

451
H98



始



PL 1052

451
H98



The Earth and the Sun

BY

E. Huntington

陽太と球地

譯吉金者武



~~398-80~~

卷頭に

太陽は我が地球に光と熱とを與へ、諸の生物は其の恩惠によつて生を維持するのであるから、これを神として崇拜しても毫も怪しむには足らぬ。埃及のラー、バビロニアのバール、カルタゴのモロック、これ皆太陽神に外ならない。シラキューズの暴君アゴクレスがカルタゴを包圍した際、市民は三百人の小兒をモロックの神殿で犠牲として焚殺したことは有名な事實である。希臘のアポロー、印度のスーリアも太陽神である。我が大和民族も熱心なる太陽崇拝者であつたことは、今日尙ほ日の丸の國旗に其の名残を留めて居る。古來太陽が神として崇拜されたに拘らず、黒點は殆んど人の注意を惹かなかつたらしい。西洋では一六一〇年に至つてガリレオによつて始めて發見せ

られた。黒點に注意した最初の民族は支那人ではなかつたらうか。紀元前二十八年の歴史に既に其の記事が見出される相である。其の後の記録にも「日中黒子あり大さ鶏卵の如し」等の記載を散見する。金鳥の傳説は恐らくこれが元になつて生じたものであらう。元來支那人は天象を極めて注意深く観察し、また其れと同時に其れに關聯した多くの迷信を作り出した民族であつた。例へば太陽についても、「國に善政なければ日月蝕あり」とか「聖人國を治むれば日月蝕せず」とか「日蝕すること薄き者は禍淺く、蝕すること深き者は禍大なり」など云ふことを眞面目に信じて、日蝕があると鼓を打ち犠牲を供へて無事平穩を祈願したと云ふことである。然るに黒點に對しては、自分の知る範圍では、一向に頓着しなかつたらしい。これは西洋に於ても同様である。

▽

星に見とれて溝に墜ちたターレスは希臘の昔にあつてさへ世人嘲笑の的となつた。太陽の研究など、云へば現代人の生活とは全く沒交渉な、超世間的な仕事の如く考へられ、其の研究者は旋曲りの變物と、少くも日本人からは、思はれ相な話である。然るに焉んぞ知らん、九千二百八十萬哩の彼方にある太陽の大氣中に起る變動は、地球上の氣温、氣壓、旋風の如き人類の生活に密接なる關係を有する現象に對して、甚大なる影響を與へつゝあるのである。ハンテントン氏は氣候學者なるために、或は本書の範圍が氣候と天氣とに限られて居るために、本書の中には言及されて居ないけれども、氣壓の傾度が地震誘發の第二次的原因として有力なものであることも忘れてはならぬ。大森博士の研究によれば、安政元年十一月四日の東海道大地震津浪は二日より三日にかけて西國より本州中部にかけて通過した低氣壓が其の誘因となつ

(四)

たらしく、また大正十二年九月一日の關東大地震についても、同日内陸を通
過した低氣壓が最後の引金を引いたのであらうと想像されて居るのである。

ハンティントン氏は佛蘭西のブリュンヌと共に現代人文地理學上の雙璧で
ある。氏には多くの著書があるが、其の中でも、

文明と氣候 (Civilization and Climate) 氣候の變化、其の原因と性質
(Climatic Changes: Their Nature and Causes)

右の二書は本書と合せ讀むべきものであり、また

人文地理學原理 (Principles of Human Geography)

も是非一讀すべき著である。

終りに臨んで一言すべきことは、本書を翻譯するに當つて、大體は原文の

まゝであるが、時としては多少の削減を施した部分もある。これは頁數の都合と尙ほ一つは専門家ならぬ讀者には反つてより多くの満足と與へ得られることゝ信じたからである、また同様の理由によつて、原書の脚註は之を除き、術語の一部に翻譯者の註を加へることにした。

大正十三年八月

譯 者 識

(五)

原 序

本書及び姉妹篇なる「氣候の變化」は本來一卷とすべきものを二つに分けて書いたのである。始めは短い論文であつたものが、後には二つに分けることを適當と考へるほどの浩瀚なものになつた。必竟その分割は論理的で望ましいことであつた、其れは今爰に公にする部分は現在を取扱ひ、「氣候の變化」は主として過去を取扱ふのだからである。この二部分はもと同時に印刷に附すべく用意されたのであるが、「氣候の變化」の印刷中に「地球と太陽」の或る部分に修正を加へるのがよいと考へた。其の訂正は例によつて豫期以上の勞力と時間とを費さしめた。其れがため論理上本書の方が先きになるべき筈であるのが、反つて後で出版されるやうになつた次第である。

本書の中で原稿の完成以來最も注意を拂つた部分は地球と太陽との電氣的關係を取扱つた章である。研究の歩を進めるにつれて、氣壓と旋風とに於けるが如く、空中電氣に及ぼ

す重要な太陽の効果が益々明瞭になるやうに思はれる。

近代の氣象學及び氣候の研究に基いたこの結論の意義は本書を一讀せられ、ば理解することが出来る。「氣候の變化」の中に發表した假説に基いた其の意義は簡短に説明して置く必要がある。同書の主旨は、氣候の變化は一つには地形及び高距、火山噴火の回数、及び大氣と大洋との化學的若くは物理的成分の如き地球上の状態により、また一つには太陽の活動の變化によつて起ると云ふにある。太陽の變化は主として氣壓の變化、殊に旋風の數、位置及び強さを通して働きを及ぼすと信ぜられて居る。この主旨の確實は、太陽が光と熱との普通の輻射により、電氣的放射により、或は兩者によつて上層の大氣に影響を及ぼすかどうかと云ふことは無關係である。

「氣候の變化」の中に發表した第二の主旨は、太陽の活動の變化は、遊星及び恒星の如き他の天體の位置及び距離と太陽との關係と密接に關聯して居ると云ふことである。この假説は太陽が地球に對して如何にして影響を及ぼすかと云ふ特殊な假説とは一致も投合もし

ない。併し本書に記してある太陽の大氣の活動と地球の大氣の活動との驚くべき一致は、太陽の大氣が他の天體即ち遊星及び恒星によつて影響を蒙ると云ふプロバビリティーを強めるのである。

本書を著はすについて、予は「氣候の變化」に於けるよりも多方面の友人から極めて有効な援助を與へられた。エール天文臺のフランク・シュレシンガー教授には天文學的事項について絶えず教示を乞ふた。物理學上の問題については、同僚レイ・ベージ教授に負ふ所が少なくない、また故ヘンリー・エス・バムステッド教授にも少なからぬ助力を仰いだ。同僚チャールズ・シュチャート教授及びエルネスト・ダブリュ・ブラウン教授は本書を批評し完成せしめる上に與つて力があつた。氣象學の方面では特に援助を與へられものが五人ある。シラキュース大學のチャールズ・ジー・カルマー教授は、本書の重要な部分の必要缺くべからざる基礎をなして居る旋風回數の圖を作製して惠與された。彼れは其等の圖を予が隨意に使用することを許したが、多くは始めて公にされたものである。曩きにアルゼンチン天氣局に職

を奉じて居たエチ・エルム・クレイトン氏は原稿の批評のみならず校正刷をも一讀された。クレイトン氏はまた本書に一章を寄與された。彼れの著「世界の天氣」(マクミラン發行一九二三年)は科學に對する顯著なる貢獻で、天氣の原因に關する今まで承認されて居た觀念に殆んど革命的な變化を起さしめる有力な作因となり相である。インディアナ大學のステイヴン・エス・ヴィンシャー教授は、本書の前半に對しては熱心に力を協はし、後半に對しては多くの極めて價值ある暗示を與へられた。クラーク大學のチャールス・エフ・ブルツクス教授もまた原稿を批評し、校正刷の大部分を閲讀された。合衆國天氣局のハンフレース教授の助力もまた言及しなければならぬ。彼れの説は本書の或る斷定とは根本色に一致を缺くが、併し彼れはさもなくば注意を逸したであらう事項に對して再三注意を喚起した。尙ほ一人衷心感謝を捧ぐべきはエルネスト・アンティエヴス博士である。彼れは本書に現はれて居る數個條について暗示を與へられた。

此處に列舉した友人は決して暢氣な批評家ではなかつた。彼等は皆長期の困難な研究を

必要ならしめた暗示を與へた。予は友人の或る者が全くは一致しないやうな見解を發表した。併し如何なる場合にも我が協力者の暗示が本書の原文に若干の變化を生ぜしめないこととはなかつた。書物を著はし他人の助力を仰ぐ經驗を積めば積むほど、予はアメリカの科學者の間に瀰漫して居る親切と協力との生得の精神を益々痛切に感ずるのである。

なほ亦エチ・シャーロット・ホール嬢は欣然として定時外の勞働に服し、忠實に多くの誤謬を正し、多くの事實を驗證し、索引を調製した。

最後に併し最少でなく、多年我が兄妹が根本的援助を與へられたことを感謝する。本書の著作については、純粹の書記の經費のみで數千弗を値したが、其の多くは彼等の供給にかゝるのである。統計的研究に従事したことのない者には、一つの曲線一組の相關係數のために幾週幾月の勞力を必要とするか、到底理解されまい。斯くの如き勞作の必要を認めながら、時間と經費の缺乏のために實行しえないと云ふことが研究者にとつて如何に悲しいことであるかを覺るものは一層少ないであらう。其の誠實な研究が全く無益のものではない

と云ふ信念を有するがために、進んで其れを援助する友人縁戚を有すると云ふことが、如何ほどまで研究者を鼓舞するかを知るものに至つては最も少いであらう。

カネクティカット州ニュー・ヘーヴンにて

一九二三年五月

例 言

大正十三年度最終刊行書として米國エルスワース・ハンチントン(Ellsworth Huntington)氏著「地球と太陽」(The Earth and the Sun)を刊行する。本書が如何に斯學界に重きをなすかは譯者武者金吉氏がその巻頭言に及言されてゐるに見ても知ることが出来る。然して著者は現在米國に於ける一流の地理學者たるに止らず、人文地理學者として世界的に重きをなす人である。嘗て米合衆國、メキシコ、中部アメリカの氣候觀測を目的として創立されしカーネギー學會員たりしこともあり、米國地理學會、米國科學研究會々員として、亦フィラデルフィヤ地理學會の名譽會員として同時に該學會の受賞者たる經歷を有する人である。

本書は或る意味より見て取扱ふ問題が極めて學研的事項に屬し或は一般讀者に向つては却つて不興視せらるゝかも知れぬが、兎も角吾々と最も近密なる關係にある地球と太陽と

に對して、それが如何なる關係に置かれてあるを考察し、これに關する概念的なりの智識を持つことは何人にも樞要のことであるべき筈である。從來の讀書界の傾向が動もすれば精神科學の方面へと流れて、自然科學への研究が疎んぜられ勝ちであつたが、それは決して人間自然の性向が斯る方面へと向ふのではなくて、これに向けしめらるべき指導力とも云ふべきものがなかつたに過ぎなかつたではなからうか。吾々は或るものへと智的考察をなす前に、先づ自身と最も交渉深いものに就いて十分考へさせらるべき筈である。吾々人間を包擁して、平等な光に浴せしむる地球と太陽の眞性を知ることこそ吾々に與へられし何よりの義務でなくてはならぬとさへ思はれる。斯る點よりも本書の刊行は最も吾々に深い興味と意義とを齎らし呉る、であらう。

本書の翻譯は早稻田大學文學科出身武者金吉氏の手になれるもので、地理學方面に多大の興味と深い造詣とを持たる、氏の譯は本書の内意を十分に讀者に傳ふことを得るものと信ずる。こゝに同氏の勞を深謝するものである。

尙ほ本年度刊行書は、これを以て終り、來年度よりは新たに讀者諸氏にまみゆる筈である。由來協會刊行書に對しては編輯部に於ては出來得る限りの力を盡し、將來もより以上に努力する考ではあるが、何分多數の方々の要望に向つて十分満足を與ふことの出來ないのは部員の内心常に忸怩たらざるを得ぬ所である。若し會員諸氏中に協會出版物に對して斯くもあれとの御考を持たる、方があられて、御忠言を頂くことを得ればこれに過ぎた悦びはないのである。腹藏なく御批判あらんことを希望するものである。また刊行の期日に就いても動もすれば遅れ勝ちであつたが、來年次からは此の方面にも特に注意し、必ず一定期日までには豫定書籍を刊行する筈である。然して來年度豫定書日は六冊分既に決定して、書目も出來する手順であるからこれに就き見られたい。

終に臨み多事なりし一年を送ると共に、來るべき恵まれし年の來降を讀書と共に迎ふるものである。

大正十三年十二月

大日本文明協會識

目 次

第一章 太陽の變動と地球上の氣温……………一

第二章 旋風に及ぼす太陽の効果……………一九

第三章 太陽に基く氣壓の調節……………四九

第四章 太陽の温度高き時に氣温の冷かなる
矛盾……………六九

第五章 近代の氣候變化の性質……………一〇二

第六章 太陽と地球の電氣的作用……………一三三

第七章 太陽の電氣的效果を及ぼす區域……………一六二

目次終

第八章 氣壓の可能的の電氣的要因……………二八九

第九章 電氣的假説の吟味法……………二三三

第十章 黒點の起原……………二四二

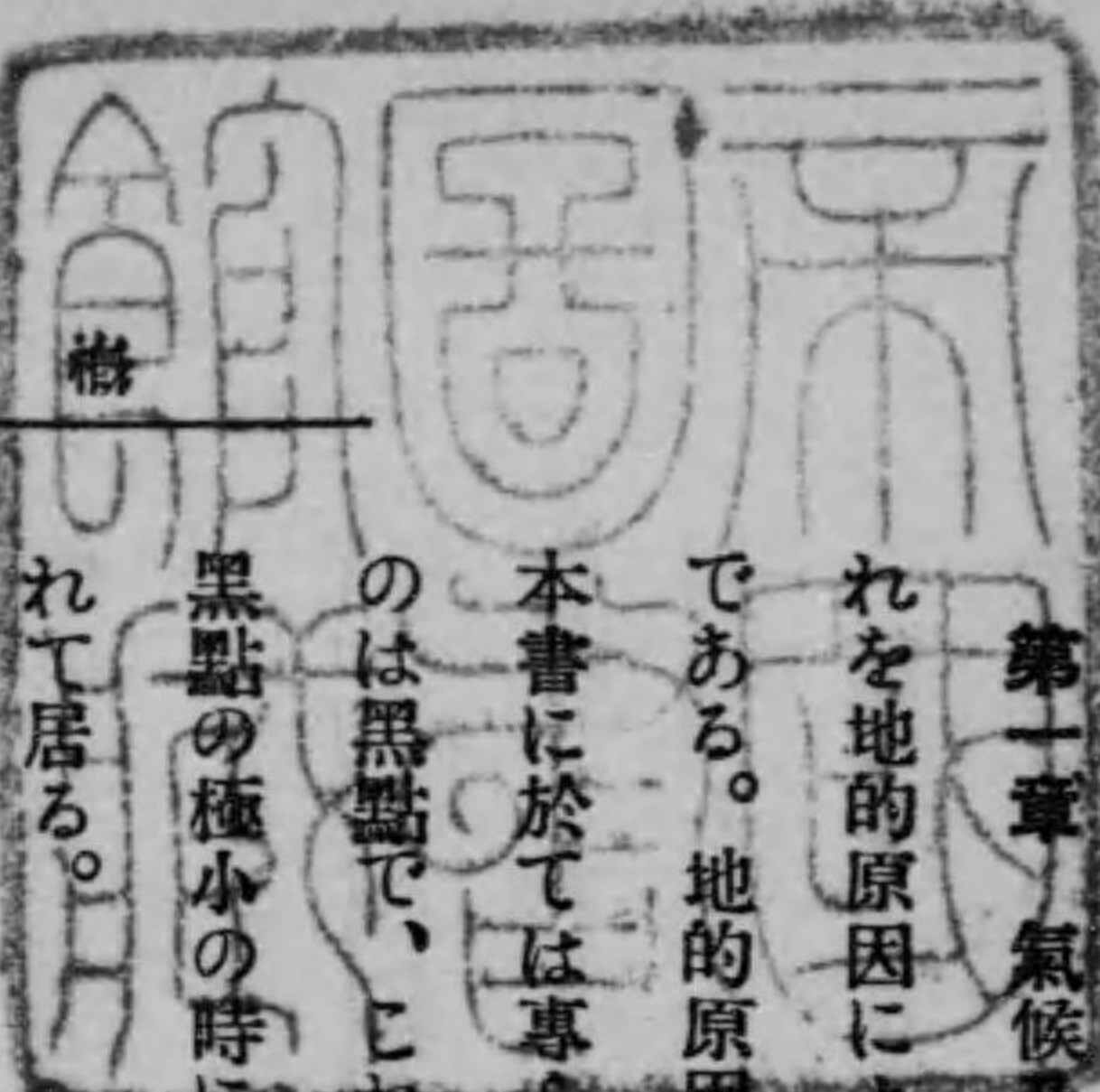
第十一章 遊星の影響の結果としての黒點週期(ヘンリー・ヘルム・クレイトン)……………二六六

第十二章 黒點に關する遊星的假説……………二八五

第十三章 太陽に及ぼす遊星の影響の性質……………三三四

目次終

概説



第一章 氣候及び天氣の變化を生ぜしめる原因については三種の假説がある。一つは其れを地的原因によつて生ずるとなすものであり、他は其の變化を太陽的原因に歸するものである。地的原因が氣候と天氣の變化に關係を有することは解りきつたことであるから、本書に於ては専ら太陽との關係を論ずるのである。太陽の大氣の變動の中で最も著しいものは黒點で、これは地球上の氣温、氣壓、旋風と密接な關係がある。就中氣温については黒點の極小の時には比較的溫暖で、黒點の極大の時には冷涼だと云ふ有趣な關係が発見されて居る。

第二章 この章は旋風と太陽との關係が論じてある。旋風には熱帶旋風と温帶旋風との二種がある。本邦に襲來する颱風の如きは前者の一例である。熱帶旋風も温帶旋風も共に太陽の黒點の多寡に應じて發生の回數と強さとを異にする。この關係は單に統計の上から

も明かであるが、相関係数によつて吟味を施せば尙ほ一層明瞭で疑ひの餘地がない。

第三章 この章には太陽と氣壓との關係を述べてある。氣壓活動の中心は地球上諸所に散在して居るが、其の變化が同時に起ること及び週期的なること等によつて其れが外部的原因に基くことが知られる。また其の週期と黒點、紅焰、磁氣活動の如き太陽現象の週期とが一致するので、其の原因の太陽なることは明かである。太陽の活動に變化が生ずる時は先づ氣壓に變化を及ぼし、ついで風に影響し、従つて氣温を左右するものらしい。北大西洋上に於ける氣壓傾度と黒點との關係を見るに黒點の多い時は傾度が急峻で、少い時は緩慢である。

第四章 この章では太陽の温度の高い時に地球上の氣温が冷やかだと云ふ矛盾に對して解説を試みて居る。この奇異な現象を説明すべく提唱された假説の一つは其れをオゾンに歸するものである。オゾンは熱を保持する毛布の如き作用を營むものであるが、太陽の温度の高い時にはオゾンの生ずること少なく、其れがために氣温の低下を來すのであ

ると云ふ。併しこの假説には觀測上の根據がない。第二の假説は旋風に基くとなすものである。太陽の活動の旺な時には旋風の發生すること多く、従つて高氣壓區域では熱を放散すること夥しく、低氣壓區域では雲のために太陽熱が遮斷されて、其れがために氣温が低下するのであると云ふ。

第五章 この章には近世に於ける氣候變化の性質が記してある。其れは太陽の活動に伴つて旋風の多い地帯が移動することである。温帯に於ては黒點の極大の時には、旋風の多い地帯が高緯度の地に横はつて居るが、次第に其の位置が南に移動し、これが黒點週期毎に繰返される。この事實は殊に北米に於て明瞭に觀察することが出来る。

第六章 この章で論じて居るのは太陽の電氣作用と地球の電氣作用との關係である。極光、通地電流、空中電氣、地磁氣、此等は皆相互に密接な關係を有する現象で、總てが太陽の變動と一致した變化を示す。空中電氣は稍その一致が不明瞭であるが、これは他の種の要因の加はるためである。これによつて見れば、太陽と地球との間に電氣的關係の存

在することは確定的である。

第七章 前章に述べてある如く、太陽の電氣的作用の變化が地球の大氣の電氣的狀態の決定に與つて力あることは確實であるが、太陽の總ての部分が同一の電氣的效果を及ぼすのではない。太陽の周縁の黒點は地球に對して最大の效果を及ぼす、併し東端と西端とでは其の結果が同一ではない。また太陽の南半球の黒點と北半球の黒點とは正反對の結果を生ぜしめるのである。

第八章 この章では氣壓と太陽の電氣作用との關係を論じてある。空中電氣と氣壓との關係を數字的に分解すると、天氣の變化の電氣的假説は不合理だと云ふ結論に到達する。併し觀測上の事實は其れに反して氣壓が空中電氣とも太陽の活動とも密接な關係を有することを暗示して居る。太陽の電氣狀態は先づ地球の大氣の電氣狀態に影響を及ぼし、これが氣壓に效果を及ぼすのであるらしい。

第九章 電氣的假説を種々の方面から吟味した結果が本章である。旋風の分布は氣溫の

對照に基くとしては充分に説明が出来ないが、電氣的假説は容易に其れに對する説明を與へる。氣溫及氣壓の反對の變化が同時に發生する理由も電氣的假説によれば説明が出来る。氣壓の半日毎の變化についても最近の研究は電氣的原因を暗示して居る。地球の大氣が太陽によつて熱的に支配されることは勿論であるが、右の如く電氣的にも支配されるとしなれば説明が困難である。

第十章 この章では黒點に關する天文學上乃至天體物理學上の問題が論じてある。其れを略説すれば、黒點は地球上の旋風區域に相當するもので漏斗狀の上昇瓦斯より成るものらしい。黒點の帶狀配列、黒點の現れる帶域の移動、及び其の週期性等は内部的原因とは一致しない、外部的原因を以てしなければ説明が出来ない。而して其の外部的原因は遊星であらうと考へられる。

第十一章 本章では前章に續いて遊星と黒點週期の關係を取扱つて居る。遊星の中で群を抜いて顯著な影響を及ぼすものは木星である。木星が近日點を通過すると其の後に黒點

数が極大に達する。また木星の合と衝との週期は黒點の數と關係がある。太陽の自轉も亦遊星と相俟つて黒點の週期に効果を及ぼす。

第十二章 太陽自身の自轉が黒點の數に影響を及ぼすか、また黒點はどれ程の程度まで遊星の公轉と相互關係があるかと云ふことについて、種々の方面から試みた研究の結果がこの章に掲げてある。それによると多くの解釋し難い點が含まれては居るが、大體に於て遊星的假説の誤りないことが證明される。

第十三章 太陽に及ぼす遊星の影響の性質について本章には記述されて居る。其れについては三つの假説が提唱された。一は隕石的假説、二は重力的假説、三は電氣的假説である。孰れも長所があると同時に短所があつて未だ充分承認することが出来ない状態にある。或は全く異なる説が眞の説明を提供するやうになるかも知れない。併し其の直接の原因の如何は別として、地球の大氣が太陽の大氣の變化によつて生ずると云ふことは一點の疑ひもない。

地球と太陽

第一章 太陽の變動と地球上の氣温

概 説 氣候及び天氣の變化を生ぜしめる原因については二種の假説がある。一つは其れを地的原因によつて生ずるとなすものであり、他は其の變化を太陽的原因に歸するものである。地的原因が氣候と天氣の變化に關係を有することは解りきつたことであるが、本書に於ては専ら太陽との關係を論ずるのである。太陽の大氣の變動の中で最も著しいものは黒點で、これは地球上の氣温、氣壓、旋風と密接な關係がある。就中氣温については黒點の極小の時には比較的溫暖で、黒點の極大の時には冷涼だと云ふ有趣な關係が發見されて居る。

科學の上には未だ決定を見ない幾多の問題があるが、其の中の一は旋風(Cyclonic storm)及び日々々天氣の變化を生ぜしめる他の諸條件である。尙ほ一の未決問題は例へば氷河

時代の如き過去に於ける氣候の變化の原因である。この兩問題の解決は恐らくは遠い將來の天氣と氣候との變化の豫知を可能ならしめるであらう。以前は天氣の變化と氣候の變遷を種々の原因によつて起る別個の現象と考へる強い傾向があつた。本書及び本書の姉妹篇なる「氣候の變化」(Climatic Changes)に提示する諸々の事實は、其れに反して兩者の間に劃然たる限界の存在せざることを暗示する。天氣は氣溫、氣壓、風、空氣中の水分、對流、旋風、降水の複雑なる結合に基く一時的狀態であり、氣候は長期間の天氣の平均に外ならない。氣候の變遷は要するに天氣を構成する要因の中の一或は其れ以上が多少永久的の變化を受けたと云ふことに過ぎないのである。

(1) 本書に旋風と云ふは所謂「ツムヤ風」のことではない。幅五百哩乃至千哩にも達する低氣壓で、風は其の中心に向つて渦巻狀をなして流れ込むために旋風と稱せられるのである。(譯者

註)

氣候と天氣の原因に關する主要なる假説は二大型に歸著する。甲は地的原因に訴へるも

のであり、乙は太陽的或は宇宙的原因に訴へるものである。地質時代に於ける氷河の大發達を説明すべく提出された主要なる假説の或るものについて、簡短なる而して嚴密には年代的でない叙述を試むるならば、これを例證することが出来るであらう。最初に現はれた氷河假説の一はクロル(Croll)の提唱にかゝるもので、晝夜平分點の前進のために、地球が北半球の夏に於て最も太陽に接近することもあり、また現在の如く北半球の冬に於て最も接近することもあると云ふのである。のみならず地球軌道の離心率が一定でないために、地球太陽間の距離にも變化を生ずる。この太陽的或は宇宙的假説の好對照は純地的見解で、氷河の發達を主として地殻の變形及び其れによつて生ずる地形及び海流に歸著せしめるものである。其れに反して初期の太陽的假説は、氷河の發達を太陽の冷却従つて地球の冷却するためなりとする取るに足らぬ想像に過ぎなかつた。次いで思想の振子は地に向つて揺れ戻り、空氣中の炭酸瓦斯の量の變化によつて、大氣が保持する太陽熱の割合を異にする

と云ふ假説が行はれた。またこの觀念に基いて他の太陽的假説が出現した、其れは太陽の

輻射が旺盛となり、其れがために赤道地方の蒸發が著しく増大され、高緯度地方には大雲冠が形成され、其れによつて太陽熱が遮斷される結果、氷の堆積を見ると云ふ假定である。

一九一〇年以來ハンフリース(Humphreys)、アボット(Abbot)フ、ウル(Fowle)の諸氏は太陽の輻射を遮斷する火山灰の効果の研究に基いて振子を再び地に引き戻した。一方にテイラー(Taylor)は包括的の宇宙的假説を提出し、太陽系が空間を進行する間に他の太陽系に接近すれば、重力の増加が地球の自轉を阻碍し、従つて大氣循環の力を減殺し、氷河の發達を促すのであらう。自轉速度の減少はまた赤道部の脹らみを減じ、従つて地殼の變形、山脈の生成を惹起すであらうと主張する。この興味ある假説は天文學者及び物理學者の發見とは一致を缺くかも知れぬが、氣候の變遷と往々其れに隨伴する地殼の運動とに對して唯一の共通の原因を提出した最初のものであると云ふ榮譽を擔ふべきものである。彼の最近の假説はマンソン(Manson)、ノルトン(Knowlton)兩氏の其れで、彼等は振子をまたもや地に引戻さんと試みて居る。彼等は氣候の主要なる支配者は地球内部の熱であると主

張する。地史の大部に亘つて斯くの如き熱が大洋を絶えず暖めたと想像される、従つて地球は雲の毛布を以て被はれ、其れが爲めに總ての地方の氣候が比較的一様になつた。洪積期に於ける地球の冷却は最近の氷河時代の原因となつたと想像される、併し其れ以前の氷河時代は大に無視され或は輕視された。

「氣候の變化」の中に、氷河發達に關する重要な假説を概説し且つ其れに對する批評を試みた。また或る種の氣候の變遷は太陽の大氣中の變動によつて生ずる旋風の數、強度、及び位置の變化に歸すべきであると云ふ新假説を提出して置いた。併し一方には地的原因にも亦顯著なる地位を與へた。

氣候の變遷を説明すべき他の多數の假説が提唱されて居る、併し地的見解と太陽的或は宇宙の見解とが著しい對照をなせることを示すためには、既に言及した所で充分である。勿論一假説を以て氣候的變遷の多種多様な現象を悉く説明し難きは明白な事實である。天文學は地球太陽間の距離が毎季節、毎世紀、毎千年(ミレニウム)に變化することを確實に證明した。故

にクロルの假説にも或る程度の眞理を含んで居るに相違ない。また太陽から受けるエネルギーの量も日々僅かに變化する、故に長期間に於ては其の變化は正確なる記録から明かに知られる以上に大なるものがあるであらうと考へられる。また火山灰の被覆は明かに太陽の或るエネルギーを遮斷して、氣候的影響を及ぼすに相違ない。大陸の大きさと隆起、山脈の方向と高度、及び海流の強度と容積は、地球上の或る與へられたる部分の氣候的狀態を決定する上に最も重要なものである。斯くの如く多くの原因が氣候の變化を生ぜしめつつあるのであらう。其れと同時に又未だ知られざる他の原因も存在することであらう。氣候學者の問題は、各々の原因が如何にしてまた如何なる程度まで其の役割を演じて居るかを發見するにある。

天氣の變化の説明に就ては、氷河發達の場合の如く夥しい假説がない。併し二の主要なる思想の系統がある。一派の學者は、旋風、寒波、洪水、旱魃、及び他の總ての型に屬する天氣は、主として地的狀態の結合によつて起ると云ふ事實を強調する。彼等は暑き日に

見られる如く、空氣が常に多少動搖せる事實を指摘する。或る地域は他の地域よりも一層急劇に暖められ、従つて空氣は上昇を開始する。風は四方から其の部分に吹込み、雲生じ、雨降り、而して地表の或る部分は冷却する。他の派に屬する學者は此等の偶然の變化の重要を認めるが、併し其の變化が到る處に於て數日乃至數十年繼續する天氣の多くの週期に見られる如き大なる且つ長期に互る結果を生ぜしめ得るとは信じない。多數の錯雜した外觀上矛盾せる現象の存するにも拘らず、其の證據は彼等をして、天氣の主なる不規則の多くの原因として、太陽から受けるエネルギーの分量或は種類の變化の重要さを強調せざるを得ないやうにする。

(2) 寒波とは旋風中心の後方及び逆旋風中心の前方に於ては低溫の氣流が流れ込むために其の地方の氣温の急劇に著しく低下するを云ふ。(譯者註)

明かに氣候と天氣に關して決定せらるべき主要なる問題の一は、地球上の變化に及ぼす太陽變化の效果の程度である。この問題は氣候に影響を及ぼすが故に「氣候の變化」の中に

論じてある。また其れは天氣に影響を及ぼすので、これから述べる所の主要なる題目になつて居る。「氣候の變化」及び本書にあつては、氣候及び天氣に及ぼす純粹の地的狀態の效果は極めて顯著であり、周知の事柄であるから、比較的之を論ずる必要がないと始めから假定して居る。其れに反して太陽活動の變化の效果は未だ充分に理解されて居ないので、之を充分に論述する必要がある。故に吾人は太陽の大氣と地球の大氣の變化の間に存する關係の一部を闡明する試みに殆んど全力を傾注することにする。

吾人の先づ遭遇する困難の一は、太陽活動の絶對的測定の缺如である。多くの點に就て太陽活動の最も完全なる測定は、所謂太陽の「常數」と云ふ語で表はされるが、其れは實際に於ては變數である、而して輻射の程度が熱を生ぜしめる上の效果から計算し得られる限り、其れは太陽輻射の度合として定義を下して差支ない。併し不幸にして一九〇五年頃までは、太陽常數の不完全なる記録さへ利用することが出来ぬ。のみならず太陽の常數は、少くも一部は空氣中に透入して、地表に達して直接熱に變へられる如き種類の太陽の輻射

のみを測るのである。其れは上層の空氣を通過し得ない波長或は他の形の勢力に屬する未知量の勢力を測ることがない。また短い波は長い波と全く異なる氣象的效果を及ぼすのであらうが、公表せられた記録は異なる波長が分たれてない。のみならず太陽の常數は、其の性質上太陽から送られる電子、電波、磁氣波を測ることが出来ない。

他の方法によつて太陽の大氣の活動を測定し、斯くして有り得べき光を發せざる輻射を鑑定すべき試みがなされるとしても、其の困難の大なることは太陽常數を以てすると同様であらう。太陽の大氣の最も明瞭な變動は黒點である。併し紅、焰、白、紋、羊毛、斑、及び磁氣活動は皆之を測り得られる。而して此等は皆太陽から發する勢力の種類或は分量の擾亂及び變化の證據である。或る程度まで此等の現象は各々自己の進路を辿つて居るのであるが、併し幸ひにして普通の輻射をも包括する總ての型の太陽活動の一般的經過は、黒點の極小附近を別として、同様である。黒點の記録は他の太陽の變化の記録よりも遙かに完備して居るから、本書に於てはこれを太陽活動測定の主要なる標準として採用する。黒點の

性質に就ては第十章に論ずることにする。黒點の數はこれに就ては再三論及するが、もとウオルフ (Wolf) によつて作製され、ウオルファー (Wolfen) によつて修正され繼續された。黒點の數に關する卓越せる特點は、其れが一つには黒點の實數に、また一つには黒點の大きさに基いて居ると云ふことである。現今に於ては數の決定は諸所の觀測所で日々撮影する太陽表面の寫眞に基くのである。日々の黒點の實際の面積はグリニチ天文臺から公表され本書の計算の多くに用ひてある。概して黒點の數と面積とは寧ろ親密なる調和をなして變化する。併し面積に對する材料は數に對する材料ほど過去に溯らない、後者は不完全ながら一七五五年に溯つて利用し得べき材料が存在して居る。

(3) 紅焰とは太陽の大氣の猛烈な噴出て雲狀紅焰と噴出性紅焰の二種がある。ヤングは一八八〇年に太陽の面上三十五萬哩に噴騰した紅焰を觀測した。(譯者註)

(4) 太陽面の一般の部分よりも強く光れる小點を白紋と云ふ。黒點の周圍に殊に多く存在する。(譯者註)

(5) 分光太陽寫眞儀で太陽を撮影すると太陽の面に羊毛狀の模様が見られる。これを羊毛斑と云ふ。(譯者註)

太陽の活動と地上の活動との關係を研究するに當つて、研究者は太陽の活動を測定する確實なる方法を見出す困難と、また地球上の如何なる地域、如何なる現象が考察せらるべきかを決定する困難とによつて妨礙を蒙つた。ハン(Hann)の既に指摘したるが如く、太陽との關係は、若し斯くの如きものありとしても、普通型の天氣に與つて力ある偶發的地的狀態によつて隠蔽せられるであらう。斯の如き隠蔽は地表の小部分のみが研究せられる場合には殊に普通である。一方には如何なる點に就ても全地球の平均の狀態が太陽の大氣の活動と比較せられるとも、眞の關係が隠蔽されるかも知れぬ、地球と太陽との照應は氣候の型によつて變化する如く思はれるからである。ヒルデブランドソン(Hildebrandsson)は大氣は反對に働く二種の中心を包含することを示した、例へば一方に於ては上昇し他方に於ては下降する氣壓の如くである。其後の研究者、殊にヘルランド・ハンゼン(Helland-

Hansen)及びナンゼン(Nansen)は、この斷定を擴大し、氣壓と同様氣温の細目に至るまで延長した。彼等の云ふ所によれば、積極的及び消極的變化の地域は大きさを變じ、且つ不規則に移動する、故に中間の地域が時には一方の影響を蒙り、時には他方の影響を蒙る。斯くの如く一小地域が考へられる場合には、太陽と地球上の、状態との間にあらゆる矛盾が存在するであらう。地球全體の研究される場合には、一方面の變化が他方面の變化を大に中和するかも知れぬ。其れに反して或る明確なる氣候型を有する中央地域が研究される場合には、太陽との密接なる關係の證據が得られるかも知れぬ。この種の好例は第二章に掲げることにする、其の章では合衆國に於ける旋風の分布を研究する積りである。

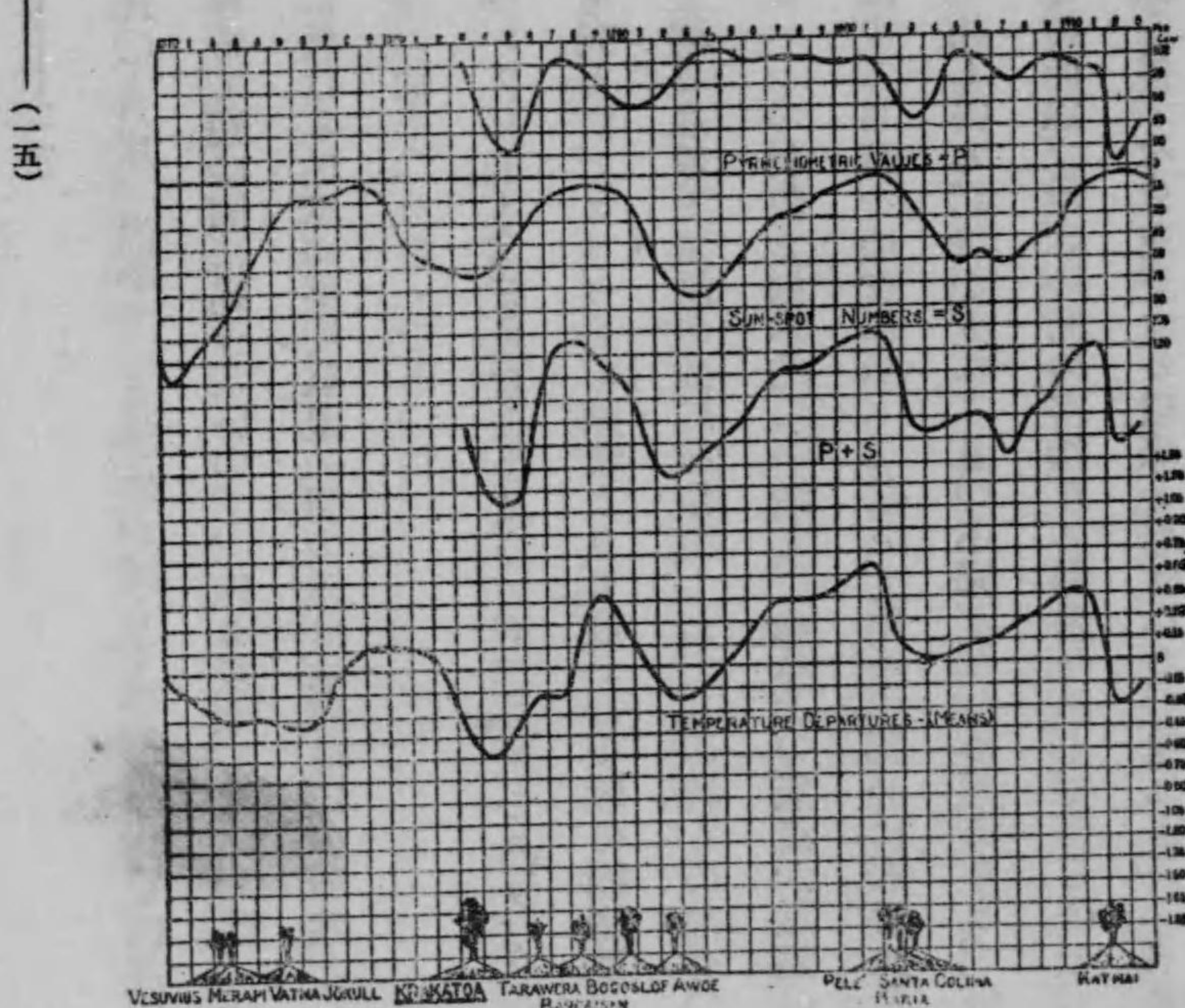
尙ほ一の重大なる困難は若干の氣候的現象は恰も太陽が黒點の最も多き場合に或種の影響を及ぼし、極小の場合にも亦前者ほどではないが天張影響を及ぼすが如く見えることである。例へばハン(Hann)は、黒點の極大に於ては雨量が第一位的極大を示し、黒點の極小に於ては雨量が第二位的極大を示すと云ふ研究の要旨を述べて居る。ヘルランド・ハン

ゼン及びナンゼンは斯の如き關係を反覆指摘して居る。同様にダグラス(Douglas)は樹木の成長に記録されたる氣候週期の研究に於て、彼れは黒點の週期に相當する週期のみならず、黒點の其れの二分の一に相當する週期をも発見したと信じて居る。北大西洋の氣壓の調査に於て予は同様の状態を發見した。氣壓傾度、即ち與へられたる距離に於ける氣壓相違の程度は、概して黒點の變化に應じて變化する。併し新しい一組の黒點の出現する前には、黒點の極大の時と同様に氣壓傾度が増加する、但し極大の場合程ではない。雨量の異常に關する未發表の研究に於ても、予は略ぼ同様の状態を發見した。世界各地に散在する百五十四ヶ所の觀測點に基けば、雨量の僅かの超過は黒點の極小の年に始まり、黒點の増加する時期の間繼續するが、雨量の不足は黒點の極大の年に始まるのである。利用し得られる材料のみに就て云へば、太陽常数は黒點の少き時期或は新しき黒點週期の始まりつ、ある時に第二位的極大を示す如く思はれる。右の事實は、若し充分なる材料を利用し得ば、太陽の活動と地上の活動との間の多くの難解の矛盾が消失するであらうことを暗示する。

存在するかも知れぬあらゆる關係を隠蔽するに與つて力ある如き總ての事情を眼中に置いて考ふれば、地球の大氣と太陽の大氣との間の關係の複雑なる疑問を解釋するに多大の困難の伴ふたことは驚くに足らぬ。併し或る基礎的の關係は今や殆んど證明せられるやうに思はれる。

氣候の三要素、即ち氣温、旋風及び氣壓は、太陽の變化と地球上の變化とが密接なる關係を有することを示す。氣温は通例他の要素の基礎として考へられる要素であるから、これから始めることにする。併し吾人は氣壓が殆んど等しく根本的の變數であるかも知れぬこと、また其の變化は旋風のみならず氣温の變化をも生ぜしめるかも知れぬことを見出すであらう。幾多の研究者、殊にケッペン (Köppen)、及び後にはかの有名なる天文學者シモン・ニューカム (Simon Newcomb) は、黒點週期に應じて氣温が世界的に變化する確實なる證據を發見した。ケッペンの最後の研究に於て、彼れは百年週期の問題を極めて徹底的に研究した。往古のあらゆる利用し得べき記録及び近年の世界の全部に於ける代表的記録

第一圖



(一五)

1370年より1913年に至る太陽熱の値、平均氣温の外れ、黒點數、及び猛烈なる火山噴火。(ハンフレスに據る)

を用ひて、彼れは地球上の氣温が年々平均値から外れる程度を決定した。彼れが概説した二千萬の觀測は、疑ひもなく十九世紀の間に於ては地球は黒點の極小の時期には比較的温暖で、黒點の極大の時には冷涼であつたことを示して居る。其の差は熱帯に於ては最大で

攝氏〇・六度、溫帶では其の値が減じて平均攝氏〇・四度である。現在に於ては其の兩極端は極めて短時間に過ぎないので、餘り重要でない。併し十九世紀に於ける黒點の極大と極小に於ける地球の平均氣溫の間の差は氷河時代の極點と現在の氣溫との間の想像せられたる差の約十二分の一であつた。

ハンフリース(Humphreys)及びアボット(Abbot)フュウル(Fowler)兩氏はこの問題を詳細に考究した。ケツペンの調査よりも遙かに少數の觀測點を根據として、彼等は一七五〇年まで溯る地球上氣溫の曲線を作製した。其の終りの部分(第一圖)に於ては、其等の曲線がケツペンの材料と根本的に一致し、地球上の氣溫が黒點の少き時には上昇し、多き時には下降する事實を明かに示して居る。始めの部分に於てはこれが明かでないが、これは恐らく利用し得る記録が少なく且つ不完全なためであらう。併し十八世紀に於てさへ黒點と氣溫との曲線は兩者の間の密接なる關係を示して居るので、次に掲げるハンフリースの言の正確を信すべき充分なる根據と思はれる。彼れは云ふ、「少くも一七五〇年以來……而して

其れ故に恐らくは遠き過去の時代以來この二の現象、即ち氣溫と黒點の數とは、往々顯著なる矛盾を伴ふけれ共、概して同時に變化が起つたのである。

多くの場合に此等の矛盾は全世界の上層空氣を火山灰で充たすが如き爆發型の猛烈なる火山噴火の直後に起る。斯くの如くして地球から遮斷される熱の量は、第一圖の上部の線によつて示される如く、太陽測熱計ピシロメーターと稱する精巧なる器械によつて略ぼ測定することが出来る。斯くの如く黒點曲線は火山灰のために地表から拒けられる太陽輻射の量を斟酌して修正せられねばならない。斯くする時は(第一圖P19)、地球上の氣溫と其の假定された原因との一致は、太陽の状態のみ(第一圖S)が用ひられる場合よりも一層顯著になる。これは最も異なる型の地球上の及び太陽の原因が單一の結果を生ずる爲めに協力するかも知れぬ方法の好例を供給する。併し充分なる材料の利用し得られる半世紀間に於ては、季節及び短期の變動の効果が第一圖に於ける如く除かれる場合には、地球上の氣溫の少くも五分の四が太陽の變化に歸せられたやうに思はれる。

他の研究も同様の結論に導く。一例を挙げれば、アークトウスキー (Arctowski) は月々の氣温を周到に分解して、この點を極めて明瞭に紹介した。ペルーのアレキバ (Arequipa) 及び多くの他の觀測點に於ける常態の季節的氣候からの外れを材料として、彼等は地球に二三年の長さを有する氣温週期の存在することを證明した。此等の週期の上には順線に十年或は十二年の黒點週期を有する大週期が存在する。往々其の週期は火山の噴火によつて妨げられるが、此等は既に述べたる通り變化の第二位的部分のみを説明する。世界の遠隔の地點に於けるアークトウスキー曲線の類似は、地球上の氣温の週期が主として或る外部的原因に歸するを示す點に就て多數の他の證據を確實にする如く思はれる。

第二章 旋風に及ぼす太陽の效果

概説 旋風には熱帶旋風と溫帶旋風との二種がある。本邦に襲來する颱風の如きは前者の一例である。熱帶旋風も溫帶旋風も共に太陽の黒點の多寡に應じて發生の回数と強さを異にする。この關係は單に統計の上からも明かであるが、相關係數によつて吟味を施せば尙ほ一層明瞭で疑ひの餘地がない。

氣温に關する地球上の變化の多くが太陽の變化と密接なる關係を有する如く思はれることは既に述べたから次いで旋風に就て考察することにしよう。主要なる旋風には二種の型がある——熱帶旋風と溫帶に發生する普通の旋風とである。熱帶旋風は大西洋に於てはペー (Pöey) によつて印度洋に於てはメルドラム (Meldrum) によつて研究された。此等の學者は熱帶旋風は黒點の多寡に應じて其の數と強度を異にすると云ふ結論に到達した。ウォルフ (Wolf) は熱帶旋風と黒點の數を比較して、第一表に示すが如き興味ある結果を得て居る。これは兩者の間の確實なる關係を示すもの、如く思はれる。

(6) 熱帯地方の海上に發生する低氣壓を熱帯旋風と云ふ。我國に襲來する颱風、西印度附近に發生するハリケーンは其の例である。(譯者註)

第一表
熱帯旋風と黒點との年變化

一年間の熱帯旋風の回数	黒點の相對的の數
1及び2	17
3	59
4	62
5	70
6及び7	89
8	88

これを一層充分に吟味せんが爲めに、予は單位として一年の代りに一月を用ひ、一八〇〇年以降一世紀以上の間の熱帯旋風の利用し得べき總ての記録を使用して、新研究を試みた。其の結果は第一表を確證するが、更に或る有趣なる條項を加へる。第二表は世界の熱帯旋風が太陽活動の異なる状態のもとに季節毎に全體として如何に變化するかを示して居る。春季即ち北半球に於ては四月より六月まで、南半球に於ては十月から十二月までの間に於ては、黒點の數が四十以下の場合に於

ける熱帯旋風の數毎月二・六九回から、黒點が八十以上の場合に於ける四・五五回に至るまでの階梯がある。夏季及び秋季にあつても同様の状態が優勢を占めて居る。其の階梯は夏季に於ては黒點の少なき場合の熱帯旋風の數毎月五・八八回から黒點の多き場合の六・九九回に至るまで、秋季に於ては二・二回から三・二二回に至るまでに互つて居る。其れに反して冬季に於ては熱帯旋風の數が黒點の少き場合より黒點の多い場合の方が四十パーセントだけ少ないのである。併し冬季に於ては熱帯旋風の數が極めて少ない——夏季の約五パーセントに過ぎない——ので概して一年間の熱帯旋風の數は八十以上の黒點の現はれた月の間及び其の直ぐ後に於ては、黒點が四十以下の月の間及び其の直ぐ後に於けるより三十四パーセントだけ多いことになるのである。この事實は初期の研究者が熱帯旋風と稱せられる型の大氣の動搖と黒點との間には幾分關係があつて、太陽活動が旺盛の時には地球上の活動もまた旺盛であると云ふ斷定を下したのは、正鵠を得て居たと信すべき可なり確定的な證據のやうに思はれる。

第二表

黒點と熱帯旋風との季節による變化

(A=月數 B=熱帯旋風の平均數)

黒點の數	春		夏		秋		冬		年		
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	
I 0-40	188	2.69	188	5.88	183	2.20	187	0.35	752	2.78	
II 41-80	109	2.96	101	6.35	104	2.61	99	0.32	404	3.08	
III 80以上		4.55	47	6.99	49	3.12	59	0.21	194	3.72	
Iに對してIIの超過量		69%		19%		42%		-40%		34%	

(7) 英國では二三四月を、米國では三四月五月を、天文學上では三月廿一日より六月二十二日までを春と云ふ。(譯者註)

熱帯旋風に及ぼす黒點の影響は、世界の全部に互つて同一であるとは思はれぬ。これは第三表に示してある。第三表に於ては第二表に用ひた材料が五の地理的範圍に從つて配列されてある。アラビア海はベンガル灣の中へ入れてあるが、これは位置が接近して居るのみならず、熱帯旋風が極めて稀れて、單獨に研究する程の價値がないからである。第三表によれば印度洋の北部及び南部に於ては季節の如何に拘らず、熱帯旋風の數は太陽

第三表

黒點と熱帯旋風との地方による變化

(A=月數 B=毎月の熱帯旋風の平均數)

ベンガル灣
及ヒアラビ
ヤ海

南印度洋 北太平洋 西印度諸島 南太平洋

1800-1905 1848-1905 1880-1901 1800-1911 1830-1905

黒點の數	A		B		A		B		A		B	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B		
I. 0-40	179	0.313	86	0.530	35	1.515	188	0.114	110	0.214		
II. 40以上	129	6.503	86	0.628	31	1.772	148	0.101	118	0.144		
春 Iに對するIIの超過量	0.190		0.098		0.257		-0.013		-0.070			
	61%		19%		17%		-11%		-33%			
I. 0-40	178	0.414	86	0.721	33	3.482	188	0.732	110	0.422		
II. 40以上	140	0.501	88	1.352	33	3.533	148	0.713	118	0.305		
夏 Iに對するIIの超過量	0.387		0.631		0.051		-0.019		-0.117			
	21%		88%		1%		-3%		-28%			
I. 0-40	178	0.278	88	0.250	39	1.641	188	0.231	108	0.023		
II. 40以上	140	0.290	86	0.378	28	1.750	148	0.240	120	0.013		
秋 Iに對するIIの超過量	0.012		0.128		0.109		0.009		-0.010			
	4%		51%		7%		4%		-43%			
I. 0-40	177	0.020	86	0.017	36	0.222	187	0.091	111	0.009		
II. 40以上	141	0.072	88	0.028	29	0.129	149	0.684	117	0.034		
冬 Iに對するIIの超過量	0.552		0.011		-0.102		-0.007		-0.005			
	260%		65%		-6%		-8%		-56%			

活動の旺盛な時の方が太陽活動の微弱な時よりも多い。北太平洋に於ては、即ち颱風の發生する東印度諸島に於ては、黒點の多い時には少い時よりも僅かながら熱帯旋風の數が多い。併し西印度諸島に於ては、第三表の負符から解る如く、秋季を除いて總ての季節に於ける旋風は、黒點の僅少なる時よりも太陽活動の旺盛な時の方が稍少ない。南太平洋に於ては印度洋の状態と全く正反對で、季節の如何を問はず、黒點の少い時の方が多し時よりも、著しく熱帯旋風の數が少ない。

この一見矛盾せるが如き事實は、太陽の活動と地球の大氣の活動との總ての關係を精密に分析する場合に見出される事實と直接關係のあるものである。即ち或る地域と他の地域とは影響の受け方が異なるためである。これは最初は不合理の如く思はれる、また多數の大家によつて見掛上の關係が眞實でない證據として擧げられたのである。併し兩者の間に關係の存する證據は著しく累積的であり、第二表及び第三表の數字の規則正しさは極めて顯著であり、且つ黒點夥多の時期に於ける熱帯旋風の超過數三十四パーセントは、兩者間の

第四表

西印度の熱帯旋風發生地の經度と黒點との比較

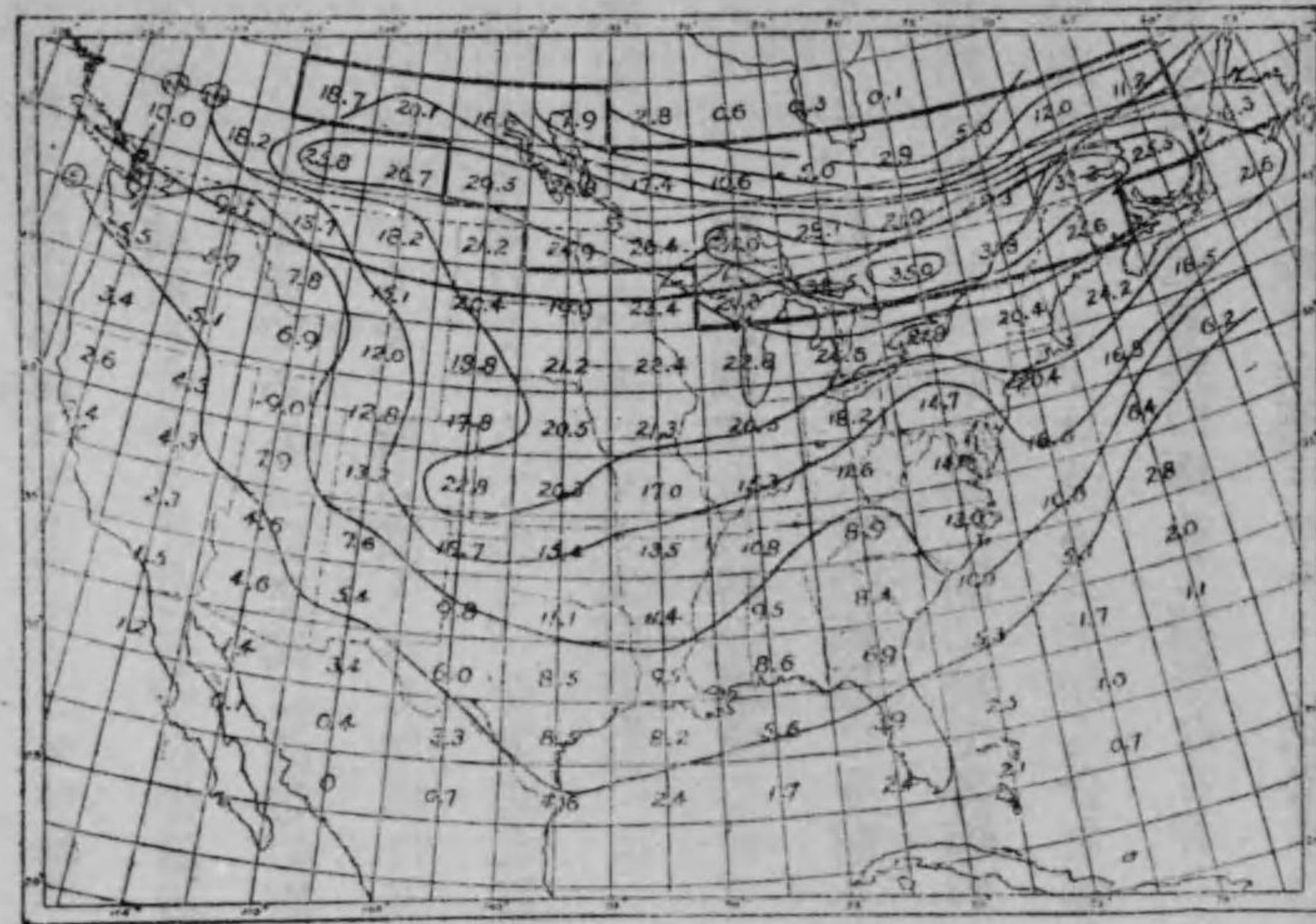
平均の經度	熱帯旋風の數	黒點の平均數
西經59度	33	39.0
同 68度	32	28.6
同 78度	32	27.1
同 88度	32	40.0

關係の實在が極めて眞實らしく思はれる程大なる値である。

或る地方に於ては見掛上熱帯旋風の數が増し、或る地方に於ては減する事實の部分的説明は熱帯旋風の發生する土地及び其の通過する地域の研究の中に恐らく見出されるであらう。例へば第四表はファシグ (Fasig) の西印度諸島の圖に示さる熱帯旋風が、東から西に延長する四個の地帯に發生した其の月に於ける黒點の平均數を示すのである。最も東に位する地域から發生した三十三の熱帯旋風は、(其の發生點は記録されたる範圍に於ては西經五十九度であつた)、黒點の平均數が三十

九の月に相當して居た。次ぎの兩地域に於ては、平均の發生點は西經六十八度及び七十八度であつたが、黒點の數は極東地域の場合の四分の三以下であつた。最も西に位する地域に於ては、西經八十八度邊が中心であつたが、矢張黒點の數が可なり多い場合に多くの熱帶旋風が發生した。この事實に何等かの意義があるかないかは未だ決定する事が出来ぬ。合衆國に於ては、後に述べるが如く、黒點の夥しく現はれる場合には、國の縁邊に於ては旋風の數を増し、内地では減するのである。若し同様の状態が北大西洋に於ても行はれるとすれば、黒點の多き場合には遙か東方に多くの熱帶旋風が發生し、熱帯で發生したものとして記録されることなしに、北方に移動するかも知れぬ、如何となれば其の部分を通航する船舶は殆んどなく、従つて記録が比較的乏しいからである。右の如き次第であるから黒點多數の場合に於ける旋風の數は今日數字に現はれて居るよりも多分多いとであらう。この點については未だ全然明かでないが、太陽の異なる状態のもとに於ける熱帶旋風の發生地は充分に研究する價値がある。吾人が目下確實に云ひ得られる全部は、記録によつて知

第二圖



(二七)

合衆國に於ける旋風の徑路
(カルマーに據る)

1883年より1912年に至る三十年間に年々緯度 $2\frac{1}{2}^{\circ}$ 経度 5° の區域を通過した旋風中心の平均數。

られる範圍内に於ては、概して熱帶旋風の數は太陽の大氣が甚だしく攪亂されて居る場合に特に多い。併しこれは主として亞細亞及び其の大陸の南部を境する颱風區域について眞實である。其れに反して西印度及び南太平洋の前者ほど重要ならざるハリケーン區域に於ては正反對の事實を示して居る。

(8) 前にも記したるが如く西印

度諸島附近の海上から發生する熱帯旋風をハリケーンと呼ぶ。(譯者註)

温帯地方の旋風 (cyclonic storm) は低緯度地方のハリケーン及び颶風よりも遙かに其の数が多く且つ重要である。合衆國は温帯の旋風を研究するに最も好適の地である。旋風の数が多いためならず、斯る廣大なる地域に互つて組織的に同種の科學的觀測が行はれる土地は他に求め兼ねるからである。合衆國天氣局 (Weather Bureau) の編纂にかゝる月次旋風徑路圖に基いて、カルマー (Kullner) は一八七四年から一九一八年に至る旋風即ち低氣壓中心の數と徑路に關する材料を編成した。彼れは合衆國と南部カナダとを緯度に於て三度二分の一、經度に於て五度の矩形に分割した。次いで彼れは月々各矩形を通過する低氣壓の徑路の數を算へた。第二圖に於て各矩形の地域に對する數字は三十年間の平均値である。同圖はブリチッシュ・コロンビアから合衆國北部に互り、五大湖を横切りセント・ローレンス河谷に及べる低氣壓の極めて頻繁なる著しい弓形の地域を示して居る。旋風頻繁度の第二位に位する地域は南部コロラドに見出される。或る地域と他の地域とを比較したる旋風

第五表
北米に於ける四年週期の旋風
1883年より1912年に至る三十年間の平均を百分率にて表はす

年	旋風の百分率
1876-1879.....	89.5
1880-1883.....	79.0
1884-1887.....	90.0
1888-1891.....	99.9
1892-1895.....	110.1
1896-1899.....	103.0
1900-1903.....	100.5
1904-1907.....	105.7
1908-1911.....	98.6
1912-1915.....	109.5
1916-1918 (三年間).....	123.2

の數は雨量の大きさではない。雨量は緯度、海洋の遠近、山脈の位置、其他の地形的事情によつて影響されることが大きいからである。併し或る地方に於ける雨量の年々の變化は旋風の數と嚴密に正比例する、勿論ある一定の場所の地形的狀態は常に一定不變なるがためである。

黒點の數と旋風の分量とが如何程まで一致して變化するかを考究して見やう。この事實は種種の方面から研究することが出

來るであらう。先づ各黒點週期の中の最も黒點數の少い三年を選んで、其れを其の後に續く黒點の最も多い三年と比較して見やう。この方法はカルマーが後の章に掲げる重要な意義を有する圖表に使用した年群であるが故に、殊に興味深く覺えるのである。旋風の記録が作製されるやうになつてから、四回の黒點週期が繰返されたが、其の最後のものを除いて悉くが其の以前のものに比して強度の餘り甚だしからぬものであつた。此等の中には四回の極小の時期と四回の極大の時期が存する。最初の二つの時期——一八七七年——一八七九年——の極小と一八八二年——一八八四年の極大——の比較は殆んど價值がない、此等の初期の記録は信じ得ないのみならず、極小期の旋風記録は西經百度までを含むに過ぎないからである。次ぎの二つの時期——一八八八年——一八九〇年の極小と一八九二年——一八九四年の極大——との比較になると、黒點極大の時期には第二圖に現はれて居る範圍の旋風は三十年間の平均の十四・三パーセントだけ極小の時期より多かつた。旋風の一標準として吾人は與へられたる年に對してカルマーの圖の總ての矩形の數字を用ひる。次ぎの黒點極

第六表 A

北米に於ける黒點と旋風

1889年—1918年

十年間の黒點の平均數	1889—1918の平均と比較したる北米に於ける旋風の百分率
6(1.4乃至12.1).....	96.2
36(13.6乃至48.5).....	96.3
72(53.8乃至103.9).....	106.0

第六表 B

黒點と北米の主要なる旋風地帯に於ける旋風

1883年—1912年

旋風の平均の百分率

黒點數10以下の八年間(平均5.7).....	85.4
黒點數10—35の七年間(平均21.1).....	69.3
黒點數35—60の八年間(平均46.8).....	101.6
黒點數60以上の七年間(平均70.4).....	114.1

大の時期即ち一九〇五年—一九〇七年の旋風は、其の時期に先だつ極小の時期即ち一九〇〇年—一九〇二年の其れを一・四パーセントだけ凌駕した。然るに一九一六年—一九一八年の黒點極大の時期に於ては、旋風の分量が約二十一パーセントだけ一九一二年—一九一四年の極小時期の其れを凌駕した。

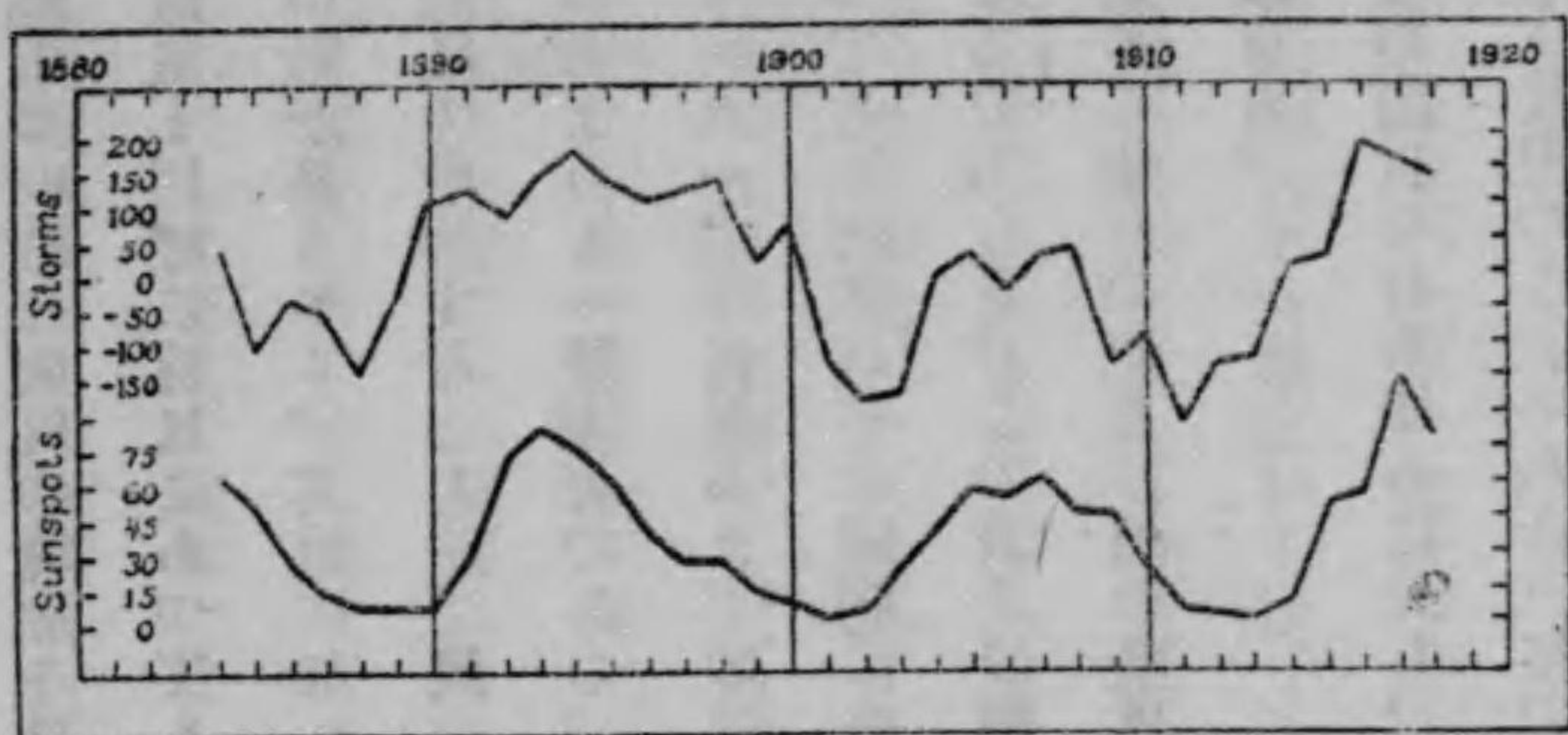
次いで一八八九年から一九〇〇年に至る黒點週期全部と其れに續ける一九〇一年乃至一九一一年の週期とを比較して見やう。此等の時期は各黒點の極小を以て始まり、次ぎの極小に先つ年まで繼續する。最初の時期の十二年間の黒點の平均数は三十八・八で、旋風は三十年間の平均の百〇七・四パーセントであつた。第二の時期の十一年間に於ける黒點の平均数は三十三・三で、旋風は九十九・八パーセントであつた。この場合に於ても、他の場合と同じく黒點の多い時に旋風が多かつた。

第六表Aは吾人が旋風の數と黒點の數とを比較する他の方法を示す。充分なる記録を利用し得られる三十年間(一八八九年—一九一八年)は、黒點の數に従つて三期に分たれた。

黒點の多い時に旋風の増加を見るは熱帶旋風の場合に吾人の得た結果と一致する。併し熱帶旋風と同様に旋風にあつても、總ての地方が同様の状態を呈するのではない。例へば旋風の數が最も多く、其れに加へて天氣の最も變化し易い北米の地域では、黒點の多い時期に旋風の増加することが、夙に一九一四年に試みられたる研究から知られる如く、全國に於けるよりも一層顯著である。これは第六表Bに示されてある、同表に於ては一八八三年より一九一二年に至るまでの三十年が、第六表Aに於ける全國の場合の如く、黒點の數に従つて七年或は八年の四期に分たれた。其後の數字を包括せしめればこの對照は一層著しくなるであらう。この表及び熱帶旋風の表を見れば、太陽との同様の關係が旋風の頻繁に襲來する地域の北及び南の境界に於て繰返されると云ふ結論を避けることは困難のやうに思はれる。

この題目を打ち切るに先ち、主要なる旋風地域に於ける旋風の數と年々の黒點の數とを比較して見やう。一八八三年の前年が第三圖の中に包括されたとすれば、一八七四年より

第三圖



黒點(下線)とカナダ南部及び合衆國北部の主要なる旋風區域に於ける旋風の數。(上線)

一八八〇年に至る七年間に於ては、旋風を表はす上部の曲線は黒點を表はす下部の曲線と嚴密に一致を見るであらう。一八七七年の小規模の極大と雖もこの二つの曲線に現はれて居る。併し一八八一年に於ては、黒點の數は依然として増加して居るが、旋風の數は俄然劇減する。これは幾分は天氣局發行の圖上に旋風の徑路を記入する方法の變化した、めかも知れぬ。次いで四年間、一八八四年には兩者共に極大に近づき、一八八五年には下り坂になり始めるので、兩曲線が再び一致する。其の翌年には旋風が再び黒點と一致を缺くが、併しこの状態は永續しない、

一八八七年と一八八八年には兩曲線が再び下降するからである。一八九一年には兩者共に上昇するが、翌年には不一致を示す。其後に於ては著しい一致が觀察される。其の一致は大なる波動のみならず、一八九八年と一九〇〇年の小規模の極大の如き小波動についても認められ、兩者共に黒點曲線に於ける規則外れとして現はれて居る。一九〇〇年より一九一〇年に至る黒點週期に於ては、上部の曲線の三回の規則外れは各下部の曲線にも現はれて居る、同時に最後の週期に於ては黒點の曲線も旋風の曲線も共に以前より高く昇つて居る。

第三圖の主要なる二つの曲線に示される關係は、いはゞ太陽と天氣との關係の具體的概括を構成するので、嚴密なる吟味を試みなければならないのである。最も嚴密なる數學的吟味の一つは相關係數である。これを計算するに就ては、表の中の二つの現象の變化を表はす各記載が全體の平均から隔つて居る分量を發見するのが先づ必要だといふことが想起せられるであらう。此等の値に基いてピアソン (Pearson) の標準的數學的方法によつて計

算すると、二つの現象の關係の度合を正確に決定することが出来る。若しこの二つの現象が絶體に無關係であれば、其の係數は零である。若し兩者が絶體に關係があり、従つて一方の現象なしには決して他方の現象が起るものでなく、且つ其の關係が變數で表はされ、また直線として作圖し得られる如き單純なる數學の式で表はされるとすれば、其の係數は1である。斯くの如き關係は日の出と地球の自轉、器械の働輪とピストンの一動きとの關係の如きものである。馬が食ふ食物の量と其の馬の行ふ仕事の量の如き關係は、恐らく1ほど高くもなく、また零ほど低くもなき係數で表はされることであらう。其の係數は正負孰れの符號をも取ることが出来る。一つの現象の極大が他の現象の極大と關係のある場合には其の符號は正であり、一方の極大が他方の極小と關係のある場合には負である。相關係數があり得べき誤差の四倍である場合には、其の二つの現象の間に關係の存在するプロバビリティーは殆んど確實と看做される。併しこの眞實の意義は、その二つの現象が實際見出される程度に偶然に變化するであらう機會は百四十二回の中に唯だ一回に過ぎないと云ふ

第七表

あり得べき誤差に関する種々の等級の相
關係數發生のプロバビリティー

相關係數とあり得べき誤差との割合
此處に掲げたものと同じ或は其れより大なる割合の發生に對する差異

1	1	-	1
2	5	-	1
3	22	-	1
4	142	-	1
5	1,350	-	1
6	19,230	-	1
7	434,782	-	1
8	1,470,588,234	-	1

第八表

主要なる旋風通過地域に於ける年々の旋
風と年々の黒點の數との相關係數

1889—1913

黒點	相關係數	あり得べき誤差	相關係數のあり得べき誤差に對する割合
旋風前三年	-0.036	±0.114	0.3
〃 二年	+0.256	±0.106	2.4
〃 一年	+0.505	±0.086	5.9
旋風と同年	+0.611	±0.071	8.6
旋風後一年	+0.591	±0.074	8.6
〃 二年	+0.329	±0.102	3.2
〃 三年	+0.003	±0.114	0.01

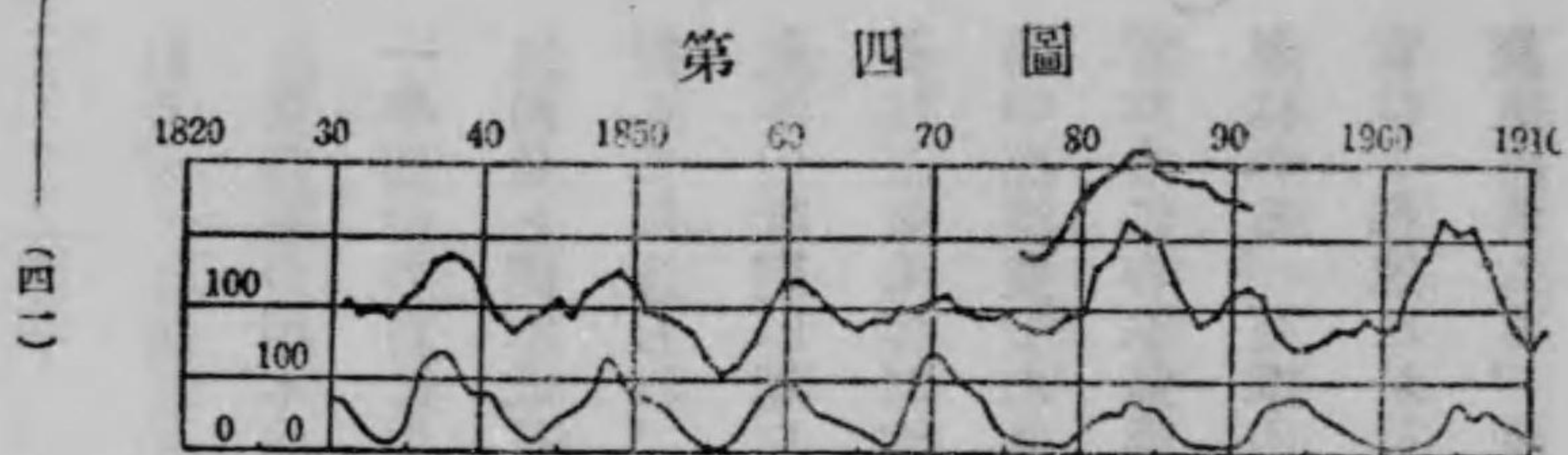
ことである。第七表は相関係数とあり得べき誤差との割合が他の値を有する場合の二つの現象の波動に於ける偶然の一致に對する差を示す。

この方法を用ふる時は、一八八九年から一九一八年にかけて材料の利用し得られる限り年々の黒點の數と北米全部に於ける旋風との相関係数は $+\frac{10}{100}$ になることが見出される。この値はあり得べき誤差の四・九倍に相當する。これは二つの現象の見掛上の關係が偶然の結果である場合は千〇五十二回の中唯だ一回に過ぎないと云ふ意味である。勿論其の關係の性質や、或は其れが直接であるか間接であるか其れによつて解る譯ではない。また其の關係が因果的であるか或は二つの現象が單に或る他の共通の要因若くは幾つかの要因によつて生ずるのであるかをも示さない。其れは單に其の優差は二つの現象の波動の一致が偶然の結果であると云ふ考へとは著しく抵觸すると云ふことを指示するに過ぎない。

第三圖の二つの曲線の場合に於て、一八八四年より一九一八年に至るまでの旋風と黒點の數との相関係数が第八表に示されてある。第一列に於ては或る與へられたる年の旋風が

三年前の黒點と比較されて居る。其の係數 -0.036 は重要視すべく餘りに小さい値である、實際あり得べき誤差よりも小さい。其れは例へば一九一四年の旋風と三年前即ち一九一一年の黒點との間には何等の關係もないと云ふことを指示する。第二の列は旋風が二年前の黒點と比較される場合には——即ち例へば一九一四年度の旋風が一九一二年度の黒點と比較される場合には——關係のあるらしい模様がほのかに見えることと云ふことを示す、併し其係數は僅かにあり得べき誤差の二倍に過ぎない。次ぎの三列は $+0.505$ 、 $+0.611$ 、及び $+0.91$ の係數を示す。此等はあり得べき誤差の六倍乃至八倍であるから、其の値は充分なる關係を指示する。係數の値が極めて大であり、其れが規則正しく配列され、或る年の黒點が同年度の旋風と比較される時に極大を示すやうな場合には、合衆國に於ける旋風の數量は實際太陽の大氣の變化によるか、或は二つの現象が未知の共通の原因に歸着するか孰れかであると云ふ殆んど確定的な證據である。二つの現象が偶然に一致する可能性はこの場合に於ては十億について唯だ一回に過ぎない。

歐洲に於ては旋風の記録は極めて不完全に圖示されて居るので、吾人の現在の目的には殆んど無効である。其等の記録の範圍内で云へば、太陽との關係を示す點に於て合衆國の記録と一致する。のみならずダグラス(Douglas)は樹木の成長と歐洲の天氣との關係に就て重要な研究を試みた。これは百年間の旋風と黒點との間の關係に間接に若干の光明を投じる。彼れは樹木の年輪が可なり確實に氣候を指示することを示した。乾燥せる土地に於ては、年輪の幅が主として雨量測定の標準になる、然るに濕潤せる風土及び卑濕の地に於ては、氣温、日光、植物の成長する季節の長さの如き他の要因が最も重要な役割を演ずることであらう。ダグラス教授の方法の精緻なることは眞に驚くべく、附近の年輪の相對的の厚さ及び性質によつて、彼れは若し伐採の月日が知られて居り、また同地方に成長した同種の樹木の同年齡の木材と比較し得る場合には、或る種の樹木のあらゆる部分の成長した年代を確認することが出来る。獨逸に於ては伯林附近のエーベルスワルデで、彼れは或る測定を試みたが、其れは現在の關係に重要な相互關係の多數の實例中の一を供給



(四一)

獨逸エーベルスワルデに於ける樹木の成長と黒點及び夏季の旋風との比較。(ダグラスに據る)

上線=夏季の旋風(四月—十一月)。
 中線=松樹の成長。
 下線=黒點。

する。其の結果は第四圖に示されてある。下部の曲線は黒點の其れである。其の上の曲線は十三株の松樹の成長を示す。其の二つの曲線の一致の度は實に顯著である。唯一の例外を以て黒點の七回の極大は樹木の曲線の上に忠實に再現されてある。極小も矢張よく一致する。唯一の例外は一八九二年に始まり、一八九九年まで繼續して居る。其れは或る氣象状態若くは蟲害の如きものに依るかも知れぬ。若し樹木の成長が阻止されなかつたならば、其の曲線は多分黒點の其れと嚴密に一致したであらう。この斷定は一九〇〇年に黒點曲線の極小に一致するが、併し例の通り其の少しく前に起る小さい極小が存在すると云ふ事實によつて強めら

れる。

第四圖の樹木曲線によつて如何なる氣候状態が指示されるかを正確に決定するために、一年間の各自に對する二組の相関係数を見出した、一は氣温と樹木成長の關係であり、他は雨量と樹木成長の關係である。一八五一年より一九一〇年に至る五十年の時期が雨量に對して用ひられ、一八六六年より一九〇七年に至る四十二年間が氣温に對して用ひられた。此等の時期は端なく利用し得た記録によつて決定されたのである。其の係数は急劇なる成長は主として二つの條件と相互關係を有することを示す。第一は晩冬と早春に於ける相対的高温度であり、第二は四月より十一月に至る多量の降雨である。冬季の降雪量は其れがために春季氣温の上昇が妨げられる如き土地を別にしては、比較的に重要でないやうに思はれる。夏季の氣温に異常を呈することあるも、これ亦比較的に影響がない。此等の事實は、獨逸に於ける樹木の成長に對する最も適當な條件は、夏季に雨量多く冬季に比較的旋風降雪なく、従つて樹木が早く成長を開始し得られる時期なる事を示す。北獨逸の如き

土地の雨量は主として旋風の數に依る。旋風と樹木の成長との關係を例證するために、予は第四圖に一八七六年から一八九一年に至る間の四月より十一月までの旋風の數を示す小曲線を添へて置いた。これはこの種の材料の利用し得られる唯一の時期であつた。この曲線に對する數字はカルマー教授の好意によつて供給せられたものである。其等の數字の中には其の中心がエーベルスワルデの北或は南二度半以内を通過した旋風を悉く網羅して居る。この曲線の始めの部分は恐らく下降し過ぎて居るであらう。これはカルマー教授の指摘した如く、其の當時の歐洲の旋風の記録は特に確實と云ふ譯に行かないからである。併し斯くの如くして得られた曲線は主なる特徴に於ては樹木の曲線と一致する。併し其の一致は完全でない、其れは早春の氣温の如き他の要因が成長率の決定に關與するからである。この曲線の證據と樹木の成長に最も好都合の條件について既に述べた所とに基いて、第四圖に示される樹木成長の曲線は、夏季に於ける中部歐洲の旋風の主要なる波動を表はすものであると斷定を下しても差支ないであらう。

樹木成長の曲線は夏季に於ける旋風の数を表はすのみならず、また既に述べた如く冬季の状態をも表はすのである。曲線の上昇する場合には、二月及び三月が可なり乾燥して居たらしい。此等の條件——夏季には旋風と降雨に富み、冬季は雪少なく、従つて気温は春早く上昇する——は大陸的氣候の代表的のものであることが注意せられるであらう。海洋的氣候に於ては、冬季は概して温暖濕潤であるが、春季は比較的寒冷で、夏季に於ては動もすれば冬季より著しく多量の降雨がない。これによつて見れば第四圖の曲線は黒點の多數に現はれた場合には北獨逸の氣候が大陸的狀態を現はすと云ふ意味に解釋して差支ない。この中には斯くの如き時期には氣壓の高き大陸内地は冬季に於て一層氣壓の高まる傾向があると云ふ事實を包含して居る。故に空氣は大陸内地から外に向つて流れ出し、旋風は大陸内地に向つて進まずして、大陸の縁邊に沿ふて移動を餘儀なくされる。其れに反して夏季に於てはユーラシア大陸内地の低壓部が一層氣壓の下降を來すらしく、これが爲めに風は大陸内地に向つて吹き込み、夥しい水分を輸送するのである。この極めて重要なことは

「氣候の變化」の中に記して置いた、同書には過去の氣候が論じてある。これに就いて強調すべき點は、吾人の得られる材料の範圍では、夏季中部歐洲の旋風は黒點の變化と嚴密に一致して變化するらしいと云ふことである。

歐洲の狀態は世界の他の部分の狀態に結びつけて考慮しなければならぬ。吾人は一世紀間の記録に基いて、熱帶旋風の数が概して可なり黒點と一致する事實を知つた。合衆國の旋風は、四十年の時期から判斷し得るとすれば、同様の變化をする。歐洲の旋風も、其の記録が多くの價值を有するには餘りに短く且つ不完全ではあるが、同様の變化を指示して居る、併し樹木の間接の證據は約一世紀の時期を與へる、而して黒點と旋風との一致は實際絶えず顯著であつたらしい。現在の研究に充分役立つ程完全なる旋風の記録は他には求め得られない。斯くの如くして吾人は、手許にある證據のみについて云へば、地球上の旋風の程度は黒點によつて指示される太陽の大氣の變動と可なり密接な關係を以て變化すると斷定する。ある地域に於ては反對の關係を示すが、其れについては第五章に詳論する。

第三章 太陽に基く氣壓の調節

概説 氣壓活動の中心は地球上諸所に散在して居るが、其の變化が同時に起ること及び週期的なること等によつて其れが外部的原因に基くことが知られる。また其の週期と黒點、紅焔、磁氣活動の如き太陽現象の週期とが一致するので、其の原因の太陽なることは明かである。太陽の活動に變化が生ずる時は先づ氣壓に變化を及ぼし、ついで風に影響し、従つて氣温を左右するものらしい。北大西洋上に於ける氣壓傾度と黒點との關係を見るに、黒點の多い時は傾度が急峻で、少い時は緩慢である。

氣候と旋風とは黒點と關係があるらしいが、尙ほ其の上に太陽の活動は氣壓にも影響を及ぼす證據がある。多數の研究者がこの問題に對して努力したが、其等の結果はヘルランド・ハンゼン及ナンゼンによつて約説された。ウォーカー(Walker)は一步進んで世界各地の氣壓の變化と一致するかを示す圖までも公にした。ヘルランド・ハンゼン、ブルックス(Brook)

ら、及び岡田は極めて詳細に互つて研究する所があつた。此等の學者はビゲロー(Bigelow) ロッキヤー(Lockyers)、ヒルデブランドソン、及びアルクトウスキー(Arctowski)等の説の正鵠を得て居ることを實際的に確實にする。氣壓活動の中心は地球表面の諸所に散在して居る。其等の中心は明かに二つの群をなして居る。其の群は低氣壓の中心より成る他の群が氣壓の減少を示す場合に一方の氣壓が高まると云ふ特色を持つて居る。また其の二つの群は同時に氣温の變化を示す、併し變化の方向は正反對である。中間の地域に於ては稍不規則な變化が起るが其の變化は多くは隣接せる活動の中心の其れと同じである。廣く隔離せる地域に於ける變化の同時に起る性質、其の活動の明かに一致せること、及び週期的なることは、其れが或る外部的原因によつて生ずることを暗示する。彼等の週期と、黒點、紅焔、磁氣活動の如き種々の太陽現象の週期の併發は、この外部的原因が太陽であることを殆んど確證する。ヘルランド・ハンゼン及びナンゼンが北大西洋に關する研究の中に充分に且つ明瞭に論ずる所によれば、多くの場合に於て太陽活動の變化は先づ氣壓の變化を

生ぜしめ、次いで風が變化し、最後に氣温が風のために影響を蒙ると云ふことは有り相もないことではないらしい。

(9) 中央氣象臺長理學博士岡田武松氏。(譯者註)

太陽と氣壓との關係を一層充分に吟味せんがために、予は氣壓傾度の研究を試みた。天氣のみについて云へば、最も重要な事實は氣壓が高いか低いかと云ふ事よりも、數百哩或は數千哩離れた土地の氣壓との差が大であるか小であるかと云ふことである。語を換へて云へば、重要な要因は傾度である。概して風力、旋風の強さ、氣温と濕度の變化はこの氣壓傾度によつて決せられるのである。急峻な傾度は通例低氣壓及び荒模様に伴はれ、緩漫な傾度は概して高氣壓及び晴天に隨伴する。氣壓傾度と黒點とを比較せんがために、予は獨逸海洋氣象臺 (Deutsche Seewarte) の輯成にかゝる一九〇四年より一九一三年に至る十年間の大西洋の日次氣壓圖を使用した。其の圖には北大西洋、及びシューピリオル湖、ハドソン灣、西は北ラブラドル、東は中部バルティック海、南部佛蘭西に至るまでを包括して居

る。平均傾度を見出さんが爲めに、五度毎に引いた子午線と五度毎に引いた緯線とで造られた網目と等壓線との切り合ふ點について計算を試みた。斯くして得た數は傾度指數と稱せられる。此等の指數の値は太陽の變動に對する關係を示すのである。太陽の大氣の特に活動旺盛なる時、また殊に其の活動が太陽面の周縁の部分に於て旺なる時には、北大西洋及び其の附近の土地は通例急峻な傾度を示し、従つて天候の激變を見る。太陽面の周縁に顯著なる變動が現はれる時は通例其れに次いで猛烈なる旋風が襲來し其れに次いで極めて靜穩なる快晴の時期が来る。この結論の根據となつた細目は後で述べる。傾度指數は緯線と子午線の長さを測り、其の長さを交叉點の數で割つて概算することが出来る。緯線と子午線の全體の長さが四萬哩で、指數即ち交叉點の數を百とすれば、等壓線は平均約四百哩の間隔を置いて居ることになる。傾度指數が五十ならば、等壓線の間隔は平均約八百哩となるであらう。實際上の目的には哩に直す必要はない。指數は計算によつて得られた儘直ちに使用することが出来る。數字が大なれば傾度は急で、概して暴風の状態及び強風を示

すのである。

傾度を計算するこの方法は吾人の現在の目的にはかなふが、其の方法には或る故障が伴ふ。其の方法は大氣の活動を測定する標準を與へるけれども、空氣の流れの正確な強さを指示しない。必要を感じて居るのは「擾亂」即ち大氣運動の強さと範圍を測定する方法である、併し未だ斯くの如き方法は考案せられない。氣象學全體に附随するこの一般的弱點の外にこの特殊の方法に附随する小さい故障が存在する。例へば一の等壓線が紆餘曲折して同一の等壓線を再三通過するかも知れぬ。併しこれと均衡を保つために、他の等壓線は再三網目の線に接近するが、其れを横切らない。圖に就ての實際の研究の示す所によれば、此等の状態が孰れも目につく程の誤差を生ぜしめることがない。緯線を避けて横切らぬ等壓線は極めて頻繁に子午線を横切らねばならぬ。同様に子午線を避けて横切らぬ等壓線は頻繁に緯線を横切らねばならぬ。のみならず大西洋の地圖に包括される如き廣大なる地域——千二百萬平方哩以上——に於ては等壓線が總ての方向に走ることが確實である。數日

の平均を探るならば、斯る原因からの有り得べき誤差は顧るに足らぬものとなる。

一層重要な故障は子午線が北方で幅合する事實から起る。同一の氣壓傾度を有する二個の旋風がそれ／＼北緯四十三度及び五十七度の所に中心を有したと假定せよ。交叉點の數は百三十と百五十五の割合になり、其の差は十六パーセントになるであらう。將來の研究に於ては經緯度線の網目の代りに等距離線より成る網目を使用する方が勿論宜しからう。これは現在の場合に於ては、單に多くの餘分の仕事を企てることは不可能であると云ふ理由のもとに實行されなかつた。幸ひにしてこのより簡短な方法を用ひたにも拘らず、明瞭の度について劣る外には、其の結果に影響を及ぼさなかつた。吾人の現在の目的に對して最も願慮すべき點は日々の氣壓傾度の變化である。これは平均傾度全體の十六パーセント乃至十七パーセントとなり、八十パーセントに達する事もある。併し旋風が北或は南に移動する速度は平均日々二度或は三度が通例で、稀れに五度を超過することがある。短距離に於ては子午線の幅合に基く傾度の變化は、他の原因によつて起る平均の變化の五分の一

以下に過ぎない。其の變化が稍他の變化の正體を隠すかも知れぬが、他の變化を全く隠蔽するやうなことはない。北大西洋の南部では北部よりも其の効果が少い、子午線の輻合が後者ほどでないからである。勿論緯線間の距離は地圖の總ての部分に於て同一である。故に交叉點の數に何等の誤差も生じない。

或る事情のもとに他の小さい誤差の原因が氣壓傾度の指數に影響を及ぼすかも知れぬ。其等の原因については本章の始めに引用した論文の中に論じてある、併し此處に與へられた結果に影響を及ぼす程のものではない。

此處に用ひた方法はもとより大に改良を施す餘地はあるが、廣い地域に於ける氣壓擾亂の一般的度合を示すべく考案された最良のものであるらしい。一週間以内に傾度が平均値以下三四パーセントから平均値以上三四パーセントまで變化することが屢々ある。總ての有り得べき誤差が同時に極大に達し、ある方向に見掛上の揺動を生ぜしめたとしても、この二分の一の差をも生じないであらう。實際に於ては各種の誤差が同時に極大に達

すること、或は或る一の方向に結合することは殆んどない。其れに反して彼等の不變の傾向が相互に中和することになるのである。多くの日數を平均する場合には殊にさうである。この點は強調する價值がある。氣壓傾度に對する數字が黒點の範圍に對する數字ほど正確でない事實は、吾人が兩者の間の關係の斯様な確實な證據を見出すと云ふことを二重に意味あることにする。傾度に對する指數の誤差は太陽の變化には關係がない、其の誤差は純粹なる地的且つ人間的原因に歸するのであるから。其故に其の誤差は如何なる形相の太陽活動に於ても矢鱈に起つて、天氣の變化と太陽の變化の間に如何なる關係が存在しても其れを隠蔽する傾向がある。

天氣と黒點とを、通例なされる如くに一月或是一年の代りに、一日を根據として比較するためには、グリニチ天文臺の發行にかゝる太陽寫眞日次測定表に訴へなければならぬ。大多數の黒點は暗黒なる暗黒部と前者よりも明るき半暗部とから成立つて居る。暗黒部は平均全體の約六分の一を占めて居る。故に小さい數を對照とし研究せんがために、黒點の

多く現はれた一九〇四年から一九〇九年までの暗黒部が使用され、黒点の少なかつた一九〇一年より一九一三年までの間は、黒点全體が用ひられた。二組の年を結合した結果が必要なる場合には、黒点全體の面積を六分して用ひた。總ての場合に其の面積は、太陽の寫眞の如き曲面の寫眞には免れ難き畫面縮小に對して更正を施した。

傾度の日々の指數が上記の方法で得られた後、各の日に對する普通の傾度の近似値を求めた。この近似値は冬季の方が夏季より五十パーセントだけ多い。この季節的影響を除くために、其の指數は普通の傾度の百分率に直された。斯くすれば夏季の旋風も、其の傾度が普通の傾度以上に同じ割合で高まる場合には、猛烈な冬季の旋風と同様の重要性を持つことになる。傾度を百分率に直したので、年々の記録の中から最も傾度の急峻な日と最も傾度の緩漫な日を選出することは容易であつて、一九〇四年、一九〇六年、一九〇八年、及び一九〇九年の各年度に兩者各々約五十を算する。或る日には黒点の記録が缺けて居るので、實際に使用し得られるのはたゞ三百九十日のみである。斯くの如くして選ばれた三

第九表

北大西洋の旋風區域に於ける氣壓傾度極めて大なる日と太陽黒点暗黒部全體積との關係、一九〇四年三月より十二月まで及び一九〇六年、一九〇八年、一九〇九年五月より十二月まで

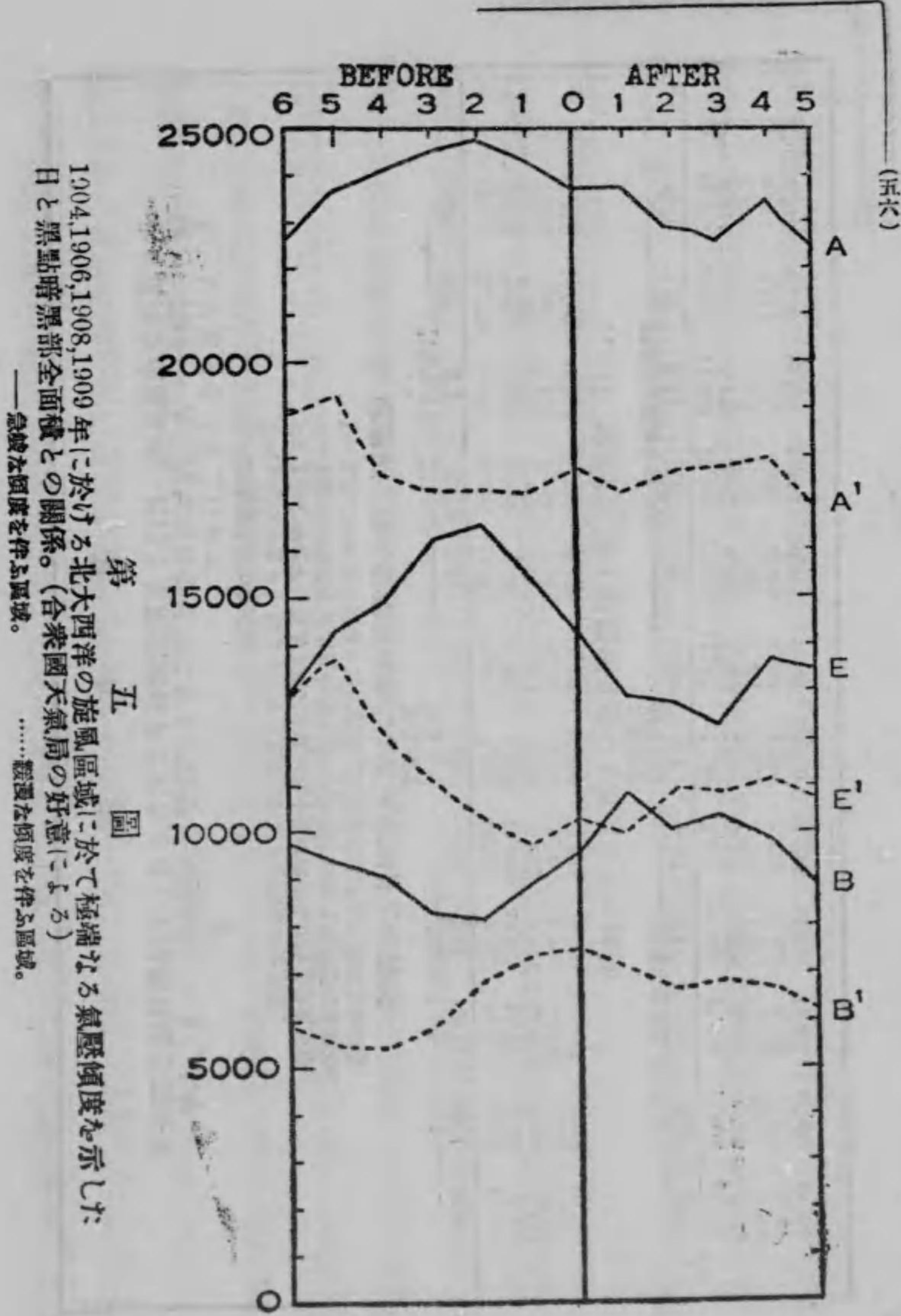
- A=黒點暗黒部の全面積。
- B=太陽の中央子午線より三十度以内に於ける暗黒部の全面積。
- C=太陽の中央子午線より東三十度—九十度に於ける暗黒部の全面積。
- D=太陽の中央子午線より西三十度—九十度に於ける暗黒部の全面積。
- E=太陽の中央子午線より三十度以上の場所に於ける暗黒部の全面積。

I. 暗黒部と最も氣壓傾度急なる百九十四日との關係

A	氣壓傾度急なる日の前					氣壓傾度急なる日の後					
	六日	五日	四日	三日	二日	一日	一日	二日	三日	四日	五日
22,611	23,679	24,029	24,538	24,733	24,374	3,696	23,796	22,837	22,622	23,477	22,432
9,689	9,379	9,060	8,338	8,165	8,885	9,470	10,902	10,068	10,389	9,833	8,863
5,681	6,433	6,665	7,407	7,473	7,471	6,780	6,031	5,974	5,252	5,410	5,762
7,214	7,867	8,304	8,798	9,035	8,019	7,436	6,863	6,795	6,985	7,735	7,807
12,893	14,300	14,969	16,200	16,668	16,490	14,226	13,894	12,769	12,237	13,646	13,669

II. 暗黒部と最も氣壓傾度緩なる百九十との關係

A	氣壓傾度緩なる日の前					氣壓傾度緩なる日の後					
	六日	五日	四日	三日	二日	一日	一日	二日	三日	四日	五日
13,832	19,275	17,560	17,219	17,228	17,297	17,749	17,205	17,629	17,648	17,908	16,979
5,914	5,542	5,483	5,387	6,863	7,408	7,581	7,197	6,676	6,813	6,758	6,218
4,839	5,339	4,847	5,128	4,887	4,965	5,318	4,783	4,772	4,743	4,721	4,840
8,079	8,374	7,280	6,209	5,478	4,834	4,900	5,225	6,181	6,122	6,429	5,911
12,918	13,733	12,127	11,332	10,365	9,799	10,218	10,008	10,953	10,871	11,150	10,751



第五圖 1904, 1906, 1908, 1909年に於ける北大西洋の旋風區域に於て極端なる氣壓傾度を示した日と黒點時黒點全面積との關係。(合衆國天氣局の好意による) — 急激な傾度を作る區域。……緩慢な傾度を作る區域。

(五六)

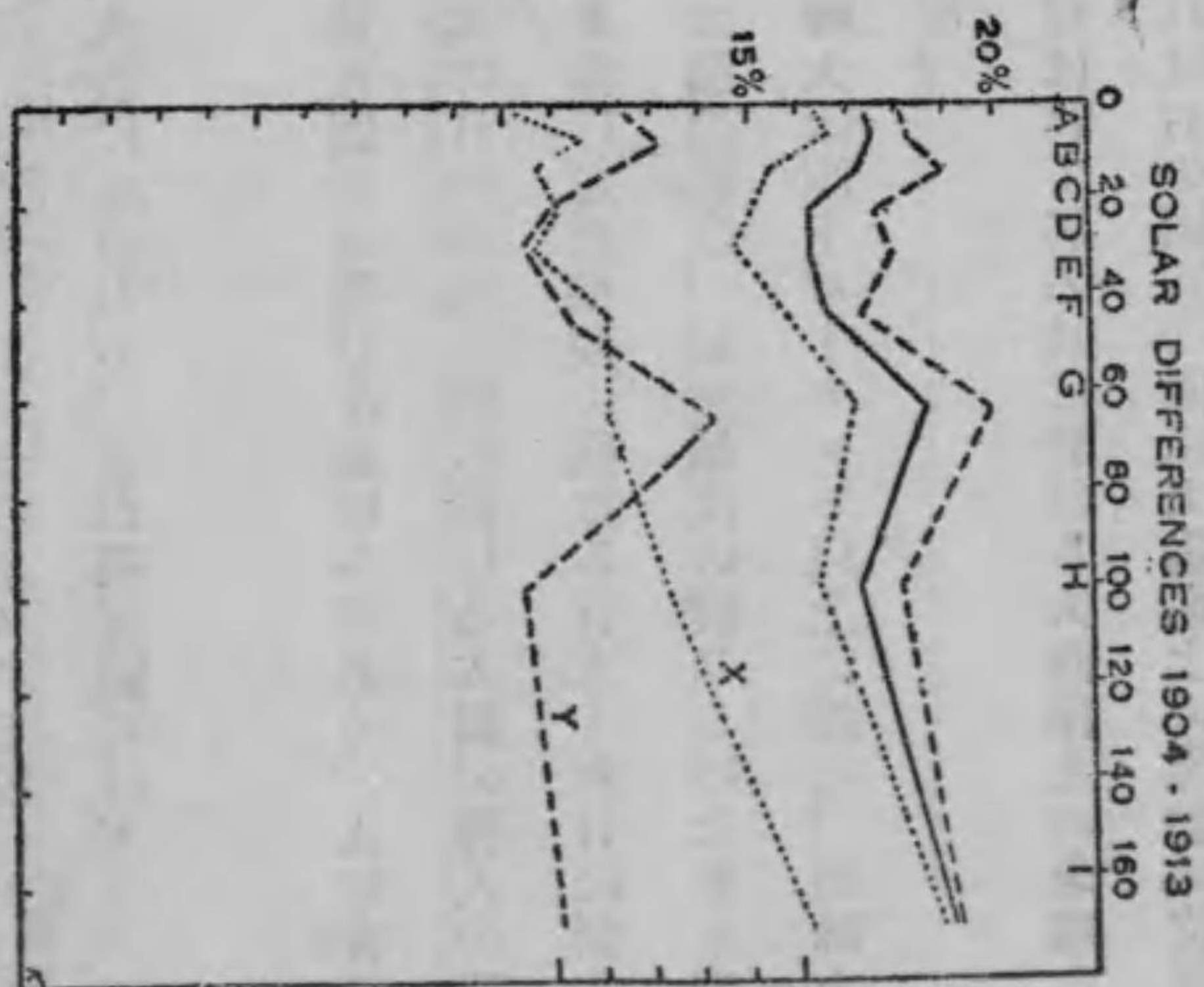
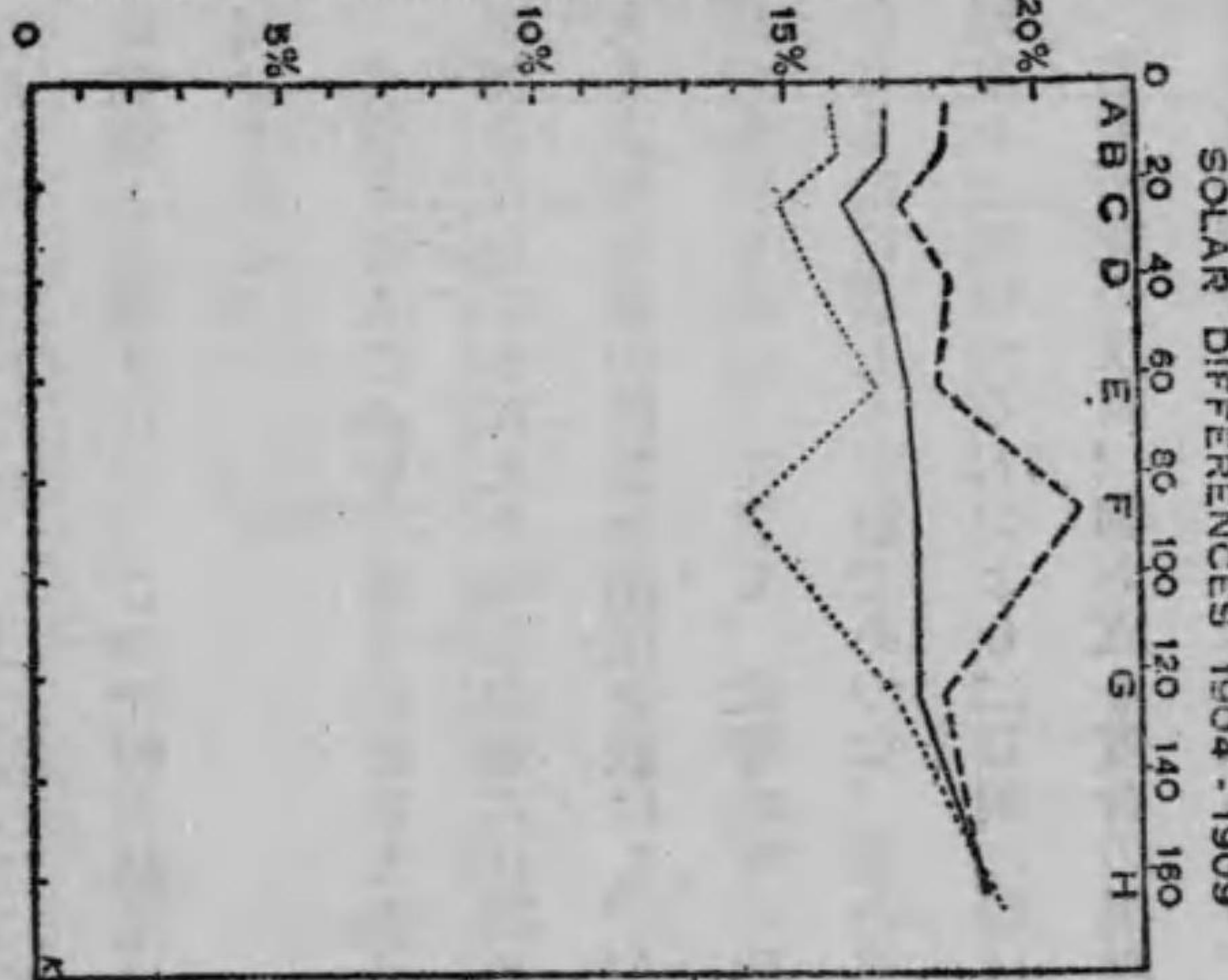
百九十日は目下問題になつて居る日に於ける、また其の日の前後各々六日間に於ける太陽の状態と比較された。この比較の結果は第九表に示される、また第五圖にはグラフとして掲げてある。

差當り吾人に必要であるのは第九表及び第五圖のA及びA'線のみである。Aは非常に氣壓傾度の急なる百九十四日の前六日間及び其の日の後五日間に於ける太陽の吾人の眼に見える表面各部の黒點全面積を表はし、A'は非常に氣壓傾度の緩なる百九十六日に對して同様の事實を表はして居る。此等の年の間の太陽黒點は、氣壓傾度の緩なる時よりも傾度の急なる時に著しく多數であつた。其の差の極大は四十パーセント以上に達し、地球上の反應なりと思はれるものより二日前に現はれる。

右の研究の反對、即ち或る度合の黒點が現はれて居る日に於ける大西洋上の急峻なる氣壓を直接調査することは未だ試みない。これは右の研究の間に太陽面上の黒點の位置は、第九表及び第五圖のB及びE、或はB'及びE'を比較せば明かなる如く、黒點の面積と同様

(五七)

CHANGE IN BAROMETRIC GRADIENTS FROM DAY TO DAY



SCALE FOR X AND Y

第六圖

(五八)

或る日から翌日までの気圧傾度の變化と、(1)太陽面のNW. + SE. 象限の中央子午線から30°以上の距離に於ける黒點暗黒部の面積と(2)NE. + SW. 象限の中央子午線から同じ距離に於ける黒點暗黒部の面積との間の様々の變化を示す日との關係。
(合衆國天氣局の好意による)

-1904年より1909年に至る北大西洋北部の気圧傾度の變化。
-1904年より1909年に至る北大西洋南部の気圧傾度の變化。
- X 黒點の多かつた或は増加しつゝあつた1904—1907年に於ける北部の變化。
- Y 黒點の少なかつた或は減じつゝあつた1908—1913年に於ける北部の變化。

に重要らしいことが發見されたからである。併し間接には根本的に同一の結果に到達することが出来る。太陽周縁の各部分の黒點の差と日々の気圧傾度の變化とを比較考察しても傾度の差の大なる時には黒點の面積も大であり、傾度の差の小なる時には、時には例外もあるかも知れぬが、平均すれば黒點の面積の小なることは確實である。第六圖は種々なる「象限差」を現はせる日と従つて太陽の周縁に種々面積を異にする黒點の現はれて居る日に於ける気圧傾度變化の總計、即ち天氣の不安定を示して居る。線の位置が高いほど、左方

(五九)

に示せる如く氣壓の變化が大いのである。最上部の數字は太陽活動の度合即ち象限差を指示する。黒點の多數であつた一九〇四年—一九〇九年と黒點の少なかつた一九一〇年—一九一三年の二の時期に於ける總ての日が、象限差即ち太陽表面の周邊の活動に基いて群に分たれて居る。第六圖の左圖に於てA群は十或は其れ以下の象限差を現はして居る六百五十三日から成り、B群は十一或は二十の差を有する二百八十四日、H群までは百五十以上の差を示す百五十六日から成立つて居る。若し太陽の活動が眞に天氣の變化に關係ありとすれば、傾度の日々の變化がA群からH群へ増加すべき筈である。

第六圖の左右兩圖に於て上部の不連続線は北大西洋の南部に於ける氣壓の變化を指示する。次ぎの曲線は大西洋の南北兩部に於ける變化の平均を表はし、點線は北部に於ける氣壓の變化を示すのである。此等の線によれば、北大西洋の南部は北部に比して氣壓の變化が大であるらしい。これは單に傾度に對する數字が月々の常態に對する百分率に直された爲めである。第六圖の左圖に於て、顯著なる特相の一は八〇と百との間で一方の曲線は著

しく昇り、他の曲線は著しく降つて居ることである。これはF群の間に於て普通より南の進路を有する非常に多數の旋風が偶然起つたことを表はして居る。この旋風は概して高氣壓の卓越せる北大西洋の南部に天氣の非常なる變化を惹起した。其れに反して北部は斯くの如き變化を見なかつた。

第六圖の左圖の諸線を別々に探り、小波動を度外視すれば、南部の天氣を表はす不連続線が僅かに左から右へ昇る傾向のあるを認める。AよりDまでの群の日々の傾度の平均の變化は十八パーセントであるが、EからHまでの群に於ては十八・九パーセントである。北部に於ては、點線で示さる、如く、左から右へ昇る程度は前者よりも著しく、A群からD群まで十五・六、E群からH群までは十六・七に達する。C群に於ける突然の低下を除いては、其の二つの部分を連結する線は左端(A群)の十七から右端(H群)の十八・九に至るまで著々昇つて行く。斯くの如くして太陽周縁の活動が旺盛なるほど北大西洋の天氣の變化も甚だしいと云ふ證據が得られる。これは殊に北部に於て眞實である、北部に於てはA群の

變化は十五・九に過ぎないのに、H群に於ては十八・九で、其の差が十九パーセントに達するからである。

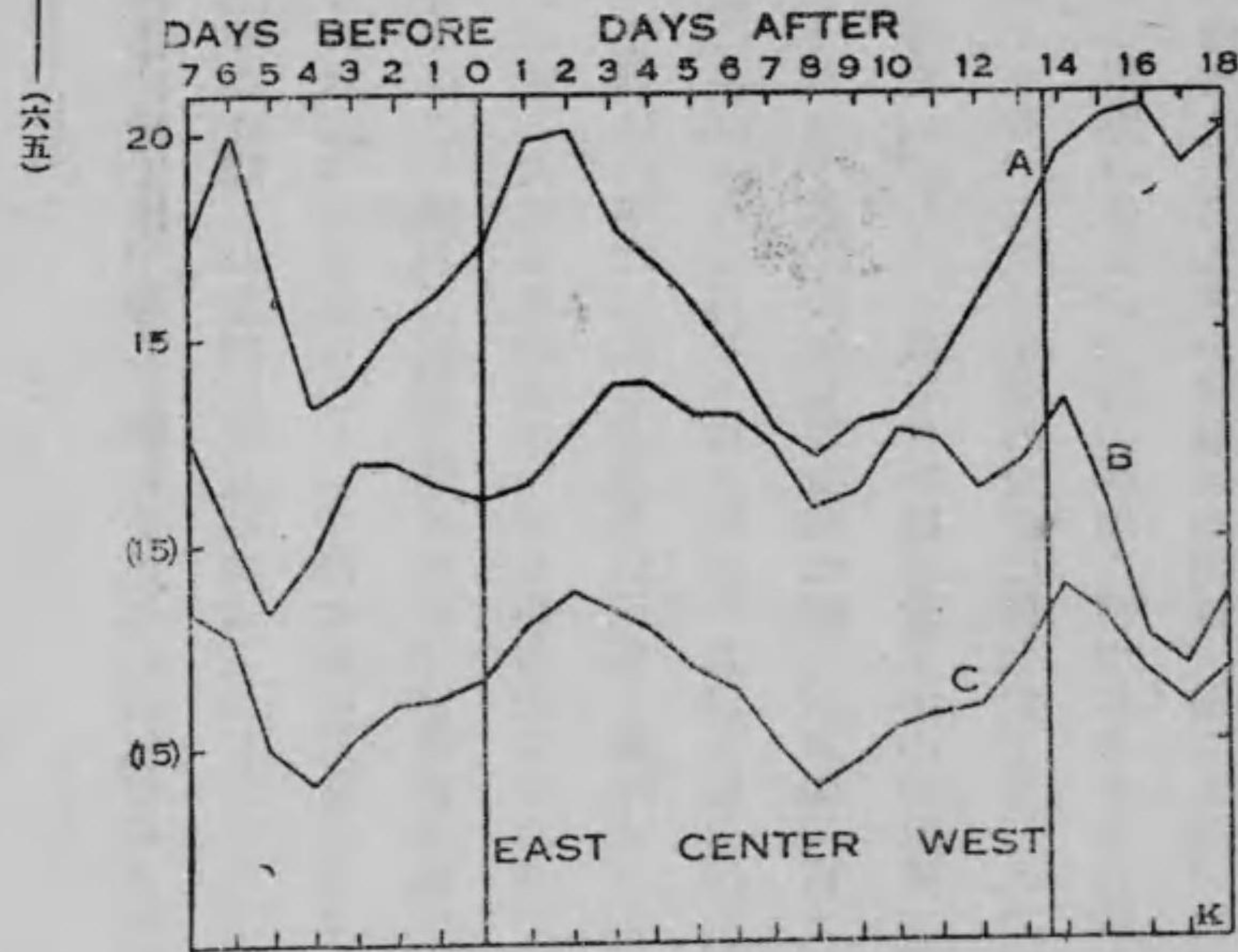
百五十以上の象限差を示す百五十六日を包括するH群の代りに、二百以上の象限差を示す八十七日の小群を探れば、北大西洋の北部の日々の平均の變化は十八・九から十九・一に昇る。これは一般の平均(十六・二)を超過すること十八パーセント、A群を超過すること二十パーセントである。太陽の周縁の最大活動を示す八十七日の中で、四十三日は平均十八・八の傾度の増加を示し、四十四日は平均十九・四の減少を示して居る。

たゞ一日間の太陽活動の差が地球上に影響を及ぼすとすれば、斯くの如き差の連続は恐らくより大なる影響を生ずるであらう。第六圖の右圖に於ては一九〇四年から一九一三年までの總ての日が問題の日を以て終る四日の時期の間の太陽の四象限の間の平均の差によつて九群に分れて居る。A群に於てはこの平均の象限差は五或は其れ以下である。B群に於ては六乃至十、またI群に於ては平均の差が百二十五以上である。第六圖の右圖に於て

上部の三本の線は、極めて不規則なるに拘らず、左から右へ昇る傾向を示し、其の昇る度合は左圖の其れに相當する線よりも著しい。

黒點の増加しつ、ある年及び減少しつ、ある年は決して同様に影響を及ぼすものでない。これは第六圖のX線及びY線によつて明かである。X線は一九〇四—一九〇七年に屬すが、これは太陽黒點が増加しつ、ある時期である。Y線は一九〇八—一九一三年に屬するが、これは黒點の減少しつ、ある時期に相當する。X及びYの零點は重覆を避けんが爲に他の諸線より下に置いてある。曲線Xは顯著なる上昇的傾向を示して居る。右端は左よりも三十パーセント以上高くなつて居る。而して不規則の度は小である。其れに反して曲線Yは上昇的傾向も下降的傾向も殆んど示さない。Y群よりE群に至るまでの平均は確かに一五・二二であるが、F群よりI群までの平均は一五・七五である。YのAB群の高位置は吾人がこの點についても矛盾と思はれる事實に面することを暗示する。即ち一般から云へば太陽の活動が旺盛である程氣壓的擾亂も甚だしいのであるが、太陽の表面が異常に靜穩にな

第七圖



黒點群が太陽の東端から西端まで通過するにつれての氣壓傾度の變化。

A,南部の黒點群。B,北部の黒點群。
C,兩者を結合したるもの。

の附近に集中して居るために起り來るこの特殊の太陽の影響が微弱なる時期を表はす極小の時に當つて、氣壓傾度の變化が低下する低き水準も亦同様である。一見したるところ象限差が最大であるか、或は太陽表面の天氣に影響を及ぼす營力が特に旺盛なる場合には、北

(六五)

第十表

太陽の象限差が最大なる日の氣壓變化と其れに次ぐ活動微弱なる日の氣壓變化との對照

		百分率
(1)	最高 138日	29
(2)	最高 80日	32
(3)	最高 25日	47
(4)	最高 10日	106

(六四)

るらしく思はれ、且つ新しき擾亂の時期が其の最初の衝動を受ける場合には、この概括は破れるのである。
太陽の活動と氣壓との密接なる關係の最後の證據は第十表に見出される。この表に於ては、吾人は象限差に基いて測りたる太陽活動の最も旺盛なる日を取扱つて居る。百分率と記したる欄は、太陽に變動が起つて居る間の氣壓傾度日々の變化の極大と、變動が終極した後一二日に於ける變化の極小との間の差を示して居るのである。

此等の百分率の増加する急速度は極めて意味深きことである。黒點の無きため或は黒點が太陽の中心

大西洋に於ては、著しく變化の乏しい天氣の伴ふ氣壓傾度の緩漫な時期と旋風の伴ふ傾度の急峻な時期とが急劇に交互に起る。

この結論の眞實なることは、第七圖に見られる如く、他の方面から例證せられる。この場合には二十個の黒點群が選ばれた、彼等が太陽の東端に現はれる時、また彼等が西端に消える時に大なる象限差を生ぜしめるからである。其の中の十群は太陽の北半球にあり、他の十群は南半球にある。此等の時期に關する北大西洋北部に於ける氣壓傾度の變化は第七圖に表はされてある。○と記した日は太陽の擾亂が明瞭になつた當日である。黒點が太陽の南半球(A線)に多く現はれた時に、太陽の兩方面の對照が著しくなつてから一二日以内に極大に達した。六七日の後黒點が中心の附近に來た場合に、氣壓傾度の變化は極めて乏しくなり、天氣は比較的安定に歸した。更に八日を経て天氣は再び悪くなつた、其れは明かに黒點の位置が太陽の西端に移つたこと、關聯して居た。この場合には一の極大から他の極大に至るまでの間隔は十四日、即ち太陽の自轉週期の約二分の一であつた。この事

實は、黒點が太陽の殆んど周縁にある時に極大の影響を及ぼすことを暗示する。

第七圖のB線は太陽の北半球の黒點が南半球の其れよりも影響を及ぼすことが少ないと云ふことを暗示する。併し斯る場合は確定的と云ふには餘り數が多くない。黒點の現はれて居る時期の間に於ては、北大西洋の氣壓變化の平均の強さは、其の前後よりは著しかつた。氣壓の變化は黒點が太陽の東端に現はれた後三日を経て極大に達し、黒點が太陽の中心に來た時に極小を示し、黒點が太陽の西端に到達した時に再び極大に達した。第七圖のC線の示す如く、この二組の黒點群の見掛上の影響を結合する時は、黒點が太陽の東端に現はれた時には北大西洋の天氣が不安定になる、黒點が太陽面の中心に來た時には天氣は安定に歸する傾向があり、黒點が太陽の西端に没する時には再び天氣の不安定の時期に入ると云ふことを指示する點について他の材料を確證する如き規則正しい曲線が得られる。この結論は地球表面の氣温は黒點の數に反比例して變化し、旋風は黒點の數に比例すると云ふ既に述べた結論と結びつけて考へられねばならぬ。この三つの結論は、太陽の活動の變化

は天氣の變化の原因の一であると云ふ強い推測を供給するやうに思はれる。

第四章 太陽の温度高き時に氣温の冷か なる矛盾

概説 太陽の活動の旺なる時に地球上の氣温が低下すると云ふ矛盾を説明すべく提唱された假説の一つは其れをオゾンに歸するものである。オゾンは熱を保持する毛布の如き作用を營むものであるが、太陽の温度の高い時にはオゾンの生ずること少なく其れがために氣温の低下を來すのであると云ふ。併しこの假説には觀測上の根據がない。第二の假説は旋風に基くとなすものである。太陽の活動の旺な時には旋風の發生すること多く、従つて高氣壓區域では熱を放散すること夥しく、低氣壓區域では雲のために太陽熱が遮断されて、其れがために氣温が低下するのであると云ふ。

曩に吾人は太陽常數の値の高い時には地球表面の平均の氣温が低下するらしいと云ふことを見た。この特異の現象に關する二つの説明が注意を要求する。一は其れを上層の空氣中に於けるオゾンの生成に歸し、他は大氣循環の速度の増加に歸する。第一の假説を提出するについてハンフリースは、寒冷で乾燥して居る上層の大氣中に卓越せるが如き状態

のもとにあつては、太陽の莖外線が酸素をオゾンに變ずる傾向があると云ふ事を指摘して居る。オゾンは波長の短い輻射(光)に對して一層透明である。故に太陽の輻射の中の波長の短い波を通過させると同時に、地球が空間に向つて輻射する波長の長い熱波を阻止して、太陽のエネルギーを其れが熱に變へられた後發散せざるやう保持して行く毛布の如き働きを營むのである。黒點の數が多く、太陽の常數の値が高い場合には、日光の中の莖外線の百分率が減ずる、其れに反して太陽の常數の値が低い時には、其の反對になるのであらうとハンフリースは推定する。従つて黒點の數の少い時には、高空に於けるオゾンの生成が地球の大氣の全般に互つて氣温の上昇を促すのであると想像せられる。

理論上には斯る事は可能であらう、併しハンフリースも指摘して居る通り、其の假説には觀測上の證據はない。併し今のところでは吾人は指示された原因が觀測された結果を生ぜしめるに適當であるかどうかを知るべき方法を持たない。この結果の中には第一に黒點の數の少ない場合に、赤道地方では攝氏〇・六度、温帶地方で〇・四度位まで平均の氣温を

高めると云ふことを含んで居る。また其の中には、黒點の數の少ない時に太陽の輻射の減少した結果生じたる氣温の低下は、氣温が上昇する前に中和されるに相違ないから、尙ほ幾多の事柄が含まれて居るのである。太陽常數の彼れの測定に基いて、アボットは其の減少は黒點の極大と極小の間に於て二・五度の差を生ぜしめるに足りると云ふ結論を下して居る。従つてオゾンに歸せられる全體の影響は多分攝氏三度であらねばならぬ。この値は一見小に過ぎるやうに思はれるが、地球全體を考へ、雪線の位置や他の地理上の證據の示す所によると最近の氷河時代の氣温は現在より平均五度乃至六度低いに過ぎなかつたと云ふことを思ひ起すならば、其の眞の大きさが明かになる。氣温の非常な變化を生ぜしめるに足る程のオゾンの生成は、黒點の多い時と少い時に太陽輻射の構成の大なる差違を要求するやうに思はれる。これに加へて、クレイトン(Clayton)は、降雨と曇天の少い熱帶及び亞熱帶の觀測點では、平均の氣温が黒點の極小の時よりも極大の時の方が高いことを示した。彼れは緯度六十度以北に於ても同様の事實を認めて居る。黒點の多い時に高温度が局

部分的に分布する事は、オゾーンの一般的被覆によつて説明する事は殆んど出来ないであらう、上層の空氣の總ての部分が結局根本的には同じ割合の種々なる成分から成立つて居るに相違ないから。またクレイトンによると、黒點の極大に於ては熱帶全部を通じて平均の氣壓が低い、この事實の中には、よしんば地表では氣温が冷かであるにしても、全體としては大氣が比較的暖かだと云ふことを含んで居るのである。

此等の事項はオゾンが黒點の極小の場合に地球上の氣温を高める要因として全く決定されると云ふ意味ではない。オゾン假説が觀測的材料に立脚するまでは、其の重要な度は疑はしい。この結論は、其の影響の夙に知られ且つ測定された他の營力が、黒點の極大と極小との氣温の變化を説明するに充分らしいので、一層確實なものとなる。

此等の他の營力の中の一つは旋風である。或る營力が其の強さと頻繁の度とを増した場合に、地球の表面に近い空氣の温度がどうなるかと云ふことを考へて見やう。先づ第一に旋風には雲を伴ふ。雲の反射力は偉大なるもので、オールドリッチ(Aldrich)の最近の觀測に

よると、雲が濃厚な場合には其の反射力が七十八パーセントに達する。斯様な譯であるから、旋風が相對的に少しく増加した、めの日光の反射は、他の地方で太陽から受ける餘分の熱と均衡を保つてあらう。第二に旋風の活動の増加に伴ふ或は其を起さしめる如き空氣の急激な循環は、空氣が概して然らざる場合よりも乾燥して居ると云ふ事を含んで居るに相違ない。併し空氣の水分を受容れる力が比較的大であらうし、また乾燥した空氣の新しい供給が急激な大氣の循環のために絶えず運ばれて來るであらうから、蒸發の總量は増加するであらう。斯くの如く黒點と旋風とが極大の時には、太陽は普通以上に多量の熱を供給するけれども、逆旋風區域では其等の地方の餘分の太陽熱を悉く空間に向つて放散すべく其に反して旋風區域は雲のために太陽熱の地表に到達することが著しく阻止されるであらう。

のみならず旋風は多量の温暖濕潤なる空氣を高空に輸送する。この空氣の大多數は旋風の赤道方面から來る。例へば合衆國に於ては温暖濕潤なる空氣は普通に雨に先立つ南風に

よつて齎される。旋風の中心に於ては空氣が遙か高空へ運ばれ、其れと共に主として氣化したる水の潜熱の形で多量の熱が運び行かれる。水蒸氣が凝結して雲或は雨となると、其れから發散する熱の大多數は上層の空氣の冷却を妨げる、而して其の熱が空間に遁走する。ことは、低い所で同じ状態のもとに放出されるよりは一層容易である。旋風中心の温暖濕潤の空氣が充分高く上昇したる後、其の空氣は寒冷になり且つ乾燥する。この空氣が高氣壓區域で下降すると、斷熱的に即ち其れが受ける壓縮のために暖められる。併し其の空氣は極めて乾燥して居るので、極めて急劇に熱を輻射し、其れがために極めて冷かになる。輻射率と空氣の水蒸氣壓力との關係は極めて密接である。遂にこの寒冷な空氣が低壓區域の中心に向つて突進し、赤道方面から來る温暖濕潤なる空氣の下に侵入し、其れを上昇せしめる。旋風の數が多ければ多いほど、益々多量の温暖な空氣が、其の熱が輻射によつて忽ち失はれるであらうやうな高さ上昇せしめられる。斯くの如く大氣循環の一般的活動の増加に伴ふ旋風の増加が、上記の他の方法と同じく輻射の増加の爲に地表を冷却するであらう。

本章の残りの部分は主としてこの點を詳細に考察するのである。

地表の氣温は蒸發、凝結、空氣及び水の運動の如き多くの中間の要因の均衡によつて決せられるが、全體としての地球に對する最終の結果は、太陽から受ける輻射と傳導及び外界への輻射によつて失ふ熱との均衡によつて根本的に決せられるのである。若しこの中の孰れかゞ變化を蒙れば地表の氣温も亦變化するに相違ない。其の中の一つ、即ち太陽の輻射が不變であると假定しやう。次いで旋風の數及び強さの變化が他の要因、即ち傳導及び輻射による熱の喪失に變化を生ぜしめるかどうかを考察することにしやう。

熱が地表のあらゆる部分から傳導によつて失はれる割合は、主として空氣の運動によつて定まる。傳導はたゞ氣温の異なる表面の間にのみ起るので、また停滞せる空氣は間もなく其れの横はれる表面の温度に近い温度となるので、靜穩な空氣中の傳導は、附近の表面が其の温度を變ずる場合を別として、殆んど終止する。空氣が運動して居る時には、熱の傳導は普通の晝間状態のもとに於ては増加する。これは斯様にして地表と接觸するやうに

なる新らしい空氣は、永く表面と接觸して居た空氣よりは温度が低いからである。太陽の輝いて居る晝間に於ては、これは明かに事實である。其れは亦總ての時間及び總ての季節の平均の状態を考へても眞實であるらしい、熱せられるもの即ち空氣は、空氣が主として其の熱を與へられるもの即ち地球の表面よりも低温度で平均するに相違ないから。故に傳導のみについて云へば、旋風の増長と大氣循環の一般的比率とは地表の冷却に與つて力があるに相違ない。

空氣の運動は同様に輻射にも影響を及ぼす。輻射による熱の純粹の喪失は、地球自身の外界への輻射と他の本源(其の中に空氣も含まれる)からの輻射或は反射によつて受ける總ての熱によつて決定される。大氣の輻射及び反射によつて得られる熱の大多數は、水蒸氣、雲、霧、霞、塵埃、及び炭酸瓦斯によつて供給される。此等の物質は、輻射が等しく總ての方向に起るために、地球から受ける熱の多くを地に向つて輻射する。雲と霧とは熱を輻射すると同様に下方に向つて熱線を反射する。大氣の此等の成分は皆主として低空の空氣に

限られて居る。實際其等のものは約三千呎の高さ以内で全體の影響の半ば以上を行ふものらしい。これは雲や霧が地球から外方へ輻射する熱を吸収し、其の熱の一部を再び輻射或は反射して地球に戻す被覆的效果について眞實である。熱せられた空氣が被覆的效果の主として行はれる氣層より高く上昇する場合には、他の事情のもとにあつては地球に輻射或は反射されるかも知れない熱の一部が空間に輻射或は反射されて喪はれる。若し地球の大氣の一般的循環——水平的及び垂直的の運動を包含する完全な廻轉より成る循環——の漸次的増加があれば、雲が被覆的營力として最も効果を發揮する水準以上に、或る時間内に運ばれる空氣の量も其れに相應して増加するに相違ない。斯くの如くして地表の平均氣温は低下するであらう、この低下は乾燥せる逆旋風の場合の輻射及び曇り勝ちな旋風の時の反射によるもの程重要ではないかも知れぬが。

尙ほ一つの見方がある。低壓區域の上に位する高い等温層に於ける空氣は通例逆旋風區域の同じ高さに於ける空氣よりも温かく、また氣温が單に斷熱的冷却にのみよる場合に期

待されるよりも一層暖かである。例へば夏季に於ては、ハンフリースの「空氣の物理學」(Physics of the Air)の第一表及び第十八圖によれば、低壓區域三十八ヶ所の上の等温層の氣温は平均攝氏七度或は八度で、三十二ヶ所の高壓區域の上の同じ高さの氣温よりも高い。これをハンフリースは次ぎの如く説明して居る。

此等の状態を或る場合には濕潤の大氣、他の場合には乾燥せる大氣であらしめよ、而して各、
 が總ての高さに於て同一の温度を有するとせよ。濕潤の大氣は乾燥せる大氣よりもよく熱を輻射するが故に、同一の曝露の状態にあつては、また同一の時間を経過した場合にあつては、冷却するであらう。併し冷却するに當つて、即ち極めて急劇に自己の熱を放散する場合に、其れと同時に輻射によつてのみ熱を受ける附近の區域に夥しく熱を供給する。故に下層の大氣が濕潤なる時は、其の空氣は同一の状態のもとにあつては等温區域の常に乾燥せる空氣に對して、また其の空氣によつて極めて急速に熱を輻射するであらう、而して自己が冷却すると同時にこの區域を平均以上の温度に高めるであらう。其れに反して高壓區域に於ては下層の空氣が比較的乾燥て従つて輻射が旺盛でないので自己の温度を保持するであらう、併し其れと同時に同季節の低氣壓の卓越

せる間の氣温と比較して等温區域の冷却を招くのである。

他の方面から考へれば、傳導のために低壓區域の下層の空氣から或る分量の熱が取去られ、等温層の氣温を高める、従つて其の温度は高壓區域の其れに相當する高さの空氣の温度より七八度高いのであると斯う解釋することも出来る。旋風の數と強さの増加は殊に黒點が多數の場合に然るが如く、高壓區域の非常なる快晴を伴ふ場合には、疑ひもなく下層の空氣の温度を一層低下せしめ、等温層の氣温を高めるに役立つであらう。

斯の如く輻射によつて熱を失つた空氣が遂に下降する時は、次ぎの三つの結果の中の孰れかを惹起すであらう。(一)其の空氣は地表に達する時には比較的暖いかも知れぬ。下降運動が急速で、壓縮に基く斷熱的氣温上昇が其れ自身の輻射のために失ふ熱よりも大なる場合には、また其の空氣が多く水分を吸収して冷却することの出来ない場合には、この結果を生ずるであらう。この有名な實例は所謂「フリー・エア・フェン」¹⁰である。これは温暖な、乾燥した、急に下降する風で、瑞西のフェン¹⁰及び合衆國西部のチヌック¹¹に相當す

るものである。斯様な風を生ずるほど急劇な空氣の下降は、往々高氣壓區域の高山に局部的に起る。(二)空氣が既に其處にある空氣と全く同じ温度を以て地表に到達し、従つて目につく程の效果を生じないこともあらう。空氣が極めて緩かに下降するので、其れが放散する輻射と其れが主として地球から受けるものとが、蒸發せしめる水分の如何に拘らず、平衡の状態を生ぜしめるだけの時間のある場合には、斯くの如き結果を生ずるのである。この場合には其の空氣が下降に當つてどれ程長い彎曲した道をとるかには重要でない。空氣の運動が緩慢な弱い高氣壓區域には多分斯くの如き状態が行はれることであらう。(三)空氣が冷却的效果を及ぼすやうな温度で地表に達することもあらう。空氣が高緯度から低緯度へ通過するやうに斜に下降する場合、或はまた空氣が下降するに當つて充分なる水分を吸収する機會が與へられ、従つて或る他の緯度で其の空氣が上昇を始めた場合に保持して居たと略ぼ同量の水分を有する場合には斯様な結果が起るのである。この種の運動は高氣壓區域に於ては普通である、而して最下層の空氣が同一區域の低壓部より高壓部に於て普

通温度の低い理由を急劇な輻射と相俟つて説明する。

- (10) 風が山脈の山側を上昇し他の山側を降下する場合には、上昇によつて喪ふ熱よりも下降の際に壓縮によつて生ずる熱の方が多い。また上昇の際に水分が凝結して雲となるので斯様な風は温度が高く且つ乾燥して居る。これをフェンと云ふ。瑞西はフェンの名所である。(譯者註)
- (11) 合衆國のグレートプレーンに向つて西部山脈から吹き下す乾燥した熱風をチヌックと云ふ。(譯者註)

此等の三つの場合から、高氣壓部に於て下降する空氣は場所を異にすれば、或は場所は同じでも時を異にすれば、極めて違ふ效果を生ずると云ふことは明かである。併し斯る空氣の下降と其の雲霧を缺くがために妨げられることのない輻射との全體の效果は、通例地表を冷却すると云ふことである。

さて爰では吾人に關係のない性質の或る作用に依て旋風の發生が増加すると假定せよ。さうすれば以前より少量の空氣が徐ろに下降して、既に其處にあつた空氣と全く同一の温度で地表に達するであらう。其れに反して空氣が温度の高いフェン或は寒波を生ぜしめる

やうな降り方をすることは一層頻繁にあるであらう。極端な氣温が循環の緩慢な時よりも屢々現はれるであらう、必ずしも其の極端の度が以前よりも増加するとは限らないが。従つて空氣の循環が急になつた結果の一は、多分氣候の變化の増加であらう。併し寒波は温暖な風と平均する以上の影響を與へるであらう、既に見た如くに、純粹の效果は明かに氣温の低下であるから。

高氣壓部の下降空氣が空間に熱を輻射するために生ずる平均の冷却の度合を精確に決定することは未だ不可能である。或る朝に於ける華氏五十度の氣温と、北西から下降する空氣の影響を受けた二十四時間後の十度の氣温とを比較する事は極めて重要と思はれる。勿論この差は主として單に兩方の空氣が出發した場所の間の緯度の差を表はすに過ぎない。併し重要な點は北西からの重い寒冷な空氣によつて押上げられた、めに最初の朝の温暖な空氣が消滅することである。温暖な空氣が風のために東の方へ押しやられるのではない、これは北西風が吹き始めると同時に起る氣温の突然の變化によつて示される。其の空氣が

上の方へ押上げられるために、其の高い氣温は最早下層の空氣に恩恵を施すことがない、上方に向つて動く空氣の冷却が水蒸氣の凝固のために妨げられることはあらうけれども。斯くの如く旋風は吾人にとつて主として關係のある地球の直接の表面から熱を奪ふ。斯様な熱の喪失の頻繁の度と烈しさの増加は、低氣壓區域の曇天と降雨との増加及び高氣壓區域の乾燥と輻射との増加と結びついて、太陽の輻射は比較的多いに拘はらず、温帶地方の平均の氣温を低下するのであるらしい。併し兩極地方では旋風の發生が増加すれば地表の氣温が高まるかも知れぬ、地面に接觸して居る寒冷な空氣の層が以前ほどには堆積することを許されないからである。

旋風の増加が下層の空氣の温度に及ぼす效果を一層明かにするために、(一)水蒸氣の蒸發、(二)曇り、(三)旋風のために熱が運ばれる緯度の長さ、(四)局部的對流、(五)降雨に關して更に詳かな考察を試みやう。

一、潤へる地表から水分の蒸發する割合は風速の増加に伴つて急激に増加する。吾人の

現在取扱つて居る問題のみについて云へば、旋風系内の空氣が異常の高さに噴騰した場合に高空で、また其の空氣が高氣壓區域で下降する場合には低空で、現はれる比較的水蒸氣の含有量の少いこと、空氣の運動とを比較すると、太陽黒點の極大と極小との間の氣温の差、即ち攝氏の約半度は蒸發の上に重要な効果は生じない。黒點の極大と極小の年に於ける、平均の空氣は飽和點の遙か下である、故に特殊の状態のもとに於ては別であるが通例は蒸發が起り得る。斯様な状態のもとに於ける蒸發の割合は風の強さによつて影響を受けることが著しい。シー・イー・ビー・ブルックス (Becks) によれば、風の効果は次ぎの如くである。

- (A) 風速一時間十哩の飽和して居ない風は風速五哩の風より十七パーセントだけ多く蒸發する。
- (B) 風速一時間十五哩の飽和して居ない風は風速十哩の風より十四パーセントだけ多く蒸發する。

(C) 風速一時間二十哩の飽和して居ない風は風速二十哩の風より殆んど十一パーセントだけ多く蒸發する。

旋風の多い場合に於ける如く、風速が増加すれば、其の風は以前よりも多量の水を蒸發し、下層の空氣から熱を奪ひとるであらう。其の熱は對流によつて上方へ運ばれ、空間に遁走する機會を與へられる。

2、大氣中の水分の題目を打切る前に、旋風の増加によつて地球表面が冷却すると云ふ吾人の結論に對する有り得べき反對に尙ほ一層充分に應戰するがよいと考へる。異常に多い旋風に伴ふ曇りの増加は下層の空氣を冷却せずして反つて暖めることになるであらうと反對者は云ふかも知れぬ。人の皆知る如く、晴れた夜には曇天の夜よりも霜が遙かに多い。絶對湿度が高く、且つ殊に曇天の場合には、晴天で空氣が乾燥して居る場合ほど地球の熱は速かに輻射しない。この現象の普遍性は晝間の曇天の冷やす効果の方が夜の暖める効果より大であるかどうかと云ふ問題を惹起す。語を換へて云へば、晝間太陽の輻射を雲から

上方へ反射する量が夜間雲の底から下方へ反射及び輻射する量と比較して如何なる鹽梅になつてゐるか。

其れには先づ第一に、雲の頂部からの日光の反射と雲の下方からの熱の保持との間の割合は緯度によつて著しく異なることを注意しなければならぬ。風と氣流とが温暖な地方から熱を運んで來る高緯度の地では、曇りの被覆的效果は太陽の輻射を遮斷する雲の効果よりも通例優つて居る。併しこれが眞實であるやうな地域は其の反對の低緯度の地よりも著しく狭い。この事柄は數學的にも經驗的にも吟味することが出来る。この方は兩方とも多くの面倒な事柄に遭遇する。勿論數學的方法是結局最も確實であらう。併し吾人の現在の貧弱な知識では、其れを絶えず誤差に曝露するやうな多くの假定を要求する。加之計算の方法は極めて込入つて居るので、最も經驗に富んだ科學者でも誤をしないとは云はれない。故に本書で始終用ひて居る方法を固執する方が賢いやり方だと思はれる——即ち理論はどうあらうとも、實際にどうなつて居るかを發見することにしやう。

雲と氣温との關係を決定するために、予はバーソロミュー(Bartholomew)の氣象圖帖の中から四枚の圖を使用した。其の中の三枚は一月及び七月の世界の平均の曇りを示して居る。其の曇りは日光の掩蔽される空の百分率で表はされて居る。他の二枚の圖は一月と七月との氣温の規則外れを表はして居る。其の圖は氣温が一月と七月とに於ける其の緯度の平均から外れる度合を示して居る。例へば風、旋風、及び海流がなかつたとすれば、アイランド西海岸とラブラドルの東海岸とは同じ氣温を持つであらう。實際一月に於てはアイランドは其の緯度の平均よりは華氏三十度以上暖い、其れに反してラブラドルの東海岸は平均より華氏十度だけ寒いのである。此等の數字はそれらの地方の一月の間に於ける變則を構成する。赤道から三十度以上離れて居る地球上の各部分は極端な規則外れに支配される、それは一つには大陸の形の尠大なためであり、又一つには海流のためである。故に現在の研究は赤道から三十度以内の區域に制限して置いた。

曇り及び氣温の規則外れの圖の中で、赤道と赤道の南北十度、二十度、及び三十度に相

當する緯線が零度、二十度、四十度と云ふ風に世界の周圍に二十度づつ、離れた子午線と交る點百二十六ヶ所を使用した。各々の點に對する七月と一月との規則外れと曇りとを數へ其の數字は曇りの増加が氣温の上昇を伴ふか下降を伴ふかを示すために結びつけられた。三種の方法が試みられた。先づ第一に總ての點が其の點に於ける規則外れに基いて幾つかの群に分たれた。第一群即ち第十一表のAは華氏零下十度或は其れ以上の規則外れを示す場所を含んで居る。第二群即ちBは零下九・九度乃至零下五・〇度の規則外れを示す場所を含み、第三群は零下四・九度乃至二・六度と云ふ風にして、十度或は其れ以上の規則外れを示すものに至るまで類別された。其の結果は第十一表及び第八圖に示してある。大洋と陸地とを合せて考へれば、A群の中で氣温が期待されるよりも最も多く低下する少數の場合に於ては、平均の曇りが五・一である、これは詰り一年の半ば強は空が雲で被はれて居ると云ふことを意味する。次ぎの三つの群は第八圖の中央の線に示されて居る如く、曇りが著しく上下して居るが、併し決して五から餘り多くは離れない。それから一度以下の規則外れ

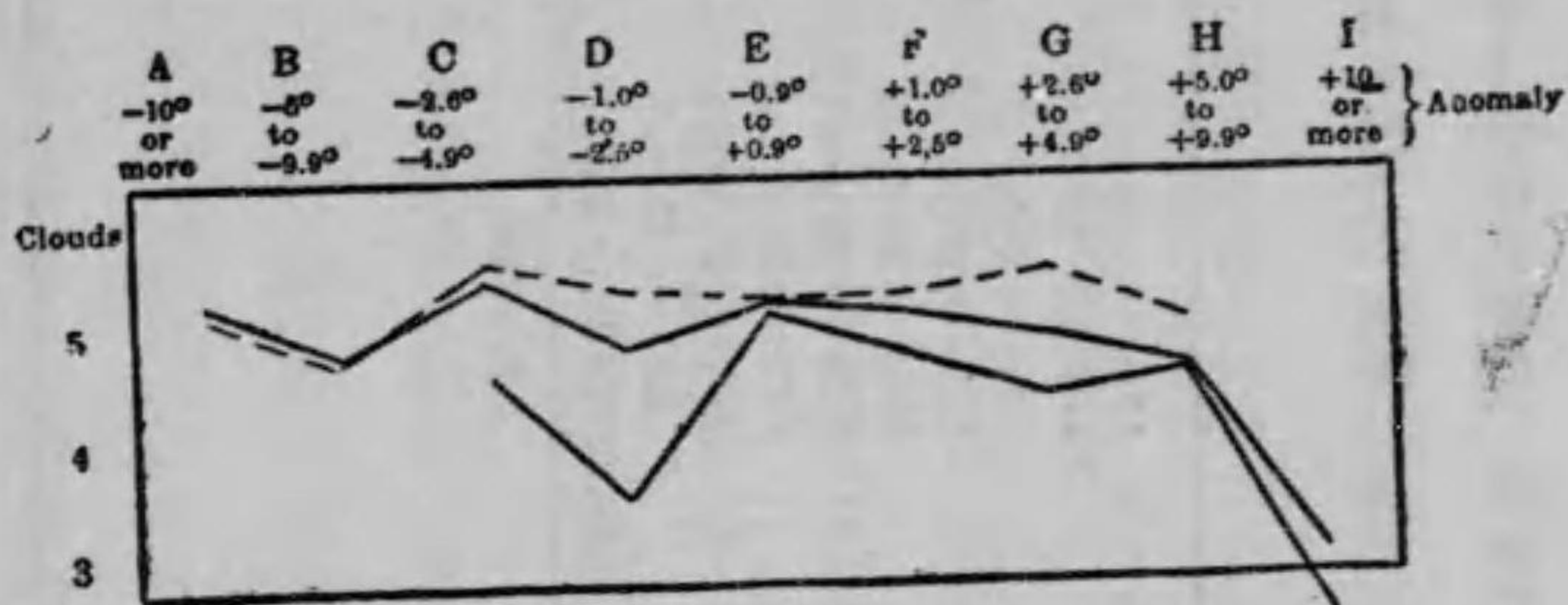
第十一表

一月と七月とに於ける南北三十度以内の種々な氣温の變則を示す場所の曇り

氣温の變則	例の番號	平均の曇り	全世界例の番號	平均の曇り	例の番號	平均の曇り
A 華氏—10度或は其れ以上	5	5.1	...	...	4	5.0
B' —5度 —9.9度	25	4.68	...	...	23	4.63
C' —2.6度 —4.9度	31	5.24	6	4.58	28	5.39
D' —1.0度 —2.5度	54	4.72	16	3.68	38	5.18
E' —0.9度 —0.9度	26	5.06	5	5.0	21	5.07
F' 1.0度 —2.5度	54	4.99	13	4.67	36	5.15
G' 2.6度 —4.9度	33	4.80	18	4.33	15	5.30
H' 5.0度 —9.9度	16	4.56	12	4.58	5	4.90
I' 10度或は其れ以上	8	3.19	7	2.71	...	...

を示す總ての場所を含んで居るE群以下に於ては、規則外れが正プラスの方向に大きくなるにつれて、曇りが著しく減ずると云ふことが解る。語を換へて云へば、氣温が期待されるより

第八圖



様々な氣温の規則外れを示す地域の曇り。

上部不連続線=水のみ。

上部連続線=水陸。

下部連続線=陸のみ。

低い場所では曇りの度合が可なり甚だしい。其れに反して氣温が期待されるより高い場所では比較的曇りの度合が低い。これは恰も氣温と曇りとの間の明かなる關係を示すやうに見える。大洋上では、第八圖の上部の曲線に表はれて居る如く、この關係が餘り明瞭でない。併し陸上に於ては下部の線の示す如くに明瞭である、Dの所で著しい不規則が起るし、またAとBの群に對する材料が殆んど缺けて居るけれども。陸上に於ては曇りの度の最も低い場所に熱の剩餘が見出されると云ふことには殆んど疑ひの餘地がない。

(九〇)

第十二表

南緯30度と北緯30度との間の一月と七月に於ける種々の度合の曇りを有する場所の氣温の規則外れ

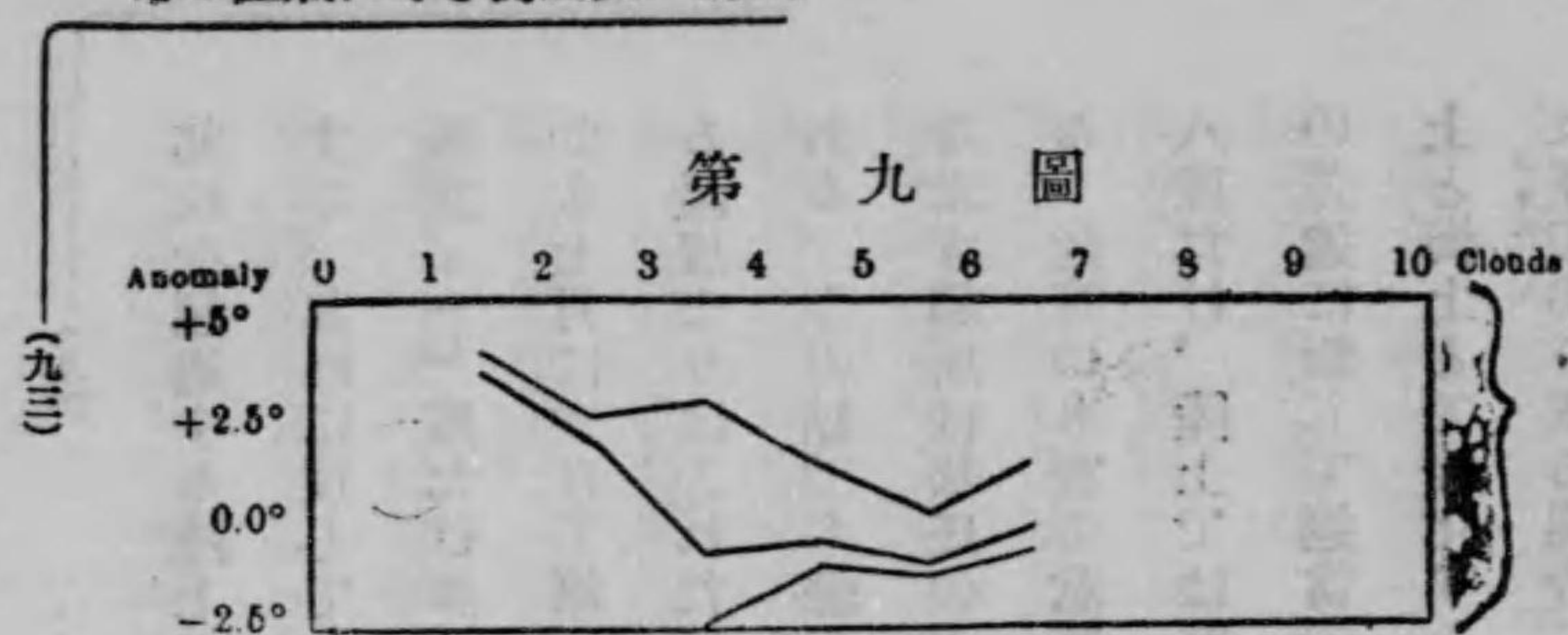
曇りの度合	全區域		陸上區域		海上區域	
	平均の曇則	平均の曇則	平均の曇則	平均の曇則	平均の曇則	平均の曇則
0—1	3	(+5.33度)	3	(+5.33度)	0	.....
1.1—2.0	16	+3.33度	14	+3.89度	2	.....
2.1—3.0	16	+1.78度	13	+2.35度	3	(-0.67度)
3.1—4.0	42	-0.32度	12	+3.17度	30	-2.42度
4.1—5.0	75	-0.52度	18	+1.11度	57	-1.04度
5.1—6.0	58	-1.03度	12	+0.00度	46	-1.29度
6.1—7.0	28	-0.14度	10	+1.40度	23	-7.70度
7.1—8.0	4	(+4.9度)	3	(+4.66度)	1	.....

今度は別の方面からこの事柄を吟味して見やう。第十二表には諸所の觀測所が第十一表の如く規則外れによらず、曇りの程度に従つて類別されてある。第一群は一或は其れ以下の曇りを有する總ての點を含み、次ぎの群は一乃至二の曇りを有する點と云ふ風に、七乃

(九一)

至八の曇りを有する點に至るまで分類されて居る。第十二表の意味は第九圖から容易に掴むことが出来る。上部の線では陸上に於ては曇りの増加が規則外れの可なり確實な低減を伴ふことが明瞭である。曇りが一乃至二の場合には、氣温は其の緯度に於ける平均よりも華氏の約四度高い。其れに反して曇りが四或は其れ以上に昇る場所では、規則外れは十或は零にさへ減する。然るに大洋は僅かながら其の反對の傾向を示して居る。併し大洋の温度は主として海流によつて運ばれる熱或は下部から冷水の上昇することによるのであるから、陸ほど重要なものではない。斯くの如く日當りのよい地方で實際に起る規則外れは曇り勝ちの地方へ運ばれ、其處に集中され、従つて發生地に於けるより重要と見えるやうなこともあるかも知れぬ。實際に發源地は急劇に熱の除かれたるために冷却するであらう。若し陸のみを考へれば、第十二表及び第九圖に用ひられた方法は、雲の存在は地表の比較的低温度と關係があると云ふ結論を指示して居る。

右の二つの方法は地球上の各部分を相互に比較したので、従つて地方々々で卓越して居



様々の程度の曇りに對する氣温の規則外れ。

上線=陸地。

下線=海洋。

中線=兩者を結合したるもの。

る地形の複雑、海流、風、其他の自然的特性によつて誤差を生じ易い。今度は違つた時期に於ける各地方の状態を比較して見やう。吾人の計算に用ひた百二十六の點の中で百十は一月から七月にかけて曇りの明瞭な變化を示して居る。五十九の場合には曇りが減少し、五十一の場合には増加する。陸上に於ては、曇りの如何に拘らず一月より七月の方が平均の氣温が高いが、海上に於ては其の反對である。併しこれはこの事柄の吟味の妨げにはならない、吾人は曇り勝ちの場所が雲の少い場所に比べて氣温が増すか減するかを決定し得られるから。斯様にしてこの事柄の吟味をすると、平均して七月の曇りが一月の

其れを超過する陸上の観測點は一月より七月の方が華氏 11° 度だけ多くの規則外れを有する。其れに反して七月の曇りが一月の其れに及ばない観測點では、一月より七月の方が華氏 11° 度だけ多くの規則外れを有する。この二つの數の差は 0.6 度である。若し一月から七月にかけて第一の場所に曇りの増加がなかつたならば、氣温は明かに實際観測される温度よりはこれだけ即 0.6 度だけ高まるであらう。大洋區域に於ても其の結果は同様である。この點でも曇天の増加を示す場所は 11° 度だけ規則外れの減少を示し、曇天の減少を示す場所は華氏の 10° 度だけ規則外れの減少を示して居る。其の差は華氏 0.8 度である。此等の事實の意味は、曇天の増加する所では、さうでない場合よりは、海上では華氏 0.8 度だけ、陸上では華氏 0.6 度だけ、氣温が低下すると云ふことである。陸と海との區域の差違に對して適當の斟酌を加へると、氣温の平均の低下が華氏 0.7 度となる。曇天が陸上と海上とで變化する分量は 10 の尺度で平均約 1.5 である。併し其の變化は或る場合には正であり或る場合には負であるから、兩極端の間の差は 3 である。故に曇天が 4.2 増加

すれば氣温に於て華氏一度の低下を伴ふことになるであらう。

曩きに論じた所によると、現在に於ては低緯度の地に於ける曇りの増加の純粹の効果は氣温の低下である。故に吾人は雲の量が増加すれば實際に多くの日光を反射して、其れがために雲が地球からの熱の輻射を阻止するに拘らず、地表の氣温が低下すると斷定するのである。斯くの如くして生じた冷却の分量は大したものではない、併し其れは對流と蒸發の増加のために起る同一の効果と協力する。其の事柄の最も大切な所は、現在に於ては低緯度の地では雲のための熱の保持は——これは一層急劇な大氣循環の假定されたる状態のもとに於ては地球の表面の氣温を高める唯一の重要な要因であるが——氣温を減ずる反對の性質を帯びた要因と中和し得ないと云ふことを其れが示す點である。

温帯に於ては夏季は多分曇りそのものだけで冷却的效果を及ぼすであらうと思はれる。夏は雲が日光を遮らなかつたならば、最も炎熱を感じるであらう季節である。其れに反して冬季は曇天の増加は極地と同様の作用を及ぼし、氣温を高める、其の場合には外方への

輻射が大に妨げられるからである。實際黒點の極大と極小とに於ける温帯地方の旋風の相對的の分量と恐らくはまた曇天の相對的の分量とは、次ぎの章の第二十三圖から第二十六圖まで、知られる通り、場所によつて異ると同様季節によつても著しく異なるのである。概して温帯地方は曇りが日光を遮つて氣温を低下させる低緯度地方と、曇りが地球の輻射を妨げて氣温を高める高緯度地方との過渡的の位置にあるやうに思はれる。

3、蒸發と曇天に及ぼす效果の上に、急劇な大氣の循環は地表の氣温を低下させるに與つて力がある、其れは猛烈な旋風は微弱な旋風よりも遠方から空氣を引き寄せるからである。例へば北半球に於ては低氣壓の東側の南から吹いて來る風は、旋風の強烈な時には微弱な時よりも著しく多量の熱を運ぶのみならず、遠方から熱を引き寄せる。同じ状態のもとに低氣壓の西側の北西風は非常に遠い殆んど極地方と云つてもよい所から寒冷な空氣を引寄せる。低緯度地方から吹いて來る空氣は冷え、また高緯度地方から來る空氣は旋風の方に近づくとき暖められる。併し空氣の運動が速かなる程この氣温の變化は效果が少くない。

のみならず空氣が與へられた割合の速力で遠く動くほど、其の空氣の温度と其れが進んで行く場所の温度との對照の可能性は益々大きくなる。斯の如く旋風の循環のもとに其の結果は單に多量の暖い空氣が旋風の中心に運ばれ、其處で寒冷な空氣の吹込んで來るために高く押し上げられるのみならず、また其の空氣が上昇しない前に其の運動が低緯度地方ならば氣温を低下し、高緯度地方ならば其れを高める。併し與へられた温度の空氣が見出される場所の緯度が高いほど、益々速かに熱を失ふ。これは主として周圍の空氣と地球とが同じ状態のもとにあつては低緯度地方よりも温度が低いためである。高緯度地方に於ける温帯暖な空氣は低緯度地方に於ける寒冷な空氣よりも一層速かに輻射によつて冷えることが出來る。輻射は輻射するものと其れを受けるものとの絶對温度の四乗の間の差の如く變化する。二百九十度と三百度(絶對温度)との四乗の差は、二百六十度と二百七十度との四乗の差よりも四十一・二パーセントだけ大である。尙ほまた反對の方向に擴がる温暖な空氣と寒冷な空氣の等しい波にあつては、寒冷な空氣は温暖な空氣よりも廣い區域に互つて地面に

接觸するであらう。寒冷な空気は温暖な地方へ入ると地面に執著する傾きがあるが、温暖な空気は寒冷な空気の上に昇るか、或は冷却した空気の層によつて地面から隔てられる傾向があるからである。斯くの如く南北の長距離を通じて空気の急劇な循環と運動との純粹の効果は地表の平均気温の低減である。

4、局部的對流も亦地表を冷却する、これは風力の増加によつて強められる。熱した空気のための局部的對流に於ては寒冷な空気の侵入によつて上昇を餘儀なくされた場合のみ上昇する。一般的循環のない場合には熱した空気は地表附近に堆積するであらう。急激な一般的循環が行はれ旋風の増加した場合には、斯様なことは他の場合より起り方が頻繁でない、旋風の増加に伴つて、寒冷な空気が温暖な地表の空気を上昇せしめることが多いであらうから。對流によつて上昇する空気は上昇運動をして居ない地表の空気よりも冷かである。アボットはコンバン(Comfan)の實驗に基いて、對流による熱の喪失は、靜止して居る空気に比べると、毎秒三メートル(一時間六・七哩)の微風によつて三倍に増加すると述

べて居る。地表の空気が動搖するほど、通過する空気が地球の表面によつて暖められることが少ない。其れと同時に空気の動搖が烈しければ地表から一層多量の熱を運び去ることになる。斯くの如くして空気と地表と兩方が冷却する。

クレイトン(Clayton)は太陽黒點の多い時には熱帯地方に雨量の増加することを發見した。故に彼れは太陽極大の時に於ける熱帯地方の空気の冷却の大部分は雨量増加のためであるとする。雨は地表の温度より攝氏五度乃至十度気温の低い所から降つて來る、そして其れと共に其の場所の低い温度を運んで來る、斯くの如くして地表の空気の温度を低下する。故に雨量を増加せしむる原因となるものは何者によらず其の程度まで平均の気温を低下せしめることになるであらう。黒點の多い時の雨量の増加は旋風の數の増加と幾分の關係を持つて居るかも知れない。大多數の熱帯旋風が豪雨の原因となることは確實である。

熱い太陽と冷かな地球とに關する吾人の議論の主眼はこの點に存する。太陽の温度の高い時には——併し必ずしも温度の高い故ではない——氣壓傾度が急になり、地球上の大氣

循環の速度が増加し、旋風の數が増加を示す。熱帯旋風の増加は恐らく温帯地方の旋風よりも、絶對的にはないが、比較的に多いであらう。この事實は黒點の極大の時期に温帯地方より熱帯地方に於て稍著しい氣温の低減の見られる理由の説明を助けるかも知れぬ。比較的に云へば黒點の極大の時期に於ける風速と旋風との増加は、氣温の低下よりも顯著なものがあるらしい。北米の旋風の數字から判斷すると、旋風に於ける變化は五乃至十パーセントの増加を示すやうであるが、氣温の變化は僅かに攝氏〇・六度に過ぎない。これは平常よりも急劇な循環のために地球表面の觀測された部分に於ける熱の直接間接の喪失が、平常より旺なる太陽の輻射のために得る所を超過する分量を表はすものらしい。其れは輻射、傳導、反射、旋風、蒸發、降雨、及び局部的對流を包含する多くの複雑な要因の結果である。此等は總て地球表面の平均氣温の低下を助ける。其れと同時に平常より急劇な大氣の循環は氣温の一層頻繁なる變化及び多分極端なる氣温を生ぜしめるに與つて力がある。大氣の運動によつて地球の表面の平均氣温を減ずる道程は吾人の眼前に繰返し／＼起る。其れは太陽の温度の高い時に氣温が冷やかであると云ふ矛盾を説明するやうに思はれる。

第五章 近代氣候變化の性質

概説 太陽の活動に伴つて旋風の多い地帯に變化が生ずる。温帯に於ては黒點の極大の時には、旋風の多い地帯が高緯度の地に横はつて居るが、次第に其の位置が南に移動し、これが黒點週期毎に繰返される。この事實は殊に北米に於て明瞭に觀察することが出来る。

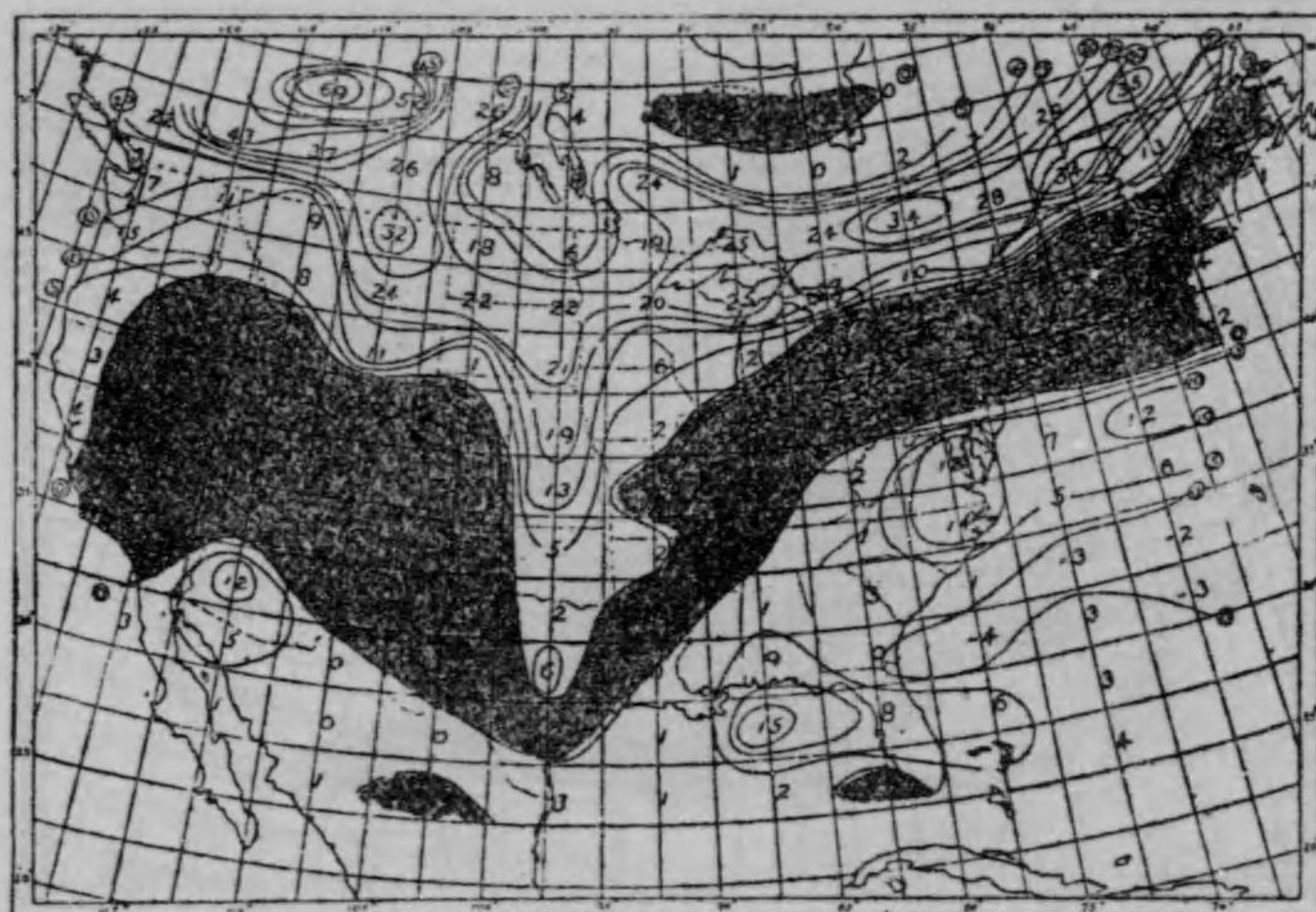
吾人の研究の次ぎの段階は黒點の週期に現はれる天氣の變化の一般的性質を尙ほ一層明瞭にすることである。先づ第一に黒點の極大と極小の時期に於ける北米の旋風の位置を比較して見よう。アメリカの材料は連續した四つの時期に互つて居る、其の間の三年に互る黒點の極小の時期に於ける旋風の數と三年に互る黒點の極大の時期に於ける其れとを比較することが出来る。其等の時期は次ぎの如くである。

此等の時期に對してカルマーは圖を調製し、其れによつて極大の時期に於ける旋風が極

1 極小 1877,1878,1879	極大 1882,1883,1884
2 極小 1888,1889,1890	極大 1892,1893,1894
3 極小 1900,1901,1902	極大 1905,1906,1907
4 極小 1911,1912,1913	極大 1916,1917,1918

小の時期に於ける其れを超過する分量或は其れに足りない分量を示して居る。最近の三つの時期に對する圖は第十圖、第十一圖、及び第十二圖に示してある。最初の時期に對する圖は其後のものに類似して居る、而して「太陽假説」(The Solar Hypothesis)の中に掲げてある。併し其の材料が不完全であるから本書には省略した。圖の中で影を施さない部分は三年に互る極大の時期に極小の時期よりも旋風の多かつた區域であり、影を施した部分は黒點の極大の時期に旋風の少なかつた區域である。數字は三年に互る時期を表はして居るのであるから、極小の時期と極大の時期の平均一年間の差を求めるとにはこれを三分しなければならぬ。根本的の要點を明かにするためには五の間隔を置いて線を加へてある。第十三圖に於ては三枚の圖を一枚に結合して、黒點の極大の年と極小の年との間の平均の差を示

第十圖



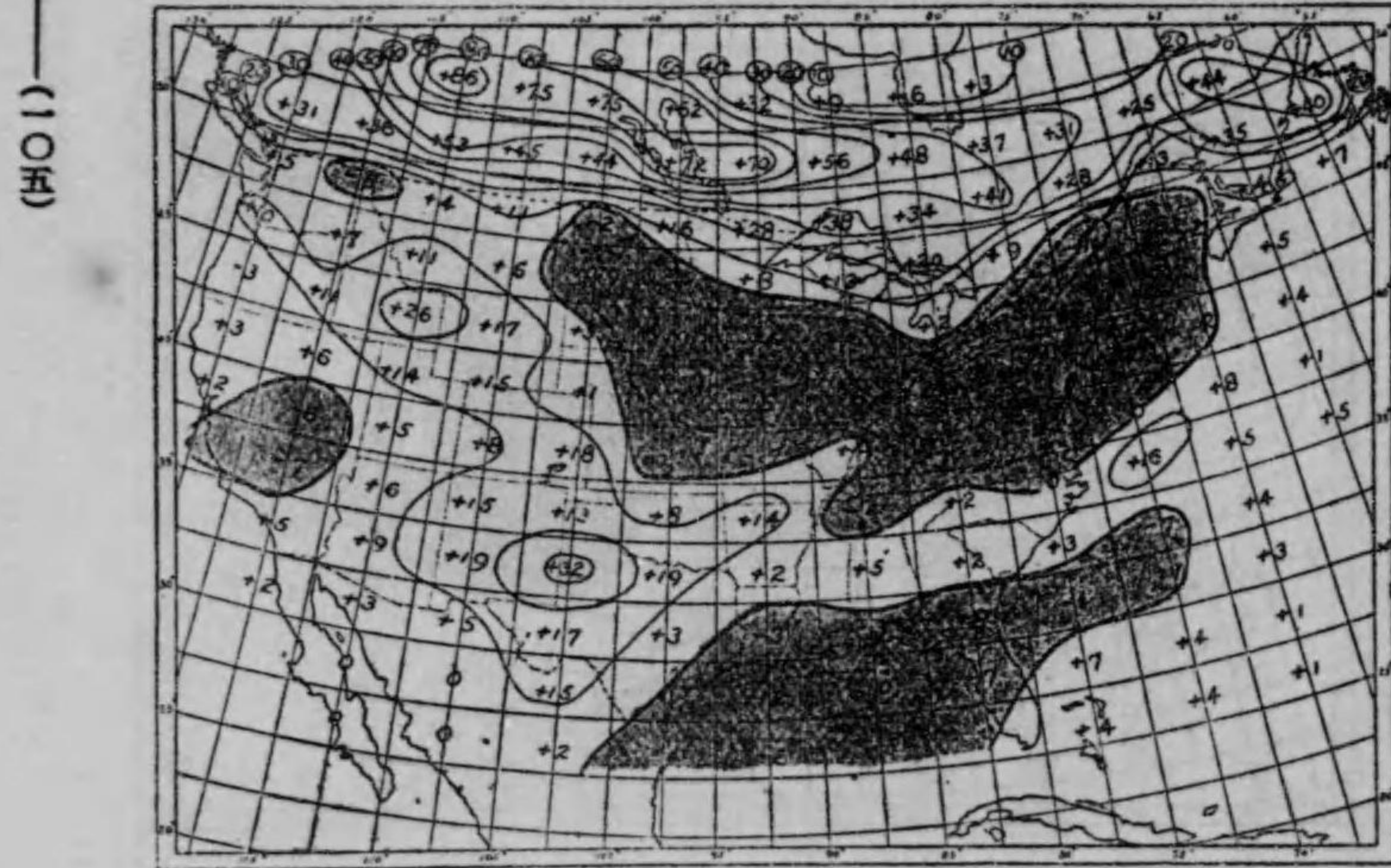
1892—1894年の黒點極大の間の旋風と1888—1890年の極小との比較。

(カルマーに據る)

してある。この圖に於ては數字は年々旋風の通過する道の平均の超過或は不足を指示して居るので、他の圖の如く三年づゝの時期に對する其れを表はすのではない。

此等の圖の中で最も顯著な事實は全部が同一の一般的特色を示すと云ふことである。其の特色の位置こそ圖に依て稍違ふけれども、其の變化は僅かである。最も著しい特色は次ぎの如くで

第十二圖

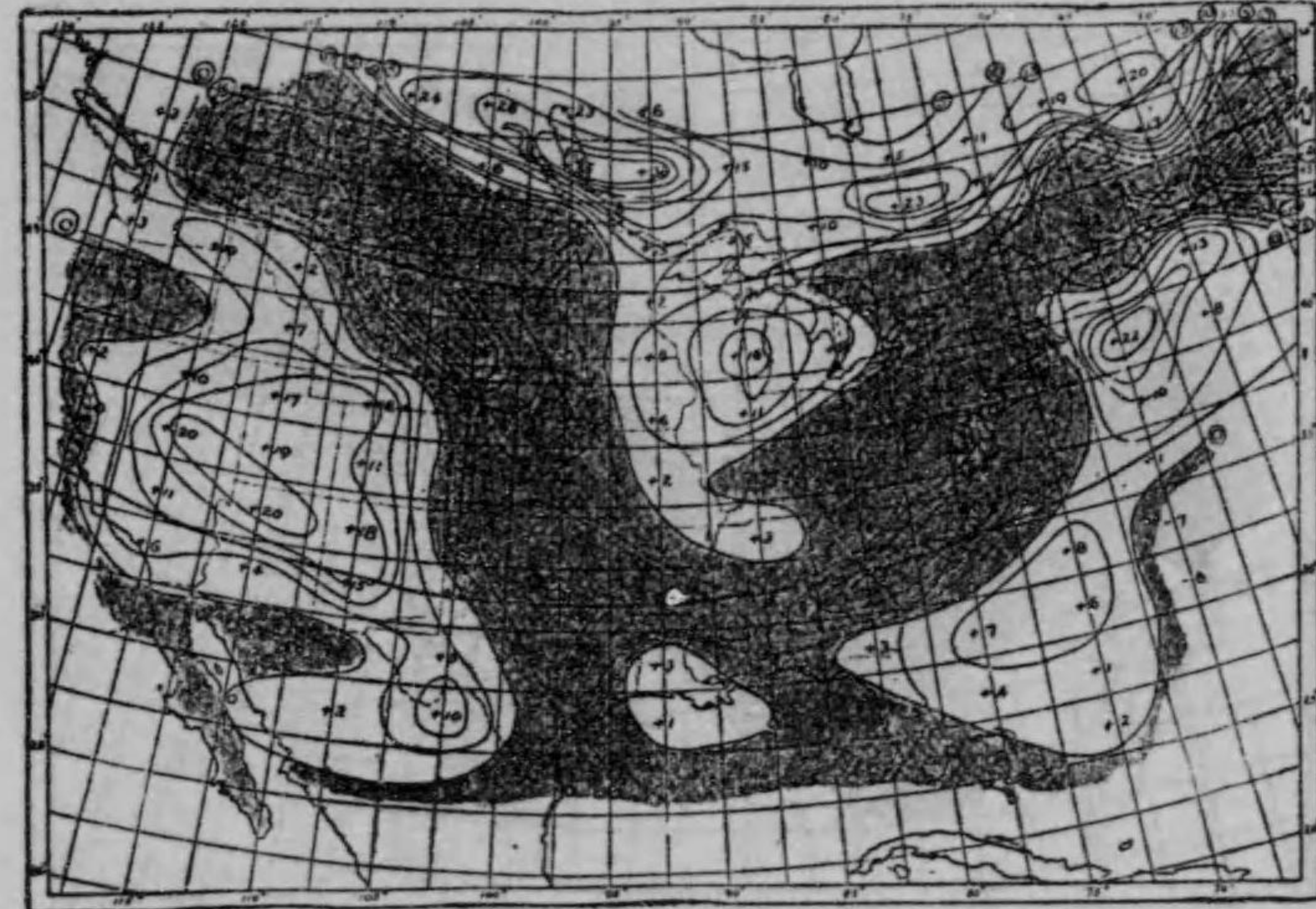


1916—1918年の黒點極大の間の旋風と1911—1913年の極小との比較。

(カルマーに據る)

- (一) 旋風の数の稍増加する區域。併し太陽の活動が最も旺盛の時期にはこれは殆んど消失する(第十二圖)。
- (二) 第十圖に於てはこの突出部の兩側に、而して其れによつて殆んど兩分されて居る、旋風の減少する顯著な地帯があつてオリゴン州或はワシントン州から合衆國中部を経てノヴァ・スコシアに至るまで延長して居る。
- (四) この南部には黒點の多い

第十一圖



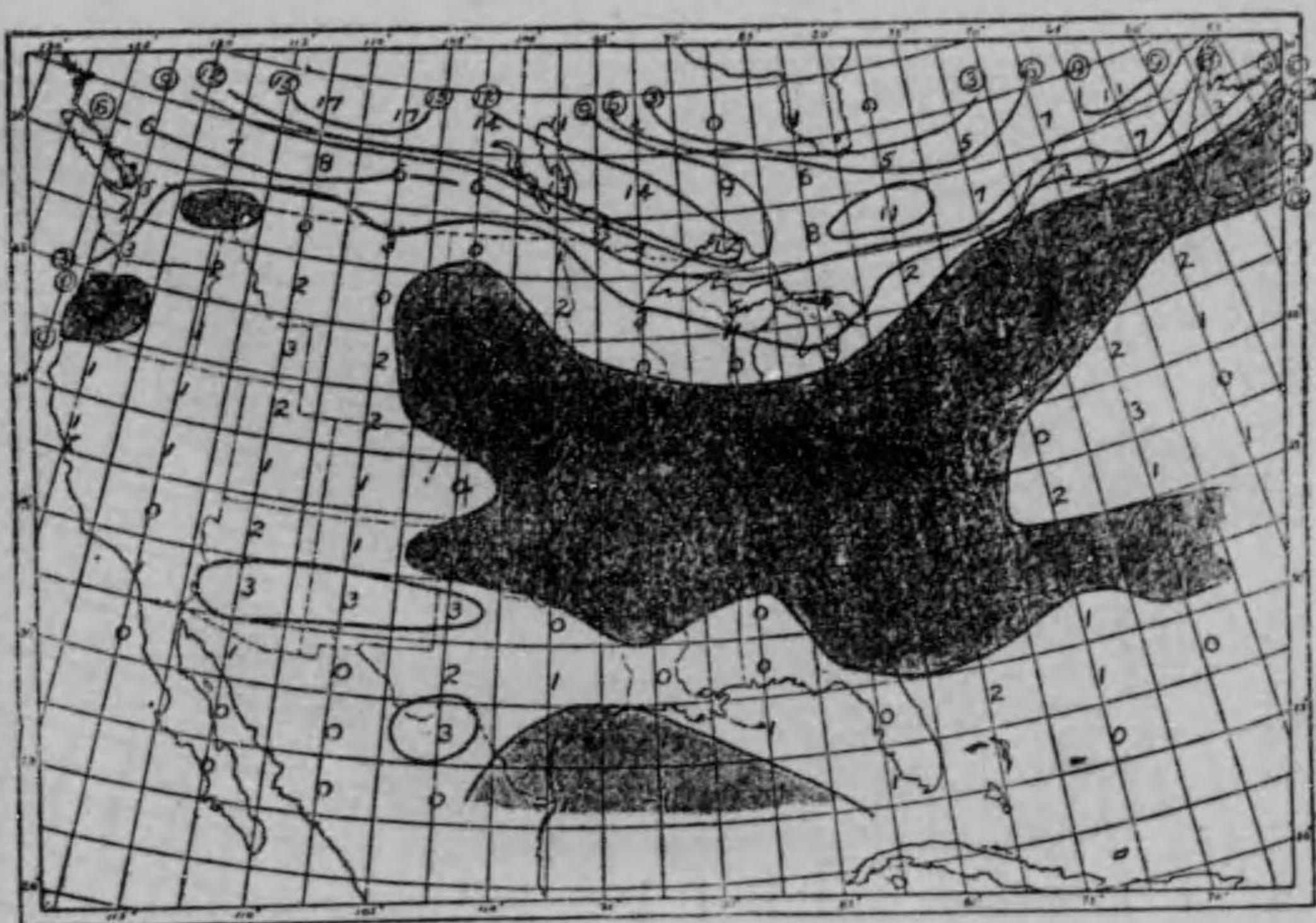
1905—1907年の黒點極大の間の旋風と1900—1902年の極小との比較。

(カルマーに據る)

- (一) 黒點の多い時期に旋風の数の増加する北方の弧状の區域この北部地帯はカナダの南境に沿ふて横はつて居る。其れは西の方は北緯五十五度の邊に始まり、五大湖地方では約四十八度の邊まで南下し、ついで北東に彎曲してセント・ローレンス河谷に沿ふて東下する。
- (二) 各圖に於て北部の増加する地帯の中心から南方に突出す

ある。

第十三圖



黒點極小の時期と對照したる極大の時期の旋風。

(カルマーに據る)

この圖は第十圖、第十一圖、第十二圖の材料を結合したものである。たゞ黒點極小の時期と比較したる極大の三年間に於ける旋風中心の全體の過剰の代りに、黒點極大の九年を極小の九年と比較したる場合の年々の平均の過剰を示す點に於て異つて居る。影を施さぬ部分は(材料のない部分を除いて)黒點の極大の時に旋風が多かつた、また影を施した部分は黒點の極小の時に旋風が多かつた。

時期に旋風の増加する第二の區域がある。此亞熱帶地帯は第十圖及び第十一圖に於ては僅かに途切れて居るが第十二圖に於ては連続せる地域をなして居る。第十二圖は最大の太陽の活動及

び吾人の材料の最も豊富な時期を表はすのであるから、最も代表的のものであると思はれる。亞熱帶地帯はカリフォルニアから西部テキサスにかけての乾燥地方に殊によく發達して居るが、また大西洋上にも現はれて居る。

第十圖、第十一圖、第十二圖、及び此處には掲載しないが其れ以前の時期に對する特殊の圖の類似して居ることが、吾人は太陽の週期毎に規則正しく繰返される現象を取扱つて居ると云ふ結論に導く。旋風の數のみならず其の位置までが太陽の活動と一致して變化するやうに思はれる。この旋風の變化は極めて規則正しく現はれるので、カルマーは最も重要な自然の法則の一つを發見したと斷定を下さざるを得ないのである。ビゲローの如き他の研究者は一方には太陽黒點と他方には旋風の道筋と寒波の發生との關係に注意した。併し太陽の活動と一致して旋風の變化する一定の法則を組立てたのはカルマーの功績である。

カルマーの法則はクレイトンが次ぎの如く組織的に述べて居る一層一般的な法則の一方

面であるやうに思はれる。

太陽活動の變化の週期に於ては、其の時期の長短に拘らず、温帯に於ける其の効果は高緯度地方に始まり、太陽の週期の長さに反比例する速度を以て東方及び赤道の方に進行する。太陽の變動の強さが大なるほど、其の効果の始まる緯度は高くなる。(「世界の天氣」)

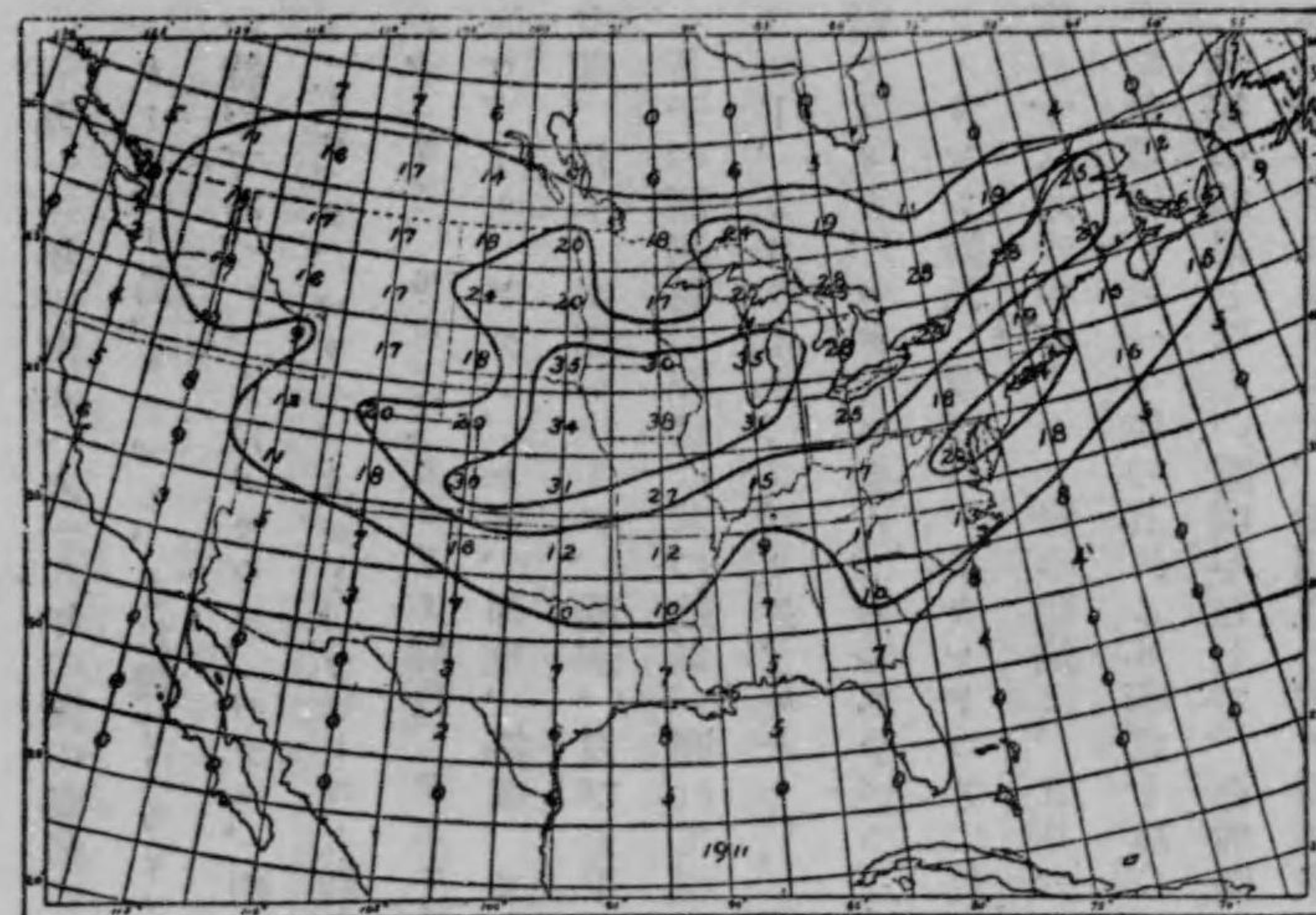
カルマーの法則の性質は第十四圖から第二十一圖までによつて最もよく理解せられるであらう、其等の圖は年々の旋風の實際の數と年々の旋風の數が一八八三年から一九一二年に至る三十年間の平均にどれだけ超過するか、或はどれだけ不足するかを示して居る。最初の年即ち一九一一年は太陽の活動の微弱な代表的の時期であつた。平均の黒點數は五・七に過ぎなかつた。北方の主要なる旋風地帯では、旋風の數が平均より遙かに下であつた。遙か南の合衆國中部では旋風の數が明瞭な超過を示し、其れと同時に國境の周圍に於ては平常より旋風の數が少なかつた。アークトウスキーの示した如く、一九一一年は世界の大多數の土地で氣温が平均より超過して居たと云ふ特徴があつた。彼れ曰く、

一九一一年の末と一九一二年の間の氣温の異常なる増加は、アラスカ、英領コロンビア、ヴァンクーヴァー島、オリゴン、また幾分はカリフォルニアの氣象觀測所で得られたる氣温曲線の著しい特相であつた。またメキシコ、パナマ、西印度群島、バハマ群島、英領及び佛領ギアナ、マツト・グロツソ、バラナ、ヘル、フェロー群島、和蘭、北獨逸、瑞西、伊太利、シブラルタル、アルヂェリア、モロッコ、カナリー群島、サハラ沙漠、埃及、セネガムビア、佛領コンゴ、トランスヴァール、アデン、ケタ、印度、錫蘭、モリシアス、セーシェル群島、海峽植民地、交趾支那、支那、日本、東部シベリア、濠洲、及び太平洋の中のツアモトウ群島に於ても同様であつた。

若干の觀測點の記録は其の効果が遅れて現はれたことを示して居る。グリーンランド、アイスランド、カロライナ、フロリダ、キューバ、カフカズ及び露西亞、南ニヂェリア、トーゴ、獨領南アフリカ、マダガスカル、パレスティン、メソポタミア、印度の或る觀測點、クリスマス島、フィリピン群島、及びニューカレドニアに於てはさうであつた。南極地方でさへも、南緯七十七度三十八分のエヴァンス岬の記録は、五月から九月までの間即ち南極の冬に於て、一九一二年の平均氣温は一九一一年の其れより華氏十度だけ高かつたと云ふことを示して居る。

此等の結果と著しい對照をなして、合衆國の大多數の觀測點は、ニュージールランドのウエリントン及びオークランド、露西亞の或る觀測所と同様、世界各地の多くの國で氣温超過が最大の發

第十四圖



(110)

1911年に於ける旋風の道筋の總數。

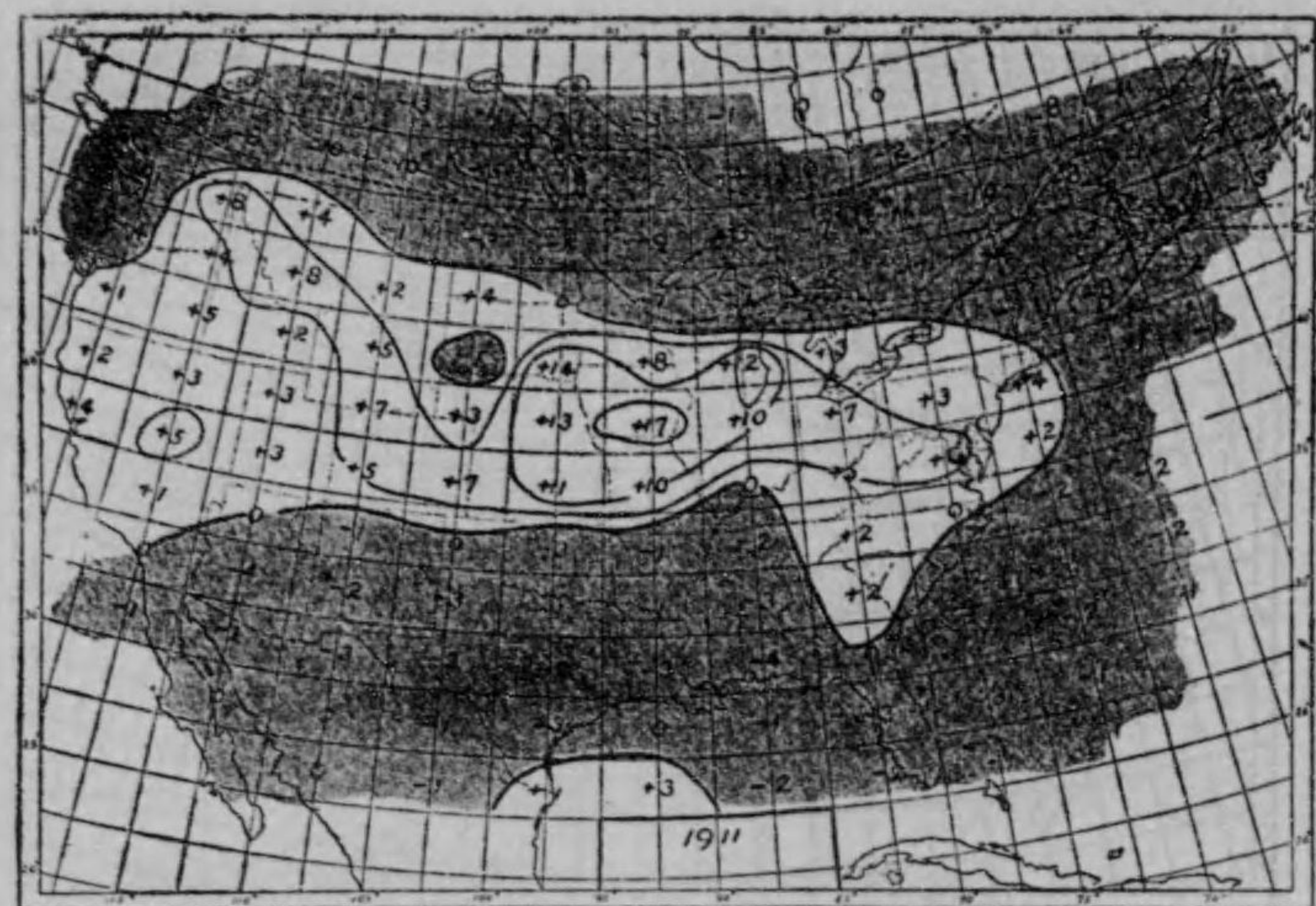
(カルマーに據る)

〔數字は南北2 $\frac{1}{2}$ °東西5°の長方形を通過した旋風の中心の數を表はす。〕

圖達を示して居る時に著しい氣溫の低下を示して居る。

予はアークトウスキーから山鳥の尾の長々しい文句を引用したが、其の理由は彼れの全く獨立の研究はカルマーの研究とびつたり合ふからである。一九一一年、一九一二年、及び一九一三年は黒點の少い時で、其の數は五・七、三・六、及び一・四であつた。故に吾人の解

第十五圖



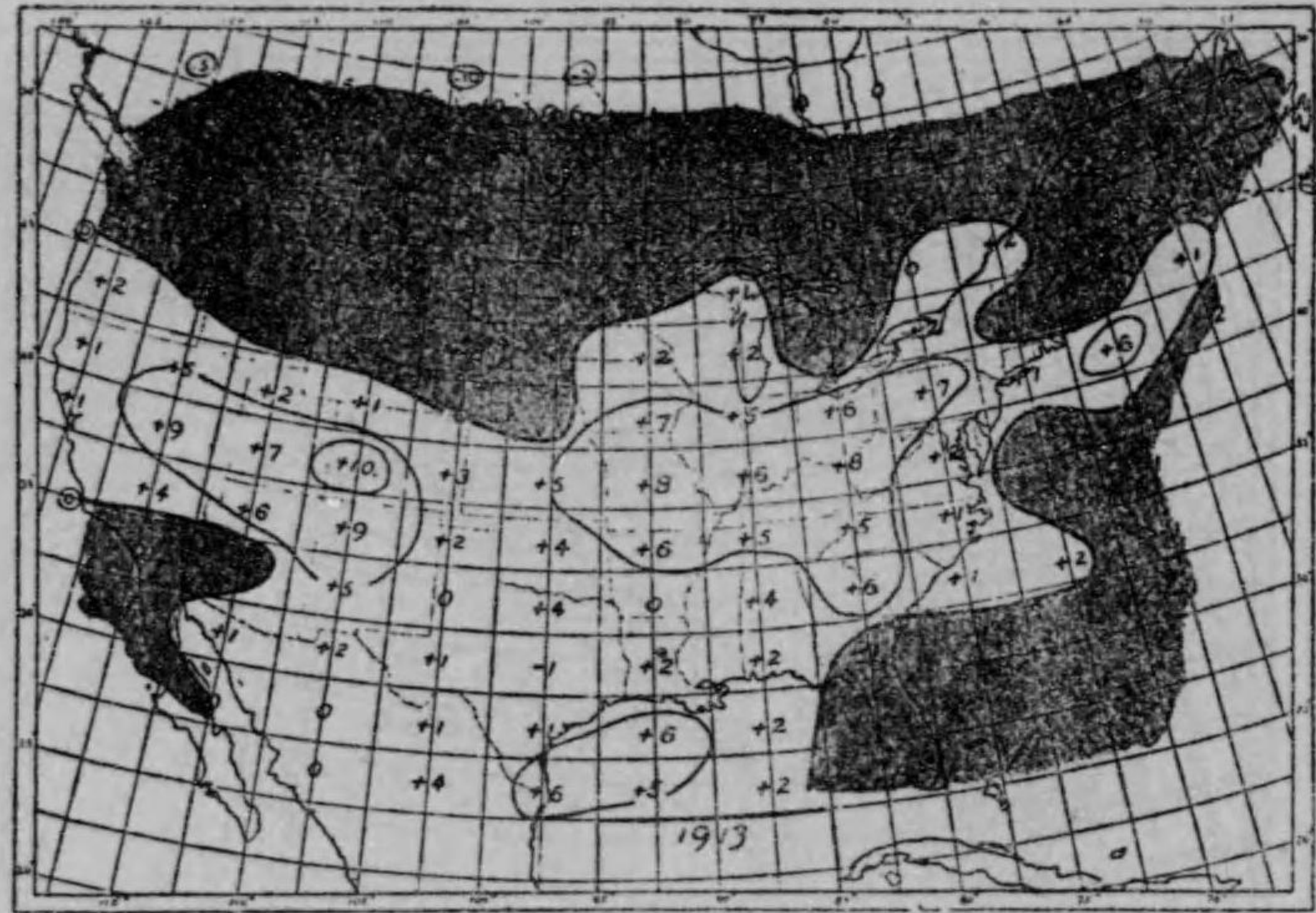
(111)

1911年の旋風と1833年より1912年に至る三十年間の平均との差。(カルマーに據る)

影を施さない部分の數は三十年間の平均と比較して1911年の旋風の超過を示す。影を施した部分は同様の旋風の不足を示す。

釋に従へば、旋風は稀であつた。太陽の常數は最低ではなかつたが、太陽の最大活動の時期ほど高くはなかつた。併し旋風のないために、太陽は地球上の大部分を非常に温めることが出来た。たゞ數ヶ所の例外があつた。其等の地域の中で最大なるもの、即ち合衆國中部は黒點の少い時に旋風の増加する主要なる區域であ

第十七圖



1613年の旋風と1883年より1972年に至る三十年間の平均との差。

(カルマーに據る)

しい廣大な地域は冷かだと云ふ例を見るのである。

再び合衆國の旋風の圖に立戻らう。一九一二年の分は一九一一年(第十四圖及び第十五圖)及び一九一三年(第十六圖及び第十七圖)の分の中途に當るので省略してある。

一九一三年の圖は主として一九一四年(第十八圖及び第十九圖)の分と對照をなして居る點について顯著である。其の變化は殆んど萬花鏡的である。一九一四年の旋風を

(1111)

第十六圖



1913年に於ける旋風の道筋の總數。

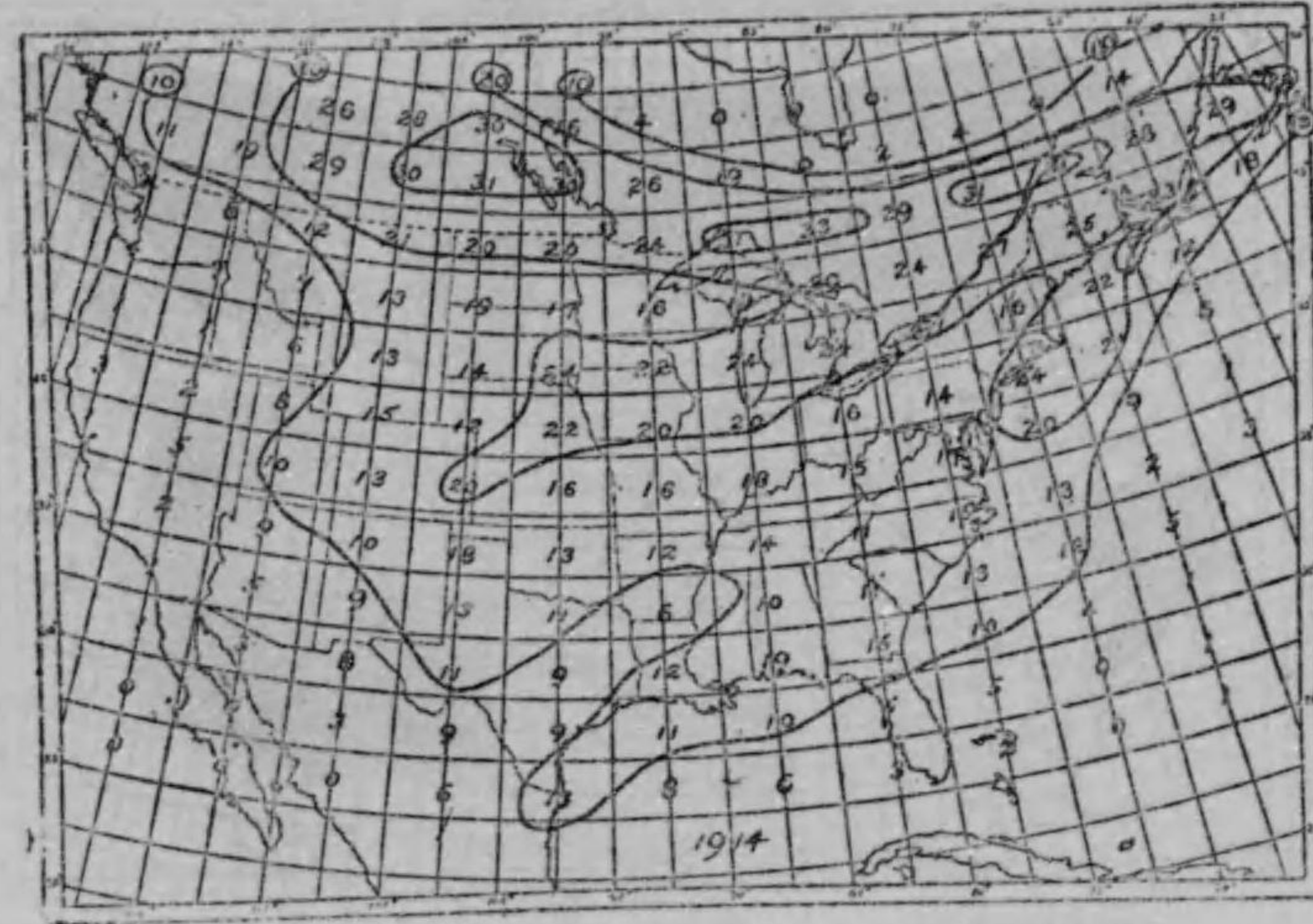
(カルマーに據る)

る、太陽の活動のあらゆる變化に伴つて主なる旋風の位置も亦其の場所を變ずるので。材料の利用し得べきものはないが、ニュージールランド及び露西亞の各部でも恐らく同様であつたらう。語を換へて云へば前章で論じた矛盾の實例が此處にある譯である。

前章には旋風の多い年の間は地球は概して比較的冷やかであると言ふ事を見た。此處では地球が全體として温暖でも、旋風の非常に夥

(1111)

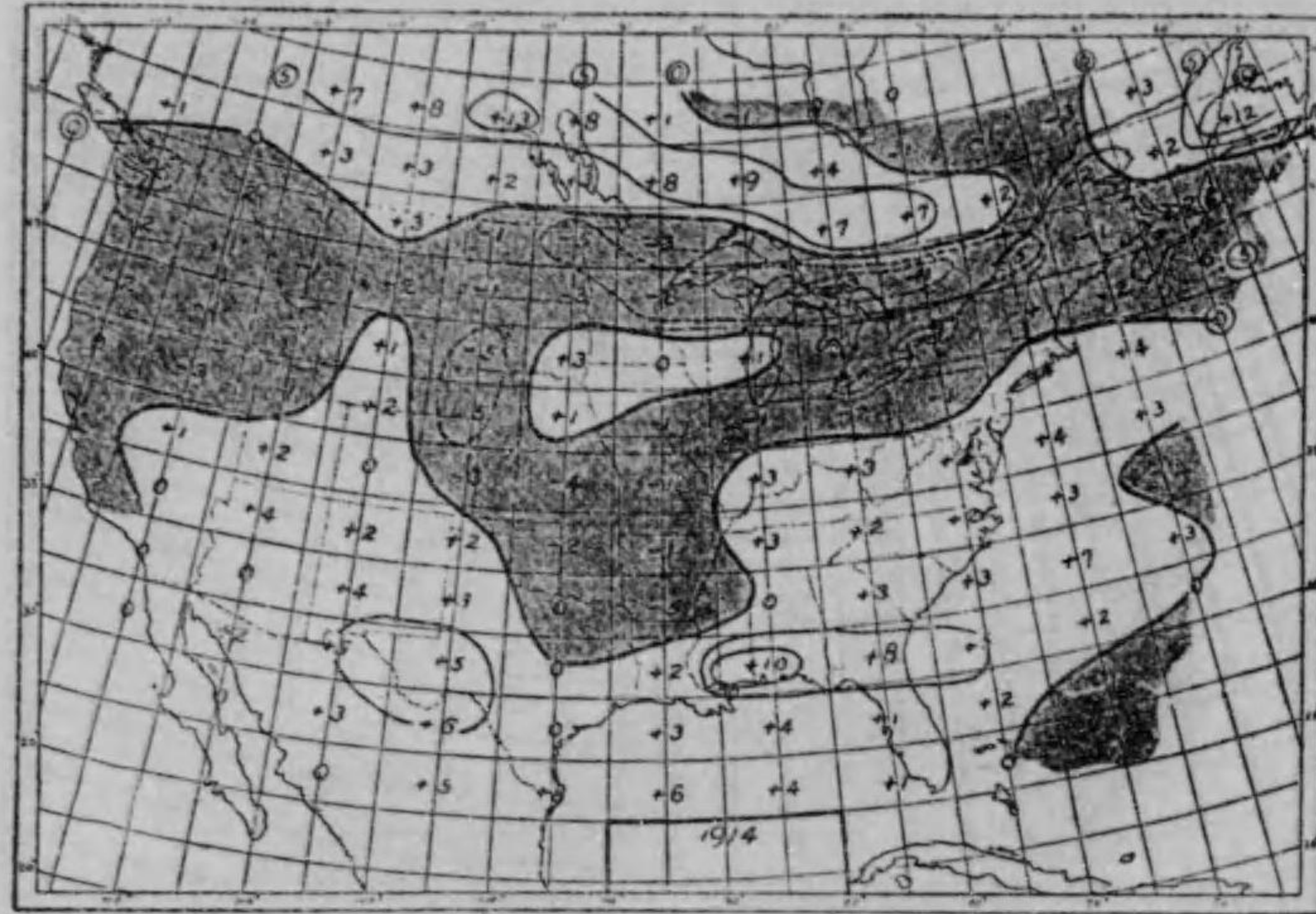
第十八圖



1914年に於ける旋風の道筋の總數。
(カルマーに據る)

表はす第十九圖に於ては、一九一三年の狀態を表はす第十七圖の主要なる特相がまだ見えて居るが、新しい特相——南カナダの北方地帯に於ける旋風の著しい増加——によつて南方へ押込まれて居る。一九一四年は黒點の數が僅かに九、六で、新しい順序の始まりを表はして居た。何者か、其れは地上のものでも太陽のものでもよいが、突然新らしい一組の旋風を惹起したらしい。北方地帯の或る場所

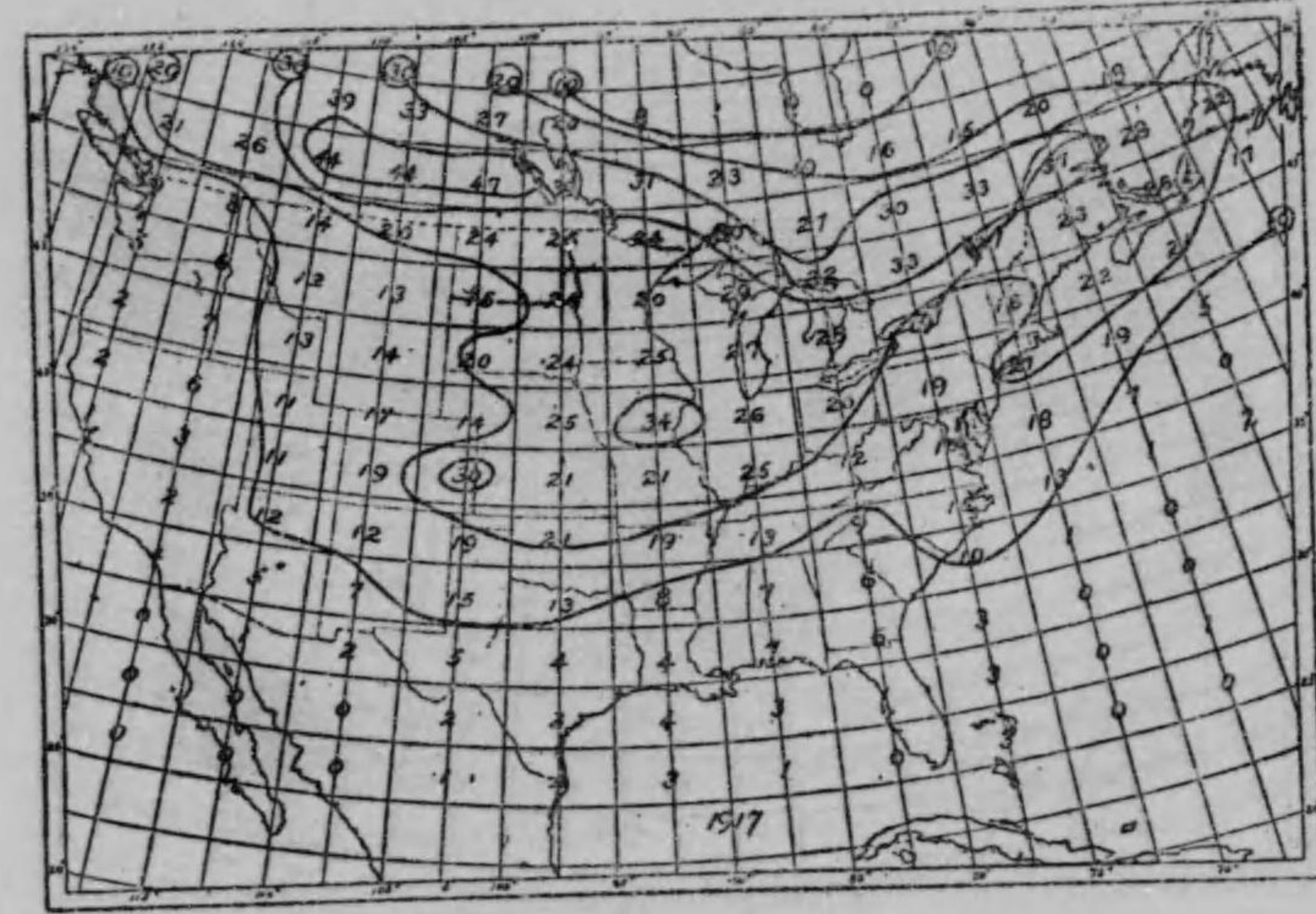
第十九圖



1914年の旋風と1883年より1912年に至る三十年間の平均との差。
(カルマーに據る)

は其の數が殆んど二倍になつた。第十九圖の下部では古い組の旋風が消えかけて居るやうに見える。此處には掲げてない一九一五年は吾人が古い組と呼んだ南方の旋風が消失した外は一九一四年と酷似して居る。黒點は急激に増加して行つて、其の年の平均は四十七・四に達した。其の翌年には黒點の數は五十五・四で、前の圖の特相は尙ほ現はれて居り、メキシコ灣附近の南部には小さい縮小區域が加は

第二十圖



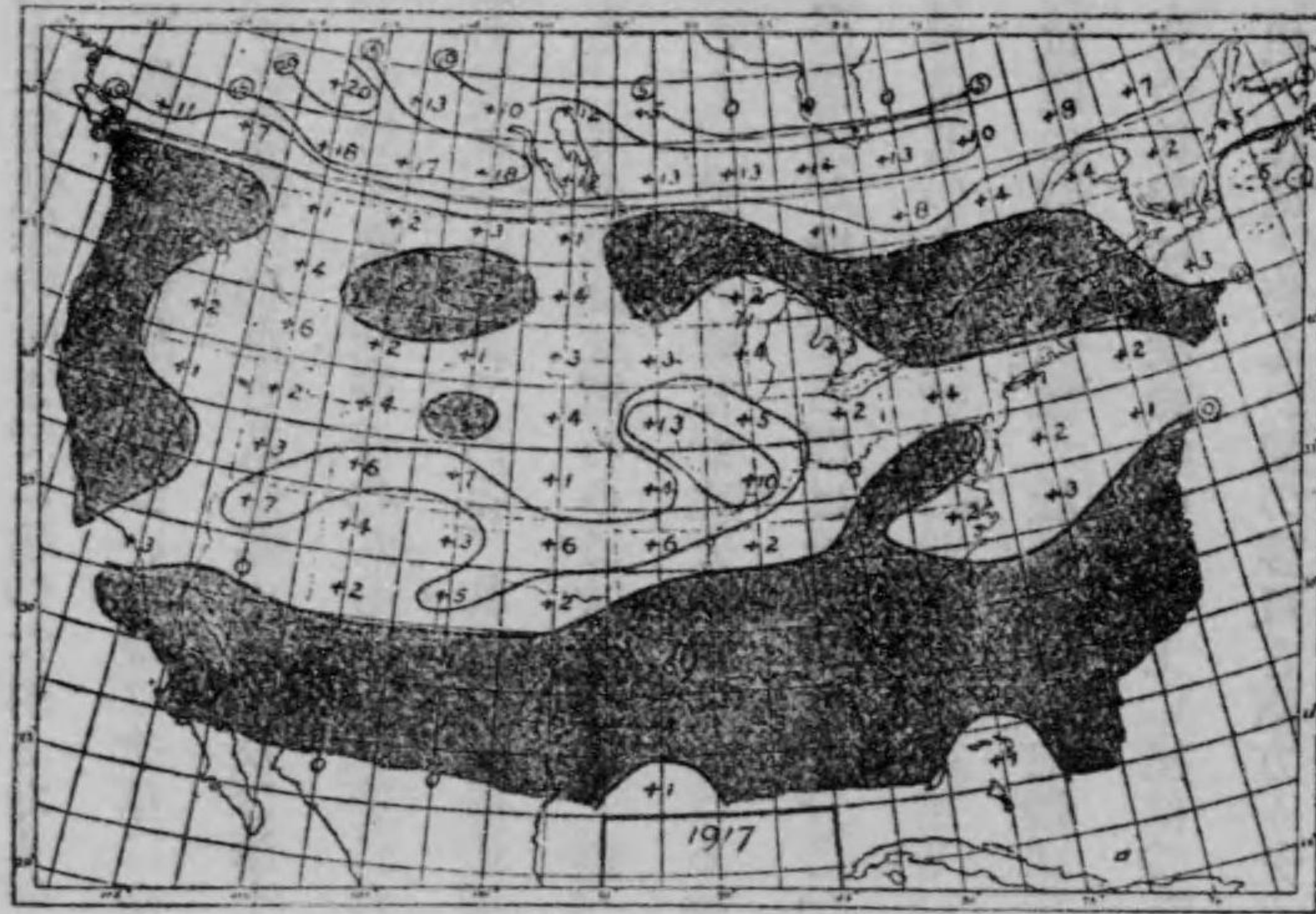
(一一六)

1917年に於ける旋風の總數。

(カルマーに據る)

つて居る。一九一七年には黒點の數は百〇三・九に昇り、一八七一年以來の最高を示した。其の年は、第二十一圖に現はれて居る如く、北部の旋風増加の地帯が其の最も北方に達した。合衆國內地の旋風減少區域も遙かに北に移り、小部分に縮小された。更に南方の旋風増加の區域は尙ほ南方及び大西洋沿岸に明瞭に残つて居るが、最も發達して居るのはミシシッピ河谷であつた。最とも黒點の多く現はれて居たこの年の遙か南

第二十一圖



(一一七)

1917年の旋風と1883年より1912年に至る三十年間の平均との差。(カルマーに據る)

方ではメキシコ灣附近、大西洋の東方及び北方、及び太平洋に沿ふて西方及び北方に延長して居る旋風減少の著しい區域があつた。此等の國境地方の旋風の分量は常に僅少であるから、カリフォルニアからメキシコ及びメキシコ灣を通過して大西洋に至る減少の百分率は驚くべき大なるものである。黒點の數が八〇・六であつた一九一八年には、黒點の少ない年に卓越する状態の方に戻り始めて居ることを示して居る。以前の黒點

週期と本書執筆の時までに起つた所とから判断すると、黒點の極大の時期に南カナダに横はつて居る非常に旋風の多い地帯は次第に南に移動して、前にある他の地帯を壓迫し、遂に次ぎの黒點の極小と共に第十五圖及び第十七圖に示す如き状態に復歸するのであらう。斯くの如く旋風地帯が北から南へ次第に移動することは、太陽黒點の週期毎に繰返される極めて著しい現象である。其れは旋風の道筋の移動に關するカルマーの概論の根柢を構成する。其の概論は試るみに次ぎの如く述べる事が出来る。新らしい黒點の週期が開始されると、突然の變化が北方地帯に於ける旋風の大きな増加を惹起す。この地帯の強さは太陽の活動が増加する間は増し續ける。この地帯に於ては旋風が増加するだけではなく、其の地帯其のものが次第に北方に移動する。旋風の最大限度が經過し、また旋風地帯が極北の位置に到達した後、旋風過度の地帯は次第に南方に移動する、故に黒點の少ない時には、其の地帯は合衆國の中心の上に横はつて居る。最後に新らしい黒點の週期が始まると古い組の旋風と新しい組の旋風と兩方が見える、而して第十九圖の如く一方は約そ三十度の所に、他方は五十度の北の所にある。

歐洲に於ては太陽と天氣との間の關係に關する證據が合衆國に於けるほど明瞭でない、

其の記録が廣い地域に亙つて同種でないためである。併し其れだけの範圍で云へば、其の證據はアメリカに於ける同型の關係を指示して居る。吾人は既にダグラスの百年間の樹木成長の測定は、黒點の多い時には獨逸に於いて夏季は旋風が多く、冬季は少いと云ふことを暗示するを見た。其の事柄を他の方面から吟味せんがために予は第二十二圖を作製した、この圖には歐洲だけでなく全世界を包括して居る。其の圖はウォルカーの調査にかゝる年の雨量の表に基いた、ウォルカーの表は出来るだけ廣く分布した約百五十ヶ所の觀測點で十六年乃至百年以上に亙つて——併し大多數は三十五年乃至六十年——觀測された結果を整理したものである。黒點の週期は次ぎの如く分類された。

A 黒點極大の年。

B 極大の一年後。

第二十二圖



(1111)

黒點の増加しつゝある時期と減少しつゝある時期との相對的雨量

濃い影を施した部分は黒點の増加しつゝある時期に雨が多い。薄い影を施した部分は黒點の減少しつゝある時期に雨が多い。影を施さぬ部分については材料がない。數字は黒點の増加しつゝある時期の雨量が減少しつゝある時期の雨量に超過或は不足する平均雨量の百分率を示す。超過或は不足は平均の百分率で示されてある。雨量の材料はウオルカーの「黒點と雨量」に據る。

第二十二圖



(1110)

黒點の増加しつゝある時期と減少しつゝある時期との相對的雨量

濃い影を施した部分は黒點の増加しつゝある時期に雨が多い。薄い影を施した部分は黒點の減少しつゝある時期に雨が多い。影を施さぬ部分については材料がない。數字は黒點の増加しつゝある時期の雨量が減少しつゝある時期の雨量に超過或は不足する平均雨量の百分率を示す。超過或は不足は平均の百分率で示されてある。雨量の材料はウオルカーの「黒點と雨量」に據る。

(1111)

- C 極大の二年後。
- D 極大の三年後。
- E 種々の長さの中間の時期。
- F 極小の二年前。
- G 極小の一年前。
- H 極小。
- I 極小の一年後。
- J 種々の長さの中間の時期。
- K 極大の一年前。

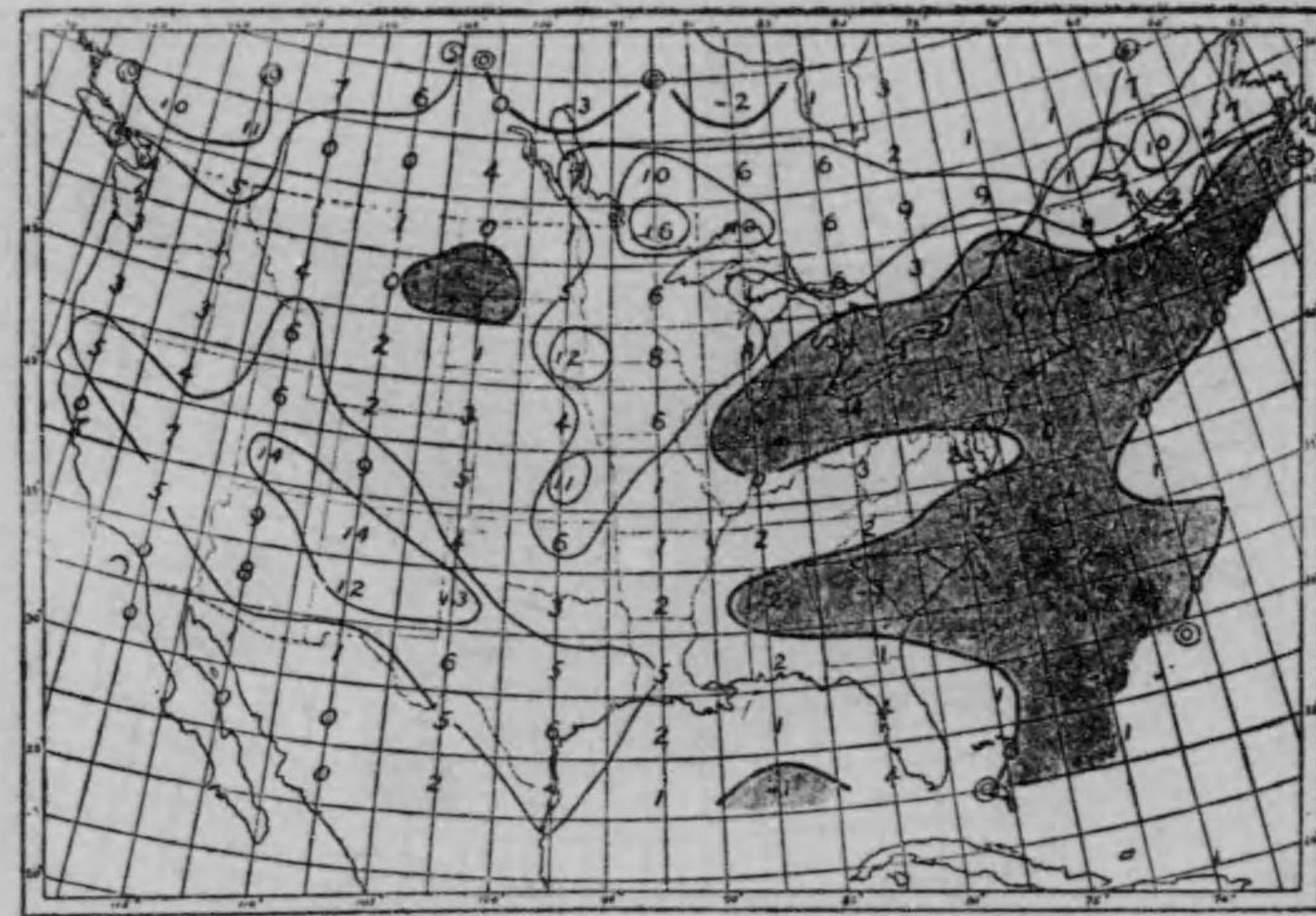
以前の比較に於ける如く黒點の極大と極小との年を用ひる代りに、増加と減少との時期を用ひた。カルマーの圖(第十四圖—第二十一圖)及び其他はこれが最も重要な對照だと云ふことを暗示して居るからである。既に説明した如く、黒點の極小の時期に於ける太陽の

(1112)

活動と地球上の活動との證據から、予は全體の太陽の活動の新しい時期が丁度黒點が見掛上の極小に到達する前に始まると假定した。後の研究はや、異なる配列の一層よい事を示すべく、また一層長期に亙る且つ數も多い記録が第二十二圖の細部を變更して、其の空白を充すやうに確かになるだらうと思ふ。併し現在のまゝ、でも其の圖は、太陽の活動が増しつある時と減じつ、ある時との降雨の變化の具合についての最良の材料を表はして居る。濃い影を施した部分は、降雨及び多分旋風も太陽の活動の増加する時期に増加するであらう區域を示して居る。淡い影を施した部分は其の反對に旋風の減少する區域を表はして居る。歐洲に於てはスカンデナヴィア及び地中海地方の雨量の増加を示す地域はカナダ及び合衆國の南西部の其れに相當する。歐洲及び北部亞細亞の内地に於ては、雨量の減少する地域が合衆國內地の同様の地域に大體一致する。其の圖の中で多分最も驚くべき特相は、太陽の活動の旺盛な時期に熱赤道に沿ふて殆んど一樣に雨量の減することである。この意味は「氣候の變化」の中に論じてある。それは扱おき第二十二圖は地球の表面が相反する方

第二十四圖

(111H)



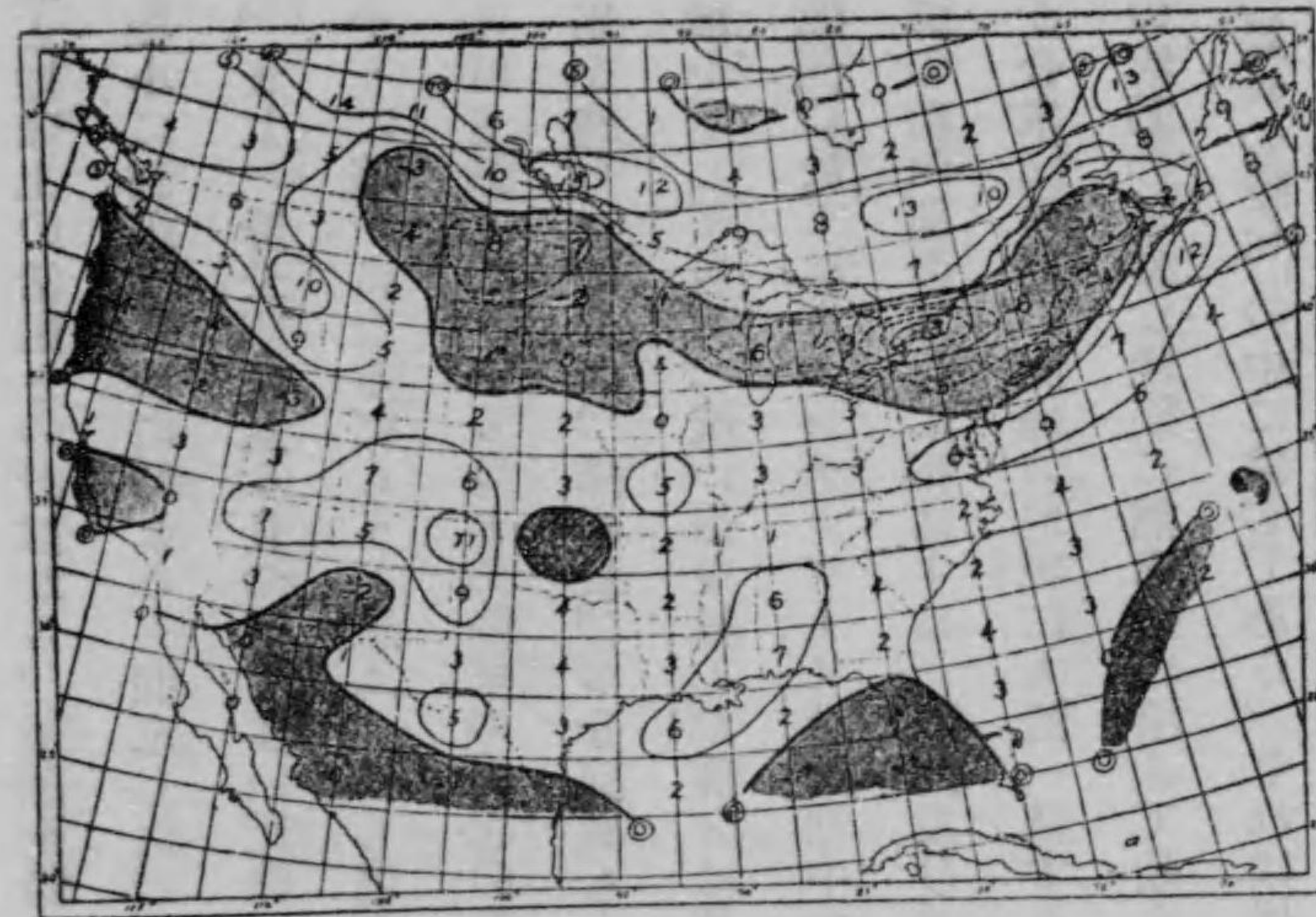
黒點の最小の時期と對照した黒點の極大の時期に於ける五月の旋風。

(カルマーに據る)

時には、高氣壓區域と低氣壓區域との對照が強められる。冬季北米及びユーラシア大陸を被ふて居る半永久的高氣壓が充分に發達すると、寒冷な晴天が平常より確實に卓越し、旋風は中央部に於ては比較的少ない。北米に於てはこの中心地帯は、第二十圖に現はれて居る如く、マニトバから五大湖地方を横ぎり、沿海諸州に延長して居るが、この圖は黒點極大の時期の一月の

第二十三圖

(111E)



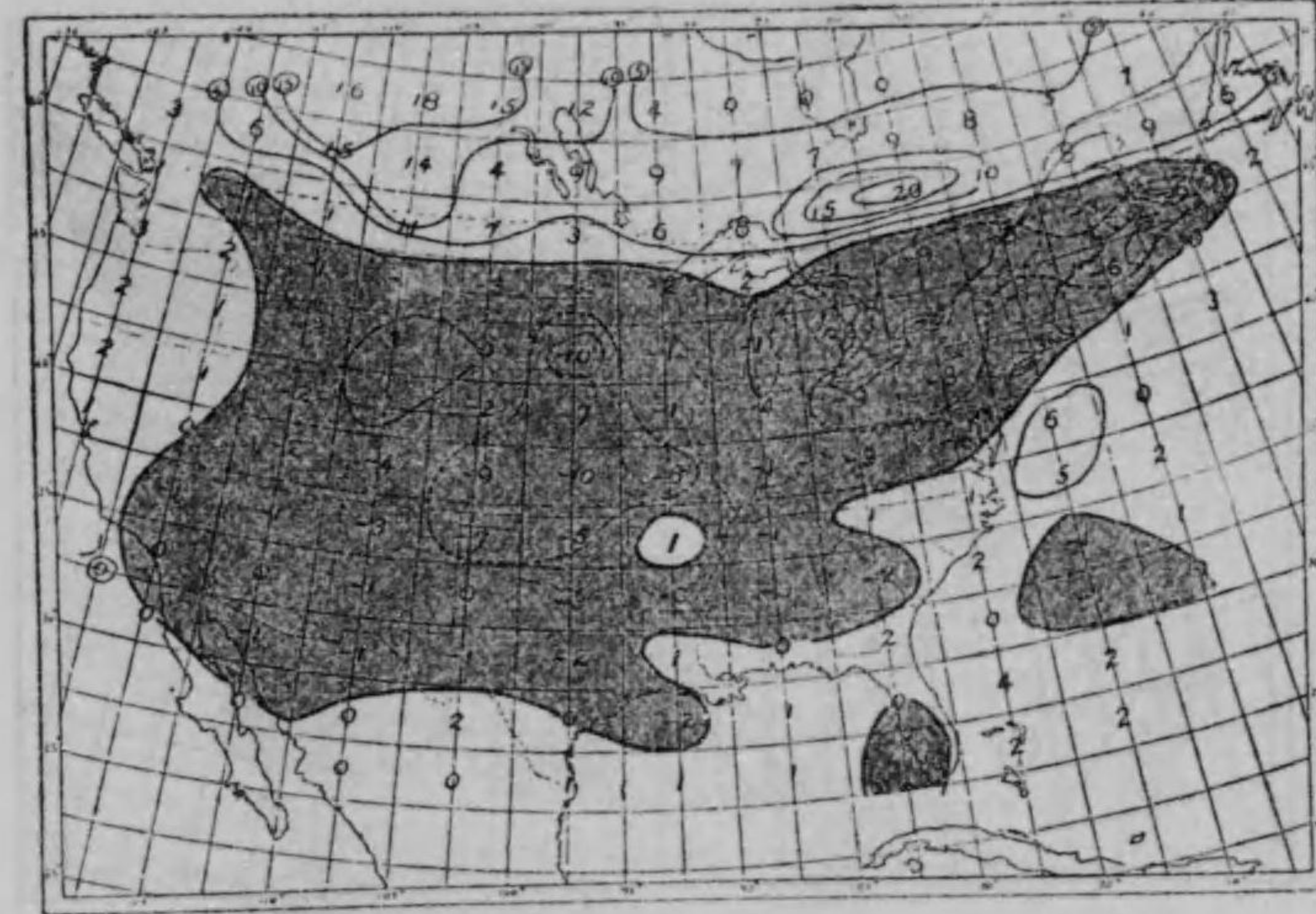
黒點の極小の時期と對照したる黒點の極大の時期に於ける一月の旋風。

(カルマーに據る)

月が年に換り數字が一年の平均の代りに極大(影を施さぬ部分)或は極小(影を施した部分)に於ける旋風の全體の超過を示す點を除いて第十三圖に同じ。

法で太陽の活動に反應を惹起す區域に稍亂雜に分たれると云ふ吾人の斷定を確めて居る。
全體の事柄が充分解決される前に尙ほなざるべきことが多く残つて居るが、太陽の活動の極大の時と極小の時との對照の一般的性質は、可なり明瞭になつたやうに思はれる。太陽の活動の旺盛な

第二十五圖



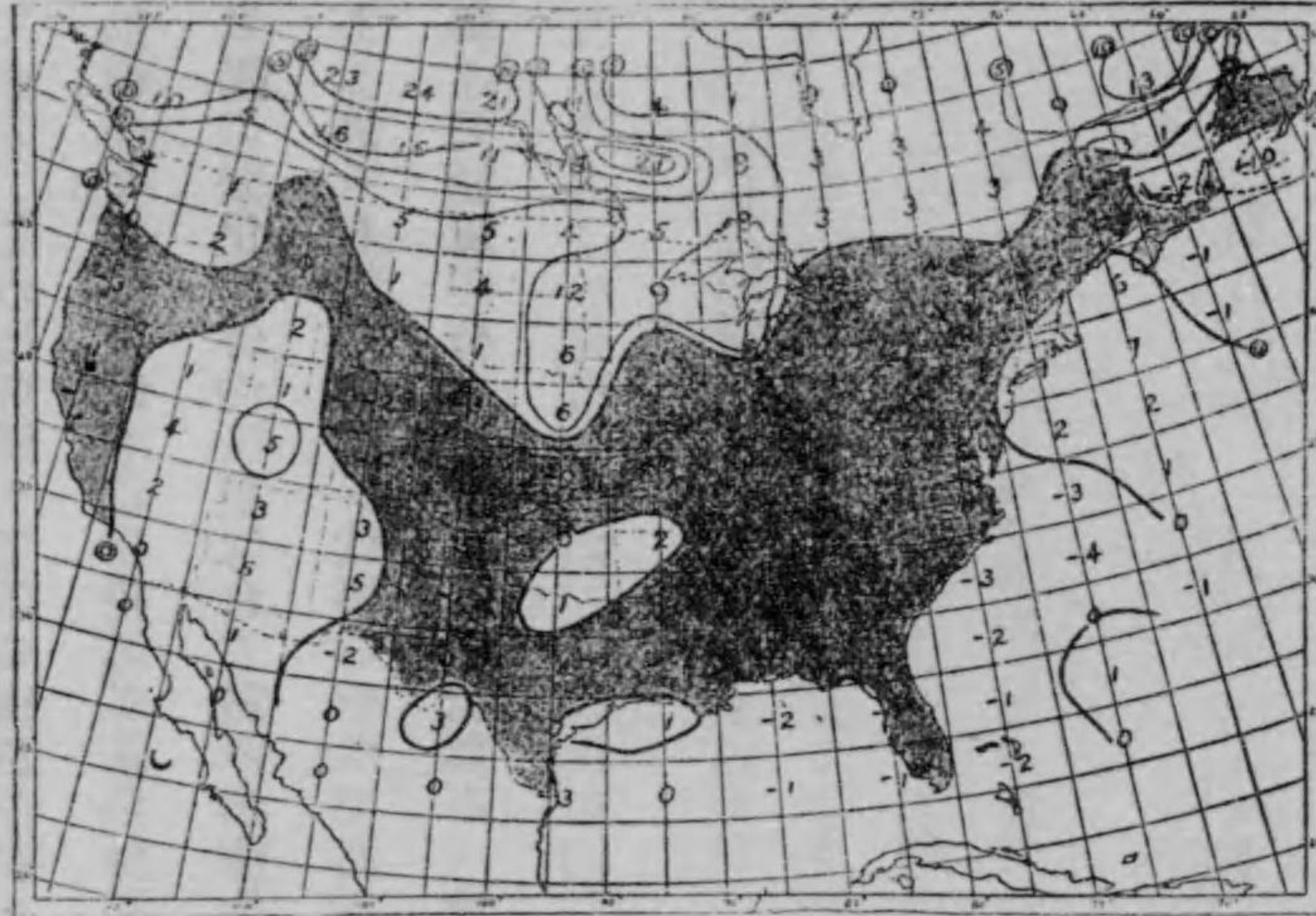
黒點の極小の時期と對照した黒點の極大の時期に於ける八月の旋風。

(カルマーに據る)

旋風を黒點の極小の時期の一月の旋風と比べて、前者が後者より超過して居るか或は不足して居るかを示して居る。併しこの中心區域の外では、旋風の数が概して黒點の極小の時に増加する、南部及び海上ではこの傾向が消えてしまふが。冬の半ばから先きは黒點の極大の時期に於ける旋風の超過に於ける旋風の超過は益々顯著になる。其の状態は五月に至つて頂點に達する(第二十四圖)、其の月には大

(二二六)

第二十六圖



黒點の極小の時期と對照したる黒點の極大の時期に於ける十一月の旋風。

(カルマーに據る)

西洋岸を除いて合衆國の全部が非常に荒れ勝ちである。この事實は殊に南西部にとつては重要である、農業上特に重要な時期に暴風と雨を惹起すので。夏季は其れに反して黒點の多い時期には合衆國の大部分に於て旋風の数が減する、太平洋岸、カナダ、大西洋、及びメキシコを包含する國境地方では整然たる増加を見るけれども。秋が閑になるにつれて、旋風が増加する、此等の周圍の地方は内地へ侵

(二二五)

入して来る、これは乾燥して居る南西部にとつては特に重要な事實である、それは冬の收穫の播種をなすべき秋季に比較的多量の降雨があるからである。季節と地理的位置に應じて、太陽の變化に伴つて現はれる種々の變化の充分なる分析は、現在氣象學者の前に置かれてある最も有益な仕事の一つである。從來試みられた範圍では、其れは舊世界と新世界との旋風の分布と變化の明瞭なる一致を暗示して居る。

第六章 太陽と地球の電氣的作用

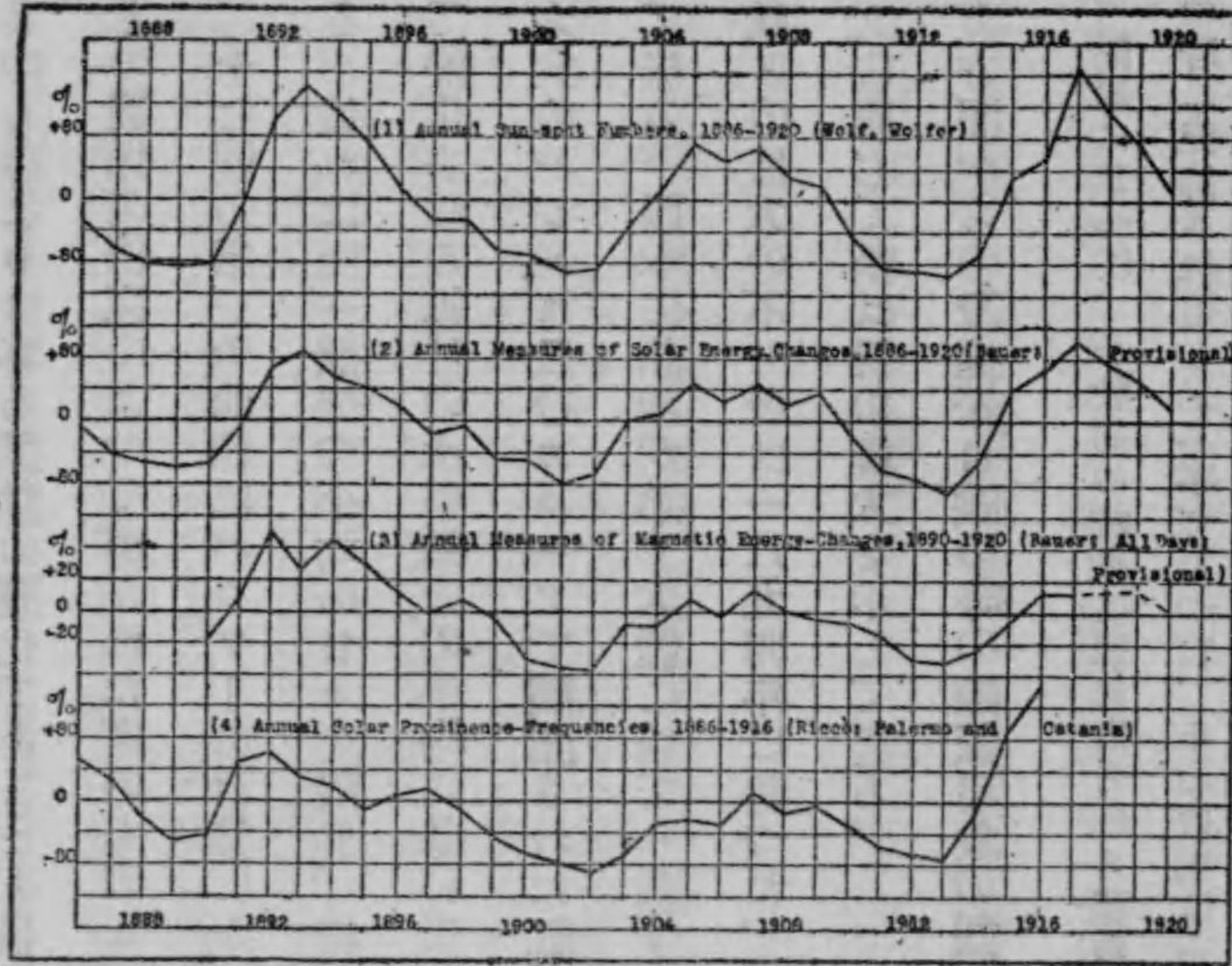
概説 極光、通地電流、空中電氣、地磁氣、此等は皆相互に密接な關係を有する現象で、總てが太陽の變動と一致した變化を示す。空中電氣は稍その一致が不明瞭であるが、これは他の種々の要因の加はるためである。これによつて見れば、太陽と地球との間に電氣的關係の存在することは確定的である。

天氣の多くの變化が突然にまた不規則に起ること、天氣の變化が遠方の且つ見たところ關係のあり相もない場所に同時に起ること、また其の變化を氣温のみに基いては説明の困難なこと、是等の事情のために他の可能的の原因に關する多くの考察が試みられた。自然の結果として多くの研究者は之を電氣的原因によつて説明しやうと試みた。一八七五年にタイス (Tiee) は天氣の電氣的原因を論じた最初の人であつた。十九世紀の終り頃にはヴェーダー (Væder) が電氣的假説の決して完全ではないが極めて暗示に富んだ小論文を公にし

た。ヘルランド・ハンゼン、ビゲロー、カルマーも亦他の學者と同様にこの方面に關する提
案を公にした。併し未だ一人として完全に之を解決した者はないやうに思はれる。本章は
地球と太陽との電氣的關係について今日實際知られて居る事實の叙述に費される、また次
ぎの三章は天氣の電氣的假説なるものが眞に根據があるかどうかを決定すべき試みに捧げ
られて居る。

太陽と地球との間に或る種の電氣的或は磁氣的關係の存在すると云ふ證據は確定的だと
思はれる。最もよく知られてゐる證據は太陽の變動と磁氣の變動との密接な一致であらう。
この關係は充分に確證された博く承認されて居る事柄であるから、詳細に論ずる必要は
ない。其れは第二十七圖に圖示されて居る。この圖に於てパウワー(Power)は磁氣的勢力
の年々の變化の値と三種の方法で測定した太陽勢力の前者に相當する値とを比較して居る。
上部の曲線はウォルファー(Wolfer)の調査にかゝる黒點の數によつて測定した太陽の勢力
を示す。第二の曲線に於てはパウワーは單位として月を用ひ、日々の黒點の數が其の月の

第二十七圖



1886年より1920年に至る太陽の活動び磁氣の活動の變化

(パウワーに據る)

平均とどれだけ違ふかを記
號には拘はらず算へ上げて
居る。太陽の活動を測定す
るこの方法によると、太陽
の活動を表はす曲線と地球
の磁氣的及び電氣的勢力を
表はす種々の曲線とがよく
一致すると云ふ事實から、
パウワーは「地球物理學的
現象に關係があるかも知れ
ぬやうな種類の太陽の活動
から眞の標準に近いものは

黒點其のものよりは寧ろ黒點の變化である」と信ずるに至つた。この断定は吾人が天氣と太陽との關係の研究によつて導かれた所のものと根本的に一致する。

第二十七圖の第三の曲線はパウワーの計算にかゝる地球全體の磁氣的勢力の總計に基いて居る。彼れは同一狀態の平均の日々の限界、即ち日々の極大と極小との間の平均の差によつて變化される毎月の水平磁力の平均に基いてこの計算を試みたのである。第四の曲線は伊太利のパレルモ及びカタニアで觀測された紅焔の度數によつて測定した太陽の活動を示して居る。四本の曲線が悉く大體に於て一致することは明瞭である。磁氣の曲線と太陽の曲線との最大の不一致は一八九四年に起つた、併し其の年と雖も紅焔は磁氣の一層顯著な極大に應じて稍低級の極大を示して居る。

他の方面からの證據が日蝕の時の磁氣現象の觀測から發見された。

簡短に云へば、一般的の結果は認め得られる程の磁氣的效果が、假令僅かなりとは云へ、日蝕の時に記録されると云ふ事であつた、その效果は一太陽日の間に經驗される變化と性質に於て變

りがない、たゞ規模の點が異なるだけである。(パウワー)
日蝕の如き些細な事柄が太陽の磁氣的影響を遮斷して認め得るほどの効果を生ぜしめるとすれば、太陽の全體の効果が重要であらねばならないことは云ふまでもない。

多くの研究によつて聚集された他の證據は次ぎに掲げるパウワーの叙述に充分な援助を與へる。

時々恰も磁氣曲線が黒點の數よりも太陽の完全な活動或は勢力を、一層忠實に指示する如く思はれるであらう、少くも地球の磁氣的及び電氣的狀態に効果を及ぼし相な輻射及び發散に關してはさうである。實際太陽の活動の種々なる度合其れ自身の中にも磁氣曲線が特殊な太陽活動の度合から異ると同様に、相違が見られるのである。

極光はまた磁氣及び太陽と密接な關係を有する電氣的現象である。

溫帶地方で見える場合の極光と地磁力との間に密接な關係があると云ふことは殆んど疑ふ餘地がない。歐洲の大部分で見られる光り輝いた極光は常に磁氣嵐及び通地電流を伴ふたやうに思はれる。また最大の磁氣嵐と最も顯著な極光とは同時に起つた。(クリー)

極光は磁氣の變動と極めて密接な關係があると、また太陽の變動とも關係があると云ふことは多くの觀測によつて證明される。この一例はクリー(Chree)が大英百科全書のために作製した、一七四九年から一八七七年に至るまでスカンヂナヴィアで見られた極光に基いた第十三表に示されて居る。この年間には毎年の黒點の數に基いて十二年づゝの組に、其中二回は十一年の組に分たれた。例へば第一の組は黒點の數が〇乃至六・八であつた十二ヶ年を含んで居る。次の組には七・〇から一・三の黒點の現はれた十二年を含んで居る。極光の材料はスカンヂナヴィアで見られた極光の數を示して居る。黒點の數が増加すると極光も亦殆んど完全に規則正しく増加する。

通地電流¹²もこれに關して無視することの出來ぬ電氣的現象である。不幸にして目下利用し得る最も長い時期は西班牙のエプロ觀測所の其れであるが、其れとても僅かに一九一〇年までしか溯らない。パウワーがこの記録について研究した所によると、通地電流は磁氣及び極光と同様に同一の一般的の宇宙的或は太陽的支配に反應する者である。通地電流の

第十七表

極光と黒點

A 年 數	B 黒點の數	C スカンヂナヴィアで見られた極光の總數	D 毎年の極光の平均數
12	0.0乃至 6.8	350	29.9
12	7.0 同 11.3	700	59.8
12	12.2 同 16.6	738	61.5
12	17.1 同 28.1	765	63.8
11	30.0 同 36.8	812	73.8
12	37.3 同 45.0	983	81.9
12	45.0 同 54.2	995	82.9
12	54.8 同 66.5	1024	85.3
12	66.5 同 83.4	1279	106.6
11	84.8 同 101.7	1241	112.8
12	103.2 同 154.4	1390	115.8

強さは磁石の北極に當る一般的地域から南々東の方へ向ふ通常の電流の方向に於ける電位の勾配で測定することが出来る。一九一〇年から一九二〇年に至る時期の間では、この勾配は一九一八年即ち黒點の極大の一年後に極小に達した。この事實は假定された太陽的原因の現はれた後になつて極光が頻繁に現はれるやうに、通地電流にも遅れがあると云ふ證據をパウワーに對して提供するやうに見える。パウワーの主要なる斷定は、磁氣的勢力、其の磁化作用の平均の強さ、地殻を循環

する普通の電流の強さ、是等は總て太陽活動の増加する間は減少すると云ふのである。一方には此等の勢力の發現の變化、即ち或る單位時間に於ける其の極大から極小までの限界は太陽の活動と一致して増加する。パウワーは通地電流の減少を、太陽の活動の旺盛な時には普通の場合の反對の方向に向ふ電流を生ずるためであると解釋する。この通地電流の轉倒と其れに伴ふ地球の磁化作用とが極度の太陽の影響のもとに長い時期に互つて繼續したとすれば其の結果どうなるであらうか、これに就て考察を試みるのは興味のあることである。其の終局の結果は兩極の符號の轉倒となり、ついで南極が現在の北極に代るやうな新しい磁化作用が現はれることになるであらうか。後に述べる如く太陽に於ては或る時期に黒點の磁化作用が著しく轉倒すると信すべき證據がある。これがどの位の程度まで結果を及ぼすものか其れは未だ不明である。併し觀測の始つてからこの方太陽の兩極性の轉倒を見るやうなことは一度もなかつた。

(12) 電位を異にするために起る地中を流れる電流を通地電流と云ふ。(譯者註)

氣候の見地から云ふと、空中電氣は恐らく磁氣、極光、若くは通地電流よりも一層重要である。此等の四種の電氣的現象は極めて密接なる相互關係を持つて居るやうに思はれるので、一つの現象の原因だけを他の現象の原因を無視して論ずることは殆んど不可能である。併し此等の四種の現象の太陽との關係を研究する前に、吾人の其れに關する知識は未だ極めて不完全ではあるが、空中電氣と稱せられるものを簡單に調べて見ることにする。地球の表面は概して負の電氣マイナスを帯びて居る。其れに反して下層の空氣は通例正の電氣プラスを帯びるか、或は僅かに負の電氣を帯びて居る。故に普通は地球から空中へ正の勾配がある。併しハンフリースの云ふ如く、

地表の近くの垂直的勾配は位置、季節、時間、天氣の状態によつて大に變化する——暴風の最中には往々轉倒することさへある——併し平坦な地域の晴天に於ける一般の平均は一メートルについて百ボルト程度のものであるらしい。

勾配は一般に緯度と共に増加する、或は少くも赤道から溫帶地方まではさうである。其

の部分では冬は急で、夏は緩である。勾配は亦一日の中でも変化があつて、概して夜は緩で晝は急である。

霧、雨、其他の降水は殆んど常に帯電して居るので、多量の電氣を帯びた雲、即ち雷雲の如くに、屢々電位の勾配を著しく變じ、また往々其れを轉倒することがある、卷雲及び他型の高層雲は殆んど或は何等の効果をも生じない。(ハンフリース)

空氣中のイオン、即ち電氣を帯びた粒子の數は大氣の傳導率を主として決定するもので電位の勾配に著しい効果を及ぼす。この數はハンフリースの云ふ如く、

極めて變化する。霧の深い日及び塵埃の多い日には極めて少く、(其の場合にはイオンが大なる塊に集つて居るので其の速力は遅いのである)、空氣の透明な日には比較的大である。概して冬より夏の方がまた夜より晝の方が大であり、氣温の低い時より高い方が其の數が大きい。其れは亦少くも最初の數キロメートルの間は高さを増すに従つて増加する、併しどの位の高さまで増加するかは不明である。

氣球で九・五キロメートルまで上昇して、コルヘルスター(Kolhörster)はイオン化作用の

十倍することを發見した。スワン(Swann)は

九キロメートル附近の高さで見掛上のイオン化作用の増加する割合は、其れより僅かに高い所ではイオン化作用が莫大な値に達するであらうと思はしめるものがあると信じて居る。コルヘルスターの得た結果の確かさは、使用された絶縁體に及ぼす低温度の影響から生じて來る錯綜した事情が有り得ると云ふ理由で、シー・エチ・カンスマン(C.H. Kunsman)によつて疑はれた。併し若し其等の事情が實證されるならば、少くも所謂透徹輻射の部分の眞の宇宙的性質に關して、極めて確實な證據を供給することになるであらう。

大體に於ては、往々例外はあるが、太陽の影響が著しい時及び所に於ては常に空氣中のイオンの數も亦大きいと云ふことが出来る。概して下層の大氣の中のイオンの數は一立方センチメートルに八百の正イオンと六百八十の負イオンの程度のものである。高空では傳導率が大なる如く、イオンの數も遙かに多い、六キロメートルの高さでは傳導率は凡そ地表の二十倍に達するであらう。イオンの速度は氣壓と反對の變化をする、故にイオンの速度は上層の空氣では増加する。

雨と雪とによつて地表に齎されるイオンの数は、シンプソン(Simpson)によつて極めて正確に且つ確定的に研究された。彼れは雷雨の時には雨が正のイオンと負のイオンとを齎らすが、斯様にして地上に運ばれる正電氣の全體の分量は負電氣の三・二倍であることを發見した。雪にあつても同様で、シンプソンの實驗に於ける其の割合は三・六であつた。降雨が急劇であり、雨滴の大きが大なるほど、正のイオンの割合は大になる。降雨の最中に於ては電位の勾配は正よりも負であることが多い。併しこれは見掛上雨滴の帶電の符號には關係がない。若し雨滴及び雪片の帶電が電流と同じ値を有するものとして取扱はれ、ばシンプソンの發見にかゝる電流密度は概して一平方センチメートルに對して 4×10^{-15} アンペアより小であつた。併し往々にして負と正との電流が明かに平常より強いこともあつた。既に暗示した如く正の電流は負の其れよりも多い、而して降雪の時の電流の一般的の強さは雷雨の時の其れよりも大であつた。

雨と雪との正の帶電が負の帶電より超過して居る事實に對するシンプソンの説明は彼れ

自身の實驗に基いて居る。蒸溜水の滴を飛沫を生ずるほど強く噴上げて居る空氣を通して落下させると、正負兩方のイオンが解放された。其の割合は正イオン一に對して負イオン三であつた。これは降雨、降雪の場合の反對である。其れは雨の降る時には多少風に吹き廻されて飛沫になると云ふことを意味するらしい。其の帶電が其れによつて破壊され、解放されるのである。四分の三を占めて居る負イオンは空中に脱れて、其の負の帶電を増加する、然るに正イオンは雨によつて地上に運ばれ、地表の普通の負の帶電を一時的に轉倒するのであらう。

雲の帶電が斯くの如く破壊される一つの結果は、雨滴の落ち始めた雷雲の下部に於て、また恐らくは幾分かは他の雲に於ても、其の雲が正の電氣を帶び、同時に同じ雲の上部には負のイオンが留つて居るので其の部分は負の電氣を帶びると云ふことである。地球は其の帶電については負であるから、二つの負の電氣を帶びた層の間に正の電氣を帶びた層を生ずるやうになるのである。この状態が電と稱せられる放電を惹起するのである。この状態

は電によりまた雨によつて破壊される傾きがある、雨は正のイオンが地表の附近で負のイオンと結びつき、中和されることの出来るやうな平面へ正のイオンを運んで来る。

雷雨の時に生ずる帯電の度合は極めて困難な問題を提出する。ハンフリースの云ふが如く、

實驗室で火花を生ぜしめるに必要な電壓、即ち一センチメートルについて約三〇、〇〇〇ボルトから判断して、往々起る如く長さ幾キロメートルに達する放電を生ぜしめるに必要と思はれる驚くべき電位の差が雲と雲及び地面の間に如何にして生ずるかには明瞭でない。實に斯くの如き高い電壓の假定に對する致命的の故障は、其の電壓が電氣を帯びた雨滴の落下の速度と其の結果として生ずる雨滴の大きさに及ぼす効果である。シンプソンによれば、雷雨の雨は往々一立方センチメートルについて六靜電單位を運ぶ事がある。故に一センチメートルに三萬ボルトの電壓は斯くの如き雨に重力による力の十分の六に當る電力を生ぜしめるであらう、故に其れが上方に向けられる場合には其の落下を妨げるであらうし、また其れが下方に向けられた場合には忽ち其れをより小さい滴に飛散させる程の速力を與へるであらう。併し雷雨の時は根本的に小形の水滴から出来ては居ない。其れに反して偶然の觀察によつても解るしまた測定の上からも知られる如く、雷

雨の際は雨滴は平常の其れよりも大きいのである(直径一—六ミリメートル)。故に其の落下の速度は法外の速さである筈がない、また普通の雨の速度と大して違ふやうには思はれない。故に上に假定した程度の電氣の勾配は雲と地面の間には存在しない……故に目下の所では電光放電については、考察を試みる以上のことは何人にもなし得ない。

上記の状態によつて三層の多少永久的の外殻が生じる、第一は負の電氣を帯びた地球の表面、第二は正の電氣を帯びた下層の大氣、但し時には極めて弱い負の電氣を帯びて居ることもある、第三は負の電氣を帯びた上層の大氣である。無線電信を發する場合に、受信機に働く勢力が期待されるよりは一層大きいと云ふことは、この三層の外殻の存在するための一つの結果であるらしい。明かに無電の波は總ての方向に同様に輻射するものでない。先づ第一に其れは地球が電氣を帯びた導體であるために、地球の内部を貫くよりは寧ろ地球の周圍を傳播する。併しこれを斟酌しても尙ほ受信機には勢力の餘剰がある。故に第二に其の波は自由に外方へ輻射することを妨げられるらしい。若し他に理由がなかつたとすればこの理由のために、物理學者は上層の空氣も亦電氣を帯びた導體であらねばならぬ、

故に無電の波の遁走を妨げるのであると断定するであらう。外側の外殻が絶えず漏洩するに拘らず常に電氣を帯びて居ると云ふ事實は、其の帯電が或る外部的根源、例へば太陽の如きものによつて維持されて居るとしなければ、説明が殆んど不可能である。

或る他の空中電氣の現象も同様に、或る外部的源泉から勢力の供給があると云ふ假定のもとに於てのみ説明し得られるやうに思はれる。其の中の一つは不變の傳導電流である。これは既に述べた降水電流とも異なるのみならず、電光や風及び空氣の對流によつて生ずる不規則な機械的の電流とも違ふ。傳導電流はハンフリースの云ふ如く、

通例正の一組のイオンの下方に流れるものがあり、また其れと同時に電位の垂直的勾配に應じて他の一組のイオンが上昇するために起るのである。この電流の密度、即ち断面の一平方センチメートルに於ける力は電位の勾配と傳導率とから計算することが出来るし、或は適當の裝置を用ひれば直接測定することが出来る。この傳導電流の平均の値は地球の全表面の一平方センチメートル毎に 3×10^{-10} アンペア程度のものである。其れは概して晝の方が夜より少なく、夏の方が冬より少ない。併し常に地球全體の總量は約千五百アンペアである。この不變の電流が概して常に同じ

方向に流れ續けるのは何故であるか、これは空中電氣に関する最大問題の一つである。

空中電氣の他の一つの大問題は太陽の活動との可能的關係である。クリー (Cree) 其他の學者は空中電氣と黒點との關係の或る徴候を指摘した。併し孰れも明確なる断定には到達しなかつた。この理由は一つは上に述べたやうな氣象的要因が明かに下層の空氣状態に偉大なる影響を及ぼすと云ふことであるらしい。のみならず空中電氣の可なり長期に亘る記録を利用し得られる一つの觀測點或は二三の觀測點が、總ての太陽との關係を、廣く分布して居る多數の觀測點と同様に明瞭に示すことは望まれない。長い間倫敦 (キュー) 及び伯林 (ボッダム) が連續した電氣的記録を利用し得る唯一の觀測點であつた。現在と雖も其の數は極めて制限されて居る。尙ほ一つの困難は大多數の研究者が唯だ所謂靜穩な日だけを用ひたことである、併し此等の日は眞の状態の不完全な記録を與へるに過ぎないやうに思はれる。

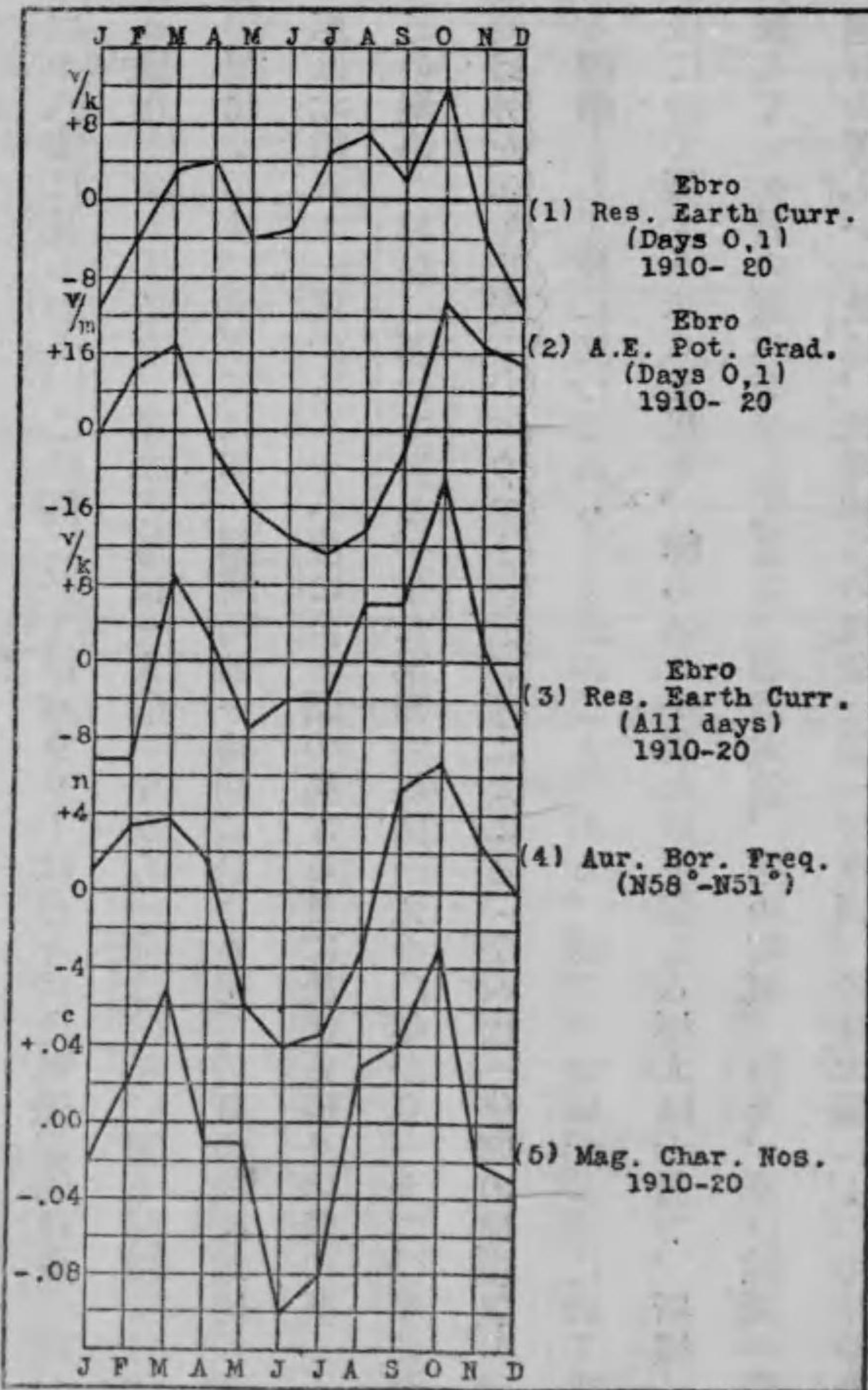
此等の困難にも拘らず、空中電氣は磁氣、極光、通地電流等と同じ一般的系列に屬し、

總てが太陽の變化によつて生ずるものであると云ふ證據が著々蓄積せられつゝある。この斷定は西班牙、トルトサのエプロ天文臺に於ける一九一〇年から一九二〇年に至るまでの大氣の電位勾配の記録についてパウワーの研究した結果によつて支持される、彼は其の結果を次ぎの如く約説して居る。

晴天或は電氣的に靜穩な日に於ては、大氣の電位の勾配、即ち地表の負の帶電は太陽活動の増加と共に増加する、太陽の活動の極大と極小の間の變化の限界は約二十パーセントである。一方に大氣の電氣的活動は太陽の週期に伴ふ組織的の變化を殆んど示さない。従つて空中電氣の垂直的傳導電流は電位の勾配と電氣傳導率の產物から生ずるのであるから、この垂直的電流も亦太陽の活動の増加と共に力を増すことが解る。空中電氣も地磁氣と同じく宇宙的要因によつて支配されることは斯くの如くである。

一九一〇年から一九一九年にかけて西班牙トルトサにあるエプロ天文臺でなされた電氣的に靜穩な日の觀測から演繹された電位の勾配の日々の限界は太陽の活動と共に増加することが發見される。極小は一九一一年に、極大は一九一七年に起つた、然るに黒點の極小は一九一二年に、極大は一九一七年に起つた。日々の限界の極大と極小との間の限界は約二五%である。(パウワー)

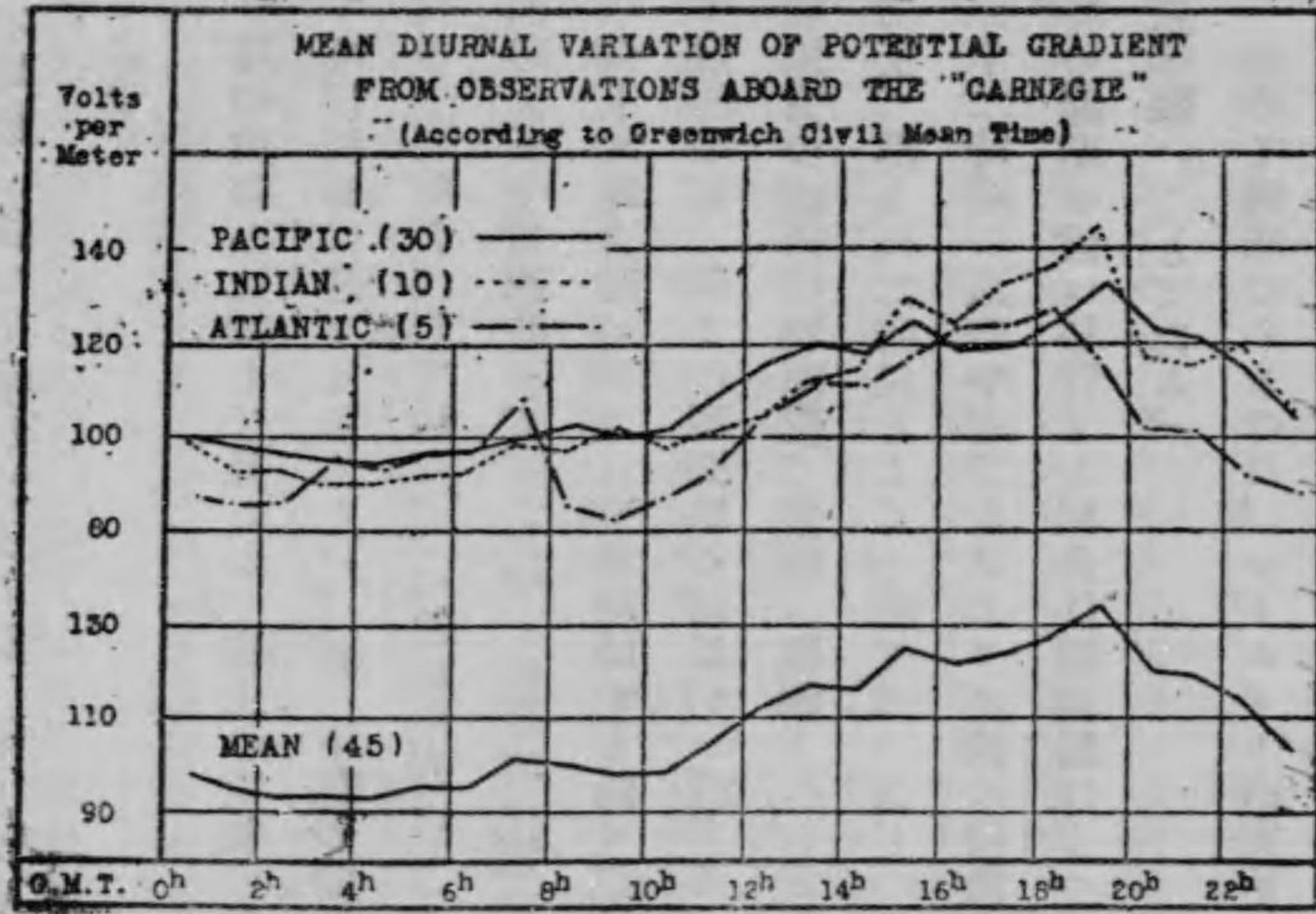
第二十八圖



電氣的及び磁氣的現象の日々の限界の年々の變化 (パウワーに據る)

地球の總ての電氣的現象の一致、また従つて空中電氣と太陽との關係の一致の證據は尙ほ第二十八圖に見られる。この圖に於てはパウワーは月々の地電磁氣的現象の四つの型に於ける變化を示して居る。第二の線は一九〇一年から一九二〇年に至る靜穩な日の大氣の電位の變化を示す。次ぎには同一場所の同一時期に於ける總ての日の通地電流が来る。第三の線は北緯五十一度から五十八度に至る間の異なる月に於ける極光の數に關してエリス(Ellis)の聚めた材料に基いて居る。また第四の線は一九一〇年から一九二〇年に至る間の磁氣的特性を示して居る。パウワーの云ふ所によると、これは一年間の地磁氣の變動を測定する標準として役に立つであらうと云ふことである。總ての曲線が日至に於て或は其の僅か後に於て極大を示して居る、即ち各々の場合の主要なる極大は十月で、斯様にして秋分に關して一ヶ月の遅れを示して居る。通地電流、空中電氣、極光、及び磁氣の變動の年の進行の著しい一致は、此等總ての現象が同一の原因、多分太陽によつて生ずると云ふ強い徴候のやうに思はれる。

第二十九圖



海上に於ける空中電氣の電位勾配の平均日々の變化
(モークリーに據る)

なほ他の方面からの證據が同一の方向を指示して居る。これは第二十九圖に圖示されて居る、この圖は遠く隔つて居る三大洋の上で一時間毎に空中電氣の電位の勾配が變化する具合を表はしたものである。各々の大洋に於ける勾配の極大は其の地の地方時によつて違つた時刻に起る、併しこの見掛上違ふ時間は、第二十九圖に表はされて居る様に、實は同時刻なのである。同圖では總ての曲線がグリ

ニテの時刻に従つて描かれてある。モークリー(Mauchly)はこの事柄について次ぎの如く論じて居る。

此等の曲線を比較して見ると、海上の電位の勾配の日々の極大(極小も同様)は緯度の如何によらず略ぼ同時に起るものらしい。圖の下部の曲線は四十五組の統計に基いた電位の勾配の日々の變化の平均を表はして居る。この曲線の表はして居る極大及び極小の時間は(グリニチ平均時の午後四時より午前四時まで)多分年々の平均に近い値を表はすに過ぎないであらう。

併し(a)地方時がグリニチ平均時から餘り違はない西部歐洲では主要なる日々の極小の起るのは午前四時で、多くの観測點の結果が一致する、(b)また高緯度の地にある總ての観測點及び冬季温帯地方の諸所の観測點で實際に観測された電位の勾配の日々の變化は、地方時の相違を斟酌して海上で得られた結果とよく一致する。久しい以前にマッヘ(Mache)及びフォン・シュワイドラーが十二時間の週期を有するフリーエ波の相角の値は大多數の観測點で大體同じであるが、二十四時の週期の波に相當する相角は観測點によつて著しく相違すると云ふ事實に注意を向けたのは亦意味深いことである。

極めて興味のあるのは、カーネギー研究所の観測から得られた電位の勾配の日々の變化が、歐

洲の諸處の観測點で観測された北極光の日々の度数を表はす曲線によく一致する、また或る種類の磁氣の變動の日々の度数を表はす曲線を同一の時間に當てはめて見ると、これ亦よく一致すると云ふことである。また地球の磁軸と地球の回轉軸とが一致して居ないために、海上で得られた曲線によつて表はされる日々の電位の勾配の極大の時間が、例へば地球の北の磁極が太陽に最も近づく時間に略ぼ一致する、また日々の極小は概して北の磁極が太陽から最も遠い時に起ると云ふことも指摘することが出来る。併し極大と極小の實際の時間は南北の磁極の位置と其の經度の差が百八十度でないことと云ふ事實によつて決定するらしい、此等の相互關係は、地球の充電及び其の結果として生ずる電場が太陽からの電氣的放射に密接な關係があらうと云ふ多くの研究者の假定を支持するやうに思はれる。

空中電氣の年々、日々、及び一時間の變化が太陽との關係を示すと云ふ證據の存在する事は既に述べた。次章に於ては日々の變化についても同様のことが云はれると云ふ或る新しい證據を提示するであらう。併しモークリー及びタムスンがワシントンのカーネギー研究所の地磁氣部のために行つた日蝕の観測は、太陽が一瞬間毎に空中電氣に影響すると云ふ事實を示して居るので、吾人は百尺竿頭一步を進めることが出来る。二回の引續いて起

(一五二)
つた日蝕の掩蔽が磁氣の變動を伴ふのみならず、また次ぎの事實をも伴ふことが發見され
た。

(a)電位の勾配は皆既と同時に始り皆既の約二十分後まで繼續する極小を示す、この時期の間に觀測された値は、其の時期に直接先だつ、また其の時期に直接續く二つの等しい時期から得られた平均より約二十パーセント低かつた。(b)電位の勾配の變化は、其の時期の前後よりは著しく少なかつた。(c)正及び負の傳導率及び全體の傳導率は各二十パーセント程度の増加を示して居るが、其の増加は皆既の直ぐ後に始まり約十五分間繼續する。(d)通氣地電流密度は(これは電位の勾配と全體の傳導率の同時の値から生ずる)其の時期の方が日蝕の日の午前中の同一の時期よりも大なる不變を示した。一九一九年五月二十九日ソブラルに於ける結果は、一九一八年六月八日の日蝕にラーキンで得られた結果と、兩觀測點の間に緯度、高さ、一般的の地形、海からの距離等點について大なる相違があるにも拘はらず、大體に於て一致して居る。

前記の事實から吾人は、空中電氣、通地電流、極光、及び地磁氣は一組の現象に屬すもので、總てが太陽の活動によつて支持され、且つ變化を生ぜしめられるものであると云ふ

斷定を假りに承認して差支ない。もとより他の要因も關係するであらうが、併し其等のものは太陽との關係を單に變形し且つ其の一部を隱蔽するに過ぎないであらう。若しこの斷定を承認するとすれば、吾人は太陽が其の電氣的影響を如何にして地球に及ぼすかと云ふ問題に對することになる。

地球の大氣中の傳導電流は通例正であるに拘らず地球は負の電氣を帯びて居ると云ふ事實は多くの假説を試みる題目であつた。シンプスン、コルヘルスター、及びスワンは、ガンマ型の極めて猛烈な或は透徹的の輻射が下層の空氣中へ其の上の何處からか入るに相違ないと云ふ提唱を試みた。垂直的の電流が少くも千八百メートルまでは不變なので、地球の負の充電は其の高さより低い空氣から供給される筈がない、また地球内部の充電の破壊によつて供給される筈がない、若しさうであるとすれば地球の表面は負ではなくして正の充電を見るやうになるからである。現在の大氣の状態が一億年前の其れと著しく違ふと信ずべき理由は全然ないのであるから、この悠久な時期の間に上層の空氣其のものが此處に假

定するやうな型の輻射を供給することが出来、今尙ほより多くを供給し得られるとは到底考へられない。故に唯一の合理的の推測は、シンプスン及びコルヘルスターが共に云つた如くガンマ線¹³はある宇宙的根源、見掛上太陽から来るに相違ないと云ふことであるらしい。

(13) ガンマ線はラジウム其の他の放射能物質から發する輻射線て極めて透徹力強く電場及び磁場によつて殆んど偏差を生ぜしめられることがない。(譯者註)

スワンは透徹輻射の全體は多分ガンマ型のものであらうと述べてこの假説の範圍を擴大して居る。

外部の大氣から地表に到達するものは自ら最も透徹性に富む部分である。實際其れは、若し吸收の係数が單に密度に比例し、材料には拘らぬものであれば、吸收作用に於て高さ七十六センチメートルの水銀柱に匹敵する空氣の厚層を通過ける程透徹性に富んで居る。大氣の外層からのガンマ線輻射は従つて非常に強烈なもので、且つまた實驗室に於ける實驗の結果に従つて、其れが空氣の分子から發する負の微塵は殆んど全部輻射の方向に放射される、また一步進んで彼等はラジウムによつて生じた物から發する最も速度の大なるベータ線の限界に少くも匹敵する空中の限

界例へば八メートルの限界を持ち得ると断定しなければならぬ。従つて此等のガンマ線による微塵の放散は大氣の各の點に於て負電氣の下降流となるであらう、これを吾人は微塵電流と稱する。この微塵電流は回歸傳導電流が大氣の各の點に於ける微塵電流と均衡のとれるまで地球に充電せしめるであらう。

ビルケランド及びステルマーは、特異な幕狀極光の出現は其れが空氣中を長く通過することの出来ない、たゞ水素と窒素とから成る稀薄な上層の大氣をのみ通過することの出来る、従つて其の部分で燐光を發する電氣的放射によつて生ずることを指示するのであると考へて居る。

他のこれと大差のない見解はハンフリースからの次ぎの引用の中に含まれて居る。

光輝ある色々に變化する極光が磁氣嵐によつて伴はれると云ふ事實は、其の種類極光及び恐らくは總ての極光が放電のために生ずると云ふ事實を確實にする。また極光が黒點の週期につれて回數が變化すると云ふ事實は、この電流が太陽から来るか或は太陽の活動の反應であるか其の孰れかであることを指示して居る。嘗ては極光は太陽から射出されて地球の磁場によつて誘ひ込ま

れた負の粒子によつて生ずるのであらうと考へられた。其れに反してヴェガード (Vegard) が正の電氣を帯びたアルファ粒子のために強い論證を與へた。またステルマーは觀測される磁氣の變動を説明するために正電氣の充電を要求するやうな場合を少なくも一つ發見した。

其の證據は、未だ確定的ではないが、極光が太陽の中の放射能物質によつて放射される上層の大氣中のアルファ粒子のために生ずると云ふことを指示して居る。

チャプマン (Chapman) も亦太陽から放射する充電した粒子の流れが地球の上層の大氣に衝撃を與へると云ふ假説を提示した學者の一人であつた。リンデマン (Lindemann) はこの説を修正して、イオン化した瓦斯の雲が太陽から放射されて光壓のために吹き流されるのであると云ふ提唱を試みた。斯様な雲は完全にイオン化して居る、従つて目には見えないであらう。其の中には正と負とのイオンが含まれて居るので、分散することはないであらう。併し其の雲は地球が其の中を通過するに當つて中々の時間を要する、従つて磁氣嵐や其他の電磁的現象が打續くほど廣く空間に擴散して居ることであらう。地球の上層の空氣に於てはイオンが磁氣嵐を生ぜしめると想像されて居る。

パワーは太陽からの假定された放射の性質に關する明確な假説を提出することはしなかつたが、併し彼れの地球及び空中に於ける電流の研究は彼れをして次ぎの如き斷定を下さしめた。

概して極地方即ち顯著な極光の現はれる地方では地面まで流れて來る。また其れより緯度の低い所では空氣中へ流れ出して居る負電氣がある。或は概して極地方では地球に流れ込んで來る負電氣があり、其れより緯度の低い所では地球に流れ込んで來る正電氣があると云つてもよい……磁氣の觀測によつて發見された垂直的電流の強さを説明するためには、大氣を通過し地表を透徹する程非常に高い透徹性を帯びた微塵流の存在を假定しなければ都合が悪い……所謂「透徹輻射」は——其の原因は未だ充分に説明されないが——高度の透徹性を持った何者か、實際に大氣を通して地表まで到達すると云ふ事實を指示するものらしい。尙ほ一層面白いことには、空中電氣の普通の電位の勾配と其れに相應する垂直的の傳導電流及び其の變化が太陽の活動及び太陽と地球とのまた恐らくは他の諸の遊星との相對的の位置に關係があること、恰も地球の磁氣の状態や極光が太陽に關係があると同様だと云ふことが發見されてゐる。

太陽が電氣的放射をなすと云ふ断定は、總ての高温の物體は電子や他の形式の電氣的勢力を放射すると云ふ確立した法則とよく一致する。ボスラー(Bosler)の云ふ如く、

リチャードソン(Richardson)とハーカー(Harker)とは攝氏の約千五百度の温度で、熱せられた表面の一平方センチメートルについて一アンペアの電流を得た。電流と温度とを結びつける法則は冪數である。故に太陽からの放射は著しいものであらねばならぬ。また太陽の色球のスペクトラムの中には、實驗室では電氣的道程によつてのみ再現することの出来る多くの線が含まれて居る。：：斯様な譯で太陽は充電した物質の巨大なる對流の行はれて居る場所であると断定を下さざるを得ないのである。

ヘール(Hale)及びウィルソン山觀測所に於ける彼れの協力者は、この断定を觀測的根據の上に置いた。彼等はゼーマンの効果によつて太陽の磁場を測定した。彼等は兩極に於ける一般的磁場は約五十ガウス、即ち地球の其れの八十倍である事を發見した。黒點の部分では其の強さが増加して四千五百ガウスに達するであらう。高温度の物體は永久に磁化されることは出来ないから、太陽に於ては強烈な電流が流れて居て、絶えず磁化作用が新たに發生しつゝ、あるに相違ない。電流の強さの變化は一般的磁場の強さの變化を伴ふに相違ない。電流の強さの變化にはまた電子の放射の變化が伴ふに相違ない。

右に述べて来た色々な事實は次ぎの断定を保證するやうに思はれる。

(一)地球の電氣的及び磁氣的現象は少くも四つの種類に分けられる、即ち磁氣、極光、通地電流、及び空中電氣である。始めの二つの現象は最もよく人に知られて居る、また其れが黒點、紅焔、其他の變動に示されるやうな太陽活動と一致して變化することは殆んど一般に承認されて居る。

(二)最近の研究によれば通地電流と地磁氣とは密接の關係を有する。觀測的材料は未だ充分でないが、其れによると通地電流の太陽に對する關係は磁氣及び極光の其れに似て居る。

(三)空中電氣は其れが對流、雨雪、霧、雲、風の如き氣象状態によつて著しく影響を受けるために餘り明瞭には解らない。併し此等の局部的且つ一時的の效果は長い時期に互る

且つ多くの地方の材料を用ひて大に除去する事が出来る。さうすると三つの大いなる事實が明瞭に浮き出して来る。第一、地球及び地球の大氣の充電の維持、及び殊に高緯度の地に於ける充電の増加は、太陽からの放射の如き強力な永續性の外部的根源を假定しなければ説明が出来ない。第二、毎時、毎月、毎年の空中電氣の變化は、磁氣、極光、及び通地電流の變化と著しい一致を示して居る。第三、黒點の週期、日蝕、太陽に對する地球磁極の位置と空中電氣の變化との關係は、太陽の變化が地球の變化の原因なる事を暗示する。

(四)太陽が電氣的に極めて活動的なること及び電氣的放射をなしつゝあることは、殆んど確實に決定されて居るやうに思はれる。其の電氣的活動は黒點及び太陽の常數と可なり密接に調和して變化することも證明されて居る。

今まで知られて居る總ての事實に基くと、地磁氣、極光、通地電流、及び空中電氣は一組の密接な關係のある現象であつて、其の總ては其の勢力の多くを太陽からの電氣的放射に仰ぎ、其の總てが太陽の大氣の變動と多少密接に調和して變化する。

第七章 太陽の電氣的效果を及ぼす區域

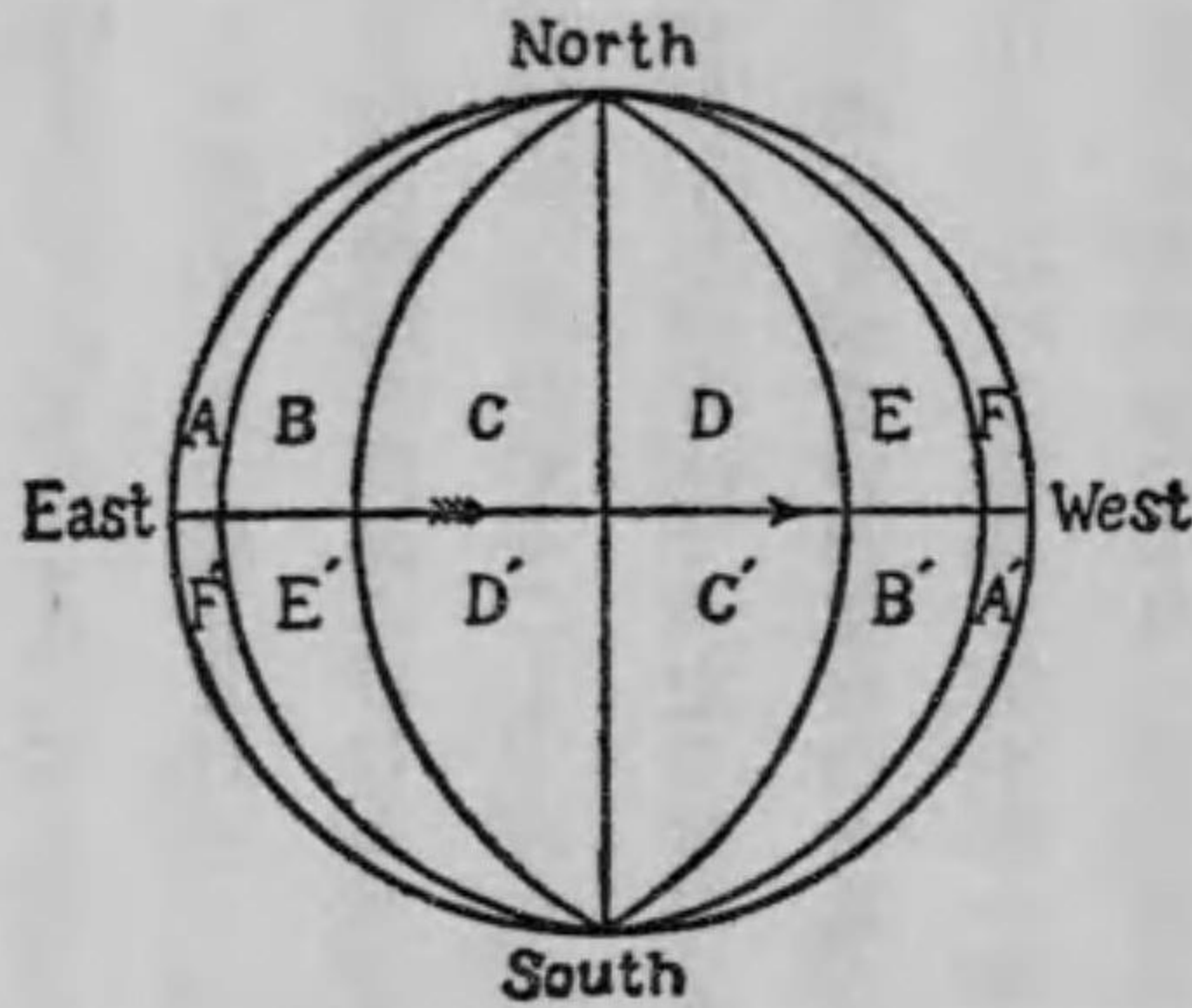
概説 太陽の電氣的作用の變化が地球の大氣の電氣的狀態の決定に與つて力あることは確實であるが、太陽の總ての部分が同一の電氣的效果を及ぼすのではない。太陽の周縁の黒點は地球に對して最大の效果を及ぼす、併し東端と西端とは其の結果が同一でない。また太陽の南半球の黒點と北半球の黒點とは正反對の結果を生ぜしめるのである。

既に屢述べた如く太陽面の各部分は、其の性質に於てもまた地球に及ぼす影響の強さに於ても種々様々である。この叙述の眞實を決定することは、特殊の場合に極光、磁氣の變動、通地電流、及び空中電氣を生ぜしめるに役立つ太陽の勢力の分量を正確に測定するに必要な豫備である。のみならず太陽の表面の效果を及ぼす區域の分布は、地球と太陽との間の電氣的關係の性質につき、また地球上の天氣が太陽の光の輻射によつてと同じく太陽の電氣的狀態によつて決定されるであらう其の程度についての證據を提供するであらう。

太陽面の異なる部分が電氣的性質に於て違ふかどうかと云ふ問題を明かにする一つの方法は地球の大氣の電位と太陽面の特殊の部分の黒點とを比較することである。不幸にして空中電氣の長期に亙る記録は其の数が極めて乏しい。一九一〇年以前にはキューとボツダムとが其の日々の記録を印刷物によつて長い間利用し得られる唯一の觀測點であつた。併し一九一〇年以前の時期を使用することが必要と思はれる。其れはたゞ斯くしてのみ後の章でなす如くに、黒點の多い時期の大西洋上の氣壓傾度と比較をすることが出来るからである。歐洲戦争は一九一七年の黒點の極大に密接の關係を持つて居る多くの記録の出版を遅らした。従つて吾人は一九〇四年から一九〇九年に至る六年間にキューで觀測した大氣の電位の日々の勾配についての記録を用ふることにする。

倫敦附近の電氣的不安定を考へると、此等の記録は能ふ限り早く西班牙のエプロのやうな場所のもつと新らしい且つまたもつと安定な記録と照り合せて見る必要がある。併し吾人の得た結果は驚くべき明瞭なものである。一九〇四—一九〇九年は可なり黒點の多い時

第三十圖



空中電氣との相互關係に對して太陽面を分割したる區劃。

期であつた。黒點の少ない時期にも無論太陽には電氣的變動が起る。併し吾人は未だ其れについて何等の記録をも持たないので、黒點のない時には電氣的變動もないと假定すれば、

謬りに陥るであらう。實際にヘールは最近肉眼によつても或は寫眞機によつても發見し得ない太陽面上の電氣的變動を測定した。

現在の研究の第一歩は太陽の面を十二の區劃に分つことであつて、其の一區劃は第三十圖に示すが如く幅三十度で赤道から一方の極まで延長して居る。外側の區劃は地球から見る時は、其の曲面が殆んど視線の中にあるので、極めて狭く見える。故に多くの小黒點は、其れが中央の區劃にあれば見えるであらうが、其の部分にある時は全く見えない。其のやうに畫面の縮むことに對して充分の斟酌が

なされると、太陽面の中央子午線から色々の距離にある區劃の見掛上の黒點は次ぎの如くである。

零度——三十度 || 百七十三、三十度——六十度 || 百五十七、
六十度——九十度 || 百。

次ぎの段階は各區劃に於ける日々の黒點の區域と、同日に於けるキューでの電位との間の關係數を決定することである。黒點の區域は總ての黒點の暗黒部の區域を加へると云ふくどくしい方法で決定された。或は黒點の全體を用ひた方がよかつたかも知れないが、暗黒部は一層小さい利便な數を與へるし、また全體の面積と暗黒部の面積との割合は、孰れにしても最終の結果は根本的に同一になるほどに一樣である。電位の日々の値はグリニチの表に示される二十四時間の觀測を平均して得られた。

若し空中電氣が結局太陽からの電氣的放射によるものとしても、或る日の下層の空氣の電位の勾配は、たゞ太陽のみに基いて期待される所とは著しい差が生じるであらう。先づ

第一に地的効果が其の太陽的原因の後に遅れて現はれるかも知れぬ。第二に總ての種類の地的状態が大氣の電氣的状态に大なる影響を及ぼすかも知れぬ、また實際に及ぼすのである。地的状態の中で重要な位置を占めるものは對流である。對流によつて充電した空氣が其の儘影しく上方或は下方に運ばれる。對流が旺に行はれる程、電位の勾配は對流と密接な相互關係を持つやうになり、太陽との關係は親密の度が減じる。故に太陽との關係は若し其の關係が實際に存在するとすれば、夏よりも冬の方が明瞭になるべき筈である。

また前章に記した如く、氣壓の低い曇つた雨がちの地域よりも氣壓の高い晴れた地域の方が電位の勾配が急である。吾人の調査した所でもこの關係は極めて密接で、一九〇四年から一九〇九年までのキューに於ける日々の電位の勾配と氣壓とを比較して見ると、有り得べき誤差の殆んど十九倍の正の關係數を示して居る。この關係は冬よりも夏の方が遙かに強い。降雨もまた大氣の電位の勾配を決定する主要なる要因であることは、シンプソンの得た結果を論ずるに當つて述べた通りである。降雨と電位の勾配とが如何に密接な相互

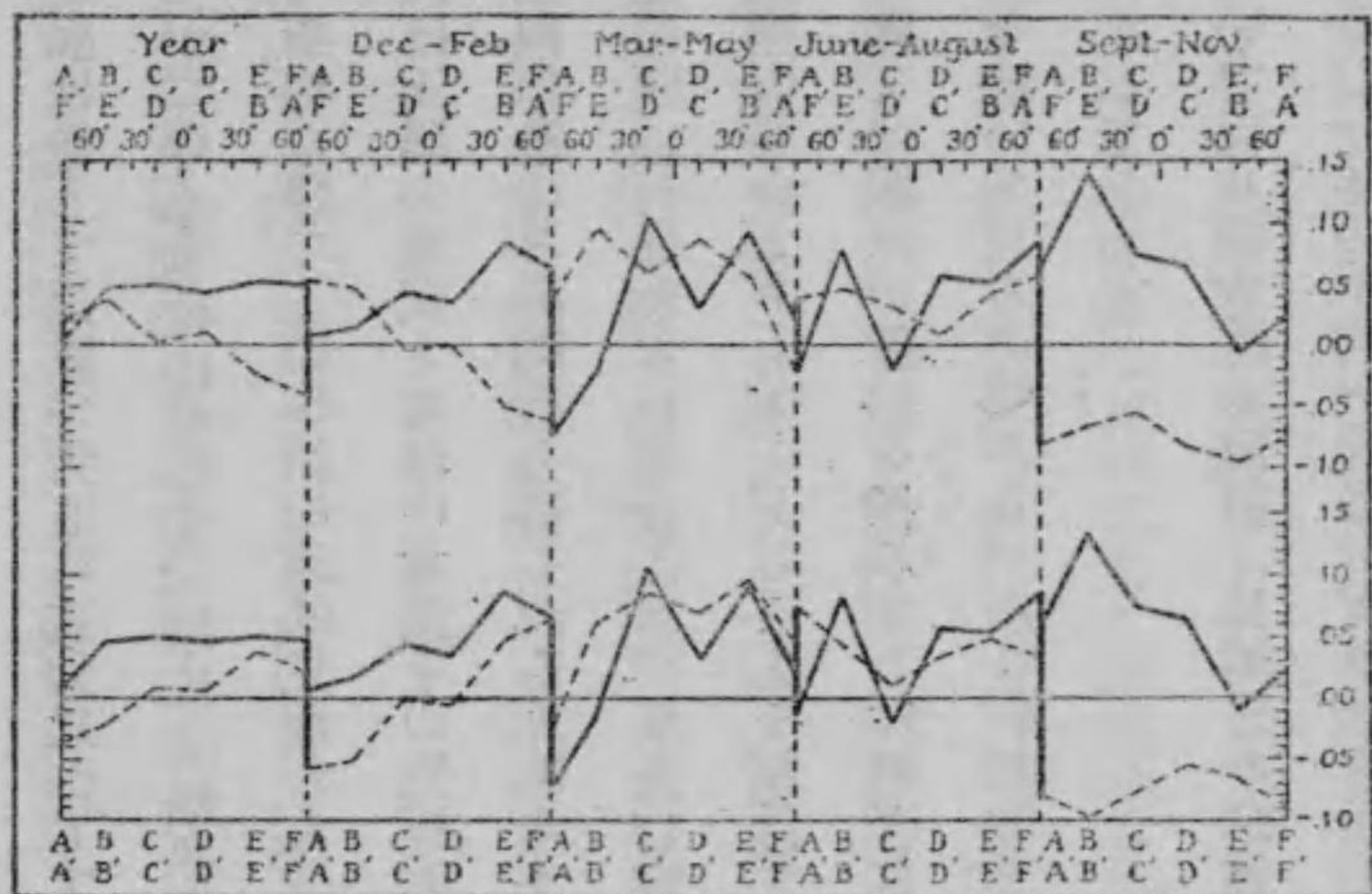
關係を有するかは、これ亦吾人の調査に明かに現はれて居る。即ち一九〇四年から一九〇九年に至る六年間の係数は -0.270 で、有り得べき誤差の殆んど二十倍に達して居る。相互關係の程度は季節によつて大に變化があつて、一月から六月までの半年は高く、五月には極大を示すが、七月以後は概して低い。他の要因も亦下層の大氣の電氣的狀態に影響を及ぼす。故に太陽の放射が空中電氣の唯一の根源であるとするれば(恐らくさうではあるまいが)、また上層の大氣の充電が全く太陽の放射によるものとするれば(これも眞實ではあるまいが)下層の空氣は太陽の電氣的狀態の日々の變化と低級の相互關係を示すに過ぎないのであらう。また對流の攪亂的影響のために相互關係が夏より冬の方が明瞭に見られるのであらう。

次いで太陽を見るに、其の狀態は黒點と大氣の電位勾配との著しい相互關係を地的狀態ほどには最早期待せしめないであらう。先づ第一に黒點は太陽活動の不完全な標準に過ぎない。太陽には目に見える影響を伴はない電氣的活動が存在するのみならず、黒點の電氣

的活動は決して黒點の大きさに直接比例して變化するものではない。のみならず吾人は太陽面を十二の小單位に分けて、原因と結果との間の遅れに對しては何等の酌量もして居ない。斯様な譯でこの事柄を地的見地から見るとせよ、また太陽の見地から見るとせよ、よしんば太陽の電氣と地球の電氣との究極的關係が密接であるとしても、吾人はたゞ小さい相關係數のみを期待し得られるであらう。また其の關係が氣壓の高い時と同様に冬及び對流の旺に行はれない場合には、夏及び旋風の中心で空氣の大塊が上方に噴騰しつゝある低氣壓の場合よりも大であることを期待するであらう。吾人が現在の方法から期待し得られる總ては關係の種類を指示するに過ぎないので、其の眞の強さに關しては殆ど或は全く知識を缺いて居るのである。小さい相關係數と雖も、其れが組織的であれば、多くの意義を有するであらう。

次いで現在の方法の制限と目的とを念頭に置いて第三十一圖を調べて見やう。同圖には四季及び一年の平均の係數のグラフを示してゐる。連續線はキューに於ける電位の勾配と

第三十一圖



キューに於ける日々の電位の勾配と1904年より1909年に至る太陽の十二區劃に於ける黒點との相関係数。

連続線=太陽の北半球。

点線=太陽の南半球。

度は太陽の中央子午線から距離を表はす。

文字は第三十圖に圖示した太陽の區劃。

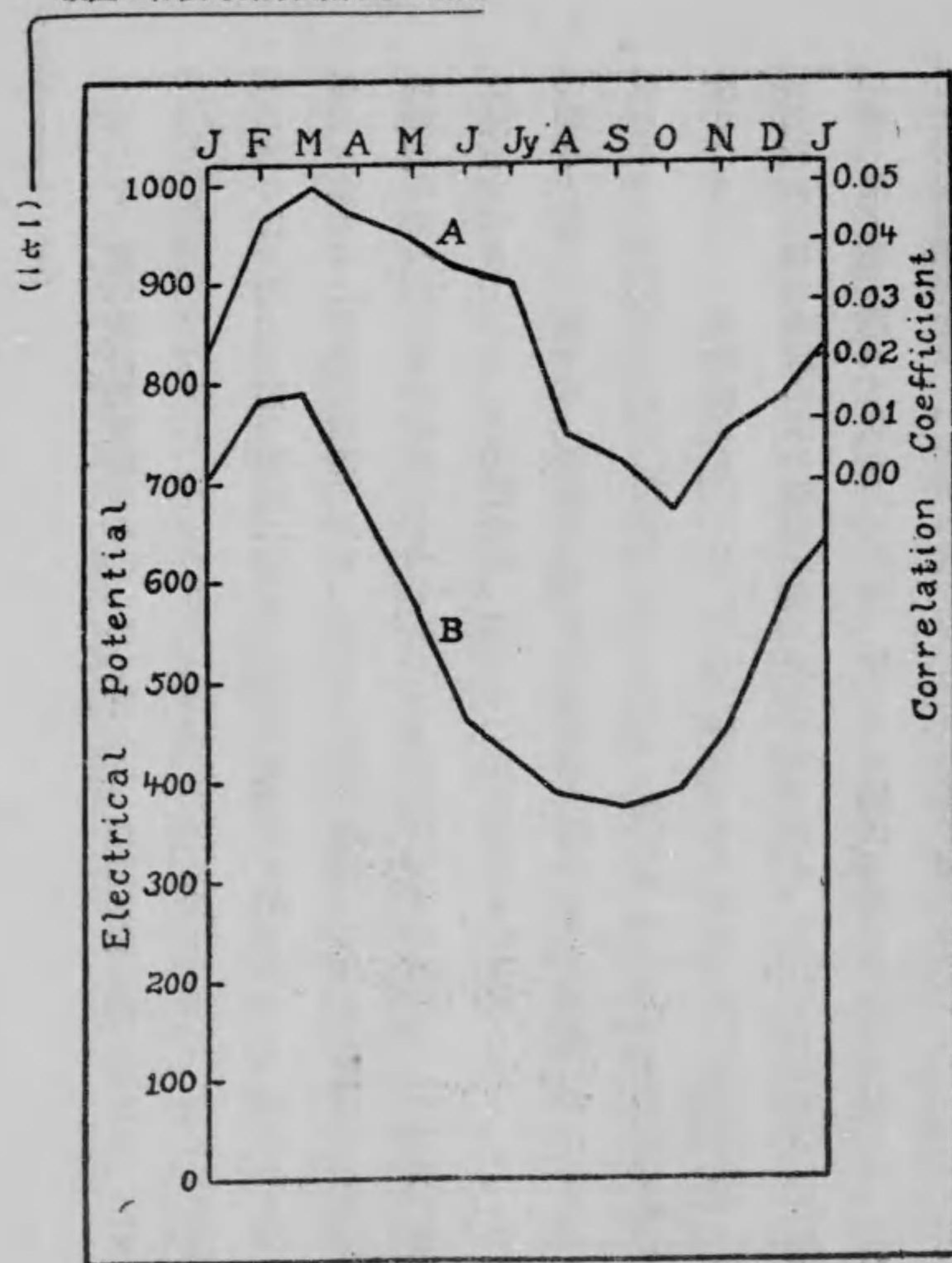
太陽の北半球即ち第三十圖のAからFまでの區劃に現はれた黒點との間の相関係数を表はして居る。點線は太陽の南半球即ち第三十圖のA'からF'までの同様の係数を表はして居る。水平の不連続線は有り得べき誤差の大體の位置を示す、勿論これは係数の大きさによつて變化するが。太陽の南北兩半球の地球に及ぼす關係の

間の反對の一致を示す爲に下部の圖を加へてある、其のグラフではA'からF'までの係数がAからFと同様に左から右へ、即ち第三十圖に示された位置とは反對に配列されてある。第三十一圖の上部のグラフでは、太陽の北半球を表はす連続線は左から右へ次第に高くなる一般的な傾向があるが、南半球を表はす點線は反對の方向に傾いて居る。この傾向は八月から十月までの間は消滅する、十一月から一月までは其の發達が著しくない、而して他の二つの季節は一年の全體と同様に顯著である。一年全體を取つて見ると、黒點が太陽の北半球の東端即ち第三十圖のAに現はれた場合には、キューの電位の勾配と何等の認め得べき相互關係を示さない、相関係数が實際に零(±0.000)なるがためである。併し黒點が太陽面を横ぎるにつれて電位との相互關係が次第に著しくなり、遂にはC及びEでは+0.051(±0.0156)Fでは+0.050(±0.0156)の極大に到達する。黒點が太陽面の西端に消えんとする時には、黒點の電位の勾配との積極的の相互關係は、太陽面の中央子午線附近の部分よりも多いであらう、これはEとFとに於ける係数はCとDに於けると同様に高いからであ

る、上に述べた通りE殊にFの區劃が地球から外れて居るために多くの黒點は見えないのであるが。太陽の南半球に於ては、其の狀態が北半球の其れとは反對である。黒點が始めてFに現はれた時には、其の黒點は+0.038と云ふ小さい正の相互關係を示して居る、これがE即ち太陽の中央子午線の東三十一六十度の區劃では+0.038に昇る。ついで其の相互關係は零に降り遂には-0.038と云ふ負數になる、故に太陽面の南西端に於ける黒點は緩慢な電位の勾配と相互關係がある。

第三十一圖の下部のグラフでは、其の場合には南半球を表はす線が逆になつて居るので實際は右になるものが左になつて居るが、太陽の兩半球が全く正反對の現象を示すことが明かに現はれて居る。二月から四月まで及び五月から七月までは、太陽面の斜めに相對する部分は殆んど同様にキューに於ける空中電氣と同じ關係を持つて居る、これは連續線と點線とが殆んど完全に並行して居るので解る。十一月から一月までは前者ほど著しくはないが同一の狀態が現はれて居る。たゞ八月から十月までの間は並行が破れる。

太陽の電氣的効果及びその區域



第三十二圖

キューに於ける黒點と電位の勾配との相關係數の季節的變化とキューに於ける電位の勾配の季節的變化との比較。
 A. 太陽の十二の區劃に對する相關係數の平均の月の値と1904年より1909年までの電位の勾配との比較。
 B. キューに於ける電位の勾配。