

地磁気静穏日変化(Sq)の長期トレンドから推察される超高層大気変動について

新堀 淳樹¹, 小山幸伸³, 能勢正仁³, 林寛生¹, 堀智昭², 大塚雄一², 浅井歩⁴, 磯部洋明⁴, 横山正樹⁵, 上野悟⁶, 塩田大幸⁷, 羽田裕子⁶, 北井礼三郎⁶, 津田敏隆¹, IUGONET プロジェクトチーム

^{*1} 京大生存研, ^{*2} 名大STE研, ^{*3} 京大地磁気センター, ^{*4} 京大宇宙ユニット, ^{*5} 和歌山大, ^{*6} 京大天文台, ^{*7} 理研

Contact E-mail address: shinbori@rish.kyoto-u.ac.jp

1. はじめに

1.1 地磁気日変化(Sq)に見られる地球大気層

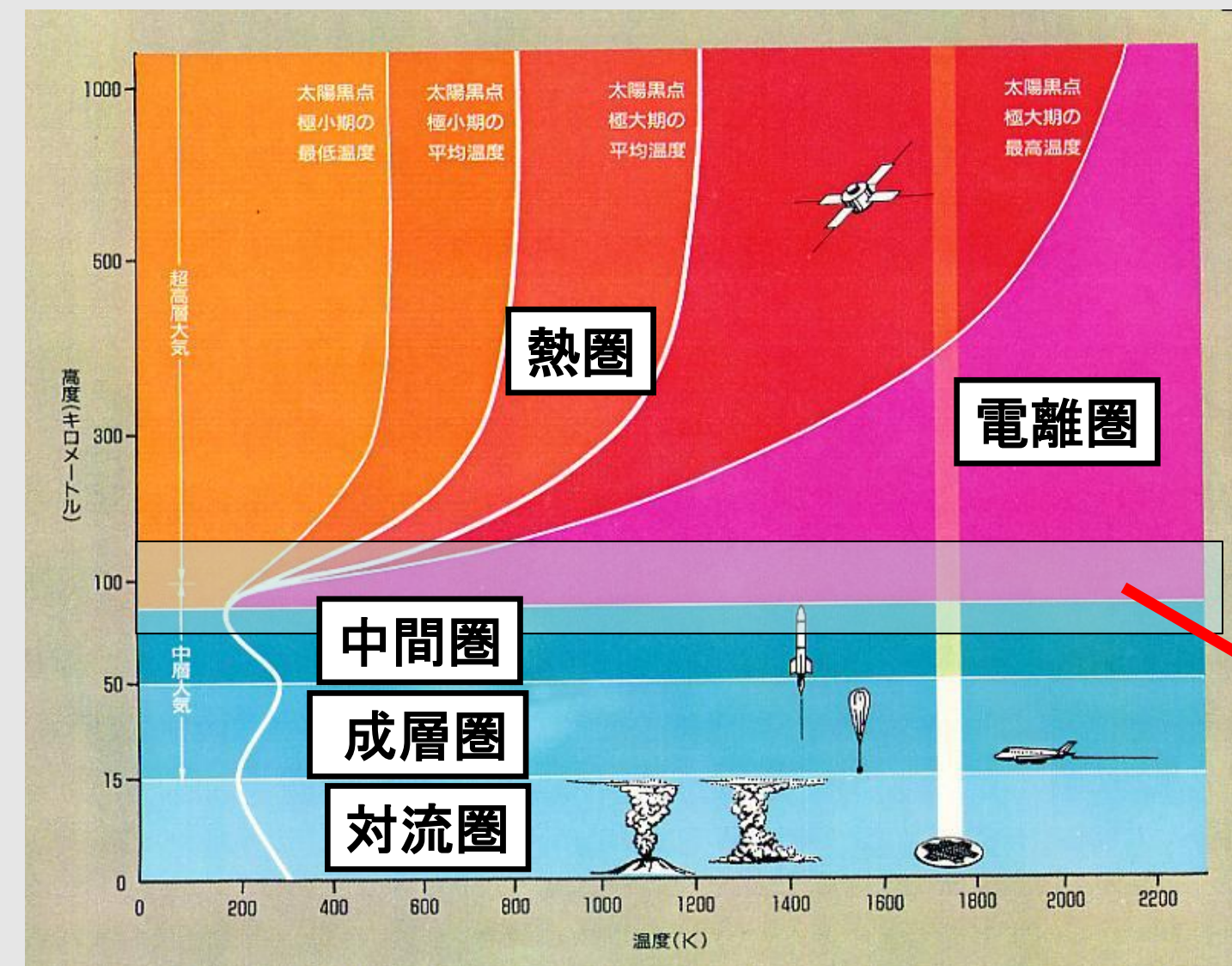


図 1. 地球大気層の構造(左図)と地磁気日変化の観測例(右図)

1.2 近年のSqを用いた超高層大気変動の研究

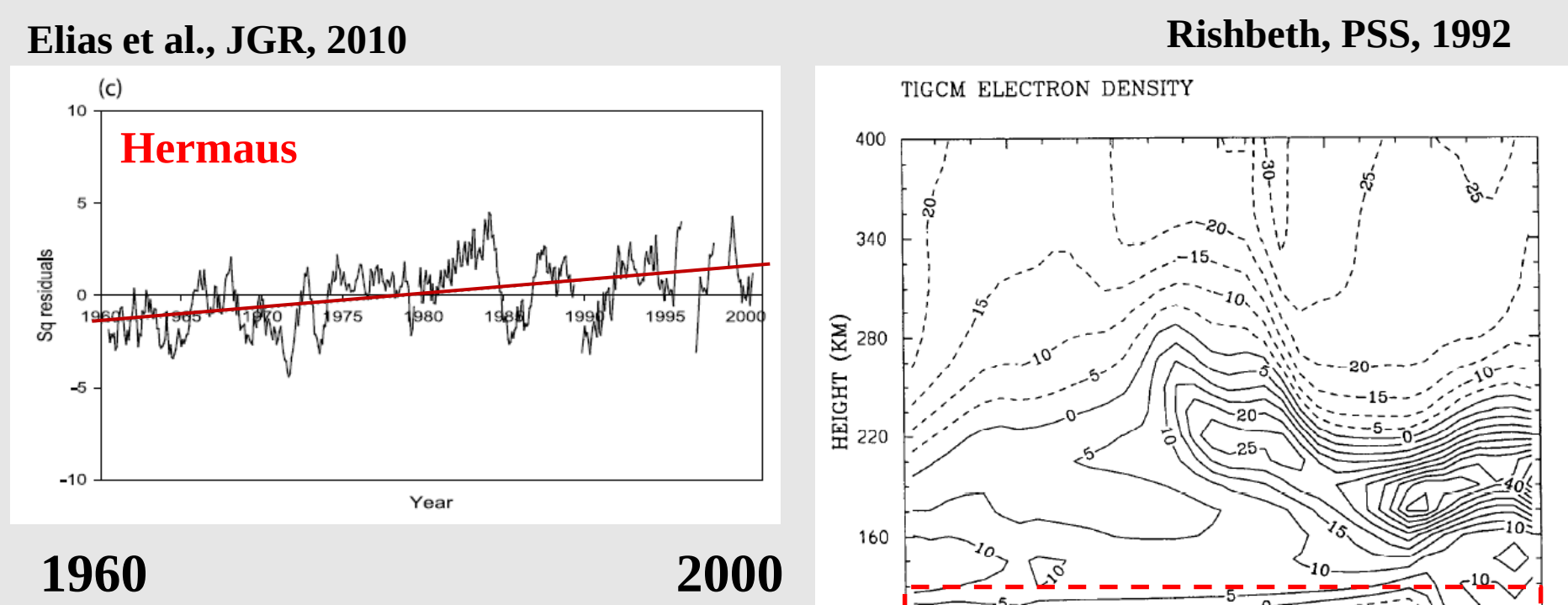
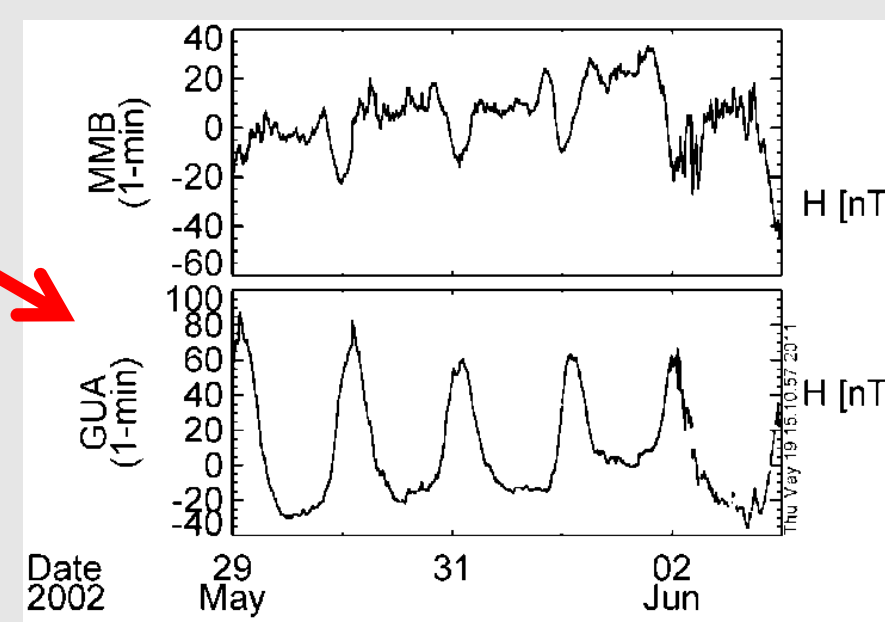


図 2. ヘルマナスにおける太陽活動を取り除いたSq場の振幅のトレンドと地球温暖化による電離圏電子密度変動。

電離圏・熱圏→太陽活動の影響が支配的
中間圏・成層圏→下層大気からの影響が支配的
熱圏下部・中間圏=MLT領域
→太陽活動と下層大気からの影響が混在
弱電離プラズマ=電流層



地磁気静穏日変化は、
Sq (Geomagnetic
Solar daily Quiet
variation)と呼ばれ、
MLT領域の中性風に
よって駆動される電離
圏電流が主たる要因
である

太陽活動の成分を差し引いたSq場の振幅は、3つの観測点では**年々増加傾向**にある
→地球温暖化による電離圏電子密度の変化がSq場の振幅に影響を与える？
近年のモデル計算結果
CO₂濃度を今の2倍
⇒電離圏の電子密度が5%増加

解析期間と観測点の制約から、全球的なSq場の長期変動は不明。

2. 本研究の目的

2.1 これまでの研究の問題点

Elias et al. [2010]は、モデル計算から示唆されている地球温暖化に伴う電離圏の電子密度増加に着目して、その影響が現れるSq場の振幅の長期変動の解析を行った。

しかしながら、この研究は、**使用した地磁気観測点と地磁気データ長期解析の不足、分野間の観測データを用いた統合解析の不足、及び解析手法やそれに至る仮定の問題**を含んでいる。

図 3. IUGONETの参加機関が提供する全球観測ネットワークのデータ

2.2 本研究の目的

◎IUGONETの参加機関から提供される長期の地磁気と太陽活動の指標となるF10.7フラックスデータを中心に解析し、**全球的なSq場の振幅の長期変動の要因**を明らかにする。

(1) 多点の地磁気観測点や熱圏風速の長期データ解析

IUGONETで開発したメタデータベース検索と統合解析ソフト(UDAS)を最大限に利用することで研究推進の効率化の図った。

(2) 解析手法の改良

地磁気静穏日の閾値の具体化した。

3. 解析手法

3.1 使用観測データ

IUGONETの参加機関である京大地磁気センターから提供された全球地磁気データを使用した。ここでは、時間分解能が1時間で、かつ1900年以降のデータを用いた。

また、この他に、NGDC/NOAAから提供された太陽活動度を示すF10.7太陽電波フラックス(1947年-2010年)や太陽黒点データ(1900年-2010年)を用いた。

3.2 地磁気静穏日とSq振幅の同定方法

ここでは、地磁気静穏日を **Kp指数の1日の最大値が4を超えない日として定義し、その日に該当する地磁気の日変化の最大と最小の差をSq場の振幅**とした。そして、それらのデータの1月平均値を解析に用いた。

一方、太陽活動依存性の除去するために、F10.7フラックスと各観測点におけるSq場の振幅との相関解析から得られた**2次回帰曲線からのずれをRes-Sq場の振幅**と定義した。

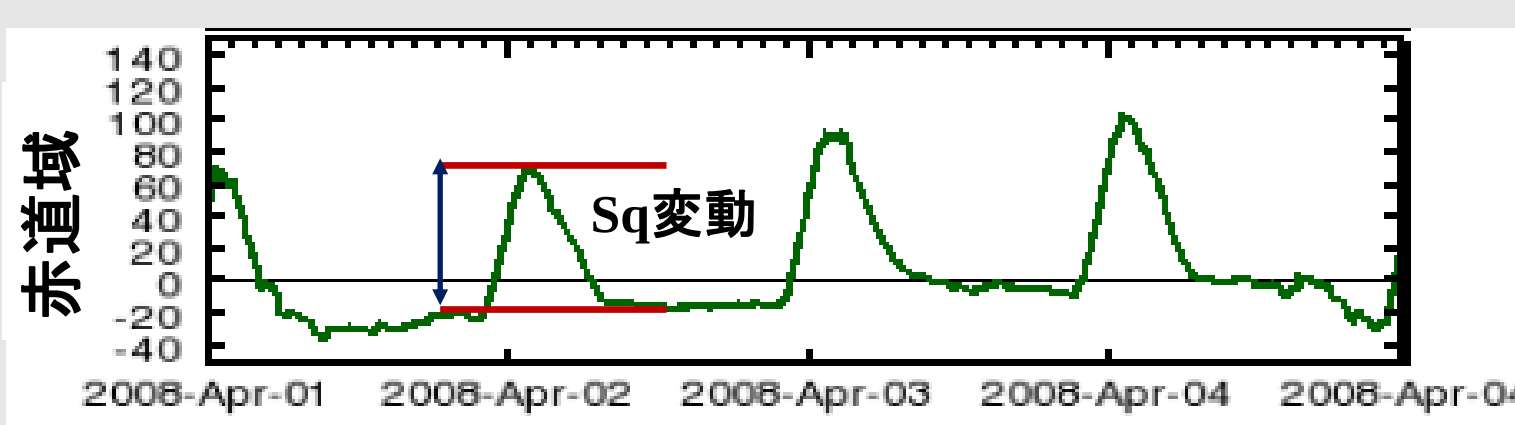


図 4. Sq場の振幅の定義

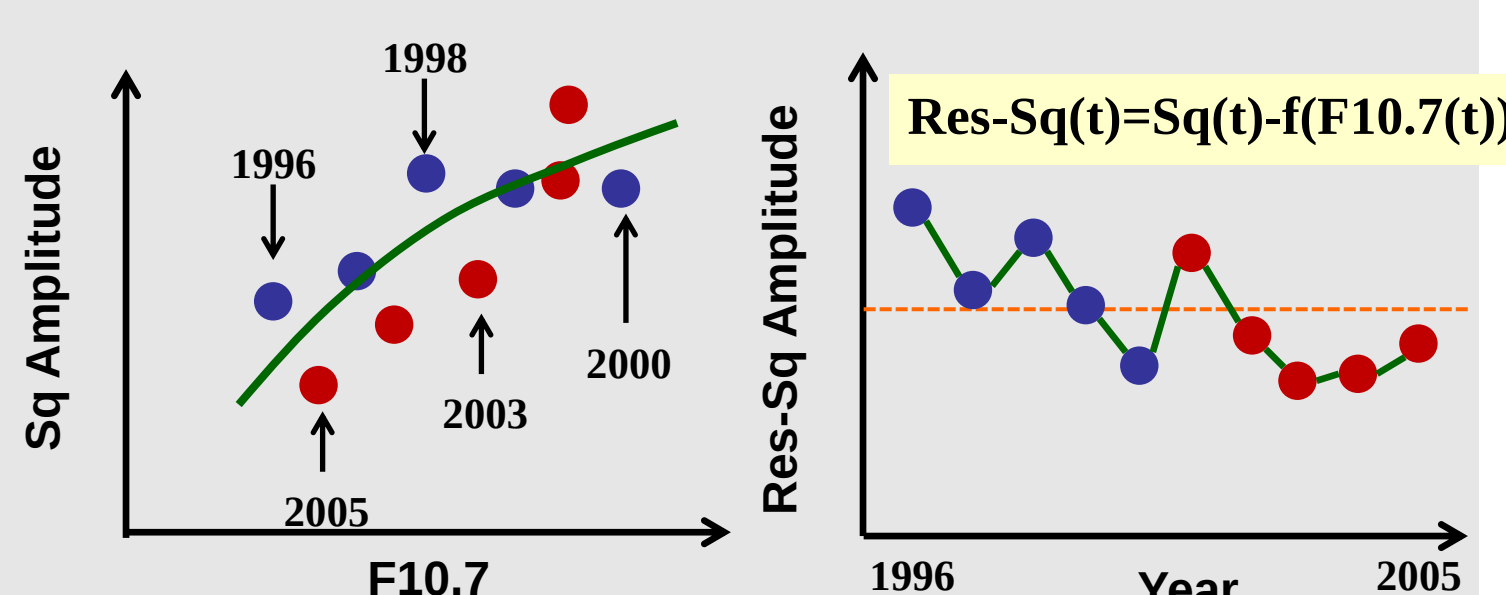
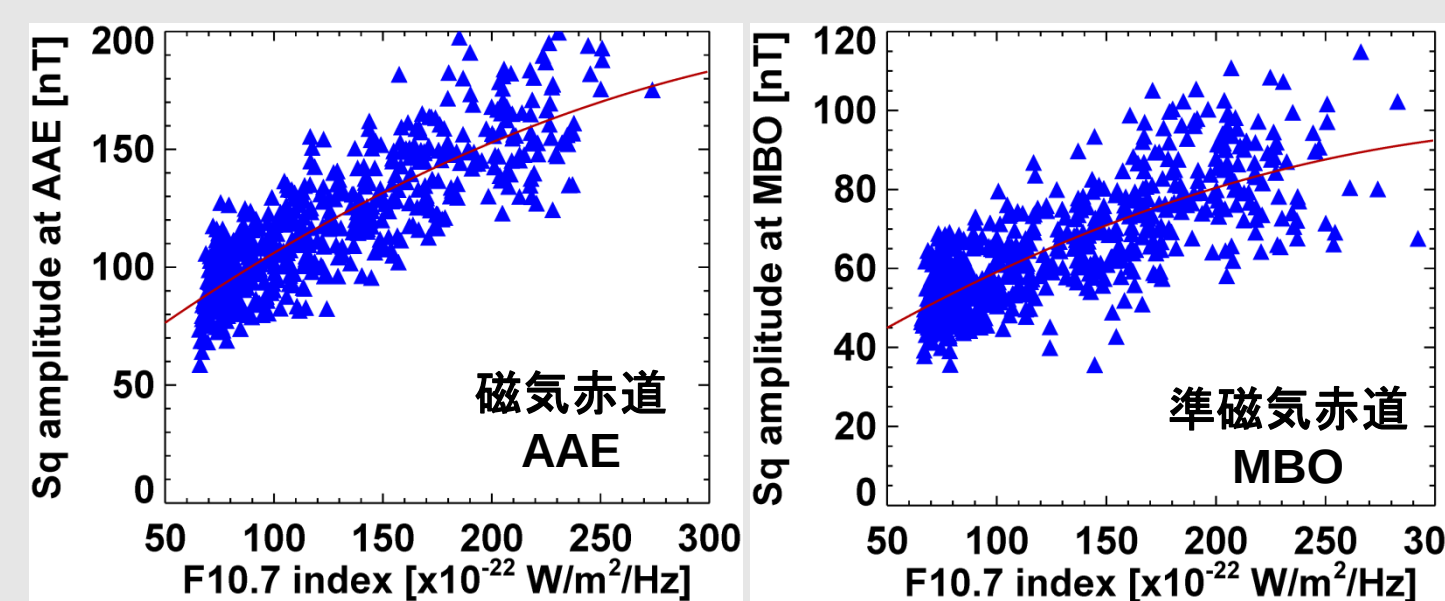


図 5. Sq場とF10.7フラックスとの相関解析

4. 解析結果と考察

4.1 Sq場の振幅の太陽活動依存性

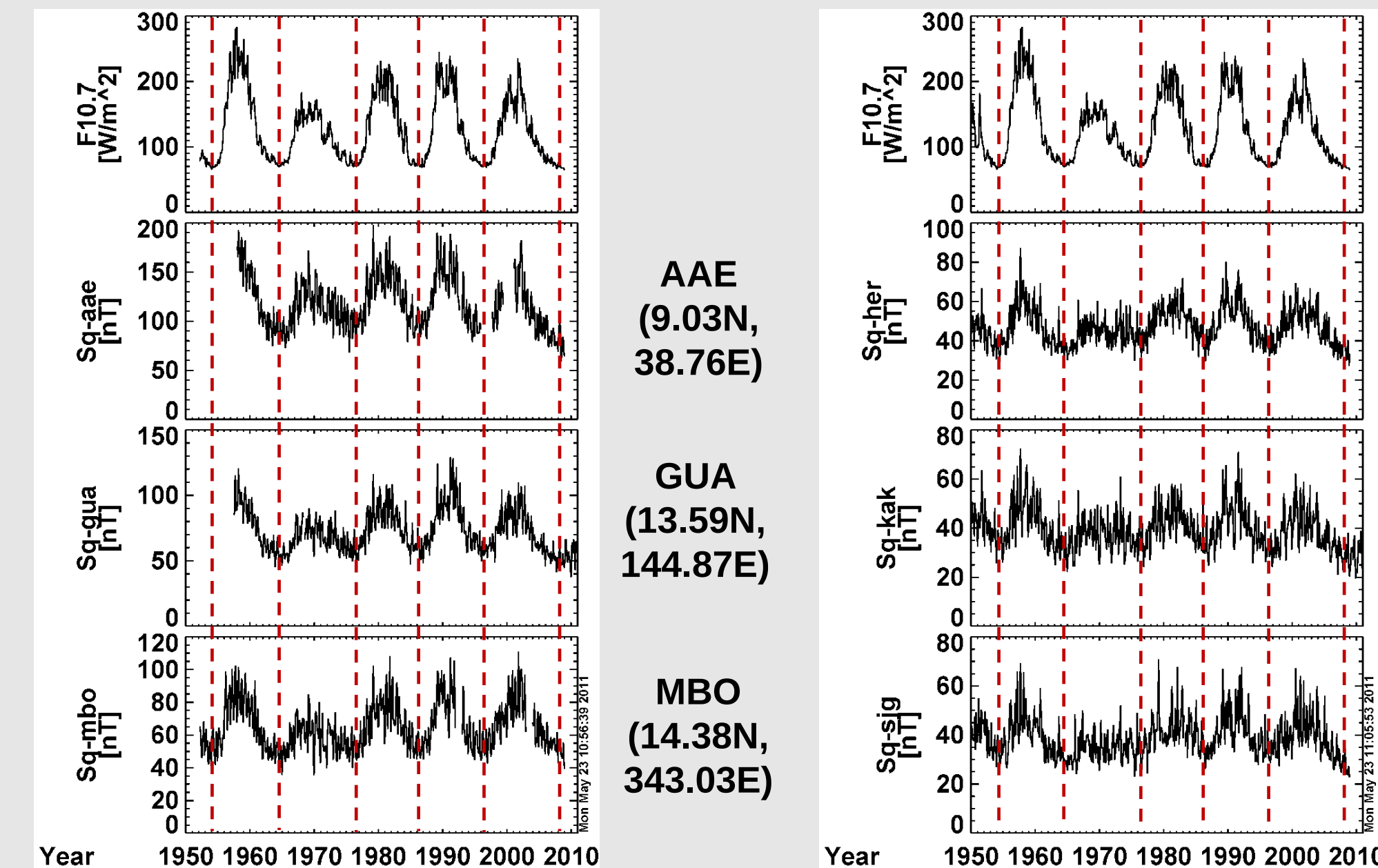


図 6. 磁気赤道(左図)と低緯度域(右図)のそれぞれ3観測点におけるSq場の振幅の太陽活動依存性。縦の点線は、F10.7フラックス値が最小を示す部分を表す。

Sq場の振幅は、顕著な**11年太陽活動周期**に呼応して変動する。

4.2 Res-Sq場の振幅の長期変動

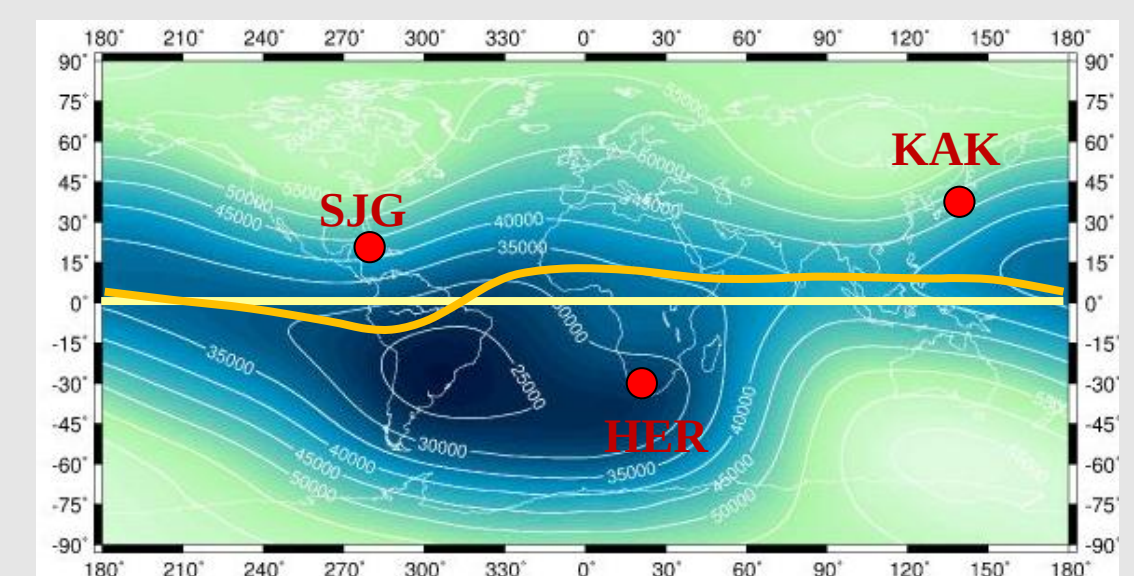
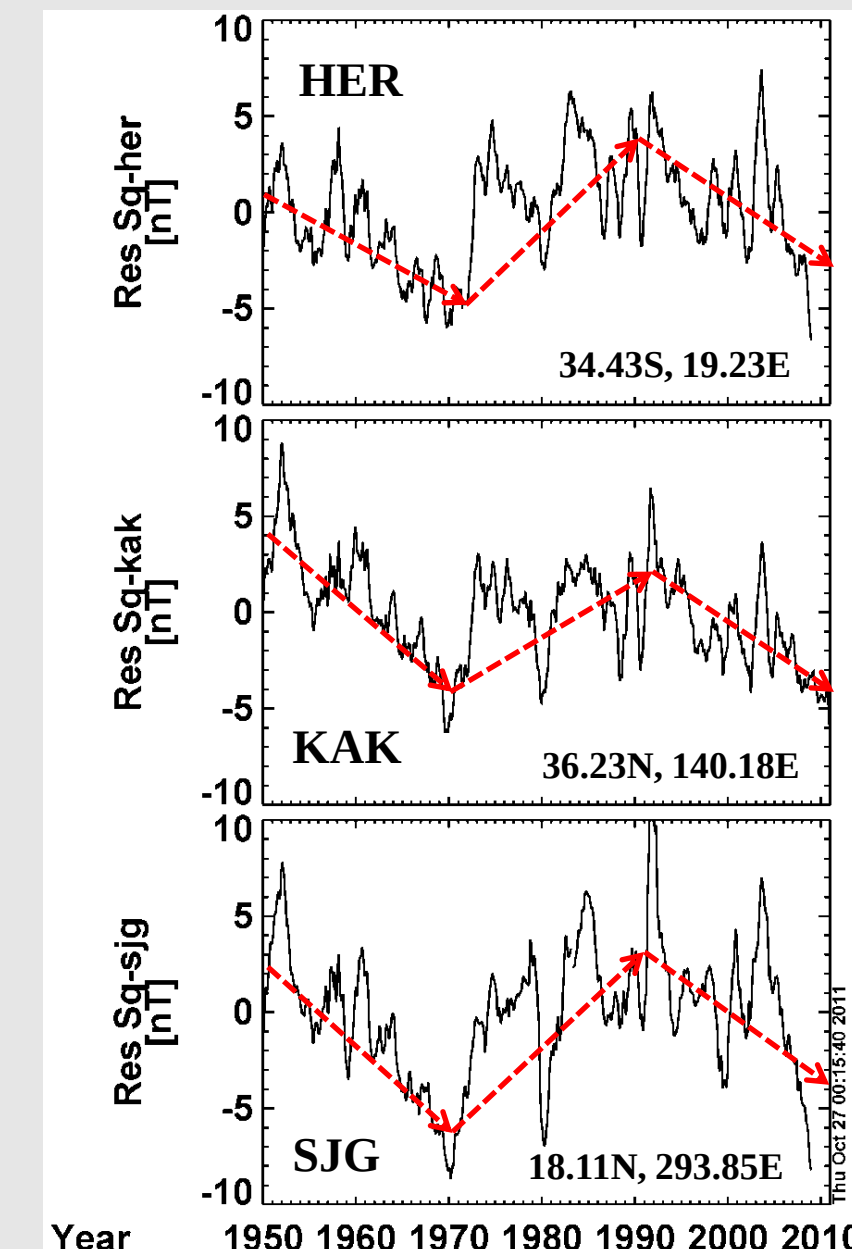


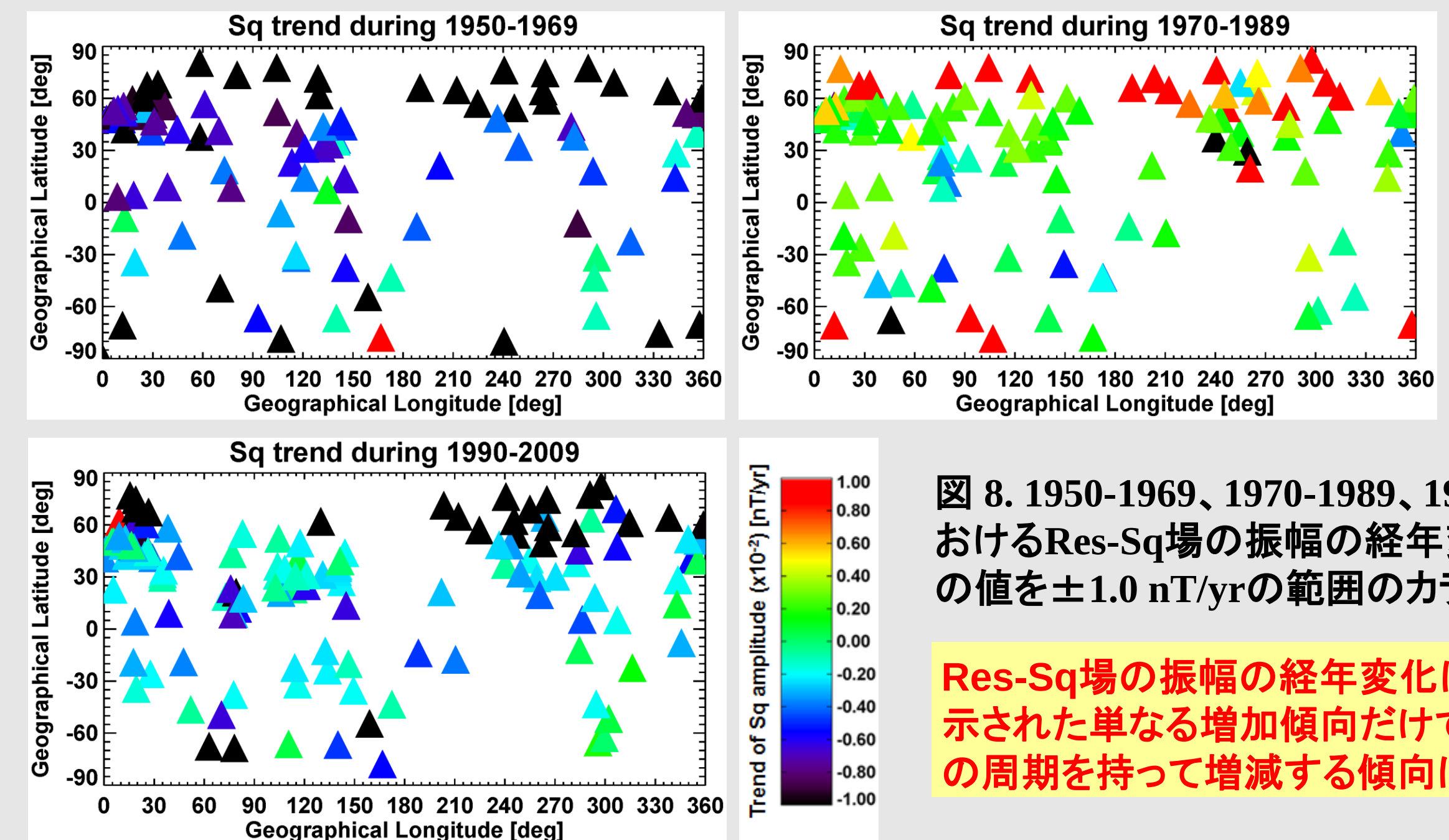
図 7. F10.7フラックスとSq場の振幅の相関解析から太陽活動成分を差し引いたSq場の振幅(Res-Sq)の長期変化と解析に用いた3観測点(SJG、KAK、HER)の位置。左図の赤線は、Res-Sqの傾きを示す。

○Res-Sq場の振幅の長期変化は、各観測点(SJG、KAK、HER)全てにおいて**増加傾向**だけでなく、**減少傾向**も示す。

○このことは、3観測点とも現れており、この変化が**グローバルな現象**であることを示唆する。

○1970年と2010年ごろにRes-Sq場の振幅が**極小**となり、1990年あたりに**極大**となる。

4.3 Res-Sq場の振幅の経年変動の地理分布



左上: 1950-1969年
右上: 1970-1989年
左下: 1990-2009年

図 8. 1950-1969、1970-1989、1990-2010年の3期間におけるRes-Sq場の振幅の経年変化の地理分布。その値を±1.0 nT/yrの範囲のカラーで表している。

Res-Sq場の振幅の経年変化は、Elias et al. [2010]で示された単なる増加傾向だけでなく、この場合、**約20年の周期**を持って増減する傾向にある。

4.4 約110年の地磁気変動の経年変化(太陽黒点使用)

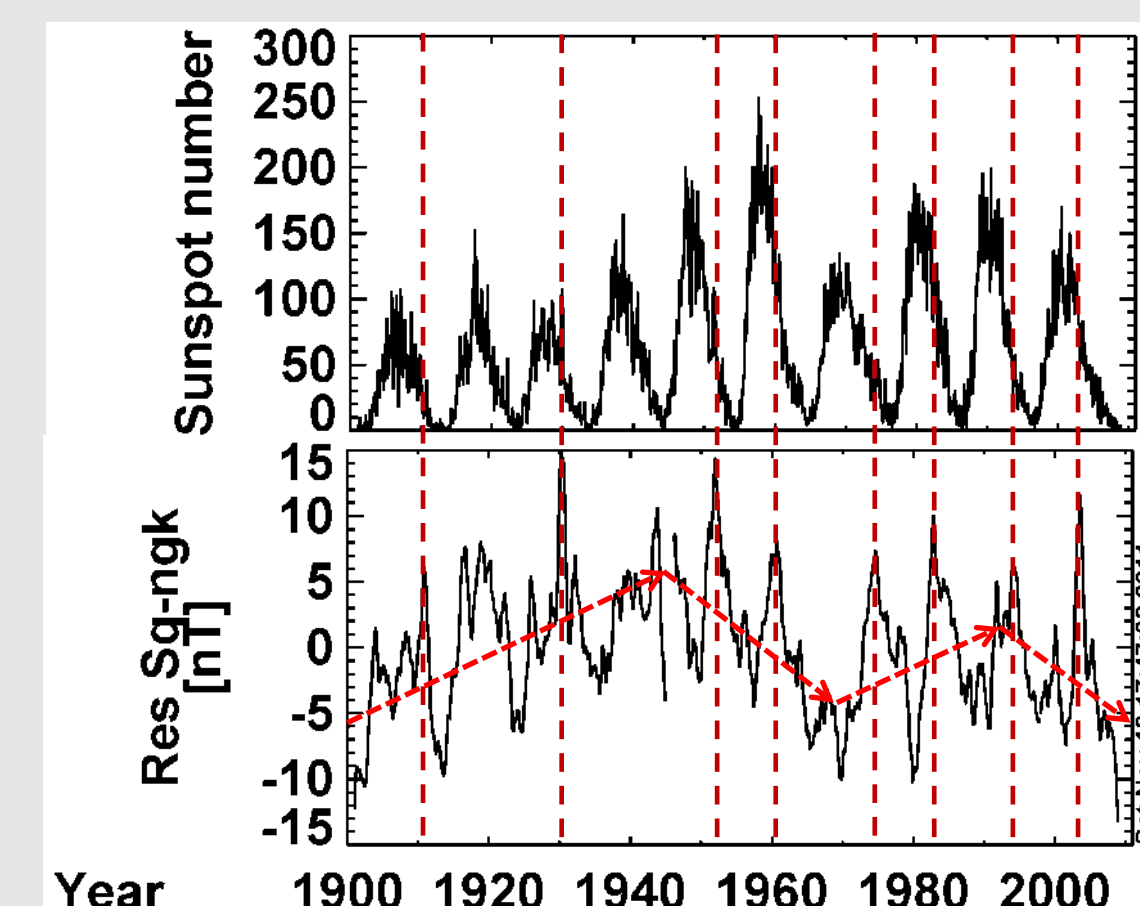


図 9. 1900年から2010年までの約110年間のRes-Sq場の振幅の経年変化。

縦の点線は、Sq場の振幅が急激に増加する部分に対応する

○1950年以降の解析で見られた約20年周期で、Sqの振幅が増加と減少を繰り返すという傾向は、それ以前のデータには見受けられない。つまり、**変動の周期は、30-40年と一定しない**。

○今後は、電離圏電気伝導度モデル値との比較から、この変動が何によってもたらされるのかを考察する。

○Sqの振幅が急激な増加を示す時期が**太陽活動が減退する時期**に対応する傾向にある。

5. まとめと結論

○1947-2010年までの太陽F10.7指数と地磁気データを用いて、地磁気静穏日変化(Sq)の振幅の太陽活動依存性とその長期トレンドの解析を行った。特に、2-4は、本解析で新しく得られた事項である。

1. Sq場の振幅は、**太陽活動11年周期に同期して変動**し、太陽電波フラックス(F10.7)が最大となる極大期には、Sq場の振幅が増大する。

2. 太陽活動11年周期と差し引いたSq場の振幅の長期変動は、必ずしも増加傾向の経年変動を示すとは限らず、その振幅は、**約20-40年の周期？で増加・減少**する。

その周期は、各年において規則性はない

3. 2と同様の傾向が太陽風駆動の**極域Sqp変動**にも現れており、駆動源の違いにもかかわらず、**傾向が中低緯度のSq場の振幅の長期変動の特徴に類似**している。

⇒**グローバルな地球大気の長期変動を反映？**

4. F10.7指数とSq場の振幅の関係は、**必ずしも線形関係**でなく、高いF10.7指数(150以上)では、Sq場の振幅の増加率が減少する。