

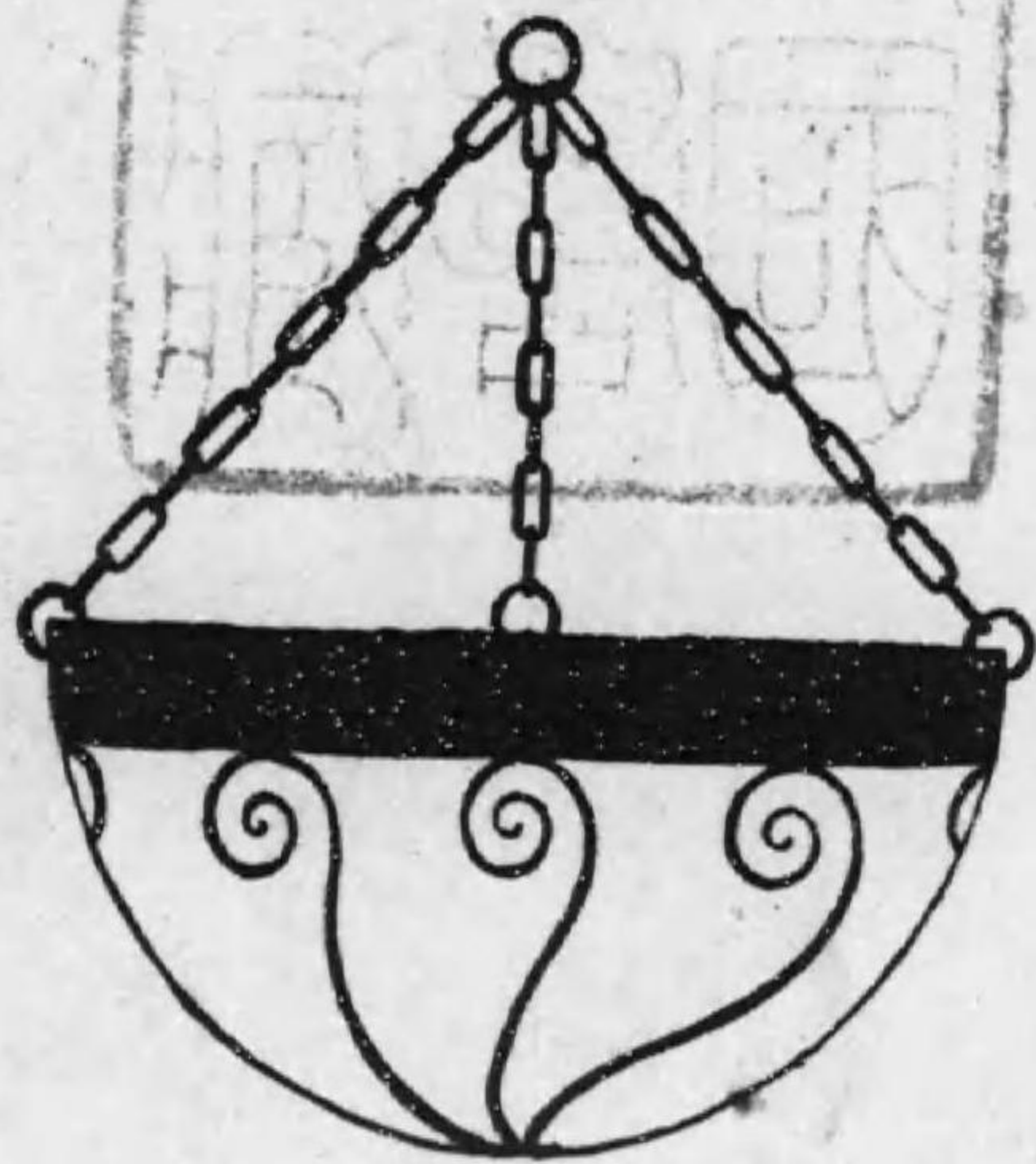
6 7 8 9 50 1 2 3 4 5 6 7 8 9 6

527  
69

始



現代常識大系  
第二編



地球の見える方

大正  
14. 2. 21  
丙寅

版社通社

編輯

文學士	淺野利三郎
法學士	早坂二郎
理學士	大久保昶彦
商學士	伊藤正一
工學士	土田清次

はしがき

我々の脚下に横たはる大地は、普通に、我々地上者にまつて、何よりも安全なもの、何よりも他頼りになるもの、といふ風に考へられてゐる。それは如何にもその通りであつて、我々にまつて、これ以上に安全な住所は、他に求め得られさうもない。また、たゞひ、我々の地球が、我々に見えるほどに、しかく安全なものではないにしても、我々は、さしあたり、地球に見替へるべき安住の地を、他に見出し得ない。所詮、地球は、それが我々にまつて無上の安息所であらうと、或ひはまた、パラツクにも倍して他頼りのない住居であらうと、我々地上者に與へられた、唯一無二の住所であると言はねばならない。

然らば、この地球が如何なる存在であるかを知ることは、我々地上者にまつて、決して等閑に附せられ得ないところの、重大な問題でなければならぬ。

本書は地球の誕生から、その死滅に至るまでの、あらゆる生活過程、——即ち、地球の全史又は進化史を、科學的正確さを失はない範圍に於て、できるだけ平易に叙述しようを試みたものである。諸者は、これによつて、地球もまた、我々の生物の如くに、誕生し、成長し、我々生物の如くに、呼吸し、脈搏し、そして運動するところの、一種の生命ある存在であることを知るであらう。地球もまた、我々生物と同じく、いろんな疾病に冒され、時には不時の死に襲はれる可能性をも有するものであることを知るであらう。そして最後に、地球もまた、我々生物と同じく、結局は、老衰と自然死を免かれない宿命を有することを知るであらう。かくして、讀者はそれらに附帶するいろんな興味と発見とを控除しても、なほ、この地球が、我々の住所として、如何ほどの安全率と危険率とを有するか、従つてまた、その危険に對して、豫め如何なる程度及び種類の、用意と覺悟とを有たなければならぬかを、大凡そ知ることが出来るであらう。

一九二五、一月

筆 者

## 地球の見方 目次

### 一、地球の誕生

#### 1、天空の概観

——見解がたき宇宙の謎——天空を飾る星の種類——太陽は一個の顯微鏡的存在——分光器的研究は太陽と地球との共通の起原を示す——星の色は何を語るか——死滅せる太陽「暗星」

#### 2、驚異すべき天界の機構

——宇宙の謎を解く鍵——ケプラーの法則とニュートンの法則——マックスウェルの大発見——放射の壓力——星と星との間の空間を充たす宇宙塵——彗星の尾部

3、星を生成するものは何か……………三

——暗星の重大なる役目——星雲の分光器——水素とヘリウムとは物質崩解の究極の産物——螺旋状星雲の核はどうして出来るか——星は星雲から生まれる

4、太陽系生成の過程……………二〇

——星雲が低温度にあつて然も發光するわけ——星への進化——水素及びヘリウムは新星完成の發足點——暗星衝突による新星雲の生成——惑星系はどうして出来るか

5、地球は如何にして生まれたか……………二六

——地球の個性とその發達——遠心力による赤道部の膨出と月の生成——冷却による殼の形成——地球の誕生

二、地球の年齢……………二九

1、地殼形成の階段、地球の幼年時代……………二九

——地球の殼を構成する主要な元素は何か——最初の岩石は最も溶解しがたい元素の凝固したもの——最初の氣層は如何なる状態にあつたか——岩圈の褶はどうして出来たか

3、海陸は如何にして形成されたか……………三五

——水蒸氣の凝結——四面體對稱の法則——南北に走る大陸の方向は何を意味するか——生命現象に必要な條件の具備——沈澱作用の開始

3、生物の出現とその活動……………四一

——氣層は一種の保熱網——氣温の低下と生命現象の可能——生物は如何にして

4、地球が現在の輪廓を獲得するまで……………六

始めて地球に現れたか——原始植物の大活動と酸素の大量生産

——地殻の安定——脊椎動物の進化——巨大な爬虫の跋扈——火山の活動と大山脈の形成——哺乳類の出現——氷河の進出と動植物群の移住——氷河の退却と現在の氣候的状況の確定——人類の出現

5、地球の年齢は？……………六

——種々の見積もり方——海水の鹽度を基礎とする見積もり——沈澱現象を基礎とする見積もり——礦物中のヘリウム量を基礎とする見積もり——地質學的考察による見積もり——地球の年齢は十億乃至二十億年——リッブマンの假設

三、地球の形狀、大きさ、及び質量……………六

1、地球の形狀……………六

——望遠鏡的觀測——地球は完全な球體ではなくて回轉楕圓體である——地球の半径は約四千哩——地球表面の最高の山の高さ及び最深の海の深さは、地球の半径の七百分の一に過ぎない

2、地球の大きさ……………六

——子午線弧測定の重要——メートル法の基礎は何か——白金の標準メートル棒——地球の大きさから獨立した新單位——地球の扁平率の最も確からしい値——海の面積は陸の面積の二倍半

3、水陸の分布……………七

陸半球と水半球——大陸と大洋とは正反對の位置を占めてゐる——水陸の對立は

何を意味するか——地球四面體説

4、地球の容積と地表の形貌……………八〇

——地球全體の容積は何程か——水の容積は陸の容積の十三倍——陸地而及び海底面の地貌——地貌の一般的傾向

5、地球の質量……………八六

——質量とは何か——質量と重さとの區別——質量の單位——地球の質量はどうして測定するか——動力學的方法と靜力學的方法——地理學的方法による實驗の結果——地球の平均密度

6、地球の目方を量る秤……………九五

——カヴェンディッシュの實驗——地理學的及び物理學的方法による實驗の結果の

見事なる一致——驚くべき天才の直観——尠大なる天體の質量

7、地球の内部構造……………一〇一

ロッセ・ヴィーヘルトの法則——地球の中心部は如何なる状態にあるか——鶏卵の殻よりも薄い地球の殻——驚くべき高温度と高壓力との支配下にある中心部——地球内部の環流運動

四、地球の運動……………一〇五

1、迴轉運動……………一〇五

——自轉運動發見の歴史——フーコーの實驗と發明——落ちる物が東偏するわけ——遠心力——若し地球が現在の十七倍の速度で迴轉したならば——物が落ちるといふことのない世界

2、公轉運動……………二八

—公轉の速度は一樣ではない—平均速度は一時間六萬六千哩—自轉と公轉とは如何に結合してゐるか—軌道面に對する地軸の傾斜

3、月及び太陽の與へる影響……………二三

二萬六千年毎に描かれる圓—歳差—十八年半を週期とする章動—六箇月を週期とする地軸の運動—十四日を週期とする地軸の動搖—地軸の週轉運動を表はす複雑な曲線

4、極の移動……………二九

—極移動發見の徑路—緯度の變動—萬國測地學會の決定的實驗—極の移動は週期的—極移動の空間的範圍—チャンドラーの公式—極移動の原因—極地探險家 悲哀

5、地球の運動に起こる種々の動搖……………二四

—偏心率の減小—十一萬年毎に起こる運動の變化—第三の動搖—公轉運動の二元的性質—橢圓軌道を描くのは地球・月の重力の中心

6、星と星との間の空間運動……………二五

—「織女」星の方へ—地球の眞の軌道は直徑約二億哩の橢圓螺狀線—地球は全體として十二種類の運動を有す

五、地震現象……………二六

1、地震と火山……………二六

—殼の不均質—火山及び地震の原動力は何か—内部の熱エネルギーの二様の現はれ—火山の一般特徴—火の河、火の湖—典型的の火山は一種の安全



2、天變地異的の火山爆發……………一五二

——恐るべき壓力の蓄積——ヴェスヴィアスの爆發とポンペイの埋没——クラカ  
トアの爆發——全地球を包圍した灰塵網——モン・ブレエの爆發——磐梯山の爆  
發

3、火山帯と火山の數……………一五三

——莫大なる噴出物——火山爆發による地殻形相の變化——火山帯は大洋の邊緣  
に沿ふて走る——夥しい火山の數——地球の内部活動を示す諸現象

4、地震の原因と震動の種類……………一五六

——冷却による壓力の減小と殼の沈下——火山爆發による殼の沈下——核の上層

環流と殼の内面との接觸——震動の三種類——上下動、水平動、波形震動

5、地震豫知の問題……………一七〇

——震央と震源地——地震と低氣壓——地震と季節——地震と地球の核の潮汐運  
動——三現象の週期的一致——地震と太陽黒點の活動との關係

6、地震現象と四面體說……………一七四

——最小限活動の原理に基づく球體の縮小——橢圓體形と四面體形との類似——  
四面體の各頂點と各面——深い北極洋と高い南極大陸——地球四面體の底面が北  
にあることの證據

7、四面體と迴轉運動……………一八〇

——迴轉運動は地球四面體に如何なる結果を興へたか——古洋傘についての實驗

—各大陸の歪み—大陸間の凹處  
**8、地震帯及び火山帯の説明**……………一八四

—褶は抵抗力の最も弱い地帯—地殻の褶は四面體の邊に相當する—地震帯は四面體の邊の捩れ—海陸による重力の不平均は何を意味するか

**9、地球の剛性**……………一八九

—第一地震波の速度—第二地震波の速度—理論と観測との一致—地球の核の剛性は鋼鐵のそれと同じ

**10、地殻の變動**……………一九二

—地震による地殻の急激な位置變動—地殻の緩慢な位置變動—正確な緯度測定の重要

**11、地震津波**……………一九五

—大規模の波紋現象—津波の襲來する瞬間—三陸地方の大津波—津波の傳播速度—傳播の法則—傳播の速度と海洋の平均深度

**六、地球の磁氣及び電氣現象**……………二〇〇

**1、理論的考察**……………二〇〇

—太陽光線の電氣作用—太陽の電荷と磁場—地球は太陽電磁氣の場の中を運動する—放射の壓力—電子—太陽コロナの偏れ

**2、地球磁氣の時間的變化**……………二〇六

—磁氣子午線と地球子午線—偏角、俯角、水平磁力—偏角の變化と太陽黒點の活動—俯角の變化とフォルゲレーターの古代陶器の研究

3、地球磁氣の場所的變化……………三四

— 磁北と正北 — 磁極と北極 — 磁極の移動と地球磁氣の變化 — 等方位線  
— 地球磁氣の分布

4、磁石嵐……………三九

— 磁石嵐、極光、及び太陽黒點の週期の一致 — 磁氣の地方的變則とその原因

5、地球電流……………三三

— 電信擾亂 — 極光、磁氣嵐、及び地震との一致 — 太陽黒點と地球電流 —  
太陽磁力線と磁場の方向 — 陰極線と極光

6、太陽と地球電流……………二六

— 太陽微分子の速度 — 太陽黒點の子午線通過と磁氣嵐の最大振幅 — 極光の

説明 — 中間線 — 太陽の活動と暴風雨 — 紫外線的作用 — 空中電氣現象と生  
物

七、大陸の攻防……………三五

1、大陸破壊の作因……………三五

— 水蒸氣の凝結 — 太陽熱による岩石の龜裂 — 水の氷結作用と破壊力 — 重  
力の破壊力

2、流水の破壊作用……………三九

— 流水の浸蝕磨削 — 流水の滲潤作用 — 會流の破壊作用

3、氷雪の破壊作用……………四三

— 積雪と雪崩 — 壓力による凝縮作用 — 氷河の進出と融解 — 冰山 — 地下

水の破壊作用

4、風及び波浪の破壊作用……………二四七

——膨脹及び收縮の破壊力——風の磨削力——海洋の破壊力——統計上に表はれる大陸破壊事業——大陸が完全に破壊し盡されるとき

5、大陸建設の作用……………二五二

——沈澱作用——大河の流入と三角洲及び砂洲の形成——昇潮及び退潮による建設作用——海中微生物の建設作用——環状珊瑚島の形成

6、大陸の運命……………二五六

——大洋水準の高騰と大陸面の低下——大陸は結局消滅するか——火山爆發と地震現象による大陸の隆起

八、地球の老衰及び死滅……………二五六

1、地球の運命……………二五六

——破壊作用及び建設作用の抗争はいつまで續くか——大氣中に於ける炭酸瓦斯の増量——温暖な時代の招來——生物の繁榮——究極の運命——ヘルムホルツの計算

2、死滅した地球……………二六三

——炭酸瓦斯の消失と冷却率の増大——新大洋の形成——太陽の老衰及び死滅  
暗黒なる空間に於ける死星の行列

3、世界の甦生……………二六六

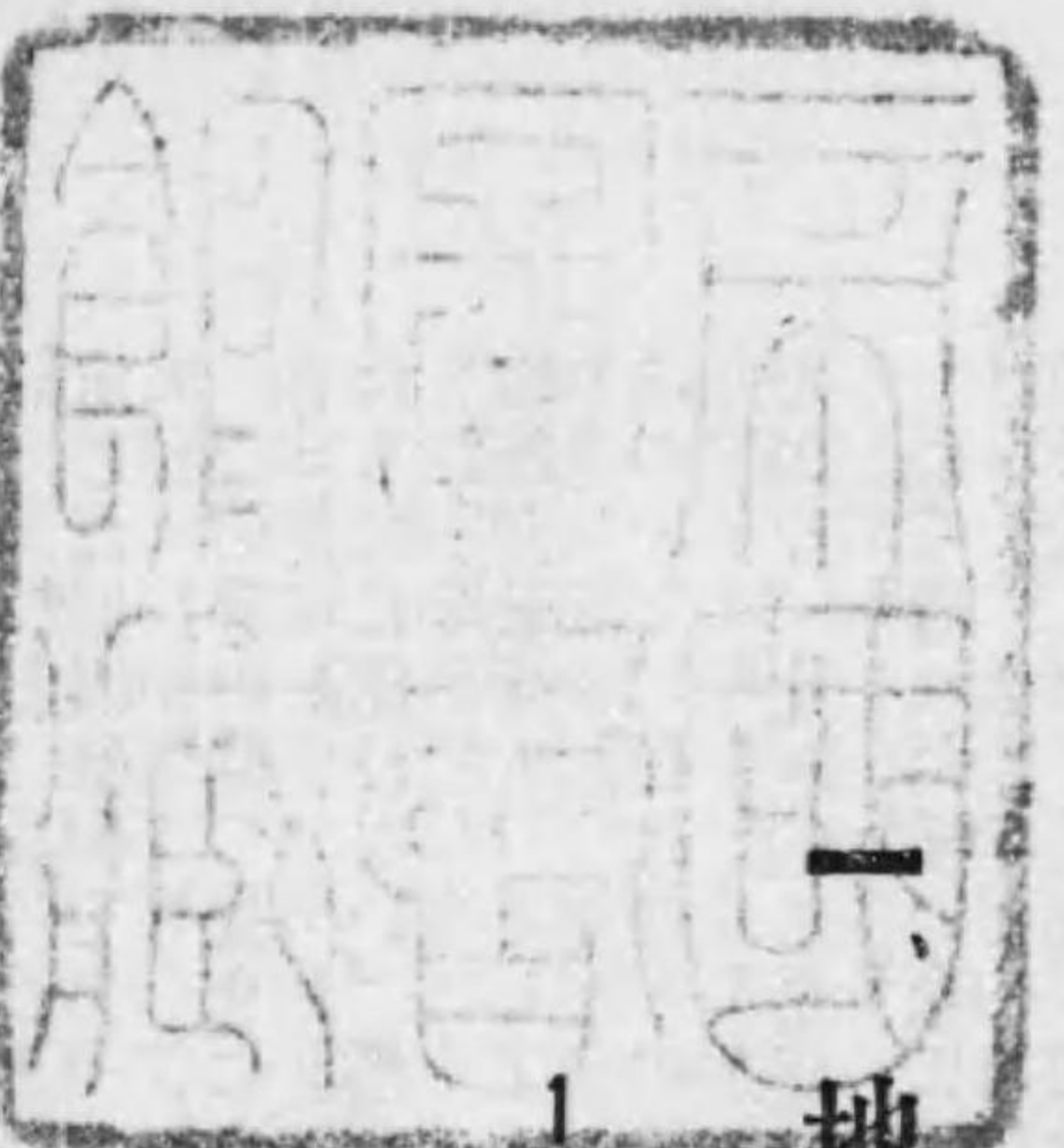
星と星との距離——暗星衝突の可能——公算理論による天體衝突の機會——衝

突の結果——新星又は新星雲の出現——永遠の時計の一廻轉

目次(畢)

一、地球の誕生

1 天空の概観



——見解がたき宇宙の謎——天空を飾る星の種類——太陽は——

個の顕微鏡的存在——分光器的研究は太陽と地球との共通の起源を

示す——星の色は何を語るか——死滅せる太陽「暗星」

我々の棲息するこの小なる地球は、そもそも如何様にして宇宙間に出現するに至つたのであ

るか？ それは如何なる條件の下に發生したのであるか？ その構成、その太初の形を決定した原因は何であつたか？ 言ひ換へれば、地球の受胎と誕生との條件は何であつたか？

この著の眞つ先きに自然に起こり來たるべき如上の疑問は、古來常に人間の心を領し來たつたものに違ひない。然し、これらの疑問を、たとひ完全にではなくとも、兎も角、我々をして、地球が發生し、そしてそれが空間に於ける一個の世界として形を成す間に働いた物力と條件とについて、何ほどの觀念を獲得することを得しむるに足る程度に、それらの疑問が解明されたのは、比較的最近のことに屬するのである。

よく晴れた暗い夜に、我々が空と呼ぶあの廣漠たる天界を眺めるならば、我々はそこに、最初瞥見したところでは全然解けがたき謎としか思はれないところの、不可思議な光景を見る。天文學者は、この一見不可思議な光景を注意深く觀察研究した結果、天界の諸現象を明確に分類し、彼等の研究の對象たる困難な諸問題を單純化することに成功した。

先づ第一に、天空を飾るあの無數の燦爛たる星の中には、きらきらと煌めくものと、一樣な變はらぬ光りをもつて輝くものと、二つの種類がある。前者は、望遠鏡を用ゐてどんなに擴大しても、幾何學的の點として見えるに過ぎない。これらの星は、天空に於ける或る一點をよぎる想像的の線の周りを絶えず運動しながら回轉するやうに見える。ところが、後者は謂はゆる惑星であつて、その觀測に用ゐる器械の力が増大するとともに、益々大きくなつて見える。それらの運動は、星の運動とは異つて、一個の大きな光る球、即ち太陽の周りを回轉する。

太陽そのものはどうかといふと、一見したところ、我々の周りを回轉して、それが見えるときに晝を、それが地平線下に隠れるときに夜を齎らすやうに思はれるが、然しその實、動くのは我々の地球であつて、太陽ではない。

夜間だけ、しかも或る時期だけ、盈虧さまざまの相を見せて輝く第二の球は、我々の地球に直屬してその周りを回轉する。これが即ち月である。

天體はまた他の現象をも示す。天空の或る場所には、極く小さな星が多数密集してゐる結果、すべてこれらの星は互に分離獨立したものであるにも拘はらず、見かけ上一種の光點を形ちづくつてゐる。これが謂はゆる星團である。また或る場所には、不定形、螺旋形、又は圓形の、種々様々の形状をなして、暗黒の空を背景に灰白く光つてゐる部分がある。これは星雲である。更にまた、灰白く光りの途方もなく大きな軌道又は帯が、全天空を横断一周してゐる。これは銀河と呼ばれ、小さい星が無数に集合したものである。我々の太陽は、疑ひもなくそれらの小さな星の中の一つを成すもので、我々にとつては斯くも尠大なものではあるが、空間の大きさに比べるならば、一個の顯微鏡的存在に過ぎない。

このほか、一時的の天體が不意に天界に現はれる。即ち、花火に似た流星がそれであつて、可なり多數現はれたり、一定の時期に現はれたりすることが珍らしくない。また或るときには光つた核と長い尾とをもつた特殊の天體が現はれる。これは彗星であつて、その周期は往々に

して非常に長い。それからまた、全く新しい星が不意に光りを發して、一時恒星のやうな外觀を呈することがある。それらの光輝は増大し、一時増しも減りもしない状態に在つた後に、やがて次第に減退して終には消滅する。

以上は、天文學者の學び知つた最も簡單な觀測上の事實である。我々が若し、普通の望遠鏡でなしに、分光器として知られるあの驚くべき器械を用ひて天體を調べるならば、我々は、少くとも太陽と地球との關係する限りに於いては、それらが大部分同一の化學的要素から成り立つてゐることを證明することができる。この事實は、それだけで既に、それらが共同の起源を有するものであることを暗示する。以前には、太陽のみに存在するものと思はれてゐた或る元素が、その後、我々の地球を形成してゐる物質の中に發見された。

我々の地球は、その運動の性質が、すべて橢圓體をなして空間に孤立し、太陽の周圍を回轉進行するところの、惑星に類似する。ところで、周航によつて地球の周圍を完全に一周する

ことができるといふことは、地球も矢張り空間に孤立して存在する一個の天體であることを證明するものである。また、月蝕の際に月の面上に投げる地球の影が圓いといふことも、地球が球状をなしてゐることの一つの證據である。故に、以上の我々の豫備的研究からは、一つの結論が抽出され得る。即ち、我々の地球は、太陽系に屬する一惑星であつて、太陽系の中心をなす太陽と同一の要素から成り立つてゐる。

分光器が我々に與へるもう一つの知識は、太陽と星とは自主的に發光する天體であるが、惑星や月が光つて見えるのは、それらが太陽の光りを反射するためであつて、自主的な發光によるのではないといふことである。自主的に發光する天體、星と太陽とは、それ故に、天體物理學者の研究によつて非常に寒冷であることがわかつた空間に在つて、非常に高温にあらねばならない。恰度、鎔鐵爐の中で熱せられた鐵片が、冷却するに従ひ、次第に眩しいほどの白色から黄色に、黄色から橙黄色に、次ぎには明るい赤色に、最後には暗赤色に變はるときに、我々

はその色によつて鐵片の溫度を推知することができるやうに、星の色によつてその溫度と年齢とを推知することができる。即ち、青白色の星は白熱期の高潮にあるもので、黄色の星は既に或る程度まで冷却してしまつたものである。そしてこれが我々の太陽の狀態である。黄色の星と橙黄色の星とは、更にもつと進んだ冷却期老衰期への途上にあるもので、この冷却は、赤色の時期を経た後に、星の表面を凝固せしめてその光輝を失はしめ、かくてそれらの星を死滅せる太陽「暗星」と化するのである。

## 2 驚異すべき天界の機構

——宇宙の謎を解く鍵——ケプラーの法則とニウトンの法則——マ

クススワエルの大発見——放射の壓力——星と星との間の空間を充

たす宇宙塵——彗星の尾部と太陽コロナ



天界の事象の中で、我々の理智を殆んど壓倒するらしく思はれるものの筆頭に掲げられなければならぬのは、各天體を空間内に孤立せしめ、その中の或るものをして他のものの周圍を回轉運行せしめるところの、あの驚歎すべき機構である。

この驚異すべき調整は、ケプラーが惑星の軌道を描く法則を公式化し、ニュートンが萬有引力の法則——これからケプラーの法則を數理的に推定することができる——を發見するまでは、我々人間にとつて全く神祕的の謎であつた。

ケプラーは、惑星の軌道が正確に圓ではなくて、楕圓であり、太陽はその焦點の一つを占めることを發見した。これが彼れの第一法則であつて、この法則から、惑星の中心から太陽の中心までの距離、即ち數學上の用語で云ふ「動徑」は、一定した長さのものではなくして、軌道上に於ける天體の位置に従つて變化する、といふ結論が出て來る。ケプラーの第二の法則は、この動徑の長さの變化を取り扱つたもので、任意時に於ける動徑によつて一掃される面積は、

軌道上に於ける惑星の位置の如何によらず、常に同一であるといふのである。この法則は、惑星がその軌道上を進む速度を支配する。即ち、惑星は太陽に近づくほどその運行が速く、太陽から遠ざかるほどその速度が緩い。第三の法則は、惑星がその軌道を完全に一周するに要する時間を支配する。即ち、周期の二乗は、各惑星の場合に於ける楕圓軌道の主軸の三乗に比例する。

これらの法則から、ニュートンは、これらの法則が記述する運動の原理以上の或るものを讀むことができた。彼れは、これらの法則から、惑星運動の原因を豫見し、彼れの重力法則即ち萬有引力の法則の中に、これらの運動を決定する簡單な一大公式を與へたのであつた。

「二物體間の引力の強さは、其等の質量に正比例し、其等の間の距離の二乗に逆比例する。」この法則は、力の原理を與へることに於いて、その力による運動の原理をも與へる。ケプラーの法則が重力の法則から嚴正に推論され得ることは、力學によつて證明することが出来る。

我々は今では、放射の壓力の存在及び價值といふ、もう一つの基礎的法則を知つてゐる。我が無限なる空間に散らばつてゐる遼遠な世界の存在を知ることが出来るのは、放射によつてである。光りの放射はその中で最も明白な種類のものであるが、眼の網膜によつて知覺される光りの放射とは別に、肉眼によつては識別することのできない種類のものがある。若し一條の太陽の光線をして三稜鏡の中を通過せしめ、かくして觀察される多色の像、即ち分光景を寫眞に撮るならば、その寫眞に現はれた影像は、肉眼によつて知覺される末端の紫以上に延びてゐることが發見される。即ち、そこには、我々の感官によつては知ることができないが、寫眞の乾板が明かに表示するところの、謂はゆる紫外線なるものがある。非常に鋭感な寒暖計を、紫線の内側にあたるところに置くと、視力によつては知覺されない赤外線を表示する。この他にも、電氣の放射、及び將來恐らくは發見されるであらう他の放射が數へられなければならぬが、これらの放射は、よつてもつて宇宙の物力が傳導されるところの手段である。

大物理學者マックススウェルは、一八七三年に、放射は壓力を働かすもので、その壓力は、それを傳導する媒體の單位容積中に含まれるエネルギーの量によつて測定されることを初めて發見した。マックススウェルは、この壓力の弱小が或ひはその測定を不可能ならしめはしないかと氣遣つたが、ロシアの物理學者ラーベドフのおかげで、この困難な測定を果たすことができた。若し我々が、太陽の表面に對して黒い物體が置かれたと假定するならば、太陽の表面から發する放射は、その物體の一方センチメートルにつき、二・七五ミリグラムの壓力を働かす。有名なスウェーデンの物理學者アレニウスは、世界生成の問題に新生命を打開した人であるが、彼は透明ならざる、そしてその直徑が一マイクロンよりも稍や小さい、即ち一ミリメートルの一千分の一よりも稍や小さいところの、極はめて微小な球が、太陽の附近に置かれたとするならば、それに對しては、放射の壓力から起こる反撥力は、太陽の質量の牽引力よりも大きい、従つてその微小物體は遠く空間内へ驅逐される、といふことを數學的に證明した。若しその小球の直

徑がもつと小さく、そしてその密度が依然一に等しいものと假定すれば、その反撥力は増大するが、然しかかる増大は決して無限に續くものではない。何故なら、若しその微分子が、それに作用する光りの波長よりも遙かに小さかつたならば、光りの作用の性質を全然變化せしめるところの屈折現象が起るからである。ところで、直徑・〇〇〇一五ミリメートルの微分子に對する反撥力は、重力に因る牽引力の十倍にあたる。

かく、自主的に發光する天體、即ち星と太陽とは、密度の低い物質の極はめて小さな微分子を、空間に驅逐する力をもつてゐる。そしてこれらの微分子は、星と星との間の空間を充たす宇宙塵を構成するものである。彗星の尾は、恰度、太陽から來る風に吹き流されてでもゐるかのやうに、常に太陽から正反對の方向になびいてゐるのであるが、この彗星の尾部を構成するものは、これと同じやうに太陽からの放射によつて反撥された微分子である。恐らく、十中の八九まで、太陽のコロナそのものもまた、かかる微小物質の微片から成り立つてゐるものである。

らう。星即ち太陽によつて、かく空間に驅逐され、吹き飛ばされる塵埃の微分子は、陰電氣を起し、星は陽電氣を充電してゐる。太陽から射出して地球に到達する斯かる微分子は、陰電氣を充電することによつて、重大なる電氣的效果を生ずる。

### 3 星を生成するものは何か

——暗星の重大なる役目——星雲の分光景——水素とヘリウムとは物質崩解の究極の産物——螺旋狀星雲の核はどうして出来るか——

星は星雲から生まれる。

天空に輝き、熱を放射する天體である星即ち太陽のほか、星と星との間の空間には、冷たい天體がある。これらの死星は、星の放射する熱エネルギーを妨げ且つ吸收する點に於いて、有用な役目を演じてゐるらしい。といふのは、若しこれらの天體が存在しなかつたならば、全空

間に散らばつた無数の星は、天空をして爛々たる圓天井、白熱したドームの如き觀を呈せしめ、それらの放射の總和は、生物の住所たり得べき天體の表面に於けるあらゆる生命現象を絶滅するであらうからだ。これらの冷たい天體は星雲であつて、空間の到るところに散在してゐる。但し、星の最も多數あるところ、即ち銀河の中には、星雲が非常に少く、反對に、星の最も少いところには、星雲が澤山ある。それらは、よく晴れた暗い夜に、灰白い乳色の光りの小片となつて見え（但し、望遠鏡などの力をからずに肉眼で見えるものは極はめて少く、北天球には僅かに二つしかない）、その或るものは定まつた形状や輪廓がなく、また或るものは多少はつきりした螺旋狀を形ちづくる傾向を見出すことのできる不完全な圓形を成してゐる。更にこのほかに、輪廓の尙ほ一層はつきりしたものがあつた。即ち、中央の核が「先りの氣層」に圍まれて出來てゐるところの「惑星の星雲」がそれである。我々は分光景の分解によつて、星雲の構造を研究することができ、星雲の分光景は、我々の實驗室に於いて白熱瓦斯から得られる輝線

と同様の輝線から成つてゐる。（尤も、これは單に謂はゆる「綠色」星雲のみに關係したことであつて、星雲中の主なる種類である螺旋狀星雲は、分光器上白色星雲として知られ、全然異つた分光景を現はす。）水素及び近年地球上の物質からも抽出されるに至つた瓦斯狀元素の一つであるヘリウムによつて與へられる特有の光線、それからまた、地球の中にはまだ發見されない未知の物質ネプリウムから發する光線も、認められる。ヘリウムは、惑星の固い殼の中に存在する放射性物質の分子の崩解によつて生ずるのであるが、事によると、惑星のすべての成分即ちあらゆる種類の物質は、放射性を有つてゐるかも知れない。水素もヘリウムもともに空間に散布する、そしてそこで、それらの稀薄に散らばつた分子は、核が出來さへすれば直ちに凝集を始めるところの、稀薄な星雲狀の媒體を構成する。だから、ヘリウムと水素とは、物質崩解の究極の産物であるらしい。なほ、最近の研究によると、水素はヘリウムに變化せしめられることが、必ずしも不可能でないらしい。

螺旋状星雲の輪廓が如何なる程度の正確さを示すにせよ、その中央の點からは物質の流れが分出して、それが外方に擴がるに従ひ、多少不純なものとなるらしい。これはやがて、星雲を構成する物質が、全般に亘つて回轉運動をなすことを指示するものだ。然し螺旋状星雲の主要な特徴の一つは、その中に核が存在することである。この核は、その他の部分よりも光輝が強く明かに凝集の中心をなすものであつて、星雲物質はより濃密になるに従ひその周圍に堆積し、かくて星を生ずる。獵犬座の大螺旋状星雲はその著しい一例であつて、それにはまた、第一の核とは別に、第二の核がある。

然らば、これらの凝集の中心はどうして出来るのであるか？ これについては三様の説明が提唱された。第一の説明は、多年の冷却による收縮は中心部の密度を増大するに十分であり、その結果回轉の速度が増大する、そしてそれ故にまた、その結果として起こる遠心力が増大する。かくして星雲の遠い外側の部分から環状物體を分離させる、といふのである。これは、ラ

プラスの説を奉ずる科學者達が、十九世紀の初めに考へたことであるが、星雲が高温度にあり得ないことがわかつてゐる今日では、この説明は甚だ不十分なものとなつてしまつた。第二の説明は、アレニウスの説を奉ずる現代の天體物理學者のそれである。それによると、世の永遠の歴史から見るならば、ほんの一瞬時に過ぎないところの、無数の世紀が経過する間に、「死滅せる太陽」が星雲の中に入り込んで、凝集の中心核として役立つ、といふのである。第三の説は、地球が現に在るが如き、また太陽が遠い將來に於いて在るが如き、表面は既に冷却してしまつたにも拘はらず、なほその熱した内部に驚くべきエネルギーを包蔵してゐる天體が、互に衝突搏撃し、その結果その衝擊によつて解放された熱のためにそれらの天體の一部分が揮發することによつて、星雲を生ずる。そしてもとの天體の殘餘の部分は、その中心核としての役目をつとめ、かくして新星を生じ、世界の甦生を例證する、といふ説である。實際に、二個の大きな冷え切つた天體の衝突、又は非常な接近は、これと同じ結果を生ずる。「この項につい

ては、本叢書第一卷「宇宙の見方」の中の「螺旋状星雲の生成」の項にやゝ詳しく述べられてゐる。」

最初の原因が何であらうと、星即ち太陽は、星雲を構成する物質が凝集することによつて星雲から生ずるものであることは、事實が殆んど確實に實證するところである。宇宙塵の一片が星雲の中には入り込むときに、それは全體の重力の中心に向つて落ち込む、そして凝集が進めば進むほど、温度は高まつて行く。ラプラスの滅しがたき名聲は、彼れこそ、我々の太陽系が如何様にしてその太初の星雲から生じたかを指示した最初の人であつた、といふ點に存するのである。

星雲は、その初期に於いては、クルックス管（真空管の一種）の中を思はせるやうな、極度に稀薄な瓦斯から成つてゐるが、放射の壓力によつて星即ち太陽から外力に驅逐されて來る宇宙塵を捕へて、次第にその密度を増して行く。星雲は初めは等熱平均の瓦斯塊の特性をもつて

ゐる。即ち、附近の太陽から熱を受けると、その温度は上らずに下る。即ち、アレニウスに從へば、星雲は一種特別の消極的の熱をもつてゐる。宇宙塵には電氣が起こるから、稀薄な瓦斯塊の外側の層には電氣が蓄積される。こゝに留意すべき事柄は、星雲が稀薄だといふことは、内部の運動がないこと、従つて熱を生ずる分子の衝突がないことを意味するものであるから、星雲の温度は非常に低くなければならぬといふ點である。恐らく、十中の九まで、かかる星雲の温度は、物理學者の謂はゆる絶対零度（攝氏零下二百七十三度）を超えること僅かに攝氏五十度位のものであらう。近世科學がラプラスの太陽系進化説に加へた最も本質的な修正の一つを成すものは、實に、この、星雲が初め低温であることを認める點である。ラプラスは星雲は最初高温度にあつたと假定したのであつた。

#### 4 太陽系生成の過程

—星雲が低温度にあつても發光するわけ—星への進化—水素  
素及びヘリウムは新星完成の發足點—暗星の衝突による新星雲の  
生成—惑星系はどうして出来るか

さて、我々は、星雲は低温であるといふ結論に到達したのであるが、然しそれにも拘はらず星雲は光りを放つ、そしてその構成分子が明るく光るために我々の眼に見える。然らば、かかる低温度の下に於いて、如何にしてこの白熱状態が維持され得るのであらうかといふと、それは、次第に推積しつとあるところの、電氣を起こした塵埃微分子が、星雲の周囲の電氣の量を増すに従つて、その張力が少しづつ増大し、終には放電するに十分なものとなる、といふ事實によるのである。これは恰度、クルックス管の中に起こるのと同じやうな現象である。こ

れが星雲全體を照らし、かくて暗い空を背景として我々の眼に見えるものとするのである。だから、星雲の外層を構成する瓦斯塊の中に放電光輝を生ずるほどに、電氣の張力がまだ十分に大きくなつてゐない星雲は、我々の眼には見えない。それ故に、既知の星雲の数は、若しこの數が實際に存在するすべての星雲を代表するものとするならば、非常に、恐らくは殆んど無限に、増大されなければならない。いづれにせよ、光輝を生ずることは、云はゞそれまで生命のなかつた星雲の、生命の第一階段であると云はなければならぬ。

第二の階段は核の形成である。事によると、月とか地球とかいつたやうな、冷却した天體が長い間にやつて来て星雲の中に突入するか、或ひは隕石のやうに固まつた比較的濃密な微分子の塊が、同じやうに星雲の中に突入するのも知れない。或ひはまた、運動しつゝある瓦斯の分子が、何等かの原因のために一部分に集合するのも知れない。いづれにしても、これらの塊の周囲には、直ちに凝縮が始まる。だから、それらの塊は、凝縮を始める手段であ

る。凝縮作用は熱を解放し、絶えず生長する核は、最初の星雲を構成してゐた稀薄な物質の大部分を捕拿した後に、次第に白熱して来る。かくてその組織は今や星の状態に達したものと云ふべきである。凝縮が進むに従ひ、中心部の壓力は増大して、やがて非常に大きなものとなる。他の星の物質の崩解産物である最初の水素とヘリウムとは、今や新しい星の物質完成の起原、又は完成への發足點となる。

また、前に云つたやうに、二個の死星がその長い空間旅行の途上に於いて、いつか衝突するといふやうなこともあるかも知れない。若しそれらの星が、地球と同じやうな構造のものとすれば、それらの脆弱な殻は、衝突の力のために破碎されるであらう。そしてその衝突によつて解放された莫大な熱量からは獨立に、殻の破碎によつて解放された灼熱した物質が空間に爆出し、その大部切は壓力の急激な減少のために揮發するであらう。のみならず、衝突又は潮汐的破壊によつて各天體に生ずる熱は、それらの二個の天體の内部に存する熱の解放よりも、遙か

に大きな結果を持ち來たのであつて、これらの天體は、たとひ中心まで冷却し切つてゐても然もなほ破碎して揮發するであらう。その結果、螺旋狀の射出物が生じ、その全體は二天體の衝突の斜度のために回轉運動をとる。かくして一個の新しい星雲が、二個の死滅した太陽から生成される。その中心には、一個又は二個以上の新しい太陽がある。これが即ち、天文學者達の興味を唆るところの、彼の新星出現の説明である。これまで實際に觀察された場合に於いては、星雲はすべて一個又は數個の白熱核をもつて生まれた。凝縮の小中心は、恐らく最初の衝突の際に抛出了された塊から生ずるもので、螺旋狀星雲の中に見出だされる。これらの二次的の太陽は、第一の太陽の直後に發生するもので、それを取り圍む宇宙塵の一部分を引きよせ、中心のより重要な太陽の重力の支配を受けて、その周圍を回轉する。かくて惑星系が生まれる。

惑星は、その歴史の始めには、實際上中心核と同じ元素から成つてゐる。そしてその最初の



回轉運動のために、すべて大體に於いて同じ方向に回轉する。但し、以前から反對の方向に回轉してゐる不思議な天體が、星雲の外側の部分に突入して、新しい太陽の重力場内に入り來たり、かくてその天體の衛星が最初の回轉を保つて來てゐる場合は、例外である。これが恐らく、我々の太陽系の最も外側にある惑星、即ち天王星と海王星とに起こつた例外的な現象であらう。

然し、偶然或る天體が星雲中に飛び込んで、そしてそれが最初の中心天體を取り圍んで惑星を形成したと假定することは、必ずしも必要なことではない。ラプラスは、中心核が冷却收縮するに従ひ、その回轉の速度が増大する、そしてその回轉運動に伴ふ遠心力は、主要な中心核から逐次的に赤道環を分出するに十分であると主張した。彼れは更に、これらの環はそれぞれ後にその成分が一點に凝集することによつて一個の惑星となり、その惑星はまた、嚴密に同様な方法によつて、一個又は數個の衛星を分生する、と主張した。星雲が高温底にあり得ないこ

とがわかつた今日では、ラプラスのこの赤道環説は、もはや昔日の信用を繋ぐことはできなくなつてしまつたが、然し、いづれにせよ、惑星及び衛星が、すべて、母星及びその微分子と互斯とから形成されたものであらうことは、今日の科學者達が一般に認容するところである。

それ故に、我々は今や、凝縮の主なる中心、即ち中央の太陽と、それからまた第二の中心——偶然他の天體が飛び込んで出来るにせよ、或ひはまた、始めは最初のカタストロフによつて、後には遠心力の作用によつて、主塊から分出した物質が凝縮して出来るにせよ——とを有つた星雲の概念に到達した。第二次的の中心は、楕圓軌道を描いて主なる中心の周圍を運行し始める。そしてその軌道の形は、ケプラーによつて明かにされたもので、彼れはまた初めて惑星の運動の法則を定めたのであつた。第二次的の核は、原始的星雲の最初の回轉運動の結果として、各自その軸上を回轉し始める。我々は今ここに、これらの天體の一つ、地球だけに ついて考へて見ることにする。

## 5 地球は如何にして生まれたか

——地球の個性とその發達——遠心力による赤道部の膨出と月の生成——冷却による殼の形成——地球の誕生——

地球の個性は、星雲の中心塊から分離したときに始まつたのであるが、然し當時に於いてはそれはまだ、地球と呼ばれ得るものにはならなかつた。さうなる前に、それは先づ冷却し、そしてその結果收縮しなければならなかつた。回轉の速度が、直徑の縮小につれて増大したことは、力學によつて證明することができる。遠心力は、地球の赤道部から、一塊の物質を分出させる。地球は以前はこの遠心力のために平たくされて、恰度香橙のやうな形になつてゐた。ところで、この分出された物體は、核を中心にして普通の楕圓體の形をとつたが、その質量が小さいために、より迅速に冷却した。かくして月が出来た。

本體から分離して出来た地球の温度は、中心をなす太陽の温度よりも、遙かに速かに低下した。太陽は、地球の三十二萬五千倍といふ莫大なる質量の故に、冷却の仕方が非常に緩慢であつた。これは恰度、同じ火中で灼熱された鐵の二片の中で、大きい方は小さい方よりも遙かに長時間温熱を保つと同じことである。だから、地球を構成する塊は、次第に瓦斯状から液状へ液状から粘液状へと變はつて行つた。次ぎに、その回轉は、それに伴ふ遠心力を意味し、赤道部を膨出させると同時に、極の部分を平たくした。冷却が進むにつれて、その氣層を構成してゐた瓦斯状原素の或るものは、例へば始め蒸發してゐた金屬のやうに、凝縮することができらやうになり、また或るものは、十分低い温度に達すると、化合することができらやうになつた。冷却が徐々に、然し着々と、この期間を經過するに従ひ、地球はその外側の表面が固まつた。即ち殼に被はれるやうになつた。この殼は、最初は極はめて薄かつたが、漸次厚さを増して、終には、放散する内部の熱——これは、殼の傳導力が弱いために、さう速には放散

しない——と、中心の太陽から受ける外部の熱との間に、一種の平均を保つことに役立つやうになる。

かくして、極の部分が平たく、赤道の部分が膨出し、固い殻に被はれ、そしてその主なる部分は非常に高温な白熱した成分から成るところの、球が出来た。殻を包む気層の中には、最初は、あらゆる揮発性物質の蒸気が、殻を構成する成分を固化する温度に於いて存在してゐた。ここに我々の地球は誕生した。

## 二、地球の年齢

### 1、地殻形成の階段

——地球の殻を構成する主要な元素は何か——最初の岩石は最も解しがたい元素の凝固したものの——最初の気層は如何なる状態にあつたか——岩圈の層は何うして出来たか——

我々は今度は、地球の生活の最初の階段、即ち我々が現にその上に生存してゐる堅固な大地の最初の沈澱階段を考察しなければならぬ。

この殻は、熱い回転する楕圓體の外層が冷却して出来たものであつて、どろどろに溶けた下層物質の急激な冷却を防ぐ効果をもつてゐた。固い層の直下には、液状又は瓦斯状の塊が動い

てゐるが、地球の中心に近いところには、外層の重さのために驚くべき圧力を受けた液状又は瓦斯状の溶けた物質が、我々の実験室内で實現され得るどんな圧力よりもより強大な圧力のために壓縮されて、實際には恐らく固形状態と同様の状態に在つたものであらう。高熱な中心核は、あらゆる化學的要素を含んでゐたであらう、といふのは、それは本來太陽の物質から分出した一部分から成つたものであるし、分光器は太陽の中にすべてこれらの元素が存在することを證明するからである。然し、鐵分が特に過剰に存在してゐるに違ひない。なぜなら、先づ第一に、星から來る光りを分光器によつて分析して見ると、星には、その進化の第一階段から、鐵分が夥しく存在することがわかるからである。それから第二に、現在に於ける地球の一般の磁氣的状態は、磁針に及ぼすその影響によつて、地球の中心に磁性元素が多量に存在することを指示するからである。のみならず、これらの元素は、時々火山の噴火口から地球の表面に流れ出す熔岩中に見出だされるからである。

ド・ロオネは、地質學的研究によつて、地球がもはや全然流動體ではなくなつた當時に於ける、最も廣く存在した化學的諸元素の被覆の順序を指摘することができるといふことを明らかにした。それらの元素は、かくして七つの部類に分類される。その最初の部類は水素によつて代表され、その最後の部類には重い貴金屬が含まれる。原子の重さは深さとともに増大するから諸元素は原子の重さに反比例して中心から遠ざかつた殻の中に發見される。例の高溫度では化學的に親和しない原子は、流動體の回轉する球に於いては、各自重力と遠心力との法則だけに従つた。

かくして出來た殻の上に、最初は岩石を凝固させるほどの溫度の氣層が存在する。岩石は、それ故に、最も溶解しがたい元素、即ち揮發性に最も乏しい元素が凝固して出來たものである。表面に現はれた最初の礦物は、硅酸と礬土、それからまた石灰、マグネシア、及び少量の鐵及びソーダの化合したものであつたらう。

地殻は、最初は極めて薄かつたこと勿論であるが、重要な役目を演じた。即ち、それは、内部の白熱した核と、地球を包む瓦斯及び蒸氣の層とを隔離した。今日我々の地球を包むものは、この瓦斯の被覆又は氣層の残物であつて、それは初めは、内部の激動して熄まない流動物質によつて絶えず放出される二酸化炭素瓦斯を、可なり多量に含んでゐた。それはまた軽い瓦斯、殊に水素瓦斯を著しく多量に含んでゐた。分光器的分析によると、天王星及び海王星のやうな、現在進化の道程にある遠い惑星の氣層の中には、水素の存在することが證明される。當時の氣層はまた、炭化水素及び可なり多量の酸素及び窒素をも含んでゐた。

固い地殻が確定的に出来あがつた當時に於いては、氣層は非常な高温度、即ち地殻が辛うじて凝固し得るほどの温度にあつた。だから、それは、水素及びヘリウムのやうな、軽い瓦斯を抑留することができなかつた。これらの軽い瓦斯は、太陽系に屬する星雲の中に飛散し去り、それから更に星と星との間の空間に散逸して、そこで未成の星雲を構成した。これらの瓦斯は

今でも我々の氣層の比較的に低い部分には、極めて少量しか存在しない。地上百キロメートル（六二・五哩）の高さにある稀薄な空氣は、恐らく、ほぼ九九・五パーセントの水素と〇・五パーセントのヘリウムとから成つてゐるであらう。

かうして殻が完全に出来あがると、そこには多量の窒素、それからまた多量の二酸化炭素と水蒸氣とが、氣層の構成分子として残つた。なぜなら、殆んどすべての酸素は、水素と化合して水となり、水は、高温度のために凝結して液體となることを妨げられたからである。水は、攝氏の三百六十度（この温度を臨界温度と呼ぶ）以上にあつては、液體として存在することができない。

氣層の温度が次第に低下するにつれて、ポタシウムやソディウムといつたやうな、氣體となつて残つてゐた最も揮發性に富んだ金屬が、先づ第一に凝結した。それから、冷却が進むに従ひ、今まで高温度のために化合することを妨げられてゐた諸元素が、今度は化合することが

できるやうになり、かくして鹽化物、臭化物、沃化物、などが出来た。温度が攝氏三百六十度の臨界温度以下に低下すると、水蒸氣は凝結して液體となり始めた。今日地球上に存在する一切の水が、瓦斯状をなして氣層の中に含まれてゐたのであるから、最初の氣壓は驚くべきものであつたに違ひない。ところで、若し假りに海洋が地球表面を一樣に覆ふとしたならば、それは深さ三千メートル以上の水層をなして、現在の氣壓の三百倍の壓力を與へるであらう。そしてこの水は、初期の氣層中に於いて、水蒸氣として、それと同等の壓力を働かしてゐたに違ひない。この期間、固くはあるがまだ薄い殼は、内部の塊が沸々と泡立つために、絶えず震動状態を續けてゐた。液状又は瓦斯状をなした内部物質の上層は、殼の内側の表面と接觸してそれを下方から壓迫した。殼は、これらの攻撃を幾度も幾度も受けて、ところどころそれに堪へ切れなくなり、噴火口や龜裂や隙間が出来て、そこからどろどろに溶けた物質を上方へ噴出させた。これらの物質は、表面の低温度に出會つて固まり、かくして地質學者が太古生岩と呼ぶ岩層系

を生じた。そしてそれを通して、内部の岩漿が噴出し、それが凝固して火山岩を生じた。けれども、それだけではない。原始の殼は薄いので絶えず冷却する。そのために、殼は、内部の收縮する塊によつて完全に支へられずに、内部の壓力が或る部分を持ち上げると、他の部分が陥没する。だから、地球の固い部分の外側の表面、即ち岩圈の表面は、一樣ではなく、皺がよつて凹んで、隆起と凹陷とを呈してゐる。

## 2 海陸は如何にして形成されたか

——水蒸氣の凝結——四面體對稱の法則——南北に走る大陸の方向  
は何を意味するか——生命現象に必要な條件の實現——沈澱作用の開始

氣層が攝氏三百六十度の臨界温度に冷却し、水蒸氣がその結果凝結して液體になり始めると

水蒸氣は固い地表に向つて熱湯の雨となつて降つた。この水は、地表の高いところで凝結し、傾斜面を流れ下つて、地球表面の到るところに分布したあらゆる物質を、多かれ少かれ溶解した。かくして、水が大規模に流れ始め、重力の法則に従つて、固まつた地殻の凹處や褶のところに堆積した。かういふ風にして大洋が始めて現はれたのであるが、それは最初は地球の全表面を洗つてゐた熱湯が堆積して出来たのであるから、恐らくその間に溶解され得る物は悉く溶解したに違ひない、従つて、それは、地球を包む殻の中に見出だされ得るあらゆる元素を、極はめて僅かながらも、含んでゐたであらう。

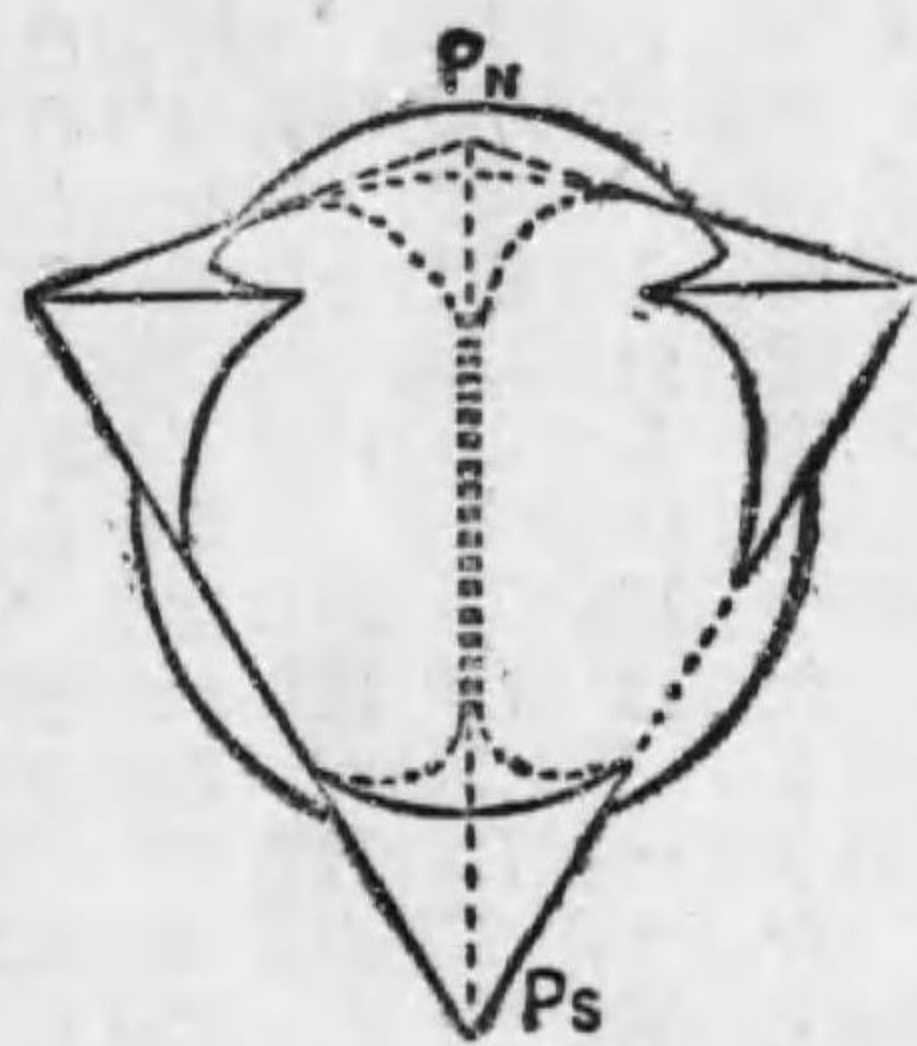
我々は今度は、この殻、即ちその凹處は原始の海をなし、その高く隆起した部分は原始の大陸を成したところの、岩圈について考へて見よう。

若し表面の殻が、それをあらゆる點で支へてゐる核、即ち完全に殻と接觸してゐる核を、すつと包み續けてゐたならば、その固い層は、單に、地球の回轉に基づく遠心力のために少しく

平たくされた流動體の核の形をとつたであらう。かくして殻は回轉する橢圓體の幾何學的形狀を具へたであらう。ところが、冷却に基づく中心塊の緩慢な收縮のために、殻の支持が不完全であるところから、殻は、前に云つたやうに、皺がより、或る部分は凹處をもつて、他の部分は隆起をもつて覆はれるやうになつた。これらの凹凸は、初期に於いて度びなく變化を受けたが、時とともに、地球が現在の状態に向つて進化するにつれて、かかる變化はより稀れになりより小規模になつて行つた。

さて、これらの褶は、一寸考へると、全く偶然に出来たものゝやうに想像されるが、果たして偶然の所産であつたらうか？ 否、我々は偶然なるものの存在しないことを知つてゐる。我々が偶然と呼んでゐるところのものは、實は、我々の知らない多數の物力や條件の結果に外ならない。宇宙といふ、あの不可思議なる機械の中に存在するものは、悉く、一定不動の法則によつて調整されてゐる。地殻の褶は不規則に出来たものではなく、それらの生成は、四面體

的對稱の法則に従つたものである。地殻は、その形成の當初に於いて、或る形をとり、そしてその形をどこまでも保存しようとする傾向をもつてゐた。内部の容積が核の收縮の結果縮小す



第一圖。——地球四面體。圖中 Pn は北極, Ps は南極。

る方向は、四面體の形をとらうとする傾向を指示した。この傾向は、四面體の突起した頂點に相當する大陸が正反對の位置に對置され、ピラミッドの平面に相當する大洋が同様に正反對の

と、殻は、變化を出來るだけ少くせんがために、與へられたる表面に對しての最大限の内容に相當する正規の形をとつた。幾何學は、四面體、即ち四個の三角面をもつた規則正しい立體形——三角の底面をもつたピラミッド形が、この條件に適ふことを我々に教へる、多くの原因は、殻が完全にこの形をと

位置に對置された點に現はれた。これらの面は必然的に海面以下にあるが、海は重力と遠心力との法則の共同作用が地球に課した平たい楕圓體の形を作りあげる。かくして我々は、内部の塊の收縮といふ單純な事實から、如何にして地殻の表面が陸と海とに分割されるに至つたか、——長い間地學上の謎となつてゐたこの根本的の分割について、何ほどの觀念を形ちつくる

ことがでさる。この、四面體の形をとる傾向については、もう一つ注意すべき點がある。四面體の各邊はまた、一個の肝要な意味をもつてゐる。即ちそれらの邊は、大體に於いて南北に走るところの、隆起した陸地の方向を指示する。

我々は今や、二つの非常にはつきりした事柄を區別することができ、第一は、地球の固い殻——最初は球狀であつたが、後には四面體の法則によつてその表面に出來た褶と皺とのために歪められた殻——によつて形成される岩圈であり、第二は、水の表面によつて形成される水



圖である。

この四面體説については、我々は後章に於いてもつと委しく再説しなければならぬ。かの地震現象、即ち内部の熱塊の動力に基因し、地殻を絶えず激動させ、斷層させるところのあの恐るべき爆發現象の理論に、この説を應用することになるであらう。

高い温度の下に始まつた氣層中の水蒸氣の凝結は、その後引き続き行はれ、冷却が進むにつれて益々その範圍が増大した。温度が少しづつ降下して、攝氏の五十五度近くに達すると、ここに始めて生命に必要な條件が實現された。生きた胚種さへあれば、そこに生長し、生殖し、進化することができた。即ち有機體は繁殖することができた。のみならず、冷却が急激でなかつたから、一方太陽と地球の熱い内部とから受ける熱の總量と、他方放射による熱の損失との間には、生物の生存に都合のいい温度の状態が順を追うて持ち來たされるといふやうな具合に平均状態が確立された。大陸の上を流れる奔流は、そこから洗ひ落とされた岩渣を海中に運び

込んで、大洋の凹處の底に沈澱させ、かくて沈澱作用が始まつた。原始の岩石はすべて火成的起原のものであつたが、今やこれらの太初(たいしよ)の岩石の上に、次ぎから次ぎへと沈澱物が重疊することによつて、他の種類の岩石が形成された。

ここに地球の幼年時代の歴史、その地質時代の歴史が始まつた。

### 3、生物の出現とその活動

——氣層は一種の保熱網——氣温の低下と生命現象の可能——生物は如何にして初めて地球上に現れたか——原始植物の大活動と酸素の大量生産

この時代の岩殼は、花崗岩に似た構造をもつた硬い殼であつて、大洋も存在したが、然し内部の塊が外方へ押し出ようとする壓力の影響を受けて、まだ脆弱な殼が激變を來たす結果、

海陸の形状に度びく變化が起こつた。原始の氣層は、水蒸氣と二酸化炭素とに富んでゐて、生命を維持するに必要な酸素をまだ少しも含んで居らず、その一部分は炭素と化合してゐた。氣層の中には、凝結しない水蒸氣がありすぎたために、空は常に濃密な雲に閉ざされてゐた。

この時代の氣層は、その中に多量の二酸化炭素が含まれてゐたために、今日の氣層よりも遙かに著しい一つの特質をもつてゐた。即ち、それは一種の保熱網としての役目をつとめて、地球の冷却の度を少くした。二酸化炭素は、今日では辛うじて空氣の三千分の一を構成してゐるにすぎないが、アレニウスは、實驗的證據を基礎とした計算によつて、若しこの少量の二酸化炭素がなかつたならば、地球表面の溫度は、攝氏の二十一度だけ低下するといふ結論に到達した。この溫度の低下は、更に、今日なほ存在する水蒸氣の大部分を凝結するに至らしめる。この水蒸氣もまた、二酸化炭素と同じ様に保熱網としての役目をつとめるのであるから、この瓦斯の消失は、溫度の點から見て、地球上にゆゆしき結果を齎らすことになる。

地殻が固まつた時代から現在までの地球の歴史を、地質學と呼ぶ。それを委しく述べることは、本書の目的外のことであるから、ここにはただその中の主要な事實の大略を述べるだけにする。

原始の固い殻のうち、氣層中の水蒸氣の凝結に起因する海洋に覆はれた部分は、その後にはけるすべての地質系統の基礎となつた。原始の地殻の最初の激動、その經驗した最初の褶は高い陸地と凹處とを生じて、陸と海との最初の分布を定めた。上に重疊せるすべての岩層を突き貫けて、深く地殻の奥所に穿入するときに、必ずぶつかる太古生岩は、現に知られてゐる最古の岩層である。太古生岩の形成時代中、中心部からは、薄い地殻の隙間を狙つて頻りに爆發が起こつた。火成岩はかくして射出された内部の材料が固まつて出来たものである。事實、地殻を研究して見ると、結晶岩即ち太古生岩の下にあるのは、花崗岩即ち火成岩だけであることがわかる。

ところで、太古生岩層系は、或る地方では一萬メートル（六哩三分の一）乃至それ以上に達するのであるが、この岩層系統が斯く非常に厚いといふことは、地球の歴史のこの時代（第一紀と呼ばれる）が恐ろしく長いものであつたことを語るものだ。

既に出来あがつた岩石が、なほ高温度にあつて、原始の氣層の凝結が熱湯の雨を降らしたために、この時代の状況は、まだ動物や植物の生活には適さなかつた。だから、これらの最初の岩層の中に何等生物の痕跡がないのは、怪しむに足らぬ。或ひは、極く單純な生物が、この時代の末期に現はれたかも知れないが、然しかかる生物は、何づれも硬い骨質の構造をもつてゐなかつたために、太古生岩を形成する岩石のやうに、非常に固いと同時に、また非常に激しい變化を受けた岩石上には、彼等の生存の痕跡を残さなかつたのである。

氣温が降下し、従つてまた原始の海洋の温度が降下して、攝氏六十度近くに達すると、地球の状況は生命の可能を許すやうなものになり始めた。然し、生命は如何にして初めて世界に

現はれたか？ 恐らく、放射の壓力によつて他の世界から吹き飛ばされた細胞が、その長途の空間旅行に於いて、能く寒冷の影響に抵抗し、たまたま地球の表面に到着して、そこに生活し進化したものであらう。かく、細胞が、空間の絶對零度の寒冷に抵抗し得ることは、既に實驗によつて證明されてゐる。アレニウスは、それらの細胞はまた、紫外線の破壊作用をも免かれずに違ひないと考へてゐる。それともまた恐らくは、何等かの他の未知の方法で、我々の地球上に發生したものであらう。この問題は、今のところ未解決であつて、恐らく今後長く未解決のままに残るに違ひない。確かなことは、生物の出現によつて特徴づけられた第一紀は、太古生岩によつて代表される時代後に始まつたといふことであつて、生物の痕跡は、この時代の岩層中に動植物の化石となつて今日まで残つてゐる。地質學者は、この時代に相當する岩層をシルリアン紀、デヴォニアン紀、石炭紀、及びペルミアン紀の四つに分ける。

前に説明したやうに、二酸化炭素と水蒸氣とに富んだ氣層は、地球の周圍に、急激な冷却を

防ぎ、地表の高温を維持するところの、一種の保熱網を形成した。その結果、植物は、この時代全體に亘つて、殊に石炭紀に於いて、驚くべく繁殖した。石炭層の中に発見される遺物は、現在ではほんの小さな植物であるにすぎなくなつてゐる種類の植物が、當時は眞の樹木を成して鬱蒼たる大森林を形づくつてゐたことを證明する。初めは隠花植物だけであつたが、後には裸子植物も發達した。動物について云ふならば、生命現象は海中に始まつたと斷言することができる。最初の動物は無脊椎動物であつて、第一紀の末期に至つて、初めて、脊椎骨を有する原始の魚が發見される。そこには鳥も哺乳動物もなかつた。けれども、遺體の發見される最初の動物、三葉蟲が、既に進んだ進化の産物であつたことを指示するに十分な、高等の體制を示すといふことは、注目に値する。簡単な細胞から三葉蟲までの距離は非常に遠い。

原始の植物の大活動は、地球の歴史の上に決定的な影響を與へた。夥しい植物が三酸化炭素を吸収することは、地球の氣層に遊離酸素を恢復して、少しづつ今日存在する酸素の量を生産

して行つた。のみならず、最初に出來た鐵物、即ち硅酸と石灰、礬土、酸化マグネシウム、鐵及びソーダの化合物は、原始の氣層の二酸化炭素と、この瓦斯を溶解して含んでゐる水によつて次第に浸蝕された。石灰、酸化マグネシウム、ソーダ、及び鐵は斯くして溶解され得る炭酸鹽に變ぜしめられ、従つて河流によつて海に運び下されてそこに沈澱する。最初の生物は、沈澱層に堆積した彼等の遺體が證明する通り、これらの物質を同化した。事實、沈澱石灰石と白雲石とが出来るには、現在の空氣中に存する量の三萬四千倍以上の二酸化炭素を要した。だから、植物の生活によつて分解されたものに加へて、この瓦斯の大量が取り除かれたに違ひない。

現在の大氣中の遊離酸素は、殆んどそのすべてが、植物殊に第一紀の植物の所産であるといつて差支へない。

#### 4、地球が現在の輪廓を獲得するまで

——地殻の安定——脊椎動物の進化——巨大な爬虫の跋扈——火山の活動——大山脈の形成——哺乳類の出現——氷河の進出と動植物群の移住——氷河の退却と現在の氣候的状況の確定——人類の出現

次に、靜穩と安定との時代が來た。これは第二紀と呼ばれ、地質學者は更にこれを、三疊紀、ジュラ紀、及び白堊紀の三つに分ける。この時代は、氣層が、その中に含まれた二酸化炭素が漸次減少するとともに、酸素が次第に増加した結果、益々生物の發達進化に適したものとなつたときに始まつた。それから、まだ高かつた溫度が漸次低下したと、地殻が次第に固くして堅固になり、厚くなつた結果、より一層安定したことが、この時代の特徴である。

この時代の岩層は、常に太古生岩系即ち第一岩系の上に横たはるもので、その中に發見され

る生物の化石遺體は、この時代とその前の時代とをはつきり區別つける。植物について云ふならば、隱花植物の優勢は第二紀に終りを告げて、裸子植物が到るところに優勢を占めた。現にその痕跡を發見されてゐる最初の生物、即ち第一紀の三葉虫は、既に全くその跡を絶つてしまつて、その代はりに、今日の頭足類の先驅者である小箭石と、螺狀殻をつけた一種の頭足類である菊石とが現はれた。この二つはこの時代の特徴をなすものであつた。海には海百合、海綿、珊瑚が夥しく、有孔虫と放射虫とが發達した。彼等の硬い部分は厚い層の中に堆積し、そしてこの沈澱によつてこの時代の海底は被はれた。かくして海洋の仕事が始まつたのであるが、この仕事は今日の海洋に於いても尚ほ停止することなく續いてゐる。地質學は主として過去の海洋學であつて、今日の海洋學的研究は將來の地質學を豫見するものである。

第二紀の動物の特徴は、脊椎動物の進化であつた。第一紀の具足をつけた魚類が姿を消して十分骨化した脊椎を備へた魚類に場所を譲つた。殊に、巨大な爬虫の出現が、この時代の特徴

である。魚龍、蛇頸龍、及び滄龍は、この時代の海に簇り棲んだ怪物であつた。一方、陸には恐龍といふ巨大な動物が棲んでゐた。その中には長さ五十メートルにも達するものがあつた。ロンドンやバリーの博物館の古生物學室には入つて、そこに陳列してある禽龍、雷龍、劍龍、梁龍などの骸骨を見るものは、これらの巨大な動物が如何に強大な力の持主であつたかに喫驚せざるを得ないであらう。それらの或るものは、直立すると、普通の五階建ての家の屋根よりも高かつたであらう。最後に、最初の鳥類が、この第二紀に現はれた。それからまた、こゝに列擧したやうな巨大な冷血動物が、彼等の大きさと強さとの故に優勢であつたときに、遙かに小さい動物——最初の温血哺乳動物が現はれた。

この時代の地理的特徴は、中央に今日の北部ヨオロッパの位置に相當する陸地が隆起してゐた大洋によつて、北半球が二大陸に分離されてゐた點である。南半球には、南アメリカ及びアフリカの位置に、一つの廣大な大陸が擴がつてゐた。南大西洋はなく、陸地が現在のオースト

リアの位置を指示してゐた。火山の爆發は比較的少なく、第二紀は、前にも云つたやうに、比較的に靜謐な時代であつた。

けれども、この靜謐の時代が終はつて、猛烈な激變の時代に代はつた。火山は大活動を始めて、發作状態には入つたと同時に、今日地球上に在る大山脈が生じた。この時代には、動物は漸次その形態を完成して、益々現在の動物に似たものを生じ、哺乳動物——その中には巨大なものもあつた——が陸界の支配者となつた。例へば、バリオセリウム、ヒッパリオン、巨大なデノセリウム、マストドン(最初の象)、河馬、犀、大鹿、反芻動物、食肉獸等がそれである。これが即ち第三紀であつて、地質學者はこれを更に、曙新世、漸新世、中新世、及び鮮新世に細別する。最初は棕櫚が夥しく繁殖したが、この時代の末期に近づくに従つて、今日の森林のそれに似た樹木が現はれ、熱帯有花植物はその産地を赤道附近に狭めてしまつた。陸地の輪廓は益々今日の大陸のそれに接近して來た。今日の地中海の盆地を取りかこむ大ア

ルプス山脈は、第三紀に於ける激烈な山嶽形成運動の一結果として出来たものである。フランスの或る地方に侵入してゐた海が退却した後に、激動が再び起こつて、火山爆發が烈しくなつた。中部高原は、今日オーヴェルヌに見られる熔岩を噴出した噴火口に覆はれ、かくて今日見るやうな陸地面の形相が次第に確定されるやうになつた。

この時代の間、氣層は二酸化炭素と水蒸氣とを亡失し續けた。そして放射による地球の冷却がより大きくなつたために、温度は少しづつ低下したが、然しそれでもまだ、今日同じ地方に見られる平均温度よりは高かつた。植物の遺體の性質によつて見ると、當時のフランス地方の平均温度は、攝氏の二十五度（華氏の七十七度）以上であつたことがわかる。即ち、當時のフランスの氣候は、今日の赤道地方を特徴づける氣候に似てゐた。第三紀の終はりになつて、始めて、温度が低下して、氷河が最も高い山嶽に現はれ、そしてより低い地方へ進出し始めた。氷河の進出が始まると、温暖な氣候に棲む動植物群は、次第に熱帯地方に退却して、棲みなれ

た北方の地を棄て去つた。

地球は徐々に現在の形狀に到達した。植物は今日我々の見なれた形態に發達し、動物もまた進化して完成の域に到達した。かくして環境は、自然を支配するに至つた生物、即ち人類の生存と發達とに對する準備を整へ、茲に第四紀が始まつた。

第四紀層は、その前の第三紀層とは非常に異つた性質をもつてゐる。第四紀層を形成する上に主として働いたものは外部的の力である。第四紀層はその他のすべての層を被うてゐるが、それ自らはただ地帽によつて被はれてゐるにすぎない。これは沖積層であつて、二酸化炭素が殆んど完全に吸収され、温度が非常に低下すると、それに伴つて水蒸氣が大規模に凝結し、莫大な雨水が降下する、その結果として形成されたものである。この夥しい降雨は、恐らく、あらゆる國民の間に存在する大洪水の物語りの起源を成すもので、その結果大河流が出来た。温度が低下したために融解することを妨げられた降雪は、氷河の大進出を招來した。かくて此

時代には、中部ヨオロッパの全體及び北アメリカ全體が氷河に被はれてゐた。今日この地方一帯に亘つて漂石が見出だされることは、第四紀初期——地質學者はこれを最新世と呼ぶ——に、氷河がこの地方に存在したことの争ふべからざる證據である。この氷河の大進出は、その結果氣候の大變化を起こしたために、必然に動物の移住を招致した。

これらの河川は第四紀層を沈澱堆積したのであつて、この層の中には寶石、金、白金などが見出だされる。最新世の沈澱層の上には、粘土、細かい砂、及び耕作に利用される沈泥から成る最新の層がある。

第四紀の終はりに、火山が再び活動を始めた。それからもつと後になると、氷河が退却して漸次現在の氣候的状況が確定される。

大きな哺乳動物、即ちマンモス、犀、穴熊及び麋は、爾來その姿を消した。南アメリカのおほなまけものも姿を隠した。翼のない鳥の小形の標本——駝鳥と火喰鳥とはそれから由來し

たもの——が、まだニール・ジールランドに於て、キウィと呼ばれてゐるが、然しそれも極はめて稀れにしかゐない。

それからまた、最も未開な土人、我々に原始人の面影を傳へることのできる未開の土人が發見されるのも、このニール・ジールランドである。

人類は第四紀になつて初めて地球上にその姿を現はした。人類の出現は、人體の遺骨によつて證明されるし、それからまた間違ひなく人間の手細工に成つた加工品の遺物によつても證明される。人體の遺骨は、今迄のところ、第四紀の諸層に發見されただけで、それ以前の岩層中には一つも發見されてゐない。前史時代の最初期には、硬い石で出來た道具、即ち粗く研り削つた燧石器だけが發見される。これは古石器代、即ち削つた石の時代として知られる時代であつて、やがて磨きのかかつた石の時代、即ち新石器代に代はつた。新石器代について、金屬が、先づ初めに青銅が青銅時代に、次ぎに鐵が鐵時代に、細工され初めた。



我々人類の歴史が初まつたのは、正にこの時代からである。

## 5 地球の年齢は？

——種々の見積もり方——海水の鹽度を基礎とする見積もり——沈澱現象を基礎とする見積もり——礦物中のヘリウム量を基礎とする見積もり——地理學的考察による見積もり——地球の年齢は十億乃至二十億年——リッブマンの假設

地球が、現在の成熟状態に到達する前に、その幼年時代並びに青年時代に經て來た階段は、正しく、今述べたやうなものであつた。然らば、地球の緩慢な進化は、凡そ何年を要したか、言ひ換へれば、地球の年齢は事實如何ほどであるか？ この疑問に答へることは、少くとも正確な答へを與へることは、極はめて難事であるが、然し、地球が存在して來た時間の長さにつ

いては正確な知識が得られなくとも、その殻が固まつて、熱い核を包んでから經過した期間の長さについては、何ほどの觀念を得ることが出来る。

その評價の仕方には様々ある。我々は、例へば、海洋が河川の流し下す資料を堆積することによつて現在の鹽度を獲得し終はるためには、凡そどれだけの時間を経過しなければならなかつたかを質することが出来る。ジョリーはこの評價を試みた。彼は、河川が毎年どれだけの鹽を海洋に運ぶかを計算し、この量と海水が現に含有する鹽量とを比較した結果、海洋がこの方法でもつて現在の鹽度を獲得するには、少くとも一億年を要しなければならなかつた、といふ結論に到達した。然しこの評價の仕方は甚だ杜撰である。水は、その凝結の始めには、當時形成された陸地の表面を高温で流れた。従つてそれは、今日海に流れ込む河川の冷水よりも遙かに多量の鹽質物を溶解した。この理由から、たとひ如上の評價の仕方がどんなに創意に富んだ思ひつきであらうとも、それは、地球の年齢について、極はめて不確かな與料をしか與へ

ない。

沈澱現象は我々をしてもつと遙かに確からしい評價に到達することを得しめる。この評價は、サー・アーキボールド・ゲイキーの試みたもので、若し地球の沈澱層の全体の厚さが、約三萬メートル（十九哩）と評價されるならば、そして若し、地質學者が明かにした如く、厚さ一メートルの層が堆積するには、三千年乃至二萬年を要するものと假定されるならば、既知のすべての層が沈澱堆積するに要する時間は、大凡そ一億年乃至十億年であるといふことになる。然もこれは、これまた同様に長い間存在して來たに違ひないカンブリアン紀以前の地質系統をまるで計算に入れないのである。

フランスの物理學者、アンリ・ベグダレエによつて成された放射能現象の發見、及びこの發見によつて導かれた重要な研究は、現代の地質物理學者にもう一つの評價の基礎を與へた。ラヂウム、ソリウム、又はウラニウムといったやうな、放射性物質の發出は、ヘリウムに變化す

ることが知られてゐる。英國の物理學者ラザーフォードは、任意の重さのウラニウム又はソリウムが、一年間にどれだけヘリウムとなつて亡失するかを、實驗によつて決定した。また、サー・ウィリアム・ラムゼイは、ウラニウム及びソリウムを抽出し得る礦物を研究して、その中に含まれるヘリウムの量を決定した。ラザーフォードは、彼れの得た結果から推して、これらの礦物がその現在の状態に形成されるには、少くとも四億年を要したに違ひないと云つてゐる。この結果は、沈澱から推論される結果と一致することがわかる。

放射能現象はまた、太陽熱の放射の不變を説明するためにも採用されたもので、近年、我々をして地球の年齢を益々正確に評價することを得しめた。殊に、英國の物理學者達はこの方面に顯著な事業を成し遂げた。礦物中に含まれるヘリウムの量から出發して、次ぎのやうな持續期間が割り充てられた。即ち、綠砂層に三百萬年、オーブエルの玄武岩に六百萬年、ノルウェーの或る岩石に五千四百萬年、セイロンの或る岩石に二億八千六百萬年、キンパーリーの青土

に三億二千萬年、及びオランダの太古生岩に六億年。即ち、ジョリー、ゲイキー、及びラザーフォードの評價とほぼ同様の數に達してゐる。スウェーデンの岩塊の研究は、なほ一層大きな數字に導くのであつて、その年齢は十億又は十三億年といはれてゐる。アメリカの或る岩石は十三億乃至十四億年といふ數字を與へ、最後に、セイロンに於けるコロンボ附近の岩石は十六億年以上の年齢を示してゐる。

かやうに、沈澱の持續期間を基礎とする評價の最大成數十億年を凌駕する。我々は、これらの數字が、本質的に地理學的性質をもつた全然別種の考察によつて確認されることを知る。といふのは、地理學者もまた地球の年齢の知識に寄與するところがあつたからである。彼等は、前に述べた地球の褶、即ち今日の山脈を構成する褶を研究した。これらの褶は、地球の核が冷却收縮したために、地殻がもはや下から支へられなくなり、その結果收縮して、恰度しなびて小さくなる時の果實の皮の場合のやうに、皺がよるといふ事實によつて出来たものである。

若し山脈の表面積を、地圖上に現はれたやうに投影畫法ではなく、實地にその側面を平方キロメートルで測定するならば、その全面積は、地球の全表面の約百五十分の一であることがわかる。そこで、地球の半徑の長さがそれに應じてどれだけ縮小したかを推知することができる。即ち、それは半徑の値の百分の一足らずであつて、この收縮は、攝氏の三百度（華氏の五百七十二度）以上の溫度の低下に相當する。これだけ溫度が低下するには、約二十億年が経過して來てゐるに違ひない。

如上のすべての考察の結果として、我々は、地球の實際の年齢は、十億年から二十億年までの間にあるものと見做すことができる。かかる様々の方法に基づいた評價が、目立つて一致した結果を與へるといふことは、興味の深いことでもあるし、また注目に値することでもある。最後に、地球史の敘述を結ぶ前に、地殻は、固化するに當つて一様の厚さをもつて流動する核を包んだものかどうか、或ひはまた、地殻の最初の運動中に出来た褶は、地層の厚さに影響



第二圖A。——地殻に関するリッパマンの假設。



第二圖B。——リッパマンの假設。

が出来た。ところで、リッパマンは次ぎのやうな假設を暗示した。即ち、地球は、互に並んで浮ぶ小片から成る一種の不規則な寄木細工のやうなものであるから、其各部分は、流動する内部の塊の働かす上方への壓力によつて下から支へられてゐるに違ひない。それ故に、若し任意の一片が可なり大きな山塊をその上に乗せて運ぶならば、その積荷の重さは、海の下に

を與へたかどうか、この點について考察を試みる必要がある。地殻が一時に全一體として凝固したものでないことは明かである。それは恰度、溶けた金屬を容れた傳熱槽の中に見られる階段と同じ階段を経たものである。凝固し始めると、固い殻又は渣滓が方々に出来て、流動する塊の表面に浮ぶ。或る天文學者は、太陽の黒點はかくして出来た最初の渣滓であつて、太陽が一部分固化し始めた證據であるといふ、やや大膽な説を唱へた。この説によると、太陽の爆發によつて遠いところに放出された物質は、それがために冷却して、流動體の表面に落下し、かくて氷山が洋上に浮漂するやうに、太陽の表面に浮漂するといふのである。

この説は、太陽黒點の説明として、そのまま直ちに受け容れることはできないが（この項「宇宙の見方」参照）地殻の形成中に、地球にはこれと同じやうなことが起こつたことは事實らしい、最初に先づ、互に分離して流動する塊の中に浮ぶところの、固い細片又は板のやうなもの

なつてゐる一片の場合よりも遙かに大きくなければならぬ。故に、比較的軽い浮遊部分はその他の部分よりも白熱流動體中のより深いレヴェルに沈むことになる。海員用語で云ふならば、それはより大なる吃水をもつてゐる。従つて、地殻は、大洋の下のところよりも、大陸の下のところの方が厚くなければならない。

我々は、たとひ正確な値をでなくとも、兎に角、地球の年齢の大きさについて、何ほどの觀念を得た。地質學者は、各紀の持續期間を次ぎのやうに見つゝもる。即ち、第一紀には七十五パーセントを、第二紀には十九パーセントを、そして第三紀には六パーセントを割り充てる。

### 三、地球の形狀、大きさ、及び質量

#### 1、地球の形狀

——望遠鏡的觀測——地球は完全な球體ではなくて回轉楕圓體である——地球の半徑は約四千哩——地球表面の最高の山の高さ及び最深の海の深さは、地球の半徑の七百分の一に過ぎない。

我々は既に、地球が現在我々の見るやうな状態に到達する前に通過した逐次的の状態を概観した。我々が前二章に於いて取り扱つた時代は、地球の誕生、幼年時代、少年時代、及び青年時代に相當する。現在はその成熟期に入つてゐる。然らば、地球は現在如何に生存し、如何に生活してゐるか？

我々は何よりも先づ、その外觀についての観念を得なければならぬ。で、我々は先づ地球の形状と大きさとの研究から始めることにする。

地球が空間に於ける孤立した球體である證據は、既に前にその概略を述べて置いた。海を瞰下す山の絶頂に据ゑつけられた望遠鏡は、若しその軸を眞に水平にするならば、海の地平を見せはくれない。海の地平を望遠鏡の視野の中央に見えるやうにするためには、望遠鏡を、天文學者が「俯角」と呼ぶ角度だけ下方へ回轉しなければならぬ。若しこの角度が細密に測定され、そしてその山の高さが判つてゐるならば、地球は眞の球であるといふ假定に基づいて、初歩幾何學によつて地球の半徑を推知することができる。最初の概算として、かくして得られる結果は、六、三三六、〇〇〇メートル（約四千哩）である。若しこの實驗が地球の種々の部分に於いて繰り返へされるならば、常に殆んど同一の結果が得られる。それ故に、我々は、地球は明かに球狀を成してゐて、その半徑は大凡そ六、三三六、〇〇〇メートルであると斷言して差支へない。

若し我々が、今度は、もつと精密に分かたれた圓の周りを回轉し得るところの、もつと有力な望遠鏡を用ゐて、俯角をもつと正確嚴密に測定するならば、そして更に、例へばテネリフ峰といつたやうな海に圍まれた高山の巔に我々の位置を占めることによつて、測定さるべき角度の大きさを増大するならば、意外な結果が得られる。即ち、北の方向に於いて測つた俯角は、望遠鏡が東又は西を指してゐるときよりも大きい。海拔三七一〇メートルの高さにあるテネリフ峰の場合には、かくして測定された二つの値の相違は、弧の二十八秒である。故に、地球は完全な球體ではなくて、兩極のところは平たく、赤道の部分が膨れてゐるところの、回轉する橢圓體の形状を有してゐなければならぬ事が推知される。兩極部がどれだけ平たくなつてゐるかといふことさへもが、この相違から測定される。即ち、それは赤道部の半徑の三分の一であることがわかる。かく兩極部が平たくなつてゐるのは、地球の最初の形成が齎らした必

然の結果である。まだ流動體であつた間に、地球は兩極をつなぐ線の周りを回轉した、そしてその回轉から生ずる遠心力は、兩極部を平たくし、赤道部を膨出させた。

地球の大きさを測定する上記の方法は、氣層のために屈折して光線に歪みが出来結果、誤謬を免かれ得ない。それ故に、所要の結果に到達するためには、もつと正確な方法を見出だすことが必要である。とは云へ、如上の方法は、我々に地球の大體の形狀について何ほどの知識を與へ、その大きさについての觀念を形ちつくるべき十分正確な資料を與へるものである。地球の圖は、水が、大洋や海となつて地球表面の殆んど四分の三を覆ふてゐることを示す。海洋學者達の測深の結果によると、海洋の最大深は一萬メートル（約六哩）足らずである。また一方、地球上に於ける最高の山である、エヴェレスト山は九千メートルに達しない。地表の隆起と凹陷とは、我々には非常に著しいものに思はれるけれども、これを地球の大きさに比較するならば極はめて小さい。地表の最大の高さと深さとは、地球の半徑の七百分の一、即ち直

徑の辛うじて千五百分の一にしか當らない。若しそれらを正確な比例尺によつて浮彫りの球の表面に象るとすれば、我々は直徑一メートル半の球を作らなければならぬのであるが、それでさへも、一方に於いて八八〇〇メートルの高さを有するエヴェレスト山と、他方に於いて九七五〇メートルの深さを有する太平洋中の大凹陷とは、それぞれほんの約一ミリメートル（〇三九吋）の高さと深さによつて象られるに過ぎないのである。それ故に、地球面の凹凸は、しばしば香橙の皮に出来た皺に比較されるが、この比較は前者を餘りに誇張するといふ誤りに陥るものであつて、地球面の凹凸の浮彫りは、香橙のそれに比べるには、餘りに小さいことを我々は知らなければならぬ。

## 2、地球の大きさ

—子午線弧測定の重要— —メートル法の基礎は何か— —白金の標準

メートル棒——地球の大きさから獨立した新單位——地球の扁心率の最も確からしい値——水陸の面積の比

測地學といふ特殊科學があるが、この科學の目的は、地球を正確に測定してその形状を決定することにある。若し地球が球形であるならば、一定数の緯度によつて分離された、その表面上の二點を連結する子午線の弧は、極に近からうと、或ひは赤道に近からうと、常に同じ長さを有つてゐなければならぬ。若し、その反對に、地球が楕圓體であるならば、同一数の緯度によつて分かれたる子午線の弧は、表面の平たい、従つてその曲率の半徑のより大きな極の附近の方が、曲率の半徑のより小なる赤道附近よりも、より長いわけである。

子午線の弧の測定は非常に重要なので、文明國民は聯合して萬國測地學會をつくつた。この學會は、得られた結果を検し、なされるべき新研究、測定されるべき新しい弧の豫定案を立てるために、三年毎に各加盟國の首都に開かれる。この學會はまた、振子の上に働く重力の相違に

よつて、我々をして、重力がよつて以て重力の中心からの距離に應じて變化する法則を決定することを得しめるところの、重力の強さの値を集めもした。だから、我々は地球がどれだけ平たくなつてゐるかを測定する第二の方法を有するわけである。

一七九九年に、フランスの天文學者達は、以前にいろんな學者によつて試みられた實測上の計算を基礎として、地球の全圓周が二〇、五二二、九六〇トイス（六呎のトイスが當時バリの法定單位であつた）を含むべきことを發見した。圓周の四千萬分の一の長さを單位として採用すれば、ほぼ半トイスの單位、即ち當時の商業事務に大した混亂を持ち來たすことがないと同時に、他面長さの自然的單位でもあるといふ利益を有つた單位が得られるものと彼等は考へた。この單位、即ちメートルは、今日すべての文明國の採用してゐるメートル法度量衡の基礎となつたものである。（但し、英米二國に於いては、メートル法は不幸にして學術上の目的にのみ用ゐられてゐる。日本でも矢張りさうであつたが、つい最近、法律によつてメー



ル法が實施された。

メートルは、バリーの記録所に供託された攝氏零度に於ける白金棒 長さとして保存されて居り、その寫しは、メートル法を採用する各國によつて維持されてゐる萬國度量衡局（フランスのセエヴルに設置された）の保護の下に作成された。

メートル標準は、十九世紀の初頭までに試みられた測地學的測量の蒐集の結果であつた。その當時に於いては、地球の扁平率は三百三十分の一と考へられてゐた。然し、十九世紀中に、子午線の弧のもつと正確な測定が完成され、増加された結果、今日では、地球の扁平率はほぼ二百九十七分の一であることが確定された。それであるから、メートル標準は、一ミリメートルの約五分の一だけ短かすぎるわけである。

科學者達は一般に、この差異は非常に僅少なものであるから、最初の標準確定に要した長い間の面倒な實驗を再び企てるのは無用なことだと斷定した。だから、現に國際的に採用されて

るメートルは、前に云つたあの白金棒の攝氏零度に於ける長さとして決定されてゐる。この決定は、幸運でもあり、賢明でもあつた。といふのは、多大の困難な作業を避けること以外に、正確に地球の大きさに基いた標準を試みないのには、更に第二の理由がある。凡そ地球に關聯した如何なるものも不變ではない。従つて長さの單位の絕對數値は、數マイクロン（一マイクロンは一ミリメートルの一千分の一）づつ常に改められることを免かれ得ない。

とは云へ、あらゆる有形物は不變不滅ではないから、標準メートルを成す白金棒も不變ではなく、その寫しも不變ではない。そこで、物理學者達は彼等の長さの單位數値を、物質から獨立した、地球の大きさからさへも獨立した、もう一つの單位と比較した。この新單位は、眞空中で測つた或る特定の色の光りの波長である。即ち、光りを構成する振動によつてエーテル中に生ずる波の二つの構次的波頂を分かつ距離である。この比較を初めて試みたのは、アメリカの物理學者シカゴのマイケルソンである。彼れはその正確さとそれを完成するに必要な不撓な

努力との故に驚異すべき幾多の困難な作業の後に、一メートルは赤いカドミウム光線の波長の  
一、五五三、一六三・五倍の長さを含み、同じくカドミウムから發する青い光線の二、〇八三、  
三七二倍の長さを含むことを發見した。されば、我々はもはや白金の標準メートル棒にのみ他  
頼り切つてはゐない。我々の單位は、光りそのものと同じく永遠に存在する不滅なるものから  
得られる。クラーク・マックスウェルは、電氣に關する彼れの有名な論文の序文の中に、左の  
やうな文句を書き連ねたときに、既に、地球の大きさから獨立した單位の重要な所以を會  
得してゐた。「かかる標準は、地球の大きさに於けるどんな變化からも獨立したものであつ  
て、自分の著作が地球以上に恒久な生命を保たんことを期待する人々によつて當然採用されべ  
き筈のものである。」

測地學的測定は、本章の初めに掲げたやうな、單に大體の結果を與へるに過ぎない實驗とは  
異つて、地球の大きさについての正確な知識を我々に與へる。我々は先づ、地球の形狀を決定

するにあつて、大陸の隆起や海洋の凹陷を勘定に入れなれないといふことを理解することから始  
めよう。假りに海面線が大陸の下に延長されるものと想像しよう。我々が今ここにその形狀を  
決定せんと努めるところのものは、かくして出來た想像的表面である。海洋の流動性は、海洋  
をして重力及び遠心力の法則に従はしめる。而して力學は、かかる表面は平たい形狀、即ち  
回轉楕圓體の形狀のみを取ることができるとを證明する。

この想像上の表面は、全然理論の上のみ用ゐられるものではない。水盛り作業は、その上  
の陸地面の各點の高さを見出すことに在る。即ち、地球表面上の點と、その下に想像的に延  
長された海面との間の距離を見出すに在る。ところで、やがて分かるやうに、大陸の平均の  
高さは僅か七百メートルであつて、これは地球の半徑の一萬分の一を超すか超さないかの高さ  
である。また、海の方への陸地の傾斜は、概して極はめて僅小である。それは、大河の水路を  
見ればわかる。それ故に、この想像的表面の形狀をもつて、直ちに地球そのものの形狀と見做

すことは、陸地の高さや海洋の深さを決定しようとする場合、又は地表の局部的變化を調査しようとする場合を除いては、極はめて正當なことであるといつて差支へない。

ドイツの測地學者ヘルマートによつて非常に細密に論じられたこれらの測定の結果は、次ぎの値を採用せしむるに至つた。地球橢圓體の半長軸、即ち地球の赤道部の半徑は、六、三七七、八五七メートル（三九六三・一二五哩）の長さである。その半短軸、即ち極の一つから地球の中心までの距離は、長さ六、三五六、六〇六メートル（三九四九・九二哩）である。地球扁平率の最も確からしい値は、二九七分の一、地球の赤道部に於ける圓周は、四〇、〇七三、三五一メートル（二四、九〇〇哩）である。地球が平たくなつてゐるために、北極は赤道よりも約二十キロメートル（一二哩）ほど地球の中心に近い。

ところで、我々は地球橢圓體の大きさを知つてゐるから、その表面とそれの容積とを決定することが出来る。地球表面の全體の廣さは、五一〇、〇八二、〇〇〇平方キロメートル（一

九七、〇〇〇、〇〇〇平方哩）である。このうち、大陸と島嶼とは一四五、〇〇〇、〇〇〇平方キロメートル（五六、〇〇〇、〇〇〇平方哩）を占め、海洋は三六五、〇〇〇、〇〇〇平方キロメートル（一四一、〇〇〇、〇〇〇平方哩）を占めてゐる。即ち、地球の表面は水陸に等分されてゐない。水は陸の二倍半の表面を占めてゐる。

### 3、水陸の分布

——陸半球と水半球——大陸と大洋とは正反對の位置を占めてゐる

——水陸の對立は何を意味するか——地球四面體説

ただに地球全體が水陸に等分されてゐないばかりでなく、兩半球の陸の分布がまた非常に異つてゐる。若し我々がフランスの南ブリタニーに於けるヴィレイヌ河の河口附近に在るデュメ小島を一半球の中心とするならば、即ち、若し我々が地球から遠く離れて、我々の眼と地球



第三圖。——デュメ島を極として見た  
る陸半球と水半球。

の中心とを連結する線がこの小島を通過するやうな位置に身を置かならば、眼に見える半球は水面と恰度同じだけの陸地面を含む(第二圖)、然るに、これと反対の半球は、本質的に海の半球であつて陸地面の九倍の水面を含んでゐる。この場合ほどに特徴が著しくはないが、太平洋の中央を占むる赤道の地點を一半球の中心として眺めた場合もほほ同じ様な結果を與へる。即ち、その半球には水の廣大な廣がり、太平洋が、殆んど全半球上に擴がつてゐるが、反対の半球には二大陸の大部分が收められてゐる。

地球上のあらゆる地點は、その對蹠點、即ち他の半球に於けるその正反對の點を有つてゐる、ところ、陸地面の僅かに二十分の一だけが、對蹠點として陸地面の點を有つて居り、その他の二十分の十九は、それに正反對な海面の點を有つてゐる。即ち、陸地面の點は、二十のうち十九までは、海によつて覆はれた地表の部分を對蹠點として有つてゐる。この事實から、大陸と海洋とは正反對の位置にあるといふ一般法則が出て来る。

この水陸の正反對は、地殻がその固化の時代に四面體の形狀をとらうとする傾向から生ずるのである。四面體形は等邊の三面を有つたピラミッドの形であつて、各面の頂點は一つの面に對立し、各面は一つの頂點に對立する。四面の體面は大洋によつて代表せられ、その頂點は海面上に隆起した大陸に相當する(第一、二圖参照)。従つて、地球表面の大陸と海洋との間には對立がある。世界地圖を調べて見れば、このことがはつきり確認される。北半球に有りすぎる陸地面は、三つの主要な陸塊、即ちヨーロッパ大陸、オーストラリアの延長を有つたアジア大

陸、及びアメリカ大陸の三つに再分される、それからまた、三つの主要な大洋、大西洋、太平洋、及び印度洋がある。

更にまた、極地探検は、海陸の對立についても一つの證據を與へる。北極の周圍には深さ三千メートル以上に達する北極洋があるが、南極の周圍には、その反對に、可なりの高さともオロツパに匹敵する廣さを有つた南極大陸がある。それ故に、海陸の分布は、對立の法則に一致するものと見做して差支へない。この四面體説については、後に地震現象を記するときにもつと十分に詳述することにする。

#### 4、地球の容積と地表の形貌

—地球全體の容積は何ほどか—水の容積は陸地の容積の十三倍

—陸地面及び海底面地の地貌—地貌の一般的傾向

今度は地球の容積について一應の研究を試みよう。

地球橢圓體の容積は、一、〇八三、二六〇、〇〇〇、〇〇〇立方キロメートル（二六〇、〇〇〇、〇〇〇、〇〇〇立方哩）あるが、この容積がどれほどのものかといふことの實質的の觀念を與へんがために、我々は、一立方キロメートルに匹敵させるにはエジプトの大ピラミッドの容積の三百四十倍を要するといふことを云はなければならぬ。地球は眞の球狀ではなくて兩極部が平たく、赤道部が膨出してゐる。この膨出の容積は、地球の全容積の百五十一分の一に相當する。

それからまた、全體としての地球の外に、我々にとつて興味のある容積がある。我々は海面上に隆起するすべての陸地の容積、及び大洋に含まれるすべての水の全容積の評價を試みる事ができる。我々はさきに、大陸面と海洋面との間の非常な不平均を指摘して置いたが、この不平均は、それぞれの容積を検すると、なほ一層大きくなる。

海面上に現はれた大陸の全容積は約一億立方キロメートルであつて、地球上のあらゆる海洋中に含まれる水の容積は十三億立方キロメートルであるから、海洋の容積は、大陸の容積の十三倍にあたる。

高さ及び深さの正確な測定の結果として、昔の地理學者の古い誤まつた觀念は跡を絶つに至つた。彼等は、若し海水が除去され、大陸が海面の高さにまで擦り減らされるならば、後者の崩壊物は太平洋の凹處をすつかり埋めるであらうと信じてゐた。これほど虚妄なことはない。若し我々がこれとは稍や異つた方法を想像するならば、——即ち、海面上に現はれたすべての陸地を、現に見る大陸のそれと同じ輪廓を有つた一様の厚さの殻に作り變へると想像するならば、その厚さは僅か七百メートルにすぎない。然るに、若し海洋がすべて一様の深さとなるやうに、輪廓は現在のままにして、その海底を作り直ほすとしたならば、かくて生ずる水の深さは約三千五百五十メートルとなるであらう。この深さは、陸地面の二倍半の表面に亘つて擴が

り、しかも陸地の平均の高さは海洋の平均の深さの五分の一にすぎないのであるから、この二つの容積の差は非常に著しいものである。

次に我々は、地殻の浮き彫りを形ちつくる隆起と凹陷とが、陸地面と海底とに如何様に分布されてゐるかを考へて見なければならぬ。昔の詩人の想像力は、大洋は深淵であつて、その深さは殆んど無限であり、海岸を距るに従つて急激にその深さを増し、果ては恐るべき怪物の棲まつてゐる奈落であると考へた。今では、恰度各國の陸地測量部の士官達の骨の折れる仕事事、陸地面の高低の詳細な地圖の作製を可能ならしめたと同じやうに、測深作業が世界の到るところに行はれた結果、モナコ公は海底の地形圖を描きあけることができた。

これらの地圖を検すると、大陸は頂上が中央部を占めてゐる規則正しい圓天井のやうなものでなく、海洋もまた兩側が中央の孔に向つて輻台する漏斗のやうなものでないことが、よくわかる。その反對に、殆んどすべての重要な山塊は、その連互の大部分が大洋の邊緣に沿ふて

る。例へば、太平洋岸に沿ふたアンデス山脈、地中海岸に沿ふたアルプス山脈、及び北海に接したスカンディナヴィア山脈等、海洋の凹處にあつてもまた同じことである。最大の深所は、海洋の中央部には発見されない。即ち、太平洋の主要な深所はその西部にあつて、その數箇所では測深索が九千メートル（五・六哩）以下に沈んだ。大西洋にあつても同じことで、中央部に於けるよりも縁の方が深く、中央部には長い海底山脈がある。

若し海が完全に消失して、海底を形成する地殻の部分を露出するとしたならば、注意深い観察者でさへもが、以前の海洋の位置を暗示する何等特別の特徴をそこに認めないであらう。海底もまた陸地面のそのやうな凹凸を有つてゐるのであつて、若し陸地面の比較的の高い部分が比較的に圓まつた海底の頂點よりもより峻しいとすれば、それはただ、海面上に現はれた表面には外力による浸蝕作用が働くが、水に被はれた海底の凹凸にはそれが働かないためにはかならない。

それにも拘はらず、浮き彫りの地球上には、若し地球から海洋を取り去つたならば起こるであらう或る一般の傾向が見られるのであつて、これらの傾向は非常に一般的であるから、これを公式化して法則とすることが出来る。即ち、浮き彫りの隆起部はその周囲の低い地方に對稱的に傾いた兩側面を持たない。その反對に、それらの兩側面は非對稱的である。大洋の凹處の傾斜の場合、又は山脈の側面の場合に、一方の側面は殆んど常に峻嶒であつて、他の一方は緩勾配をなしてゐる。のみならず、大抵の場合に、大洋に沿ふた山脈の急傾斜は、海底の凹處の同じく峻嶒な側面に續いてゐるから、山は急角度をなして海中にその裾を没してゐるやうに見えるが、その反對の側の傾斜は、緩勾配をなして遠くまで擴がつてゐる。アンデス山脈はその最も著しい例を成すもので、その山頂の高さは六千乃至七千メートル、その脊は急角度をなして太平洋に傾き、しかもその急傾斜は更に六千、七千、乃至八千メートルの深さを有する長大な谷となつて海底に續いてゐるのであるが、その山脈の反對の側は、大西洋の方に緩い傾

斜をなして擴がり、果てはアルゼンティン大草原の中に没してしまつてゐる。

## 5、地球の質量

——質量とは何か——質量と重さとの區別——質量の單位——地球の質量はどうして測定するか——動力學的方法と静力學的方法——  
地理學的方法による實驗の結果——地球の平均密度

ここに述べようとするのは、地球の質量であつて、地球の重量ではない。質量の觀念は、重量のそれとは全く異つたもので、特に細密に説明されることを要する。一物體の質量とは、その中に含まれる物質の量で、その物質がどんな外形をとつて我々に現はれようと、それは構つたことでない。若しその物體が靜止してゐるならば、その物質の量はその慣性のためにその状態に止どまる。然るに、若しその物體の上に、それを置きかへて何等かの運動をそれに與

へるやうな任意の力が働くならば、その結果として起こる運動は、その質量が大きいほど容易に起こらない。ポアッソンは質量とは運動に對する抵抗律である、といふ言葉でもつて、質量の觀念を見事に言ひ表はしてゐる。

だから、任意の物體の質量は不變量である。その重さは、その反對に、地球がそれを引きつける力であつて、その物體が一箇所から他の箇所へ水平に動くか、又は垂直に動くかするに従つて變化する。地球の表面にある、又は表面の上方にある物體に働く地球の引力が、重さの原因であるから、地球そのものは、全體として、言葉の嚴密な意味では重さを持ち得ないわけである。それはそれ自體を牽引することはできない。地球は太陽に關しては重さを持つてゐるが、然しこの語が地球自身の表面上の物體に用ゐられる意味では、重さを持たない。それ故にその質量の評價が我々にとつての唯一の問題である。

我々は先づ、一グラムの質量が、科學上の單位として採用されてゐることを記憶して置く必



要がある。ところで、力はグラムでは表はされ得ないので、ダイーンと稱する特別の單位でもつて表はされなければならぬ。一ダイーンは、一グラムの質量を有する物體に、一秒につき一センチメートルの一樣の加速度を與へる力である。

地球の總質量を測定するために、ニュートンの引力法則に基づく實驗がなされる。二物體——一つは動かすことのできる小質量の、そして他の一つは固定した可なり大きな質量の——が選ばれる。測定法は、小さい方の物體が大きい方の物體の既知の質量の引力の下に受ける位置轉換を示すほどに、十分に鋭感な方法を用ゐることが肝要である。この轉位がわかれば、我々は小さい方の物體に、それを相殺するところの相反する力を働かすことができる。そしてその大きさは、引力の大きさを我々に與へる。

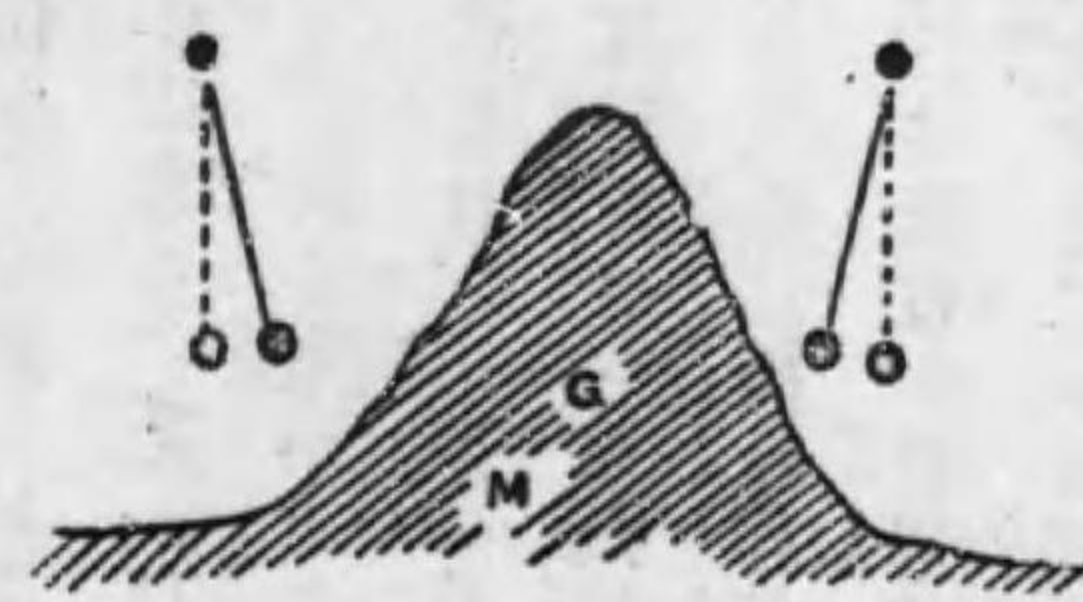
我々は、引きつける方の大きな質量として、山の質量といつたやうな自然物の質量を用ゐてもいいし、また、實驗室用として特に選定した質量を用ゐてもいい。かく二種の異つた方法、

即ち地理的方法と物理的方法とがある。

山がその附近に置かれた小質量の物體に及ぼす引力は、二つの全然異つた方法で測定することができる。第一は、山頂に於ける振子の振動を観測することによつて測定する方法である。振子が斯く高いところに在る以上は、それに及ぼす重力の働きは比較的弱い。そしてその働きの量は、山頂の高さがわかつてさへるれば、容易に計算することができる。ところで、かくして計算された振動は、實際に観測される振動と同じでないことが發見される。そこには山があるために攪亂作用が起こつて、それが高さだけに因つて起こる重力の減少に逆らつて働らく、されば、計算された振動時と観測された振動時との差は、我々をしてその山の引力作用を決定することを得しめる。これは動力學的方法である。

第二は靜力學的方法である。地質學者の調査によつてその山の密度がわかつて居り、そして精密な地形學的作業によつてその重力の中心が正確に決定されてゐるものと假定しよう。

若し我々がその山の北に位置をとつて、そこに錘線を垂れるならば、その垂れた錘線は、山の質量によつて山の重心の方に引き寄せられて、少しくその方向を轉ぜしめられるであらう。そ



第四圖。——山の重力に因る錘線の偏向。Mは山Gは重心

の錘線を延長して地球と相交はらしめるならば、それは山がな

心で和交はるであらう。山があると、兩方とも互に他の方にその方向を轉ぜしめられ、そして

若しそれらが延長されるならば、地球の中心よりもその表面により近い點で相會するであらう  
(第四圖参照)。若しそこに何等の偏向も起こらなかつたならば、二本の錘線の作る角は、任意  
の觀測點に於ける垂直線の間の角に等しいであらう。即ち、二つの位置の間の實際の高さの相  
違に等しいであらう。山のためにその方向を轉ぜしめられると、その二線は、高さの相違が作  
る角よりもより大きい角を作る。若しこの角が決定されるならば、我々はその山がその小さな  
測鉛に働いた引力を計算することが出来る筈である。

さて、この角は天文學的方法によつて得られる。地平は問題の錘線に直角をなす平面である  
と定義されてゐるから、星を觀測することによつて、二つの觀測點の各々に對する地平面上の  
極の高さを見出だしさへすれば、それでいゝわけである。然るに、高さの實際の相違は、地形  
學的方法によつて二つの場所の間の距離を知ることによつて測定されるから、觀測された見か  
け上の相違を、この實際の相違と比較し、かくて山の質量によつて生ずる錘線の偏向の角を推

定するのである。

以上が地理學的方法の原理である。他のどんな自然物の質量でも、その質量が正確に決定されることができさへすれば、引きつける物體として用ゐられ得べきことは明かである。けれども、この方法には、少くとも山が關する限りでは、次ぎのやうな缺點がある。即ち、山を構成する岩石及び礦物の配置が正確にわからないから、その平均密度が常に不確かであるといふ點である。その結果として、ただに引きつける質量の値が不確かであるばかりでなく、重心の正確な位置もはつきりしない。けれども、最初に用ゐられたのはこの方法であつた。ブーゲ及びピラ・コンダミヌは、一七三六年に、ベルーのチムボラゾ山の質量が錘線に及ぼした偏向を測定して、その山の南北の角偏向の總和が弧の十九秒であることを知つた。一七七四年に、マスケリンはスコットランドでこの實驗を繰り返して、シーハリアン山によつて生ぜしめられる垂直線からの偏向を研究した。それぞれこの山の北と南とに二つの場所が選定された。そして

それらの二つの場所の高さの眞の相違は、地形學的方法によつて、四三秒と決定された。同じ相違を天文學的に測定した結果は、五四・五秒であることがわかつた。故にその差は一一・五秒であつて、これはその山の引力が二本の錘線に及ぼした角偏向の總和に因るものである。それと同時に、地質學者ハットンはその山の構造を研究して、出来るだけ正確にその容積を計算した。この作業だけでも、三年以上の歳月を費やした。

かかる實驗の直接の結果として、我々は既知の質量の山が、その重心から多少離れたところでも、どれだけの強さを以て錘鉛を偏向させるかを知ることが出来る。この小さな質量、錘鉛は天秤にかけて重さを測ることが出来る。然らば、我々は地球（球狀をなしてゐるものと假定して）が、その中心から地球の半径に等しい距離に於いて、その表面の一點に在る質量をどれだけの強さを以てその中心の方に引きつけるかを知ることが出来る。

引力の値の比は、この兩者の場合に於ける引力を便かす質量の比を與へる。地球の質量の値

は、それ故に、山の質量の値から推知することができる。また、質量は容積及び密度の産物であつて、地球の容積はそれの大きさを與へる測地學的作業によつて知られる。それ故に、若し我々がその質量を容積で除するならば、地球の平均密度が得られるわけである。この密度は次ぎのやうな風に想像することができる。——即ち、全地球が大きな乳鉢の中で碾き碎かれて粉末にされ、そしてその粉末がよくかき混ぜられるとする。斯くして得られる物質は、その密度が、即ち毎單位容積の質量が、地球の平均密度となるわけである。

マスケリンの實驗に類した幾多の實驗は、この平均密度がほほ五・五に等しいことを證明した（密度の標準 即ち一は、攝氏四度の溫度に於ける水の密度である）。

この結果が、地球の内部構造についての我々の知識に關して、如何に重要なものであるかは後にわかる。

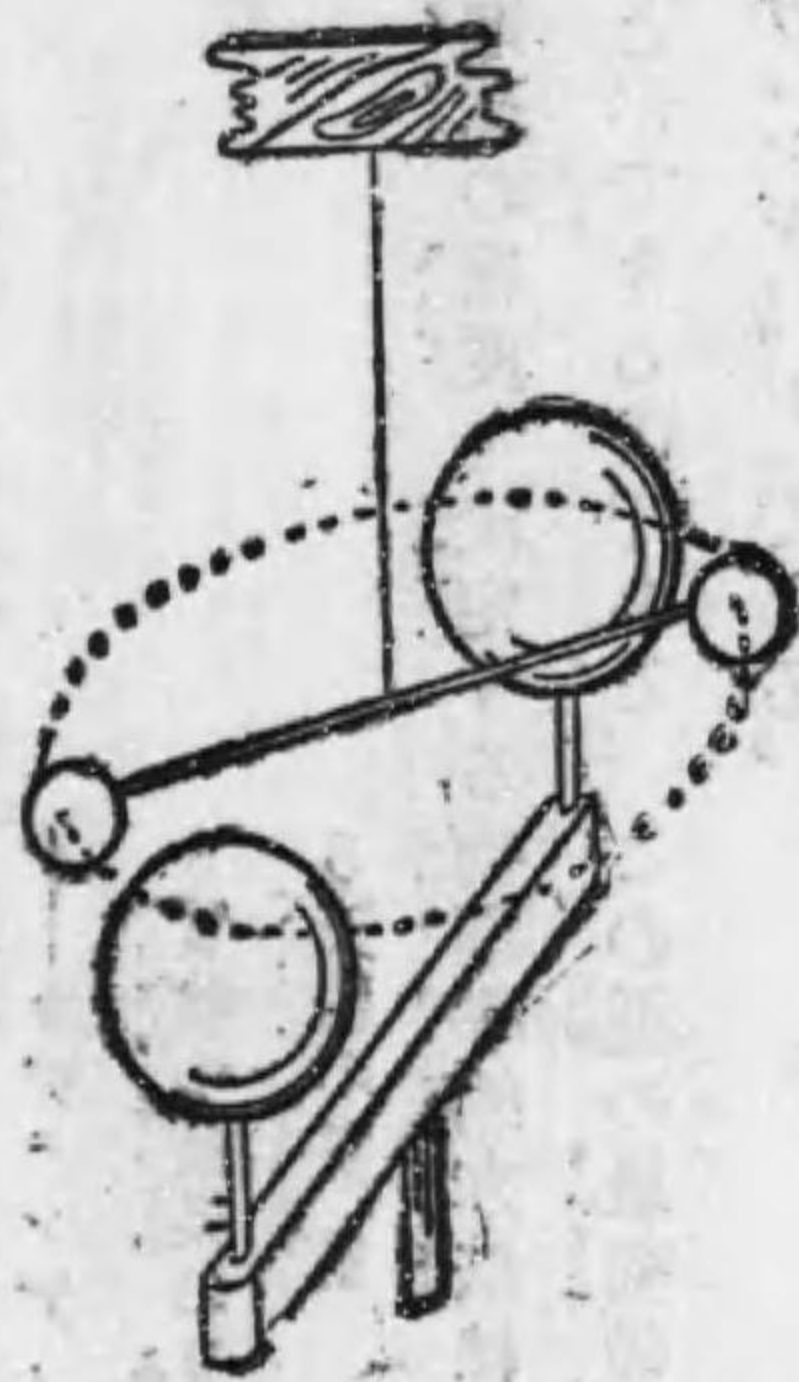
## 6、地球の目方を量る秤

——カゼンディッシュの實驗——地理學的及び物理學的方法による實驗の結果の見事なる一致——驚くべき天才の直観——尅大な天體の質量

地球の密度を決定する物理學的方法は、もつと遙かに正確なもので、しかも實驗室内で行ふことができるのである。この種の最初の装置を工夫して、「地球の目方を量る秤」を作つたのはカゼンディッシュである。

物質の一部分が他の一部分に働かす牽引力は極はめて弱いものであつて、重力が非常に大きいのは、地球の質量が比較的非常に大きいからに外ならない。我々は今度は、各々に等しい二つの質量間の牽引力の値が、如何にして見出だされ得るかを示さなければならぬ

い。その力は非常に弱いのであるから、それに平衡させるには、これまた非常に小さいところの、相反する力を用るなければならない。この目的のために、カヴェンディッシュは一本の細長い針金の振れ又は撚れを選んだ。



第五圖。——カヴェンディッシュの實驗。

大きな据ゑ附けの鉛の球を、圖に示したやうに、小さい球の右（この右といふのは、小さい球から針金の方を眺めた場合の右手の方である）のところに持つて來た。すると、大きな球はいづ

れも小さな球を引きつけた。そしてその結果小さな球を大きな球のところまで持ち來たすやうな具合に横杆を回轉させようとする傾向があつた。然し、この運動は針金の振れ又は撚れによつて妨げられた。ところで、この振れの値は、豫備的實驗によつて豫め細密に決定されてゐた。だから横杆が抵抗力によつて靜止する前に、それが實際に廻轉した角は、それらの球の間の牽引力を平均させる力の値を測るに役立つた。そしてこの牽引力は、既知の距離に於ける既知の質量間に働かしめられたのであるから、かく實驗によつて十分に確認された。この装置には覆ひをして氣流の擾亂を防いだ。

カヴェンディッシュはまた、この平衡法の外に、大きな球の牽引力によつてその正則の位置から轉位せしめられた後に、針金の振れによつて再び元の位置に引き戻されて、振子と同じやうに振動するところの、横杆の振動を研究する動力學的方法をも用ゐた。この引力を、振子に及ぼす地球の引力と比較すれば、地球の平均密度に對する鉛の密度の比率が得られる。前後二十

九回の測定(くわいのさくてい)の平均結果(へいきんけつこ)は、所要(しよえう)の平均密度(へいきんみつど)として、五・四八といふ値(あたひ)を與(あた)へた(但し水(みづ)を一とする。)

この實驗(じつげん)はいろんな形(かた)ちの下(もと)に繰(く)りかへされた。カヴェンディッシュ(カヴェンディッシュ)の裝置(さうち)は、爾來(じらい)物理器械(ぶつりきか)の構造(こうぞう)と觀測(くわんそく)の方法(はうほう)とが、長足(ちやうそく)の進歩(しんぽ)を遂(た)げるに從(したが)つて修正(しゆせい)を加(く)へられた。然(しか)し、それらの測定(さくてい)は、その實驗(じつげん)が遙(はる)かに精密(せいみつ)であつたにも拘(か)はらず、カヴェンディッシュ(カヴェンディッシュ)の發見(はつけん)した五・五といふ平均數值(へいきんすうち)を確認(かくにん)するにすぎなかつた。このことは、凡(およ)そ一現象(いけんさう)を發見(はつけん)してそれを測定(さくてい)する方法(はうほう)と裝置(さうち)とを工夫(くわう)する人は、直(た)ちにその測定(さくてい)の眞(まこと)の値(ち)を決定(けつてい)するといふ、あらゆる科學(くわがく)の歴史(れきし)が表明(へうめい)する事實(じじつ)を例證(れいしやう)するものである。彼(か)れは、天才(てんさい)の本質(ほんしつ)を構成(こうせい)するあの直觀(ちよくくわん)によつて、器械(きか)の不備(ふび)を補(おぎな)ふ。

今(いま)や我々(われら)は地球(ちきう)の平均密度(へいきんみつど)を知(し)つた。この平均密度(へいきんみつど)によると、その質量(しつりやう)は、一キログラム(しつりやう)の質量(しつりやう)重(ぢゆう)量(りやう)ではないに比(くら)べて、六、一〇〇、〇〇〇、〇〇〇、〇〇〇、〇〇〇、〇〇〇、〇〇〇、〇〇〇、〇〇〇、

〇〇〇、〇〇〇といふことになる。我々(われら)はかかる質量(しつりやう)を殆(ほと)んど想像(さうぞう)することができない。しかもそれは、天體(てんたい)の或(ある)るものに比(くら)べると、極(きよく)はめて小さい質量(しつりやう)なのである。

これらの測定(さくてい)の結果(けつこ)として、我々(われら)は、既知(きち)の距離(きょり)に在(あ)る二つの既知(きち)の質量(しつりやう)が互(たがひ)に引き合(あ)ふ力を計算(けいさん)することができ、

ニウトンの法則(はふそく)は、凡(およ)そ二物體(ぶつたい)間の引力(いんりよく)はそれらの質量(しつりやう)の積(せき)に正比例(せいひれい)し、それらの距離(きょり)の二乗(にじよう)に逆比例(ぎやくひれい)することを我々(われら)に教(おし)へる。この法則(はふそく)は極(きよく)はめて簡單(かんたん)な公式(こうしき)によつて表(あら)はされる。引力(いんりよく)の強(つよ)さは、グラムで表(あら)はされたそれらの二物體(ぶつたい)の質量(しつりやう)を乗(か)じ、そしてその積(せき)をセンチメートル(センチメートル)で表(あら)はされたそれらの距離(きょり)の二乗(にじよう)によつて除(じゆ)し、それに比例(ひれい)を表(あら)はす係數(けいすう)を乗(か)ずることによつて得(え)られる。重力(じゆうりよく)の常數(じやうすう)であるこの係數(けいすう)は、抽象數(ちゆうさうすう)ではなくて、極(きよく)はめて明確(めいかく)な物理學的(ぶつりがくてき)意義(いぎ)を有(も)つてゐる。それは、互(たがひ)に一センチメートル(センチメートル)を距(へだ)てた各々(おのづか)一グラム(いちグラム)の二質量(にしつりやう)の間の引力(いんりよく)の強(つよ)さを代表(だいひ)する。この係數(けいすう)は極(きよく)はめて小さく、K字(じ)によつて表(あら)はされ、その數值(すうち)は

G. C. に等しい。即ち、 $K = 6.5 \times 10^{-8}$  である。

この力は、力の単位即ちダインで表はされる。一ダインは、一グラムの質量に一秒間一センチメートルの加速度を與へる力である。若しダインの代りに重力がこの質量に働くならばそれによつて生ずる加速度は、パリイでは一秒間九八一センチメートルである。従つて、一ダインは一グラムの重量の九八一分の一を代表する。この力は、一ミリグラムの重量の働く力とほぼ同じ力である。

我々は今や任意の二物體間の引力を容易に計算することが出来る。若し我々が、例へば、直径十メートルの鉛の球が、二センチメートルの直径を有する一キログラムの同じく鉛の球に及ぼす力を知りたいと思ふならば、その力は、一グラムの重量に比べて、半ミリグラムにも達しないことがわかる。それ故に、天體間の引力が因つて起こるところの天體の質量は、途方もなく大きなものである。しかもそれらの引力は、天體間の膨大な距離のために著しく小さくさ

れてゐるのである。

## 7 地球の内部構造

——ロフヘ・グイーヘルトの法則——地球の中心部は如何なる状態に

あるか——鶏卵の殻よりも薄い地球の殻——驚くべき高温と高圧  
力との支配下にある中心部——地球内部の環流運動

カヴェンディッシュ及び彼れの後継者達が五・五に等しいことを明かにした地球の平均密度の知識は、我々の地球の内部の構造についての最も重要な結論に導く。地球の表面の殻を構成する岩層の密度は、その平均値二・五を大して超過することは決してない。それ故に、地球が五・五といふ平均密度を得んがためには、内部の密度は、外層の比較的低い密度を補ふために、遙かにより大きな値を有たなければならぬことになる。

ロッヘとヴィーヘルトとはこの問題を研究して、謂はゆるロッヘ・ヴィーヘルトの法則なるものを演繹した。地球は、密度が約十で、地球全体の直径の十分の八の直径を有する核から成つてゐる。この核は、密度のより低い球状の層に包まれてゐる。十といふやうな高い密度を有するのは金屬だけであるから、地球の中心部は金屬物質から成つてゐるものと想像しなければならぬ。のみならず、地球を座とする電気磁氣の現象と、火山から噴出する熔岩の構造とは、この金屬の核が主として鐵から成つてゐることを明示する。

我々は次に、かかる濃密な金屬物質が地球の中心部に如何なる状態をなして存在するかを考へなければならぬ。我々は、例へば、非常に深い鑛山の堅坑を降つて、地球の内部に穿入する毎に、表面下の深さが増すにつれて絶えず温度が増して行くことを發見する。かかる温度の増大は、地層が同じならば通例深さに比例するのであつて、その平均値は、三十三メートルに對して攝氏の一度、即ち百メートルにつき攝氏の約三度、百キロメートルにつき攝氏の約

三千度である。それ故に、若し地殼の厚さが百キロメートルに過ぎないとすれば、その深さの層は攝氏三千度の温度に在るわけである。この温度は、あらゆる既知の物體を溶かして蒸發せしめるに十分である。地球の殼はこんな厚さには達しない。核を包む固い殼の實際の厚さは、七十キロメートル（四三・五哩）を出でない。だから、その直径の割合ひからすると、地殼は鶏卵の殼よりももつと遙かに薄いのである。

それ故に、我々の地球の中心部を成す岩漿を構成するものは、溶解状態に在る金屬である。我々はそれらの溶解物質が大きな壓力を受けてゐることを忘れてはならない。これらの壓力は氣壓の數百萬倍に達する。かかる高温と高壓とを同時に受けるときに物體の存在する状態といふものは、全く我々の想像を絶した状態である。その塊は實際上固形状態に等しい堅さのものであるに違ひない。深い層ほどに大きな壓力を受けない中心部の外層が、流動状態をなして存在し、かの火山爆發によつて噴出する溶解物を構成することが出来るのは、たゞ、固い殼の直



下にあつてそれと直接に隣接してゐる部分だけであらう。  
これらの流動する核は、それらを混合し、攪亂し、そして其衝動を上方の殻に傳へるところの、環流現象を示すに違ひない。これらの運動——地球の不斷の「生命」の現はれであるこれらの絶え間なき運動は、如何にして起こるか、それらを包む殻そのものは安定したものであるか？ それとも絶え間なき變動を受けてゐるか？ 月と太陽との働き、殻の「潮汐」、及び殻が受ける衝撃——の研究は、我々をしてこれらの疑問に答へることを得しめるであらう。

## 四、地球の運動

### 1 迴轉運動

——自轉運動發見の歴史——フーコーの實驗と發明——落ちる物が東偏するわけ——遠心力——若し地球が現在の十七倍の速度で迴轉したならば——物が落ちるさいふことのない世界

我々は既に、地球の誕生、その青年時代及び壯年時代の進化の過程を想像して見た。それからまた、その形状と大きさとをも知つた。我々は今度は、地球は現在どういふ風に生活してゐるか、どういふ風に進化の過程を辿りつつあるかを明かにしなければならぬ。そして地球の現在の生活状態を知るならば、それによつて我々は、恐らく、將來に於ける地球の運命が

如何なるものであるかを豫見することができらう。

地球の生命の第一の現はれは運動であるから、我々は先づ第一に地球の運動を研究することにする。地球の運動はいくつもあつて、その中の或るものは非常に複雑であるが、主なるものは廻轉運動と移動運動とである。

地球は自轉する。即ち、兩極線と稱する想像上の軸の周圍を廻轉する。この軸は、地球楕圓體に關してほぼ固定した線であつて、極といふのは、この軸が、若しそれが實在するものとすれば、任意時に於いて廻轉する地球の表面を貫通する地點をいふのである。

我々の時間の測定は、すべてこの廻轉運動を基礎とするもので、この運動は一晝夜の長さを支配する。

地球の角速度、即ち一單位時間に地球が廻轉する角度は、大して大きくない。赤道部に於ける地球の半徑は、一時間に僅かに十度の分圓を描くにすぎない。然し、角速度の小なるにも拘

はらず、圓周上の速度は可なりに大きい。即ち、赤道部の地點は、地球の自轉のために、一秒間に四百六十五メートル運動する。この速度は、一八七四年式歩兵銃の彈丸の初速に殆んど匹敵する。もつと極に近い緯度のところでは、その速度は著しく減小する。

地球の自轉の發見は、人智の勝利の歴史を飾る最も異彩ある頁を形ちつくるものである。理論的推論はコペルニクス及びガリレオをしてこの結論に到達せしめたのであるが、この事實の聲明が如何に暴風的な波瀾を惹起したかは、何人もよく知つてゐることだ、天文學者達によつて成された諸發見は、少しづつ、豫知せぬ知識を加へて、多くの人々がなほ一個の臆說として取扱ひたがつた事柄を、絶對的確實のレヴェルにまで高めた。

例へば、ニュートンの法則は、固定した點の周圍に軌道を描く天體は、その點から働く力によつて牽引されなければならぬことを要求する、かかる牽引は、この點に集中せる質量、即ちもう一つの天體を意味する。蓋し容積と質量とは離すべからざるものであるからだ、従つて、

若し星が動かすべからざる地球の軸の周囲を廻轉するものとするれば、それぞれかかる軌道の中心に一個の牽引する物體がなければならぬといふことになる。即ち、どの星にもそれぞれ一個の牽引物體がなければならぬことになる。それ故に、地球の軸に沿うて一列に配置されたいづれも大きな質量の天體が、連続的に存在するわけである。若しかかる天體の一列の配置が存在するならば、それは我々に知覺されないでゐる筈はないのであるが、然し天文學者達は未だ一度もかかる天體の整列を観測したことがない。

のみならず、観測は、地球が太陽系に屬する惑星の一つであることを確證した。すべてこれらの惑星が、それぞれの軌道上を廻轉するものであることは、十分に確證された事實であつて地球は決して最大の惑星でもなければ、また質量の最も大きな惑星でもないのであるから、地球だけがこの一般法則の唯一の例外でなければならぬといふ理由はない。

十九世紀の中ごろに、フリーコールは、バリーのパンテオンに於ける大きな振子と廻轉儀とに

よる二つの實驗によつて、地球の自轉の實驗的證據を與へた。

振子は、その支點がどんな運動を受けても、一定不變の平面内に於いて振動するといふ、實驗的に證明し得る知識から出發して、フリーコールは、一八五一年に、バリーのパンテオンの圓天井の要石に、長さ七十メートルの針金を結び付けた。この針金は、重さ十八キログラム（約四貫八百匁）の球を支へ、球の下には尖筆が附けられた。かくしてその全體は、極はめて緩漫に振り動く一個の長い振子を成した。各振動の極點のところ、振子の尖筆は、それのとどく一番遠い點のところ、堆積された砂の中を突き抜けた。何等外部から力を加へることなくして振動を始めるために、その球を一方に引き、一本の糸によつてそれを動かさない支柱に結びつけた後に、その糸を焼き切つた。そこで振子は自由に振れ始めた。ところで、各振動ごとに積み上げてある砂の中に出来る切り目は、遠い側面からそれを眺める觀測者の向つて左の方向に廣くなるのが觀測された。振動面は常に不變で、一定の方向をとるものであることがわかつてゐ

たから、この實驗はツマリ、支持物が置き換へられたことを明示したわけである。即ち、パンテオンが、また従つて全地球そのものが、その積み砂の切り目が廣がつた方向とは反對の方向に廻轉しつゝあつたわけである。

フーコーは單にこれだけに止どまらず、更に廻轉儀の發明にも成功した。すべて長さの等しい一組みの振子が相並んですべて同じ質量を支へ、同じ軸の周圍を振れると想像せよ。然しそれらは、僅かに圓周の弧を描くことのはりに、完全な圓を描いて、すべて廻轉の共通の軸に直角をなす同一面内を振れるものと假定せよ。廻轉儀は、實際には軸の周圍を速速に廻轉する半徑の小さい節動機を云ふのであつて、かかる一組みの振子と同様の働きをする。だからそれは常に一定不變の方向を維持すべき筈のものである。若しこの器械の吊るし點の一つを、望遠鏡を用ゐて觀測するならば、それは地球の自轉の反對の方向に動くやうに見える。

今日までに試みられた廻轉儀の應用は、よく知れ渡つたことである。海員は、廻轉儀が船の

運動の影響を受けないところから、海の地平が霧のために蔽ひ隠されるときに、これを用ゐて不動の地平を求め、それからまた、磁針のかはりにこれを用ゐて正北を知る事が企てられ、飛行家はこれを用ゐて飛行機をより安定なものにしようとして企てて成功した。

フーコーの實驗を、ただ質の上でだけでなく、量の上でも深い注意をもつて觀察するならば、我々は、一見説明しがたい、矛盾したものと思はれるにも拘はらず、實際は極はめて簡單な意味を有つてゐるところの一事實に氣がつく。

振子の振動面が、例へば一時間間に廻轉するらしく見える角を測つて見るならば、その値は、パリでは、三十六時間をもつて一回轉を完了する廻轉の速度に相當することがわかる。ところで、地球の角速度が二十四時間（正確には二十三時間と五十六分四秒）に一廻轉する速度であることは、云ふまでもなく確かな事實である。といふのは、我々に時の單位である一晝夜、及びその細分である一時間の定義を與へるものは、この速度であるからである。この垂直

線についての廻轉速度を見出すためには、我々は實際の速度に實驗地點の緯度の角の正弦を乗じなければならぬ。バリーの緯度についてこの計算をして見ると、振子の振動面又は廻轉儀の廻轉の見かけ上の速度が、正確に三十六時間をもつて一廻轉する速度であることがわかる。この結果として、若し漸次に緯度の高いところ、即ち漸次に北の方へ向けてこの實驗を試みて行くならば、廻轉の速度は次第に増大し、地軸と垂直線とが相一致する極の所では、振子は二十四時間（正確には二十三時五十六分四秒）をもつて一廻轉を描くであらう。北極又は南極の探検家で、幸運にも眞の極地に到達して、かかる現象を研究し得るほどに長くそこに滞留することのできるものに取つては、この實驗は最も興味深い實驗の一つであると思はれるに相違ない。また一方赤道に近づくに従つて、振子の廻轉速度は益々小さくなり、最後に赤道部では常に變らぬ方向に振動する。このことは、既に實驗によつて證明されてゐる。この現象は南半球でも全く同じことで、ただ見かけ上その反對の方向に動くだけである。

フーコーの實驗の科學的價値は可なり大きなものである。といふのは、廻轉儀の廻轉の見かけ上の速度を細密に測定すれば、その地點の緯度を推知することが出来るからである。天文學的に決定された緯度は、それまでは星の觀測によらなければ知ることができなかつたものであるが、フーコーの方法によると、空を眺めたり星を觀測したりする必要がなく、空の全く見えない圓天井の下にゐても、天文學的に決定されたものと同じものが測定されるのである。若し動いてゐる船の甲板上で充分正確にこの實驗を試みることもできるやうな裝置を備へることができれば、一つの重要な問題が解決される。何故なら、それによつて海員は、太陽や星が霧や雲のために蔽はれた場合にも、彼等の位置を測定することができるからである。地球の自轉が齎らす實際上の結果は非常に重大なものであつて、氣流系統の本質的な特徴それからまた、半ば海流の特徴は、その結果であるといつて差支へない。力學の證明するところによると、コリオリスの定理の結果として、地球のやうに、その軸上

を廻轉する球の上に於ける運動物體は、凡て、この廻轉のために、北半球に於いてはその進路の右方に偏れ、南半球に於いてはその進路の左方に偏れる。従つて、氣層を構成する瓦斯塊であらうと、或ひは大洋を形成する流動體の塊であらうと、その大きな移動運動を研究するには、今云つた偏向力の恒久的な作用を勘定に入れなければならない。

この偏向力は、とは云へ、極はめて弱い。それは、廻轉する球の角速度に、球の表面に運動してゐる物體の質量に、その物體の運動の線速度に、それからまた緯度の正弦に、比例することを、我々は力學によつて知つてゐる。四十五度の緯度のところで一秒間一メートルの速度をもつて動いてゐる質量一グラムの物體にあつては、この偏向力は、その物體の約十萬分の一（正確には八萬九千分の一）である。然しこの力は、長距離を大きな速度で動いてゐる可なり大きな質量の物體に動く。だから、それが地殻の周囲を循環する流動體の塊の進路の上に著しい作用を及ぼすことは怪しむに足りない。

動いてゐる物體に及ぼす偏向力のもう一つの結果は、地球の表面に向つて自由に落ちて來る重い塊が東へ偏向することである。この偏向は、その物體の落ち始める高點の線速度は、その物體が地球に打突かる地點の線速度よりも大きい（前者は廻轉軸から遠く、後者は廻轉軸に近いから）といふ事實によつて生ずるのである。だから、その物體は東の方へ進んだ地點に落ちる。

この偏向は力學の原理によつて計算することができるのであつて、極はめて微小である。この計算を、廻轉の線速度の最も大きい赤道部に試みると、百メートルの高點から落ちる物體は三十三ミリメートルだけ東偏することがわかる。偏向が斯く極はめて小さいことが、この現象の究極の證明を常に妨げたのであつた。

我々は今度は地球の廻轉のもう一つの結果を考察しなければならない。廻轉運動は遠心力を働かすことになるが、この遠心力は、當の表面の地點が軸から遠いほど大きくなる。それ故に

赤道部では、この力はその最大限に達する。遠心力は重力を中和する傾向があるので、重力は實際にその總體の値の二百八十九分の一だけ減少する。言ひかへると、赤道部では、遠心力は重力の二百八十九分の一である。

遠心力は廻轉する物體の角速度の二乗に比例するから、そして二百八十九は十七の二乗であるから、若し地球が現在の十七倍の速さを以て廻轉するとしたならば、赤道部の重力は恰度きつかり遠心力と平衡するわけで、従つて如何なる物もそこでは見かけ上の重さを少しも有たないことになる。

かかる状況の結果は、我々地球上の生物にとつて非常な災厄となるであらう。第一に、我々の身體は少しも重さといふものがなくなつて、地上に何等の壓力をも働かなくなる。従つて摩擦もなくなる。歩くことも走ることもしなくなる。それからまた汽車が線路の上を走ることもできなくなる。一跳び跳び上がると、假りにさういふ事情の下に於いても猶ほ空氣が存

在するとしても、僅かに空氣の抵抗によつて制限されるに過ぎないから、我々の身體は途方もなく高いところに浮び上がつてしふことになる。然し、恐らく、さういふ事情の下に於いては空氣も水も地殻の表面に止どまることができないであらう。流動體はどうかといふと、それは最早や容器の底に凝集してゐないであらう。風に押しやられた大洋の水は、海岸に堆積して水の山を形ちつくつたまま、再び落ち歸つて水平の海となることがないであらう。酒や水をコップに注ぐことができないばかりか、それらは最早や壘から流れ出すことさへもしなくなるであらう。

すべての手職業は、その基礎的な道具であるハンマーが、重さがなくなつたために、その用をなさないから、全然不可能にされてしまふ。如何なる物體も、落ちるといふことがなくなる。従つて、錘線によつて垂直の方向を示したり、水準によつて水平の方向を示したりすることもできなくなる。

これは幸ひにして單なる想像上の狀況に過ぎないのであるが、かかる狀況の下に於いて生存が如何に不可能であるかを證明する事實は、他にいくらでも舉示することができる。

## 2 公 轉 運 動

——公轉の速度は一樣ではない——平均速度は一時間六萬六千哩——  
自轉と公轉とは如何に結合してゐるか——軌道に對する地軸の傾斜

地球には、その軸の周圍を廻轉する運動から獨立に、移動運動即ち太陽の周圍を運行する公轉運動がある。この運動はケプラーの法則に従つて起こる。即ち、地球の中心（嚴密に云へば地球及び月の系統の重力の中心）は楕圓を描き、その焦點の一つを太陽が占める。我々の地球はその軌道上を一樣の速度をもつて運動しない。ケプラーの第二の法則は、等時間内に描かれる面積に關係したもので、それによると、地球は太陽に最も近い點に在るときにその軌道上

の運動が最も速く、太陽から最も遠い點に在るときに最も遅い。

この楕圓軌道——それを天球上に投影したものを黃道と呼ぶ——の長軸は、長さ二九七、五〇〇、〇〇〇キロメートル（一八五、四五〇、〇〇〇哩）であつて、楕圓の偏心率は六十分の一である。だから、太陽から地球までの平均距離は、一四八、〇〇〇、〇〇〇キロメートル（九三、〇〇〇、〇〇〇哩）であつて、地球の半徑の二萬三千倍以上である。

地球の中心は一年をもつてこの軌道を遍歴するのであるが、この一年の通路の全長は、九三、〇〇〇、〇〇〇キロメートル（五七七、〇〇〇、〇〇〇哩）に及ぶ。これは一時間一〇六〇、〇〇〇キロメートル（六六、〇〇〇哩）の平均速度に相當するもので、現代の最もアムピシヤスな飛行家の夢想でさへもが遠く及ばない速度である。

然し地球はいつもこの平均速度でもつて旅してゐるのではない。ケプラーの第二の法則に従つて、それは或るときはもつと速く、また或るときはもつと遅く運動する。その最大の速度を



擧げて、それを一時間毎にキロメートルで表はすのではなく、一秒間毎にメートルで表はすことにすると面白い。夏至の頃は、地球が太陽から最も遠く離れたときで、従つてその運行が最も遅く、一秒間に二八、九〇〇メートル（一七・九哩）餘の速度であるが、一月一日頃の速度は同じく一秒間に三〇、〇〇〇メートル（一八・六哩）である。どんな弾丸もこれに匹敵するやうな速力には達しない。紐状無烟火薬のやうな、爆發力の最も偉大な火薬を用ゐる最も速力の速い施條銃の弾丸が、辛うじて一秒間一千メートルの速力に達する。これとても地球の運行の速度には遠く及ばない。讀者は現にこの頁を読みつつある瞬間も、かかる驚くべき速度をもつて空間内を運ばれつつあるのであるが、地球の近くにこの運動の測定標準となるべき點なり物體なりが全く無いばかりに、何人もこの速力を感知することができないのだ。

我々は今度は、この二つの運動、即ち地球の自轉と公轉とが、如何に結合してゐるかを考究しなければならぬ。最初に與へられ得る例證は、楕圓軌道を描いて廻轉する球のそれである。

その球は、軌道を通りながら自轉する、そして一回の自轉の間に、その大圓の周圍に等しい距離だけ軌道上を進行する。

然し、この運動が斯く簡單に結合するためには、廻轉の速度と移動の速度との間に、適當な關係が保たれなければならない。地球の場合には、廻轉の速度は移動の速度の六十七分の一に過ぎない。若し我々が地球の二重運動を一個の球のそれによつて一箇所に表はさうとするならば、我々は、その球が、單に二十四時間にただ一回その軸上を廻轉するやうな具合に廻轉するだけでなく、それと同時に進むもすることを想像しなければならない。

撞球戲は、假りに球戲臺の面に摩擦がないとすれば、地球の運動をその面上に例證することが出来るやうに思はれる。

若し假りに地球の二重運動が或る宇宙力の致動力の結果であるとするならば（これは全然謂はれない假設であるが）、かかる力は地球の中心に向けられたのではなくて、その一方に偏し

た一點、即ち力の方向に直角をなせる半徑の、中心を距ることほほ三三、七五〇メートル（二〇哩）（この距離は半徑の百八十九分の一に當る）の一點に向けられたものであることが、容易に計算され得るのである。

故に、球戲臺の上に地球の運動を表はさうとするならば、我々は半徑一八七ミリメートル、即ち直徑三七・八センチメートルの球を選ばなければならない。球の材料は、地球のそれと同じ密度の、そして地球のそれに相應した厚さの、同心的な諸層を成してなければならぬ。次に我々は完全に眞直ぐな撞棒を選んで、打球の瞬間に撞棒の方向が球の中心を距る一メートルの一點を貫くやうな風に、中心を外れて打球しなければならぬ。すると、その球は廻轉と移動との二重運動を起し、しかもその二重運動の速力が、地球の實際の二重運動と同率となる。

最後に、注意しなければならぬことは、地球が太陽の周圍を自轉しつつ運行する間に、地

球の軸は軌道面に對して直角をなさないといふ點である。それは、地球の赤道面と黄道面とが互にほぼ二十三度二分の一の角をなすやうな具合に、黄道の方に傾いてゐる。だから、兩極を繋ぐ軸は、その餘角を成してゐる、即ち地球の軌道面に對して六十六度二分の一の角をなしてゐる。この軸の傾斜は、地球上に生存する生物に關して非常に重要な事柄である。晝夜の不均等もそのためであるし、一年中の季節の變化もそのために起こるのである。

### 3、月及び太陽の與へる影響

——二萬六千年毎に描かれる圓——歳差——十八年半を週期とする  
章 動——六箇月を週期とする地軸の運動——十四日を週期とする  
地軸の動搖——地軸の廻轉運動を表はす複雑な曲線

若し地球が全然球狀をなして、その衛星即ち月を伴はなかつたとするならば、上記の運動

が地球の經驗する唯一の運動であつたであらう。然し地球は純然たる球状をなさず、加ふるにその周囲を回轉する衛星を有つてゐる。従つて、地球は他の運動をも強ひられる。地球は、前にも云つたやうに、極の部分が平たく、赤道部が膨出してゐる。この赤道部の膨出の結果は極はめて重要である。任意の質量が一物體の上及びぼす引力を知らうとするときに、若しその物體が球状であり、均質であるならば、我々はその物體の質量がすべてその中心に堆積してゐるものとして計算することが出来る。問題はかくして簡單にされ、そしてその結果は全然正確である。然し赤道部の膨出は地球を眞の球状たらしめない。それ故に、附近の天體が地球に及ぼす引力は、かかる天體が地球の兩極線上又は赤道面内に位置してゐる場合を除いては、非對稱的である。これらの二つの特別の場合を除けば、月又は太陽といふやうな附近の天體は、赤道部の膨出の二等半から異つた距離に在り、従つてそれに及ぼす引力の度も異つて來る。その結果として地球を廻轉させる傾向を生ずる。

月と太陽とは、いづれも、この種の働きをする。前者はその質量が小さく、僅かに地球の質量の八十分の一に過ぎないにも拘はらず、地球に接近してゐるために（地球の中心からの距離が僅かに地球の直徑の三十倍しかない）、太陽よりも大きな働きをする。然るに、太陽は地球からの距離が非常に大きく、地球の直徑の一、五〇〇倍もある。そしてその引力は、重力の法則に従つて、この距離の二乗に逆比例する。但しこれは、太陽の途方もなく大きな質量（地球の質量の三二四、〇〇〇倍）によつて半ば補はれる。

かくの如く、太陽はその質量が大きいために、月はその距離が近いために、絶えず協同して地球の廻轉軸の方向を變化させる。兩極線は黃道面に直角をなす線と二十三度二分の一の角をなす。前者は、月と太陽との引力の影響を受けて、地球の中心を頂點として圓錐形を描くやうな風に、東から西へ、緩慢な廻轉運動をやつてのける。この圓錐形は約二萬六千年に一度描かれるのであつて、その後地軸は次ぎの二萬六千年に前と同じ位置を再び繰りかへす。かくし

て地球はその軸の周囲を急速に廻轉しながら補助的運動を果たして、その軸の位置を圓錐形に置き換へる。この運動を最もよく例示するものは、心棒の周りを急速に廻りながら、その尖端を頂點として圓錐形を緩やかに描くところの、獨樂の廻轉運動である。

歳差といふのは、地軸が二萬六千年毎に果たす運動に與へられた名である。それは、地球上の生物の見地から見て、重大な結果を有つてゐる。長い年月が経つ間に、歳差は、季節の相對的長さを變化させ、かくて一般の氣候的状況の永續的變化を生ぜしめる。

兩極線の描く圓錐形は、それ自身に於いて全然規則正しいものではない。その縁は眞の圓形ではなくて、鋸齒狀又は波狀をなし、電球の様な毀れ易い物を包むボール紙の形にやや似てゐる。これはどういふ理由によるのかといふと、天文學者の教へるところによると、月の軌道面は週期的にその位置が變はる、そしてそれと地球の軌道面との切合點は、東から西へ移動して、ほぼ十八年半をもつて完全な一廻轉を遂げる。この間に、地球の軸は、歳差現象に従つて

描くべき筈の理論上の錐面の、或るときは内側に、また或るときは外側に、少しくその位置を轉せしめられる。その結果として、天球上に於ける地軸の投影は、十八年半をもつて、それぞれ弧の三十六秒及び十八秒の長さの軸を有する小さな橢圓を描く。この現象を章動と呼ぶ。

地球の運動はこれだけで盡きてゐない。太陽は、地球の周囲を廻ぐるその見かけ上の運動に於いて、春秋の二分點を通過するときに、六箇月ごとに赤道の一方から他の一方へ横過するやうに見える。即ち、天文學者及び海員用の精確な用語で云ふと、その赤緯が宮を變へる。赤道部の膨出は、太陽の方に向いた部分は、反對の方に向いた部分よりも強く引きつけられるわけであるが、この赤道部の膨出の結果、天球上に於ける地軸の投影は、歳差と章動とに起因する波狀曲線の上に常にその中心を置いてそれぞれ弧の二秒及び一秒の角度の大きさを有つた小さな橢圓形の周圍を振動する。かくして章動に起因する鋸齒狀は、それ自身がまた、六個月を週期とするこの現象によつて鋸齒狀にされる。

のみならず、月は十四日毎に赤道の一方から他の一方へ移動するために、地軸は第四の動揺を生じて、第四の極はめて小さな楕圓を描く。その楕圓の中心は、前の楕圓の周圍の上に留まつてゐるが、然しその角度、大きさは、それぞれ弧の十分の四秒及び十分の二秒にすぎない。故に、上に述べたやうな、地球の廻轉運動に影響を及ぼすすべての動揺を要約しようとするならば、我々は次ぎの法則に到達する。即ち、天空を表はす想像上の球の表面（この表面は天球と呼ばれ、天文學的推論を試みる場合にしばしば用ゐられるものだ）と切合するまで地軸を引き延ばすならば、かく引き延ばされた線は、地球の公轉運動及びその空間運動を勘定に入れない場合でさへも、一定不動の點に於いて天球と切合するものではない。それは十四日ごとに極はめて小さい楕圓を描く。そしてこの楕圓の中心は、赤緯上に於ける太陽の轉位によつて生ずるところの、第二のより小さい楕圓の周圍を、六箇月ごとに一廻轉する。この第二の小楕圓の中心は、ほほ十八年ごとに、第三の遙かにより大きな楕圓を一廻轉する。そして最後に、こ

の大楕圓の中心は、二萬六千年ごとに、歳差に起因する圓の周圍を遍歴する。だから、地球の廻轉運動を如實に表はす曲線は、四種類の鋸齒状又はぎざぎざ形が組み合つた複雑な曲線である。

#### 4. 極の移動

——移動發見の徑路——緯度の變動——萬國測地學會の決定的實驗——極の移動は週期的——極移動の空間的範圍——チャンドラーの公式——極移動の原因——極地探検家の悲哀

我々は更に、新しい質問を提起しなければならぬ。地軸は、今云つたやうに、天球上には非常に複雑な曲線を描くけれども、地殻に關しては絶対に一定不動のものであるか、どうか？ 言ひ換へれば、地球の眞の極は、地表に相對して固定したものであるか、どうか？ これに對

しては否かと答へなければならぬ。極はさういふ風に固定してはゐない。それは地球の上を徐々に移動するのであつて、その移動の範囲は如何に小さくとも、絶えず行はれる。若し地球を鋼製の軸上を廻轉する木製の球で表はすとすれば、その軸は、その上を廻轉する球の内部に確乎と定着してゐるに、微かに振れ廻はるやうにされなければならぬ。この現象は、測地學者及び天文學者達によつて、緯度の變動といふ名の下に研究されて來た。

然らば、彼等は如何にしてさういふ微細な變化を認識することができたか？ 測定は、實際、地表上に於ける極の轉位が極の理論上の位置の周圍數メートルの範圍内に縮小されてゐることを證明する。この現象の發見と測定とは、恐らく、較近の天文測地學の最も驚異すべき結果を成すものであらう。如何なる現象と雖も、眞に卓れた觀測者の眼を逃がれることはできないらしい。そしてまたこの發見は、「時宜に適應せる考察を能くすることは、發見の路を辿る第一歩である」といふ言葉の眞實なることを證明するものである。

極の移動は次ぎのやうにして發見された。地球上のあらゆる點は、二つの符合によつて地圖又は地球儀の上に指示される。(一)、經度、これは、一定の子午線(今日ではグリニッチ子午線が全世界の標準)からの距離を示す。(二)、緯度、これは赤道からの距離を示すもので、その地點の經度に沿うて算へられる。天文學的觀測は、この後の方の角度即ち緯度を直接には與へないで、その餘角即ち緯度と直角との差角である餘緯を與へる。だから、緯度を見出だすには、地軸と觀測地點の垂直線との作る角を測定しなければならぬ。緯度測定は旅行者、海員、及び天文學者の日課である。陸地探検家は經緯儀を用ゐる、海員は六分儀を用ゐるのであるが、兩方とも容易に二十利以内の正確な結果を與へる。即ち、位置の誤差は、南北の方向に六百メートルを超えない。天文學者は、子午圓の助



第六圖。——緯度と餘緯。

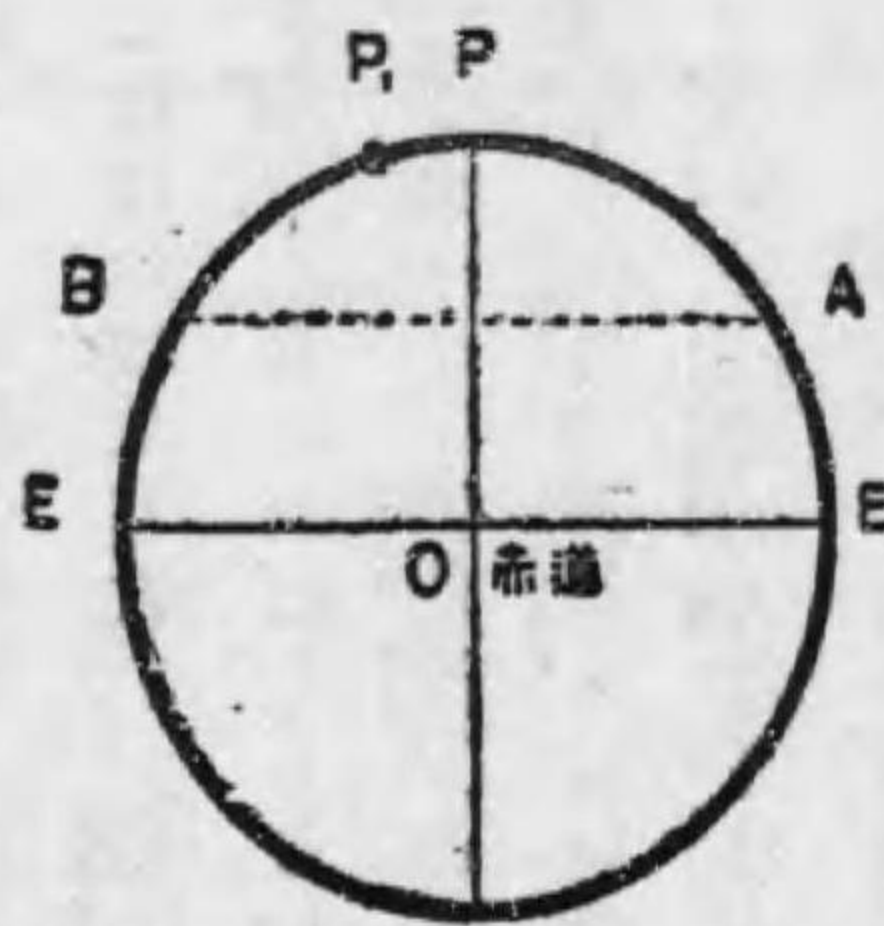
緯儀を用ゐる、海員は六分儀を用ゐるのであるが、兩方とも容易に二十利以内の正確な結果を與へる。即ち、位置の誤差は、南北の方向に六百メートルを超えない。天文學者は、子午圓の助

けをかりて、一秒の十分の一以内の緯度を見出だすことができる。即ち、観測點に割り當てられる緯度の有り得べき誤差は、三メートルを超えない。

ところで、一八八九年及び一八九〇年に、ベルリン、ポツダム、及びブラーグの各観測所はその地點の緯度が絶えず變化すること、及び更に一層面白いことには、その三緯度ともがすべて同じ意味の變化をすること、即ち、恰も北極がこれらの町に微かに接近しつつあるかの如き變化を示すことを発見した。観測に用ゐられた器械の精確と、観測者の経験及び技術とから云つても、殊に、これらの差が、常に一秒の十分の幾つといふ風に、同じ等級の大きさを示したのを見ても、それは決して單なる偶然の錯誤ではあり得ない。

これらの事實に直面したので、萬國測地學會は、決定的な實驗を試みることによつて、出来るだけ完全にこの問題を明かにすることに決した。

極から同距離に於ける二點A及びBを考へる（第七圖）。それらは同じ緯度圈の上にあるが、



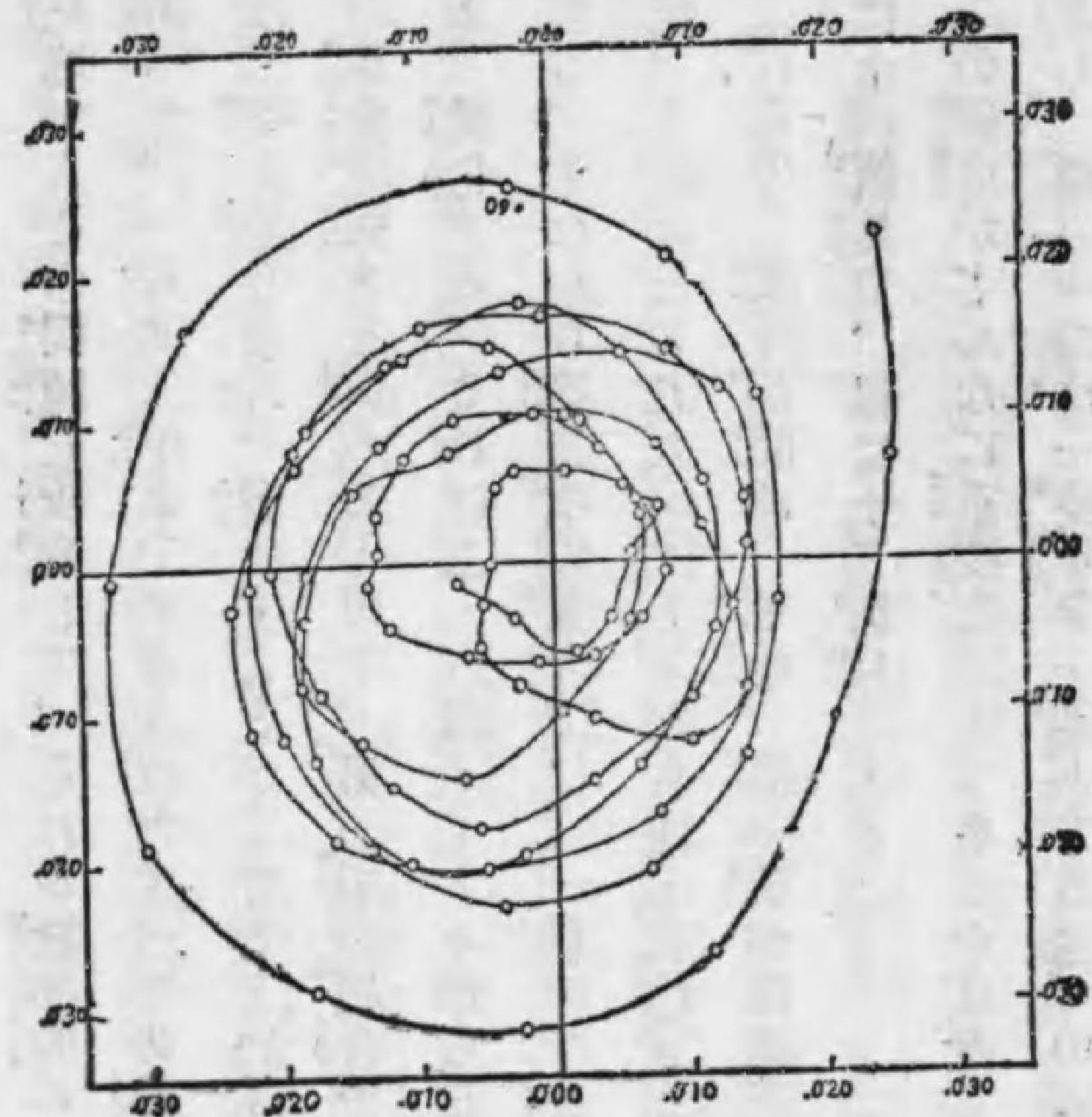
第七圖。——緯度の變動。

互に反對の位置にあつて、百八十度だけその經度を異にする。若し北極がPからP'に移動して二點の中の一つの點の方により近くなるならば、それは他の一點から等距離だけ遠ざかるわけである。それ故に、若しA點の緯度が或る角度だけ増大するならば、B點の緯度は同じ角度だけ減小しなければならない。その逆もまた然うである。一八九一年に、萬國測地學會はホノルルにドイツの天文學者マルクセとアメリカの天文學者プレストンとを派遣した。ホノルルとベルリンとは互に殆んどこの圖のA、Bの二點の位置を占めてゐる。その結果は決定的であつた、ホノルルでは緯度が増大したが、ベルリンでは等量だけ減小した。絶對的確實に到達せんがために、一八九五年には、北極の周圍に六つの等距離の場所と、南極の附近に更に二個所とが定められた。反對地點の各組に

於いて、その變化は等しいことが證明された。それ故に、地軸は地球の表面に固着したものでなくて、絶えず動いてゐるものである。

我々は、地軸の變動といふ、この奇妙な現象を質的に證明したから、今度はこれを量的に觀測しなければならぬ。即ち、それに要する時間と、それが通過する空間とについて、この現象を測定しなければならぬ。

先づ第一に、週期的であることが證明された。それは、最初見たところでは、地球の諸運動の週期と何等の關係もないやうに見える。極は四百三十日毎に一回同じ子午線に歸つて來る。この現象の空間の大きさはどうかといふと、運動の範圍が弧の一秒の十分の二から十分の三に達する。即ち、これを距離で云ふならば、六メートルから十メートルに達する。第八圖は、一九〇〇年から一九一〇年までの間の、地球の表面上に於ける北極の移動を示したものである。かかる觸感し得られない現象が發見され、觀測されたといふことは、眞に注目し値する。それは



第八圖。——北極の移動(正方形の各邊は約六十五呎に相當する)。

ただ、すべての文明國の科學的協力によつて完成されたのであつてかかる協力は益々現代科學の基調となりつつある。科學に於いてさへも、否な特に科學に於いてこそ(といつても差支へなからう)、協同は力である。

この不斷の極の移動の原因は、なほ一層不明である。チャンドラーは、この問題を論じた彼れの巧みな論文の中で、純然たる理論上



の見地からこの問題を攻究して、それを數學的に分析し、かくしてこの問題に多大の光りを投げ與へた。一八九三年までになされたすべての観測を組み合せて、そこから彼れは、極の運動は二項を含む公式で表はすことができるといふ重要な結果を推論した。これらの項の期間はこの現象の強さを與へるもので、第一項の場合では弧の一秒の千分の八十五から千分の百八十五まで變化する。これは二・六四メートルから五・七〇メートルまでの地球表面上の轉位に相當する。それから第二項の場合では、一秒の千分の百十五から千分の百五十五までの變化をするが、これは三・五六メートルから四・三〇メートルまでの距離に相當する。

これらの二項の期間は、平均、第一項が四百三十日、第二項が三百六十五日である。即ち、一は十四箇月で、他は十二箇月である。

この研究がどんなに重要なものであるかは直ぐにわかる。この現象は、一つは十四箇月を一期とし、他の一つは一箇年を一期とする二つの週期的作用の複合力によつて起るものに違ひ

ない。だから、我々はこの二つの作用を別々に研究しなければならない。

前者については天文學的原因がある。四百三十日といふ週期性は、天文學の剩餘によつて説明し得られるもので、地球の赤道部の膨出に及ぼす月の作用から起る。

ケルヴィン卿とニウカムとは、全體として考へると、地球は鋼製の球に比ぶべき弾力性を有つてゐるといふことを明かにした。地震現象を研究して見ると、このとが十分に確證される。

ニウカムは、若し地球が弾力性を有するならば、極の轉位の週期は四百二十七日であるべき筈であることを明かにした。この數字は、チャンドラーの指示した四百三十日と著しく符合する。更にまた、檢潮器でもつて永い間觀測をつづけた結果、或る海岸、例へば、ヘルダー附近の北海の海岸や、サンフランシスコ附近の太平洋の海岸などの潮の上下が週期的であるといふ事實が明かにされた。これらの變化の期間はきつかり十四箇月であるから、チャンドラーの公式の第一項のそれに等しい。

ヴォルテラ教授の研究は、一物體の回轉が示すあらゆる變則は、その物體の形狀をも、またその外側の物體にそれが及ぼす引力の強さをも變へない運動によつて説明することができる、といふことを確證した。ところで、我々は、地球の中心に近くなると、地球の内部を構成する露けた材料が受ける甚だしい壓力は、それらの材料に、固體の剛性と實際上同等の剛性を與へることを知つてゐる。然るに、殼の附近では、壓力が非常に減じてゐるから、かかる剛性がなくて、構成材料が流動體を成してゐることは、火山の爆發から流れ出す熔岩によつて明かに證明される。若し地球の橢圓體の塊全體が固形體と見做されるならば、緯度變動の現象を説明することはより困難であらう。恐らく、これらの内部の流動體の部分は、循環しつゝあるものであらう。プルッセルスのラレンツ教授は、地震現象の週期性と極移動の週期性との間の關係を發見したと信じてゐる。

チャンドラーの第二項は、その週期三百六十五日が恰度一年の週期であるから、もつと容易

に説明される。ところで、氣象的現象は同じやうな週期性を示す。例へば、大量の空氣の位置轉換を考へてみたまへ。我々は既に、大陸が主として北半球に群をなして存在することを知つた。冬季はこれらの大陸は、それらを圍繞する大洋よりも遙かに寒冷である。従つて、陸地は密度の高い氣層をもつて被はれる。かくして冬季北半球の大陸上に集積する空氣の總量は、同季の大洋を被ふ空氣の總量を超える。スピッター教授は、この超過量を計算して、百四十億噸なることを知つた。即ち、これは千五百立方キロメートル（九百三十立方哩）の銅の重さに匹敵する。この驚くべき大量の空氣は、夏季中に大洋上に進出するのであつて、かかる大量の空氣が毎年週期的に入れ替はることは、チャンドラーの公式に表はされた三百六十五日といふ週期性の説明となるかも知れない。我々はまた、極地の氷の週期的融解、降雨の季節的變化、及び他の現象も、同じやうな働きをするかも知れないといふことを附言しなければならぬ。ハーン博士はまた、太陽の磁氣的影響の年週變化があると信じてゐる。それ故に、大體に於い

て、我々はその一部なり全部なりが極移動の年週期性を説明するところの、いくつかの事實を擧げてゐるといつて差支へない。

一般に、地球の表面に起こる緩慢な現象は、すべて、地軸の位置に、徐々にではあるが漸加的に影響する。即ち浸蝕作用、陸地面の隆起と陥没、地震現象によつて生ずる急激な變動等はすべて影響を及ぼすのであつて、その影響は個々別々には微弱であるが、總和して可なり大きなものとなる。地球史に於ける累次的の時代を特徴づけた重大な永續的地質進化は、兩極の位置に著しい影響を與へたに違ひない。原始時代に於いては、なほ更らさうであつたに違ひない。若し地球史の初期にかかる轉位が起つたとすれば、地質學者達の知つてゐる事柄で、しかもまだその原因の判然しない多くの事實が、それによつて説明されるであらう。そして若し將來、科學者が益々正確な觀測を試みることによつて、極の轉位の法則が明かにされるときが來るならば、我々の地球の過去の歴史に多大の光りが投げ與へられることであらう。

かく、兩極は、固定することのできない點である。幸運にも目的地に祖國の旗を掲揚することのできた極地探險家も、その翌日は、極がその征服者の手から逃がれて、どこか直ぐ近くの他の地點を占めてしまつてゐることを知らなければならなかつた。

だから、比喩的に云へば、極を擧げる事はできない。然し若し任意の日に於る其位置の周圍四十メートル四方の地域に柵を繞らすならば、極が常に此廓内のどこかに在る事は確言できる。

### 5、地球の運動に起る種々の動搖

- 偏心率の減小 — 十一萬年毎に起る運動の變化 — 第三の動搖
- 公轉運動の二元的性質 — 橢圓軌道を描くのは地球・月の重力の中心

我々は地球の回轉とその軸の位置とが免かれ得ない不規則な變化を稍詳細に亘つて研究した

が、然し以上の諸變化が唯一の變化では決してない。廻轉運動はまた攝動の影響をも受けるのであるから、この點についても數言を費やさなければならぬ。

第一に、地球の中心が描く楕圓の偏心率は、ケプラーの法則に従つて、變化する。即ち、毎年六十四キロメートル（三九・五哩）づつ一樣に減小する。偏心率の減小は、圓形により近くなることを意味する。公轉の速度は、ケプラーの第二法則によつて不變でないが、楕圓が圓に近くなるとともに、益々不變なものになる傾向がある。若し上記の減少率が繼續するものとすれば、楕圓はほぼ四萬年の後には眞の圓となつて、その結果地球の運動は、他の天體の重力的牽引による動搖さへなければ、全く一樣なものとなるわけである。

軌道の楕圓形が斯く徐々に變化を受けつつある間に、楕圓はまた、近日點が西から東へ移動して約十一萬年をもつて軌道の全周邊を形ちつくるやうな風に、その面の位置を變へ、かくて一般廻轉運動に第二の不規則な變化を與へる。のみならず、軌道面と地球の赤道面とは一定不

變の角を成すものでない。この角は一百年毎に約四十八秒づつ減小する。言ひかへれば、赤道と黄道との面は互に接近しつつある。然しそれらは決して一致しない。といふのは、軌道面は二つの極はめて近い限界線の間を前後に振動するからである。それにも拘はらず、この運動は地球の公轉運動に第三の動搖を與へる。また、我々は地球は獨り太陽の周囲のみを廻轉するものでないことを忘れてはならない。地球は小さい仲間即ち月を伴つてゐる。月の質量は地球のその八十一分の一であつて、その我々からの距離は地球の半徑の六十倍に相當する。嚴密に云へば、太陽の周圍を廻轉するのは地球ではなくて、月と地球との複合系統である。ところでこの系統の二元的性質は、若し月が地球の周囲に或る楕圓を描くならば、その質量が月の八十倍大の地球は、月の描く楕圓の八十分の一の小楕圓を描くことを餘儀なくされる。その結果は恰度、二つの球——一つは他の一つの八十倍の重さの——を一本の紐の兩端に附けて、それを空中に抛り投げたやうなものである。この場合、二つの球は共同の廻轉運動をとらなければな

らない、と同時に、各々の球は、それらの中心を繋ぐ線上の一点——大きな方の球の中心から小さな方の球の中心までの距離の八十分の一のところに在る一点——の周囲を廻轉する。我々が今ここに論じつつある月と地球との場合に於いては、ニュートンの法則に従つてこの二つの質量間に互に働く引力は、物質的關係に代はる。従つて、太陽の周囲に楕圓軌道を描くのは、地球と月との複合系統の重力の中心である。二天體の質量及びその間の距離がわかつてゐるから、重力の中心は、地球と月との中心を繋ぐ線上、地球の表面下約一千キロメートル（六百二十哩）のところに在ることが證明される。それは斯く地球の内部に在る一点であつてしかも著しく地球の中心を外れてゐるから、地球の公轉運動にもう一つの不規則な變化を與へずには置かない。

## 6、星と星との間の空間運動

——「織女星」の方へ——地球の眞の軌道は直徑約二億哩の楕圓螺旋狀——地球は全體として十二種類の運動を有す

最後に、他のすべての運動を壓倒するもう一つの運動がある。それは星と星との間の空間を遍歴しつつある太陽系全體に影響する一般運動であつて、一秒間二十キロメートル（十二哩）以上といふ高速力をもつて、大體ヴェーガ（七夕祭の傳説によつて特に我々に馴染の深い「織女星」）の方向に動いてゐる。この全般的移動運動のために、地球の楕圓軌道は、實際には、地球の軌道の長軸を直徑とする、即ち、二億九千七百萬キロメートル（一八五、四五〇、〇〇〇マイル）以上の直徑を有する螺旋線條に似た尅大な楕圓螺旋狀である。この線條の一と足、即ち太陽及び太陽系全體が一年に歩む距離は、六億二千七百萬キロメートル（三八八、七五〇、〇〇〇

○哩) 以上に及ぶ。この空間旅行の目標と思はれる天空の一點を、向點と呼ぶ。

この運動の事實、及びその觀測は、振動運動及び波及説を應用することによつて果された。

この應用は、ドブラーとフイツオとがその原理を發見し、デランドレエ及びヘール等の近代天文學者がこれを應用して、著しい成功を齎したものである。光源が我々の視線と平行な方向に運動しつつかある場合、即ち、光源が眞直ぐに我々の方に近づくか、又は我々から遠ざかるかする場合には、光源から我々に達する光りの速度は、その光源の運動の實際の速度によつて影響される。従つて、この運動しつつかある光源から來る光りを分光器に通して見るならば、その分光器に現はれる線は、光源が我々に近づきつつかあるか、それとも我々から遠ざかりつつかあるかに従つて、紫の端の方か、赤の端の方か、そのいづれかに滑れるわけである。若し逆に、觀測者の眼が固定した光源に對して動いてゐるならば、また若し、その位置が相對的に少しでも位置を變へるならば、嚴密にそれと同じことが起こる。如何なる場合でも、紫の方への滑れ

は、眼と光源との間の距離が減少しつつかあることを示し、赤の方への滑れは、その反對、即ち兩者の間の距離が増大しつつかあることを示す。

この事實の理論上の説明は、汽笛を鳴らしながら進行しつつかある機關車の場合に起こる現象についての説明と同じである。汽笛の高低の度は、機關車が我々の方に近づきつつかあるか、我々から遠ざかりつつかあるかに従つて、變化する。(この項については、「宇宙の見方」中の「恒星は動く」の項にやや委しく述べてある。)

それ故に地球は、全體として、科學的研究によつて各々その影響と原因とが發見された十二の異つた運動を有してゐる。

## 五、地震現象

### 1 地震と火山

——殻の不均質——火山及び地震の原動力は何か——内部の熱エネルギーの二様の現はれ——火山の一般特徴——火の河、火の湖——  
典型的火山は一種の安全弁

どろ／＼に溶けた物質から成る地球の核の皮層が固まつて、地殻が出来たときに、地球の内部には、大きなエネルギーが蓄積された。このエネルギーは中心の核の熱から生ずるもので、中心核は今日なほ想像し得られないほどの高温にある。

ところで、殻は均質でない。それは不意に出来あつたものではなく、初めはばら／＼な断

片をなしてゐたもので、最初出来た断片は渣滓となつて球状の流動する塊の表面に浮んでゐた。これらの断片は次第に相結合して殻を成したが、それらの厚さが種々様々であつたところから、自然地殻の最初の凹凸を形成した。地殻が連続と均質とを缺いてゐることは、重大な結果を生ぜざるを得ない。若しそれを蒸気釜に比較するならば、この釜は、どこもどこも一様の丈夫さではなく、その面の所々に脆弱な箇所があつて、内部の圧力が或る限度以上に増大すると、それらの箇所が破裂する。

内部のエネルギーは、中心核の皮層を形ちつくる材料が、殻の裂け目を通して、上方に膨脹することによつて現はれる。これが即ち火山爆發の現象である。

これらの材料をして殻の割れ目や破砕面を通して噴出させる原因は何であるかといふと、それは恐らく、核の冷却——この冷却は極はめて緩慢ではあるが、間断なく行はれる——が進むにつれ、その影響を受けて、内部のまだ液状をなしてゐる上層から瓦斯が發出し、それが殻の

下に蓄積して、その結果殻に對して壓力を働かすためであらう。或ひは、また、海水が地殻の中に滲み込むかも知れない。地殻の厚さは、大陸の下よりも海の下のところの方が薄いことは前に述べた通りである。かかる海水の滲透は、水を火の如く熱した瓦斯と接觸せしめ、その結果水を分解して水素と酸素とに變ぜしめるに至るであらう。これは、内部壓力の増大のもう一つの原因となつて、地殻を爆發せしめ、瓦斯と火性物質とを射出せしめるか、又は少くとも地殻が形成する蒸氣釜の面を激動せしめることになるであらう。中心に蓄積された熱エネルギーは、かくして二つの異つた方法で外部に現はれる。即ち、内部の液状及び瓦斯状の材料を膨脹させ、その壓力に堪へない地殻の或る部分を通してそれを押し出すか、又は内部の壓力が急激な運動と擾亂とを地殻に與へて、それを破壊することなしに動かしたり歪めたりするか、このいづれかの方法によつて外部に現はれる。後者は單に波となつて傳播する振動現象に終はるところが珍らしくない。前者は火山爆發であり、後者は地震現象である。従つて、火山と地震とは

同一原因の二様の現はれであるが、然し兩者は直接には何等の關係をも有つてゐない。例へば古來有名な地震國とも云ふべき日本の場合にしても、内部の活動は、頻繁な地震となつて絶えず現はれるにも拘はらず、舊火山である富士山をその長夜の眠りから醒まさせない。火山の一般的特徴は、それが山の頂上を占めて、多かれ少かれ蒸氣を絶え間なく、又は時々吐き出すことである。山頂にある口は、噴火口と呼ばれるのであるが、そこからは、時々石塊及び火山灰と一緒に、蒸氣の密雲、また時には熱い瓦斯を吐き出す。これらの密雲は、強烈な電氣の座となることが珍らしくない。かく瓦斯と蒸氣が大氣中に射出すると同時に、熔岩と呼ばれる熔けた岩石や類似の材料が河のやうに噴火口から射出して、山腹を流れ下り、時には可なり遠いところまで周囲の地方を蔽うて、長時間に亘つて非常な高温を保つてゐる。火山性の山は、かかる熔岩と噴出した岩石とによつて出来たものである。最初の爆發は、地殻の破砕面を通して起こる。岩石と熔岩とは、常に増大する圓錐となつて、孔口の周圍に堆積



する。といふのは、新しい爆發が起こるごとに、かくして出来た小さな山の側面に新しい材料を吐き出すと同時に、その範圍と高さを増大するからである。少しづつ圓錐は山となつて行くが、それには依然として地殻を横切る一本の孔道が貫通してゐて、地殻の外部と中心核の上層部を形ちつくる白熱した岩漿との間の交通を維持してゐる。噴火口と呼ばれるのは、ツマリこの孔道の上端である。

火山が或る高さ、例へば、サンドウチ諸島のマウナ・ロアの場合に於ける如く、四千メートル以上の高さに達すると、孔道を満たしてゐる高い熔岩の柱を支へ且つ押し上げるには、大なる壓力が必要である。かかる爆發が起こるには、前に云つたやうな原因が働かなければならない。即ち、内部の岩漿の上層部に大量の瓦斯が発生しなければならぬ。これらの瓦斯は、どろ／＼に熔けた塊が沸騰するために生ずるので、その非常な壓力のために、隙間さへあればそれを通して猛烈な勢ひで押し出される。マウナ・ロアの場合では、この山は太平洋の底に聳

立して、今も云つたやうに、海拔四千メートル以上の高さに及んでゐるから、熔岩をその頂上に押し出す瓦斯は、氣壓の數千倍の壓力を働かすに違ひない。これらの熔岩は、山頂に在る大噴火口に眞の火の湖を構成する。それらは、更に溢れて、巨大な圓錐の側面を火の河となつて流れ下る。これが熔岩の絶えざる流出の典型的な場合であつて、かかる火山は、地殻のこの部分に於ける一種の安全瓣である。

## 2、天變地異的な火山爆發

——恐るべき壓力の蓄積——ヴェスヴィアスの爆發とポンペイの埋没

——クラカトアの爆發——地球を包圍した灰塵網——モン・ブレ

エの爆發——紫杉山の爆發

然し、このほかに、屢々爆發を免かれ得ない種類のものがある。ヴェスヴィアスやエトサの

やうなヨオロッパの火山は、その著しいものである。熔岩が頂上に達して冷却し、そしてその量が減じると、又は爆發後どろくした物質の上方への推進力が減じると、噴火口の上部をたしてゐるものが固まる。すると、内部のエネルギ―は、再び單に瓦斯と蒸氣との噴出となつて現はれ得るにすぎなくなる。そして瓦斯と蒸氣とは、火山の孔道を閉塞する塊のために漏出することを妨げられて、地殻の下に堆積する。その壓力は次第に増大するから、それは早晩瓦斯の漏出を妨げる塊が堪へ得ないほど大きなものとなる。だから、その噴火は眞の爆發の性質を帯びて、全山が恰も爆彈のやうに破裂することが珍らしくない。爆發の破壊物は高く空中に投げ飛ばされ、灰は數キロメートルの高さに噴き上げられ、岩石は數百キロメートルも距つた地方に投げ飛ばされる。この場合の爆發は常に天變地異的の性質を帯びる。古くは西曆紀元七九九年にポンベイ市を埋没し去つた彼のヴェスヴィアスの爆發、近いところでは一八八三年に於けるスンダ海峽の一小島クラカトアの爆發、一九〇二年五月に於ける西印度マルチニク島の

モン・ブレエの爆發、明治二十一年七月に於ける磐梯山の爆發、等を想起すれば、かかる場合の火山爆發が如何に天變地異的の性質を帯びたものであるかがよくわかる。

ポンベイは、誰もが知つてゐる通り、美しいネーブルス灣に臨んだ、古代イタリーの海港であつたが、紀元前八〇年頃、ローマ人の有に歸した。ローマ人はここを海水浴場として、別荘を建て、劇場を造り、その他美を極はめ、贅を盡くした百般の行樂的設備を施した。ローマ人の手に歸してから約五十年後、(即ち西曆六三年)に、大きな地震がポンベイを襲つて、その町を破壊したために、市民は一旦他に逃がれたが、地震が鎮まるに及んで再び歸來し、崩壊した市街の復興につとめた。ところが、その後僅かに十五年を経過した西曆七九九年に、その後ろに聳立するヴェスヴィア山が突然爆發して、ポンベイは瞬く間に地中に埋没されてしまつた。この爆發によつて、ヘルクラネウム、スタビエーなどといふ町も、ポンベイと同じく、壊滅に歸してしまつた。

クラカトアの在るところには、往時非常に大きな火山があつたが、ヨオロッパ人がそこへ入り込んで行くつと以前に、激烈な爆発が起こつて、その火山の大部分は破壊されてしまつた。その後、幾回かの小爆発があり、その度ごとに新しく火山を發育させた。それらの火山の中には、その高さが海面上八百メートルにも及ぶものがあつた。これが爆発前のクラカトア島であつた。降つて一六八〇年に、クラカトアは新たに爆発して、その附近に多量の浮石を散布した。(浮石は俗にいふ「軽石」であつて、熔岩中に含まれてゐた瓦斯が、その噴出と同時に逸散したために著しく多孔質になり、水に浮ぶほどに軽くなつたのである。)しかし、その後、熱帯植物の盛んな繁殖によつて、當時の爆発の形跡が、殆んど蔽ひかくされるほどになつた。

ところが、それから約二百年を経過した一八七七年に至り、それまで休眠状態にあつたクラカトアの火山が再び目覺めて、新しい活動を始めた。スンダ海峡には頻々として地震が起こり出した。そして一八八三年の五月に、第一回の豫備的爆発をした。その後暫くの間は、地震や

爆発に伴つて灰や浮石を噴出するだけで、普通の小規模な火山爆発を繰り返して居るやうに見えたが、同年の八月二十六日から二十八日に亘る三日間の大活動によつて、同火山は頂上から基底まで眞二つに裂砕され、その北方の側——全山積の三分の二が、全く跡形もなく噴き飛ばされてしまつた。この爆発の結果、今まで島の在つた位置には、深さ三百メートル以上にも及ぶ大きな空洞が出来た。従つて、その空洞の中へ、附近の海水が恐ろしい勢ひで流れ込んだ。この空洞は、いふまでもなく一種の大形の噴火口であるから、その中に流入した海水はその内奥に存在する熱した熔岩に直接接觸したに違ひない。そしてそれがまた、次ぎの層に激しい爆発の誘因となつたに違ひない。かくて、一旦空洞の中へ流れ込んだ多量の海水は、その後更に起こつた激しい内部からの爆発のために、再び非常な勢ひで外方へ驅ひ返へされた。この海水の激動のために、その際、殆んど類例のない大きな津浪が起こつた。この大津波は恐ろしい勢ひで近傍の島嶼を襲ひ、忽ちの間に、それらの沿岸に住んでゐた三萬六千人の生命

を奪ひ去つた。なほ、この津波の餘波は、その發生後一時間目には、全印度洋を越えてアフリカの東岸に位置するマダカスカル島に達し、十四時間目には、南大西洋のセント・ジョルジア島に達し、十七時間の後には、遠くアメリカの南端テル・デル・フューゴにまで達した。そしてその餘波は、更に進んで、全地球の表面を、何回となく循環運行したことが知られてゐる。爆發に伴つて起こつた恐ろしい音響は、北は印度のセイロン島、支那の海南、東はフィリッピン、ニュー・ギネア、南はオーストラリア、西は印度洋の西部に位置するロドリゲス島に於いても、明かに聞かれたと云はれてゐる。

爆發された岩石や、砂塵や、灰などは、二十八キロメートル(十七哩)以上も高く空中に噴き上げられ、それがために太陽の光りは全く遮断されて、四圍は幾日間も眞の闇黒に鎖された。クラカトアから百六十キロメートル(百哩)も離れたジャワのバタヴィアでさへも、日中なほランプを點さなければならなかつた。のみならず、爆發の結果氣壓に激變が生じたため、猛烈な暴風

が起こり、灰塵を混へた高温の泥雨がそれに加はつて、凄惨な光景を現出した。空中に放出された爆發産物のうち、殊に微細な灰塵の類は、氣流によつて遙かに氣層の高所に運ばれ、更にそこから流れて全地球の周圍を包圍した。この灰塵は、その後數年間に亘つて氣層中に浮揚し、地表に下降しなかつた。従つて、日光がそれらの塵埃のために廻折反射されることによつて、その期間は、毎日、世界の到るところで、殊に美しい朝焼けや夕焼けの色が觀られた。

このクラカトアの爆發に劣らぬほどの慘狀を呈したのは、一九〇二年の五月八日に、西印度マルチニク島に起こつたモン・ブレエの爆發である。大爆發の三箇月ほど前から、モン・ブレエ活動の前兆が現はれ、四月二十五日の午前八時頃には、恰度日蝕の折のやうに、四邊が暗くなり、極はめて細かい白色の灰が降つた。降灰が止んだ後も、天氣は何となく陰鬱で、風もななく、附近一帯に恐ろしく蒸し暑かつた。さういふ間に、モン・ブレエの火山は次第にその活動

の度を高めて行つた。そして五月の二日と三日には、可なり激しい爆發をし、多量の熔岩を流出して、サン・ビエール市の北方に於けるゲランの砂糖畑を荒廢に歸せしめ、百五十人以上の人々を生き埋めにした。

再び降り出した灰はまだ止まず、島民の或るものは、南方セント・ルシア島の方へ避難したが、島民の大部分は、人間といふものの大抵がさういふ場合に於けるやうに、それがモン・ブレエ活動の頂點であつて、やがて次第に平靜に歸するであらうといふ、自慰的な豫想の下に、そのまま島に留まつてゐた。のみならず、今云つたゲラン地方の遭難の結果、その方面の住民は多く南方に移動し、一瞬間後の運命を知らずに、サン・ビエールの町に密集した。かくて五月八日の朝が来た。モン・ブレエの山——高さ約千三百メートル——からは、その日も、平常の通りに噴煙が立ち昇つてゐたが、それ以外には、來たるべき一大災厄を物語る何等の徴候もなかつた。そして突然に、何等の豫告もなく、天地の覆へるやうな大異變が起つた。モン・ブ

レエ山の全側面が裂開すると見る間に、その裂け口からは、火煙の疾風が奔出し、恐ろしい勢ひで町の方へ突進して來た。そして瞬く間に、サン・ビエールの町は猛火の中に吞まれてしまつた。その猛火は、ただに市街だけでなく、海を越えて、港内に碇泊してゐた澤山の船舶をも襲ひ、それらをも忽ちの間に灰燼に歸せしめた。

火煙の噴出が終熄すると、それに續いて、熔岩や灰塵とともに、濃密な硫黄性の瓦斯が多量に放出して、火煙や激震のために殺戮されることから辛うじて免れた幾らかの残存者を悉く窒死せしめてしまつた。この一瞬の火山的活動によつて失はれた人命は、實に三萬以上の多數に及んだ。

火山の多い日本では、古來幾多の大爆發があつたが、比較的に我々の耳に新しいのは、明治二十一年に起つた磐梯山のそれである。磐梯山は、その古代に於ける爆發の際に、爆發産物を以て附近の河道を閉塞し、かの猪苗代湖を生成せしめ、五十の村落をその水底に葬つたとい

はれてゐるが、その後長い間休眠状態をつづけ、明治二十一年に至つて突然その活動を復活したのであつた。同年七月十五日の朝、附近に恰度遠雷のやうな物凄しい響きが聞えたが、間もなく激しい地震が起こり、約二十秒間それがつづいた。それから約十五分の後、第三回の激震が襲つて来たが、その激動のまだ終はらぬうちに、驚くべき音響とともに磐梯山が破裂した。その後約二時間の間に、引き續いて二十四回の爆發が起こつたが、それらの爆發には、その都度凄しい大轟音が伴ひ、そしてその都度夥しい水蒸氣と灰塵とが千二百メートル以上も高く空中に射出された。さういふ灰塵や水蒸氣のために、四邊は全く闇に閉され、泥灰を含んだ熱い猛雨が、車軸を流すやうな勢ひで降り頼つた。その闇黒の混乱の中で、高さ千八百メートルの磐梯山は、頂上から二つに裂け、岩石や土砂の恐ろしい大崩落が起こつた。

この破裂の結果、七箇の村落と四百六十人の生命とが失はれ、そしてその代はりに、新たに檜原、秋元、小野川の三湖と、無数の美しい小湖とが生じた。

### 3、火山帯と火山の數

——莫大なる噴出物——火山爆發による地殻形相の變化——火山帯は大洋の邊緣に沿ふて走る——夥しい火山の數——地球の内部活動を示す諸現象

火山が海からぢかに聳立して小島をなしてゐる場合には、小島はその大變動中に全然消滅してしまふ。但し、一部分が消滅して、海面上に噴火口だけを残すことも屢々ある。この場合には、穿たれた部分又は破壊された部分から屢々海水が噴火口内に侵入し、かくして、セント・ポール島に見られるやうな、閉塞された灣を形ちつくる。

火山爆發によつて噴き出される材料の量は、可なりの大量に達する。これは前に云つたサン・ドウラチ島の火山を考へて見ればわかる。海拔四千メートル以上に達するこの山そのものは、

爆發の際に吐き出されて、最初の噴火口の周圍に圓錐となつて堆積した材料から成つてゐる。島そのものは、全部熔岩から出来てゐて、圓錐は太平洋の海底まで續いてゐるから、三十萬立方キロメートル以上の塊をなしてゐる。火山としては最も小さいものの一つにすぎないヴェスヴィアスでさへもが、二十萬立方メートルの熔岩を流した。これらの量を考へ、そして現在活動してゐる可なり多數の噴火口と、それからまた、極はめて多數の休眠火山、死火山とを想起するならば、地球の外相が、内部から吐き出される礦物をその表面に散布する新材料の添加によつて、絶えずその形を變ぜしめられることがわかる。

火山が起生するためには、最初地殻に割れ目なり、罅隙なり、龜裂なりがなければならぬ。ところで、地球には特にかかる破砕面の生じ易い地帯がある。即ち、大洋の邊緣、主に高い沿岸地が急傾斜をなして海に浸るところである。

それ故に、海岸は、火山の活動に委せられた、謂はゆる火山帯である。この事實を直接に確

かめるには、世界地圖を一瞥するだけで十分である。太平洋は、到るところ、南極大陸の海岸でさへもが、活火山帯によつて縁取られてゐる。それからまた、地中海の沿岸にも長大な火山帯が横たはり、小アジアとベルシア灣とを縦走してスンダ海峽に走つてゐる。もう一つの火山帯は、大西洋の眞中に在つて、北はジャン・マイエン及びエトナから、アゾレス、マデイラ、及びカナリー諸島の沿岸を走り、南は南極の諸火山に及んでゐる。カナリー島には、近年再びその活動を開始したテネリフ峯が聳立してゐる。

現在知られてゐる活火山の数は、百を以て算へられなければならないが、然もこの中には海底、殊に太平洋の海底に存在するに違ひない多數の海底火山が含まれてゐない。海底火山の存在と活動とは、それらを蔽ふてゐる大洋表面の波が尋常でないことによつて始めて我々に知られるのである。

火山以外にも、地球内部の活動を明示する現象が、地球表面の諸所に見られる。地殻の罅隙

を通して噴き出す間歇泉、温泉、及び硫黄蒸気の放出は、いづれも、その下の内部地帯に熱エネルギーが蓄積されてゐることの證據である。火山の噴火と瓦斯放出とは、常にこのエネルギーの現はれる十分な出口をなすものでなくて、このエネルギーはまた、他の現象、即ちこれから研究しようとする地震現象によつて緩和されるのである。

#### 4、地震の原因と震動の種類

——冷却による壓力の減少と殼の沈下——火山爆發による殼の沈下

——核の上層環流と殼の内面との接觸——震動の三種類——上下

動、水平動、波形震動

地球の核は、絶えず冷却する。そして、かく冷却するに従つて收縮する。それ故に、時とともに、核の上層と、その表面に浮ぶ殼の最下部との間には、空所が残される。液狀の塊の中に浸

る殼の最下部は、常に、この塊によつて上方へ押されてゐる。ところで、この推壓力は、内部の塊が收縮するに従つて減少する。十分な時間的隔たりの後に、殼は、下からの支持力が不十分になつたために、沈下するに至る。この沈下は激動を起こして、活動の主要中心の周圍の地域に影響を與へる。この原因は絶えず働いてゐるから、この結果は、恐らく連続的ではなからうが、地球の歴史のあらゆる時代に起こる。

然しこれだけではない。火山の噴火は、地殼の表面上に、前には地殼の下に在つた多量の材料を吐き出す。かかる材料は再び元のところに置きかへられ得ないから、それが放出されると、自然地殼の下に空所が出来、それと同時に、地殼の重さが増す。従つて、重力は、下からの推壓力が不十分な場合には、地殼の表面を陥没させて、その空所を埋めるに至る。これが即ち、地球の外殼が沈下するもう一つの理由をなすものである。

それ故に、かかる沈下ごとに、その沈下の程度に従つて、或ひは弱い、或ひは強い震動が當



然起るものと思はなければならぬ。のみならず、まだ流動體をなしてゐる核の上層部には一種の流れがあつて、波や紆りを生じ、それが地殻の内面に突き出た部分と接觸する。これらの激動力は、さういふ地殻内面の突起部を震動させるに至り、そしてその震動は、それらの部分から固い地殻の他の部分に傳播される。かく、地殻が決して安定したものでない理由は、多數ある。

地殻が絶え間なき震動を免かれ得ないからには、地殻にかかる震動を與へるこれらの急激な運動の研究が重要なことは云ふまでもない。震動の或るものは破壊的であり、また或るものは微弱であつて、時には地震計と稱する極はめて鋭感な器械——この器械は常に慣性の原理に基づく——でなければ表示し得ないほどに微弱でさへもある。

地球の殻が受ける震動は、三種類に分けるのが普通である。一つは上下動であつて、若しこれが可なりに強いと、爆發でも起こつたやうに、建築物を空中に投げ飛ばす。もう一つは水平

動で、これは地上のものを横に置き換へる。別けても、石造や煉瓦造の建築物の上層を滑らす力を有つてゐる。最後の一つは、最も數多く、また最も恐るべき波形震動で、これは恰度、大洋の紆りが水の表面に擴がると同じやうな具合に、地表に擴がるのである。かかる地震波が起ると、地殻の表面は、恰度海の波と同じやうに、動揺し擾亂する。然し、海の波はホンの一時的の擾亂を起すにすぎないが、地震波は、固い地表に永久的の交錯を起生せしめる。深い裂罅が生じ、建築物は破壊され、樹木は根こそぎにされ、全山村が壊滅せしめられる。最近の例は、ヴァルバライソ、サンフランシスコ、メッシナ、尙ほ一層最近には、まだ、我々の記憶に生々しい關東の大地震である。

一九〇八年、イタリーのメッシナに起こつた地震では、僅か數秒間に、十二萬以上の人命がそのために奪はれてしまつた。殊にメッシナ市は、シシリ島の殆んど東北端に位置し、イタリー本國との間のメッシナ海峡に面した古い由緒のある海港で、その附近の村落とともに、合計

十五萬の人口を有してゐたのであるが、そのときの地震で、實にその半數——七萬五千人を失つてしまつた。だから、メキシコ市は、この地震で全滅せしめられたと云つて差し支へない。

## 5、地震豫知の問題

——震央と震源地——地震と低氣壓——地震と季節——地震と地殻の核の潮汐運動——三現象の週期の一致——地震と太陽黒點の活動との關係

激動の中心（震央）、即ちそこから地震波が放射狀に射出するやうに見える地點は、殆んど常に地面下に在つて、時には二十キロメートル（十二哩半）といふやうな非常な深さにあることさへもある。この地點は、恰度水中に投げられた石塊が水面に當るところに類似したもので、圓形の波がそこから起こつて外方に擴がる。割れ目の方角とその斜度とは、この地點の位置を

可なり正確に知ることが得しめる。激動の中心を地表に投射したものの、即ち激動の中心が地圖の上に表示される地點は、普通に震源地と呼ばれる。割れ目は震源地の周圍の地面に露出して同心の曲線を描く。この曲線は、激動の中心が一つしかない場合は、不完全な圓をなすが、然し長く延びてゐることも珍らしくなく、この場合にはかかる中心が幾つもあることを指示するものらしい。震動運動は、地面に於いては、一秒間百五十メートルから八百メートルまでの種々様々の速度でもつて傳播する。我々は後に、地球の全質量に對する傳播率が、もつと遙かに迅速であることを知るであらう。

これらの大震動は、幸ひにして、さう大して頻繁には起こらない。頻繁に起こることによつて固い地殻の不斷の震動を證據立てるものは、地震計によつてのみ表示されるところの、地球の震動である。比較的強い地震が起こるのは、氣壓の低いときであるらしい。これは、地殻がいつもよりも少量の空氣を支へ、従つて地殻内の壓力がいつもほどの抵抗を受けないからで

容易に理解することが出来る。氣壓が一センチメートル降ると、内部の壓力は一立方メートルにつき百三十キログラム、即ち一立方キログラムメートルにつき一億二千萬キログラムだけ増大する。地震はまた、夏よりも冬の方が頻繁に起こる。殊に春秋分の頃に多い。可なりの局部的地震と津波とを伴つた一九〇二年のモン・ブレエの爆發は、偶々、太陽と月とが地球と一直線上にあつて、地球にそれらの複合引力を働かした際に起こつた。事によると、地球内部に潮汐的運動が起こつて、岩漿の上部の流動表面に波を生ぜしめるのかも知れない。若しさうだとすると、太陽太陽の引力の最も大きい春秋分の時期に、内部の潮汐、また従つてその波力が最も強いことは、容易に理解される。この場合に、外部の要因は、地殻が弱いために起こる内部エネルギー解放の決定的原因となるであらう。

我々は、或ひはこの方面に、地震の豫知といふ重要な問題の解決を求めなければならぬかも知れない。かかる結果は、益々正確なものとなりつつある現代の物理學的方法の力をかりて

地球の内部核の流動する上層の運動を支配する法則を研究することによつて、始めて到達し得られる。地震の最も多い年と、極光の最も多い年と、磁氣嵐の最も多い年とが、著しく符合することは、既に證明された。この三現象の週期は同じで、いづれも十一年であるが、これはまた太陽黒點の最大活動の週期でもある。我々の太陽は、その質量の引力によつて、地球が果たす複雑な運動の原因となつてゐる。それは、地球の殻を温めることによつて、後者を日毎に變化せしめる。それは、ただに海面にだけでなく、我々の脚下に存在する熱い熔岩の海的面にも、潮汐を生ぜしめる。然らば、太陽黒點の數の週期的變化は、太陽の發する放射の種類の變化を生ぜしめるかどうか、そしてこのことが地球にどんな結果を與へてあらうか、といふ疑問が自然に起こる。太陽はその周囲の空間に力の場を作る。そしてこの場の強さは、太陽の活動にどんな小さな變化があつても、直ちにその影響を受ける。それ故に、恐らく、地球の薄い、絶えず震動する殼の盛衰浮沈の法則を決定するためには、太陽を十分に研究しなければな

らないであらう。

## 6、地震現象と四面体説

——最小限活動の原理に基づく球體の縮小——楕圓體形と四面體形との類似——四面體の各頂點と各面——深い北極洋と高い南極大陸——地球四面體の低面が北にあることの證據

地震現象は、火山爆發の場合に適用されると同じ理由で、——即ちそれらの現象は内部エネルギーの二様の現はれであつて、何等時間又は空間の必然的な相互關係を有つてはゐないが、然しそれにも拘はらず、たつた一つの原因から起こるのであるから、それらを引くるめて考へるならば、何等かの法則に支配されてゐるべき筈であるといふ理由で、——互に孤立した現象として論すべきものではない。

火山爆發の場合と同じく、地震現象がどこにでも起こるものであることは實證される。火山の爆發については、殆んど四百の活噴火口が地球の表面に散在してゐること、及びこの數の二倍以上の休眠火山及び死火山が識別され得ること、しかもこれには大洋がその廣大な水面積を以て蔽ふてゐる未知數——恐らくは非常な多數に上ぼる——を勘定に入れてないことを我々は知つてゐる。近年に至つて、これらの噴火の中心の多くが目醒める徴候があつた。例へば、一九〇九年には、前に云つたやうに、明かに死火山と思はれてゐたテネリフの舊火山が、活動再始の證據を與へた。それからまた、一九一四年の六月には、長年の間全くの死火山と思はれてゐたカリフォルニアのラッセン峰が、少しく活動を始めた。ただの一週間でも、世界のどの地方からか、或るときは破壊的な、また或るときは大して重大でない、然し常に明かに知覺され得るところの、大地の震動を報ずる電報の來ない週はない。殊に、トルキスタン、印度、コオカサス、フィリッピン群島、日本、シシリー、及びプロヴァンス、等に於いては、大地は絶え間