

通信総合研究所における宇宙天気予報について

独立行政法人・通信総合研究所
電磁波計測部門研究主管
菊池 崇

1．太陽活動による宇宙環境擾乱

太陽黒点でフレアと呼ばれる爆発現象が発生し、X線、放射線（高エネルギー粒子）、CME（プラズマ塊）を放出する。

X線は電離層を電離して短波通信が途絶するデリンジャー現象を起こし、航空機や船舶無線に障害を与え、高エネルギー粒子は衛星機器に障害を与える。

CMEは磁気嵐を発生させ、衛星姿勢不安定、半導体誤動作の原因となり、続いて発生する電離層嵐では衛星画像歪みやGPS信号誤差が発生する。

また、磁気嵐の規模が大きくなると日本の上空にもオーロラが発生する（図1参照）。

2．通信総合研究所における宇宙天気予報活動

通信総合研究所は電波伝搬擾乱の予報警報の研究と業務を数10年間にわたって行ってきたが、衛星などの宇宙利用時代に対応するために1988年に宇宙天気予報の研究を開始した。

宇宙天気予報においては太陽フレア、太陽放射線、磁気嵐の発生後、リアルタイム宇宙天気情報の解析及び宇宙環境擾乱発生と推移の予測を行い宇宙機関等に提供している。

宇宙天気予報を行っている機関は米国NOAA/SEC（宇宙環境センター）など10機関あり、通信総合研究所は西太平洋地域のセンターとして研究と予報業務を実施している（図2）。

3．10月下旬の太陽フレア、磁気嵐の状況について

10月23日に発生した太陽フレアの状況

太陽活動は、ほぼ11年の周期で繰り返しており、今回の活動周期のピークは2000年～2001年にあり、現在はピークを過ぎて下降期に入ったところである。にもかかわらず、本年10月18日頃から巨大な黒点が出現

した（図 1）。

2003 年 10 月 23 日 17 時 19 分（日本時間）に発生したフレアは、太陽風衝撃波を発生させたが、プロトン放出は伴っていない（図 3）。このため、静止衛星などが激しいプロトン・シャワーにさらされることはなかったが、このときに発生した衝撃波は 25 日 0 時 25 分（日本時間）に地球磁気圏に到達し、地磁気の急激な増加が C R L の磁気圏観測ネットワークで観測された（図 4）。赤道に近い沖縄においても、その大きさは 60nT（ナノテスラ）であり（図 5）、太陽風衝撃波による磁場増加としては大規模なものであった。この約 30 分後の 01 時前後に磁場強度は急激に減少し、元のレベルに戻った。これらの磁場変化は磁気圏（地球磁場が及ぶ 10 万 km の宇宙空間）がいきなり半分以下に圧縮された後、急激に膨張したために発生した。この磁気圏の急激な収縮は一時的に磁気圏の境界が静止軌道の内側まで移動するほどの規模であった（図 6）。

C R L では世界宇宙天気予報ネットワークで送られてくる世界各地のデータを解析したところ、このときに磁気圏の内側で極めて異常な現象が発生していることを確認した。すなわち、磁気圏が急激に圧縮し、その 30 分後の膨張に時を同じくして、図 6 で模式的に示すように、中緯度域で強い高エネルギー粒子の降り込みが発生した。図 7 の例は、C R L に送られてきた、カナダのリオメータ（銀河雑音電波強度測定器）観測データで、高エネルギー粒子の降り込みによる下部電離圏（高度 70km）の異常電離を示している。同様の観測が、アラスカの緯度 65 度付近に設置した C R L のリオメータでも一部観測されている。カナダの観測値は極めて大きく、約 1 時間後には通常状態に復帰したが、そのピーク時の降り込みの大きさは、高緯度で発生するオーロラ帯の激しいオーロラに伴うものと同程度であったと予測され、中緯度帯ではまれな現象である。

このような現象の発見は、学術上貴重であると共に、低軌道周回衛星にも影響を与える可能性が考えられ、C R L では今後データの解析を進めて関係諸機関に地磁気・電離層等の資料を提供していく予定である。

10 月 28 日に発生した太陽フレアの状況

太陽活動がピークをつけ、下降線をたどる途中に大規模な太陽フレアが発生することが知られている（例えば、1972 年 8 月）が、今回もこれに相当する下降期において、大規模な太陽フレアが発生した。10 月 28 日 18 時 51 分に発生したフレア X 線の強度は 28 年間の観測史上で 3 番目の規模であり、これに伴って放出されたプロトンは 36 年間の観測史上で 5 番目の強さであった。この強い放射線は人工衛星の機器の障害を与える可能

性があり、また有人宇宙活動への支障が懸念される。このフレアにより放出されたCME（コロナプラズマ塊）は20時間後に地球磁気圏に達し、29日15時11分に370nTに達する大規模磁気嵐を発生させた。20時間という到達時間は通常2日前後の半分以下であり、太陽風衝撃波とこれを発生させたCMEが例のないほどの高速度(平均2000km/s)であったことを示している。

さらに10月30日05時49分に発生した大規模フレアのために31日8時には再び同規模の磁気嵐が発生した。

この一連の大規模太陽フレア、磁気嵐による障害は現在調査中であるが、JAXAによれば、「こだま」が影響を受けた模様である。また、南太平洋で航空機無線に障害が発生したとの報告もある。日本各地でオーロラの発生が報告され、中低緯度特有の赤いオーロラの移動などが観測されている。

CRLでは、これらの太陽フレア、磁気嵐の発生と発達を詳細に解析し、今後の予報に役立てるとともに、関係諸機関に必要なデータや解析等の情報を提供していく予定である。

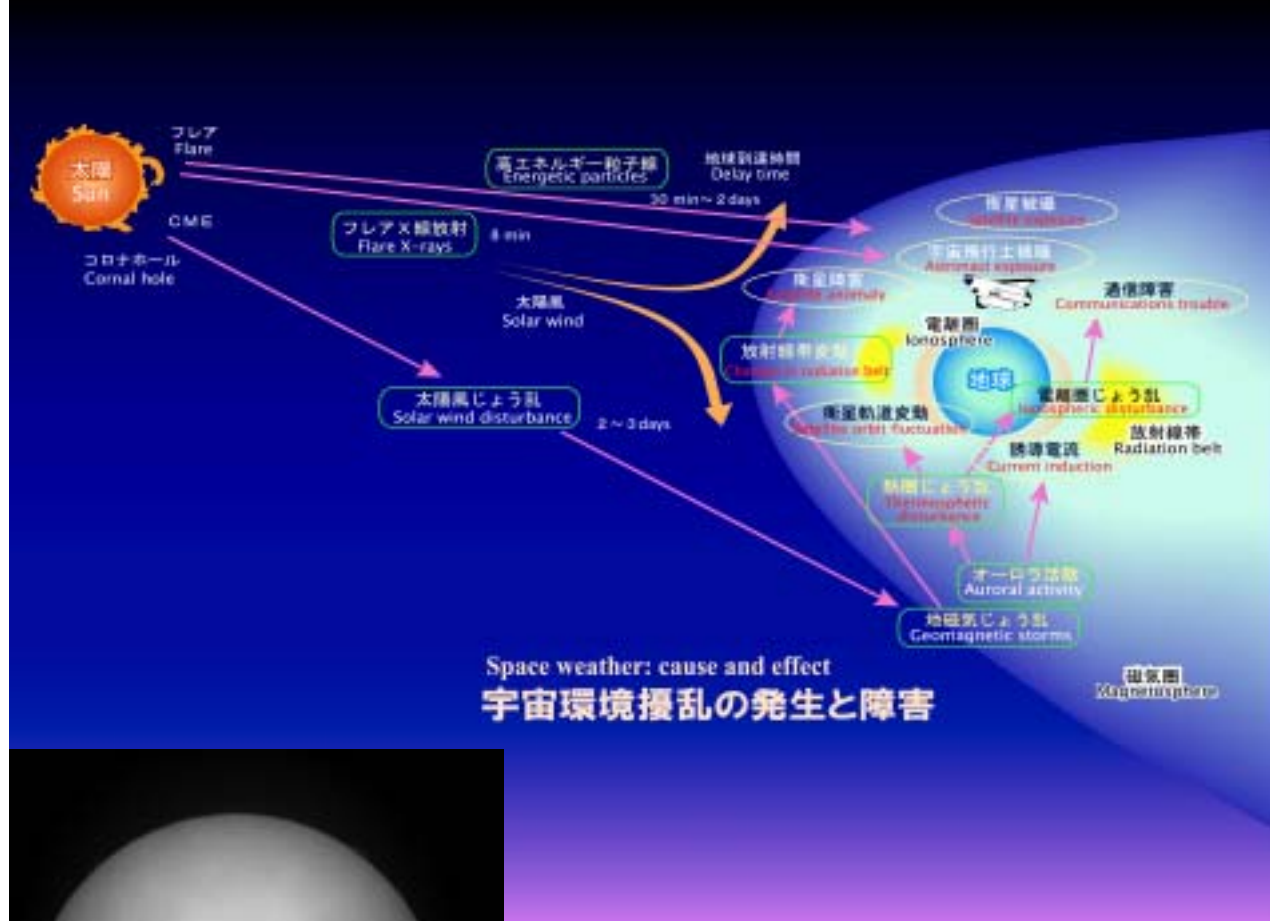
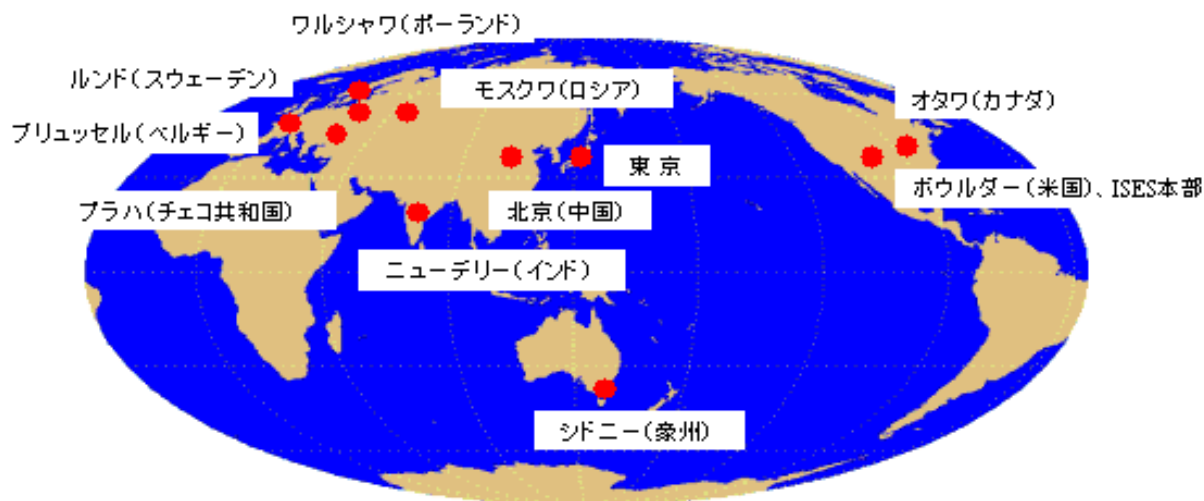
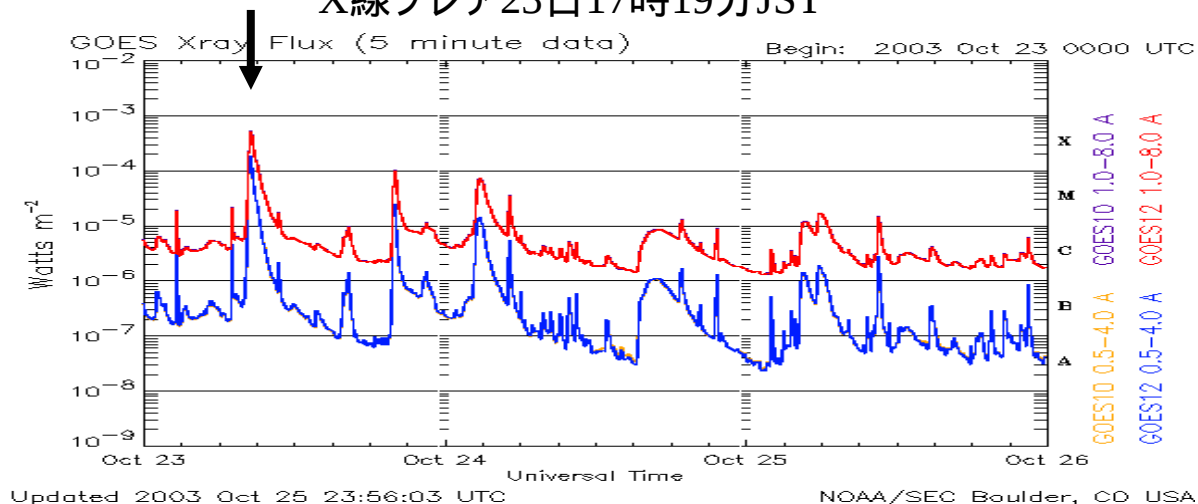


図1 太陽活動に起因する宇宙環境擾乱を示す模式図、および2003年10月23日以降、大規模太陽フレア・地磁気嵐を発生させた黒点群 (平磯太陽観測センターで2003年10月30日観測)

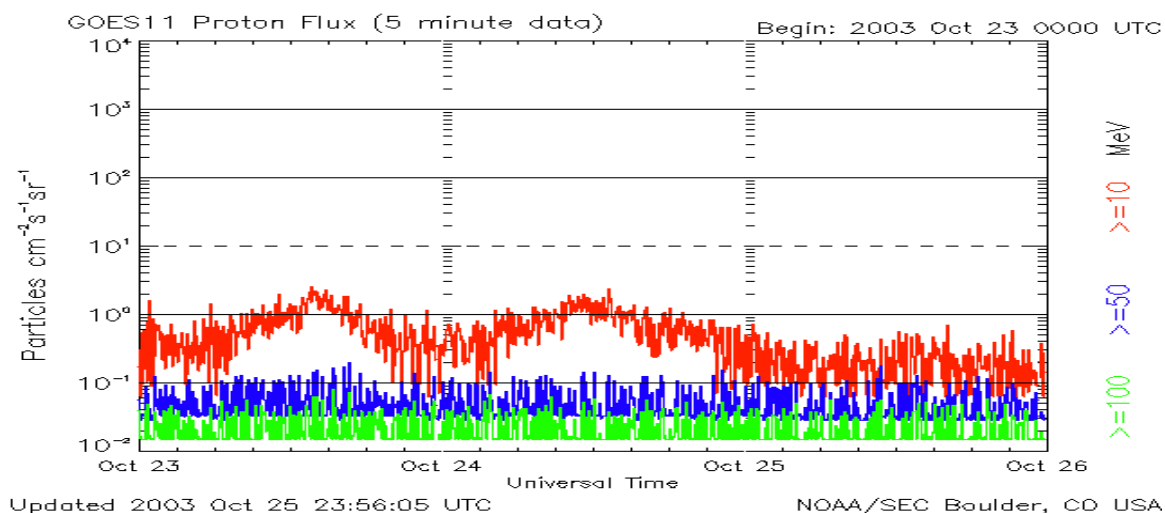


2003年10月23日-31日に発生した太陽フレアX線・プロトン および磁気嵐

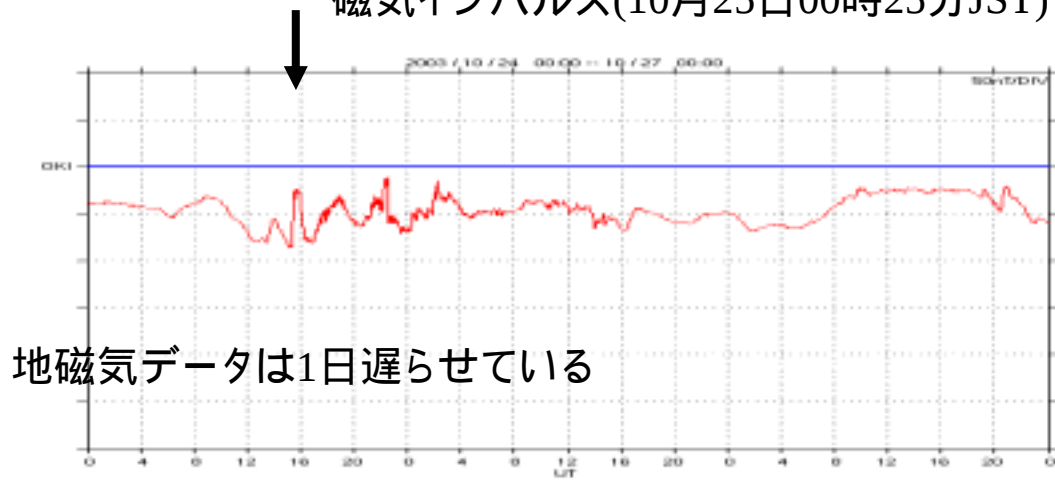
X線フレア23日17時19分JST



プロトン発生なし



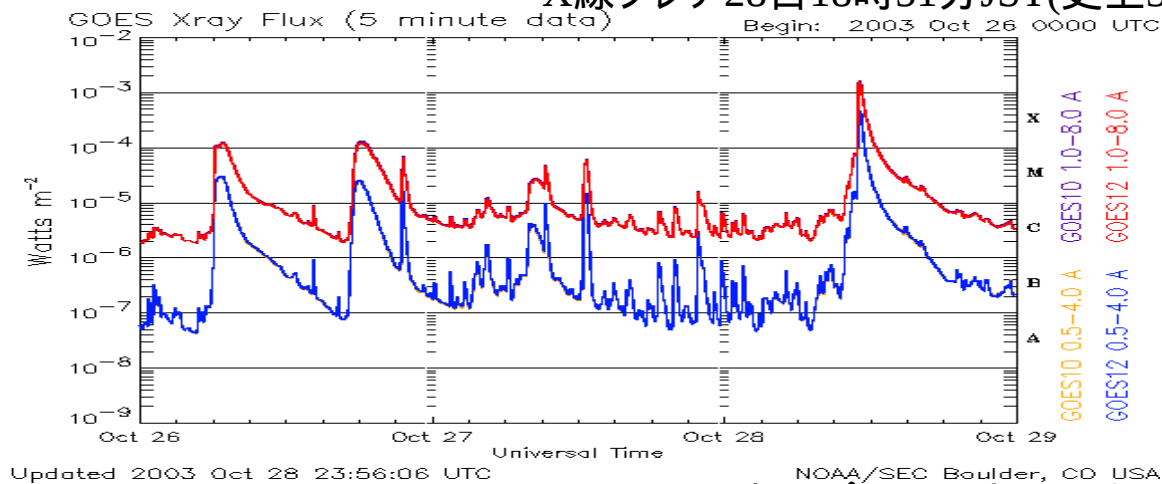
磁気インパルス(10月25日00時25分JST)



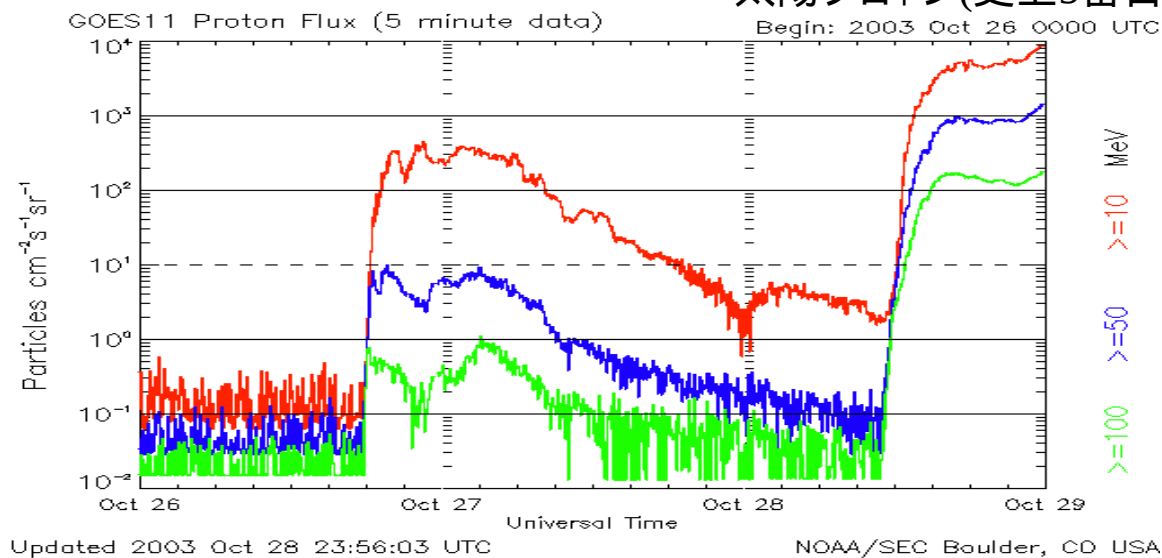
地磁気データは1日遅らせている

図3-1 太陽フレアX線、プロトン(NOAA/SEC提供)と
CRL沖縄磁力計が観測した磁気嵐

X線フレア28日18時51分JST(史上3番目)



太陽プロトン(史上5番目)



磁気嵐発生29日15時JST

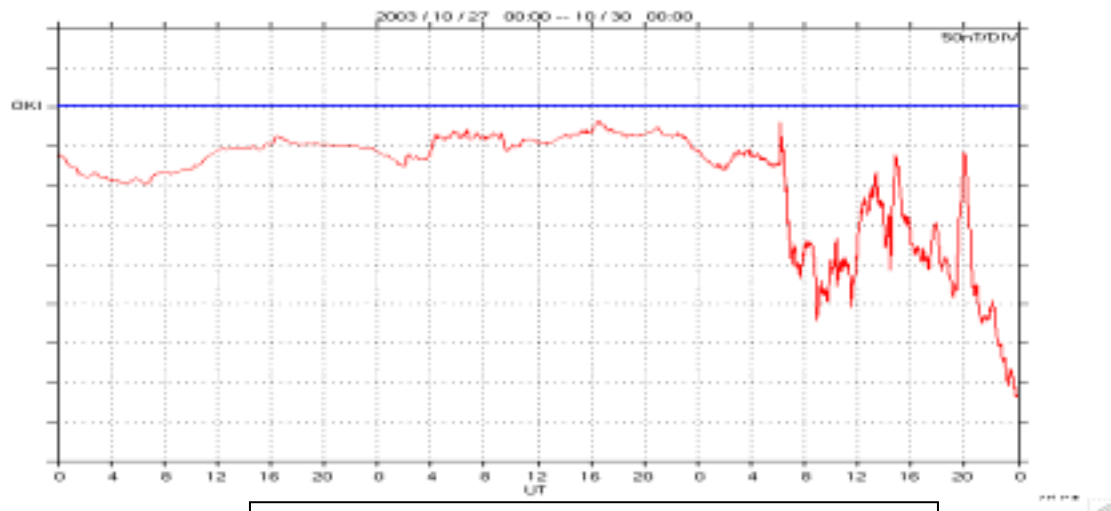
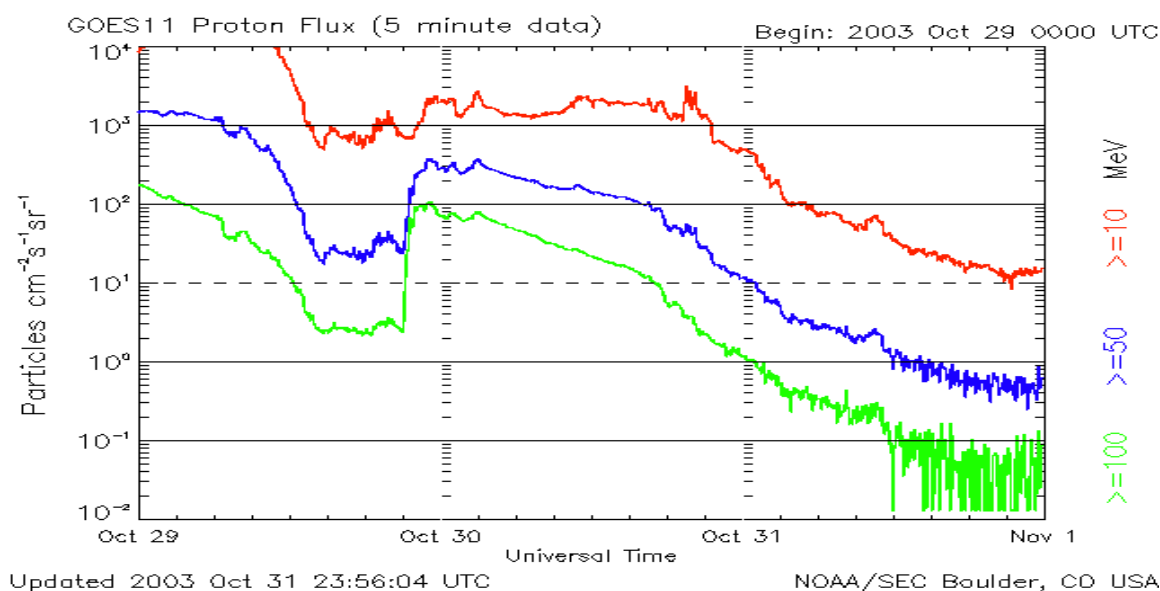
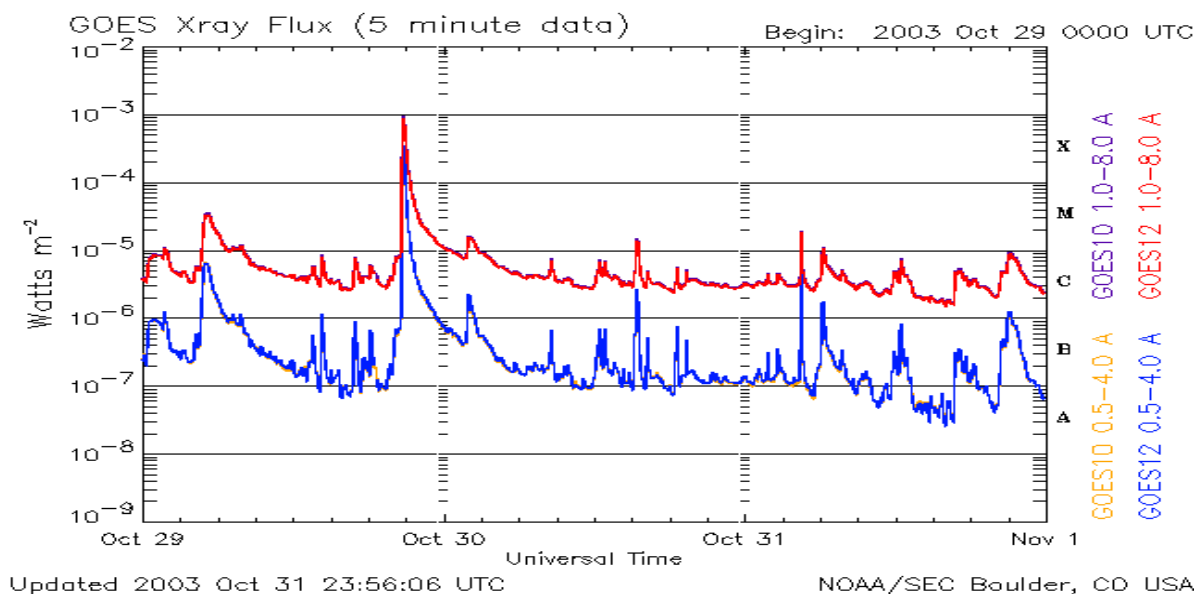


図3-2 太陽フレアX線、プロトン(NOAA/SEC提供)とCRL沖縄磁力計が観測した磁気嵐



磁気嵐再び発達31日8時JST(-370nT)

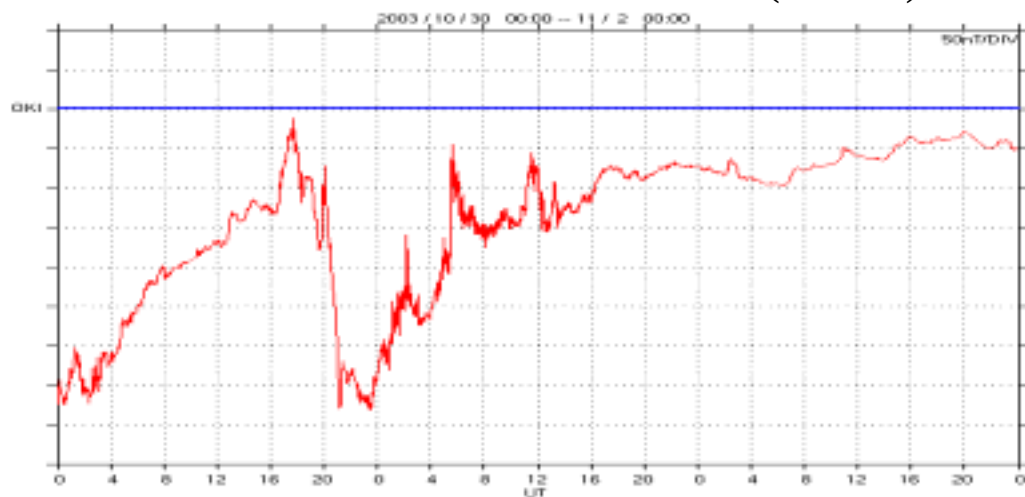


図3-3 太陽フレアX線、プロトン(NOA/SEC提供)とCRL沖縄磁力計が観測した磁気嵐

CRL宇宙天気モニタリングシステム

グローバル地上観測とOnlineデータ収集

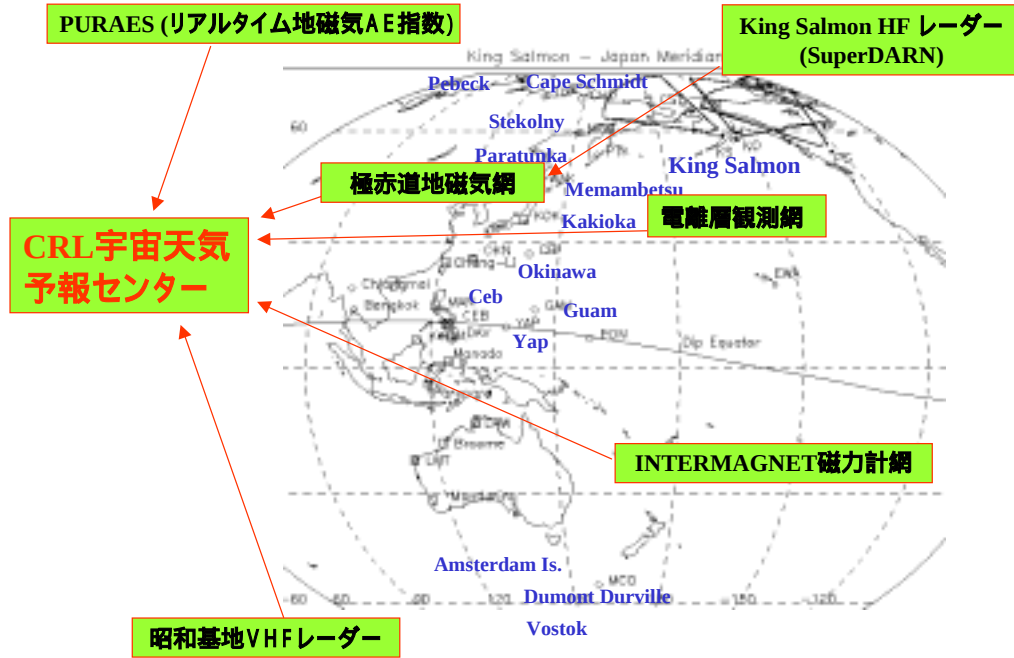


図4 CRL磁気圏観測ネットワーク

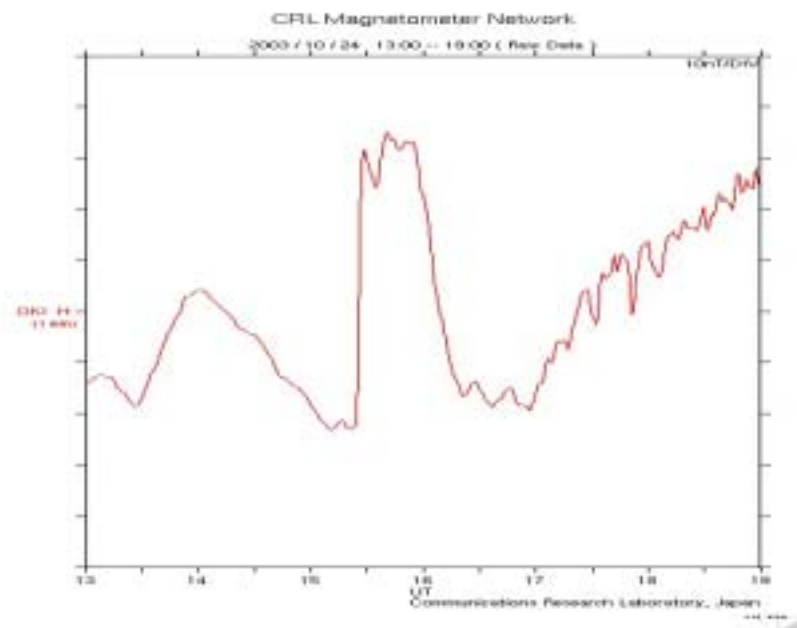


図5 CRL沖縄の磁力計によって記録された太陽風衝撃波による磁場増加と30分後の磁場減少。振幅は60nTに達し、大規模であった。

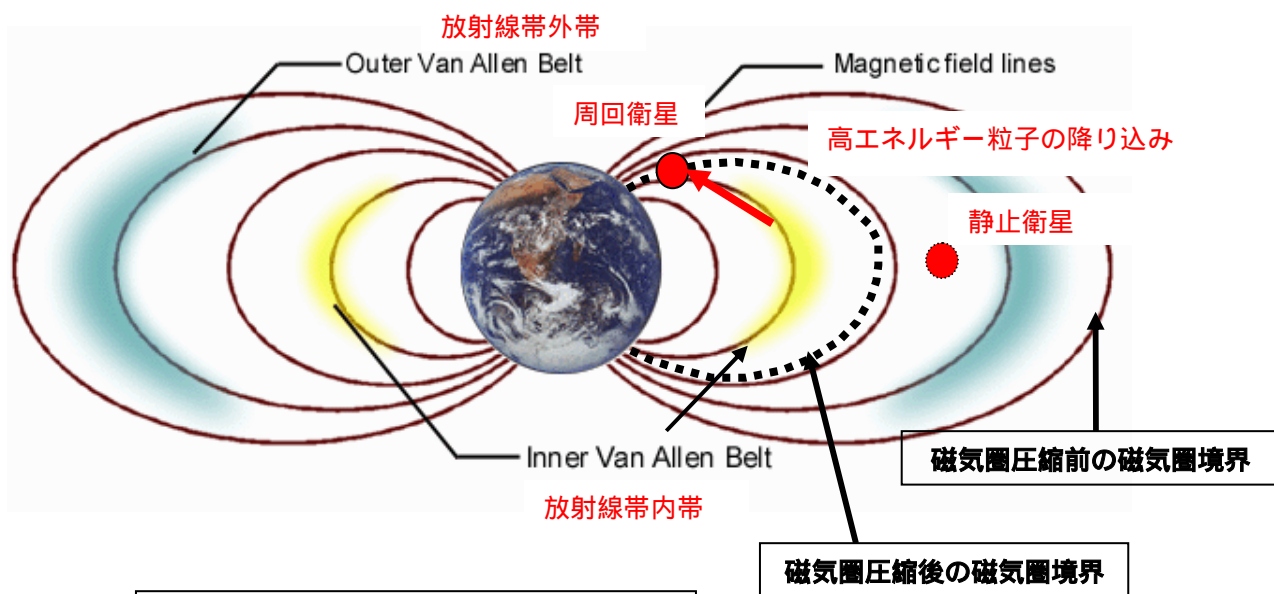


図6 地球磁気圏の模式図。放射線帯と静止衛星、周回衛星の位置関係を示した。磁気圏が圧縮された時の磁気圏境界の位置を点線で示した。磁気圏圧縮により放射線帯高エネルギー粒子が周回軌道へ降り込む可能性がある

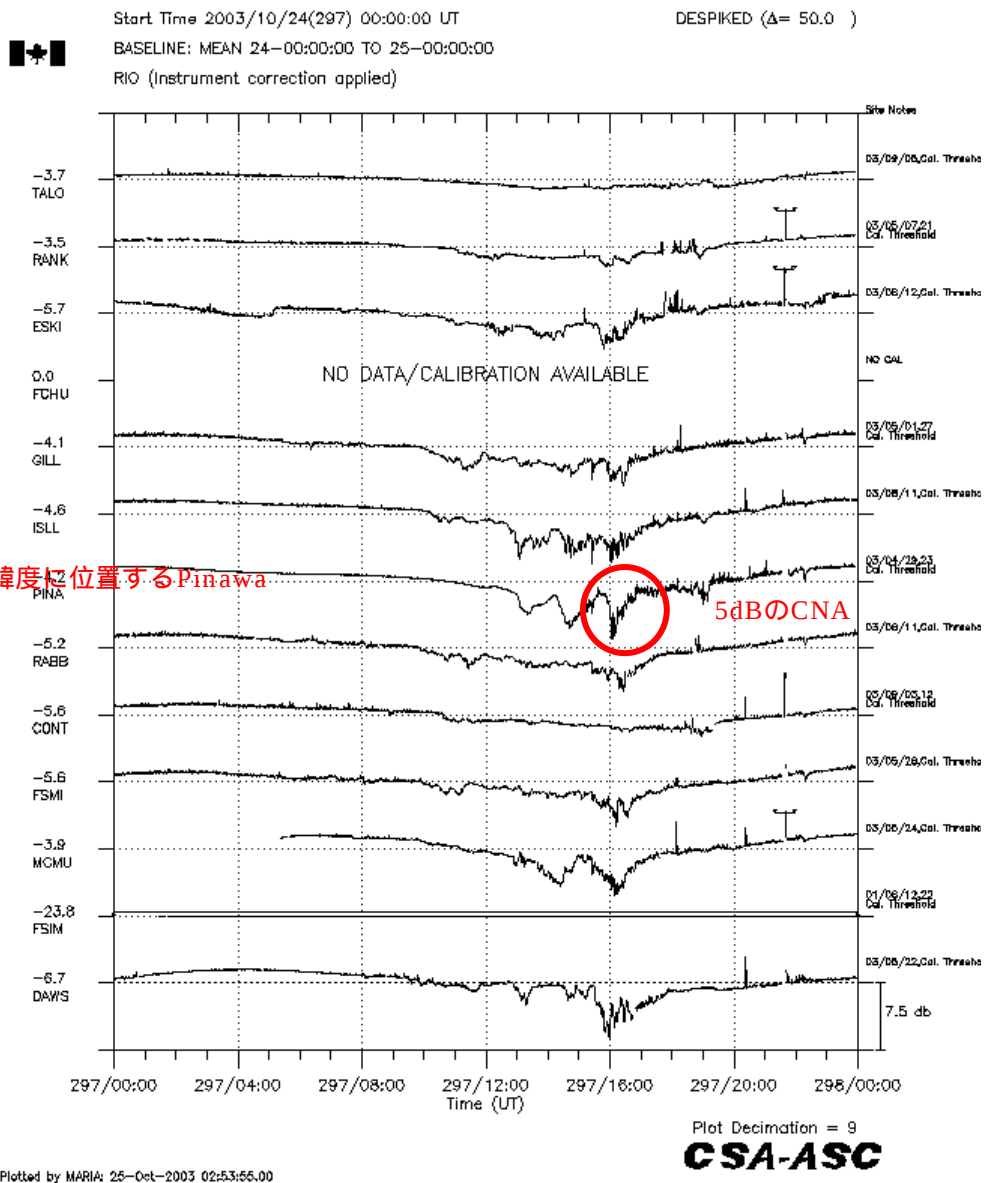


図7 カナダ中部に位置するPinawaで、沖縄の磁場が急減少した01時に5dBに達する銀河雑音電波強度の減少(CNA)を観測した。(Canadian Space Agency提供)。