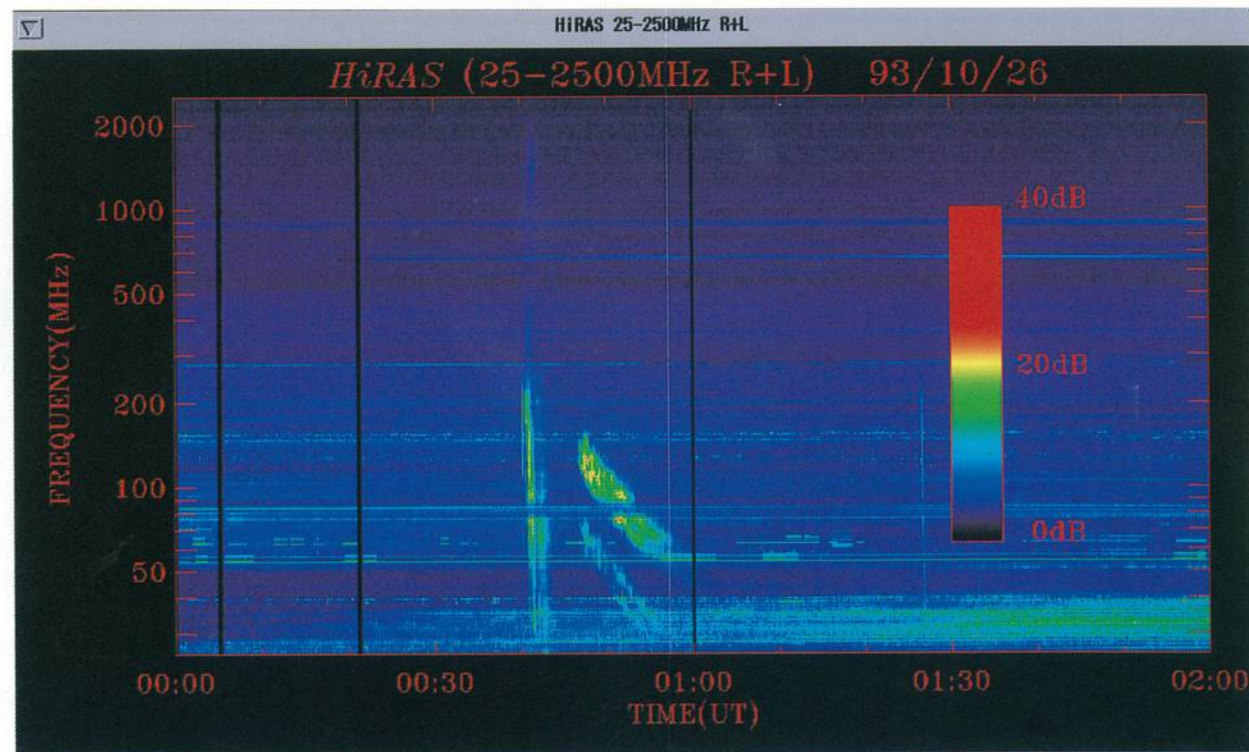
生から障害まで



太陽面で発生した宇宙環

境の擾乱は、その形態によって、8分から数日後に地球に達し、さまざまな障害を引き起こす。

1. はじめに



平磯で観測された1993年10月26日の太陽電波バースト(type II, III)



北海道で31年ぶりに観測された赤色オーロラ

太陽表面で非常に大きな爆発が起こると、日本付近でもこのような赤いオーロラ(低緯度オーロラ)が見られることがあります。

〈撮影データ〉

日 時：1989年10月21日 日本時間午後11時16分

場 所：稚内市増幌の海岸

撮 影 者：丸山隆ら

方 法：50mm F1.4、フィルム感度ISO/400、露出時間30秒

平磯宇宙環境センターでは世界中の太陽地球系科学の観測網と連携して情報交換しながら、太陽地球環境の予報活動を行っており、一般利用者への情報伝達手段のひとつとして、1986年以来「宇宙環境情報テレホンサービス」を実施してきました。

このガイドブックは、当サービスをより多くの方々に利用していただくために、テレホンサービスの概要、テレホンサービスのメッセージの内容を紹介し、必要に応じて予報の基準や専門用語に関する説明を添えております。また、テレホンサービスのメッセージをさらに深くご理解いただくために、太陽・地磁気活動等に関する簡単な解説や、当センターで運用しているオンラインデータベースをはじめとする宇宙環境情報サービスを紹介する章を設けております。

今後も利用者の皆様の要望にお応えしてサービスの改善に努めていきたいと考えております。ご意見、ご希望があれば下記までご連絡下さい。

郵政省通信総合研究所
平磯宇宙環境センター

〒311-1202 茨城県ひたちなか市磯崎町3601

電 話 029-265-7121(代)

FAX 029-265-9720

URL <http://hirweb.cri.go.jp/>

2. テレホンサービス解説

概況・予報

■太陽活動現況

過去24時間に発生したX線バースト、光学 ($H\alpha$) フレアの規模と回数をもとに決定します。

- 静穏：Cクラスフレアがなくかつ光学観測でフレアなし又はサブフレアの発生のみ
やや活動的：Cクラスフレアが発生又は重要度1のフレアが発生
活動的：Mクラスフレアが発生又は重要度2のフレアが発生
非常に活発：Xクラスフレアが発生又は重要度3以上のフレアが発生

■太陽活動予測

今後24時間に発生するフレアのX線強度の予測から決定します。

- 静穏：Cクラスフレアの発生確率50%以下
やや活発：Cクラスフレアの発生確率50%以上
活発：Mクラスフレアの発生確率50%以上
非常に活発：Xクラスフレアの発生確率50%以上

■プロトン現象

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。米国のGOES衛星が観測した10MeV以上のエネルギーを持つプロトンのフラックス値F (protons/cm²/sec/sr) によって次の4段階に分けます。

- 発生していません： $F < 10$
発生しています： $10 \leq F < 100$

- 強いプロトン現象が発生しています： $100 \leq F < 1000$
非常に強いプロトン現象が発生しています： $1000 \leq F$

■地磁気活動

気象庁地磁気観測所が発表した過去24時間の地磁気活動度指数 (K指数：3時間ごと1日8個の指数) の1日の最大値Kmaxの値により次の4段階に分けます。

- 静穏： $K_{max} \leq 3$
やや活発： $K_{max} = 4$
活発： $K_{max} = 5$
非常に活発： $K_{max} \geq 6$

今後の地磁気活動の予想として同じ4段階で表示し、その原因が明確な場合に

- 太陽フレアのため
- CME現象のため
- コロナホールのため
- フィラメント消失のため

と表します (それぞれの意味は第3章を参照)

■安定・不安定・非常に不安定

地磁気擾乱の履歴、今後の地磁気活動の予測と季節依存性に基づいて判断された今後24時間の短波伝搬状態を表します。この〔安定・不安定・非常に不安定〕は標準電波JJYで放送する短波通信擾乱の短期予報「N (安定), U (不安定), W (非常に不安定)」に対応します。

■デリンジャー現象

重要度1以上のデリンジャー現象が1日の間に発生する確率によって以下のように表現します。

- 起きない……………30%以下
- 時々起きる……………30~50%
- 頻繁に起きる……………50%以上

案内文1 太陽活動

おもな活動領域の日面座標、フレア活動度予測をお知らせします。

■座標：日面経緯度で表します。

- 活動度 やや活動的：当該活動領域においてCクラスフレアが発生する確率が50%以上
活動的：当該活動領域においてMクラスフレアが発生する確率が50%以上
非常に活動的：当該活動領域においてXクラスフレアが発生する確率が50%以上

■コロナホール

緯度30度より赤道に近い部分にコロナホールが有る場合、その概略の経度をあわせてお知らせします。もとなる観測データは、He10830分光単色像及び軟X線撮像望遠鏡 (ようこう) を用いています。

■太陽フレア

平磯の観測及びウルシグラム等で得られた情報をもとに、原則として過去3日間に発生したフレアのうち、X線クラスM以上又は光学重要度1以上のフレアをお知らせします。

発生時刻：原則として開始時刻でお知らせしますが、非常に緩やかに増光していくフレアの場合、最大時刻をもってお知らせする場合があります。

X線クラス：C、M、Xのアルファベットと数字の組み合わせで表します。GOES衛星によりモニターされている1-8オングストロームの波長域での強度を $A \times 10^{-B}$ (W/m²) と表したとき、Bの値が6ならC、5ならM、4ならXのアルファベットが先頭にきます。そのあとの数字は、それぞれのべき部分の何倍の強度であるかを表します。例えば、観測された強度が 3.2×10^{-5} ならばM3.2となります。

光学重要度： $H\alpha$ 線単色像でのフレア観測による重要度をお知らせします。重要度は $H\alpha$ 線で観測されるフレアの面積 (見かけの面積減少を補正したもの) で決定されます。

■重要度

- | | |
|-----------------|-------------|
| S/面積 ≤ 200 | 3/1200-2400 |
| 1/200 - 500 | 4/ >2400 |
| 2/500 - 1200 | |

重要度の数字のあとの添字はフレアの明るさの特徴を表し、それぞれ淡い(F)、普通(N)、明るい(B)フレアである事を表します。

■フィラメント消失

平磯の観測及びウルシグラム等で得られた情報をもとに、原則として過去3日間に発生したフィラメント消失現象の発生日時及び概略位置をお知らせします。

■CME

ウルシグラム等で得られた情報をもとに、原則として過去3日間にCMEが発生している場合にお知らせします。(CME: Coronal Mass Ejection)

■フレア発生に伴う電波バースト現象

フレア発生に伴って電波バースト現象が2.8GHzで観測された場合、テンフレア(波長10cmの電波で観測したフレアという意味)として報告します。強さは太陽電波のバックグラウンドレベルからの大きさで表し単位は太陽フラックスユニット(1太陽フラックスユニット=10⁻²²W/(m²Hz))です。フレア発生に伴って電波現象がメートル波帯からデカメートル波帯で観測された場合、電波放射の型をI型からV型に分類して報告します。II型が発生した場合はショックスピードの推定値も報告します(各型の分類、ショックスピードの推定の詳細は第3章を参照して下さい)。報告には平磯の太陽電波観測データを用いますが、観測時間外の現象については海外からの報告を使用します。

案内文2 地磁気活動

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地磁気嵐は急始型(SC型)と緩始型(SG型)に分けられます。急始型地磁気嵐は地磁気水平成分(H成分)の急激な増加(SSC)で始まり、1~3時間程度の磁場増加が継続し(初相)、その後大きく減少し(主相)、やがて回復に向かいます(終相)。緩始型地磁気嵐はSSCを伴わないもので、開始が明確ではありませんが、発達過程は急始型と同じです。両型とも開始から終わりまで1日から数日程度続きます。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、緩始型の場合には開始時刻が何時頃という表現になります。最大○ナノテスラとは、地磁気H成分の最大の変化量を示します。なお、日本での平均的な地磁気水平成分の強度は約30000ナノテスラです。地磁気変動の中にはSCと同じようにH成分の急激な増加で始まり、その後、地磁気嵐へ発達しないものがあります。このH成分の急増部分をSIといいます。また、真夜中を中心とした1時間前後の間に、磁場が増加する現象があり、これをその形状から地磁気ベイ(Bay: 湾型変化)と呼びます。

案内文3 プロトン現象

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。選択枝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以上のエネルギーを持つ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枝では継続中となります。

案内文4 電離層

■スプラディックE層による異常伝搬

日本の上空でスプラディックE層の臨界周波数が、F層の臨界周波数を超える時に報告します。

案内文5 活動度指数

■黒点相対数

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ヶ月先までの12ヶ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ヶ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RIの暫定値及び12ヶ月移動平均値R12を用います。

■黒点面積

太陽面上にみられる黒点の面積の総和を表します。単位は太陽視半球の面積の100万分の1を用いています。

■f10.7

世界時3時に平磯で観測した2.8GHzでの太陽電波強度を太陽フラックスユニットで報告します。世界時3時にフレアが発生した場合は前後の静穏レベルでの太陽電波強度を報告します。平磯が欠測の場合はカナダのペンティクトン観測所で測定されている値(世界時20時)を報告します。

■地磁気K指数

0時UT~24時UTまでの3時間ごとの8個のK指数を合計した値と、その中での最大値を示します。

■太陽黒点数の予報

太陽黒点数の2ヶ月先までの予報値はブリュッセルにある太陽黒点指数データセンターが発表している12ヶ月移動平均値R12を用います。地磁気活動が静穏な時の通信回線の最高使用可能周波数(MUF)と最低使用可能周波数(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。

概況・予報

通信総合研究所 月 日 時提供の宇宙環境情報です。尚、情報は全て世界時、UTでお知らせします。はじめに概況です。

太陽活動は [静穏 / やや活発 / 活発 / 非常に活発] でした。
 [今後 / 今後とも] [月 日 から 月 日まで] [静穏 / やや活発 / 活発 / 非常に活発] でしょう。
 [月 日 から 月 日まで] [月 日に] [でしょう。 / となるでしょう。 / な状態が続くでしょう。]

[プロトン現象は発生していません。 / プロトン現象が発生しています。 / 強いプロトン現象が発生しています。 / 非常に強いプロトン現象が発生しています。]
 [今後 / 今後とも] [月 日 から 月 日まで] [プロトン現象は発生しないでしょう。 / プロトン現象の発生が予想されます。 / 強いプロトン現象の発生が予想されます。 / 非常に強いプロトン現象の発生が予想されます。 / このプロトン現象は続くでしょう。]

地磁気活動は [太陽フレアのため / CME現象のため / コロナホールのため / フィラメント消失のため] [静穏でした。 / やや活発でした。 / 活発でした。 / 非常に活発でした。]
 [今後 / 今後とも] [月 日 から 月 日まで] [太陽フレアのため / コロナホールのため / フィラメント消失のため] [静穏 / やや活発 / 活発 / 非常に活発] でしょう。
 [月 日 から 月 日まで] [月 日に] [でしょう。 / となるでしょう。 / な状態が続くでしょう。]

短波伝搬状態は [安定でしょう。 / 不安定でしょう。 / 非常に不安定でしょう。]

デリンジャー現象は [起きないでしょう。 / 時々起こるでしょう。 / 頻繁に起こるでしょう。]

案内文1 太陽活動

太陽活動です。

月 日 時現在太陽面には [北 / 南] 度 [東 / 西] 度に [やや / 非常に] 活動的な領域が [あります。 / ありません。]
 [繰り返し]

[コロナホールが] [東 / 西] 度 付近にあります。
 [繰り返し]

月 日以降 [大きな太陽フレアは起きていません。 / 発生した主な太陽フレアは次の通りです。]

月 日 時 分 [発生 / 最大] [B / C / M / X] [F / N / B] [領域不明 / 領域]
 [繰り返し]

このフレアに伴う電波現象は [テンフレア、強さは 太陽フラックスユニット]
 [1型バースト / 2型バースト / 3型バースト / 4型バースト / 5型バースト] [推定されるショックのスピードは毎秒 km]
 [繰り返し]
 [このフレアに伴いCME現象が発生しました。]
 [繰り返し]

月 日以降 [フィラメントの消失現象は起きていません。 / 発生したフィラメントの消失現象は] [月 日 [北 / 南] 度、 [東 / 西] 度] でした。
 [繰り返し]

案内文2 地磁気活動

地磁気活動です。

月 日以降 [地磁気嵐は起きていません。 / 発生した主な地磁気嵐は次の通りです。]

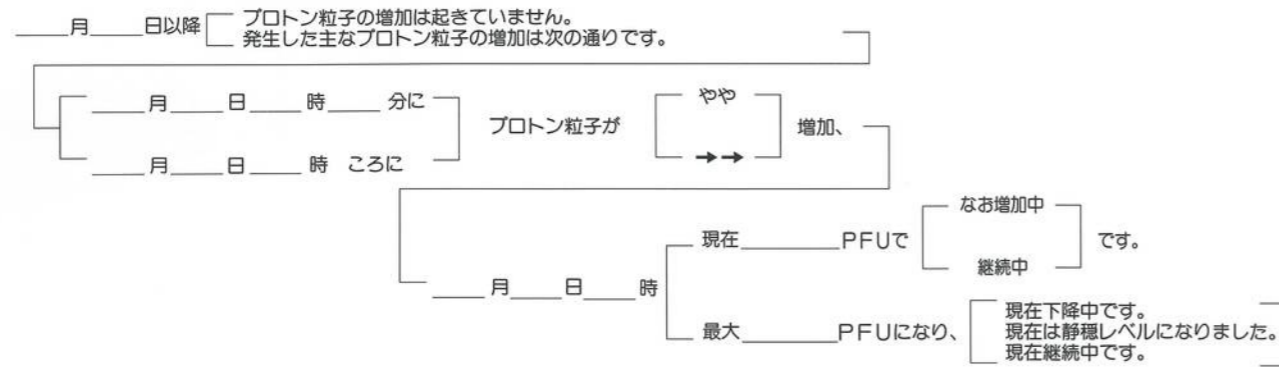
[月 日 時 分] [SC型 / SG型] 地磁気嵐が発生、 [静穏レベルから約 nT変化して、] 現在継続中です。
 [月 日 時 ころ] [月 日 時 分終了]、最大 nTでした。
 [月 日 時 ころ終了]
 [繰り返し]

[月 日 時 分] [S / I] が [ベイ] 発生しました。
 [月 日 時 ころ]
 [繰り返し]

3. 太陽・地磁気活動及び電波擾乱現象の解説

案内文3 プロトン現象

プロトン現象です。



案内文4 電離層

電離層の状態です。

強いスプラティックE層が発生しています。
 強いスプラティックE層は発生していません。

案内文5 活動度指数

活動度の指数です。

___月___日の太陽黒点相対数は___、___月の月平均値は___でした。

___月___日の太陽黒点総面積は___でした。

___月___日のf10.7は___でした。

___月___日の地磁気K指数合計は___、最大のK指数は___でした。

短波伝搬を予測するための、___月と___月と___月の太陽黒点数の予報値はそれぞれ___、___、___です。

太陽活動（光・X線）

〈キーワード〉黒点、光球磁場、活動領域(彩層)、コロナ、フレア、コロナホール、コロナル・マス・イジェクション(CME)

太陽は、表面温度が約6000度のG型星で、宇宙の星々のなかではもっともありふれた、平凡な星のひとつです。この太陽が、太陽系の盟主として地球上の環境に影響をあたえ、生物の生存に必要なエネルギーを供給しています。ここでは、惑星間空間及び地球磁気圏の電磁環境に大きな影響を及ぼし、宇宙環境予報業務及び宇宙天気予報研究計画の主な対象である太陽活動現象を中心に説明します。

太陽面を小さな望遠鏡で観察すると表面（光球と呼ぶ）に小さな黒い点が見えます（注意：直接太陽を望遠鏡や双眼鏡で見ると失明するので、絶対しないでください!!）。これを黒点と呼びます。黒点には非常に強い磁場が存在する事が知られています（最大4000ガウス程度）。光球の磁場は、線スペクトルのゼーマン効果を測定する事によってその強さを推定する事ができます。非常に小さな信号を検出するので光計測としては非常に精度の高い測定が必要なものです。平磯センターでは、宇宙天気予報システムの研究のための主力装置のひとつとして、磁場の強さを2次元的にマッピングできるフィルター型マグネトグラフを開発しています。

光球の上層には、彩層と呼ばれる構造がひろがっています。太陽スペクトル中には、原子やイオンによる選択吸収により、太陽表面からの光に対して非常に不透明になる特定の波長があります。例えば中性水素原子によるバルマー系列α線（普通Hα線と呼ばれています）の波長のみを透過させるフィルターを望遠鏡に取り付けて太陽を観察する事により、通常の連続光では見ることのできない太陽上層部のガスの分布が見えてきます。このような太陽像をHα単色像とよんでいます。最近の研究により、彩層は球殻状のいわゆる“層”ではなく、磁気ループやスピキュール等の小さな構造の集合体である事が明らかになってきました。平磯センターにおいては、宇宙天気予報計画における主力観測装置のひとつとして、Hα太陽望遠鏡を開発し、現在順調に試験観測データを蓄積するとともに、日々の太陽フレア予報において、フレア発生予測のもっとも重要な判断材料として活用しています。観測は固体撮像素子を用いたTVカメラ及びワークステーションを用いて自動化してあります。最終的には、400万画素の高精細デジタルカメラを含めた非常に高性能のパトロールテレスコープとなります。

太陽の最外層にはコロナと呼ばれる高温の大気が広がっています（静穏状態で数百万度）。コロナもいわゆる“層”ではなく、高温の磁気ループの集合体です。光球の温度が6000度程度であるのに対し、その上層のコロナが数百万度で、熱源から遠いコロナの方が圧倒的に高温となっています。この常識からは考えられない温度分布の逆転は太陽物理学最大の謎のひとつですが、未だその原因は解明されていません。軟X線撮像用望遠鏡（例えばようこう軟X線望遠鏡）で太陽を観測すると、高温コロナからのX線放射が極めて弱い領域が存在します。これは1973年のスカイラブ実験で始めてその存在が明確になったもので、コロナホールと呼ばれています。通常のコロナや活動領域上空のコロナ磁場の磁力線は、表面からでて再び表面にもどる閉じたループ構造をしていますが、コロナホールの磁場は惑星間空間に対して開いた磁力線となっています。コロナホールからは、秒速数百キロの高速の太陽風（コロナの最外延部で、完全電離したプラズマの流れ）が吹き出し、後述する回帰性地磁気嵐を引き起こします。

太陽面には、光球、彩層およびコロナのあらゆる部分で、磁場がみちあふれています。これはG型星の一般的な特徴ですが、この表面磁場が太陽面の様々な活動現象を生み出しているのです。活動領域をHα線で

監視していると、突如として明るく輝き出す現象が観測される事があります。これを太陽フレア（太陽面爆発）と呼び、軟X線、電波等、他の波長域の電磁放射の急激な増大を伴います。電磁放射のみならず、陽子等の高エネルギー粒子線や太陽表面や上層のガス的高速な噴出を伴う場合もしばしばみられます。大規模な太陽フレアでは、電磁放射や運動エネルギーの形で放出されるエネルギーは 10^{33} エルグに達し、惑星間空間、地球磁気圏及び電離圏に大きな擾乱をもたらします。特にコロナガスの惑星間空間への噴出は、コロナル・マス・イジェクションと呼ばれ、擾乱の原因として重要視されています。太陽フレアの発生機構については未だ謎の部分が多く、これといった定説は定まっていないのが現状です。しかし、太陽表面に存在する磁気ループの電磁流体的相互作用及び不安定がフレア発生に大きく関与している事はまず間違いはないでしょう。平磯センターにおいては、彩層の磁気ループの様子をH α 望遠鏡の観測データから推定し、海外の観測所の光球磁場のデータをオンライン伝送する事により光球磁場に関する情報を得ています。これらのデータから推定される太陽面の立体的な磁場構造を推定して、各種パトロールデータによる活動現況及び海外の予報センターや観測所からの情報を検討し、日々のフレア警報を決定しています。

太陽活動（太陽電波）

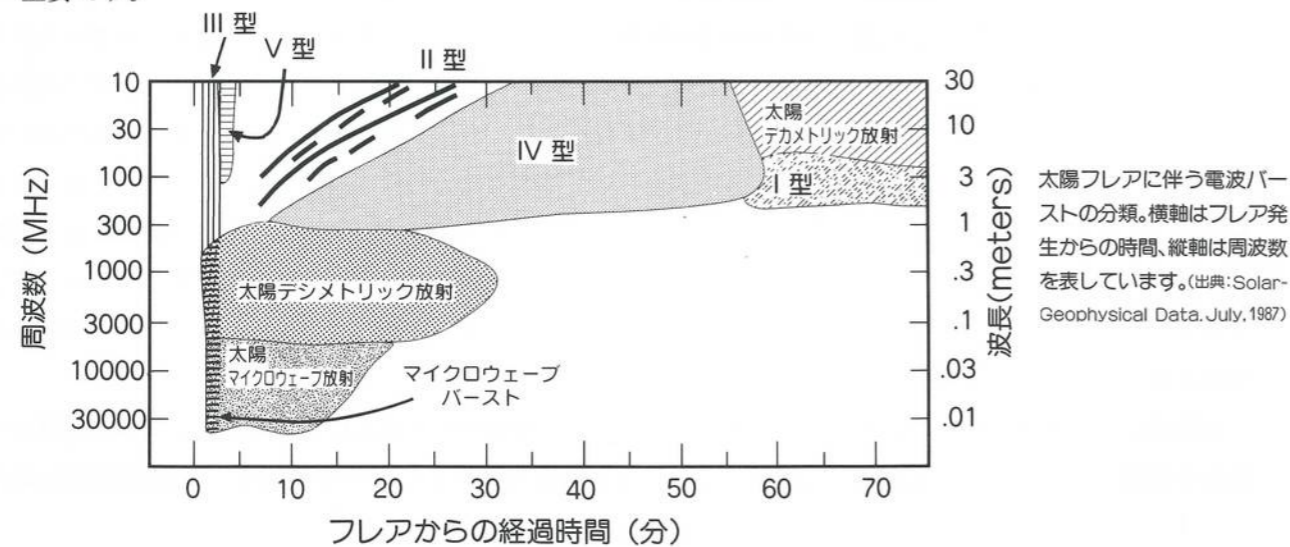
（キーワード） コロナ、フレア、テンフレア、f10.7、I・II・III・IV・V型電波バースト、太陽フラックスユニット、ドリフト率、ショック、電子密度、地磁気嵐

太陽電波は、コロナ域から定常的に放射されている熱的放射（バックグランド放射）と太陽フレアに伴い突発的に放射される非熱的放射（電波バースト）の2種類に大別することができます。

熱的放射の強度は数日から数年にかけてゆっくりと変動しますが、特に2.8GHzでの太陽電波強度は太陽面の黒点数と良い相関があり、太陽活動度を表す良い指標となっています。2.8GHzでの電波フラックスの測定値は波長が10.7cmであることからf10.7と呼ばれています。単位は太陽フラックスユニット（1太陽フラックスユニット= 10^{-22} W/(m²Hz))で表します。

またこの周波数で観測される電波バーストをテンフレアと呼び、強さはバックグランドレベルからの大きさを表します。

太陽フレアに伴って発生する電波バーストは下の図に示されるようなダイナミックスペクトル（横軸に時間、縦軸に周波数をとって電波の時間に対する変化を表現した図）上で5つの型に分類することができます。フレアに伴ってすべての型が発生する訳ではありませんが、II型とIV型は地磁気嵐との係わりにおいて特に重要です。



太陽フレアに伴う電波バーストの分類。横軸はフレア発生からの時間、縦軸は周波数を表しています。(出典: Solar-Geophysical Data, July, 1987)

■ [I型]

メートル波帯において継続時間1秒以下で帯域幅が数MHzのバーストが群となって出現する現象です。出現帯域幅は200MHzを中心とした100MHz幅程度に限られた現象で数時間から数日間続くことがあります。活動的な黒点が太陽面にあることを示す良い指標となります。

■ [II型]

フレア発生後数分から10分後に始まりメートル波からデカメータ波帯にかけてゆっくりと高い周波数から低い周波数へ下がっていく電波放射で、数分から10分間程出現する現象です。フレアに伴うショック前面で発生するプラズマ波が発生原因で、ショックが太陽大気上方に伝搬するとともに、コロナの電子密度が下がっていくため、時間とともに周波数がゆっくりと下がっていく負の周波数ドリフトとして観測されます。周波数の下がる割合（周波数ドリフト率）は通常1MHz/s以下です。コロナ中の電子密度分布が分かればショックの速さを見積もることができます。詳しくは通信総合研究所季報の1994年3月号「平磯の新太陽電波観測システム」を参照してください。II型が発生しさらに後述のIV型が発生すると、数日後に地磁気嵐が発生する確率が高くなりますが、太陽地球間の距離（約1億5千万km）をこのショックの速さで割ることにより、地磁気への影響が始まる時間（概算値）を予測することができます。

■ [III型]

フレア発生直後にメーター波からデカメータ波帯にかけて出現する大きな負の周波数ドリフト（ ~ 100 MHz/s）を示すバーストがIII型バーストです。フレアに伴う電波バーストとしてはもっとも普通に現れ、群として出現することもあります。

■ [IV型]

センチメータ波からデカメータ波帯までの広い範囲で発生し、II型とともに地磁気嵐との係わりでは重要な指標となるバーストです。II型に引き続いて発生した場合は、フレアに伴ってプラズマの塊が太陽から放出されたことを示しており、数日後に地磁気嵐の発生する確率が高くなります。

■ [V型]

メータ波帯からデカメータ波帯にかけてIII型に引き続いて発生する広帯域放射現象で、継続時間は数分程度です。

惑星間空間及び地磁気・プロトン現象

〈キーワード〉 太陽風、磁気圏、高エネルギープロトン、急始性地磁気嵐、緩始性地磁気嵐、コロナル・マス・イジェクション(CME)

太陽からは常時、300-400km/sの速度で吹き出す太陽風と呼ばれるプラズマの流れがあり、惑星間空間を飛来して地球の磁場に衝突して周辺に磁気圏と呼ばれる空間を作り出します。この結果、地球に近い惑星間空間は温度50万度、密度が5個/ccの太陽風プラズマによって常に満たされています。太陽風プラズマはまた平均6nT(ナノテスラ)の磁場を持っており、この磁場と磁気圏の相互作用が地磁気嵐の発生に重要な役割を果たします。

太陽風の風圧と磁気圏の磁気圧がつりあうところを境界として磁気圏が形成されます。磁気圏境界の位置は昼側で地球から約65000キロメートルにあります。夜側は彗星のように磁場が吹き流されており、その長さは、150万キロメートル以上にまで達しています。磁気圏の中では太陽風のエネルギーの一部が流入するために常にプラズマの大規模な対流運動があります。また、磁気圏の中には地球をドーナツ状に取り囲む放射線帯があり、ここを人工衛星が通過すると半導体エラーなどの障害が発生することがあります。

太陽の活動領域で太陽フレアが発生するとX線や高エネルギープロトンなどからなる太陽宇宙線が放射されます。X線などの電磁波は約8分かかって直接、電離層へ達しますが、太陽プロトンは30分から数時間で地球へ達し、磁気圏の中へ侵入します。侵入したプロトンは磁場によって曲げられるために磁気圏の内側へ達することはできませんが、赤道面の静止衛星軌道に達し、衛星機器の半導体にエラーを発生させたり、太陽電池パネルを劣化させるなどの障害を引き起こします。1989年に頻発した太陽プロトン現象のために気象衛星や放送衛星の太陽電池が著しく劣化したことはよく知られています。一方、太陽プロトンは中低緯度の電離層に達することはできませんが、地球の磁力線沿いに極域電離層に侵入します。極軌道の周回衛星や二次的に放射されたX線によって極回りの航空機が被曝すると言われていました。極域電離層は強く電離される結果、極冠異常吸収(PCA)が発生して極域を伝搬する短波通信が障害を受けます。

また、太陽フレアやコロナル・マス・イジェクション(CME現象)によって、太陽から高速プラズマ塊が放出されることがあります。高速プラズマ塊は太陽風の中を衝撃波を伴って伝搬し、地球の磁気圏と衝突して地磁気嵐を発生させます。衝撃波が磁気圏に達すると磁気圏は急激に圧縮され、地上で地磁気の急激な増加(SSC)が観測されます。その大きさは数nTから大規模な地磁気嵐では100nT以上になります。高速プラズマ塊は太陽面から運んだ磁場を持っており、これが南を向くと地球の磁場と相互作用を起こしてエネルギーが磁気圏の中へ流入します。この結果、SSCのあと数時間以内に、極域でオーロラ現象を起こす磁気圏嵐や磁気圏内部に地球を取り囲む形で環電流が発達し、地球規模で磁場が減少する地磁気嵐を起こします。このような衝撃波を伴う高速プラズマ塊は、コロナホールやフィラメント消失でも放出されることがありますが、衝撃波を伴わないプラズマ塊もあり、SSCを伴う急始型地磁気嵐に対して緩始型地磁気嵐も多数発生します。

磁気圏嵐や地磁気嵐の際には磁気圏の内部で高温プラズマが生成されるために、これに曝された人工衛星が帯電現象を起こし、半導体エラーなどの障害が発生することが知られています。特に、磁気圏嵐の際には、磁気圏の尾部で磁場のエネルギーがプラズマの運動エネルギーに変換されて高温プラズマが生成されるために、真夜中付近で静止衛星の帯電現象が多発し、半導体の誤動作の原因となります。

地磁気嵐が大きく発達してくると磁気圏の粒子や電磁波により極域で電離圏嵐が発生し、それが1~2日後には中低緯度に及びます。このために、電離層の電子密度の低下を引き起こして通信障害が起こります。電離圏の中では電離大気と中性大気の相互作用の結果、熱圏嵐と呼ばれる大気の加熱が起こり、この結果、周回軌道の人工衛星に対する大気摩擦が増加し、衛星の寿命の短縮を招きます。

電離層電波伝搬と異常現象

〈キーワード〉 デリレンジャー現象、太陽黒点相対数、MUF、LUF、D層、E層、F層、スボラディックE層、磁気嵐

中-短波帯の電波は、電離層と地表の間を何回も反射しながら、地球の裏側までも伝搬します。電離層は超高層大気が太陽の、主として紫外線によって光電離されて作られますが、その特性は太陽活動、地磁気活動、大気の物理、化学的变化によって大きく影響を受けます。

電離層の短波帯の電波に対する特性は、大まかに高度80km付近のD層、110km付近のE層と250km付近のF層に分けられます。日本のような中緯度ではD層は日中のみ作られ、電波を吸収する働きがあります。E層も日中に発達します。短波帯の低い周波数では電波を反射しますが、吸収する働きも少しあります。F層は日中はF1層とF2層に分かれますが、夜間は1つの層になり、日中E層、F1層で作られたプラズマを蓄え、電波を反射して遠距離伝搬の担い手になっています。

■静穏時の電離層伝搬

電離層が静穏なときの、短波回線の特性を予測する手法はほぼ確立されており、国際電気通信諮問委員会(CCIR、現在ではITU-R)等から公表されています。一般的には送受信点の位置関係、月、時刻等によって可能な伝搬モードを選び、それぞれのモードについてMUFと電波の減衰量を算出します。最終的に最も卓越するモードによって回線のMUFとLUFが決定されます。

MUFとLUFは常に変化しますが、太陽黒点相対数をパラメータとして、それぞれの月中央値の予測が「日本中心の短波伝搬曲線集(短波を上手に使う法)郵政省電波研究所編、電気通信振興会発行」にまとめられています。曲線集には様々な回線毎に、12ヶ月のMUFとLUFの日変化がプロットしてあります。太陽黒点相対数はテレホンサービスをお聞き下さい。

■異常現象

太陽活動や地磁気の擾乱、超高層大気の変動によって電波の伝搬状態は様々な影響を受けます。特にデリレンジャー現象、地磁気嵐による電離層擾乱とスボラディックE層は電離層伝搬に大きな影響を与えます。

(1)デリレンジャー現象

太陽フレアによるX線の増加でD層が異常に電離し、電波が吸収されて短波通信が数分から数十分間途絶える現象で、フレアの規模によっては希に数時間続く事があります。

(2)地磁気嵐による伝搬異常

地磁気嵐により、高緯度地方を中心に電離層のF層が変化し、フェーディングの増加、MUFの低下とLUFの上昇を引き起こします。大規模な地磁気嵐では高緯度だけでなく、中低緯度でも電離層の異常が数日にわたって継続することがあります。

(3)スボラディックE層

中緯度帯の夏(特に5月から8月にかけて)には、スボラディックE層(Es)が発達します。時には非常に強く発達した結果、短波帯ばかりか超短波帯まで反射して、防災無線やテレビに混信を起こす要因になります。

4. 宇宙環境情報サービスのご案内

当センターでは、テレホンサービスの他にも必要に応じて様々な情報通信メディアを通じて、幅広い分野の方々に宇宙環境情報サービスを提供しております。ここでは、それらの利用方法について簡単にご紹介します。テレホンサービスとあわせてご利用いただければ幸いです。

なお、各サービスの案内については、当センターのWWWでもごらんいただけます。当センターのホームページ(<http://hirweb.crl.go.jp>)からリンクをたどるか、サービス名に続く()内のURLに直接アクセスして下さい。

宇宙環境情報テレホンサービス (<http://hirweb.crl.go.jp/telephone/index-j.html>)

自動音声応答装置により宇宙環境情報を提供するテレホンサービスシステムです。現在、全国7ヶ所に設置されており、通常は毎日午後3時にメッセージの内容を更新しておりますが、異常現象時には随時更新します。21頁のテレホンサービス配置図で、最寄りの局をお確かめの上、ご利用下さい。メッセージの形式は、第2章末尾をご覧ください。トーン式の電話をご利用の方は、随時サービスコードの数字を入力して、各サービスを選択して聞くことができます。サービスコードは21頁をご覧ください。

太陽地球環境予報 (<http://crlhir.crl.go.jp/stef-latest.html>)

毎週金曜日の午後に、一週間の地磁気活動や太陽活動の概況ならびに向こう一週間の見通しについて、ご報告する他、大規模な太陽フレアやプロトン現象、地磁気嵐の発生時にも、随時、速報を出しております。内容はWWWでご覧いただける他、インターネットの電子メールアドレスをお持ちの方は、メイリングリストによる自動配信システムをご利用いただけます。登録手続きも電子メールを用いて行っております。以下の要領をお願いいたします。

メールのタイトル (Subject:)

必要ありません。

送り先アドレス (To:)

ml-service@crlhir.crl.go.jp

本文

subscribe△hswr-ml△your_email_address

△は、半角スペース

your_email_addressは、あなたの電子メールアドレス

送信後、ml-service@crlhir.crl.go.jpから、登録確認のため、

Subject:Confirmation for subscribe hswr-ml

というタイトルの電子メールが送られてきます。英文で書かれておりますが、その中に

auth△????????△subscribe△hswr-ml△your_e-mail_address

????????は英数字8文字のパスワード

と書かれた箇所がありますので、これを再度ml-service@crlhir.crl.go.jp宛に送って下さい。

以下の要領をお願いいたします。

メールのタイトル (Subject:)

必要ありません。

送り先アドレス (To:)

ml-service@crlhir.crl.go.jp

本文

auth△????????△subscribe△hswr-ml△your_e-mail_address

登録が成功した場合は、ml-service@crlhir.crl.go.jpから

Subject:Welcome to hser-ml

という電子メールが届き、登録手続きが完了致します。

なお、本サービスに関するお問い合わせは、

owner-hswr-ml@crlhir.crl.go.jpまでお願い致します。

オンラインデータベース

当センターでは、宇宙環境予報及び太陽地球系物理の研究のため、独自の観測装置の開発を行う一方で、データを広く利用していただくために、オンラインデータベースの開発・運用にも努めてまいりました。ここでは、当センターで運用されているデータベースの中から三つご紹介いたします。その他の項目につきましては、当センターのホームページをご覧ください。

なお、当センターで公開されているデータを印刷物、展示等に利用される場合、クレジット及び別刷り、パンフレット等の送付等のご配慮をいただけると幸いです。

■平磯太陽画像データベース (<http://sunbase.crl.go.jp>)

当センターの太陽研究室のH α 望遠鏡によって観測された活動領域及び太陽全面像のデジタル画像及び観測されたフレアのリスト等のデータベースです。太陽研究室のホームページ(<http://sunbase.crl.go.jp>)をご覧ください。

■宇宙環境リアルタイムデータ交換ネットワーク (<http://hirweb.crl.go.jp/serdin/index-j.html>)

平磯及び世界各地の関連研究機関からリアルタイムで入ってくる太陽面現象から電離層擾乱にいたる様々なテキストベースのデータを、オンラインで公開しております。このサービスを利用していただくには、まず共通のアカウント名、serdin(パスワード無し)で当センターのシステムにログインしていただく必要があります。現在、平磯で対応可能なメディアとして(1)一般電話回線(2)インターネット(3)Tri-Pがあります。

アクセス方法は以下の通りです。

(1) 一般電話回線経由

一般電話回線からのアクセス時に必要なパラメータは以下の通りです。

電話番号	029-265-7284
通信速度	300,1200,2400bpsの内の1つ
エラー訂正機能	MNPクラス5まで対応
データ長	8bit
パリティ	無し
ストップビット	1bit
Xon/Xoff	有り

回線がつながったら、2、3度改行キーをたたくと、以下のようなメッセージがでますので、そこで serdin と入力して下さい。

Welcome to HIRAISO Solar-Terrestrial Research Center

Username: serdin

この後はメニューに従って操作して下さい。グラフ出力する場合はDEC社VT286相当、あるいはTektronix 4014相当のグラフィック端末が必要です。作業終了時にはメニューのログアウトを選択し、ログアウトのメッセージが出た後、手動で回線を切して下さい。

〈注意〉

serdinは必ず小文字で入力して下さい。

(2) インターネット

ご利用のターミナルから下記のコマンドを入力して下さい。

telnet crlhir.crl.go.jp

以後(1)一般電話回線の場合と同じ要領でオンラインデータベースを利用できます。

(3) Tri-P

パソコンBBS、Tri-Pが所有するアクセスポイント(全国に90ヶ所以上)も合わせてご利用いただけます。

Tri-P接続二一モニツク: CRLHIR

Tri-Pに関するお問い合わせ先は、

(株) インテックTri-Pインフォメーションセンター

TEL: 0120-03-3317

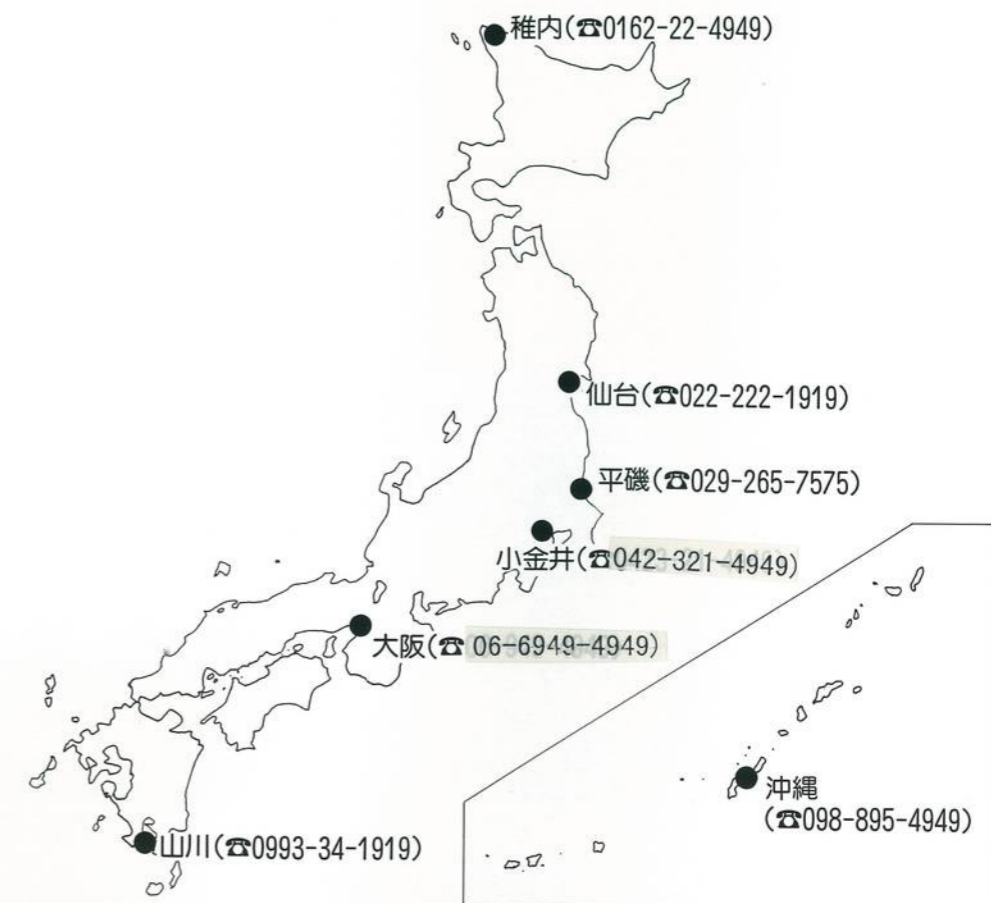
http://www.intec.co.jp

■SERDIN/WWW(http://crlgin.crl.go.jp)

前述の宇宙環境リアルタイムデータ交換ネットワークをベースにさらに発展させたもので、テキストデータのみならず、太陽H α 画像データ、地磁気データ等の多種多様なオンラインデータベースを簡単に相互参照できるようになっております。太陽面から地球近傍まで広範囲の宇宙環境情報に効率よくアクセスしたい方は、是非ご利用下さい。

サービスコード	項目
0	概況・予報
1	太陽活動
2	地磁気活動
3	プロトン現象
4	電離層
5	活動度指数
6	お知らせ

■サービスコード一覧



■テレホンサービス配置