

## 全国大会「SSH 生徒研究発表会」に出場しました!

8月9日、10日に「SSH 生徒研究発表会」が兵庫県神戸市の国際展示場で行われ、前橋高校の大澤優斗君(3年)が本校代表として参加しました。全国から200校を超える指定校が参加する本発表会は、課題研究の全国大会であり、科学技術に関する各分野において、ハイレベルな発表会となりました。大澤君は地学分野で『日本で発生した地震と電離圏嵐の関係』というテーマでポスター発表をしました。



### 発表生徒の感想

今回の生徒研究発表会は今後研究を進めていく上で、非常に貴重な経験となりました。まず、この発表会を通して、最も大事だと痛感したことは、限られた時間内で研究の核心部を理解してもらうために、思い切った強調、省略が必要だということです。代表校の発表を見ていても客観的な視点で発表構成を組み立てることが大切だと感じました。また、自分は質疑応答が苦手でしたが、発表の準備をする段階で自分自身と議論したり、質問されそうなところを考えたりすることで、研究に対する考えも深まり、発表会本番ではしっかりとした応答をすることができました。ここが一番成長したところかなと思います。この発表会に参加することで様々な分野の方々と交流することができ、非常に有意義な時間を過ごすことができました。この経験を糧に努力を続けていきたいと思えます。

### 日本で発生した地震と電離圏嵐の関係

3107 群馬県立前橋高等学校 大澤優斗

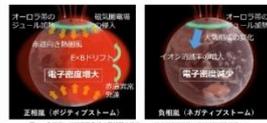
#### 研究背景・目的

地震には前兆現象があるとよく言われているが、その1つとして地震発生の直前に電離圏に異常が見られるという予想がある。そこで、地震発生の直前だけでなく数週間前からも何か異常が見られるのではないかと考え、この研究を行おうと思った。

また、この研究の目的は、地震が発生する前に大まかな予測ができるように、地震の前兆現象について事実を明かしていくことである。

#### 電離圏嵐とは

電離圏とは、地球の高度60kmより上である電離圏の電子密度が急激に減少したりする負相嵐(ネガティブストーム)、増加したりする正相嵐(ポジティブストーム)のこと。電離圏嵐は太陽フレアによる強烈な太陽風によって発生する。



#### 仮説

- 2011年3月11日に発生した東日本大震災やその前震の直前にポジティブストームが発生していたことから、電離圏嵐と地震には関係性があり直前だけでなく数週間前から何か異常が見られるのではないかと考え、この研究を行おうと思った。
- 季節によってポジティブストームとネガティブストームの回数に偏りが見られるのでその季節性が地震に関係しているのではないかと考え、この研究を行おうと思った。
- ポジティブストームとネガティブストームでは、地震との関係性に優劣があるのではないかと考え、この研究を行おうと思った。

以上の3つを本研究の仮説として設定した。

#### 方法

M6.0以上かつ震度5弱以上の地震が発生したときとその約2週間前のポジティブストームとネガティブストームのデータを使う。ただし、後者のデータは1997年以降である。

またここでは、下の図にあるように電離圏の規模の分散値を0としたときの3σ以上のときと-3σ以下のものを1回のポジティブストーム、ネガティブストームとし、任意の2週間のポジティブストーム、ネガティブストームの発生回数をそれぞれC<sub>+</sub>、C<sub>-</sub>とする。そして、ここでは、「C<sub>+</sub>+C<sub>-</sub>≥1」となったことを条件1と呼ぶ。

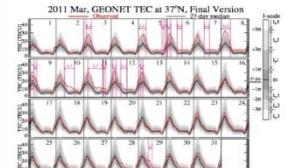


図1 2011年3月 東北地方太平洋沖地震発生直前直後期に発生した電離圏嵐の発生頻度

例えば、上図ではC<sub>+</sub>=14である。

表1 C<sub>+</sub>の分布、発生、発生頻度とウェットアウトの電離圏アラートレベルとの関係

レベル	発生	発生頻度	ウェットアウトの電離圏アラートレベルとの関係
k1	発生頻度	発生頻度	発生頻度
k2	発生頻度	発生頻度	発生頻度
k3	発生頻度	発生頻度	発生頻度
k4	発生頻度	発生頻度	発生頻度
k5	発生頻度	発生頻度	発生頻度
k6	発生頻度	発生頻度	発生頻度
k7	発生頻度	発生頻度	発生頻度
k8	発生頻度	発生頻度	発生頻度
k9	発生頻度	発生頻度	発生頻度
k10	発生頻度	発生頻度	発生頻度
k11	発生頻度	発生頻度	発生頻度
k12	発生頻度	発生頻度	発生頻度
k13	発生頻度	発生頻度	発生頻度
k14	発生頻度	発生頻度	発生頻度
k15	発生頻度	発生頻度	発生頻度
k16	発生頻度	発生頻度	発生頻度
k17	発生頻度	発生頻度	発生頻度
k18	発生頻度	発生頻度	発生頻度
k19	発生頻度	発生頻度	発生頻度
k20	発生頻度	発生頻度	発生頻度
k21	発生頻度	発生頻度	発生頻度
k22	発生頻度	発生頻度	発生頻度
k23	発生頻度	発生頻度	発生頻度
k24	発生頻度	発生頻度	発生頻度
k25	発生頻度	発生頻度	発生頻度
k26	発生頻度	発生頻度	発生頻度
k27	発生頻度	発生頻度	発生頻度
k28	発生頻度	発生頻度	発生頻度
k29	発生頻度	発生頻度	発生頻度
k30	発生頻度	発生頻度	発生頻度
k31	発生頻度	発生頻度	発生頻度
k32	発生頻度	発生頻度	発生頻度
k33	発生頻度	発生頻度	発生頻度
k34	発生頻度	発生頻度	発生頻度
k35	発生頻度	発生頻度	発生頻度
k36	発生頻度	発生頻度	発生頻度
k37	発生頻度	発生頻度	発生頻度
k38	発生頻度	発生頻度	発生頻度
k39	発生頻度	発生頻度	発生頻度
k40	発生頻度	発生頻度	発生頻度
k41	発生頻度	発生頻度	発生頻度
k42	発生頻度	発生頻度	発生頻度
k43	発生頻度	発生頻度	発生頻度
k44	発生頻度	発生頻度	発生頻度
k45	発生頻度	発生頻度	発生頻度
k46	発生頻度	発生頻度	発生頻度
k47	発生頻度	発生頻度	発生頻度
k48	発生頻度	発生頻度	発生頻度
k49	発生頻度	発生頻度	発生頻度
k50	発生頻度	発生頻度	発生頻度
k51	発生頻度	発生頻度	発生頻度
k52	発生頻度	発生頻度	発生頻度
k53	発生頻度	発生頻度	発生頻度
k54	発生頻度	発生頻度	発生頻度
k55	発生頻度	発生頻度	発生頻度
k56	発生頻度	発生頻度	発生頻度
k57	発生頻度	発生頻度	発生頻度
k58	発生頻度	発生頻度	発生頻度
k59	発生頻度	発生頻度	発生頻度
k60	発生頻度	発生頻度	発生頻度
k61	発生頻度	発生頻度	発生頻度
k62	発生頻度	発生頻度	発生頻度
k63	発生頻度	発生頻度	発生頻度
k64	発生頻度	発生頻度	発生頻度
k65	発生頻度	発生頻度	発生頻度
k66	発生頻度	発生頻度	発生頻度
k67	発生頻度	発生頻度	発生頻度
k68	発生頻度	発生頻度	発生頻度
k69	発生頻度	発生頻度	発生頻度
k70	発生頻度	発生頻度	発生頻度
k71	発生頻度	発生頻度	発生頻度
k72	発生頻度	発生頻度	発生頻度
k73	発生頻度	発生頻度	発生頻度
k74	発生頻度	発生頻度	発生頻度
k75	発生頻度	発生頻度	発生頻度
k76	発生頻度	発生頻度	発生頻度
k77	発生頻度	発生頻度	発生頻度
k78	発生頻度	発生頻度	発生頻度
k79	発生頻度	発生頻度	発生頻度
k80	発生頻度	発生頻度	発生頻度
k81	発生頻度	発生頻度	発生頻度
k82	発生頻度	発生頻度	発生頻度
k83	発生頻度	発生頻度	発生頻度
k84	発生頻度	発生頻度	発生頻度
k85	発生頻度	発生頻度	発生頻度
k86	発生頻度	発生頻度	発生頻度
k87	発生頻度	発生頻度	発生頻度
k88	発生頻度	発生頻度	発生頻度
k89	発生頻度	発生頻度	発生頻度
k90	発生頻度	発生頻度	発生頻度
k91	発生頻度	発生頻度	発生頻度
k92	発生頻度	発生頻度	発生頻度
k93	発生頻度	発生頻度	発生頻度
k94	発生頻度	発生頻度	発生頻度
k95	発生頻度	発生頻度	発生頻度
k96	発生頻度	発生頻度	発生頻度
k97	発生頻度	発生頻度	発生頻度
k98	発生頻度	発生頻度	発生頻度
k99	発生頻度	発生頻度	発生頻度
k100	発生頻度	発生頻度	発生頻度

また、表1の発生頻度を見ると、0.38≤C<sub>+</sub>≤2.3であり、0.3≤C<sub>-</sub>≤1.8であることがわかるので、C<sub>+</sub>=1.4という値はかなり大きいことがわかる。

#### 結果

まず、M6.0とM7.0の地震と電離圏嵐の相関関係について調べたところ、M6.0のときの相関係数は0.15で全く相関がなかったと言える。また、M7.0のときは相関係数が0.51で、わずかに正の相関が見られたと言える。ここで、M7.0以上の地震について見たところ下図のような結果が得られた。

地震の種類	プレート内地震	プレート内地震	その他、不明
C <sub>+</sub> ≥2.1またはC <sub>-</sub> ≥1.2となった回数	9回中4回	13回中2回	3回中1回

上図より、明らかに、プレート内地震のときは他の地震よりポジティブストームとネガティブストームの発生頻度が高く、プレート内地震の多くは東北太平洋沖であった。このことから、東北で発生した地震について焦点を当てて考えた。

地震の種類	プレート内地震	プレート内地震	その他、不明
C <sub>+</sub> ≥2.1またはC <sub>-</sub> ≥1.2となった回数	9回中4回	13回中2回	3回中1回

上の図より、東北で発生した地震は、プレート内地震のときは必ずポジティブストームとネガティブストームが発生しており、プレート内地震のときはほとんど発生していないことがわかる。

地震の種類	プレート内地震	プレート内地震	その他、不明
C <sub>+</sub> ≥2.1またはC <sub>-</sub> ≥1.2となった回数	9回中4回	13回中2回	3回中1回

さらに、季節別の電離圏嵐について調べたところ、ポジティブストームは2,3,4月に集中しており、ネガティブストームは比較的発生頻度は低い。また、ポジティブストームは6~12月の間では少なく、ネガティブストームは特に2,3月が少ない。東北の1.1個の地震と比較するとポジティブストームが多いときに地震が多く、ネガティブストームが少ないときに多くの地震が発生している。

#### 考察

①プレート内地震はプレート内地震と比較して明らかに条件1を満たした回数が多く、東北地方の地震を詳しく見ても、同様であったためプレート内地震のほうがプレート内地震よりもポジティブストーム、ネガティブストームとの関係性があるのではないかと考えられる。

②東北地方の地震を詳しく見たところ、ほとんどの場合においてポジティブストームの発生回数が圧倒的に多いことから、ネガティブストームよりもポジティブストームとの関係性があるのではないかと考えられる。

③ポジティブストーム、ネガティブストームの季節別発生回数を見ると、ポジティブストームが多い3月、4月にM7.0以上の地震の回数が多くなってきていることがあったため、季節的に見てもネガティブストームよりも、ポジティブストームのほうが地震との関係性があるのではないかと考えられる。

#### 今後の展望

今後の研究ではその期間を変えて同様の研究を行いたいと考えている。また、本研究では東北地方に焦点を当てたため、今後は別の国や地域についても焦点を当てたいと考えている。本研究の最終的な目的は、統計的でなく、本研究で予想された現象のメカニズムを解明することなので、それも視野に入れて研究を進めていきたいと考えている。

#### 参考文献

- 気象庁ホームページ  
<https://www.jma.go.jp/jma/index.html>
- 国立研究開発法人情報通信研究機構  
<https://sorc.nict.go.jp/forecast/ionosphere.html>
- 地震本部ホームページ  
<https://www.jishin.go.jp/>

#### 謝辞

東京大学大学院情報学環学際情報学部教授酒井慎一先生には本研究の遂行にあたり、様々な助言をいただきました。この場を借りて感謝の意を述べさせていただきます。