

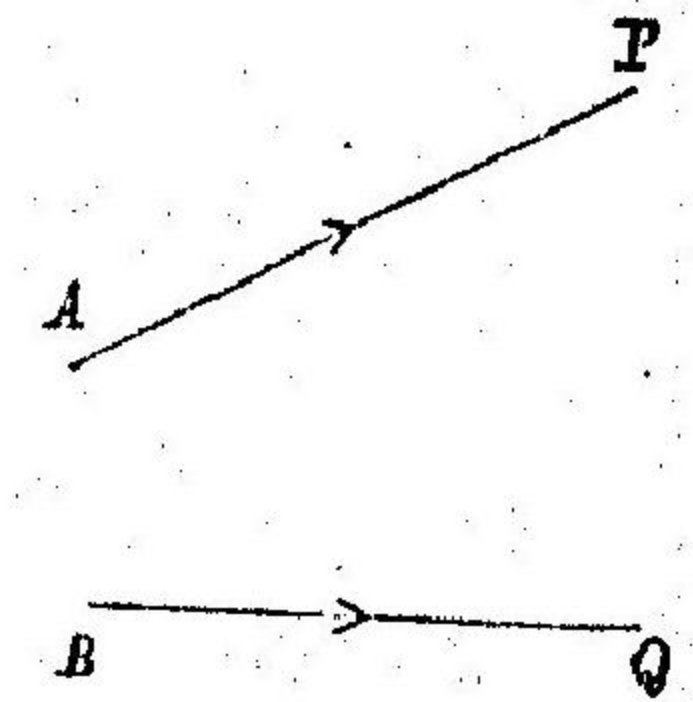
第拾八節 位置ノ定リタル「ヴェクトル」即「ロートル」

以上論シタルハA點ニ對スルP點ノ位置ト同點ニ對スルQ點ノ位置トノ比較ニシテ二步AP、AQノ比及積ナリ二步ハ一端同一ナルモノ又ハ同一トナルマデ自己ニ平行ニ(即其方向ヲ變ゼズシテ)動カスヲ得可キモノナリ是即「ヴェクトル」歩ノ性トス

今同一點ニ對シテ二點P、Qノ位置ヲ比較セズシテ各異ナル一點ニ對シテノ位置ヲ比較セバ何如例ヘバA點ニ對シP點ノ位置ハ步APニ由リテ之ヲ定メB點ニ對シQ點ノ位置ハ步BQニ由リテ之ヲ定ム此二步ノ關係何如

此ノ如キ歩ハ畜ニ(通常ノ「ヴェクトル」ト同シク)大<sup>ト</sup>及方向定マ

第七十八第



レルノミナラズ「スペース」中其位置確定セルモノナリ歩APハ步BQニ對シテ確定シタル位置ヲ有ス唯Aニ對シPノ位置ヲ表ハス步ナラズ其全體又他ノ步BQニ對シテ位置ヲ有ス斯ク歩ヲ唯甲點ニ對シ乙點ノ位置ヲ示

スモノトセズ又其全體ヲ取リテ「スペース」中確定ノ位置ヲ有スルモノトスルハ極メテ重要ナル新思想ナリ斯ク位置ノ定マレル「ヴェクトル」ヲ *vector* ト名ク「ロートル」トハ「廻ハス者」ノ義ニシテ物體廻轉ノ理ヲ論ズルニ有用ナルヲ以テ此名有リ

吾輩ハ今何如ナル演算ニ由リテ「ロートル」BQヲ變シテ「ロー







$BQ$   $AP$  ト位置ヲ一致セシムル方法左ノ如シ  
 最短距離  $CD$  ヲ軸トシテ之ヲ廻轉セシメ  $AP$  ニ平行ナル位置  
 $B'Q'$  ニ至ラシム而シテ後ニ  $B'Q'$  ヲ自己ニ平行ニ  $CD$  線上ヲ滑ラ  
 シ  $AP$  ト一致セシム又  $B'Q'$  ヲ  $AP$  上ニ滑ラシ  $B'$  點  $A$  點ト一致ス  
 レバニ「ロートル」ハ全ク同一トナル  
 右ノ如ク一直線  $(BQ)$  ヲ之ニ直角ナル一直線  $(CD)$  ヲ軸トシテ廻  
 轉セシメ此直線上ヲ滑ラスノ二演算ハ恰モ螺釘ヲ押込ム  
 片其頭ノ溝ニ行フモノ又ハ「コロップ」抜キヲ「コロップ」へ挿込ム  
 片其把手ニ行フモノ、如シ溝或ハ把手ハ啮ニ廻轉スルノ  
 ミナラズ螺真軸ノ方向ニ進行ス斯ク軸ヲ廻リ又同時ニ其  
 方向ニ進ム運動ヲ名ケテ螺線運動 (Torsion) ト稱ス其進行ス

ル距離ト同時ニ廻轉スル角ノ比ヲ螺絲ノ度ト云フ螺絲平  
 等ナレバ此度モ亦進行ノ距離何如ニ關ラズ同一ナリ例ヘ  
 バ「コロップ」抜キヲ二度廻セバ一度廻シタルノ二倍進入スル  
 ナリ

此理ヲ前ニ「ロートル」 $BQ$  ヲ「ロートル」 $AP$  ニ變シタル演算ニ應  
 用ス可シ  $CD$  ヲ細キ棒トシ其上ニ螺絲ヲ切り其度ヲ  $CD$  ト  $QDQ'$   
 角ノ比ニ等シクス今若シ  $BQ$  ヲ  $D$  ニ於テ此螺絲ノ牝螺ニ固  
 着シタリトセバ  $BQ$  ヲ  $QDQ'$  角ヲ廻轉セシムル間ニ牝螺ハ  $BQ$  ト  
 共ニ  $DC$  ヲ進行ス可シ即  $BQ$  ハ之ニ由リテ位置方向  $AP$  ト一致  
 ス可シ  
 斯ク  $BQ$  ヲ  $AP$  ト合セシムルノ演算ハ引延シト螺線運動ナリ



螺ニハ方向ト位置ト度ト三ノ確定ス可キモノアリ又螺線運動ニハ此螺或ハ其化螺ノ廻リタル角ノ大ヲ知ルヲ要ス此四ノモノ有リテ以テ一ノ螺線運動ヲ確定ス之ヲ合セタル者ヲ「モートル」ト稱ス「モートル」トハ「動カスモノ」ノ義ニシテ固體ノ最概括セル瞬間運動ヲ表ハスヲ以テ此名有リ一ノ「ロートル」ヲ變ジテ他ノ「ロートル」ト爲ス演算ハ引延シト「モートル」ニ由リテ表ハス可シ故ニ「モートル」ノ「ロートル」ニ於ケルハ恰モ「クワテル」ニオン」ノ「ヴェクトル」ニ於ケルカ如シ

二「ヴェクトル」ノ和ハ一「ヴェクトル」ナリ然ルニ「ロートル」ノ和ハ概シテ「モートル」ナリ唯特別ノ場合ニ於テノミ「ロートル」又ハ「ヴェクトル」ト爲ルト有リ○「ロートル」及「モートル」ノ理論ハ今世説ク所ノ固體ノ靜力學及動力學ノ基礎ナレバ其極メテ重要ナルハ論ヲ待タズ本節ニ於テ僅ニ其何タルヲ示シタルノミ

### 第拾九節 「スペース」ノ彎曲

本編ノ題目ハ位置ナリ即一點 $A$ ニ對スル一點 $P$ ノ位置ナリ由リテ此位置ヲ定ムル歩ヲ論シタリ而シテ吾輩ハ位置ハ他ニ對シテ定ムルモノナレバ歩ニ由ラザルヲ得ザルヲ論シタリ位置ノ有對ナルトハ吾人ノ常ニ位置ヲ定ムル方法ヨリ推究シタル理ナリ蓋シ尋常ノ方法ハ皆有對ノ位置ヲ示スノミナリ故ニ位置ハ有對ナルトハ吾人ノ經驗上ヨ



リ得ル所ノ假定ナリ此假定ノ重要ナルハ左ニ掲クルク  
ラーク、マックスウエル 先生英國近時ノ物理家中ノ言ニ由リテ  
明ナリ

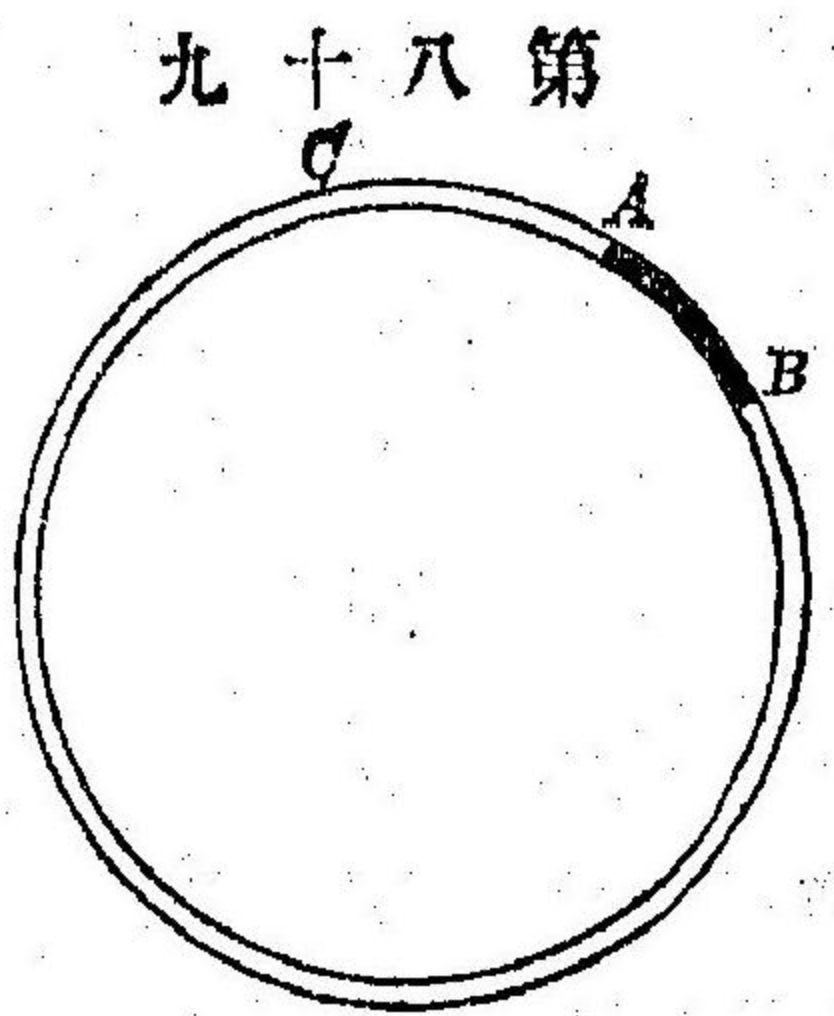
總テ時及場所ニ付テ吾人ノ智識ハ有對ノモノナリ言語  
ニ對スル思想ヲ己ノ心中ニ判然トスルコト無ク唯文字ヲ  
列ヌルノ習慣ヲ得タル人ハ此有對ノ智識ト所謂絕對ノ  
智識トヲ對句ト爲シ點ノ絕對ノ位置ヲ知ラザルハ吾人  
ノ知力ノ狹隘ナル一例ナリトセリ然レモ點ノ絕對ノ位  
置ヲ知ル能力有ル心ハ果シテ何様ノモノナルカヲ判然  
ト想像センコトヲ試ミタル人ハ而後吾人ノ有對ノ智識ヲ  
以テ満足スルナラン

同氏著 Matter & Motion (實物及運動)ト題セル書第二十丁ニ在リ

精密學科ニ於テハ吾人ノ假定ハ果シテ何ノ點マデハ確ナ  
ル眞理ナリヤヲ明ニスルハ極メテ貴重ナレバ吾輩ハ更ニ  
位置ノ思想ヲ稍異ナレル視點ヨリ討究セントス加之ノミ  
ナラズクラーク、マックスウエル 先生ノ語中ニ掲ケタル如キ心  
ハ何如ナルモノカヲ考フルコトヲ讀者ニ請ハントス  
此ニ極メテ小孔ノ圓形管有リ其内ニ長 $AB$ ナル蟲生息スト  
セン今此管ノ孔及蟲ヲ窮リ無ク細クスル片ハ極限ニ於テ  
ハ之ヲ唯一行ノ「スペース」ト見做スヲ得何トナレバ管上一  
定點 $C$ 有レバ弧 $AC$ ノ長ヲ以テ蟲ノ位置ヲ示スニ足レバナ  
リ今此蟲ハ己ノ生息スル所ノ「スペース」ノ外ニハ更ニ一物ヲ  
モ認ムルコト能ハザルモノトス然レモ其管上ニ一標 $C$ ヲ認



ムルヲ得レバ其生息スル「スペース」ニ付テ或ル斷定ヲ爲ス  
 ヲ得可シ例ヘバ其Cニ來リタルヲ知ルヲ以テ其管内ヲ進  
 行スルニ毎度此ニ返ルヲ發見ス可シ由  
 リテ其「スペース」ハ有限ノモノト斷定ス  
 ルナラン又管ハ圓形ナレバ各部皆同形  
 ニシテ蟲ハ何所ニ於テモ彎曲ノ度同シ  
 ケレバ「スペース」ハ總テ同シ即「スペース」  
 ハ其何レノ點ニ於テモ同一ノ性質ヲ有スルモノナリト斷  
 定スルモ無理ナラザルガ如シ此斷定ハ恰モユークリット流  
 幾何學即尋常行ハルル所ノ幾何學上ノ斷定ハ吾人經驗ニ由リテ直ニ吾  
 人ノ近傍ナル「スペース」ニ於テ眞ナルガ如キヲ以テ其實果



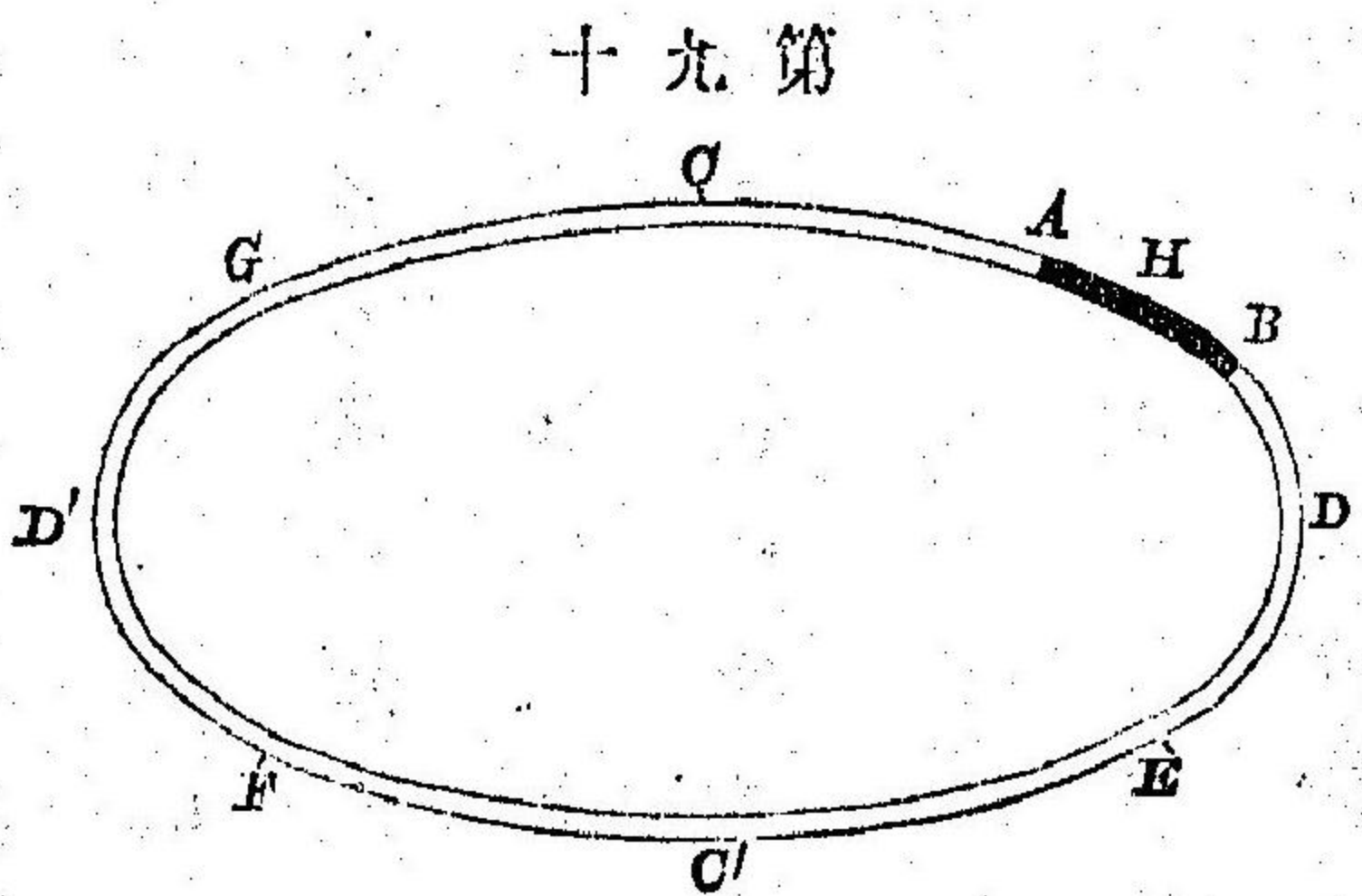
厘未タノ差無ク眞ナルヤ總テノ「スペース」ニ付テ眞ナリト斷定  
 スルト同一ナリ蟲ハ一行ノ「スペース」ハ總テ同シトシ吾人  
 ハ三行ノ「スペース」ハ總テ同シト斷定ス而シテ蟲ハ其「スベ  
 ース」中至ラザル所無ケレバ蟲ノ斷定ハ吾人ノ斷定ヨリ其  
 推理稍正シ

其「スペース」ノ有限ナルト及同シキトノ他ニ蟲ハ位置ハ有  
 對ナルヲ明言シ其位置ヲC、A間ノ弧ノ長ニ由リテ定ムル  
 ナラン○吾輩ハ今少シク此假設ヲ變化シテ蟲ハ管上ニ一  
 標ヲ認ムル能ハザルモノトセン然レバ蟲ハ其「スペース」ノ  
 有限ナルカ或ハ無限ナルカヲ辨別スル能ハザルナリ管ヲ  
 一周シタリ凡之ヲ知ルニ由無キナリ而シテ蟲ノ彎曲ハ何



所モ同シク曾テ變ゼザレバ之ヲ其「スペース」ノ形ニ伴フモ  
 ハトセズシテ自己ノ身體ノ物理的ノ成立ニ關スルモノト  
 セン然レバ其「スペース」ハ限り無クシテ自ラ窮リ無ク長キ  
 管中ニ運動スルト斷定スルモ無理ナラザルナリ蟲ハ斯ク  
 彎曲ハ其物理的ノ情況ニ關係有リト思フモノナレバ常ニ  
 同シ彎曲ノ「スペース」一行(圓)ニ於テノ運動ト ホモロイダル Homoidal 即  
 平ナル「スペース」一行(直線)ニ於テノ運動トヲ區別セザルナ  
 ラン若シ突然甲ヨリ乙ニ徙ス片ハ其彎曲ノ俄ニ變ジタル  
 ヨリ生ズル感覺ヲ物理的ノ情況ニ急變有リタルニ由リテ  
 起ルモノトセン○斯ノ如クナレバ常ニ同彎曲ノ一行「スベ  
 ース」ニ於テハ位置ハ有對ナラザルヲ得ズ其「スペース」ヲ有

限ナリト斷定スルカ或ハ無限ナリトスルカハ其内ニ一點  
 ヲ記シ得ルト否トニ由ル 常ニ同シ彎曲ニテモ螺線ノ  
 如キモノハ此限ニ非ラズ  
 今蟲ノ生息スル管圓形ニ非ラズシテ橢圓ナリトセン然ル  
 片ハ管ノ彎曲各部ニ於テ同シカラズC  
 ニ於テ最小Dニ於テ最大ナリ其間彎曲  
 ノ度漸次變化シ諸點各他ト異ナレル特  
 別ノ彎曲ヲ有ス故ニ一點Hニ於テハC  
 ニ對スル位置ノ他ニ尙之ニ固有ナル一  
 件有リ即特別ナル彎曲度是ナリ故ニCD  
 中一點Hノ位置ハ其彎曲ノ度ニ由リテ  
 定ムルヲ得然レバ蟲ハ其「スペース」内ニ

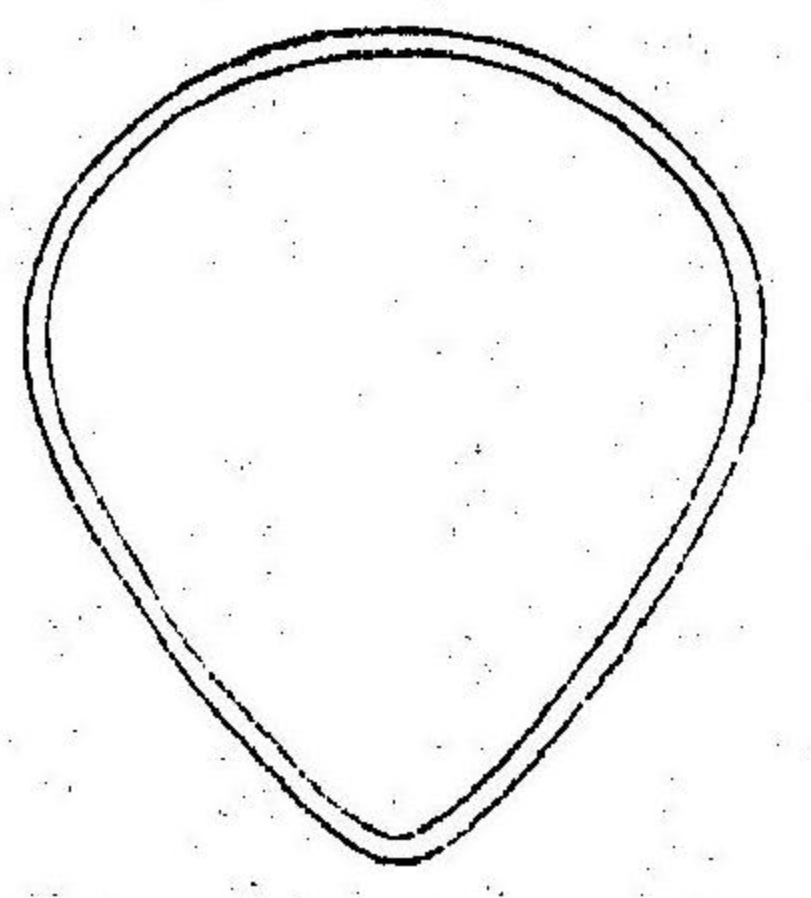


第十九第



於テ其位置ニ特別ナル彎曲度ニ由リテ絶對ノ位置ヲ定ムルヲ得蟲ハ彎曲ノ度ヲ感覺シ其表ヲ作ルヲ得此表中零點トスル所ハ何程ノ彎曲ヲ取ルモ蟲ノ隨意ニシテ之ヨリ大ナルモノヲ正トシ小ナルモノヲ負トシテ區別スルヲ得可シ又零點ハ全ク想像ノモノタルモ可ナリ即此蟲ノ「スベース」内ニ曾テ存在セザル彎曲ノ度ヲ以テ之ニ充ルモ可ナリ例ヘバ直ナル「 $\Gamma$ 」(即彎曲無キ「 $\Gamma$ 」)ハ蟲ノ曾テ實驗セザル所ナレバ其彎曲減少ノ極限ナリトシテ想像シ之ヲ零點トスルモ可ナリ物理學ヲ學ビタル者ハ所謂溫斯ノ如クナレバ彎曲同ジカラザル「スベース」ニ於テハ位置ハ必シモ有對ナラズ有對ハ「スベース」内ノ位置ニ屬セズ蟲ノ作りタル彼表ノ

第十九圖



上ニ表ハル即物理的的感覺上ノ有對トナリタリ彎曲ノ度ヲ他ト比較シテ其差ニ由リテ之ヲ知ル常ニ差ナケレバ(圓形ノ例ノ如ク)彎曲ヲ知ル能ハザル可シ 橢圓形ノ管ニテハ橢圓ハ四部相對稱セル形ナルヲ以テ四點ツ、等彎曲ナリ  $H, E, F, G$  ノ如シ而シテ  $H$  及  $F$  ト  $E$  及  $G$  トハ左ノ區別有リ蟲  $C, D, C', D'$  ノ順ニ進行スレバ  $H$  及  $F$  ニ於テハ彎曲漸次増加スル際ナリ  $E$  及  $G$  ニ於テハ彎曲漸次減少スル際ナリ故ニ蟲ハ  $H, F$  ト  $E, G$  ハ之ヲ辨別スルヲ得レバ  $H$  ト  $F$  ト或ハ  $E$  ト  $G$  トハ更ニ之ヲ區別スルノ方法無ク全ク同一ノ位置ナリト思フ可シ若シ管ノ形第九十一圖ノ如クナリトセバ此混雜ヲモ免ル可シ



斯ノ如クナレバ吾輩ハ不同彎曲ノ一行ノ「スペース」ニ於テ  
 ハ位置ハ必シモ有對ナラズト斷定スルヲ得ルガ如シ然レ  
 此ニ尙ホ注意ス可キ一點有リ吾輩ハ蟲ハ其體ノ屈曲ノ  
 變化ハ「スペース」ノ彎曲ノ變化ニ由ルヲ知レリトセリ然ル  
 ニ蟲ノ現ニ之ヲ覺ユルハ其感覺ノ變化或ハ物理的情況ノ  
 變化ノミ直接ニ「スペース」ノ彎曲ノ變化ヲ知ルニ非ラズ故  
 ニ或ハ誤リテ「スペース」ハ總テ同シクシテ其感ズル所ノ屈  
 曲ノ變化ハ「實ハ其」スペース「内」ノ位置ニ由ルモノナルヲ其  
 物理的ノ成立ノ變化ニ由レリト斷定スルト無シトセズ若  
 シ同彎曲ノ「スペース」時々其全體ノ彎曲ヲ變シ其半徑時々  
變ズル圓形  
 又ハ不同彎曲ノ「スペース」時ニ由リテ其彎曲ヲ變ズルト有

リトスルモ矢張同様ノ結果ヲ生ズ可シ讀者ハ管ヲ「ゴム」ノ  
 如キ柔軟物ヲ以テ造リタリトセバ此ノ如キ變化ヲ想像ス  
 ルヲ得ン蟲ハ其屈曲ノ變化ハ「スペース」ノ彎曲ノ變化ヨリ  
 生スルモノトモ或ハ又「スペース」内ノ位置ニ關係無キ物理  
 的情況ノ變化ニ由ルモノトモ斷定スルト有ル可シ○故ニ  
 吾輩ハ位置ノ有對ナルトハ不同彎曲ノ一行ノ「スペース」ニ  
 於テハ必ズシモ眞ナラズト斷定ス  
 更ニ轉シテ二行ノ「スペース」ヲ考フルモ殆同一ノ結果ヲ得  
 可シ二行ノ全ク平ナル (Homoidad) 「スペース」即平面ヲ取レ  
 ハ全ク平ナル物ハ其上ノ何所ヘモ自由ニ動カスヲ得今先  
 ノ極テ細キ蟲ト類似ノ例ヲ以テ此ニ窮リ無ク薄キ平ナル



魚有リトセン此平魚ハ其平面上ニ記標無ケレバ位置ヲ知ル能ハザルナリ其平面上ニ點ヲ定ムレバ其之ニ對スル位置ヲ知ル

今平ナル二行ノ「スペース」ヲ舍キ何所モ全ク同シクシテ而モ曲レル「スペース」即球ノ表面ヲ取ラン而シテ先ノ平魚ヲ曲ケ伸縮シテ此面ノ一ヶ所ニ全ク合ハシムルトセン然レバ球面ハ何所モ同形ノ「スペース」ナレバ魚ハ其面上何所ヘ動クモ曾テ其屈曲伸縮ノ度ヲ變ズルヲ要セザルナリ球面上ニ記標ヲ認ムル「能ハザレバ」其位置ヲ知ル能ハズ二點ヲ定ムレバ其之ニ對スル位置ヲ知ル前例ノ蟲ノ如ク魚モ亦記標無ケレバ其「スペース」ヲ無限ト思ヒ又之ヲ全ク平(ホ

マロイデル)ニシテ其不變ノ屈曲伸縮ハ即其物理的ノ性ナリト思フ「有ル可シ」

更ニ進ミテ各所同シカラザル二行ノ「スペース」即例ヘバ第二編第九節ノ鞍形ノ表面ノ如ク各所ノ彎曲不同ナル「スペース」ヲ考フ可シ此場合ニ於テハ魚ハ表面ノ一ヶ所ニ於テ適合スルモ他ノ場所ニ於テ適合セズ其「スペース」中ヲ運動スル片ハ絶ヘズ其屈曲伸縮ノ度ヲ變ゼザル可カラズ但シ稍對稱有ル表面ニ於テハ同彎曲ノ場所有リテ魚ハ前ニ蟲ノ橢圓上ノ點ニ於ケルト同法ヲ以テ之ヲ區別ス可シ然レト更ニ對稱無キ表面ニ於テハ之ヲ爲スヲ要セザルナリ故ニ吾輩ハ前ニ一行ノ「スペース」ニ付テ斷定シタルト同一ノ



斷定ヲ爲シテ曰ク各所同シカラザル二行ノ「スペース」ニ於テハ彎曲ノ度ニ由リテ絶對位置ヲ定ムルヲ得之ヲ定ムルニハ各所ニ對スル屈曲伸縮ノ度ノ表ヲ有ツヲ要スルノミ然レトモ魚ハ或ハ其屈曲伸縮ノ變化ハ其「スペース」内ノ位置ニ伴フモノニ非ラズ其物理的ノ性質ノ變化ニ由ルモノト想フモ亦甚無理ナラズ由リテ其物理的ノ情況ハ極メテ變化多キモ其生息スル「スペース」ハ全ク何所モ同シク然ノミナラズ「ホマロイダル」ナリト思フ「モ有ルナラン」以上一行及二行ノ「スペース」ノ討考ニ由レバ各所同シカラザル「スペース」(「ホマロイダル」ナラザルハ勿論)ニ於テハ其彎曲ニ由リテ絶對ノ位置ヲ定ムル手段有リ然レトモ之ニ生

息スルモノ多クハ其「スペース」ノ彎曲ニ由リテ生ズル變化ヲ其「スペース」ノ幾何學的ノ性質ニハ毫モ關セザル自己ノ物理的ノ情況ニ由ルナリト思フ「アラン」吾輩ハ以上一行二行ノ「スペース」ヲ論シタレバ之ヨリ類似推算法ヲ以テ推究シ吾人ノ生息スル三行ノ「スペース」ニ付テ得ル所有ランガ爲ナリ吾人ハ常ニ吾人ノ生息スル「スペース」ハ何所ニテモ全ク同シ、モノナリトス物體ハ位置ヲ變ズル爲ニ其形ヲ變ズル「無シトスルモ即同一ノ斷定ナリ」斯ク斷定スルハ吾人ノ知覺セル「スペース」中ノ一小部分内ニ於テノ觀察ニ基ケルナリ

或ハ云ハ「吾人ノ「スペース」ノ同シキ「幾何學的」ノ思想ヲ「スペース」彎曲トハ果シテ何物タルヤノ「幾何學的」ノ思想ヲ



生ハ吾人ノ能ハ解スルニ由ルナリ一行ノ表面ノ變曲モ亦解シ  
 ハ吾人ノ能ハ解スルニ由ルナリ一行ノ表面ノ變曲モ亦解シ  
 易シ然レモ三行ノスベク吾人曾テ於テ何タルヲ解セハ之  
 ニ於テハ吾人ノ變シ息或ハ鞍形表面ニ於テハ各所ノ圓形各點  
 カラ由縁ナリ如キ然レハ起ス幾何學的ノ思想ヲ生ズル能  
 スルガ由縁ナリ如キ然レハ起ス幾何學的ノ思想ヲ生ズル能  
 ハナル且前例ニモ之ハ假設スル多シ一例ハ彼ノ無窮ノ圓  
 點ナリ且前例ニモ之ハ假設スル多シ一例ハ彼ノ無窮ノ圓  
 其表面ノ屈曲ヲ幾何學的ニ想フ能ハシテ吾人ノ以テ  
 知ルハ何ソヤ吾人ハ三行ノスベク四行ノ以上ノ能ハシテ  
 之ヲ知ルナリ之ト同ク變曲ヲ解スル能ハシテ吾人ノ以テ  
 ガレバ三行ノスベク四行ノ以上ノ能ハシテ吾人ノ以テ  
 人ハ四行ノ以上ノスベク四行ノ以上ノ能ハシテ吾人ノ以テ  
 是ノ如キモノ有リヤ否モ知ル能ハシテ吾人ノ以テ  
 ル能ハシテ吾人ノ以テ  
 ヲ推シテ吾人ノ幾何學的ノ速了正ノ前例ニ付テ魚ノ類ノ似  
 假定ヲ説ク

吾人ノ觀察果シテ正シキモノトスルモ此一小部分同シキ  
 ガ故ニ「スペース」ハ總テ全ク同一ナリトスルハ大速了ナリ  
 觀察果シテ正シキヤ物體ヲ動かカスモ其形ヲ變セザル如  
 ク見ユレバ果シテ眞ニ變セザルヤ否知ル可カラズ或ハ  
 吾人ノ動カシ得ル距離小ニシテ其變化極メテ小ナルヲ  
 以テ吾人ノ觀察力足ラザルヤモ知ル可カラズ或ハ吾人  
 今物理的ノ原因ニ由リ生スルヤモ知ル可カラズ或ハ吾人  
 ペル「スペース」ノ變曲ノ爲ニ生スルヤモ知ル可カラズ或ハ吾人  
 等ハ「スペース」ノ變曲ヲ付シタルカ是モ亦計リ難シ物理的  
 是ノ如ク未知ノ事ニ付テ理由無キ事ヲ放言スルハ中古ノ  
 神學者ニ於テハ容ス可キモ今時ノ理學者ニ於テハ有ルマ  
 シキナリ然レモミナラズ吾人「スペース」ハ「ホマロイダル」ナ  
 リト斷定スル「ハ」尚ホ一層之ヨリ甚シキモノナリ「スベ  
 ス」ハ總テ同シトスルハ其變曲不變トスルナリ(一行ノ圓「二



行ノ球ニ類似ス「スペース」ハ「ホマロイダル」ナリトスルハ此  
 彎曲ヲ零トスルナリ（一行ノ直線、二行ノ平面ノ如シ）此斷定  
 ハ幾何學上何如ニ顯ハレ來ルヤト云フニ「二」ノ平行平面又  
 同平面上ニ「二」ノ平行直線即何ホド引長スルモ決シテ相交  
 ラザルニ平面又ハ同平面上ノ二直線ハ吾人ノ「スペース」ニ  
 於テ眞實ニ存在スルモノトスルハ即此斷定ニ基ケリ而シ  
 テ其眞實ニ存在スルヤ否ハ吾人ノ知ル能ハザル「ナレ」  
 「スペース」ノ一部分内ニ於テノ經驗ヨリ得タル結果トシ  
 テ之ヲ斷定ス吾人ハ吾人ノ經驗ニ由リテ知覺スル「スペー  
 ス」ノ部分ニ於テハ暫ク此斷定ヲ正シトスルハ尙可ナリト  
 雖之ヲ總テノ「スペース」ニ及ボスニ至リテハ少シモ理由無

シ  
 吾人經驗ノ及フ所ノ「スペース」ノ部分内ニ於テハ觀測スル  
 能ハザル程ノ小彎曲有リトシ又此彎曲ハ時ノ徒ルト共ニ  
 極メテ少シツ、變ズルトスルモ決シテ吾人ノ此「マ」デ經驗  
 ニ由リテ「スペース」ニ付テ知リ得タル所ニ矛盾スル「ナレ」無シ  
 類似推想法ヲ尙ホ一步進メテ問ヲ起サントス前例ノ蟲及  
 魚ハ其「スペース」ノ彎曲ヨリ生ズル結果ヲ其物理的情況ノ  
 變化ナリト斷定スルハ實ニ然モ有リ「ナレ」ナル「ナレ」バ吾  
 人ハ實際之下同シ誤謬ニ陥リ居ルニ非ラザルカ吾人ノ物  
 理的ノ變化ト思ヒ居ル事モ或ハ「スペース」ノ彎曲ノ變化ニ  
 由ルニ非ラザルヤ通常物理的ノ原因ト稱スルモノハ「スベ



「ス」ノ幾何學的ノ構造ニ出ルニ非ラザルヲ保センヤ  
 以上論シタル所ニ由レバ吾人ノ「スペース」ノ彎曲ノ變化ニ  
 付テハ三ノ說ヲ設クルヲ得

(甲) 吾人ノ「スペース」ハ實ニ不同ノ彎曲ヲ有ス「吾人」ノ之ヲ  
 知覺セザルハ吾人唯「スペース」ノ一小部分ヲ知ル故ナリ或  
 ハ其小變化ヲ覺ユルモ之ヲ位置ノ變化ニハ關係セザル物  
 理的情況ノ變化ト認ムルヲ以テナリ能ク此不同彎曲ヲ認  
 メ得ル心ハ點ノ絕對位置ヲ知ルモノナラン位置ハ必シモ  
 有對ナラザラン是ニ由リテ觀レバ絕對ノ位置ヲ知ル能力  
 有ル心ヲ想像スルハ故クラーク、マクスウェル先生ノ云ヘル  
 如ク難カラザルガ如シ此心ハ能ク通常物理的ノ變化ト稱

スルモ其實幾何學的即「スペース」内位置ノ變化ニ由リテ生  
 ズルモノヲ認ムルノ力有ルモノナリ

(乙) 吾人ノ「スペース」ハ實ニ各所同シ(同彎曲ナリ)而シテ其  
 全體ノ彎曲漸次時ト共ニ變ズ[此說ニ由レバ現今通常ノ幾  
 何學即「スペース」ノ總テ同シキ「基礎」モ「スペース」  
 内何所ニ於テモ眞ニ正シ而シテ全體ノ彎曲變化スル爲ニ  
 物理的ノ變化ト見ユルモノ顯ル可シ]

(丙) 吾人ノ「スペース」ノ彎曲ハ各所殆同シケレバ場所ニ由  
 リテ小差有リ又漸次時ト共ニ變ズ[此變化ハ吾人通常「ス  
 ペース」ノ幾何學ニハ關係ナク物理的ノ原因ニ歸スル結果ヲ  
 生シ實物ノ運動ト名クル顯象ニ於テ實ニ起リ來ル事モ或



ハ之ニ由ルナラン  
 吾輩ハ吾人ノ生息スル「スペース」ノ性質ヲ斯ク論シタルハ  
 精密學科ニ於テ公理ト認ムルモノハ實ニ何如ナルモノナ  
 ルヤヲ明ニセント欲スルナリ彼ノ公理ナルモノハ決シテ  
 普及必然ノ眞理ニ非ラズ吾人ノ狹隘ナル限界内ニ於テノ  
 經驗ニ由ルモノナリ吾人物理的ノ討究ニ於テハ最初試驗  
 ヲ行ヒ觀察ヲ爲シ其結果ヲ礎トシテ精密學科ノ基本タル  
 公理ヲ立ツルト同シク幾何學ニ於テモ公理ハ皆實ニ經驗  
 ニ由ラザル無シ故ニ幾何學ハ實ニ物理的ノ一學科ナリト  
 云フモ可ナリ狹隘ナル經驗ニ基ケル公理ヲ普及ナリトス  
 ルノ害ハ以上説キタル所ニ由リテ稍明白ナラン吾人ハ之

ヲ妄信スルガ爲ニ顯象ノ或ハ眞ナル可キ説明ヲモ直ニ却  
 クル丁有リ彼ノ「スペース」ハ「ホマロイダル」ニ非ラズ又其幾  
 何學的ノ性質ハ時ト共ニ變ズルトノ假定ハ果シテ將來物  
 理學ノ重要ナル部分ヲ占ムルヤ否ハ固ヨリ豫知ス可カラ  
 ズ然レ此假定ハ或ハ以テ物理的顯象ノ理由ヲ説明スル  
 ヲ得ルニ至ル可キモノト認メザルヲ得ザルナリ唯通常人  
 幾何學ノ公理ヲ普及ノモノナリト妄信スルニ抵觸スルヲ  
 以テ之ヲ却ク可キニ非ラザルナリ蓋シ此妄信ハ數百年間  
 ユークリットノ卓絶ナル學力ヲ辨別モ無ク尊敬シ來リ恰モ  
 信仰ノ如ク爲リタルニ由ルナリ



第四編 畢

第五編 運動

第壹節 運動ノ種類

「スペース」及位置ノ編ニ於テ物ノ大<sub>サ</sub>形及距離ヲ論シタルガ本編ノ題目ハ運動ニシテ則此等ノ大<sub>サ</sub>形及距離ノ變化ヲ論ズルモノナリ

日常變化ナル語ニ付スル普通ノ意義ト精密學科ニ於テ之ニ付スル意義トノ差ハ本編説ク所ニ由リテ最明白ナルベシ吾輩ハ量及位置ハ數ヲ以テ表ハスヨリモ寧ロ直線ヲ以テ精密ニ表ハシ得キトテ説明シタリ

運動トハ量及位置等ノ如ク何人ニテモ善ク知ル所ノ丁ナレ氏之ヲ精密ニ表ハスハ決シテ容易ニ非ラザルナリ



先單易ナル一例ヲ取リテ之ヲ示サン此ニ人有リ進行セル  
 瀛車ノ一隅ニ前ノ方ニ向テ坐シ居レリ今此人立テ車ノ反  
 對ノ隅ニ往キ後ニ向テ坐ストセヨ通常ハ右ノ如ク云ヘバ  
 此人ノ運動ヲ充分ニ示シタルモノナレト精密ニ言フ片ハ  
 決シテ充分ナラザルナリ第一瀛車進行セリ然レバ何レノ  
 方向ニ又此間各瞬間時ニ何ホドノ速ニテ進行セシヤヲ述  
 ベサル可カラズ次ニ人ノ瀛車ニ對スル運動何如ヲ記スル  
 ヲ要ス其爲メニハ瀛車ノ運動ハ之ヲ無キモノトシ瀛車ヲ  
 靜止シタルモノト見做シテ可ナリ先車ノ一隅ヨリ反對ノ  
 隅ニ至ル次ニ此際前向キヨリ後向キトナルマデ廻リタリ  
 又其起立シ歩行シ坐スルニハ其筋肉ノ大及形ヲ變ズ而シ

テ隅ヨリ隅ニ至ルニ何レノ方向ニ各瞬間時何程ノ速ヲ以  
 テ動キシヤ何程ノ速ニテ何レノ方向ニ廻リタルヤ筋肉ノ  
 大及形ノ變化ハ何々ニシテ其速何如等一々詳ニ記スルヲ  
 要ス

或ハ云ハン是ハ極メテ面倒ナルトニシテ何人モ斯ノ如ク  
 委シク此人ノ運動ヲ記スルヲ要セズト夫レ然リ右ノ例ニ  
 取リタルハ委細ニ記スルヲ要セザルモノナリ然レト吾輩  
 ハ全ク之ニ彷彿シテ且精密ニ知ルト極メテ重要ナル一例  
 ヲ掲ゲン地球ハ一年一回太陽ヲ繞リ一日一回自軸ヲ廻轉  
 ス其浮泛セル部分即太陽及大氣ハ常ニ形ト情況ヲ變シ吾  
 人ハ之ヲ觀察スルヲ得可ク又之ヲ測算シ之ヲ豫言シ得ル



一最緊要ナリ加之地ノ固殼ノ大<sup>サ</sup>及形ニ絶ヘズ小變有リ未  
 ダ精密ニ之ヲ觀測スルヲ得ズニ地震ノ如キハ大小共近來大  
 此例ニ於ケル運動ハ複雑ナル一前例ニ劣ラズ之ヲ詳ニ記  
 スル一實地極メテ緊要ナルモノナリ  
 運動ヲ詳ニ記スルノ困難斯ノ如シ之ヲ擊破ルニハ先<sup>ツ</sup>最モ  
 簡單ナル場合ヨリ始ム可シ最簡單ナル場合トハ夾雜ナル  
 情況ノ起ラザルモノヲ云フ先<sup>ツ</sup>第一ニ大<sup>サ</sup>或ハ形ノ變化無キ  
 體ノ運動ノ研究ノミト限ルヘシ其大<sup>サ</sup>及形ヲ(研究ノ間)變ゼ  
 ザル體ヲ固體ト稱ス固ノ語此ニハ力學上ノ言語ニシテ必  
 シモ固キモノニハ限ラザルナリ次ニ尙ホ一層研究ノ範圍  
 ヲ狭クシ固體運動中廻轉無キ場合ニ限ル可シ此場合ニ於

テハ體ノ各直線ハ運動中常ニ同一ノ方向ヲ保ツ其南北ニ  
ハ常ニ南北ニ向フガ如シ吾輩ハ之ヲ學術上ノ言語ニ「體ニ  
 位置ハ勿論變ズルナリ」固付セル直線ハ常ニ自己ニ平行ナリト云フ斯ノ如キ運動  
リシツト進行ノ運動ト稱ス又單ニ進行ト云フ斯ク吾輩ノ第一ニ  
キシヨク考フ可キ最簡單ナル場合ハ固體ノ進行ナリ吾輩ハ之ニ次  
ホケレシテ其廻轉ヲ考ヘ次ニ體ノ大<sup>サ</sup>或ハ形ノ變化ヲ考ヘザル可カ  
ホケレシラズ其變化ヲ *Strain* ト稱ス故ニ運動ノ學ハ進行、廻轉「スト  
 レーン」及三者ヲ合スノ方法ヲ講究ス故ニ之ヲ究メテ以テ  
 精密ニ運動ヲ記スルヲ得而後漸ク各種ノ運動ノ顯レ來ル  
 精密ナル情況ヲ論ズルヲ得各種ノ運動ノ顯レ來ル精密ノ  
 情況ヲ述タルヲ自然ノ定則ト云フ



## 第貳節 進行及位置ノ曲線

吾輩ハ最初固體ノ進行ヲ論ズ可シ先一例ヲ掲ゲテ之ヲ説明セントス

一卓子ヲ家ノ三階ヨリ下へ持來ルニ常ニ其表面ヲ水平ニ其長ノ方向ヲ南北ニ保ツ様ニ提携シタリトセン何如ナル梯段ヲ降ルモ妨ケナシ唯之ヲ傾ケズ又之ヲ廻ササルモノトス卓子ノ一隅其脚ノ端其他何レニテモ一ノ點ハ此際或ル線ヲ或ル様ニ描キタリ之ヲ言ヒ換レバ其動キタル踪跡ハ或ル線ニシテ此線ノ各點ニ於テ或ル速ヲ以テ動キタリ今進行ノ運動ノ重要ナル特質ハ固體中ノ何レノ點ヲ取ルモ其踪跡タル曲線ノ大形及之ヲ描ク様ハ皆同一ナルトナ

リ是蓋シ進行ノ運動ノ他ノ運動ヨリ研究シ易キ由縁ナリ卓子ノ例ニ就テ之ヲ見ルニ決シテ之ヲ傾ケズ又之ヲ廻ハス<sub>1</sub>無ケレバ其諸點ハ各瞬間時ニ皆同一ノ方向ニ同一ノ速ヲ以テ動ク<sub>1</sub>明ナレバ右ノ特質モ亦見易キナリ故ニ卓子ノ此運動ヲ詳ニ記スニハ何レニテモ其一點ノ運動ヲ記セバ足レリ斯ノ如ク總テ固體ノ進行ノ運動ヲ詳ニ記スノ問題ハ一點ノ曲線上ノ運動ヲ記スノ問題ト爲ルナリ此問題ハ地球ノ運動或ハ氣車中ノ人ノ運動ヲ詳ニ記スノ元問題ヨリ易キ<sub>1</sub>數層ナリ然レ<sub>1</sub>善ク此問題ヲ討究セバ以テ漸々夾雜ナル場合ニ至ルヲ得<sub>1</sub>而シテ此問題ト雖モ頗ル難クシテ未タ直ニ之ヲ攻撃スル能ハザルナリ抑此問題



ニ於テ求ムル所ハ何ソヤ各瞬間時ニ於テ點ノ位置及速ヲ  
 精密ニ記ス丁ナリ之ヲ爲サンニハ第一點ノ動キタル曲線  
 ノ形チヲ精密ニ示シ、次ニ任意ノ瞬間時ニ於テ此曲線ノ上  
 ヲ始メヨリ何程經過シタルヤ又此瞬間時ニ於テ何程ノ速  
 ヲ以テ動キ居ルヤヲ表ハスヲ要ス然レバ此問題ハ尙ホ頗  
 ル夾雜ナルモノナリ故ニ先ッ其最簡單ナル場合ヨリ始ム可  
 シ即先ッ其動ク所ノ線ヲ直線ナリトセン且姑ク其速ハ之ヲ  
 論ゼザル可シ然レバ需ムル所ハ運動ノ時間内各瞬間時ニ  
 於テ動點ハ一直線上何處ニ在ルヤヲ示ス丁ナリ  
 吾輩ハ已ニ一直線上點ノ位置ヲ示スノ最良法ハ其線上一  
 ノ原點ヲ定メ此ヨリ其點ニ至ル可キ歩ヲ以テ之ヲ示ス丁

ナルヲ説明シタリ而シテ歩ノ長ヲ精密ニ表ハサント欲ス  
 レバ言語或ハ數ヲ以テス可カラズ直線ヲ以テス可キ丁モ  
 亦已ニ説明シタル所ナリ故ニ或ル任意ノ瞬間時ニ於テ點  
 ハ何處ニ在リシヤノ問ニ答フルニハ之ニ對スル長ノ線ヲ  
 畫テ之ヲ示ス可シ然レバ精密ナル答ヲ要スルニハ問モ亦  
 自ラ精密ナラザル可カラズ故ニ先ッ此問中ノ瞬間時トハ何  
 レノ瞬間時ナルヤヲ精密ニ示ス法無カル可カラズ  
 時ハ長ト同シク連續シタル量ニシテ概シテ言語或ハ數ヲ  
 以テ精密ニ表ハス能ハズ或ル割合ヲ以テ一時間ヲ一寸ト  
 線ヲ畫テ之ヲ表ハス可シ例ヘバ十二時ヨリ一時マデノ間  
 點ノ運動ヲ詳記スルヲ要スルモノトセン然レバ一直線上

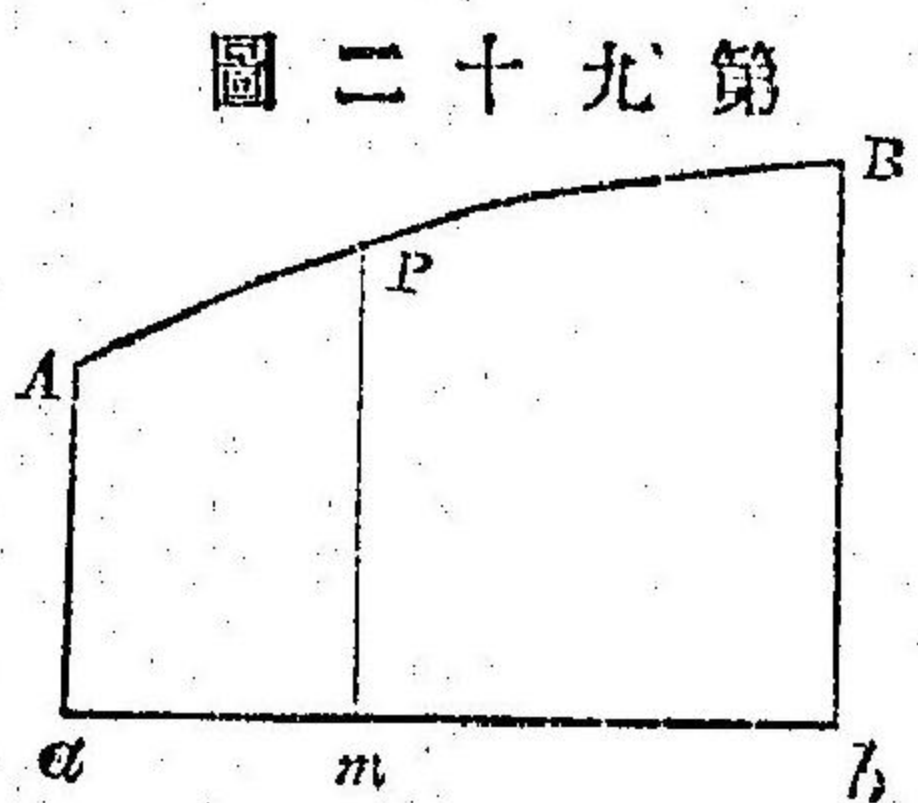


ニ一點ヲ取り之ヲ十二時トシ又一點ヲ取り之ヲ一時トス  
 然ル片ハ十二時ヨリ一時マデノ間ノ或ル任意ノ瞬間時ハ  
 其瞬間時ノ十二時ヨリ一時マデノ時間ヲ分ツ二部分ノ時  
 間ノ比ニ等シキ比ニ此二標點ノ間ノ距離ヲ分ツ點ヲ以テ  
 精密ニ表ハスヲ得(例ヘバ(第九十二圖)ヲ十二時ノ標點  
 ヲ一時ノ標點トシテ  $m$  點或ル瞬間時ヲ表ハスモノナレバ  
 $am$  ト  $mb$  ノ比ハ十二時ヨリ其瞬間時マデノ時間ト其瞬間時  
 ヨリ一時マデノ時間トノ比ニ等シキナリ)○サテ是ニテ運  
 動時間ノ各瞬間時ハ一直線上ノ點ヲ以テ精密ニ表ハス可  
 キナレバ各點ニ對スル長即各點ノ表ハス瞬間時マデニ點  
 ノ經過シタル距離ヲ表ハス或ル割合ニ長ヲ記ス $t$ ハ即此問題

ノ需ムル所ナリ故ニ吾輩ハ此等ノ長ヲ何如ニ記ス可キヤ  
 ヲ考ヘザル可カラズ  
 若シ唯近キ解ニテ足レリトスレバ此時間内ノ各分或ハ各  
 秒毎ニ其時マデニ經過シタル距離ヲ何寸何分何厘ト列記  
 シタル表ヲ作ルモ可ナリ彼ノ航海曆ノ如キハ大陰及遊星  
 ノ位置ヲ恰モ是ノ如キ表ニ記シタルモノナリ斯ノ如キ表  
 ヲ作ルノ勞ハ其細密ノ度ニ依ル每秒ニ位置ヲ表ハス表ト  
 毎分ニ位置ヲ表ハス表トヲ比スレバ其要スル所ノ勞六十  
 倍ナリ蓋シ計算スベキ値ノ數六十倍多ケレバナリ然レモ  
 點ノ位置ヲ眞ニ精密ニ表ハサンニハ每瞬間時點ノ位置ヲ  
 示スヲ要ス即窮リ無ク多クノ値ノ表ヲ作ルヲ要ス加之之



ヲ寸分厘等ニテ示サズ厘毫以下極少ノ差モ無ク之ヲ示ス  
 ヲ要ス故ニ之ヲ紙上ニ畫ケル線ニ由リテ表ハスノ外無シ  
 而シテ斯ク圖ニ由リテ厘毫ノ差モ無ク毎瞬間時ニ點ノ位  
 置ヲ表ハス丁却テ前ノ表ヨリハ容易ナル丁多シ吾輩ハ今  
 點ノ經過シタル距離ヲ表ハス直線ヲ何處ニ畫ク可キヤヲ  
 定メントス



abヲ十二時ヨリ一時ニ至ル時間ヲ表ハス  
 長トスmヲ其中ノ或ル任意ノ瞬間時ヲ表  
 ハス點トスmニ於テabニ直角ニ一直線ヲ  
 引キ其長ハ(隨意ノ割合ニテ)點ノ此瞬間時  
 マデニ經過シタル距離ヲ表ハスモノトス

圖二十九第

然レバ此直線ノ端Pハ恰モ表中ノ一ノ記載ノ如シ若シab  
 中ノ各點ヨリ同方法ニ直線ヲ引ケバ其端ハ集リテ一ノ曲  
 線ヲ成ス而シテ此曲線ハ恰モ表中窮リ無ク多キ記載ノ如  
 シ何トナレバ已ニ一度此曲線ヲ得タル以上ハ直ニ十二時  
 ト一時ノ間ノ何レノ瞬間時ニ於テモ點ノ位置ヲ知ル可ケ  
 レバナリ此瞬間時ハab線上ノ一點(其abヲ分ツ部分ノ比此  
 瞬間時ノ一時間ヲ二ノ時間ニ分チタル比ニ等シキモノ)ヲ  
 以テ之ヲ表ハス故ニ此點ヨリabニ直角ニ直線ヲ曲線マデ  
 引ケバ此線ノ長ハ即點ノ經過シタル距離ヲ表ハス(或ル確  
 定セル割合ニ)ナリ  
 斯ノ如キ曲線ヲ位置ノ曲線ト稱ス然レバ吾輩ハ左ノ結果



ヲ得タリ「一直線上ノ進行ノ運動ヲ精密ニ記スル正シキ方法ハ位置ノ曲線ヲ畫クナリ」

一直線上ニ進行ノ運動ヲ爲ス體ノ位置ハ右ニ説明セル如ク一ノ曲線ニ由リテ充分ニ之ヲ表ハスヲ得而シテ其方法ハ數字ヲ並ベタル表ト異リ運動中或ル限り有ル數ノ瞬間時ニ於テノ位置ノミヲ記サズ窮リ無ク多キ瞬間時ニ於テノ位置ヲ示シ加之最精密ニ極少ノ差モ無ク之ヲ表ハスナリ然レ此ニ注意ヲ要スル一件有リ總テ此ノ如キ場合ニ於テ精密ニシテ極少ノ差無シト云フハ實地上然ルニ非ラズ理論上ノ事ナリ何トナレバ實地ニ或ル長ヲ測リ之ヲ表ハス直線ヲ畫クニ其精密ノ度ハ決シテ之ヲ何寸何分何厘

何毫何々ト述ブルノ精密ナルニ超ユル能ハザレト斯ク線ヲ以テ表ハシ之ニ由リテ推理スル片ハ其理論ノ極メテ精密ナルト遠ク數字表ニ就テ論ズルノ上ニ出レバナリ

### 第三節 等速運動

前節ニ於テハ點ハ一直線上ニ運動スルモノトセリ然ルニ曲線上ヲ運動スルモ尙ホ同方法ニ由リテ位置ノ曲線ヲ得可シ但一ノ瞬間時マデニ經過シタル距離ハ原點ヨリ其曲線ハ上ニ之ヲ測ルヲ要ス故ニ一點ノ運動即進行ノ運動ハ總テ相當ナル位置ノ曲線ヲ畫テ以テ之ヲ表ハスヲ得然レバ種々ノ進行ヲ比較類別スルノ問題ハ種々ノ曲線ヲ比較類別スルノ問題ト成レリ吾輩ハ此ニモ亦最簡單ナル場合



ヲ以テ始ムルヲ適當トス等速運動ユニフォーム・モーション即是ナリ等速運動ニ於テハ體ハ常ニ同シ速ヲ以テ運動シ或ル時ハ速ク或ル時ハ遅キトナシ之ヲ言換レバ相等シキ時間ニ相等シキ距離ヲ經過ス此場合ニ於テハ位置ノ曲線ハ直線ナリ

アーキミーデースハ相等シキ距離ヲ相等シキ時間ニ經過スレバ異ナレル距離ハ之ニ比例セル時間ニ經過スルトヲ示シタリ(此證明ハ第四比例數ノ定義ニ依リ容易ニ見ル可キモノナリ)之ニ由リテ位置ノ曲線ハ直線ナラザル可カラズ直線ノ他ニ其各點ノ高サ(第九十二圖)  $m^p$ 常ニ一定直線ヨリ其水平ノ距離( $am$ )ニ比例セルモノ有ラザルナリ

吾輩ハ又直線ト等速運動トノ關係ヲ左ノ如クニ説明スル

ヲ得

此ニ山ニ登ル人有リ常ニ一時間ニ水平距離二里ヲ行クト

セン第九十二圖ノ曲線ヲ山ヲ横ヨリ見タル外形然レバ此人ノ垂直ニ上ル速ハ山ノ勾配ニ由ルト明ナリ山ノ勾配常ニ同シケレバ山ヲ横ヨリ見レバ此人ノ垂直ニ上ル速ハ各瞬間時同一ナリ即其上へ行ク垂直ノ運動ハ等速ナリ若シ山ノ水平ノ長サ二里ニシテ高サ一里ナレバ垂直距離一里ヲ一時間ニ經過ス即常ニ一時間一里ノ割合ヲ以テ高クナルナリ若シ山ノ高サ二里ナレバ其勾配ハ倍ニシテ高クナル割合ハ一時間ニ二里ナリ若シ又山ノ勾配所々ニ於テ異ナレリトセバ山ヲ横ニ見タル時其外形ハ曲線ナリ而シテ



此人ノ垂直ニ上ル割合ハ山ノ處々ニ於テ異ナル可シ(水平ニ進ム割合ハ變ゼザルモノトシテ)總テ此等ノ運動ニ於テハ山ノ外形ノ曲線即其豎圖ハ其人ノ垂直運動ノ位置ノ曲線ト見做スヲ得何トナレバ水平ノ距離ハ常ニ時ニ比例スルヲ以テ之ヲ時ヲ表ハスモノトシテ可ナリ而シテ之ニ直角ナル線ノ高サハ其時マデニ上リタル高サヲ表ハスモノナレバ此曲線ハ即取リモ直サズ位置ノ曲線ナリ是ニ由リテ之ヲ見レバ等速運動ノ位置ノ曲線ハ一直線ニシテ其運動ノ速サハ直線ノ勾配ニ比例ス變速運動ノ位置ノ曲線ハ曲線ニシテ其運動ノ速サハ各所ニ於テ異ナレル勾配ニ比例ス

等速運動ニ於テハ其運動ノ割合即速度トハ何如ナルモノナルヤハ解シ易キナリ或人一時間ニ一里ノ割合ヲ以テ等速ニ歩行スレハ十分ニ六町一分ニ三十六間等ノ割合ニ歩行スルナリ或ハ此人ノ一時間ニ歩行シタル距離ヲ斯ク數ヲ以テ精密ニ表ハス能ハザルナラシラン然ル片ハ總テノ連續量ヲ表ハスノ方法ニ倣ヒ其一時間或ハ一分間或ハ其他任意ノ時間ニ歩行シタル距離ヲ(相當ノ割合ヲ以テ)紙上ニ引ケル直線ノ長サニ由リテ表シ以テ其速度ヲ示ス可シ例ヘバ實測地圖上ニ何時ニ何レノ點ニ在リテ何時マデニ何レノ點ニ達シタルヤ各點ヲ標記スルカ如シ然レバ運動ノ割合即速度ハ一ツノ連續量ニシテ數ヲ以テ之ヲ近ク表ハ



シ直線ヲ以テ眞ニ精密ニ表ハス可キモノナリ

#### 第四節 變速運動

ヴェリテツル

若シ體ノ運動等速ナラズトセバ其運動ノ割合トハ何如ナルモノナルヤ先一例ヲ取りテ之ヲ説明セン

一列車有リ「ステーション」ヨリ發シ暫時ニシテ一時間ニ二十里ノ速度ニ達ストセン始メ靜止シ終ニ此大速度有リ其間ニ何如ナル事有リタルヤ吾輩若シ列車ハ其間ニ必ズ一時間十里ノ割合ニテ動キタルト有リト云ハ、吾輩ハ粗其意義ヲ解スルナリ然レモ今少シク此思想ヲ精密ニセントス此ニ窮リ無ク長キ一列車最初ノ列車ト并ビタル線上ニ一時間十里ノ速度ヲ以テ等速ニ運動スト假定セヨ然レバ初

メノ氣車ニ乘リタル人ヨリ此列車ヲ見ルニ最初己ノ未ダ發セザル片ハ其一時ニ十里ノ速度ヲ以テ走ルヲ見ル而シテ自己ノ列車出發スル片ハ第二列車ハ漸々遅クナルガ如ク見ユルナリ第一列車ノ速度増加スルニ從テ第二列車ノ進行ハ愈々遅ク見ヘ兩列車ニ在ル人互ニ相談話スルヲ得ルニ至ル是レ第一列車ノ速度將ニ第二列車ノ常速度ナル一時間ニ十里ノ割合ニ等シカラントスル時ナリ而シテ速度尚ホ増加スルニ從ヒ或ル瞬間時ニ於テハ第二列車ハ此マデ第一列車ヨリ先ニ進ミタルガ此瞬間時ヨリシテ後ニ退クトナル此瞬間時ニ於テハ二列車ハ互ニ遅カラズ速カラズ即速度正ニ相等シ故ニ此瞬間時ニ於テハ第一列車



ハ一時間ニ十里ノ割合ニテ進行スト云ハザルヲ得ズ而シテ是唯此一瞬間時ノミ速度ノ相等シキトハ一秒ノ極少分時間モ續クト無シ第二列車第一列車ニ對シ進ムヲ止メルト同時ニ退クトヲ始ム何如ナル小距離厘毫ト雖全ク等シク走ルトナシ然レバ第一列車ハ極少時間モ一時間十里ノ割合ヲ以テ運動セズト雖尙ホ此一瞬間時ニ於テハ此速度ナリト云ハザルヲ得ズ瞬間時ノ感ズレハ普通ノ語ナレバ存シ置クハ決シテ少シノ間モ有ラ而シテ此瞬間速度ヲ測ルハ右ニ述タル如ク等速運動ト比較スルノ外無キナリ吾輩ノ特ニ讀者ノ注意ヲ要スルトハ體ノ進行ノ速度ハ實ニ瞬間時ノ性質ナルトナリ恰モ其位置ハ極少時間モ同シ

カラズ瞬間時ノモノタルガ如ク然ルナリ石ヲ地ニ墜セバ其地ニ當ル瞬間時ニ於テハ或ル速度ヲ以テ進行シツ、有リタリ其以前ニハ決シテ之ト同シ速度ノ時無カリシ一秒ノ極少分間モ同速度ヲ以テ動キタルト無キナリ此事ヲ充分ニ會得スルト頗ル難ク或ハ之ヲ充分ニ會得セザルガ爲ニ連續ノ原理ヲ却クル者有リ左ノ如ク位置ノ曲線ニ由リテ以テ説明シ此理ヲ解スルノ一助トセントス等速運動ニ於テ位置ノ曲線ハ直線ニシテ其速度ハ直線ノ勾配ニ比例スルハ已ニ説明シタル所ナリ今此ニ一體有リ第一秒間等速ニ甚遅ク進行シ第二秒間モ同シク等速ナレト稍第一秒間ヨリ速ク第三秒間モ等速ニシテ稍第二秒間



ヨリ速ク是ノ如ク毎秒間等速ニ前秒ヨリ少シ速ク運動ス然レバ位置ノ曲線ハ數直線ヨリ成リ曲線ハ次第ニ勾配増加シ多角形ノ一部分ヲ爲ス此多角形ヲ少シ距リタル所ヨリ觀レバ曲線ノ如ク見ユルナリ今等速運動ノ時間ヲ一秒ヅ、トセズ一秒ノ十分、一時間ヅ、トセバ位置ノ曲線ハ以前ヨリ稍近クヨリ之ヲ觀ルモ曲線ノ如ク見ユ可シ何トナレバ多角形ハ其邊ヲ短カクスルニ從テ愈曲線ノ如ク而シテ右ノ如ク等速運動ノ時間ヲ短クスレバ位置ノ曲線タル多角形ノ邊モ之ニ準シテ短カケレバナリ或ル瞬間時ニ於テ體ノ速度ヲ知ラント欲セバ之ニ對スル多角形ノ點ヲ含有セル邊ヲ前後ニ引長ス可シ此線ノ勾配ハ即其瞬間時ニ

於テノ體ノ等速運動ヲ表ハスナリ而シテ多角形曲線ト見ユル場合ニ於テハ其各邊ハ甚短ク之ヲ前後ニ引長シタル直線ハ恰モ曲線ノ切線ノ如ク見ユ可シ各等速運動ノ時間ヲ短クスルニ從テ多角形ハ愈曲線ノ如ク其邊ヲ引長シタルモノハ愈近クヨリ切線ト見ユ可シ

今一般變速運動ニ於テハ位置ノ曲線ハ曲線ノ如ク見ユル多角形ナラズシテ眞ニ曲線ナリ二者ノ差ハ左ノ如シ曲線類似ノ多角形ヲ適度ノ顯微鏡ヲ以テ觀レバ其角有ルヲ發見スト雖モ眞實ノ曲線ハ何程強キ顯微鏡ヲ用ユルモ矢張曲線ニシテ決シテ角ナシ然レモ多角形ノ小邊ヲ引長シタル直線ノ勾配ハ其表ハス運動ノ速度ヲ示スト同シク亦曲



線ノ或ル點ニ於テ之ニ切線ヲ引ケバ(此切線ノ勾配ハ曲線ノ其點ニ於テノ勾配ト全ク同一ナルヲ以テ)其勾配ハ曲線ノ表ハス運動ノ速度此點ニ對スル瞬間時ニ於テノヲ示ス可シ之ヲ言ヒ換レバ或瞬間時ニ於テ體ノ瞬間速度ハ位置ノ曲線中之ニ對スル點ニ於テ其切線ヲ引キテ見ル可シ何トナレバ此切線ハ其瞬間時ニ於テノ運動ト同速度ノ等速運動ヲ表ハス位置ノ曲線ナレバナリ斯ノ如クニ速度ヲ表ハス片ハ體ノ瞬間速度トハ眞ニ瞬間時ニ於テ之ニ屬シ極少時間モ續クモノニ非ラザルト稍明ナラン曲線ノ勾配ハ常ニ其一點ヨリ一點ニ至ルニ從テ變ジ曲線ハ極少ノ長サモ直ナルト無シ

然レバ或ル瞬間時ニ於テ瞬間速度ヲ求ムルノ問題ハ或ル曲線ニ切線ヲ畫クノ問題トナレリ「吾輩ハ斯ク述タル言語ノ大概ノ意義ヲ知ルトモ尋常ノ談話ノ爲メニハ充分ナルトモ推理ノ爲メニハ未ダ足レリトセズ吾輩ハ思想ヲ正確ニセザル可カラズ先ニ第四比例數ノ定義即數ヲ以テ表ハシタル二量ノ比ノ相等シキトハ何ナルヤノ定義ニ由リテ二量ノ比ノ意義ヲ明ニシタルガ如ク吾輩ハ此ニモ亦速度ノ思想ヲ明白正確ニスル爲ニ變化セザル可度量ヲ以テ之ヲ表ハサントス

吾輩ハ動體ノ瞬間速度ヲ測ルノ手段無キナリ吾輩ノ能ク測リ得ルモノハ唯體ノ或ル時間内ニ經過シタル距離ノミ

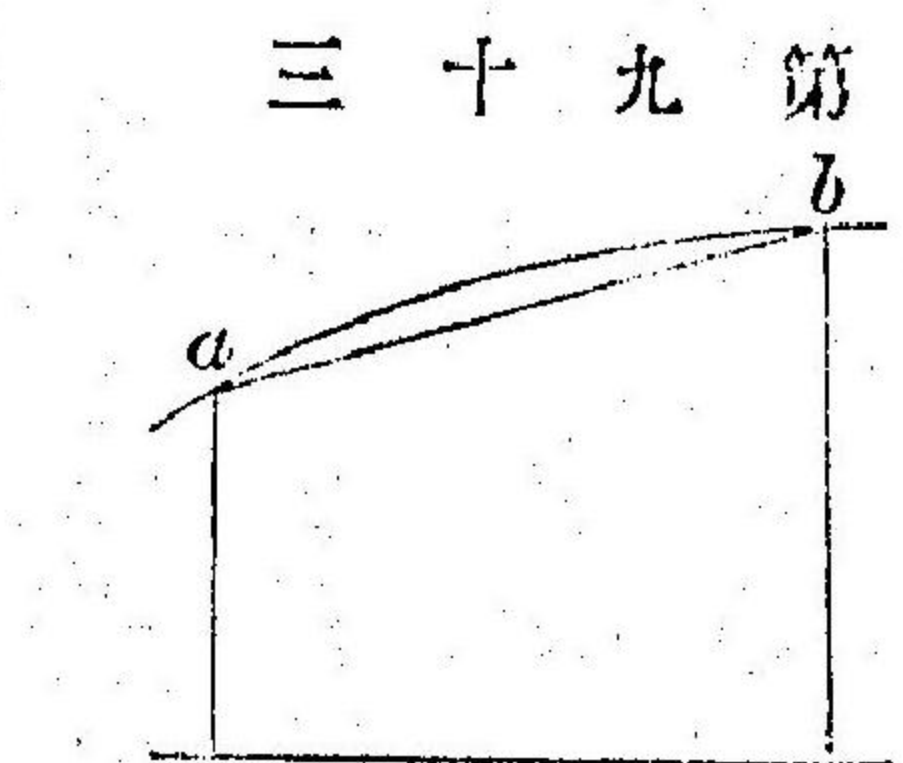


若シ體ノ運動等速ナル片ハ其瞬間速度ハ常ニ同一ニシテ  
 或ル時間内ニ何程進行シタルカヲ知レバ充分ニ確定セリ  
 其時間ノ長短ノ如キハ毫モ關セザルナリ一時間ニ二里ノ  
 速度ハ二時間ニ四里或ハ半時間ニ一里或ハ十五分ニ十八  
 町ノ速度ト皆同一ナリ然レモ動體ノ速度常ニ變ズル片ハ  
 或ル時間内ニ何程進行シタルヲ知ルモ之ニ由リテ其時間  
 内ノ或ル瞬間時ニ於テノ瞬間速度ハ更ニ知ル能ハズ例ヘ  
 バ或ル人一時間ニ二里行キタリト云フモ其等速運動ニ非  
 ザル以上ハ其一時間内ノ或ル瞬間時ニ於テノ速度何程ナ  
 リシヤ更ニ知ルニ由ナシ左リナガラ吾輩ハ斯ノ如キ場合  
 ニ於テ此人ハ平均一時間ニ二里ノ速度ニテ進行シタリト

云フ之ヲ平均速度ト名クルト便宜ナリ平均速度ノ定義左  
 ノ如シ

一體或ル時間内ニ或ル距離ヲ進行セバ其平均速度トハ其  
 時間内ニ其距離ヲ經過ス可キ等速運動ノ速度ナリ

平均速度ハ位置ノ曲線ニ由リテ單易ニ示ス可シ $a$ 、 $b$ ヲ位  
 置ノ曲線上ノ二點トス然ル片ハ $a$ ノ表ハス位置ト $b$ ノ表



ハス位置トノ間ノ平均速度ハ直線 $ab$ ノ勾  
 配ニ由リテ之ヲ示ス可シ吾輩ハ之ヲ用非  
 テ以テ瞬間速度ヲ測ルノ一助トセントス  
 先ニ説キタル如ク體ノ瞬間速度ヲ求ムル  
 ノ問題ハ曲線ノ切線ヲ畫ク問題トナレリ

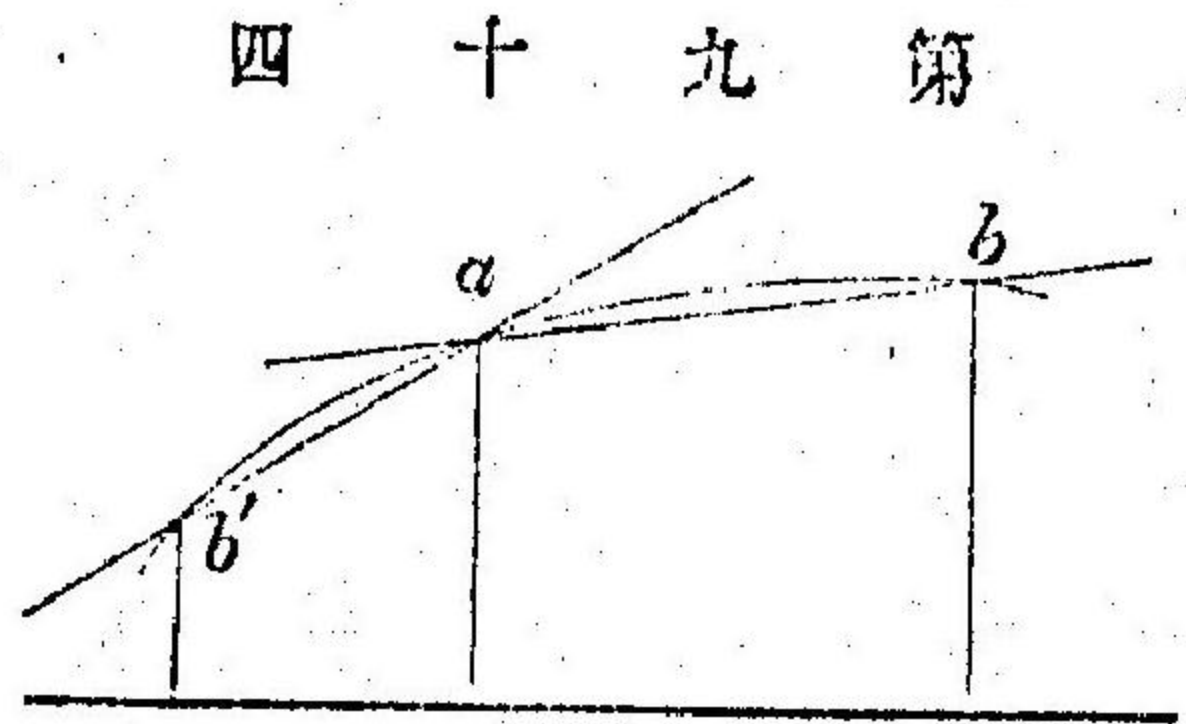


今體ノ平均速度ハ吾輩已ニ之ヲ測ルノ方法ヲ得タレ何ト  
 ナレバ是ハ唯時間及其時間内ニ經過シタル距離ヲ測ルヲ  
 要スルノミナレバナリ且曲線ノ弦<sup>ヲ</sup>即曲線上ノ二點ヲ結付  
 ル直線ハ吾人ノ容易ニ畫キ能フ所ナリ故ニ若シ曲線ノ弦  
 ヨリシテ其切線ニ徒ル可キ手段ヲ發見セバ亦之ニ資リテ  
 以テ平均速度ヨリ瞬間速度ニ徒ルヲ得可キナリ

第五節 曲線ノ切線

今曲線上ノ二點  $a$ 、 $b$  ヲ結付ル弦  $ab$  ヲ其一點  $a$  ヲ定メテ廻  
 轉セシメヨ然レバ他ノ一點  $b$  ハ曲線上  $a$  ノ方ニ動ク可シ  
 $b$  點ハ斯ノ如ク  $a$  ノ方ヘ動キテ止マズ  $a$  ノ反對ノ方即  $b$   
 ノ如キ位置ニ至レリトセバ弦ハ  $ab$  ナル位置マデ廻轉ス今

第九十四圖ノ曲線ヲ見ルニ  $a$  點ニ於テ曲線ノ切線ハ  $ab$  ト



第九十四圖ノ曲線ヲ見ルニ  $a$  點ニ於テ曲線ノ切線ハ  $ab$  ト  
 $b'a$  ノ間ニ在ル丁明ナリ左レバ  $ab$  廻轉シテ  
 $ab'$  ノ位置ニ至ル間ニ切線ノ位置ヲ經過セ  
 ザルヲ得ズ其此位置ニ在ル時ニ當テ  $b$  點  
 ハ何所ニ在ルヤ  $b$  點ハ此時正ニ  $a$  點ノ上  
 ニ在ル丁明ナリ然レバ  $a$ 、 $b$  二點ハ合一シ  
 直線ハ合一シタル二點ヲ結付ル直線ナリ  
 ト云フ可シ故ニ合一シタル二點(曲線上ノ)ヲ結付ケル直線  
 ハ切線ナレバ  $a$  點ニ於テノ切線ヲ求ムル片ハ曲線上他ノ  
 一點  $b$  ヲ取り  $ab$  ヲ結付ケル直線ヲ引キ而シテ  $b$  ヲ  $a$  ノ方  
 へ近ヅカシム  $b$  ト  $a$  ト合一シタル時此直線ノ位置ハ即  $a$



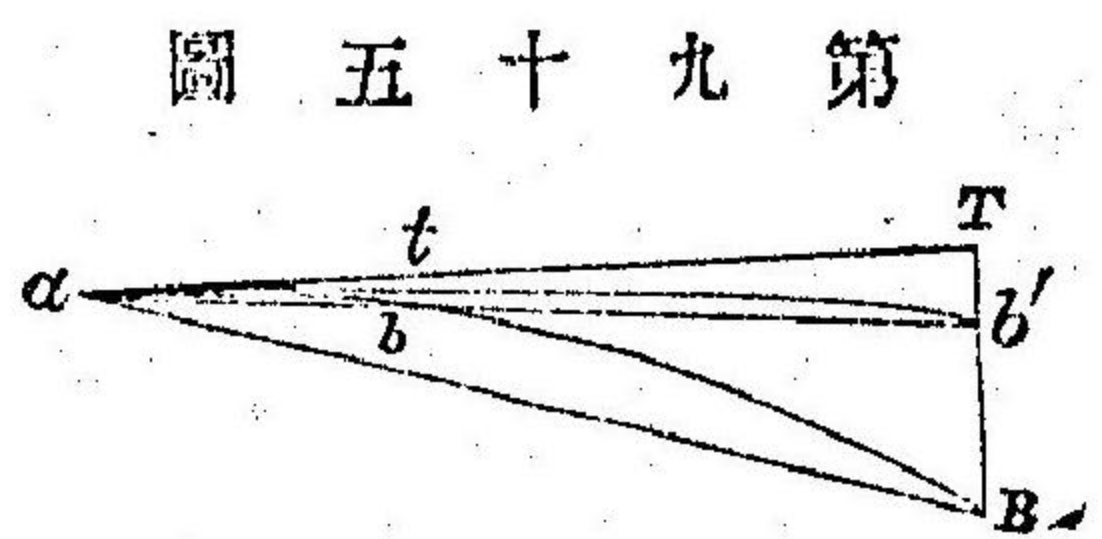
ニ於テノ切線ノ位置ナリトノ解ヲ得然ルニ此解ニ付テ困  
 難ナルハ吾輩未ダ合一シタル二點ヲ結付ケル直線トハ何  
 如ナルモノナルヤ判然タル考ヘ無シ蓋一直線ヲ確定スル  
 ニハ分別シタル二點ヲ要スレバナリ故ニ此定義ハ未ダ全  
 ク満足ナラザルガ如シト雖是レ又有用ニシテ且正シキモ  
 ノナリ弦 $ab$ ヲ廻轉セシメ $a$ ニ於テノ切線ノ位置ニ至ラシ  
 ムレバ此際 $b$ 點ハ曲線ノ上ヲ動キ $a$ ト合一スルトハ疑無  
 キナリ  
 始メテ右ノ困難ヲ辨解シ充分ニ之ヲ説明シタルハニウト  
 ンナリ左ニ氏ノ説明ヲ述ベントス先 $\curvearrowright$ 曲線ヲ圓ナリト假定  
 セヨ一直竿ヲ取り之ヲ曲ゲテ圓弧ト爲サンニ圓ノ大ハ其

竿ノ曲ノ度ニ由レリ竿ヲ丸ク其兩端ノ相接スルマデ曲レ  
 バ其圓ハ小ナル可シ之ヲ甚少シク曲ケレバ甚大ナル圓ノ  
 弧ナル可シ今之ニ反對ニ極小圓ヨリ始メ其一點ヲ確ト把  
 リ此圓ヲ漸々ニ大クスレバ把タル片ハ漸々曲リ少クナル  
 可シ然レバ圓極メテ大クナルニ從テ其一小部分ハ極メテ  
 直線ニ近クナル可シ故ニ圓ハ左ノ性質ヲ有ス之ヲ大ニス  
 レバ大ニスルニ從テ其弧ハ愈直線ニ近ク而シテ此性質ハ  
 獨リ圓ノミニ限ラズ總テノ曲線皆然リ吾輩ハ左ノ如ク簡  
 畧ニ之ヲ述ブ曲線ハ其原素即極小部分ニ於テ直シ然レモ  
 其意義ハ曲線ノ小部分ヲ取り之ヲ一定ノ長ニ大クシテ見  
 レバ其部分小ナルニ從テ愈直線ニ近シト云フノ外ナラザ



ルナリ

今之ヲ切線ノ位置ヲ定ムルノ問題ニ應用セントス圓上ノ  
 一點 $a$ ニ於テノ切線ヲ已ニ畫キ得タリト假定セヨ又其上  
 一便宜ノ長 $aT$ ヲ取リタリトセヨ $T$ ヨリ直角線  
 ヲ引キ圓ト $B$ ニ於テ交ラシメ $aB$ ヲ結付ケヨ  
 然レバ吾輩ハ弦 $aB$ ヲ $a$ ヲ中心トシテ $aT$ ナル位  
 置ノ方ヘ廻轉セシムル時 $B$ 點ノ運動ヲ考究ス  
 ルヲ要ス而シテ此ニ困難ナルハ $aBT$ ノ如キ圖形  
 漸次ニ減少シ例ヘバ $abl$ ノ如クナリ遂ニ觀察ス  
 ル能ハザル程ニ減少スル $T$ ナリニウトンハ此困難ヲ除カ  
 ン爲メニ圖形ヲ常ニ一定ノ大 $a$ マデ大クスルノ方法ヲ設ケ



第九十五圖

タリ即直ニ小圖形 $abl$ ニ付テ考究セズ之ヲ全體同シ割合ニ  
 (恰モ顯微鏡ヲ以テ觀タル如ク) $ab$ ノ長 $a$ 元ノ $aT$ ニ等シクナル  
 マデ大ニシテ之ヲ考究ス今考フル所ノ圓弧 $ab$ ハ元ノ弧 $aB$   
 ヨリ小ナレバ之ヲ同シ長(或ハ殆ンド同シ長)トナルマデ大  
 ニスレバ元ノ弧ヨリモ直線ニ近シ即 $abl$ ヲ大ニシタル新圖  
 形 $ab'T$ ニ於テ $b'$ 點ハ舊圖形 $aBT$ ニ於テノ $B$ ヨリモ $T$ ニ近シ故  
 ニ $b$ 點 $a$ ニ近ヅクニ從テ弦 $ab$ ハ切線 $aT$ ニ近ヅケリ即 $lab$ 角  
 ハ漸々ニ減少ス此角ノ減少スル $T$ ハ又弦 $ab$ 切線 $aT$ ノ方ヘ  
 廻轉スルト云フニテ明ナリ  
 此ニ重要ナル一件ハ $l$ ヲ充分ニ $a$ ニ近ク取レバ之ヲ大ニ  
 シタル圖形ニ於テ曲線ヲ何程ニテモ直ク爲シ能フ $T$ ナリ



之ヲ言ヒ換レバ  $b'$  ヲ何程ニテモ  $T'$  ニ近カシムルヲ得ル  
 ナリ若シ  $T'$  ヨリ  $aT'$  ニ直角ニ任意ノ長  $T'd$  ヲ取レバ  $T'd$  ハ何程  
 小ナリモ吾輩ハ  $aT'$  ニ切シ  $T'$  ト  $d$  ノ間ヲ通ル圓ヲ畫キ能フ  
 ナリ且  $ad$  線ヲ引キ  $aT'$  ト何程小ナル角ヲ爲スモ尙ホ  $b'$  ヲ  $a$   
 $T'd$  ニ近ク取りテ之ヲ大クシタル圖形ニ於テ  $b'aT'$  角ヲ  
 $daT'$  角ヨリ小ナラシムルヲ得  
 右ニ説明シタル方法ヲニウトンノ顯微鏡法ト稱  
 ス更ニ其要點ヲ掲クレバ吾輩ノ討究セントスル  
 圖形漸々減少シ遂ニ全ク消滅スルニ際シ吾輩ハ  
 常ニ之ヲ(恰モ顯微鏡ヲ以テ觀ル如ク)大ニシ便宜  
 ノ大ヲ保タシムルヲナリ一點曲線上ヲ他ノ一點ノ方ヘ動

第九十六圖



キ吾輩ハ其極メテ相近ヅキタル片ニ之ヲ結付ル直線ハ何  
 如ナルカヲ研究セントスルナリ而シテ顯微鏡法ニ由リテ  
 得タル結果ハ二點ヲ充分ニ近カシムレバ此直線ハ何程ニ  
 テモ  $a$  ニ於テノ切線ニ近ヅカシムルヲ得ルヲナリ吾輩ハ  
 是ニ由リテ唯可度量ノミニテ曲線ノ切線ノ定義ヲ述ブル  
 ヲ得即左ノ如シ曲線上ノ一點  $a$  ニ於テ一直線  $at$  有リ曲線  
 上一點  $b$  ヲ  $a$  ニ充分ニ近ク取レバ直線  $ab$  ヲ何程ニテモ  $at$   
 ニ近ヅカシムルヲ得(何程小角ニテモ  $bat$  角ヲ尙ホ夫レヨリ  
 小ナラシムルヲ得)レバ  $at$  線ヲ  $a$  點ニ於テ曲線ノ切線ト稱  
 ス[此定義中ニ述べタル  $T$  ハ皆爲シ得可キ  $T$  ナリ或ル小角  
 ヲ取ルハ爲シ得可キ  $T$  ナリ此角ヲ畫キテ  $ab$  ト  $at$  トノ交角



之ヨリ小キ様ニ〇點ヲ取ルモ爲シ得可キナリ之ニ掲ゲ  
タル所ハ皆吾輩ノ已ニ知ル所ノ量又測リ得ル所ノ量ナリ  
唯何程小角ニテモ *bal* 角ノ之ヨリ小ナル様ニ〇點ノ位置ヲ  
發見シ得ルト假定ス若シ果シテ發見シ得レバ即 *al* 線ヲ切  
線ト稱ス

此定義ト先ニ述ベタル第四比例數ノ定義即等比ノ定義ト  
相類似セル所有ルヲ説明スルハ無益ニ非ラザル可シ夫ノ  
定義ニ於テハ或ル分數ヲ取り第一比之ヨリ大ナレバ第二  
比モ亦大ナリ小ナレバ小ナリトセリ是ハ之ヲ度リ比較シ  
テ以テ決ス可キナリ且何ノ分數ヲ取り來ルモ皆然ル片  
ハ二比ハ相等シト云フトセリ今此定義ニ於テモ本編ノ定

義ニ於テモ吾輩ハ一々ノ場合ニ於テハ容易ニ檢査シ其果  
シテ定義ニ適ヘルヲ見得可キナレト總テ未ダ檢査セザル  
場合ニ於テモ亦適ヘルモノトスルハ或ハ不當ナルガ如シ  
ト雖其實一々總テノ場合ヲ檢査セザルモ其何レヲ取り來  
ルモ必ず適ヘルヲ知レバ比例ナレバ總テノ分數ヲ取り來  
取リ來ルモ應用ス可キ方法ヲ示シ、切線ナレバ總テノ小角ヲ  
角ニテモ取リ來ルバ之ヲ檢査普通ニ論ズルモ決シテ妨ナ  
ス可キ方法ヲ説クバ之ヲ檢査普通ニ論ズルモ決シテ妨ナ  
シ是レ吾輩ノ右ノ如キ定義ニヨリテ普ク等比及切線ノ事  
ヲ論シ得ル由縁ナリ  
是ヨリシテ曲線及切線ニ關スル右ノ定義ヲ吾輩ノ本論ナ  
ル瞬間速度及平均速度ノ説明ニ用ヰントス位置ノ曲線ノ



弦ノ勾配ハ平均速度ヲ表ハシ切線ノ勾配ハ其切線ニ對スル位置ニ於テノ瞬間速度ヲ表ハス丁ハ先ニ説述シタリ故ニ $\delta$ 點ヲ漸々 $\epsilon$ 點ニ近カシムルハ瞬時速度ヲ要スル瞬間時後漸々小時間(平均速度ヲ得ル爲ニ)ヲ取ルニ對ス或ル變速ノ動體有リト假定セヨ吾輩ハ或ル瞬間時ニ於テ其速度ヲ求ム其瞬間時ヨリ後一時間ノ平均速度ヲ取レバ或ハ求ムル所ノ速度ニ近キモノヲ得或ハ之トハ極メテ大差有ルモノヲ得ン若シ其瞬間時後一分時間ノ平均速度ヲ取レバ頗ル之ニ近キモノヲ得ン尙ホ近キモノヲ得ルニハ之ニ次グ一秒時間ノ平均速度ヲ取ル可シ總テ平均速度ヲ取ル時間ヲ短クスレバ何程ニテモ瞬間速度ニ近ヅクヲ得

例ヘバーツノ小速度(一百年間ニ一寸動ク如キ)ヲ掲ゲ來ルモ右ノ時間ヲ充分小ニスレバ其平均速度ト求ムル所ノ瞬間速度トノ差ヲ此小速度ヨリ小ナラシムルヲ得故ニ吾輩ハ左ノ如キ瞬間速度ノ定義ヲ得或ル瞬間時ニ續ク時間ノ平均速度ヲ其時間ヲ短クスルニ從テ何程ニテモ某速度ニ近カシムルヲ得レバ此某速度ヲ其瞬間時ニ於テ體ノ瞬間速度ト云フ斯ノ如ク或ル瞬間時ニ於テ體ノ速度ヲ求ムルノ問題ハ其位置ノ曲線上之ニ對スル點ニ於テ切線ヲ引クノ問題トナレリ即上ニ證明シタル如ク任意ノ時ニ於テノ體ノ位置ヲ曲線ニ由リテ表ハス片ハ其速度ハ此曲線ノ切線ノ勾配ニ由リテ表ハス可キナリ



數多ノ曲線ハ單易ナル幾何學的ノ方法ニ由リテ其切線ヲ引クヲ得例ヘバ拋物線橢圓等ノ如シ故ニ動體ノ位置ノ曲線此等ノ曲線ナレバ吾輩容易ニ任意ノ時ニ於テ其速度ヲ發見スルヲ得例ヘバ落下スル體(空中ヲ)ノ位置ノ曲線ハ拋物線ナリ故ニ吾輩ハ拋物線ノ切線ノ已知性質ニ由リテ其速度ハ常ニ時間(落下ヲ始メタルヨリ)ニ比例スルヲ知ル然レモ多クノ場合ニ於テハ曲線ニ切線ヲ引クノ問題ハ動體ノ速度ヲ求ムル元問題ト同ジク困難ニシテ或ハ却テ後者ニ由リテ前者ノ解ヲ得ルヲ有リ

第六節 變速度ヲ測ル法

各場合ニ於テ實際要スル所ハ前節ノ末ニ記シタル問題即

垂直ニ落ル體ノ運動ノ例ヲ考フレバ明ナランガリレイ有ナル以太利ノ學者ハ經驗ニ由リテ最初靜止セル一體垂直ニ落ル片ハ其或ル瞬間時マデニ下リタル距離ハ時(最初ヨリ其瞬間時マデ)ノ二乗ニ比例スルヲ確定セリ或ル瞬間時マデニ何尺落ちタルカヲ知ラント欲セバ秒ノ數(最初ヨリ其瞬間時マデ)ヲ二乗シ之ニ  $16.167$  ヲ乘ス可シ例ヘバ五秒間ニハルソ  $5 \times 5 \times 16.167$  即四百〇四尺強ヲ下ルナリ今要スル所ハ距離時ノ二乗ニ比例スレバ速度ハ必ず時ニ比例スルヲ直接ニ證明スルノ方法ナリ直下體ノ例ニ於テハ或ル瞬間時ニ於テノ速度ハ其時マデノ秒ノ數ニ三二二三三四七ヲ乘ズ可シ例ヘバ五秒ノ終リニ於テハ體ノ速度



ハ一秒ニ凡ソ百六十二尺弱ナリ此所要ノ方法ハ吾輩ノ知ル所ニシテ是實ニ數學中ノ一大科ナリ見次節吾輩ハ此方法ヲ用非テ以テ時ヲ與ヘテ距離ヲ得ル代數學上ノ規則ヨリ時ヲ與ヘテ速度ヲ得ル規則ヲ推知ス今其一例ヲ舉クレバ或ル瞬間時マデニ經過シタル距離ハ時ノ $n$ 乗ノ $n$ 倍ナリト云フ規則有レバ之ヨリシテ或ル瞬間時ニ於テノ速度ハ時ノ $n-1$ 乗ノ $n$ 倍ナリト云フ規則ヲ推知スルガ如シ吾輩ハ此方法ヲ用非テ前節ニ於テ到底同一ナルトヲ示シタル兩問題ヲ解スルヲ得

自然顯象ノ研究ニ於テ極メテ緊要ナル問題ニシテ右ノ二問題ト同一ニ解ス可キモノ今一個有リ一點直線上ヲ運動

スル片ハ其一定點ヨリノ距離ハ時ト共ニ變ズル量ナリ此距離ノ變化スル割合割合トハ何時間何程又ハ何ニ付何程付キ何程トスルガ如シハ動點ノ速度ト同一ニシテ總テ連續量ノ變ズル割合ヲ適當ニ表ハスモノハ一點ノ速度ナリ今其一例ヲ舉クルニ或ル港ニ於テ潮ノ高ハ一日間時々刻々變ズ可シ一ノ直立セル棒杭ヲ上下スル一標ニ由リテ其高ヲ示スヲ得然レバ潮ノ高ノ變ズル割合ハ此標ノ上下スル速度ト同一ナルト明ナリ又大氣ノ壓力ハ晴雨計ノ水銀ノ高ヲ以テ之ヲ測ル大氣ノ壓力ノ變ズル割合ハ水銀昇降ノ速度ト同一ナリ今上ニモ説明セル如ク時々變ズル量ノ或ル時ニ於テノ値ハ大概表ヲ以テ之ヲ示ス可キモ是レ便



法ニモ非ラズ又精密ニモ非ラズ曲線ヲ以テ之ヲ表ハスニ如カザルナリ曲線上各點ノ横線ハ時ヲ表ハシ其縦線ハ之ニ對スル量ノ値ヲ表ハスナリ斯ク曲線ヲ畫ケバ量ノ變化ヲ一曲線上點ノ運動ヲ以テ表ハス可シ第九十二圖ニ由リテ之ヲ説明センニ  $am$  ハ時ヲ表ハシ  $mp$  ハ其時ニ於テ量ノ値ヲ表ハス量ハ時ト共ニ變ズルヲ以テ  $p$  點ハ曲線ヲ爲ス量ノ變ズル割合ハ  $mp$  ノ變ズル割合ナリ即同曲線ヲ位置ノ曲線トスル動點ノ速度ト同一ナリ故ニ又  $p$  點ニ於テノ切線ノ勾配ト同一ナリ

### 第七節 「フラクションズ」法(微分法)

斯ノ如クナレバ實際同一ナル三問題有リ「第一、動點ノ各瞬

時ノ位置ヲ知リテ其速度ヲ求ムル」第二、曲線ノ一點ニ於テ切線ヲ引ク」第三、一量ノ各瞬間時ニ於テノ値ヲ知リテ其變ズル割合ヲ求ムル」是ナリ而シテ其解ハ上ニ云ヘル如ク時ヲ與ヘテ量ヲ得ル規則ヨリ時ヲ與ヘテ其變化ノ割合ヲ得ル規則ヲ推知スル方法ニ由ルナリ

此方法ハニウトンノ初メテ研究シタル所ナリニウトンハ變ズル量ヲ *Fluxion* 「流ル、者ノ意義蓋シ水ノ流ル、如クト漸々變化シ行クヲ以テ斯ク云フナリ」 稱シ其變化ノ割合ヲ量ノ *Fluxion* ト稱セリ而シテ此方法ヲ *Method of Fluxions* 即「フラクションズ」ノ方法ト名ケタリ

量ノ變ズル割合モ常ニ同シカラズシテ時ト共ニ變ズルト有ル可シ然レモ量ノ大ナル變化ヲ爲スニ必要ナル時間ニ



比シテ頗ル小時間ヲ考フレバ其時間内ニ於テハ變化ノ割合大ニ變ゼズトスルモ適當ノ斷定ナル可シ此斷定ハ恰モ其時間内ニ於テハ變化ノ法不變ニシテ割合ハ其時間内ノ平均ニ等シトスルニ同シ或ル時間内量ノ變化ノ平均ノ割合トハ其始ト終リニ於テノ量ノ値ノ差ヲ其時間ヲ以テ除シタルモノナリ例ヘバ或ル量一秒ニ一寸増加シタリトセバ其秒内同一ノ割合ニ増加セザルモ其秒間平均ノ割合ハ一秒ニ一寸ナリ而シテ割合ノ變ズルト甚急ナラザレバ之ヲ一秒間不變ニシテ其平均ニ同シトスルモ大ナル誤リ無シ又平均ヲ取ル時間ヲ尙短クスレバ其誤リ愈少シ位置ヲ得ル規則ヨリ速度ヲ得ル規則ヲ推知スル法即「フラクション

ス」法ハ此理ニ基ケリ二ノ瞬間時ニ於テ動點ノ距離(其運動スル曲線上ノ一定點ヨリ)ノ差ヲ其時ノ差(即時間)ニヨリテ除シタルモノハ其時間内變化ノ平均割合ナリ而シテ此時間ヲ漸々少クスルニ從テ常ニ或ル一値ニ近ヅクヲ發見スレバ此値ハ即其時間ノ全ク減縮シテ一瞬間時ト爲リタル時ノ變化ノ割合トス即其瞬間時ニ於テ變化ノ瞬間割合トス故ニ「フラクション」法トハ即此値ヲ發見スルノ方法ナリ「フラクション」法ハ現今通例之ヲ *Differential Calculus* ト稱ス其意義ハ「差違ノ計算法」ト云フトニシテ右ノ方法ニ於テ量ノ差ト時間ノ差トヲ用ヰルヲ以テ此名有レ氏編者ノ考フル所ニテハ其目的ハ差違ノ計算ニ非ラザレバ頗ル不都合ノ



名ナリ

譯者曰ク本邦ニ於テハ之ヲ微分法ト稱ス蓋シ右ノ差ハ極限ニ至リテハ極少ナルモノニシテ之ヲ微分ト云フ因テ方法ヲ微分法ト云フ「デッフェレンシャル、カルキュラス」ヲ譯シタルモノナラン

其名ハ何ト稱スルモ其目的ハ量ヲ測算スル規則ヨリ其變化ノ割合ヲ測算スル規則ヲ得ルニ在リ而シテ能ク之ヲ爲シ得レバ曲線ニ切線ヲ引クノ問題及ヒ動點ノ速度ヲ得ルノ問題モ之ニ由リテ解スルヲ得

原書ニハ獨リ「ニウトン」ノ名ヲ掲ゲタレトモ微分法ハ英ノ「ニウトン」及獨ノ「ライブニッツ」各獨立ニ同時ニ發見シタル

所ナリ其孰レカ眞ノ發見者タルヤニ付テハ數學者社會ニ於テ一時非常ノ紛議ト爲リタレトモ現今ノ輿論ハ此榮譽ヲ等シク兩氏ニ歸ス「デッフェレンシャル、カルキュラス」ハラ「ライブニッツ」ノ付ケタル名ナリ

#### 第八節 量ノ關係、函數

唯或ル時ニ於テ量ノ値ヲ計算スル規則ノミナラズ又全ク時ニ關係無ク甲量ノ或ル値ニ對スル乙量ノ値ヲ計算スル規則有リ「前者」ノ一例ハ上ニ述タル潮ノ高ヲ計算スル法ノ如シ而シテ其法ハ或ハ「一」ノ瞬間時ニ於テノ値ヲ計算スル可キ範式ヲ掲ゲ或ハ一日中ノ時々刻々ニ於テノ高ヲ表ハス曲線ヲ畫クモ可ナリ「後者」ノ一例ハ氣體ノ或ル分量有リ其



温度變ゼザル片其體積ヲ知リテ其壓力ヲ計算スル法ノ如シ之ヲ代數學上ニ述ブレバ二量各他ノ反數ニ比例ス、語ヲ換ヘテ之ヲ云ヘバ體積ト壓力ノ積ハ常數ナリ、空氣ノ或ル分量ヲ壓縮シ其體積ヲ半分ニスレバ其壓力ハ二倍トナル(之ヲ二氣壓ト云フ)其體積ヲ五分ノ一ニスレバ其壓力ハ五倍トナル(五氣壓ト云フ)

又之ヲ圖ヲ以テ表ハサントセバ橫線即一定點(原點)ヨリ水平ノ距離ヲ以テ體積ヲ表ハスモノトシ縱線即右橫線ノ端ヨリ垂直ニ引ケル直線ヲ以テ壓力ヲ表ハスモノトス可シ體ノ温度變ゼザレバ此縱線ノ端ハ一ツノ雙曲線ヲ成ス雙曲線ノ一漸近線ハ水平、一ハ垂直ナリ(體積ヲ變ズルニ從テ壓

力變ズ故ニ橫線ノ數値ニ對シ縱線ノ數値ヲ得其端ハ一曲線ヲ成ス而シテ右ノ關係有ルニ由リテ此曲線ハ雙曲線ナルヲ知ルナリ)而シテ體ノ不變ノ温度ノ何タルニ由リテ同漸近線ヲ有スル異ナレル雙曲線ヲ得例ヘバ體ノ温度常ニ十度ナリトセバ一ツノ雙曲線ヲ得即體ノ温度常ニ二十度ナリトセバ又異ナレル雙曲線ヲ得即體ノ温度異ナレバ體積ト壓力ノ積ナル常數異ナリ故ニ此平面内ノ各點ハ氣體ノ某特別ノ情況ヲ表ハスモノナリ何トナレバ吾輩ハ之ヲ過リ一ノ雙曲線(二軸ヲ漸近線トセル)ヲ畫クヲ得然ル片ハ其橫線ハ體積、縱線ハ壓力ヲ表ハン又其雙曲線ハ某温度ヲ示スモノナリ斯ノ如ク此等ノ數雙曲線ハ一族ヲ成ス(第四編第五節ヲ見ヨ)

吾輩實地ノ觀測ニ由リテ甲乙二量ノ關係ヲ發見セントス



ル片ハ數多ノ觀測ヲ爲シ每觀測甲量ノ或ル値ニ對スル乙量ノ値ヲ得之ヲ紙上ニ標記ス(第四編第拾壹節ニ述タル如ク小方形ニ分チタル紙上ニ甲乙ヲ橫縱線トシテ)例ヘバ空氣ヲ壓シ種々ノ體積ニ對スル壓力ヲ觀測シ體積及壓力ノ各值毎ニ一點ヲ標記ス而シテ點數稍多ケレバ之ヲ經過スル曲線ハ雙曲線ナルトヲ見ル可シ但シ試驗觀測ハ何程精細ナルモ少シノ誤差無キ能ハザレバ曲線ヲ畫クニ當テ諸點ヲ經過スルニ多少寬ナラザルヲ得ズ然レトモ幾何學者ハ曲線ノ形雙曲線ナルヲ見ルヤ直ニ壓力ハ體積ノ反數ニ比例スルトヲ認ム

斯ノ如ク甲乙二量ノ關係有リテ其一ヲ與フレバ他ヲ計算

シ或ハ發見スルヲ得ル片ハ各量ヲ他ノ函數ト稱ス其關係ハ代數學上ノ規則或ハ曲線ヲ以テ之ヲ示スヲ得例ヘバ一ノ體積ニ對スル壓力ヲ得ルニ或ハ左ノ代數學上ノ規則ヲ以テス可シ一ノ定數ヲ體積ヲ表ハス數ヲ以テ除シタル商ハ壓力ヲ表ハス數ナリ或ハ左ノ如ク曲線ヲ以テス可シ一直線上體積ヲ表ハス點前ニ詳ニ説明シタル方法ニ由リテヨリ之ニ直角ナル直線ヲ引キ一ノ雙曲線ト交ラシム然ル片ハ此縱線ハ壓力ヲ表ハス○吾輩ハ斯ノ如ク幾何學ト代數學(即量ノ學)トノ連絡ヲ得タリ即二量(體積ト壓力)ノ關係ヲ曲線ヲ以テ表ハスガ如シ

二學科ノ間ニ連絡有レバ二科互ニ相助ケテ大ナル裨益有



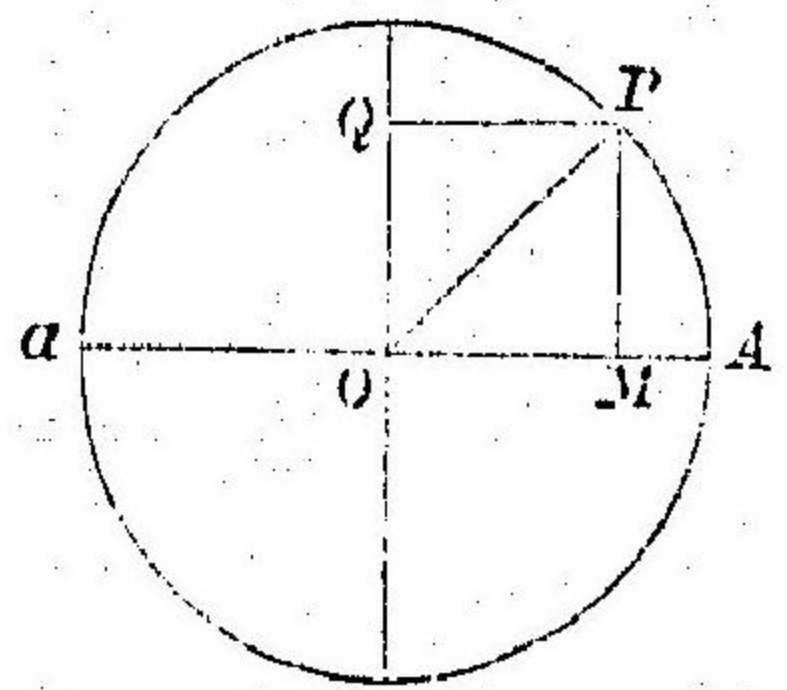
リ一方ニ於テハ量ニ關スル已知ノ定理ヲ用井テ以テ曲線ノ性質ヲ研究シ(是即デーカルトノ發見シタル解拆幾何學即代數幾何學ノ方法ナリ)又一方ニ於テハ曲線ノ已知性質ニ由リテ量ノ關係ニ就テノ定理ヲ發見スルヲ得○前者ニ在リテハ二量ノ關係ヲ方程式トナスナリ例ヘバ右ノ例ニ於テ壓力ハ體積ノ反數ニ比例スト云ハスシテ(溫度變ゼザレバ)壓力ト體積ノ積ハ一ノ常數ニ等シト云フ可シ而シテ之ヲ幾何學上ニ述ブレバ此關係ヲ表ハス曲線ノ各點ニ於テ横線體積ヲト縦線壓力ヲトノ積ハ常數ナリト云フ可シ即記號ニ記セハ

$$pv = c^2$$

此方程式ヨリシテ此曲線(即雙曲線)ノ總テノ性質ヲ推知ス可シ

又曲線ノ已知性質ヲ用井テ量ノ關係ヲ研究スル方法ノ一

第九十七



例ヲ舉ゲン圓上ノ一點Pヨリ一定直徑AOaヘノ垂直距離PMナル量ハ半徑OPトノ比POA角ノ大即弧APノ長第三編 第四節ト一定ノ關係ヲ有スルモノナリ此比ハ實ニ吾

輩ノ先ニ角ノ正弦ト名ケタルモノナリ或ハ時トシテハ之ヲ弧ノ正弦トモ云フ若シ弧APヲ常ニ時ニ比例スル様ニ爲ス時ハ之ヲ言ヒ換レバP點ヲ圓周ヲ等速ニ廻轉セシムル時ハPM線ノ長ハ斯ク幾何學的ニ定メタル定律ニ從テ擺動



スル $Q$ 點ノ中心 $O$ ヨリノ(其時ニ於テノ)距離ナリ此擺動ハ單純調和運動ト稱スルモノニシテ空氣ノ音ヲ傳フル片「イ」サ「」ノ光ヲ通スル片其他彈性體ノ震動スル時ノ運動ハ皆是ナリ○右例ニ於ケル如ク圓ノ弧ト同圓ニ付テ或ル單易ナル幾何學的ノ構造ニ由リテ引ケル直線トノ關係ヲ圓函數ト稱ス第四編第七節ニ説キタル三角法比ハ此類ノ函數ナリ其他圓ノ圓函數ニ於ケルト稍同様ニ雙曲線ニ據ル所ノ雙曲線函數ト稱スルモノ有リ又橢圓函數ト稱スルハ由リテ以テ橢圓ノ弧ノ長ヲ計算シ得ル故ニ此名有リ然レモ函数ノ性質ヲ研究スル最貴重ノ方法ハ本編ニ於テ是マデ論シ來リタル量ノ變化ノ割合ノ考究ニ據ルニ二量ノ關係

ヲ知ル時ハ吾輩ハ其變化ノ割合ノ關係ヲ代數學的ノ方法ニ由リテ得ルヲ知ル即微分法ナリ而シテ此關係ヲ得ルノ問題ハ二量ノ關係ヲ表ハス曲線ノ切線ヲ引クノ問題ト同一ナリ例ヘバ先ノ例ニ取リタル二量ハ其積常數ニ等シケレバ一量増ス片ハ一量減ズルト勿論ナリ而シテ吾輩ハ微分法ニ由リテ其變化ノ割合ノ比ハ量ノ比ニ等シキトヲ發見ス故ニ氣體ノ體積ノ變化ノ割合ト其壓力ノ變化ノ割合トノ比ハ(溫度不變ニシテ)體積ト壓力トノ比ニ等シ但シ一量増セバ他量減ズルナリ

變化ノ割合ノ比ノ研究ハ體ノ變化ス可キ本原ノ性質ノ一即彈力ヲ求ムルニ甚ダ緊要ナリ氣體ノ彈力トハ一定ノ收



縮ヲ生ズル爲ニ要用ナル壓力ナリト定義ス此ニ收縮ト云  
 ヘルハ體積ノ變化ヲ其元體積ヲ以テ除シタルモノナリ例  
 ヘバ氣體ノ體積百分ノ一減スレバ之ヲ  $\frac{1}{100}$  ノ收縮トス故  
 ニ定義ニ從テ壓力ノ變化ヲ此收縮即  $\frac{1}{100}$  ヲ以テ除スレバ  
 100ヲ以テ乘ズルニ同シ(彈力ヲ得今此場合ニ於テハ壓力ノ  
 變化ヲ壓力ヲ以テ除シタルモノハ收縮ニ等シ前章ノ未故  
 ニ壓力ノ變化ハ元壓力ノ  $\frac{1}{100}$  ナリ而シテ彈力ハ壓力ノ變  
 化ノ百倍ナレバ即元壓力ニ等シ故ニ氣體ノ彈力ハ其壓力  
 ヲ以テ之ヲ測ル譯者曰ク本章ノ如キハ說明極メテ簡短ニ  
 到底解シ難カラン今委シク之ヲ說明スレバ餘リ長ク且本  
 書ノ目的ハ唯數理ノ全體ヲ釋スルニ在リテ細カニ各法ヲ  
 大說述スルニ非ラザレバ原書ノマニ存シ別ニ註解ヲ加ヘ  
 故ニ普通ノ讀者ハ微分法應用ノ一例ヲ示シタルモノト

見過シテ  
 可ナリ

第九節 加速度「ホドグラフ」

以上説明シタル所ニ由レバ或ル可度量ノ變化ノ割合モ亦  
 一量ニシテ吾輩之ヲ發見スルヲ得吾輩ハ動點ノ速度ヲ考  
 ヘ以テ此ニ至リタルナリ其最簡單ナル場合ハ此點ノ一直  
 線上ヲ動行スル時ニシテ其運動ノ割合ハ同直線上ノ一定  
 點ヨリ距離ノ變化ノ割合ナリ然レモ點一直線上ヲ動行セ  
 ズ一曲線上ヲ進行スル片ハ唯其速ヲ掲ゲタルノミニテ其  
 運動ノ情況ヲ充分ニ述タリトス可カラズ又其何ノ方向ニ  
 行クヤヲ明ニセザル可カラズ故ニ速度ハ其量ヲ度ルヲ要  
 スルノミナラズ又其一性質即方向ヲ詳ニスルヲ要ス而シ

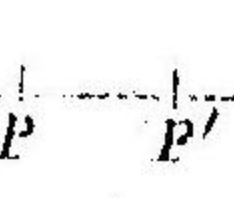


テ實際吾輩ハ此二者ヲ同時ニ共ニ討究スルノ方法ヲ有ス  
 此方法ハ近時精密學科ノ區域ヲ擴張シタル最効力有ル手  
 段ノ一ナリ○動點ノ速度ヲ其位置ノ變化ノ割合ト定義ス  
 レバ第一ニ起ル間ハ其位置トハ何ソヤナリ  
 而シテ此間ハ前編ニ於テ之ニ答ヘタリ動點ノ位置ハ一定  
 點ヨリ其點マデ引ケル「ヴェクトル」即方向ノ定リタル歩ニ由  
 リテ之ヲ確定ス然レバ動點ノ速度トハ其位置ノ變化ノ割  
 合ニシテ位置ハ一定點ヨリ動點ニ至ル「ヴェクトル」ニ由リ確  
 定スルモノナリトセバ速度ノ何タルヲ解スルニハ先ツ「ヴェ  
 クトル」ノ變化ノ割合トハ何如ナルモノカヲ明了ニ解セザ  
 ル可カラズ

今暫ク一直線上ヲ運動スル點ヲ考フルニ其位置ハ直線上

ノ一定點 $A$ ヨリ動點 $P$ マデノ歩 $AP$ ニ由リテ之ヲ示ス此歩

第九



ハ點ノ運動ト共ニ變シ動點 $P'$ ニ至レバ歩ハ $AP'$ ヨ

第十



リ變シテ $AP'$ トナル此變化ハ何如シテ之ヲ爲シタ

第十一



ルヤト間フニ元歩 $AP$ ニ新歩 $PP'$ ヲ加ヘテ爲シタル

ト明白ナリ故ニ此新歩ヲ加フル割合ヲ述レバ即

$P$ ノ速度ヲ確定ス

曲線上ノ運動ヲ考フルニ定點 $A$ (第九十九圖)有レバ動點 $P$ ノ

位置ハ歩 $AP$ ヲ以テ之ヲ示ス $P$ 點動ク片ハ此歩ハ從テ變シ $P$

點 $P'$ ニ至ル片ハ歩ハ $AP'$ トナル故ニ歩ハ唯其大々ノ變ズルノミ

ナラズ其方向モ亦變ズ歩 $AP$ ヨリ歩 $AP'$ ニ變ズルハ $AP$ ニ新歩 $PP'$



ヲ加フルナリ蓋シAヨリPニ至リPヨリP'ニ至ルハ直ニA

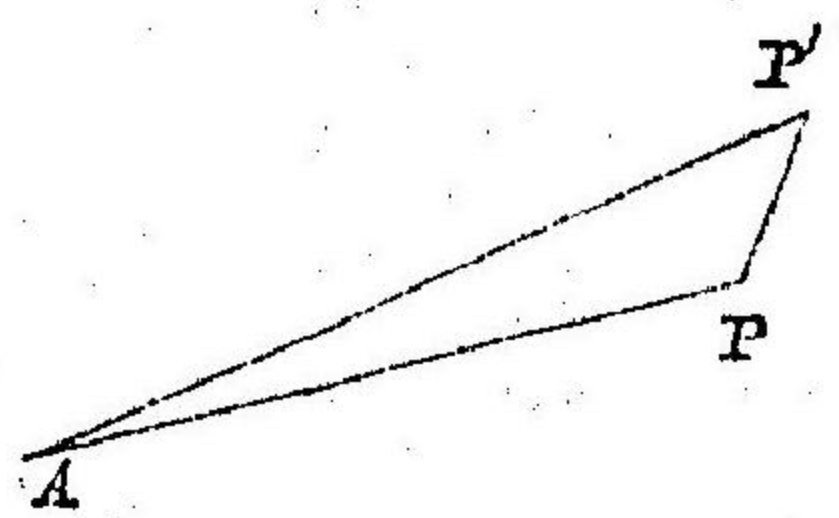
ヨリP'ニ至ルト其結果同一ナルヲ明ナリ然

レバ吾輩ノ論ズ可キ問題ハ何如ナル割合ヲ

以テ新歩ヲ加フルヤ即毎秒何歩ヲ位置へ加

第九十

フルヤニシテ其答モ亦一ツノ「ヴクトル」ナリ之



ヲ言換レバ動點ノ位置ノ變化ハ唯ニ大<sup>サ</sup>ノミナラズ亦方向

ヲ有ス故ニ「ヴクトル」歩ノ變化ノ割合ハ或ル方向ニ毎秒何

尺ナリト云フ可キナリ

以上説明シタル所ヲ略言スレバ動點ノ速度ハ其位置ヲ示

ス歩ノ變化ノ割合ニシテ大<sup>サ</sup>並ニ方向ノ定マレルモノナレ

バ此速度ヲ表ハスニハ或ル方向ニ或ル長<sup>サ</sup>ノ線ヲ以テセザ

ル可カラズ又方向有ル量ノ變化ノ割合モ亦方向有ル量ナ

リ例ヘバ位置ハ「ヴ」エクトルナリ其變此定理ハ極メテ重要

ナルモノナリ吾輩ハ今進ミテ之ヲ速度ノ考究ニ應用セン

トス

一點直線上ヲ等速ニ動行スレバ其速度ハ常ニ大<sup>サ</sup>方向共ニ

同一ナレバ之ヲ表ハス直線ハ運動ノ間變ズルヲナシ一點

等速ニ圓周ヲ廻レバ其速度ノ大<sup>サ</sup>ハ常ニ同シケレバ方向ハ

常ニ變ズ故ニ速度ヲ表ハス直線ハ常ニ同シ長<sup>サ</sup>ナレバ常ニ

動點ノ運動ノ方向ニ平行ナル様ニ廻轉ス

今此ニ一曲線上ヲ運動スル一點有リ任意ニ一定點ヲ取リ

此點ヨリ常ニ動點ノ速度ヲ表ハス線其大<sup>サ</sup>方向共ニ「」ヲ引キ



タリトセヨ動點ノ速度ハ概シテ大<sup>ク</sup>及方向ヲ變ズルモノナ  
 レバ此線ハ大<sup>ク</sup>及方向ヲ變シ其端ハ或ル曲線ヲ描ク可シ例  
 ヘバ前ノ等速圓周運動ニ於テハ速度變ゼザレバ之ヲ表ハ  
 ス線ノ端ハ圓ヲ描ク可シ空中ニ拋ケタル體ナレバ速度ヲ  
 表ハス線ノ端ハ一<sup>ツ</sup>ノ垂直線ヲ描ク可シ斯ノ如ク毎瞬間時  
 ニ於テ速度ヲ表ハス線ノ端ノ描ク曲線ハ恰モ運動ノ圖ニ  
 シテハミルトン<sup>ハ</sup>之ヲ *Hodograph* 道ノト名ケタリ而シテ定  
 點ヲ「ホドグラフ」ノ極ト稱ス吾輩動點ノ行道ト其運動ノ「ホ  
 ドグラフ」ヲ知レバ動點其行道中任意ノ位置ニ於テノ速度  
 ヲ知ル<sup>ト</sup>甚<sup>ク</sup>タ易シ「ホドグラフ」ノ極ヨリ其位置ニ於テノ行  
 道ノ切線ニ平行線ヲ引ケバ此動徑ハ即其位置ニ於テノ速

度ヲ表ハスナリ

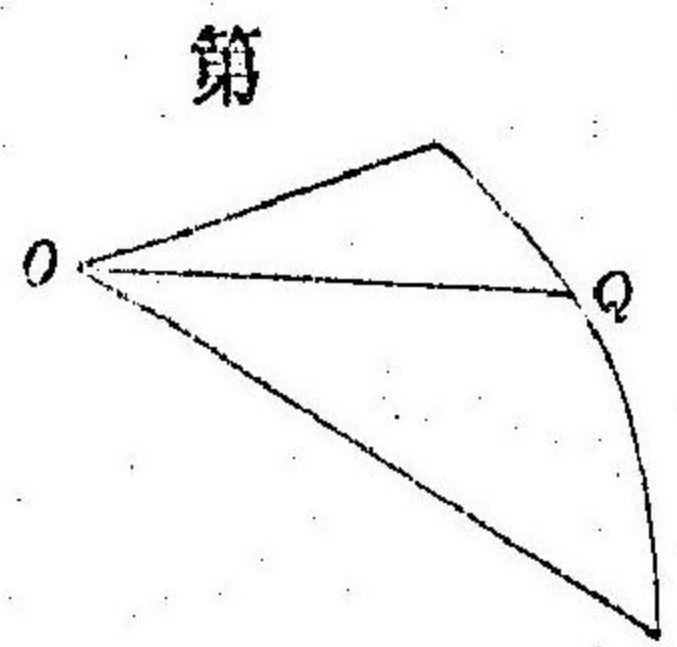
ハミルトン<sup>ハ</sup>遊星ノ大陽ヲ廻轉スル片ハ其「ホドグラフ」ハ  
 常ニ圓ナル<sup>ト</sup>ヲ證明セリ且此「ホドグラフ」ニハ數多ノ面白  
 キ性質有リ例ヘバ或ル一定ノ時間中遊星ノ大陽ヨリ受ク  
 ル光及熱ノ量ハ此時間ノ始メト終リニ對スル二點ノ間ニ  
 在ル弧<sup>「ホドグラフ」</sup>ノ長サニ比例スル等ノ如シ  
 「ホドグラフ」ノ大用ハ吾輩由リテ以テ速度ノ變化ノ割合ノ  
 判然タル思想ヲ得ルニ在リ此變化ノ割合ヲ稱シテ加速<sup>度</sup>  
 (acceleration)ト云フ加速度ハ必シモ速度ノ増加ニハ非ラザル  
 ナリ數學者ハ此ニモ亦總テ斯ノ如キ場合ニ行フ所ノ契約  
 ヲ用<sup>キ</sup>テ速度ノ増加ハ之ヲ正號<sup>「正號」</sup>ノ加速度其減少ヲ負號<sup>「負號」</sup>ノ



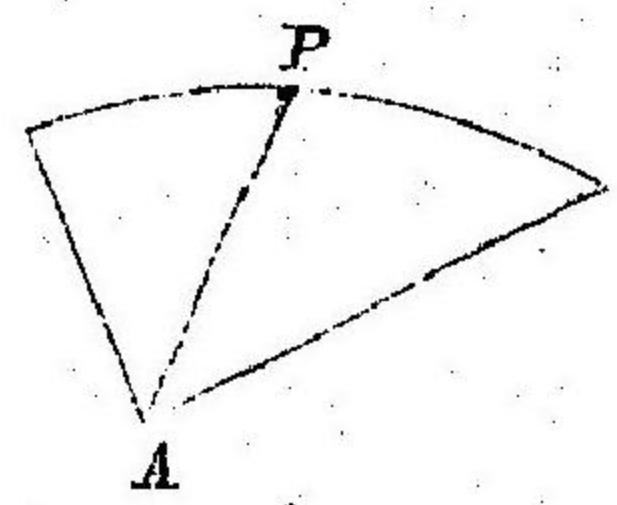
加速度トス斯克増減共ニ同一ノ名ヲ付スルハ最初ハ甚ダ紛ラハシケレト之ニ慣ル、片ハ決シテ混雜ヲ生セズ却テ大ニ吾輩ノ力ヲ増スモノナリ○速度ハ其方向變ゼズシテ大<sup>サ</sup>ノミ變ズル<sup>ト</sup>有リ之ヲ言ヒ換レバ自己ニ平行ナル速度ヲ加ヘテ變ズル<sup>ト</sup>有リ然ル片ハ加速度ハ運動ノ方向ニアリト云フ<sup>又</sup>其大<sup>サ</sup>變ゼズシテ方向ノミ變ズル<sup>ト</sup>有リ此場合ニ於テハ<sup>ホド</sup>グラフ<sup>ハ</sup>圓ナリ前章ヲ見ヨ速度ハ常ニ自己ニ直角ナル速度ヲ加ヘテ變ズルナリ何トナレバ圓ノ切線ハ切點ヘ引ケル半徑ニ直角ナレバナリ第四編第拾四節ヲ見ヨ然ル片ハ加速度ハ運動ノ方向ニ直角ナリト云フ<sup>然レ</sup>氏概シテ云ヘバ速度ハ其大<sup>サ</sup>方向共ニ變ズルモノニシテ加速度ハ運動ノ方

向ニモアラズ又之ニ直角ニモアラズ其間ノ方向ニアルナリ

速度ヲ表ハス直線ノ端ハ<sup>ホド</sup>グラフ<sup>上</sup>ヲ運動ス此運動ハ



第



百

「<sup>ホド</sup>グラフ<sup>ノ</sup>極ヨリ其周マデ引ケル歩ヲ以テ位置ヲ示ス點ノ運動ナリ而シテ此歩ハ原曲線ニ於テ<sup>P</sup>點<sup>(第百圖)</sup>ノ速度ヲ表ハス何トナレバ<sup>ホド</sup>グラフ<sup>ノ</sup>極<sup>O</sup>ヨリ其周ノ一點<sup>Q</sup>ヘ引ケル一動徑<sup>OQ</sup>ハ其大<sup>サ</sup>方向共ニ<sup>P</sup>ノ速度ヲ表ハス様ニ畫キタルモノナレバナリ而シテ<sup>P</sup>ノ速度トハ一定點<sup>A</sup>ヨリ<sup>P</sup>ニ至ル歩ノ變化ノ割合ナル<sup>ト</sup>ハ前ニ説明シタリ然レバ同理ニ由リテ



(一定點 $O$ ヨリノ歩 $OQ$ ハ $Q$ ノ位置ヲ示スモノナレバ歩 $OQ$ ノ變化ノ割合ハ即 $Q$ ノ速度ナリ然ルニ此歩 $OQ$ ハ $P$ ノ速度ヲ表ハスモノナレバ $Q$ ノ「ホドグラフ」上ヲ運動スル速度ハ $P$ ノ速度ノ變化ノ割合ナリ即 $P$ ノ運動ノ加速度ナリ斯ク $P$ ノ加速度ハ $Q$ ノ速度ニシテ速度ハ「ヴェクトル」量ナレバ加速度モ亦「ヴェクトル」量ナルト之ニ由リテ明ナリ

動點ノ速度ノ大方向ヲ變ズルニハ吾輩ハ恰モ之ニ或ル割合ニ或ル速度ヲ注ギ込ムモノト見做シテ可ナリ例ヘバ斜ニ投ゲ上ゲタル石ノ行道ハ拋物線ナリ運動ハ最初斜ニ上ノ方ヘ向キタルカ此方向漸次ニ廻リテ水平トナリ夫ヨリ又次第ニ下向キトナル此間實際ニ垂直ニ下向ノ速度ヲ平

等ノ割合ニ絶ヘズ加ヘテ以テ右ノ結果ヲ生ジタルナリ即每秒原速度ト一秒ニ三十二尺餘ノ垂直下ノ速度トヲ合スルナリ此場合ニ於テハ加速度即石ノ速度ノ每秒ニ變ズル割合ハ不變ニシテ垂直下ニ每秒三十二尺餘ナリトス

又絲ノ一端ニ或ル體ヲ結ヒ付ケ其他端ヲ手ニ持テ廻ハス片ハ吾輩ハ絶ヘズ手ニ持タル端ノ方ニ向キタル速度ヲ此體ニ注ギ込ムナリ而シテ廻ハサル、體ノ速度ハ常ニ絲ニ直角ナレバ加フル速度ハ常ニ體ノ速度ニ直角ナリ之ト同シク遊星太陽ヲ廻轉スル時ハ絶ヘズ太陽ノ方ニ向キタル速度ヲ遊星ニ注ギ込ムナリ即加速度ハ常ニ遊星ト太陽ヲ結付ケル直線ノ方向ニアリト云フ而シテ其量ハ太陽ヨリ



ノ距離ノ二乗ノ反數ニ比例ス

### 第拾節 運動ノ定則

以上諸例ヲ掲ゲテ説明シタレバ吾輩ハ運動ノ定則ヲ解スルニ足ル準備ヲ得タリ此定則ハ物理學上精密論究ノ基本ナリ○此ニ一ツノ體ノ運動スル有リ吾輩ハ其情況ニ依ルモノハ何ナルヤヲ討究セントス此ニ「情況」ト云フハ各瞬間時ニ於テ體ノ有様(其運動ニ關ラザル)ハ勿論他體ノ之ニ對スル各瞬間時ノ位置ヲ指スナリ吾輩或ハ思フ可シ體ノ速度コソ即其情況ニ依ルモノナレト然レモ少シク考フレバ其決シテ然ラズ同一ノ情況ニ在リテ體ノ速度ハ全ク異ナレルト有ルヲ見ル可キナリ例ヘバ一體地面上ヨリ或ル高ニ

在リト云フノミニテハ其上ノ方ヘ動クカ或ハ下ノ方カ或ハ水平カ或ハ斜ニ動クカ又其速ハ何程ナルカハ決シテ定マラザルナリ其速度ヲ何トスルモ決シテ天然ニ反スルトナシ然レモ其此位置ニ於テノ速度ハ何如ナルモ其速度ノ變化ノ割合ハ必ズ同一ナリ即一秒毎ニ每秒三十二尺餘ノ垂直下速度ヲ加フ又氷ノ上ニ橇ヲ推ス片ハ情況トハ手ヲ橇ニ壓シ付ケル筋ノ收縮等ナリ今橇ノ動ク割合即其速度ハ單ニ之ニ依ルモノナラズ同一ノ推シ方ニテ或ハ今將ニ橇ヲ發セントシ或ハ之ヲ速メ或ハ之ヲ同速度ニ保ツト有ルナラン

然ラバ此ニ情況ニ依ルモノハ何ソヤ橇ハ右三ツノ内何レナ



リトスルモ或ハ其他何ナリトスルモ此推シ方ノ結果ハ槓  
 ノ運動ノ變化ノ割合ヲ變ズルトニシテ其變化ノ割合ハ推  
 シ方ノ度ニ從テ變ズ故ニ情況ニ依ルモノハ速度ノ變化ノ  
 割合即加速度ナリ而シテ情況トハ筋ノ收縮ト氷ノ摩擦空  
 氣ノ抵抗等ナリ甲ハ速度ヲ増シ乙ハ速度ヲ減ズルモノナリ  
 本節ノ始ニ言ヒタル運動ノ定則ハ即左ノ如シ  
 體ノ加速度即其速度ノ變化ノ割合ハ各瞬間時ニ於テ之ヲ  
 圍繞セル諸體ノ之ニ對スル位置ニ依ル其運動ノ割合ニ依  
 ラズ

此關係ニ二様有リ一ハ手ヲ以テ槓ヲ推ス片ノ如ク速度ノ  
 變化ノ割合ハ接觸セル二體ノ壓縮ノ度ニ由ル一ハ太陽ノ  
 遊星ニ於ケル如ク加速度距リタル體ノ互ニ相對スル位置  
 ニ依ル

一體ヲ圍繞スル各情況ハ其體ニ何如ナル加速度ヲ生ズル  
 ヤハ試験ニ由リテ之ヲ發見セザル可カラズ而シテ吾輩ハ  
 經驗ニ由リテ一ノ概則ヲ知り得タリ之ニ資リテ以テ大ニ  
 各情況ニ於テ加速度ヲ定ムルニ必要ナル試験ヲ簡短ニス  
 ルヲ得此概則ハ左ノ如シ甲體ノ<sup>他</sup>運動ニ<sup>他</sup>現在スレバ一體  
 即動ノ運動ニ若干ノ加速度ヲ生ジ乙體ノ<sup>他</sup>現在スレバ同  
 體ノ運動ニ若干ノ加速度ヲ生ズ然ル片ハ甲乙二體共ニ現  
 在スレバ各自ノ同體ニ生ズル加速度ハ他ノ現在スル爲ニ  
 變ゼズ動體ノ全加速度ハ甲乙二體各自己ノミニテ生ズル



加速度ヲ加ヘタルモノナリ加速度ハ方向定マレル量ナレバ吾輩ハ前編第三節ニ説キタル「ヴェクトル」ノ加法ニ從テ二加速度ヲ加ヘ以テ甲乙二體共ニ現在スル時ノ加速度ヲ得右ノ定則ハ異ナルハ、情況ニ在リテ同體ノ運動ノ考究ヲ單易ニスレト又同情況ニ在リテ異體ノ運動ニ係ル定則無カル可カラズ吾輩ハ經驗ニ由リテ左ノ第三定則ヲ知り得タリ

任意ノ二體互ニ相感應シ各體ニ生ズル加速度ノ比ハ其感應ノ物理學的ノ特質ニハ更ニ關セザル一ノ常數ナリ之ヲ言換レバ二體ノ互ニ相感應スル方法ハ何如ナルモ即相接觸スル爲ニ起ルカ或ハ絲ヲ以テ結ヒ付ケタル爲メナルカ

或ハ距リテモ尙互ノ速度ヲ變ズル作用有ルカ等ニ關ラズ之ガ爲ニ生ズル各體ノ加速度ハ常ニ同一ナリ

第拾壹節 質量及力

今右定則ヲ應用スル方法ヲ説カン此ニ二體 $P$ 、 $Q$ 有リ $P$ ヲ標準體トス $P$ 、 $Q$ ノ互ニ相感應スル最簡單ナル情況ニ於テ生ズル加速度ノ比ヲ試験ニ由リテ測リ之ヲ $m$ ナリトセン $m$ ハ標準體 $P$ ノ加速度由 $Q$ 體ノ感應ニ由リテ生ズルト $Q$ 體ノ加速度由 $P$ 體ノ感應ニ由リテ生ズルト比ナリ此量 $m$ ヲ $Q$ 體ノ質量(Mass)ト名ク $m'$ ヲ同様 $P$ 體ト $R$ 體ト互ニ相感應シテ生ズル加速度ノ比トス右ニ述ベタル定則ハ相互ノ感應ノ情況異ナルモ $P$ ト $Q$ ト又 $P$ ト $R$ トノ加速度ノ比即 $m$ 及 $m'$ ハ決シテ變ゼザルヲ明言



ス然レ $Q$ ト $R$ ト相感應シテ生ズル加速度ノ比ニ付テハ此定則ヨリ何事モ推知スル能ハズ而シテ此ニモ亦吾輩ノ經驗ニ由リテ知り得タル一定則有リ曰ク $Q$ ト $R$ ト相感應スレバ $Q$ ノ加速度ト $R$ ノ加速度トノ比ハ $m$ ト $m'$ ノ比ノ反比ナリ今標準體ノ質量ヲ單位(1)トスレバ之ヲ略シテ相互ノ加速度ノ比ハ質量ノ反比ナリト云フヲ得故ニ二體ノ質量ヲ確定シタル以上ハ某情況ノ甲體ニ生ズル結果ヲ知レバ同情況ノ乙體ニ生ズル結果ヲ測知スルヲ得吾輩ハ質量ヲ加速度ノ比ト定義セリ即試驗ヲ行フテ任意ノ二體ニ付テ測定ス可キ常數ナリトセリ疎密無キ同物質ノ二體ノ質量ハ其體積ニ比例ス質量ト體積ト此關係有ル

ヨリシテ大ニ曖昧ヲ生ゼリ實質物ト稱スル一種何トモ解ラザルモノヲ想像シ來リ其實質物「スペース」ノ一部分ヲ充タシテ體ヲ爲シ體ノ質量トハ其内ニ在ル實質物ノ量ナリト定義ス又力ト稱スル一思想ヲ提出シ之ヲ何如ナル様ニテカ實質物ニ固着セルモノト假定ス而シテ $P$ 體ノ $Q$ 體ニ行フ力ハ $Q$ ノ質量 $m$ ト $P$ ノ現在スル爲メニ $Q$ ニ生ズル加速度ト比例セル一量ナリトス讀者必ズ明ニ見ラル、ナラシ<sup>ン</sup>實質物ノ思想ヲ以テ毫モ何故ニ相互ニ生ズル加速度ノ比ハ其質量ノ反比ナルヤヲ説明スル能ハズ力ノ思想ヲ提出スルモ何故ニ $P$ ノ現在スル爲ニ $Q$ ノ速度ヲ變ズルノ傾向有ルヤノ理由ヲ毫モ明ニスルト無シ吾輩通例實質物及



力ノ二語ヲ運動ノ考究ノ基本トスルノ習慣ハ嘗ニ數學上ノミナラズ哲學上ノ推理ヲ大ニ矇昧ニシタリ吾輩ハ何故ニ一體ノ現在スル爲ニ他體ノ速度ヲ變ズルノ傾向有ルヤヲ知ラザルナリ是乙體ノ實質物上ニ作用スル力ノ甲體ニ固有セルニ由ルナリト云フハ之ヲ説明セルニ非ラズ吾輩ノ無知ヲ隱蔽スルナリ吾輩ノ確知スル所ハ一體ノ現在スル<sub>1</sub>ハ他體ノ速度ヲ變ゼントスルノ傾向有リ若シ之ヲ變ズル片ハ其變化ハ試験ニ由リテ測知ス可ク必ズ前述ノ定則ニ遵フノ事實ノミ

簡單ナル情況ノ簡單ナル體ニ及ボス結果ヲ觀察シ夫ヨリ運動ノ定則ニ從テ複雑ナル情況ノ複雑ナル體或ハ數體ノ

系統ニ及ボス結果ヲ推測スルハ精密學科ノ一ニシテ之ヲ

應用數學ト稱ス

アソフゾイド、マセム、チンクス

### 數理釋義畢



明治十九年十一月十五日版權免許  
明治廿一年十二月一日再版印刷并出版

定價金壹圓八拾錢

著作者

東京府平民

菊池大麓

府下日本橋區蠣殼町  
三丁目十一番地

兵庫縣土族

長尾景弼

芝區三田壹丁目三拾  
六番地寄留

印刷兼  
發行者

東京銀座四丁目

博聞本社

大坂備後町四丁目

全分社

千葉縣下千葉町

全分社

埼玉縣下浦和驛

全分社

福岡縣下博多中島町

全分社

版權  
所有

發行所



明治十九年十一月十五日版權免許  
明治廿一年十二月一日再版印刷并出版

定價金壹圓八拾錢

著作者

東京府平民

菊池大麓

府下日本橋區蠣殼町  
三丁目十一番地

兵庫縣土族

印刷兼  
發行者

長尾景弼

芝區三田壹丁目三拾  
六番地寄留

東京銀座四丁目

博聞本社

大坂備後町四丁目

全分社

千葉縣下千葉町

全分社

埼玉縣下浦和驛

全分社

福岡縣下博多中島町

全分社

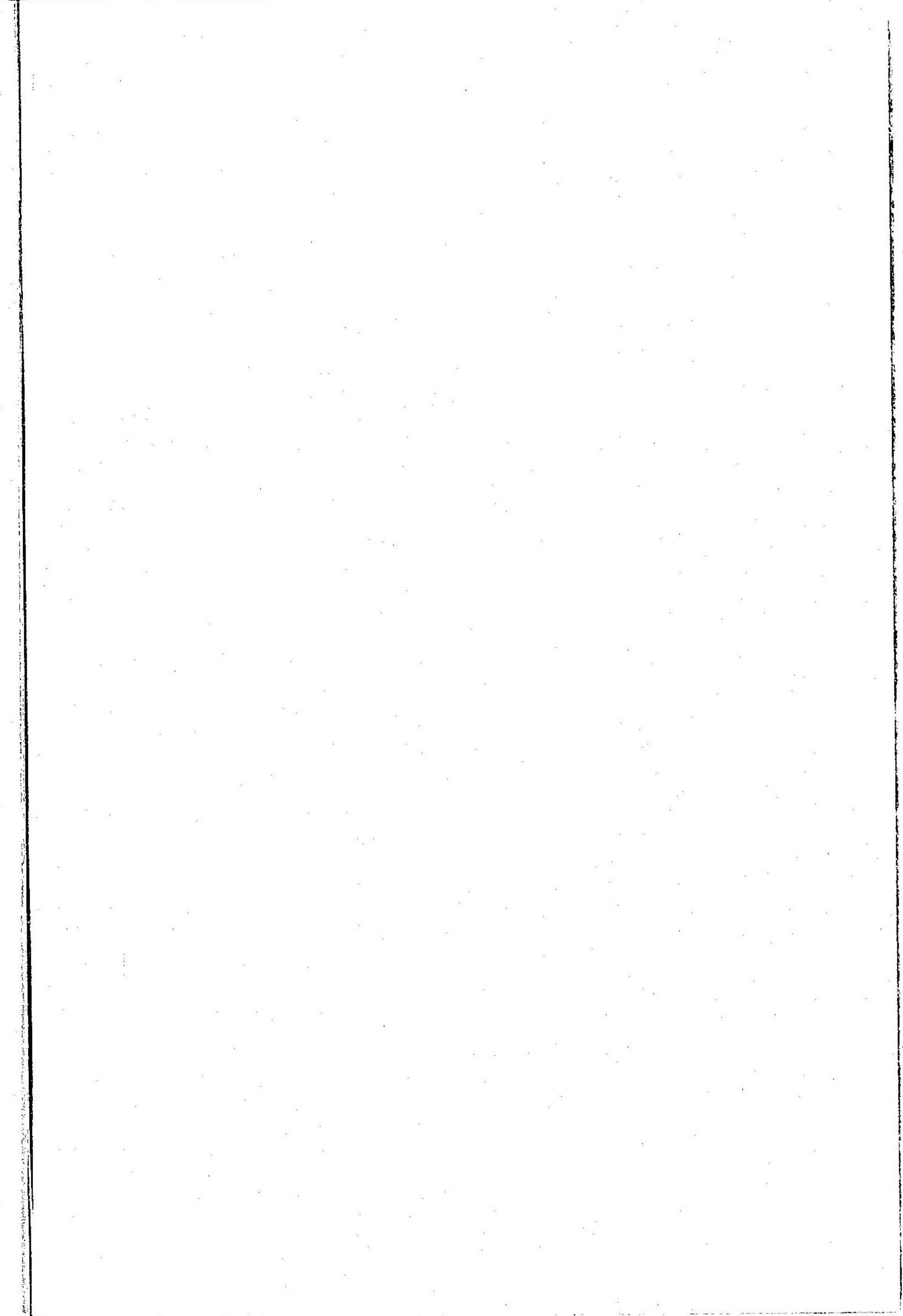
版權  
所有

發行所

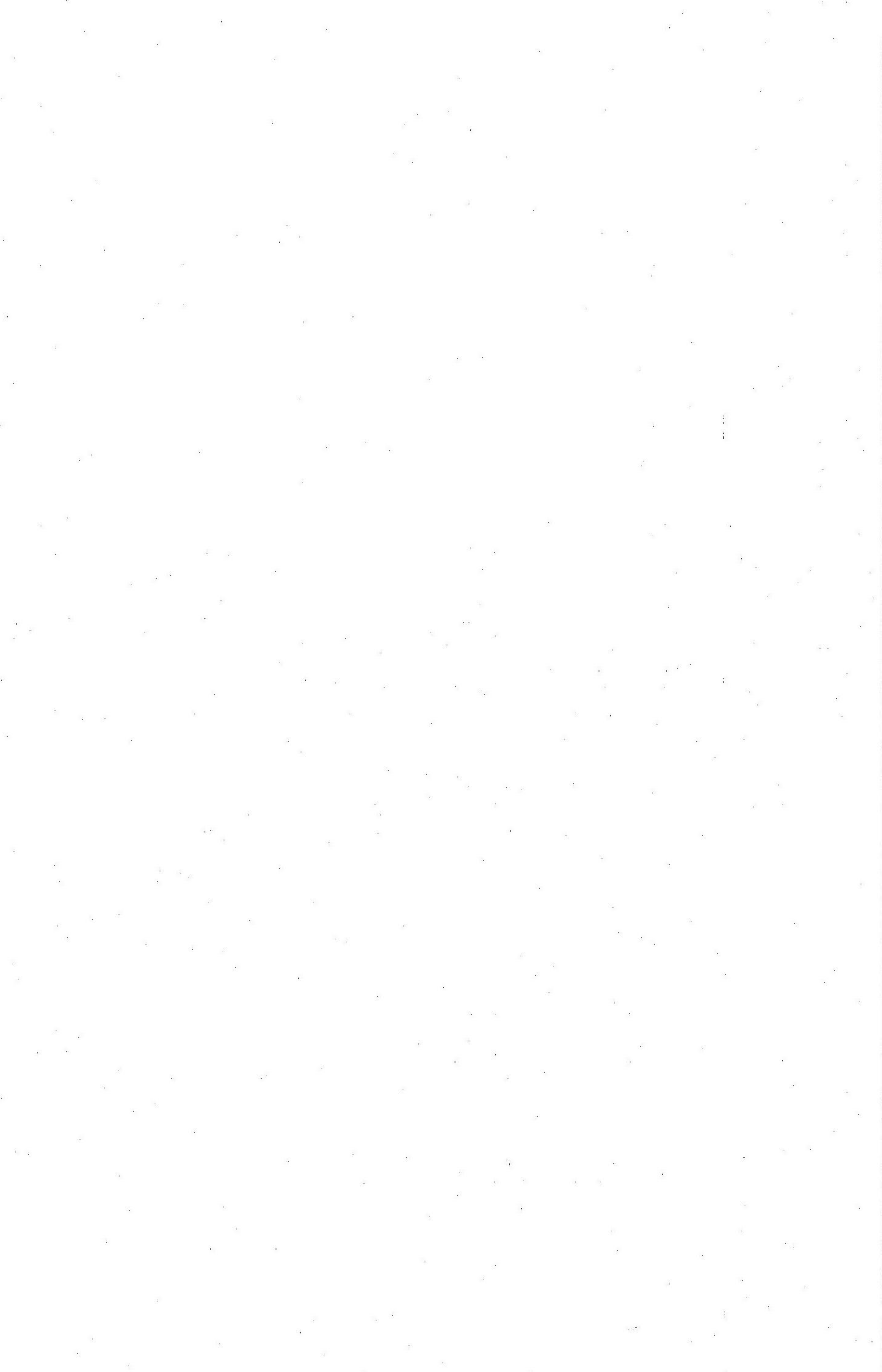
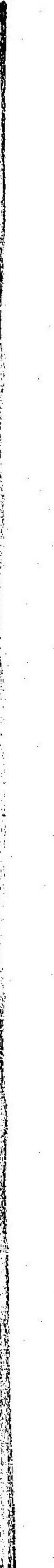
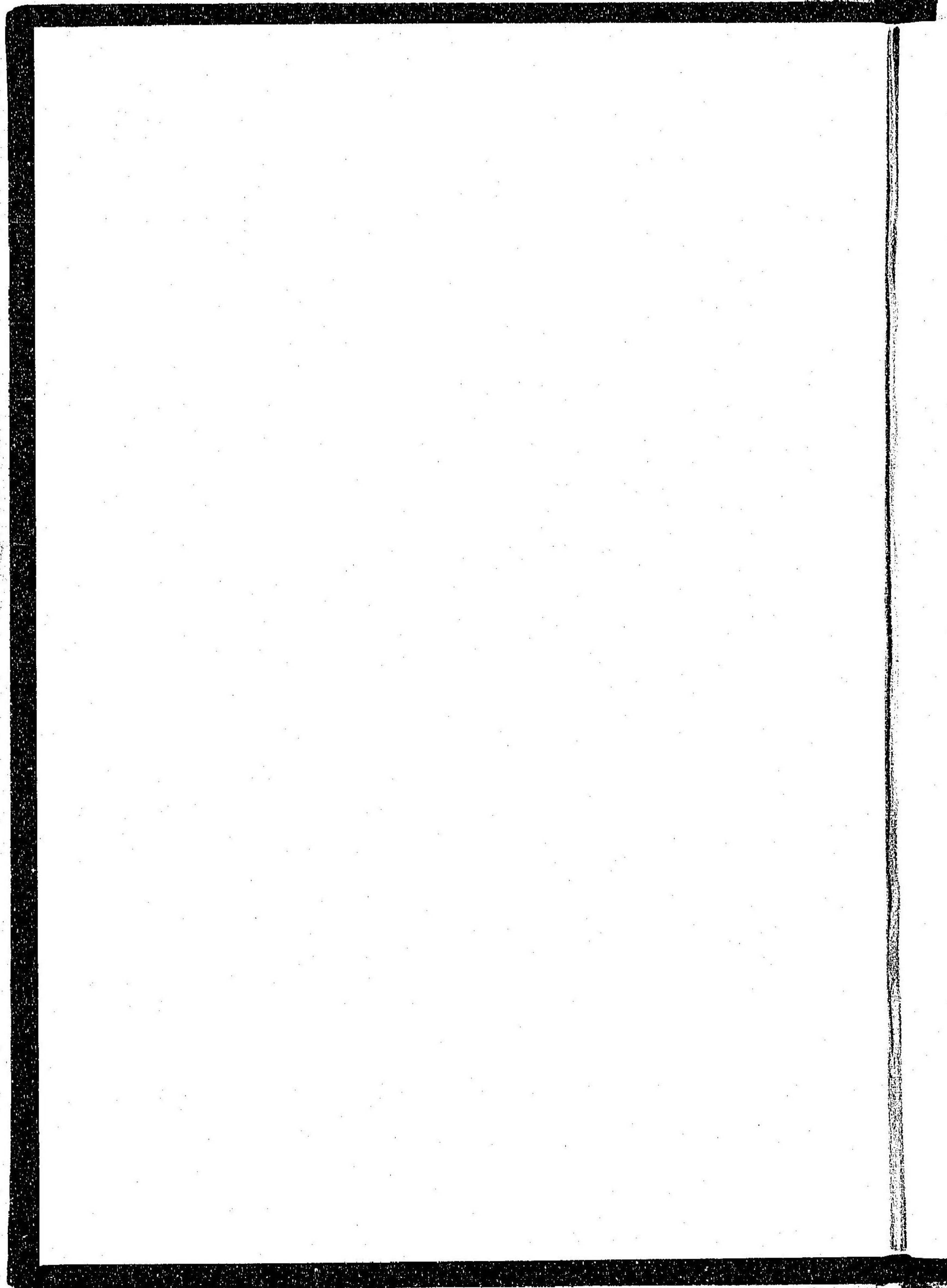


大 販 賣 所	
尾州名古屋本町	片野東四郎
駿州静岡江川町	廣瀬文林堂
信州長野町	西澤喜太郎
福島縣福島	石川支店
陸前仙臺大町	木村文助
函館末廣町	魁文社
越後長岡	目黒十郎
加州金澤	牧野一平
伊豫松山湊町	土肥與平
備前岡山	森禎藏
藝州廣島大手通一丁目	早速社
肥後熊本	長崎次郎
陸州鹿兒島六日町	吉田幸兵衛
通中町	
大 販 賣 所	
東京日本橋通三丁目	丸善書
東京南傳馬町壹丁目	近西屋
東京神田表神保町	中屋
東京神田南神保町	須原鐵
東京神田錦町三丁目	時習社
東京神田小川町	明成社
東京東洞院三條上ル	集上兵衛
西京東洞院三條上ル	村吉兵衛
西京河原町通	東枝吉兵衛
西京寺町通五條上ル	飯田信文
大坂本町四丁目	岡島真
大坂心齋橋通二丁目	松村九兵衛
大坂備後町四丁目	吉岡平
大坂新通四丁目	九野常
肥前長崎引地町	鶴野常
越後新潟古町通二番町	井筒源助
濃州岐阜	三浦源
紀州和歌山北町	津田源兵衛
越前福井照手上町	岡崎左喜
備前岡山	細喜右衛門
雲州松江本町	園喜三郎
因州島取火ノ見下	前島榮次郎
阿州徳島	阪井萬吉
陸奥弘前土手町	野崎九兵衛

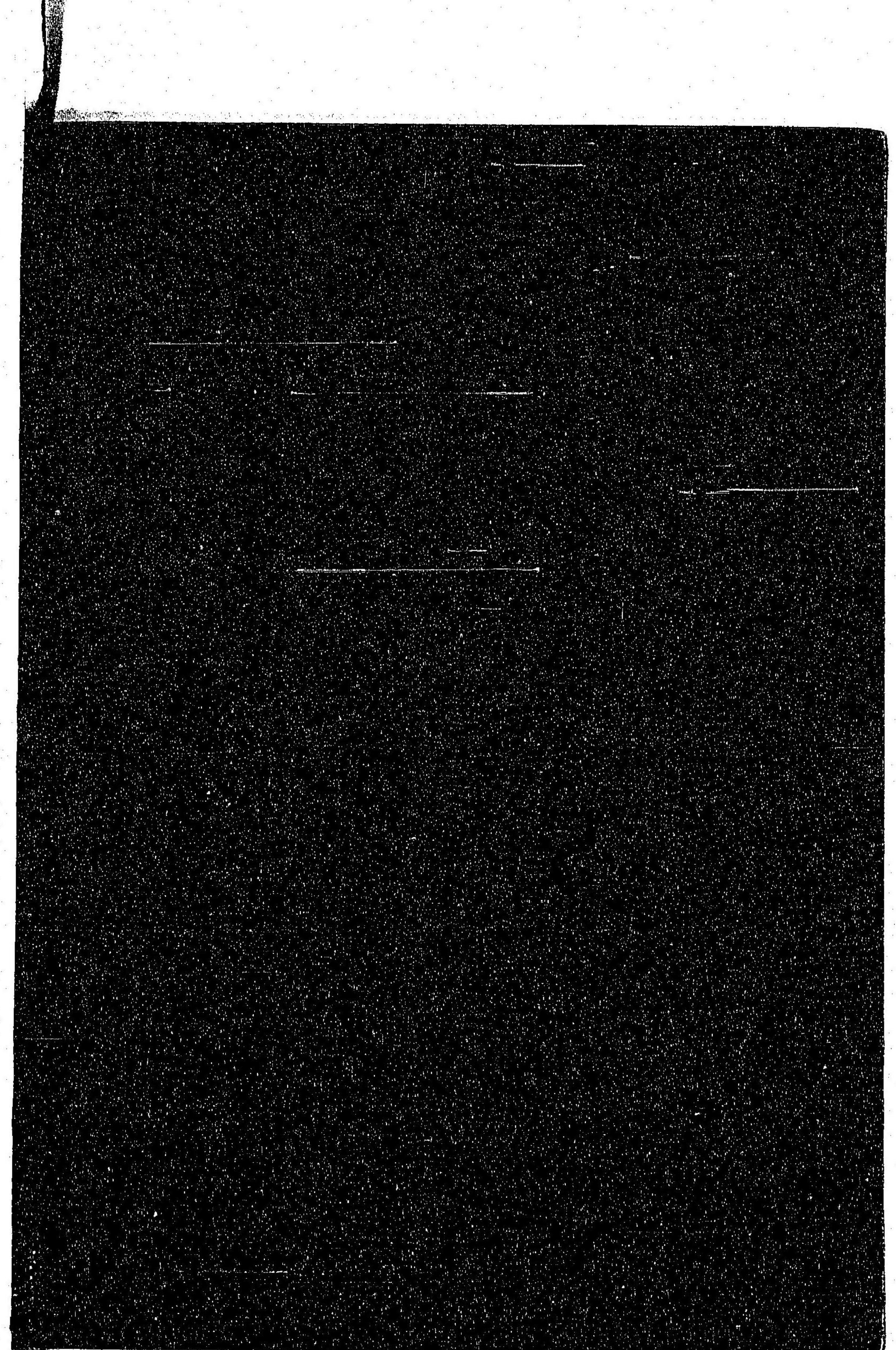














37

22

053191-000-8

37-22

数理積義

ウィリアム・クリッフォード/著

M21

CAB-0373





