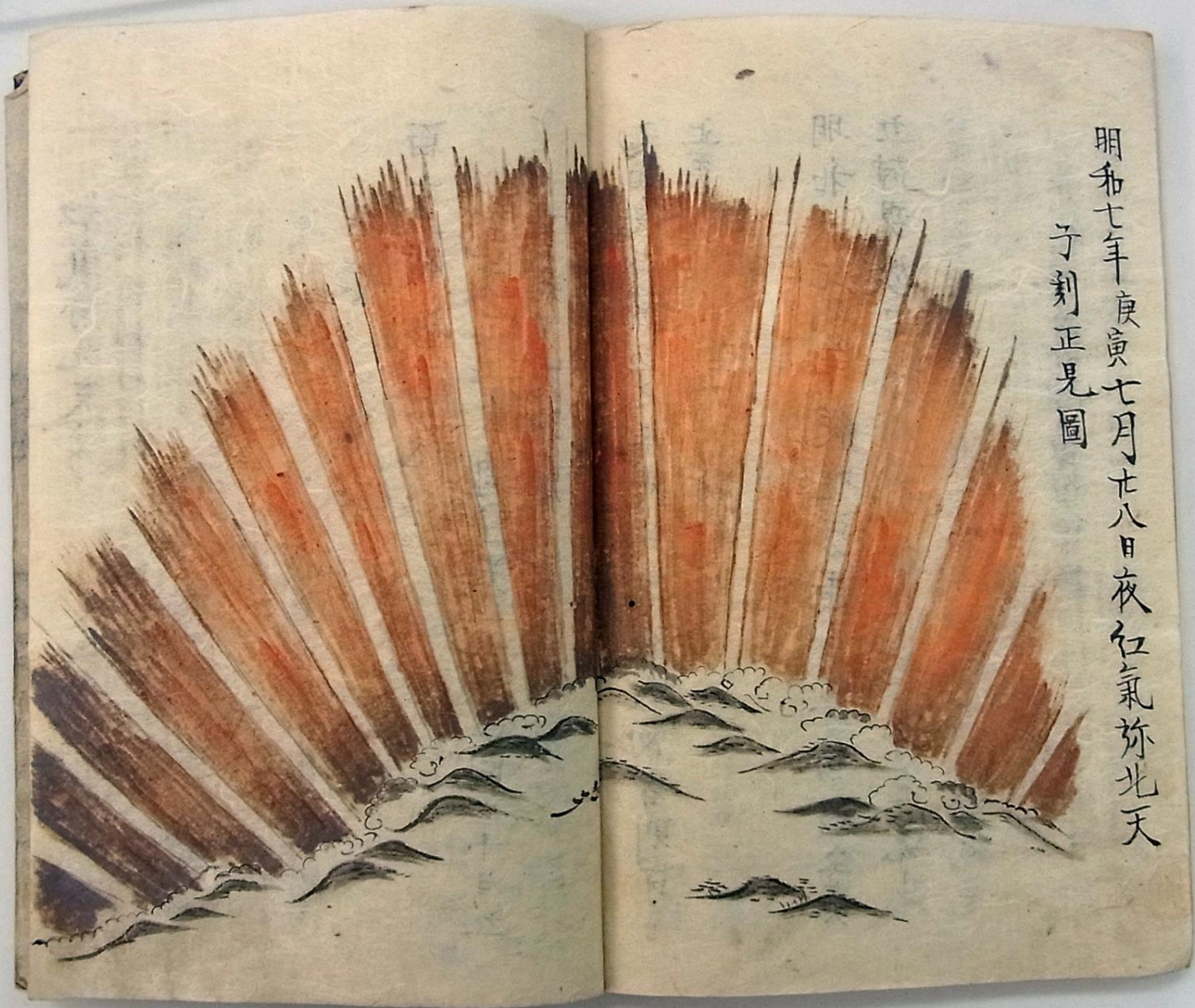


日本で見られるオーロラと 巨大磁気嵐

片岡龍峰（極地研）、岩橋清美（国文研）

2018年1月30日

文理融合シンポジウム



明和七年庚寅七月廿八日夜紅氣弥北天
子刻正見圖

絵図にも残された明和7年の巨大磁気嵐

- 1770年9月17日
 - 日本の古記録の中では、オーロラの記録が最多。
 - **もしかすると史上最大の磁気嵐ではないか？**という推測があった。しかし、その確たる根拠は見つかっていない。
- 1770年9月16日～18日
 - 中国では3日連続でオーロラが出現。
- 1770年9月16日
 - James Cookの太平洋探検第一回航海の帰路、インドネシア付近でオーロラが目撃された。
 - Endeavour Journal of Sir Joseph Banks
 - オーロラが北半球と南半球で同時に光っていることが初めて明らかになった。

磁気嵐の規模（Dst指数）は、何日も起こるとか、継続時間は関係ない

磁気嵐 = 地磁気が1%くらい弱くなること

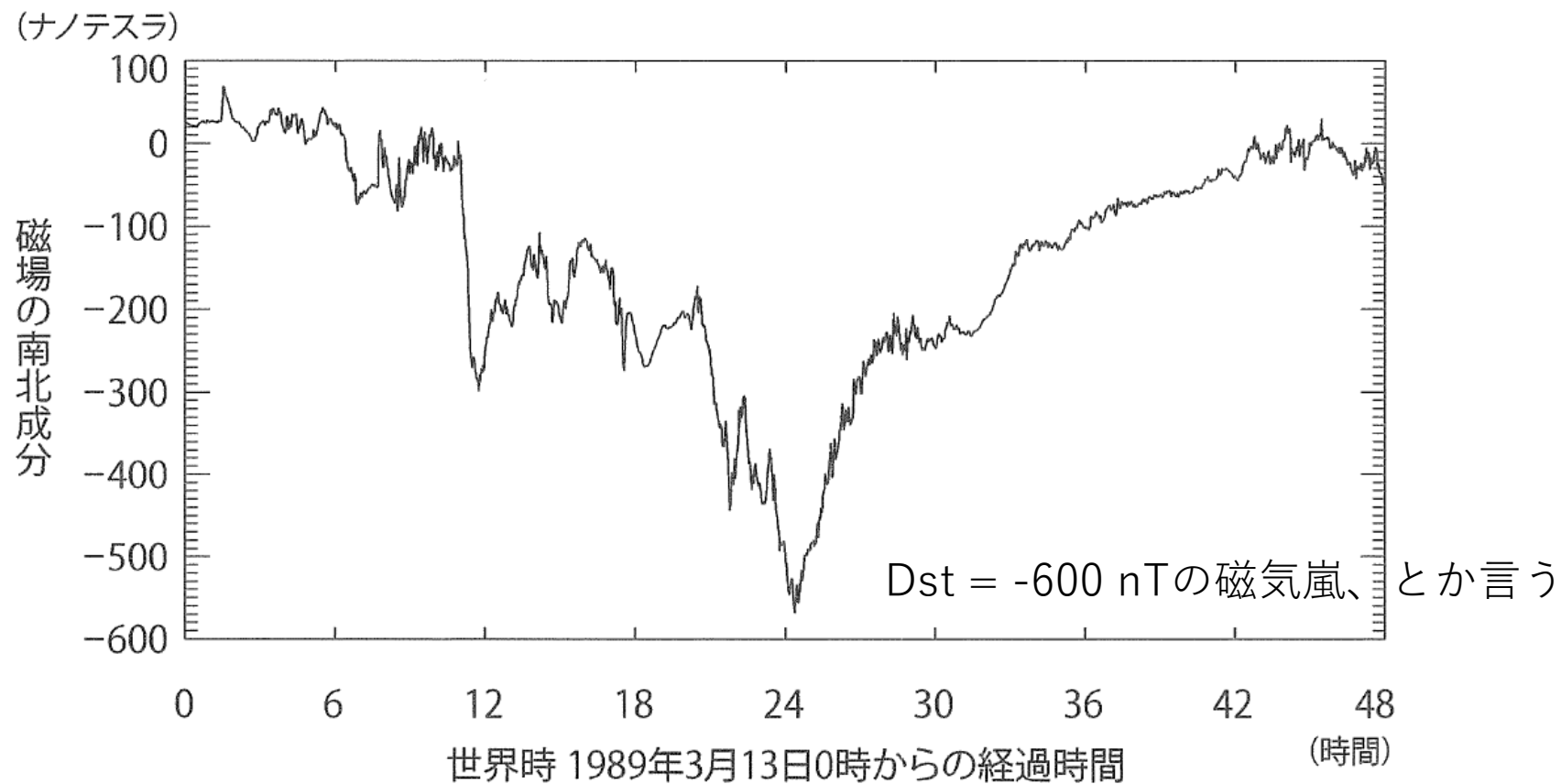
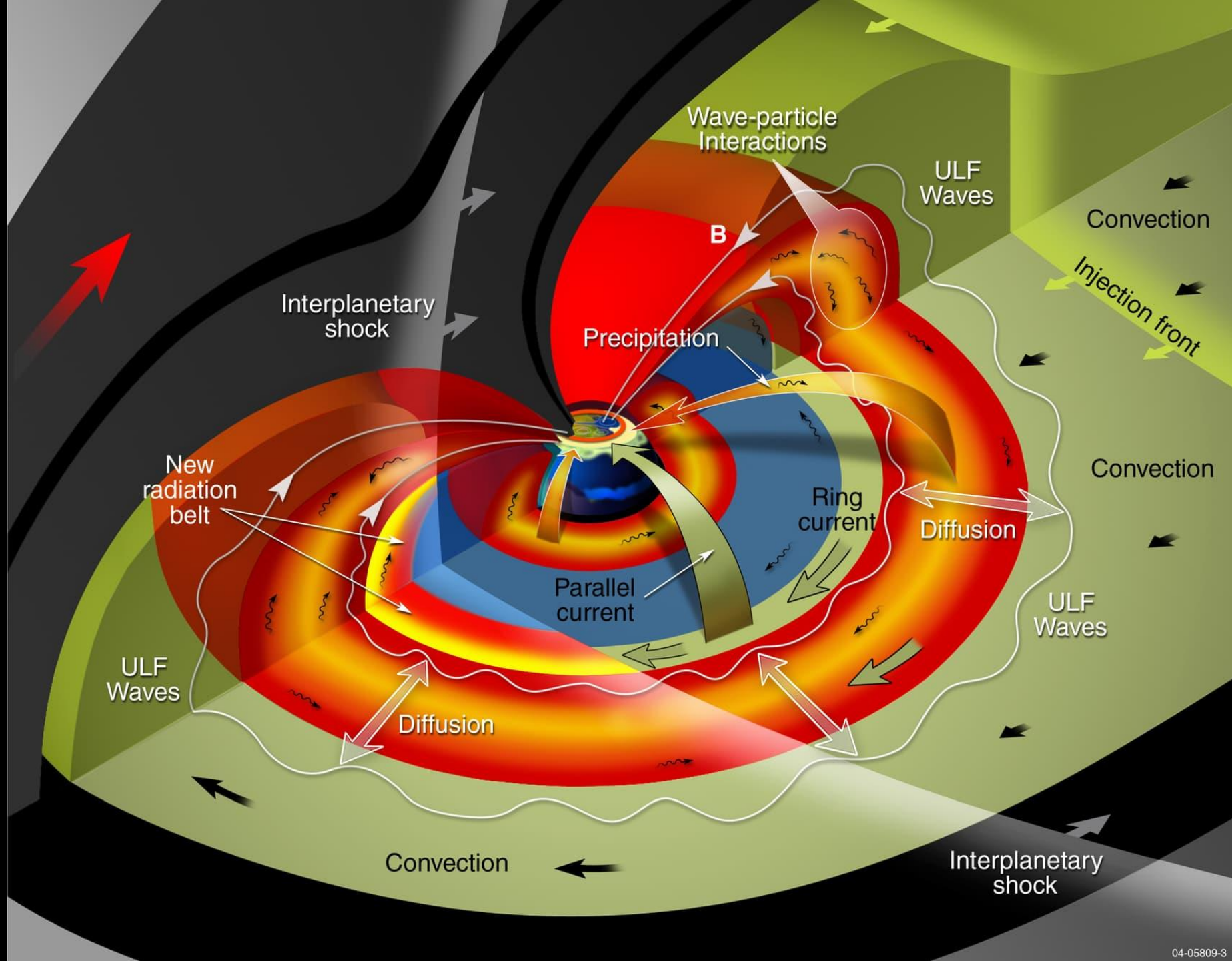
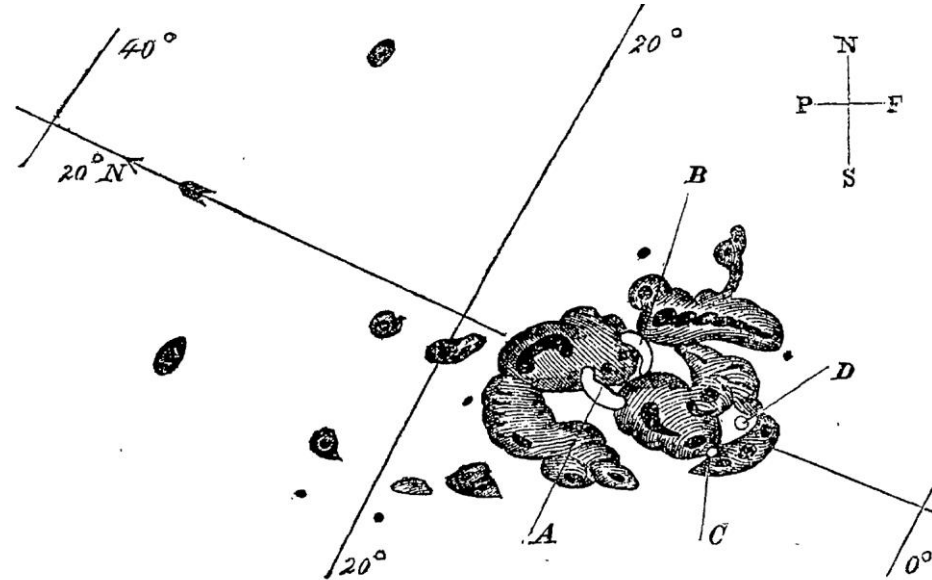


図4-1 過去50年間で最大の磁気嵐。柿岡地磁気観測所で観測された地磁気の南北成分。3月13～14日までの2日間の変動を示してある



「キャリントン・イベント」

- 1859年9月1日の英国、キャリントンが黒点スケッチ中（右図）に「フレア」を発見。
- 9月2日「世界中で」オーロラが発生。
 - 実は4日前にも。
- 過去200年間で最大の磁気嵐。
- 欧米の電信局で火花放電が起こった。

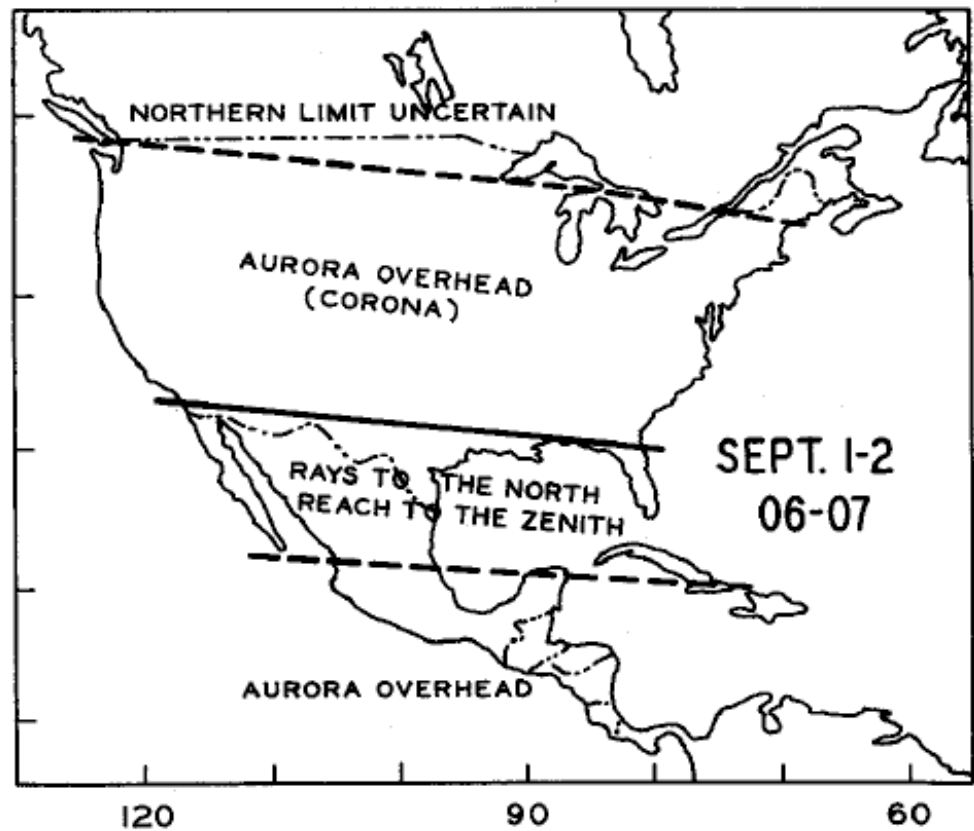
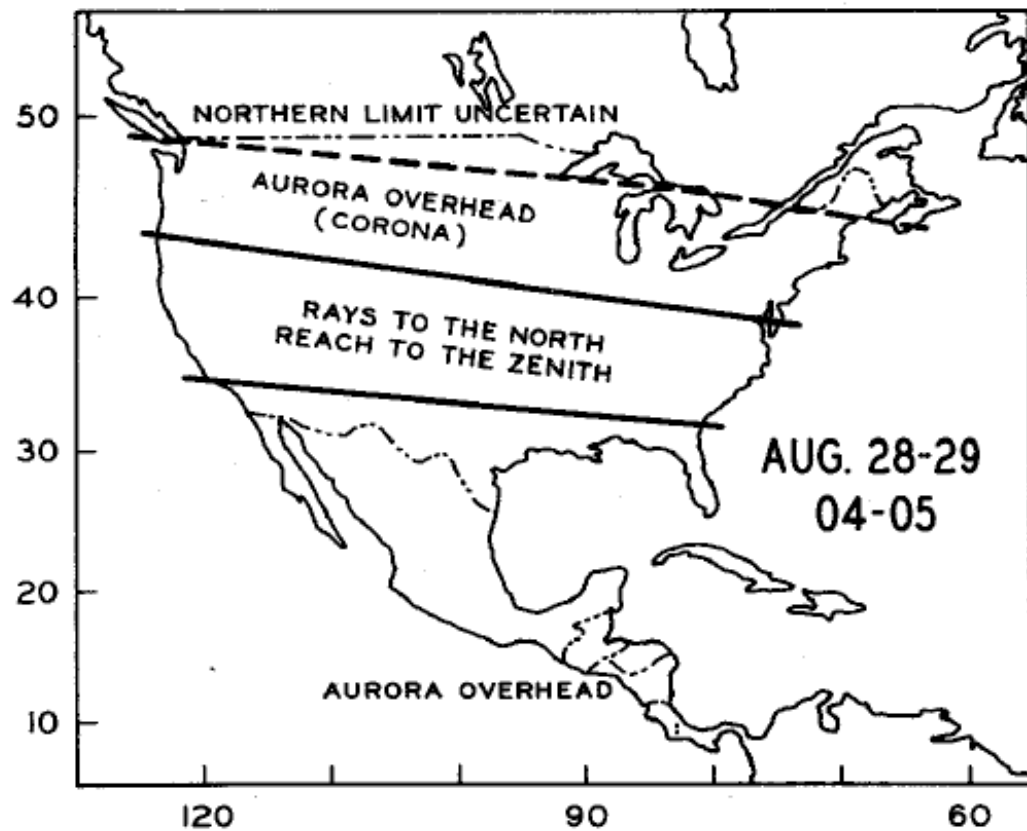


Carrington (1859)



普通の磁気嵐

磁気緯度24度 (L=1.24) でも天頂にオーロラが
強い磁気嵐 (Dst = -1000 nTくらい)



REGIONS OF OVERHEAD AURORA

MERCATOR PROJECTION

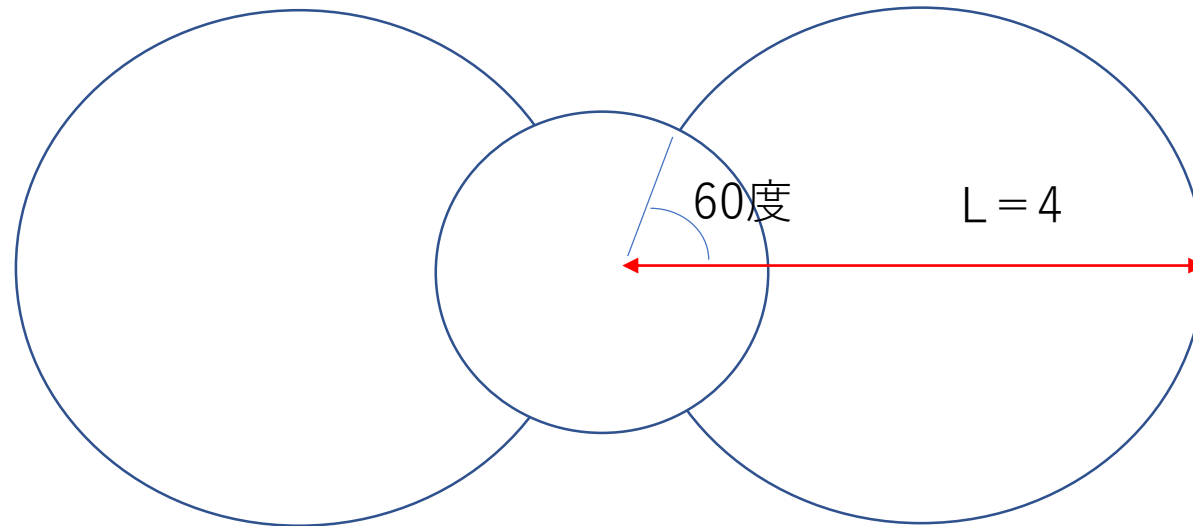
Fig. 7. Extent and Latitude Range of Auroral Visibility and Overhead Location of Aurora During Maximum Activity for Aug. 28-29 and Sept. 1-2, 1859.

双極子磁場とL値

$$L = (\cos \lambda)^{-2}$$

磁気緯度 λ が60度だと、 $L=4$

地上で磁気緯度60度の磁力線は、
地球半径の4倍の距離まで伸びている

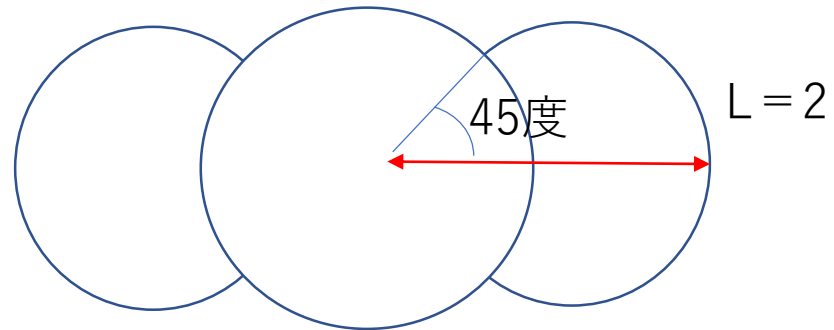


双極子磁場とL値

$$L = (\cos \lambda)^{-2}$$

磁気緯度 λ が45度だと、 $L=2$

地上で磁気緯度45度の磁力線は、
地球半径の2倍の距離まで伸びている

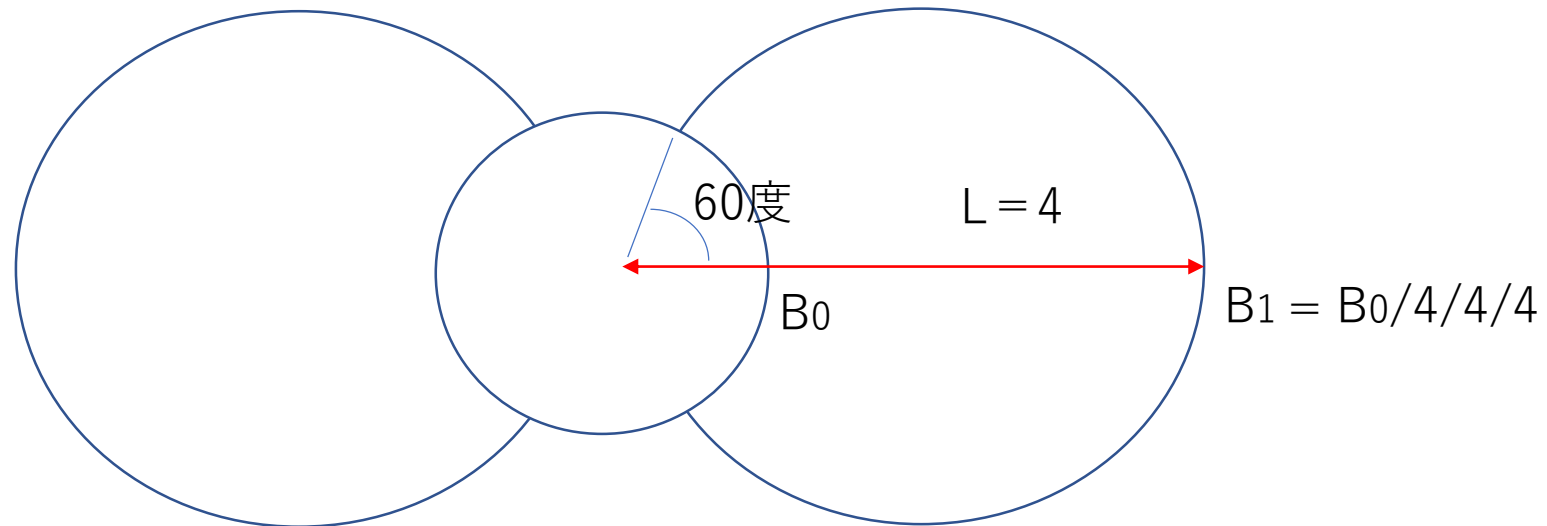


双極子磁場は、距離の3乗で弱くなる

$$B \propto L^{-3}$$

磁気緯度 λ が60度だと、 $L=4$

地上で磁気緯度60度の磁力線は、
地球半径の4倍の距離まで伸びている



磁気嵐 = 環電流のエネルギー

環電流エネルギー
(Dessler-Parker式)

$$E_R = 4 \times 10^{16} \left(\frac{-Dst}{1000 \text{ nT}} \right) \left(\frac{B_0}{3 \times 10^4 \text{ nT}} \right) \text{ J}$$

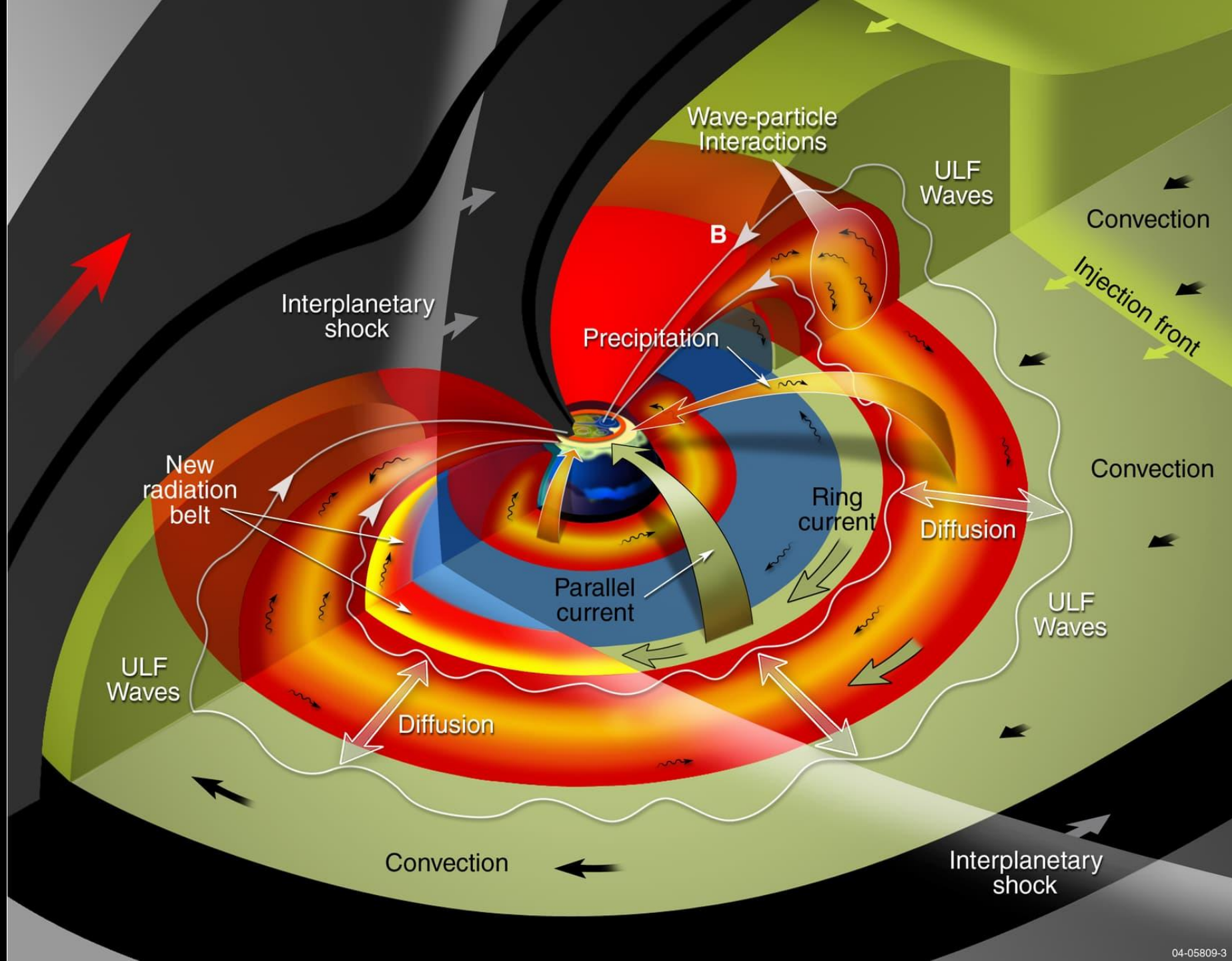
磁場エネルギー

$$E_M = 4 \times 10^{17} \left(\frac{L_e}{1.26} \right)^{-3} \left(\frac{B_0}{3 \times 10^4 \text{ nT}} \right)^2 \text{ J}$$

比は典型的に10%
(Yokoyama+1998)

$$Dst = -1.0 \times 10^3 \left(\frac{\varepsilon}{10\%} \right) \left(\frac{L_e}{1.26} \right)^{-3} \left(\frac{B_0}{3 \times 10^4 \text{ nT}} \right) \text{ nT}$$

- 1859年は現代より7%ほど B_0 が大きい
- 1770年は現代より14%ほど B_0 が大きい



明和7年の巨大磁気嵐

- 1770年9月17日
 - 日本の古記録の中では、オーロラの記録が最多。
 - **もしかすると史上最大の磁気嵐ではないか？**という推測があった。しかし、その確たる根拠は見つかっていない。
- 1770年9月16日～18日
 - 中国では3日連続でオーロラが出現。
- 1770年9月16日
 - James Cookの太平洋探検第一回航海の帰路、インドネシア付近でオーロラが目撃された。
 - Endeavour Journal of Sir Joseph Banks
 - オーロラが北半球と南半球で同時に光っていることが初めて明らかになった。

『星解』 (原文)

- 七月廿八日夜、北方隔山左右一面空中赤色也、見人正是大火也、於山北雖在大布施八升等之村々又久多庄五村人家不多、恐是若州一國大火而模於空見此矣、倩按若州一國一度於可燒樣、但若州城下者小浜也、民多、雖然一度可為燒亡哉、必可有次第遲速、(中略)
- 到丑刻見之東北間尚盛也、赤色中有同色之筋、譬如日沒之前浮雲覆空隱日、日光從雲間洩光、則顯光筋 (後略)

『星解』 (現代語訳)

- 7月28日の夜、北方に山を隔てて空が一面に赤くなくなっただけで、まさに大市八で私一口回
火事だと思っただけで、北方に山を隔てて空が一面に赤くなくなっただけで、まさに大市八で私一口回
左京区賀茂の山(山ノ北)の八の方(方)に(は)大(大)布(布)施(施)す(す)が(が)現(現)在(在)考(考)狭(狭)あ(あ)は(は)ず(ず)
は(は)域(域)に(に)多(多)方(方)に(に)遅(遅)い(い)と(と)思(思)っ(っ)た(た)。(。(正(正)確(確)に(に)は(は)午(午)前(前)1(1)時(時)か(か)ら(ら)3(3)時(時)頃(頃)空(空)を(を)見(見)る(る)と(と)、東(東)北(北)の(の)空(空)
は(は)今(今)ま(ま)で(で)よ(よ)り(り)も(も)赤(赤)く(く)な(な)っ(っ)て(て)い(い)た(た)。赤(赤)色(色)の(の)な(な)か(か)に(に)赤(赤)い(い)筋(筋)が(が)あ(あ)り(り)、そ(そ)れ(れ)
は(は)こ(こ)ろ(ろ)に(に)、日(日)光(光)が(が)雲(雲)間(間)か(か)ら(ら)洩(洩)れ(れ)光(光)の(の)筋(筋)が(が)現(現)れ(れ)る(る)よ(よ)う(う)だ(だ)った(った)。(後(後)略(略))
- 7月28日の夜、北方に山を隔てて空が一面に赤くなくなっただけで、まさに大市八で私一口回
火事だと思っただけで、北方に山を隔てて空が一面に赤くなくなっただけで、まさに大市八で私一口回
左京区賀茂の山(山ノ北)の八の方(方)に(は)大(大)布(布)施(施)す(す)が(が)現(現)在(在)考(考)狭(狭)あ(あ)は(は)ず(ず)
は(は)域(域)に(に)多(多)方(方)に(に)遅(遅)い(い)と(と)思(思)っ(っ)た(た)。(。(正(正)確(確)に(に)は(は)午(午)前(前)1(1)時(時)か(か)ら(ら)3(3)時(時)頃(頃)空(空)を(を)見(見)る(る)と(と)、東(東)北(北)の(の)空(空)
は(は)今(今)ま(ま)で(で)よ(よ)り(り)も(も)赤(赤)く(く)な(な)っ(っ)て(て)い(い)た(た)。赤(赤)色(色)の(の)な(な)か(か)に(に)赤(赤)い(い)筋(筋)が(が)あ(あ)り(り)、そ(そ)れ(れ)
は(は)こ(こ)ろ(ろ)に(に)、日(日)光(光)が(が)雲(雲)間(間)か(か)ら(ら)洩(洩)れ(れ)光(光)の(の)筋(筋)が(が)現(現)れ(れ)る(る)よ(よ)う(う)だ(だ)った(った)。(後(後)略(略))

『日記』（東丸神社所蔵）

- （明和七年七月）一二十八日 晴
- 一今夕酉刻より北方之空中赤気有之、遠国若狭之方大炎色可有之旨噂有之候処、亥刻過より弥以甚紅色之雲気北方半天銀河之傍ニセまり、中ニ白気直ニ立上リ幾十筋共なく子刻過迄同事、忽明忽薄く西方東方ニ掛り、半天赤気ニ相成、赤気之中ニ星も透見、白気一筋銀河ヲ貫き、丑刻ニ至相納、（中略）
- 社中何も仰望、色々論談之処、古来噂も無之天変可畏と之事而已申談也、寅刻ニ而晴天、如是相成也、天変如此、吉事与ハ不被存、大旱故之儀也、然天文方ニ而ハ可承合事

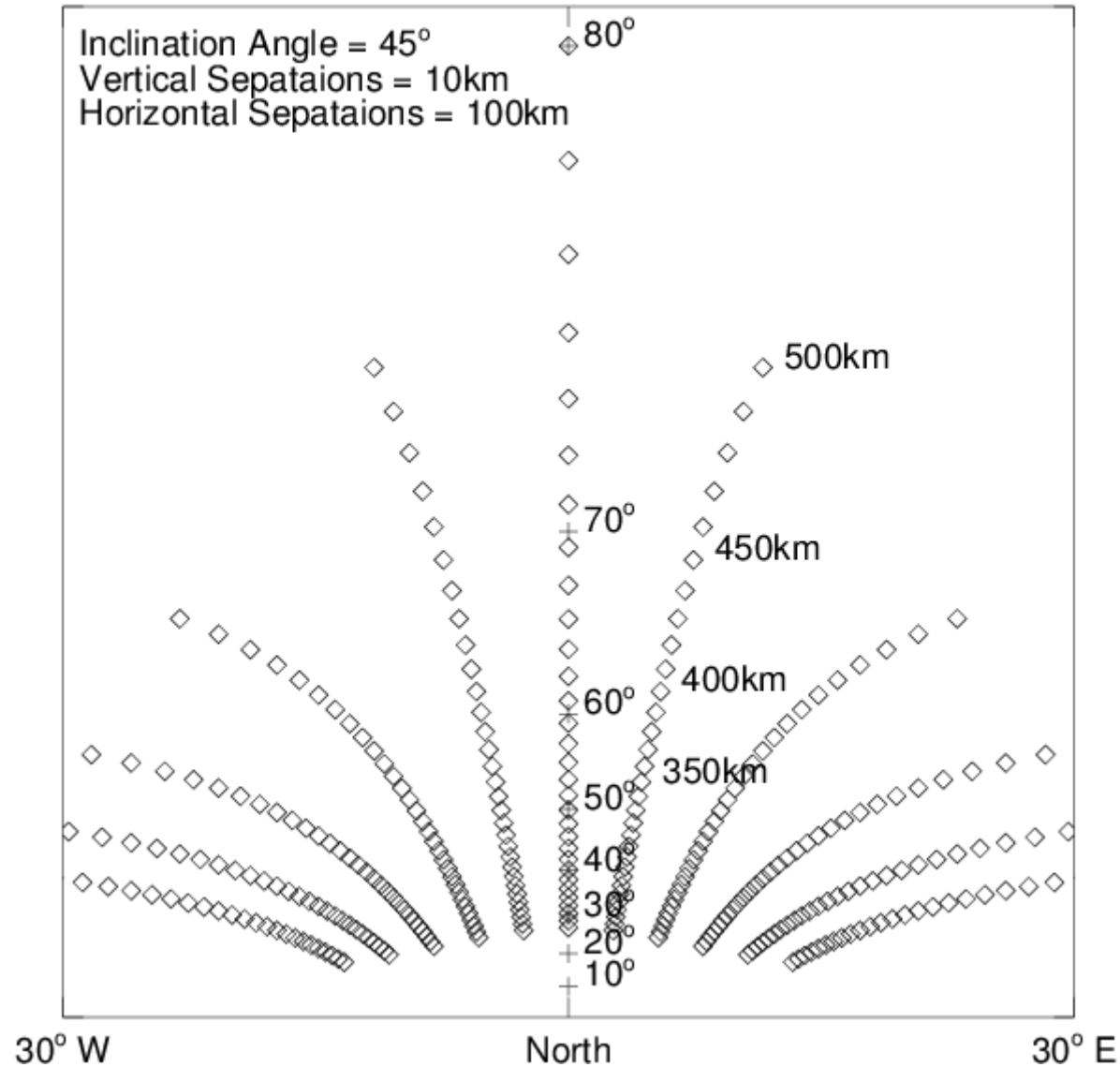
『日記』（東丸神社所蔵）

- （明和7年7月）一二十八日晴

- 今日、夕方午後6時頃（正確には午後の5時か市を7時の間）北の空に赤気が現れ、
 遠く若狭国（わとま）のくに、かほ透る（正確に：現たり、に筋）の空に、
 色を過ぎる（正たは）星の（正確に）空に、（正確に）空に、（正確に）空に、
 0時頃（正たは）星の（正確に）空に、（正確に）空に、（正確に）空に、
 1時頃（正たは）星の（正確に）空に、（正確に）空に、（正確に）空に、
 2時頃（正たは）星の（正確に）空に、（正確に）空に、（正確に）空に、
 3時頃（正たは）星の（正確に）空に、（正確に）空に、（正確に）空に、
 4時頃（正たは）星の（正確に）空に、（正確に）空に、（正確に）空に、
 5時頃（正たは）星の（正確に）空に、（正確に）空に、（正確に）空に、
 6時頃（正たは）星の（正確に）空に、（正確に）空に、（正確に）空に、
 7時頃（正たは）星の（正確に）空に、（正確に）空に、（正確に）空に、
 8時頃（正たは）星の（正確に）空に、（正確に）空に、（正確に）空に、
 9時頃（正たは）星の（正確に）空に、（正確に）空に、（正確に）空に、
 10時頃（正たは）星の（正確に）空に、（正確に）空に、（正確に）空に、
 11時頃（正たは）星の（正確に）空に、（正確に）空に、（正確に）空に、
 12時頃（正たは）星の（正確に）空に、（正確に）空に、（正確に）空に、
 13時頃（正たは）星の（正確に）空に、（正確に）空に、（正確に）空に、
 14時頃（正たは）星の（正確に）空に、（正確に）空に、（正確に）空に、
 15時頃（正たは）星の（正確に）空に、（正確に）空に、（正確に）空に、
 16時頃（正たは）星の（正確に）空に、（正確に）空に、（正確に）空に、
 17時頃（正たは）星の（正確に）空に、（正確に）空に、（正確に）空に、
 18時頃（正たは）星の（正確に）空に、（正確に）空に、（正確に）空に、
 19時頃（正たは）星の（正確に）空に、（正確に）空に、（正確に）空に、
 20時頃（正たは）星の（正確に）空に、（正確に）空に、（正確に）空に、
 21時頃（正たは）星の（正確に）空に、（正確に）空に、（正確に）空に、
 22時頃（正たは）星の（正確に）空に、（正確に）空に、（正確に）空に、
 23時頃（正たは）星の（正確に）空に、（正確に）空に、（正確に）空に、
 24時頃（正たは）星の（正確に）空に、（正確に）空に、（正確に）空に、

- 神社のいと通え、人々だに、は空を仰ぎ、いろう、話し合っ、たが、昔か、ら、噂、も、聞、か、な、い、天、変、で、恐、
 ろれ、の、と、常、に、は、け、言、つ、を、て、ぎ、い、ろ、の、時、次、に、頃、第、問、合、っ、た、が、は、昔、か、ら、3、吉、こ、噂、事、と、も、聞、か、な、い、間、（天、空、大、変、で、早、魃、
 の、ゆ、え、で、あ、る、。、江、戸、幕、府、の、天、文、方、に、い、ろ、の、時、次、に、頃、第、問、合、っ、た、が、は、昔、か、ら、3、吉、こ、噂、事、と、も、聞、か、な、い、間、（天、空、大、変、で、早、魃、

天頂オーロラの見え方@京都



磁気緯度24度で天頂に出ている、キャリントンとオーロラの見え方が同じ。

L値が同じ

磁気嵐 = 環電流のエネルギー

環電流エネルギー
(Dessler-Parker式)

$$E_R = 4 \times 10^{16} \left(\frac{-Dst}{1000 \text{ nT}} \right) \left(\frac{B_0}{3 \times 10^4 \text{ nT}} \right) \text{ J}$$

磁場エネルギー

$$E_M = 4 \times 10^{17} \left(\frac{L_e}{1.26} \right)^{-3} \left(\frac{B_0}{3 \times 10^4 \text{ nT}} \right)^2 \text{ J}$$

比は典型的に10%
(Yokoyama+1998)

$$Dst = -1.0 \times 10^3 \left(\frac{\varepsilon}{10\%} \right) \left(\frac{L_e}{1.26} \right)^{-3} \left(\frac{B_0}{3 \times 10^4 \text{ nT}} \right) \text{ nT}$$

- 1859年は現代より7%ほど B_0 が大きい
- 1770年は現代より14%ほど B_0 が大きい

どちらが大きい磁気嵐か？

- 1770年と1859年（キャリントン・イベント）を比べると、唯一の違いは、地球の磁場の強さ。
 - 1770年のほうが1割ほど磁場が強かった。
- 磁場が強い世界では、緯度の低い地域にオーロラを出現させるというのは、かなり困難。
 - バリアが強いので、それを突破するエネルギーが余計に必要。
- 1770年のほうが1割ほど大規模な磁気嵐、といえる。

歴史上最大の磁気嵐を発見！

- 東羽倉家の日記が鍵となり、「星解」のオーロラ絵図の謎が解明され、歴史上最大の磁気嵐だったことが示唆された。
- 江戸幕府の天文方の史料が少ないなか、庶民の天文に関する関心は高く、細かく書き残す習慣があった。当時の知識人である秀尹や羽倉信郷が残した記録は、現代の科学の分析に十分耐えうるものだった。
- 現在でいうと、アマチュア天文家のような人たちのおかげ。250年前の「市民科学」ともいえるのではないのでしょうか？

私の計算はミスってなかった



片岡龍峰 @ryuhokataoka · 2017年12月14日

昨日の嬉しい発見というのは、この「星解」そっくりの絵画。この時刻（1872年3月1日9時25分）仰角75度まで広がる、おおぐま座にまで扇状のオーロラが広がっています。星解の絵は京都の天頂に伸びたオーロラの絵だった、という私の計算がミスってないことが確信できたのです。

publicdomainreview.org/collections/th...



↻ 36

♡ 112



作：Trouvelot（トルーヴェロ）