

波木居芳太郎纂譯

富國
金書
機
株
學

版權所有

嵩山堂出版

國家富強ノ策ヲ講シ百年ノ大計ヲ畫スルモノ
前後頗ル多ク縷々滔々亦タ餘蘊ナシ然レドモ
彼等ノ稱道スル所多クハ千篇一律ニシテ詮シ
來レバ殖産工業ノ一途ニ出ヅ實ニ此語ヤ今日
ノ套語ナリト謂フベシ
余輩敢テ此說ニ異議ヲ挾ムモノニ非ズ否ナ之
ヲ助長シテ益々擴張セント務ムルモノナリ然
レドモ彼等ト其趣ヲ異ニス試ニ彼等ノ說ク所
ヲ聞クニ皆多クハ浮華ノ空談ニシテ徒ニ文字
ヲ臚列スルニ過ギズ絶ヘテ一人ノ進ンデ其方

式ヲ示スモノナシ譬ヘバ佛ヲ作りテ精ヲ入レ
ザルニ似タリ何ソゾ國家ニ益アラシヤ
思フニ工業ヲ興シ是ヲ發達セシムルニハ蓋シ
素ナカル可カラズ單ニ工業ト稱スルモ其範圍
極メテ廣シ余輩ハ特ニ機械術ニ於テ其進步發
達ヲ希望シテ已マズ何トナレバ其懸ル所頗ル
重ク其一盛一衰ハ以テ工業ノ全斑ニ影響スレ
バ也サレバ斯道ヲ盛シナラシムルハ適マ以テ
工業ヲ發達セシムルノ所以ナリ業已ニ工業ノ
振起勃興シテ而シテ國家ノ富強タラザラント欲

スルモ能ハザルナリ我邦素ヨリ機械ノ術ニ精
ナラズ今ノ計ヲ爲ス須ヲク一般ノ概念ヲ作ル
ニアリ此目的ヲ達スルニハ著書ニ如クモノナ
シ近來書籍ノ梓ニ上ルモノ實ニ百千ノ牛ニ汗
セシムルモ猶足ラズ千古無比ト稱スベシ然レ
ドモ此種ノ著書ニ至リテハ寥々トシテ晨星ノ
如シ大ナル缺点ニ非ラズヤ友人波木居芳太郎
君茲ニ見ル所アリ頃日機械學ヲ著ハシ來リテ
余ニ示シ且ツ卷首ニ題センコトヲ乞フ余請テ
之ヲ見レバ機械學ノ原理ヲ叙シ傍ラ其應用ニ

及ブ未ダ遽ニ完全ナリト稱シ難ケレドモ繁簡
其宜シキヲ得稍余が先キニ云ヘル缺点ヲ補フ
モノニ近シ乃チ余が平素ノ所感ヲ記シ以テ序
ニ更フルコト爾リ

明治二十六年ノ夏

南部芳樹

緒言

- 一 本書ハ英人グーデーヴノ著ス所機械學初歩ニ據リ傍
ラポール、マグナス等ノ著書ヲ參考シテ補綴纂譯シタ
ルモノナリ
- 一 本書ニ用フル譯字ハ專ラ先輩ノ使用スルモノヲ採レ
リト雖モ間一定セザルモノハ原語ヲ存セリ且ツ工場
等ニ於テ譯語ヨリモ原語ニテ知ラレタルモノアリ是
等ノ如キ強テ艱澁ナル語ヲ附セズ
- 一 度量等ノ單位ハ英法ヲ採用セリ是レ實地ニ於テ便利
ナレバナリ

明治二十六年八月

譯者識

富國全書 機械學目次

第一章 總論

固体ト液体 物体ハ原子ヨリ成立ス 物質ノ性質
多孔性 彈性 模性 硬性 定義 重心 速度ノ

測定 曲線及ビ「コ」オルヂ子「ト」 圖解法 力及
ビ速度ノ分解 運動ノ定則……………一頁

第二章 力ノ平行方形

力ノ平行方形 力ノ三角形 力ノ多角形 三平均
力ノ一致……………四六頁

第三章 槓杆 平行力 偶力

槓杆ノ理 力ノ能率 各種ノ槓杆 曲杆 數力ノ

能率 平行力 偶力 平行力ノ合成力 平行力ノ中心……………五九頁

第四章 重心

重心下降ノ傾向 水平面ニ於ケル物体ノ平均 固定及ビ不定平均 例題……………七九頁

第五章 運動ノ變換

圓形運動ノ性質 弦運動 角速ノ測定 圓形運動ノ傳送 齒車 調車 滑車……………八九頁

第六章 働作ノ理 摩擦

働作ノ測定 同原理 摩擦ノ法則 摩擦ノ角度 抵抗ノ角度……………一〇七頁

第七章 單一器械

輪軸 滑車ノ用法 齒車 斜而 螺旋 螺旋壓縮器……………一二四頁

第八章 物体墜落ノ定則 勢力 圓ノ運動 振子

漸加速 物体墜落ノ定則 例題 勢力 「フライ、ホイール」 圓ノ運動 單一振子 復性振子 振動、懸垂ノ中心 振子ノ實驗……………一四二頁

第九章 機械ノ構成

曲柄ト連接杆 「エスケイアメント」 「アンコル」 「ラッチェット、ホイール」 車ノ聯絡 秤量 天秤 天秤ノ感度……………一七四頁

第十章 眞正ノ表面 材料 「レース」

平而板 扯斷力 彈性ノ際限 鑄鐵 鍛鐵 銅鐵

銅 横耐力「レース」……………一九一頁

第十一章 機械トシテノ液体ト氣體

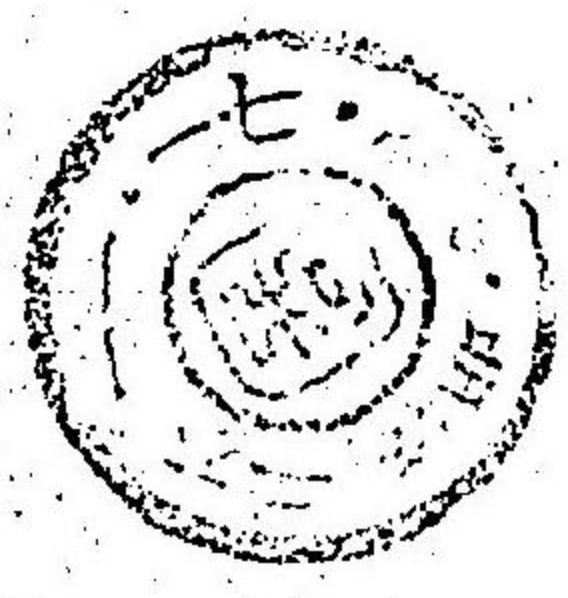
流動体ノ壓力 壓力ノ傳達 定義 アルキミデー

ス氏定則 比重 比重計ト比重瓶 晴雨計 ボイ

ル氏定則 氣壓計 唧筒……………二一五頁

富國機械學目次終

富國機械學



波木居芳太郎 纂譯



第一章 總論

線面及ピ立体ノ性質ヲ論究シ以テ空間ノ理想ヲ明カナラ

シムルハ幾何學者ノ責任ニ属ス己ニ此一事ノ判然タラバ

吾人ハ云ハントス物質ハ空間ノ一部ヲ占ムル所ノモノニ

シテ五倍以テ之ヲ覺知シ得可キモノナリト

定義力ハ物質ノ任意ノ部分ヲ動かシ或ハ動かサント

スルノ原因ナリ

凡ソカノ宇宙間ニ存セルコトヲ會得スルニハ此力ノ働カ

ント欲スル物ノ存在セルコトヲ察セザル可カラズ此ニ於

テ吾人ハ物質ヲ以テ唯ニ感覺ヲ以テ知り得可キ而已ナラズ亦タ力ノ爲ニ働カサレ或ハ力ヲ働カシムルモノナリト考定ス而シテ物質ト力ハ二者共ニ成立シ物質ノ運動ヲ以テ直ニ力ナリトシ尙ホ物質ヲ以テ力ノ貯藏所ナリト認ルナリ

力ハ物体ヲ動かシム然レ共又同時ニ是ニ逆ツテ止メタトスルノ傾向ヲ有ス俗ニ此力ヲ壓力ト云フ

機械學ニテハ科學ノ他ノ部門ニ於ケルガ如ク確乎タル一ノ事實ヲ觀察シ之ヲ腦裡ニ銘シ而シテ後チ此事實ノ集合ヲ研究シ之ヲ自然ノ法則ニ適合セント企圖セルノ人ヲ生ズ例セバ天文學ニ於ケルガレリオノ如ク電氣學ニ於ケルアムペールノ如シ此法則ノ一度ビ公布セラル、ヤ其位置

ハ終世滅セザル而已ナラズ且ツ將來發生ノ嚮導ト成リ恩惠ト成リ年々歳々新奇ニシテ有益ナル應用陸續トシテ發見セラルベシ其人ヲ誰トカ爲ス曰クニユートンはナリ其法則ヲ何トカ爲ス曰ク宇宙引力ノ法則是ナリ

物質ノ分子ハ他ノ分子ヲ各自己ノ許ニ吸引セントスルノ性ヲ有ス而シテ分子ノ引力ハ距離ヲ表スル數ノ自乘ニ反比例ヲ爲シテ減ズルモノナリ斯ノ如キ引力ハ物質固有ノモノニシテ何人ト雖モ之ヲ加減スルコト能ハザルモノナリ

微細ノ物体ニ存スル引力ハ覺知シ得ザル程薄弱ニシテ其物体即チ分子ニ存在ス例ヘバ砂糖ノ二塊ヲ取り之ヲ机上ニ置キ兩者ヲシテ接觸セシムルモ相吸引スルコトナシ引力ハ其中心ヨリ發スルガ故ニ斯ノ如キ場合ニ於テハ各

中心間ノ距離遠キヲ以テ至ツテ薄弱ナルモノナリ然レ共
 若シ此砂糖ヲ粉碎スレバ引力ノ中心甚ダ近接スルガ故ニ
 其力稍強ク容易ニ小刀ヲ以テ城壁ヲ作り或ハ堤防ヲ構造
 シ得ベシ此例ハ鉛ノ如キモノニテモ明白ナリ例ヘバ鉛ノ
 彈丸二個ヲ取り銳利ナル庖刀ヲ以テ薄ク兩者ヲ削リ其削
 リタル面ヲ合シテ強ク之ヲ壓スレバ忽チ粘着スルモノナ
 リ
 物質ハ三個ノ形狀ヲ爲シテ成立ス即チ固体、液体及ヒ氣體
 トス
 固体ヲ釋スルニハ太ダ困難ナリ何ントナレバ單ニ例證ニ
 供ス可キモノ無ケレバナリ鉛ノ彈丸、鋼鐵ノ彈丸、若クハ護
 謨玉等皆固体タルニ害ナシ然レ共三者何レモ等シカラズ

然ラバ水ノ如キ普通ノ液体ト此等ノ三者ノ區畫セラル、
 所以ハ何ゾヤ
 今此疑問ニ答ヘンガ爲メ是等ノ各チ壓搾器ニテ挾ミ之ヲ
 壓縮スレバ鉛ハ少シク収縮スレドモ暫時ニシテ堪ヘ鋼鐵
 ハ全ク収縮セズ護謨玉ハ忽チ形狀ヲ失ヒ板ノ如クニ膨脹
 シ外部ノ補助ナシト雖モ能ク壓力ニ當リテ其身ヲ處シ之
 ニ堪ユルコトヲ見ルナルベシ
 是ニ由テ之ヲ觀レバ固体ヲ區別スル最良ノ方便ハ或度ニ
 於テ其形狀ノ變換如何ニ依ル故ニ左ノ定義ヲ得ベシ
 定義 横ノ壓力ニ依ラズ縦ノ壓力ニ堪ユル所ノ物体ヲ
 固体ト稱ス
 鐵ノ棒ハ固体ニシテ其頂上ニ置ケル巨大ノ壓力ニ耐ユル

モノナリ再言スレバ其長サノ方向即チ縦ノ壓力ニ對シ横ヨリ支フルモノ無クシテ能ク抵抗スルモノナリ鐵ノ能ク建築ニ用ヒラル、ノ所以ハ全ク此性質ニ由ルモノトス若シ水ノ如キ液体ヲ桶ニ注グナラバ忽チ底ニ至リ夫ガ上ニ於ケル空氣ト判然タル表面ニテ分離ス此表面ハ所謂水平面ナルベシ又液体ハ何レノ方向ニモ自由ニ分カレ且ツ其分子ハ僅小ノ力ニテ動搖ス有色ノ水ノ分子ハ無色ナル水ノ中ニ混合スルコト至ツテ著シク何人タリトモ丹礬液ヲ清水ニ混合スル時ハ悉ク青色ヲ呈スルノ狀ヲ知ラン然レ共吾人ハ青粉及ビ白粉ヲ以テ同一ノ現象ヲ見ルコト能ハザルナリ

次キニ液体ハ各方向ニ於テ横ニ之ヲ支フルモノ非ズンバ

壓力ヲ支持スルノ力無シ是レ固体ト液体ノ分カル、要點ナリトス鐵ハ其一片ヲ取リテ之ヲ壓縮シ得ルト雖モ液体ハ其一部ヲ取リ之ヲ壓縮スルコト能ハズ器ニ盛リタル水ニ些少ノ壓力ヲ傳フレバ忽チ其分子動搖シテ何レノ方向ニテモ感ゼザル處ナシ吾人ハ再ビ章ヲ改メ本題ニ就テ述フル所アラン唯茲ニハ下ノ一事ヲ記シ以テ終ラントス水ハ液体ノ好標本ニシテ其首ナル機械的性質ハ各方向ニ等シク壓力ヲ傳フルニアリ

空氣即チ氣體ノ最モ著明ナル性質ハ限り無ク膨脹セントスルノ一事ナリトス

今密封シタル硝子瓶ヲ取リ全ク真空ト爲シ而シテ後チ少量ノ空氣ヲ注入スレバ忽チ瓶中ニ膨脹シ各方向ニ於ケル

内部ノ面ヲ上下左右前後縦横ニ壓スベシ是レ壓力ニ伴ナ
 フ膨脹ノ力ニシテ氣體ノ特質トス
 液体ト氣體ハ流動体ト云ヘル總名ニテ概括ス
 固体、液体及ビ氣體ハ如何ニシテ作ラレシヤ亦タ之ヲ作り
 得可キモノナルヤ夫ハ下條ヲ讀マバ明カナラン
 ニユートン曰ク神ハ世界ノ創始ニ於テ堅硬ニシテ透徹ス
 ベカラズ且ツ動ク可キ分子ヲ以テ物質ヲ作り種々ノ形状
 ト性質ヲ是ニ附與シタルナラン而シテ其分子ハ堅硬ニシ
 テ是等ヨリ成立セル多孔性ノ物体ニハ比較ス可クモアラ
 ズ且其一部ニテモ磨滅シ若クハ破壊スルコト能ハザルナ
 リト茲ニ固体、液体及ビ氣體ヲ組成セル分子即チ原子ナル
 モノハ皆等シク硬ク緻密ニシテ且ツ透徹スベカラズ而シ

テ實體ニ依リ其性ヲ同ジクセザルノ原因ハ原子ノ結合如
 何ニ由ルモノト考定セラル左レバ金剛石ノ尖點、羽ノ軟毛
 蜘蛛ノ糸、夏ノ和暢ナル空氣ヲ組織スル個々ノ分子ハ皆等
 シク絶對的ニ堅硬ニシテ且ツ透徹スルコト能ハズ神ナラ
 ヌ人間ニテハ到底之ヲ破壊シ又分離スルコト能ハザルモ
 ノトス
 吾人ハ或實體ノ原子ヲ孤立セシムルコト能ハザルガ故ニ
 直ニニユートンノ說ヲ證明スルニ困シム物質ヲ小分スル
 ニハ果タシテ如何ナル度ニマデ達スルカヲ研究スルハ頗
 フル有益ノ事ニシテ化學家博士ミラーハ黃金ノ小分ニ就
 テ左ノ例ヲ與ヘタリ
 一「グレーン」ノ金ハ槌ヲ以テ四十九平方吋ノ面積ニ敷延シ

富 國 全 書

得可シ金箔ノ一平方吋ヲ取り水ヲ注キタル硝子板ニ浮バシメ而シテ水ヲ除去スル時ハ容易ニ附着ス斯クテ後チ之ニ精細ナル無數ノ線ヲ刻シ譬ヘバ一時ニ於テ一萬ノ如キ數ノ線ヲ刻シ更ニ是ト直角ニ同數ノ線ヲ刻スルトキハ一平方吋チ一億片ニ分ツチ得其一チハ明カニ顯微鏡ニテ認メラル、ナリ是ニ由リテ「グレーン」ノ金ハ四十九億ノ小片ニ分ツコトヲ得ルナリ然レ共未ダ以テ完全ノ度ニ達シタリト云フベカラズ鍍金ノ方法ニ依レバ猶ホ一層薄キ金箔ヲ得ラル、ナリ

機 械 學

依リ破壊スルコトヲ得ルガ故ナリ尙進ンデ探究スル時ハ吾人ハ此小球ヨリモ小ナル小虫ノ明カニ存在セルコトヲ認ム實ニ是レ動物ニシテ大ナル動物ニ於ケルガ如ク生命ノ等シキ性質ヲ具備ス

以上ノ例ニ據リテ吾人ハ實際原子ノ存在セルコトヲ認ム而シテ比スベカラザル極微ノモノニシテ如何ナル強勢ノ顯微鏡ト雖モ發見スルコト能ハザルナリ

ニユートンノ考定ハ現時ニ至リテ少シク變セラル氏ガ定メタリシ原子ハ「モレキユール」ト稱シ一定ノ集合ニ於テ組成セラル可キモノナリト考察セラレタリ故ニ水ノ分子ハ唯一ノ見ルベカラザル原子ナリト以前信ゼラレシモ現時ニ於テハ全ク反對ニシテ少ナクトモ二原子ノ結合セルモ

ノニシテ是等ハ種々ノ實體ヨリ分取スルコトヲ得而シテ
 其物ハ見ルベカラザルモノナリト此散在シタル原子ノ結
 合シテ一ト成リシ時ハ水ナル實體ヲ作ル然レ共分解シタ
 ル時ハ水素瓦斯、酸素瓦斯ナル他ノ實體ナリトス水ノ「モレ
 キユール」ハ一定ノモノナリ(所謂ニユートンノ原子)然レ共
 原子ニ非ズ何ントナレバ化學的ノ方法ニテ破壊スルコト
 ナ得、按スルニユートンノ意見ニ依レバ物質ノ原子ハ破
 壞ス可カラザルモノニシテ種々ノ方法ノ集合ニ由リテ各
 自ノ間ニ結合シ從ツテ性質ノ異ナル實體ヲ生スレ共未ダ
 嘗テ一個ニテモ消滅セシモノ非サルナリト
 原子ニ就テ尙深ク探究スレバ豫期セザル處ニ於テ之ヲ見
 ル例ヘバ白砂糖ヲ水ニ溶解スレバ唯打見タル所ニテハ明

瞭ナル無色ノ如ク見ユレ其實ハ驚クベキ無數ノ白砂糖ノ
 原子ニテ充滿スルモノナリ其證ハ板上ニ杯ヲ置キ是ニ
 彼ノ溶液ヲ注ギ少量ノ硫酸ヲ加ヘテ攪拌スレバ忽チ沸騰
 シ黒色ノ炭素泡ヲ爲シテ板上ニ溢ル可キナリ
 再ビ氷、水及ヒ蒸氣ニ就テ觀察スベシ何人モ能ク知ル如ク
 氷ノ容積ハ溶解スレバ水ト成リ而シテ水ハ煮沸セラレテ
 蒸氣ニ變ズ若シ蒸氣ヲシテ空中ニ逸出セシメザレバ透明
 ニシテ見ル可カラザルモノナリ左レバ何レノ場合ニ於テ
 モ同一ノ「モレキユール」在ル事明ナリ故ニ固体、液体及ビ氣
 体ノ三狀ニ於テ皆同一ノ容積ヲ有スルモノトス
 多孔性 總テノ實體ハ皆多孔ナリ孔トハ物体ノ内部ニ成
 立セル空間ノ謂ニシテ海綿ノ如キハ非常ニ大ナル孔ヲ有

スルモノナリ海綿ノ微細ナル小片ヲ取り之ヲ顯微鏡ニテ
 熟視^{シユクシ}シタランニハ無數ノ小孔アルニ驚カン若シ之ヲ壓縮
 スレバ幾分カ小ナラシムルト雖モ全ク此空隙ヲ減スルコ
 ト能ハザルナリ
 自然ノ質体ハ多少收縮スベキモノタルヤ明カナリ語ヲ換
 テ云ヘバ其全面ニ壓力ヲ加フレバ多少收縮スルモノトス
 此結果ハ數千回ノ試験ニ依リ證明セラレタリ其理ハ頗フ
 ル簡ナリ即チ原子ハ堅硬ニシテ壓縮ス可カラザルモノナ
 リ然レ共質体若シ此原子ヨリ成立ストスレバ夫ハ多孔性
 ナラザルヲ得ズ何ントナレバ各原子間ニ多少空隙ヲ生ズ
 ルハ到底脱又ガル可カラザルモノナレバナリ
 固体ノ多孔性タルハ直ニ了解セラレベシ水中ニ沈布シタ

ル木片ハ外部ハ勿論其内部ニ於テモ浸潤^{ソツク}スルモノナリ又
 砂糖塊ハ水ヲ吸收ス而シテ是ガ爲メ浸潤シ溶解スレ共金
 塊ハ然ラザルナリ左レ共金モ又多孔性ニシテ近年或學者
 ノ試ミタル成績ニ據レバ金製ノ球ニ水ヲ盛り外面ヨリ非
 常ノ力ヲ以テ壓シタルニ金球ハ破壊セラレザルニ明カニ
 露ヲ生ゼシト云フ是レ液体ガ金屬ノ孔ヲ通過セシニ外ナ
 ラザルナリ或質体ハ金ノ如ク水ヲ通過セシメズト雖モ同
 ジク多孔性ナリ硝子ノ如キハ斯種ノ質体ニシテ壓縮セラ
 レ得ルノ点ニ於テ多孔性ナリトス
 水ハ又多孔性ニシテ空氣即チ氣體ヲ吸收ス其例ハ「ラム子」
 ニ於テ明白ナリ液体ハ一般ニ固体ヨリモ多少収縮スルモ
 ノナリ或統計ニ據レバ一平方吋ニ於ケル十五磅^{ポンド}ノ壓力ハ

華氏ノ寒暖計三十二度ノ温度ニ於テ水ヲシテ殆ンド其容積ノ百萬分ノ五十、水銀ヲシテ百萬分ノ三、依的兒ヲシテ百萬分ノ百十三ヲ収縮セシムト云フ

彈性、物体ノ分子排却セラレタル後、其舊位置ニ復セントスルノ性質ヲ云フ例、バへ護謨ノ兩端ヲ取り之ヲ引張シテ放テバ直ニ緊縮シテ故形ニ復ス又弓ノ弦ヲ引絞リテ之ヲ弛ムル時ハ其弓忽チ故形ニ復スル等ノ如ク或力ノ爲ニ其形狀ヲ變ズト雖モ其力去レバ忽チ原形ニ復スルモノヲ完全ナル彈性ノ物体ト云フ

是ニ由リ總テ氣體ハ完全ナル彈性ニシテ液体モ亦然リ左レ共固体ハ不充分ナル彈性ニシテ或場合ニ於テハ毫モ此性ヲ現ハサトルナリ然レ共一定ノ際限アリテ一時力ヲ加

フルモ該際限ヲ超ヘザル以上ハ能ク前形ニ復シテ其狀ヲ變セズ若シ其際限ヲ超ユレバ形狀變ジテ永ク前形ニ復スルコトナシ此際限ヲ名ツケテ完全ナル彈性ノ際限ト云フ

鐵ハ此際限ノ範圍内ニ於テ完全ナル彈性ニシテ木材モ又之ニ近シ工師ハ建築ニ於テ鐵ヲ用フルニ當リ永ク其形狀ヲ變ス可キ壓力ヲ計算シ決シテ此際限ヲ超ヘシメズ左レバ鍊鐵ニ於テ此際限ニ一平方吋ノ斷面ニ就テ八乃至十噸ニシテ其扯斷力ハ二十六乃至三十二噸ナリトス

完全ナル彈性ヲ機械的ニ試驗スルニハ左ノ二者ニ依ル

(一) 形狀ノ回復 (二) 伸張ノ重量ヲ増加スル時ハ從ツテ其長サニ於テ同一ノ増加ヲ生ズ茲ニ或人ノ爲シタル成績ニ依レバ一平方吋ノ斷面ヲ有スル鍊鐵ノ棒ヲ一端ニ懸垂シ之ニ

四噸ノ重量ヲ釣り精確ニ其長サヲ驗シタリ而シテ五六七八九噸ノ重量ヲ順次ニ掛ケ毎噸ノ重量増加スルニ從ヒテ其延ビタル長サハ鐵棍ノ長サノ百萬分ノ百二十百十百二十百二十百二十ナリキ其誤レルハ唯六噸ノ場合ニ於テノ一ナリトス此試驗ハ壓縮ニ於テモ等シキ結果ヲ生ズベシ故ニ左ノ如ク推定ス

伸張ノ抵抗ハ伸張ニ關シ壓縮ノ抵抗ハ壓縮ニ關ス

鋼鐵及ビ硝子ノ二者ハ之ヲ赤ク熱シタル後チ急ニ冷却セシムレバ非常ニ硬ク且ツ彈性ト成ルモノナリ然レ共同時ニ脆ク成ルモノトス實ニ硝子ノ瓶ハ燒鈍(急ニ冷却セシメズ徐々ニ爲スチ云フ)スニ非ズンバ非常ニ脆弱ニシテ殆ンド使用ニ堪ヘ難キモノトス鋼鐵モ亦此法ヲ行ナフ時ハ大

ニ其脆弱ヲ撤セシメ得可シ其法ハ非常ノ溫度即チ華氏ノ寒暖計四百三十度乃至五百六十度ニ熱シ而シテ徐々ニ之ヲ放冷ス彼ノ刀劍ノ如キモ此法ヲ行ヒ以テ鍛フニ非ザレバ一撃ノ下ニ折斷スルモノナリ

熱ノ結果ハ一般ニ金屬ノ彈性ヲ減ジ終ニハ全ク之ヲ奪フモノナリ其証ハ眞鍮ノ鈴ヲ酒精燈ノ火焰ニテ熱シ而シテ後チ之ヲ打撃スルモ敢テ鳴ラザルベシ然レ共烈シク之ヲ打ツトキハ恰カモ木材ニ觸レシガ如キ音響ヲ發ス

茲ニ實體ノ相違ニ於テ奇妙ナル現象ヲ呈スルコトアリ羽毛ノ如キハ熱及ビ濕氣ニ依リ彈性ト爲シ得ベシ即チ一ノ羽ヲ取り手ニテ之ヲ乱シ鐵瓶ノ口ヨリ沸騰スル蒸氣ニ觸レシムルトキハ忽チ原形ニ復ス又寺院ニ用フル鐘ハ少時

赤熱ト爲シ後チ之ヲ極メテ徐々ニ冷却シ堅硬ナラシム亦之ヲ柔軟ニ爲サント欲セバ赤熱ト爲シタル後チ急ニ冷却スルナリ是レ鋼鐵ト全ク反對ナリトス

摸性^{プラスチック} 多クノ固体ハ皆堅硬ナレ共強勢ナル壓力ニ從ヒ其分子ヲシテ相讓ラシメ新ラシキ位置ヲ占ムルモノトス而シテ其上ニ新奇ノ形狀即チ表面ヲ印ス之ヲ摸性ト云フ

今光澤ヲ有スル鉛板ノ二片ヲ取り其中間ニ貨幣ヲ挾ミ槌ヲ以テ烈シク之ヲ打ツトキハ鉛板ニ於テ明カニ貨幣ノ表面ヲ銘スベシ總テ貨幣ハ斯ノ如キ方法ヲ以テ鋼鐵ノ極印ニ依リ銘セラルハモノトス鋼鐵ノ如キハ毫モ此性ヲ有セズ今小刀ノ上ニ貨幣ヲ置キ強ク之ヲ打ツモ反ツテ貨幣ノ破壊ヲ見ルナルベシ

硬性^{プラスチック} 或物体ノ原子各非常ニ強ク緊着シ普通ノ力ニテハ之ヲ動搖セシムルコト能ハザルモノアリ此ノ如キ物体ヲ堅硬ナリト云フ宇宙間ニ於テハ完全ニ堅硬ナルモノナシ然レ共吾人ハ力ノ作用ヲ以テ種々ノ物体ヲ試験シ或物体ノ比較的ニ堅硬ナルコトヲ定ム

或實體ニ於テ原子ノ緊着スル力ハ非常ナルモノニシテ左ノ例ヲ讀ミ其一斑ヲ察スベシ英國クリフトンノ釣橋ハブル^ル子ル氏ノ設計ニ係リ両端ノ橋臺ノ間ニ鋼鐵線ヲ架セリ其線ハ長サ七百呎斷面凡ソ一平方吋半ニシテ數万ノ人民日々安全ニ通行セリト云フ實ニ鋼鐵線ハ其斷面一平方吋ノモノニシテ一端ニ六十噸ノ重量ヲ懸垂ス而シテ同一ノ銅線ハ僅ニ十五噸ヲ懸垂スルニ過ギズ更ニ同一ノ場合

ニ於テ錫線ハ只二噸、鉛線ニ至リテハ一噸ノ五分ノ四ニ下
 ル熱ノ作用ハ金屬ノ堅硬ヲ奪ヒテ弱軟ト爲ス之ヲ証セン
 ト欲セバ太キ銅線ノ一端ニ或重量ヲ懸垂シ酒精燈ノ火焰
 ニテ線ヲ熱スベシ重量ハ暫時ニシテ墮落スルナリ
 宇宙引カク大法ニ由リ地球ノ引カハ其表面ニ各物体ヲ引
 カントス蓋シ物ノ地上ニ落ツルハ此理ニ依ルモノナリ地
 球ヲ組織スル各分子ハ物体ヲ吸引ス斯ノ力ノ合成作用ハ
 物体ヲシテ地球ノ中心ニ引カントス而シテ其方向ハ表面
 ニ直立ヲ爲ス地球ノ引カハ重力ナル語ニテ表ス斯テ細キ
 糸ノ一端ニ鉛ヲ附シ之ヲ軒ニ釣下ル時ニ此糸ハ所謂天心
 線ヲ成ス詳言スレバ此線ハ重力ガ鉛ヲ引カントスルノ方
 向ヲ示ス此方向ヲ直立ト云フ而シテ是ニ直角ヲ爲セルノ

線ヲ水平線ト云フ今此糸ヲ切斷スルトキハ鉛ハ糸ト等シ
 キ方向ニ落ルベシ詳言スレバ直立線ヲ爲スモノトス
 物体ノ重量ハ其物ト地球トノ間ニ於ケル重力ノ總額ニシ
 テ物体固有ノ特質ニ非ラズ而シテ地球ノ表面上重力ノ作
 用一様ナラズ即チ赤道地方ニ在リテハ重力弱ク兩極ニ近
 ヅクニ從ツテ強キモノナリ
 凡ソ物ヲ量ルニハ或標準ヲ定メ之ト比較ヲ爲ス此標準ヲ
 單位ト云フ左レバ長サヲ量ルニ用フル單位ハ標準ノ碼ニ
 シテ是ガ精確ナル長サハ古來ノ記録ヨリ探レルモノナリ
 一碼ハ三呎ニ分チ一呎ハ十二吋ニ分ツ若シ或長サヲ量ラ
 ントスルニハ其中ニ標準ノ碼、呎、吋ノ幾倍ヲ含有スルガチ
 見出スモノトス

重量ヲ比較即チ量ルニハ此單位ヲ常量シヤウリヨウ(一般ニ大ナル重量ニ用ヒ金量ト區別ス)ノ一磅ポンドトス其標準ハ或長サノ白金プラチナニシテ英國大藏省ニ保存ス一磅ハ十六「オンス」或ハ七千「グレイン」ニ分ツ

容量ノ單位ハ「ガロン」ニシテ晴雨計三十吋16.75チ示シ華氏ノ寒暖計六十二度ノ溫度ニ於ケル蒸溜水十磅(常量)ノ重量トス是レ又長サニ於テ示スコトアリ即チ「ガロン」ハ二百七十七、二七六立方吋チ有ス

角度ノ測定ニ於テハ一直角九十分ノ一チ一度ト云ヒ度ハ又六十分或ハ三千六百秒ニ分ツ

時間ノ測定ハ地球ノ自轉ヨリ採レルモノニシテ太陽ノ中心ガ二回子午線チ經過スルノ間即チ晝夜ノ間チ「ソーラル、

デー」ト云フ而シテ地球ガ太陽ノ周圍チ廻轉スル運動ハ常ニ一定セザルガ故ニ此「ソーラル、デー」ノ長サモ從ツテ一定セズ以テ時間チ計ルノ單位ニ供スル能ハザルナリ是ヲ以テ天文學者ハ計算ニ依リ「ソーラル、デー」ノ平均チ採ル是レ吾人ノ通常一日ト呼ベルノ時間ニシテ時計ニ於テ採用スルナリ

平均ノ「ソーラル、デー」ハ二十四時ニ分チ一時ハ六十分或ハ三千六百秒ニ分ツ機械學ノ問題ニ於テ時間ノ單位ハ常ニ一秒ナリトス

力ハ其支持シ得ル重量ニ依リ測定ス其單位ハ通例磅ニシテ三磅チ支持スルノ力ハ三ナル數ニテ表スルガ如シ

物体ノ質量ソウリヨクトハ其物質ノ有スル分量ノ謂ニシテ其單位ハ

三十二、二磅ノ重量アル物体中ニ含有シタル物質ノ分量ヲ云フ此假定ハ實ニ粗笨ナルモノニシテ其理ハ左ノ如シ
 W 磅ノ重量ヲ有スル物体ノ質量ヲ M トシ三十二、二ノ數ニ換ユルニ g ナル文字ヲ以テス左レバ一質量ノ物体ハ g 磅ノ重量ヲ有スルガ故ニ M 質量ノ物体ハ $\frac{M}{g} \times 32$ 磅ノ重量ヲ有スルヤ明カナリ則ハチ

$$W = Mg, \quad M = \frac{W}{g}$$

重心、今ヤ吾人ハ物体ニ於テ重力ノ働ク一点ヲ確定セントス物体ハ一巳ノ分子ノ集合ヨリ成レルガ故ニ其重量ハ地球ガ各分子ニ働ク力ヲ合成シタル總額ナリト謂ッベシ語ヲ換テ云ヘバ物体ニ於ケル種々ノ分子ノ重量ヲ合シタルモノナリ此力ノ總量ハ常ニ一定ノ点ニ働キ物体自ラ轉

倒スルカ或ハ動カサル、ニ非サレバ永ク其位置ヲ變ゼザルモノトス此点ヲ物体ノ重心ト云フ

重心ハ實驗或ハ定説ニ據リ見出し得ベシト雖モ其位置ハ物体ノ性質ニ依リ屢バ異ナリ正則ノ形狀ヲ有スル物体例ヘバ球、立方等ノ如キハ常ニ其中心ニ存ス而シテ奇妙ナル性質ヲ有スルモノニシテ重心ヲ貫ヌキテ引キタル線ハ正シク其物体ヲ二分スナリ

重心ノ性質ヲ常ニ腦裡ニ印スルハ緊要ナル事ニシテ物体中ノ何レノ点ニ於テモ此性質ヲ有スルモノニ非サルナリ

- (一) 重心ハ物体ノ位置變セザル以上ハ依然トシテ其位置ヲ更フルモノニ非ズ

- (二) 物体ニ於ケル重力ノ作用ハ地球ノ中心ニ重心ヲ引

(三)(四)(五)

カントス

重力ハ決シテ重心ノ外ニ物体ヲ轉ズルノ傾キナシ
重心ハ常ニ成ルベク最低ノ位置ヲ占メント欲ス

或点ヨリ物体ヲ懸垂スルトキハ重心ハ其懸垂点ノ

直下ニ來ルベシ詳言スレバ懸垂点ハ重心ニ同一ノ

直立線中ニ在ルモノナリ

最後ノ規定ハ第四條ヨリ起ルモノニシテ重心ハ懸垂点ノ

直下ニ來リ最低ノ位置ニ居ラント欲スルモノナリ

速度ノ測定 ^{ウツロシヤ}速度ト云ヘル語ハ普通ノ意味ニテ物体ノ運

動スル速サヲ謂ヘルニシテ又運動トハ位置ノ變換ヲ云フ

若シ一点ガ他ニマデ絶ヘズ其位置ヲ變ズル時ハ是レ或速

度ヲ有ス速度ノ測定ハ時間ト長サニシテ其各ノ單位ニ秒

ト呷ヲ用フ又一点ガ一定ノ時間ニ過經スル呷ノ數ヲ空間
ト云フ

一点ニ於ケル位置ノ變換ノ度ハ運動部ノ速度ト云ヒ他ノ

語ヲ以テ云ヘバ運動ノ度ト云フ一点ノ速度ハ均一ナルア

リ或ハ然ラザルアリ例ヘバ一点ガ同一ノ時間ニ於テ同一

ノ空間ヲ經過スレバ其運動ハ均一ニシテ若シ此空間不同

ナレバ均一ナラザルナリ

均一ノ運動ニ於テ位置ノ變換ノ度ハ一秒間ニ於テ運動点

ノ經過シタル呷ノ數ニ依リ定ムルヲ普通ノ法トス若シ一

点ノ運動ノ速度一秒間二十呷ナレバ毎秒間二十呷ヲ經過

スル事ヲ示ス斯クテ ^Vヲ均一ニ運動スル物体ノ速度トシ

SヲT秒間ニ經過スル空間トレスバVハ一秒間ニ於ケル

呎ノ數ナルガ故ニSVハ二秒間ノ呎ノ數ヲ顯ハシFDハT秒

$$S = TV, V = \frac{S}{T}$$

間ノ呎ノ數ヲ顯ハス是ニ由リ

曲線及ビ「コ」オルヂ子「ト」曲線ナルモノハ運動ノ一点

ガ絶ヘス其方向ヲ變ジテ引カレタル線ヲ云フ此一点若シ

或一定ノ平面ニ動ク時ハ之ヲ平面曲線ト云フ

圓ハ平面曲線ニシテ今説明セント欲スルノ曲線モ又均一

ナル速度ニテ圓ヲ爲ス一点ノ運動ナリトス圓形ノ運動ハ

機械作用ノ基礎ニシテ蒸氣機關ノ如キ水車ノ如キ皆何レ

モ軸ノ回轉運動タラザルハナク紡績製糸等ノ如キ複雑ノ

作用モ皆此簡單ナル均一ノ回轉運動ヨリ出ツルモノナリ

今平面曲線ニ於ケル隨意ノ一点ノ位置ヲ見出サントス是

レ所謂「コ」オルヂ子「ト」式ニ依リテ爲スモノナリ第一圖

ニ於テR P Sヲ平面曲線ノ一部トシ其平面ニ於テ二直線

OX、OYヲ引キ各直角タラシム次ギニOX、OYニ各垂直

ヲ爲スPN、PM線ヲ引ク而シテPN、及ビPMヲ知り以テ

P点ノ精密ナル位置ヲ知ル事容易ナリ又PNハOMニ等

シキガ故ニOM及ビMPノ値ヲ知りP点ノ位置ヲ定メ得

ベシ

OMヲXTトシPMヲYTトスル時ハX、Yヲ普通ニP点ノ四

邊形「コ」オルヂ子「ト」ト稱ス左レバXヲ三トシYヲ二ト

スレバPハ何レノ位置ニ在ルヤ直ニ了解シ得ベシ而シテ

X、Yガ他ノ値ヲ有スル時モ以上ノ方法ニテ見出スナリ

吾人ハ前例ニ於テ了解ニ便ナラシメンガ爲メ即チOPハ

左ノ簡單ナル式

$$OP^2 = OM^2 + MP^2$$

ニ因リ直ニ推定シ得ラル、ガ故ニ特ニOX、OYノ軸ヲ直
 角ニ採リタリ左レ共是レ不必要ノ事ニシテX、O、Yハ往々
 隨意ノ角度ヲ爲セルノ場合ヲ生ズ
 再ビOPヲ連續スレバPOX角ヲ知ル而シテ又Pノ位置
 ナ測定シ得ベシOP、R、POX、θトスレバR及ビθ(希臘文字
 ニシテ「シーター」ト呼ビ普通角度ヲ代表ス)ヲP点ノ兩極、コ
 ーオルヂ子「ト」ト稱ス
 圖解ノ法 本書ニ於テ所謂分子即チ物体点ナルモノハ其
 延擴極メテ微小ナル物質ノ一部分ヲ指セルニシテ力ノ爲
 ニ働カサレ得ルモノト考定ス

力ハ通常直線ニテ顯ハスヲ至當トス而シテ夫ヲ述ブルニ
 當リ先ヅ左ノ要件ヲ説明スベシ

(一) 力ノ働ク点

(二) 力ノ働ク線

(三) 右ノ線ニ於ケル力ノ方向

(四) 力ノ大サ

力ノ働ク点トハ物体点ノ事ニシテ幾何學ニ謂ヘル点トハ
 異ナリ然レ共殆ンド之ニ類似スルモノナリ
 今第二圖ニ於テPト稱シPノ單位ヲ有スルノ力A点ニ働
 クトキハA点ハA、Bノ方向ニ動キ而シ其方向ハPナル力
 ノ作用ヲ爲ス線ナリ力ノ働ク線ニ於ケル方向ハ通常矢形
 ナ以テ表スルガ故ニ夫レガ働ケル点、線及ビ其線ニ於ケル

方向ヲ知リ得ベシ
 次ギニ一時ノ四分ノ一或ハ一時ノ十分ノ一等ノ如ク長サ
 ノ或單位ヲ定ムルニ吾人ハA B線ノ長サヲ以テPナル單
 位ノ力ノ大サヲ表スPナル力ハA B線ノ長サニテ表セル
 ガ故ニA B線ヲ以テ表セルノ力ハAニ於テ働ケル力A B
 ノ方向及ビAナル長サノ大サノ事ナリトス
 機械學ノ問題ヲ解釋スルニ望ミ凡ソ上ニ述ヘタル如キ方
 法ヲ以テ作用ヲ爲セル力ヲ紙面ニ寫シ腦裡ヲ以テ其結果
 ナ考究シ或ハ論ズルノ用ヲ目ニテ助ケシムルナリ此方法
 ハ又速度ヲ表スルニモ適用シ得ベシ則チ一点ガ或速度ヲ
 以テ均一ニ或ハ不等ニ動キタリトセンカ是レA Bナル線
 ニテ表シ得ベシA Bノ長サハ實ニ一秒間ニ均一ノ速度ヲ

以テ經過スル空間ナリ而シテ又不等ノ速度ニ於テモ同一
 ノ方法ヲ用ユA Bノ方向ハ一点ガAヨリBニ動キシ道ヲ
 直線或ハ曲線ニテ表ス
 力及ビ速度ノ分解 力ナルモノハ既ニ前ニモ説ケルガ如
 ク物質ヲ動シ或ハ動かサントスルノ傾向アルモノナリ而
 シテA(第三圖)ニ於ケル分子P及ビQノ二力ニ依リ同時ニ
 働カサル、事アレバ是等ノ力ハ同一ナルカ或ハ反對ナラ
 カル以上ハ一点ハ定速度ヲ以テ或一定ノ方向ニ動かサル
 ナ得ザルナリ
 唯一ノ力ハ能ク定速度ヲ以テ或方向ニ分子ヲ動かシムル
 ニ足ル故ニ此場合ニ於テモP及ビQノ中間ニ或唯一ノ力
 Rナルモノアリテ其結果ニ力ヲ合シタルノ時ト毫モ異ナ

ラザルヤ明カナリ
 單一ノ力RヲP及ビQノ合成力ト云ヒP及ビQヲRノ分
 力ト云フ而シテ單一ノ力RヲPトQノ二力ニ換置スルノ
 方法ヲ力ノ分解ト呼ビPトQノ與ヘラレタル場合ニRヲ
 見出スノ方法ヲ力ノ合成ト呼ブ左レバRハPトQニ分力
 スト稱シ又PトQハRナル單一ノ力ニ合成スト稱スルナ
 リ
 例ヘバ紙鳶ヲ飛揚スルニ當リ茲ニ外部ニ働ク二力アリ即
 チ風ノ壓力及ビ糸ノ張力はナリ第三ノ力ハ紙鳶ノ重量ニ
 シテ前ノ二力ノ合成力ニ等シク且ツ反對ナラザルヲ得ザ
 ルナリ故ニ此平均ノ存シテ破ブレザル以上ハ紙鳶ハ長ク
 空中ニ止マルモノナリ

次キニ速度ノ合成ヲ説クベシ是レ單ニ幾何學上ノ問題ナ
 リトス

第四圖ニ就テ一点Pヲシテ均一ノ速度Vヲ以テ直線OB
 ヲ記セシム

OBニ斜ニ或直線OXヲ引キQ、RヲP点ノ他ノ位置トス
 PM、QN、RSヲOXニ垂直タラシムM点ヲOXニ於ケル
 P点ノ投影ト云フ而シテ若シ日光ノPMノ方向ニP点ニ
 映射スルアラバMハPノ影ナリNハQノ影ナリSハRノ
 影タルコト一目ニシテ瞭然タルベシ

$$\frac{OP}{PQ} = \frac{OM}{PD}$$

又PD、QSヲOXニ平行ニ引ク時ハ等三角ノ理ニ依リ

然レ共 $PD = NM, \therefore \frac{OP}{PQ} = \frac{OM}{MN}$
 是ト同シク $\frac{PQ}{QR} = \frac{MN}{NS}$

此故ニ若シP点ガ均一ノ速度ヲ以テOBヲ動キタリトス
 レバPノ投影即チMハ又一様ニOXヲ沿フテ動クベシO
 Xニ沿ヘルMノ運動ハOBヲ沿ヘルPノ如ク速カナラズ
 而シテOXノ各異ナル傾斜ニ於テOBニ至ル迄變スルナ
 リ左レバ若シOノ角ヲ六十度ト爲ス時ハMノ速度ヲシテ
 Pノ二分ノ一ト爲スコト容易ナリトス
 更ニ簡明ナラシメンガ爲メOPヲシテ一秒ニ於ケルP点
 ノ經過シタル空間トス然ラバOMハ一秒ニ於ケルPノ投
 影ノ記シタル空間ナリ詳言スレバOMハOXニ沿ヘルP

速度ノ分解ナリ即チOMヲ沿ヘルNノ分力ナリ

第五圖ニ於テ若シOYヲOXト直角ナラシメPTヲ垂直
 ニ引ク時ハTハOYニ於ケルPノ投影ニシテP点ガOB
 ヲ均一ニ動ク時ハM及ビTモ又OY及ビOXヲ沿フテ均
 一ニ動クナルベシ

OPノ速度ヲVトスレバOMハOXヲ沿ヘルPノ速度ノ
 分力ニ等シクOTハOYヲ沿ヘルPノ速度ノ分力ニ等シ
 通例OM、OTヲ記スルニ各OX、OYヲ沿ヘルVノ分力ト
 シ而シテVハOM、OTノ二速度ノ合成力ナリ

此理ハ何レノ角ニモ適用スルヲ得ベシ

第六圖ニ於テOM、OTヲ各々OY、OXニ平行ニ引ク時ハ

MハOXニ於ケルPノ投影ニシテTハOYニ於ケルPノ
 投影ナルベシ詳言スレバOPハOM、OTノ二速度ニ分ツ
 ナ得ベシ而シテ是ト反對ニOM、OTノ二速度ヲシテ同時
 ニ一点ニ壓入シ得クンバ實ニ平行方形OTPMノ對角
 線ニ等シキOPノ速度ヲ以テ運動ス可キナリ故ニ左ノ如
 ク云フヲ得可シ
 若シ同時ニONナル一点OTPMナル平行方形ノ二隣邊ヲ
 以テ表シタル二速度ヲ受クル時ハ此点ノ實速度ハOPナ
 ル對角線ニ依リ表スルヲ得ベシ
 運動ハ定則 運動ノ發生ニ於ケル力ノ結果ニ關セルノ定
 則ニシテ機械學ノ原理ハ皆是ニ基ケルモノナリ
 此法則ハ三箇條ヨリ成リニユートンノ定ムル所ニシテ其

証明ハ歸納的ニ爲スモノトス歸納トハ特別ナル事ヨリ推
 究ヲ爲シ此法則ノ真ナルヤ否ヤヲ觀察スルノ謂ニシテ若
 シ果タシテ真ナラバ是特別ナル場合ニ隨ハザルヲ得ザル
 結果ヲ研究スルナリ吾人ハ格段ナル種々ノ場合ヲ試験シ
 其好結果ヲ収ムルノ後チ愈々此法則ノ誤ラザルヲ確認セ
 ント欲ス
 第一條 凡ソ靜止セル物体ハ外力來リテ之ヲ動かスニ非
 ザレバ依然トシテ其位置ヲ變ズルコト無ク又運動セル物
 体ハ外力來リテ之ヲ碍クルニ非ザレバ同一ノ速度ヲ以テ
 直進セント欲スベシ
 此法則ハ物体ノ習慣ヲ規定スルモノニシテ習慣トハ物体
 ニ伴ナフ性質ナリ是ニ依リ靜止セル物体ハ自ラ其位置ヲ

M ナ物体ノ質量トシ V ナ其速度トスレバ
 第三條 凡ソ作用ノ在ル處ニハ必テズ等シキ反對ノ作用
 アルモノナリ即チ或二物体ノ交互ノ作用ハ常ニ等シク且
 反對ナルモノナリ
 ニユートンハ之ヲ略言シテ左ノ如ク云ヘリ
 原動及ビ反對ハ等シク且ツ反對ナリ他力ニ誘ハレテ作用
 ナ爲セル力ヲ反對ト稱ス人アリ障^{シヨク}碍物ヲ壓スル時ハ其物
 ハ之ニ抗シテ壓力ヲ呈スベシ此壓力ヲ反對ト稱ス而シテ
 法則ニ據リテ壓力即チ反對ハ原動ニ等シク且反對ナリト
 ス
 吾人ハ今力ノ測定ニ就キテ少シク述ベン已ニ説キタル如

ク動キタル質量ノ不易タル時働キタル力ハ其作用ニ由テ
 生ズル速度ニ比例スルモノナリ然レ共物質ハ習慣性ヲ有
 スルガ故ニ力ノ作用ニ對シテ抵抗ヲ呈ス
 今手ニ於テ一磅ノ重量ヲ持ツ時ハ或ル勢ヲ感ズベシ若シ
 此重量ヲシテ地球ヨリ遮^{シヨク}斷シ力ノ働カザル別世界ニ在リ
 ト假想スレバ之ヲ自由体ト稱ス斯ノ如キ狀況ニ於テ先キ
 ノ如ク手ニ感シタル勢ニ等シキ力ノ働ク時ハ或分量ノ速
 度一秒間ニ物体ニ發生セシナルベシ此速度ノ分量ハ第二
 條ノ法則ニ由リ力ノ大サヲ量リ得ベシ
 定義 力ハ自由体ニ於ケル質量ノ單位ニテ一秒間ニ發
 生シタル速度ニテ量ルモノトス
 力ノ單位トハ一秒間質量ノ單位ニ働ケル力ニシ

テ毎秒間一呎ノ速度ヲ發ス
右ノ如キハ之ヲ絶對的測定ト稱シ唯物理學及ビ電氣學ニ於テ而已用フルモノナリ本書ニ於テ力ヲ量ルニハ其支持シ得ル重量ヲ以テス而シテ自由體ニ發生スル速度ニテ量ルガ如キ高尙ナル原理ヲ記セルノ故ハ他ニアラズ將ニ次章ニ記セントスル力ノ平行方形ノ証ヲ得ントテナリ
機械學ニ於テ最モ緊要ナル原理ニアリ一テ槓杆ノ理トシ他ヲ力ノ平行方形ノ理トス此兩者各自互ニ論証セラレ得ベシ

第二章 力ノ平行方形

力ノ平行方形ノ理ハ左ノ如シ

命題 若シP、Qノ二力Rナル合成力ヲ有スルA点ニ働キ

而シテA、B、A、Cノ二直線大サ及ビ方向ニ於テP及ビQノ力ヲ表シA、B、C、Dノ平行方形ヲ完結スレバ大サ及ビ方向ニ於テRナル合成力ヲ表スベシ

此證明ヲ爲スニハ須ラク運動ノ定則ニ據ルベシ

第一條ニ依リ物体ノ運動ヲ變ズルニハ力ニ依ルノ外何物タリトモ爲ス能ハズ而シテ第二條ニ依リ運動ノ變換ハ働ケル力ニ比例ス若シ然ラバ或物体ニ於テ種々ノ方向ニ同時ニ働クニ力ハ各力共ニ其作用ノ方向ニ或速度ヲ生ズベシ而シテ動ク質量ノ不易ナルガ故ニ各速度ハ之ヲ生ズル力ニ比例スベシ

第七圖ニ於テP及ビQヲ働ケル力トシA、B、A、CヲP、Qノ大サ及ビ方向トス然ラバA、B、A、Cハ又一一定時間例ヘバ一

秒間ニ分子ニ加ヘテレタル速度ヲ大サ及ビ方向ニ於テ表
スベシ而シテADハAB、ACノ速度ノ合成力ヲ大サ及ビ
方向ニテ表ス

ADハ又P及ビQノ二力ノ合成ト同一ノ結果ヲ生スベキ
唯一ノ力ヲ表ス即チADハ大サ及ビ方向ニ於テP、Qノ合
成力ナリ詳言スレバADハ全クRナル力ヲ表ス是レ命題
ヲ証シタルナリ

(一) 此命題ノ圖ヲ驗スレバPAQノ角減小スルニ從ヒ其對
角線ADハ益々増大スベシ即チ殆ンドACC、CDノ加ニ等
シカラントス則チ

$$PAQ = 0, R = Q + P$$

(二) 右ト等シクPAQノ角若シニ直角ニ開ケル時ハ對角線

ADハ減小シテ零ト成ル而シテP及ビQノ力ハ同一ノ直
線上反對ニ働クベシ則チ

$$PAP = 180, R = Q - P$$

圖ニ示スガ如クQノ力ハPヨリ大ナリ而シテRハ正号ヲ
チ有シAQノ方向ニ働ク然レ共若シPノ力Qヨリ大ナル
時ハRハ負号ヲ有シAQト反對ノ方向ヲ爲ス之ヲ要スル
ニRハP及ビQ間ノ差ニ等シク而シテ大ナル力ノ方ヘ働
クモノトス又合成力ノ最大ノ値ハ數力ノ加ニシテ最小ノ
値ハ其差ナリ猶數力間ノ角ノ増大ハ合成力ヲシテ減小セ
シムルモノトス

(三) PAQ角百八十度即チニ直角ノ時PハQニ等シキガ故
ニ合成力Rハ零ナリ

各等シキニ力反對ノ方向ニ一点ニ働ケル時ハ合成力ヲ有
 セズ故ニ平均スルモノナリ是ニ依リ吾人ハ一点ニ於テ同
 一ノ直線上反對ニ働ケルノ二力ハ平均スルモノナルヲ知
 ル
 (四) P、Q各等シキ時ハ平行方形A、B、C、Dノ四邊皆等シ
 是レ平行方形ヲ二個ノ三角ニ分チ考察セバ明ナルベシ第
 八圖ニ於テB A D、D A Cノ二個ノ三角形ニ就テB AハA
 Cニ等シクA Dハ兩三角ノ共通ナルガ故ニB DハD Cニ
 等シ故ニB A D角ハD A C角ニ等シキモノトス是レ幾何
 學ノ知識ニ訴フル迄モ無ク常識ニ於テ直ニ看破セラル可
 キ也斯故ニPハQニ等シキ場合ニハ合成力ハP A Q角ヲ
 二分スルモノトス

(五) 再ビP、Qノ等シキ場合ニハ簡單ナル作圖ニ依リテ合成
 力ヲ見出し得ベシ
 此場合ニ於テA D、B Cノ對角線ハEニ於テ直角ニ交ス
 故ニ

$$R = AD = 2AE$$

詳言スレバ若シA BハA Cニ等シク即チPニ等シカラン
 ニハB Cヲ連絡シ之ニ垂直ニA Eヲ引ク即チRハ此二倍
 ナルベシ

今ヤ吾人ハ左ノ二例ヲ研究セントス

(一) P及ビQヲシテ直角ニ働カシム(第九圖)

$$AD^2 = AC^2 + CD^2$$

$$R^2 = P^2 + Q^2$$

然ラバ
 則チ

若シQがPニ等シケレバ $R^2 = 2P^2$ ニシテ $R = P\sqrt{2}$ ナリ
 而シテ $\sqrt{2} = \frac{\sqrt{50}}{25} = \frac{\sqrt{49}}{25}$ ニ近シ故ニ $\sqrt{2} = \frac{7}{5}$ ニ近
 シ左レバ $R = \frac{7}{5}P$.

(二) Q、P各等シク百二十度ノ角ヲ爲シテ働カシム(第十圖)
 A Cニ垂直ニD Nヲ引ク然ラバ
 $R^2 = P^2 + P^2 - 2P \times CN$

然レ共PハQニ等シキガ故ニP A Q角ヲ二分ス其一部D
 A C六十度ナリ而シテ

$$AN = NO = \frac{AC}{2} = \frac{Q}{2} = \frac{P}{2}$$

$$\therefore R^2 = P^2 + P^2 - 2P \times \frac{P}{2} = P^2 + P^2 - P^2 = P^2$$

又RハPニ等シ故ニA D Cヲ同面三角形ト云フ
 以上ノ結果ヲ推シテ左ノ説ヲ得タリ

(一) 吾人若シ硬性ヲ有スル物体ニ働ケルノ力ヲ他ニ移サン
 ト欲セバ之ヲ爲シ得ベシ然レ共其換リニ合成力ヲ置カ
 ザル可カラズ

(二) 平均セル力ハ隨意ニ之ヲ移シ或ハ與ヘ得可シ

(三) 若シ彈性ヲ有スルノ物体或力ノ作用ヲ受テ静止セル時
 ハ吾人ハ之ヲ運動力ノ退却セシモノト假想シ其分子ハ
 密着セシモノト想像ス

(四) 硬性ノ物体ニ力ノ働ケル時ハ其作用ヲ受クル線中ノ何
 レノ点ニテモ皆等シク適用セラレ得可シト想像ス
 カハ三角形

命題 若シ三個ノ力同一点ニ働キ各平均セル時ハ其方向
 ニ平行セル三直線ヨリ成レル三角形ノ各邊ニ比例

ス

第十一圖ニ於テ前ノ如クA B、A CヲシテP及ビQヲ表セシメA B C Dナル平行方形ヲ作り而シテA DハP及ビQノ合成力トス此合成力ヲRト命ジ點線ヲ引ク時ハRナル力ハA Dニ等シク而シテD A中ノA點ニ働ラキP及ビQヲ平均セシムベシ

是ヲ以テA C、C D、D Aニテ大サ及ビ方向ヲ表ハシタル力ハ之ヲA點ニ適合シテ平均スナリ

三角形H L K(第十一圖)ヲ作り其各邊ヲシテ三角形A C Dノ各邊ニ平行セシム即チH LハA CニL KハC DニH KハD Aニ平行ス然ラバ此三角形ハ全クA C Dノ三角形ニ等シ唯大小ノ差アルノミ是ヲ以テ若シH LヲシテA Cノ

二倍トスレバL KハC Dノ二倍ニシテK HハA Dノ二倍ナルベシ

斯故ニ三個ノ平均セル力ハ其各邊ニ平行シテ引キタル三線ニテ成レル三角形H L Kノ各邊ニ比例スルモノナリ

以上説ケルノ命題ハ所謂力ノ三角形ノ理ニシテ大サ及ビ方向ニ於テ三個ノ平均セル力ノ作用ヲ表ス而シテ此理ハ數力ガ平行セルノ時ニ應用スベカラズ

力ハ多角形一ノ平面ニ於テ同一ノ點ニ働ケル數力ノ合成力ヲ見出サントス

第十二圖ニ示ス如クA P、A Q、A R、A Sヲシテ大サ及ビ方向ニ於テAナル點ニ働ケル四力トス

平行方形A P B Qヲ作りA Bヲ引ク次ギニ平行方形A B

D R ナ作リ A D ナ引ク次ギニ平行方形 A D E S ナ作リ A E ナ引ク然ラバ A B ハ P 及ビ Q、A D ハ A B 及ビ R 即チ P、Q、R ノ合成力ナリ而シテ A E ハ A D 及ビ S 即チ P、Q、R、S ノ合成力ナリトス故ニ A E ハ P、Q、R 及ビ S ノ合成力ニシテ其大サ及ビ方向ヲ表ス

是レ圖ニ示スガ如ク總テノ線ヲ引クノ要ナシ A Q ニ平行ニ等シク P B 線ヲ引クベシ次ギニ A R ニ平行ニ等シク B D ナ引キ次ギニ A S ニ平行ニ等シク D E 線ヲ引キ而シテ後チ A E ナ引ク是レ要スル所ノ合成力ナリ

多角形 A P B D ハ力ノ多角形ト稱シ其命題ハ單ニ力ノ三角形ヲ擴張シタルニ過ギズ此多角形ヲ引クニ際シ若シ A 点ガ E ニ一致セシ時ハ數力互ニ平均セルノ徵候ニシテ合

成力ハ無キモノナリトス

三平均力ハ一致 此問題ヲ釋クニ必要ナル原理ハ左ノ如シ

三個ノ力或物体ニ於ケル平面ニ働キ其二力一点ニ會スル時ハ第三ノ力ハ同一ノ点ヲ經ザル可カラズ即チ平均無キモノトス

是レ又力ノ平行方形ノ理ヲ透フベシ何ントナレバ若シニ力一点ニ會スル時ハ合成力ヲ有スベシ而シテ此平均ヲ生スル第三ノ力ハ合成力ニ等シク且ツ反對ノ力ナラザル可カラズ是レ力ノ會スル一点ヲ經過スルモノナリ

此理ヲ適用センガ爲メ第十三圖ニ於テ A B ナシテ一ノ重キ棒ナリト假定シ A ニ於テ蝶番^{フック}ヲ有シ且ツ支持セラル而

シテBニテ結ビタル糸B Tノ張力ニ依リ或角度ヲ爲ス此
 Aナル接續点ノ壓力并ニ其方向ヲ見出サントス
 PヲシテAニ於ケル壓力トシWヲ棒ノ重量トシ其中心G
 ニ於テ天心線GWニ働クTヲ糸ノ張力トシB Tニ働ク
 T Bヲ延長シDニ至ラシム然ラバT及ビWノ力ハDナル
 一点ニ會ス是ニ依リ第三ノ力即チ蝶番ノ壓力ハ又Dヲ經
 ザルヲ得シ此外ニ於テ決シテ平均無キモノナリ
 A Dヲ結ビ之ニ平行ニGE線ヲ引ク然ラバ三角形GED
 ハ此場合ニ於テ力ノ三角形ナリ何ントナレバWハGDニ
 TハDEニ働ク而シテGEハAニ於ケル壓力ノ方向AD
 ニ平行ス
 故ニGDハAヲ表スル所ノ尺度ニ於テPハGEニ等シク

TハDEニ等シ

例 棒ヲ水平面ニ三十度糸ヲ天心線ニ四十五度ニ傾カシ
 ノWヲシテ百磅ノ重量トスP及ビTヲ見出スベシ

答 P百十一、八磅 T百六十七磅

第三章 槓杆 平行力 偶力

槓杆ノ理ハ力ノ平行方形ヨリ來ルモノニシテ既ニ數百年
 前ヨリ知ラレタリ而シテ其証明ノ方法ハ頗フル簡單ナリ

トス
 定義 槓杆トハ一定ノ点即チ軸ヲ有スル堅硬ノ棒ニシ

テ其一定ノ点即チ軸ヲ支点ト云フ
 槓杆ハ支点ヨリ二部ニ分ツ之ヲ臂ト云フ若シ臂ガ一直線



ヲ爲セル堅硬ノ棒ナル時ハ之ヲ直杆ト呼ビ或角ヲ爲セル時ハ之ヲ曲杆ト呼ブ

命題 直杆ノ支点ヲ隔ツル一定ノ距離ニ各等シカラザル

重量ヲ懸垂シ以テ平均ノ景態ヲ見出スベシ

此証明ヲ爲スニ便利ノ爲メ直杆ノ重量ヲ省略シ其杆ハ一

様ノ物質及ビ断面ヨリ成レル重キ一直線ノ棒ト假定シ其

中央ノ点ニ於テ支ヘラレ平均セルモノトス

第十四圖ニ於テA Bヲ直杆トシ其重量ヲHトスレバ直

杆ハ其中央ノ支点Cニ於テ平均スベシ

A BヲDニテ分チA Dノ重量ヲPニ等シクシD Bノ重量

ヲQニ等シカラシム

更ニA D、D Bヲ各々M、Nニテ二分ス然ラバA Dハ均一

ノ棒ナルガ故ニ其重量ハ中心ノMニ於テ集合スルモノト
假想スルヲ得ベクD Bノ重量ハ同一ノ法ニ依リNニ集合
スト假想スルヲ得可シ

第十四圖ニ下部ニ於テA Bヲ重量ノ無キ堅硬体トシM、N

ニ於テP、Qナル重量ヲ懸クル時ハ敢テ平均ヲ害セザルベ

シ而シテA Bニ懸タルP、Qノ重量ハ重キ均一ノ棒ニ換リ

Cナル点ニ於テ平均スベシ

今是ヲ幾何學上ヨリ論究スレバ左ノ如シ

$$CM = CA - AM = \frac{1}{2} AB - \frac{1}{2} AD = \frac{1}{2} DB$$

$$CN = CB - BN = \frac{1}{2} AB - \frac{1}{2} BD = \frac{1}{2} AD$$

$$\therefore DB = 2CM, DA = 2CN.$$

然レ共

$$\frac{P}{Q} = \frac{DA}{DB}$$

$$\therefore \frac{P}{Q} = \frac{2ON}{2OM} = \frac{ON}{OM}$$

$$\therefore P \times OM = Q \times ON.$$

是レ平均ノ景態ナリトス

此故ニ第十五圖ヨリ於テA・Bヲ重量無キモノト假定ス而シテ實際ノ槓杆ヲM・C・Nナリト考定シ其重量ヲ省略ス左レバCニ支点ニシテC・M及ビC・Nハ臂ナリ茲ニP及ビQノ重量ガ平均シタル時ハ

$$P \times OM = Q \times ON.$$

$$\text{或ハ } \frac{P}{Q} = \frac{ON}{OM}.$$

$$\text{或ハ } P : Q = ON : OM.$$

是レ平均ノ景態ヲ説ケル三種ノ方法ニシテ之ヲ反復スルモ其理ハ一ナリ詳言スレバ

$$P \times OM = Q \times ON$$

ニシテPトQハ平均スナリ

支点ノ壓力ヲ見出スベシ

A・Bナル棒ニ於テ總重量ハ支点ニ存シ此点ノ壓力ハ棒ノ重量ヨリ生スルモノナリ故ニ

$$\text{其ノ壓力} = P + Q.$$

單一ナル槓杆ハ又三力ノ作用ニ依リ静止スルモノト解シ得可シ即チMニ於ケルP、Nニ於ケルQ、及ビCニ於ケルRトス(第十六圖)

如何トナレバCニ於ケル壓力ハPトRナリ而シテ定則ニ依

リ原動及ヒ反動ハ各等シク且反對ナルガ故ニ上方ニ働ク
 單力 $P+Q$ ヲシテ C 点ニ加ヘタリトスレバ平均ノ在ルヤ明
 ナリ是ニ依リ吾人ハ槓杆ノ支点ヲシテ M, C 或ハ N ノ何レ
 ニテモ定ムル事容易ナリ若シ M ヲ支点トスレバ

$$P \times CM = Q \times CN,$$

$$Q \times CM = Q \times CM,$$

$$\therefore (P+Q)CM = Q(CN+CM) = Q \times MN$$

是レ支点ヲ M ニ定メ $P+Q$ ニ於ケル $P+Q$ 及ヒ N ニ於ケル Q
 ナル力ヲ受クル槓杆 M, C, N ノ平均ノ景態ナリトス
 M ノ支点ナル時ハ M ニ於ケル反動ハ P ナル力ヲ下方ニ加
 ヲ故ニ M ノ壓力ハ又 P ニシテ $P+Q$ ニ平行セル方向ニ於テ
 上方ニ働クナリ

$$\text{支点ノ壓力} = (P+Q) - Q$$

$$= P$$

而シテ大ナル力ノ方向即チ $P+Q$ ニ働クナリ
 若シ N ヲ支点トスレバ

$$(P+Q)CN = P \times MN$$

而シテ 支点ノ壓力 $= (P+Q) - P = Q$

力ハ能率 槓杆ノ作用ヲ細カニ驗スル時ハ槓杆ヲ一方ニ
 曲ゲントスル P ノカト他方ニ曲ゲントスル Q ノ力アリテ
 相平均スルコトヲ見ルベシ而シテ以上ノ証明ヨリ推究シ
 $P \times CM = Q \times CN$

ノ乘積ハ OM ノ臂ニ働ク P ノ力ヲ量リ得ベシ例ヘバ二ノ
 臂ニ於ケル六ノ重量ハ四ノ臂ニ於ケル三ノ重量ト平均ス

ベシ其故ハ $6 \times 2 = 12$, $3 \times 4 = 12$ ナリ
 若シ P ガ C M ノ臂ニ對シ垂直ニ働ク限リハ假令ハ C M ノ
 方向ガ或角度ヲ爲シ水平或ハ直立ニ曲ガルトモ $P \times CM$ ノ
 乘積ハ依然トシテ變ゼザルベシ而シテ又 P ガ上方ニ直立
 ヲ爲シテ働クトモ同一ナリトス總テノ物ハ皆 $P \times CM$ ノ乘
 積ニ關ハラザルハナシ而シテ之ヲ力ノ能率ト稱ス若シ P
 磅ガ二呎ノ臂ニ働クトキハ P ノ能率ハ $2P$ ニシテ P 磅ガ A
 呎ニ働クトキハ P ノ能率ハ PA ナリ
 各種ノ槓杆 槓杆ニ三種アリ第十七圖ニ示ス所ノ (1), (2), (3)
 是ナリ A B ノ重量ハ省略サレタルモノトス
 (1) ニ於テ P ハ B ニテ下方ニ働ラキ A ニ於ケル W ト平均ス
 然ラバ

$$P \times CB = W \times CA$$

土木工事ニ於テ巨大ナル石等ヲ動かスニ用フル普通ノ槓
 杆ハ第一種ニ屬ス剪刀ハ又此種ノ槓杆ノ二重ナルモノニ
 シテ其接目ヲ二個ノ槓杆ノ共通ノ支点トス而シテ其目的
 ハ抵抗ヲ截斷スルニ在リ
 (2) ニ於テ W ト P ハ共ニ支点ノ一方ニ働ラキ W ノ方 C ニ接
 近ス茲ニ平均ノ狀況ハ能率ノ均一即チ

$$W \times CA = P \times CB$$

ナリトス端^端ノ^{カヒ}權ハ第二種ノ槓杆ニシテ水中ニ於ケル權
 ノ羽ヲ支点トシ抵抗ハ漕グ時ノ壓力ナリ
 此場合ニ於テ P ハ W ヨリ其力小ナランコトヲ要ス
 (3) ニ於テ以前ノ如ク W ト B チ共ニ C ノ一方ニ働カシム然

レ共 P ハ W ヨリモ C ニ接近ス

$$P \times CB = W \times CA$$

人ノ前腕ハ第三種ノ槓杆ナリ其支点ハ臂ニシテ W ハ手ニ
 持タントスル物ナリ而シテ腕ニ於ケル筋ノ緊縮ハ臂ニ近
 キ處ニ於テ上方ニ引カントスルナリ
 此場合ニ於テ P ハ W ヨリ其力大ナランコトヲ要ス
 支点ノ壓力ハ (1) ニ於テハ下方ニ働ラク $P+W$ ニシテ (2) ニ於
 テハ同ジク下方ニ働ラク $P-W$ ナリ而シテ (3) ニ於テハ上方
 ニ働ラク P ナリトス
 曲杆 種々ノ場合ニ用キタル曲杆ニテハ其臂或角度ヲ爲
 シテ傾斜シカハ臂ニ對シ或角度ヲ爲シテ働ラクモノトス
 已ニ説ケルガ如ク若シ C M ナシテ槓杆ノ臂ヲ表シ P ノ力

C M ニ垂直ノ方向ニ於テ M ニ働ケル時ハ槓杆ヲ曲ゲント
 スルノ力即チ P ノ能率ハ $P \times CM$ ナリ是ト等シク Q ノ曲ゲ
 ントスルノ力 C N ノ臂ニ垂直ニ働ク時ハ其作用ハ $Q \times CN$
 ナリ若シ $P \times CM = Q \times CN$ ナル時ハ曲杆 M C N (第十八圖)ノ場
 合ニ於ケルガ如ク C M ト C N ノ位置ノ如何ニ關セズ平均
 ナ生ズベシ
 今 C A, C B ナ描キ C M, C N ニ或角度ヲ爲サシム而シテ太
 キ線ヲ以テ A C M, B C N ノ三角形ヲ表ス斯テ P ハ A ニ働
 キ Q ハ B ニ働ク是レ平均ヲ害セザルベシ故ニ P 及ビ Q ノ
 力ハ曲杆 A C B ノ臂ニ働キ $P \times CM = Q \times CN$ ノ場合ニ於テ平
 均スベシ尙ホ詳言スレバ P 及ビ Q ノ力曲杆 A C B ノ臂ニ
 或角度ヲ爲シテ働キ C M, C N ナ各 A P, B Q ニ垂直ヲ爲ス

富 國 全 書

如ク支点Cヨリ引キタル時ハ $P \times CM = Q \times CN$ ノ時平均ヲ生ズベシ
 數カハ能率 $P \times CM$ ナル積ハ CAP 角ニ於テ CA ノ臂ニ働ケル P ノ能率ナルコトハ已ニ前項ニ説ケリ
 定義 力ノ能率トハ力ニ運動ノ中心ヨリノ垂直ノ距離ヲ乘ジタル積ナリ
 假令バ數力一物体ニ働キ一ノ軸ニ於テ或方向ニ之ヲ曲ゲントスル時ハ各力ノ作用ヲ其能率ニテ表シ全体ノ作用ヲ各能率ノ加ト爲スヤ明ナリ
 力ノ能率ハ一方ニ曲ゲントスル時正号ヲ有シ他方即チ反對ニ曲ゲントスル時ハ負号ヲ有ス故ニ代數學ノ加算ノ如クニ能率ヲ計算ス數力ノ一平面ニ働クトキハ之ヲ總合シ

機 械 學 一十七

タル作用ニ等シキ合成力ヲ有スベシ此合成力ノ能率ハ同一点ニ於ケル各力ノ能率ノ加ニ等シキモノナリ是ニ由テ左ノ定義ヲ得ベシ
 一ノ平面ニ於テ硬体ニ働ケル數力ハ一定ノ軸ヨリ之ヲ一方ニ曲ゲントスル力ノ能率ノ加ガ他方ニ之ヲ曲ゲントスル力ノ能率ノ加ニ等シキ場合ニ於テ平均スベキモノナリ
 平行力 平行力ノ合成及ビ分解ハ種々ノ方法ヲ用ヒ力ノ平行方形ノ理ヨリ推究セラレ得可シト雖モ吾人ハ特ニ槓杆ノ理ヲ應用シテ論証スル所アラントス
 硬体ニ於テ同方向ニ働ケル二平行力ノ合成力并ニ其働ケル点ヲ見出スベシ
 P 及ビ Q ナリニ平行力トシ M P N Q ナル平行ノ方向ニ働キ

是ト直角ニMP、NQヲ貫通スMCN線ヲ引キ之ヲ堅硬ノ
 物体ト假定ス(第十九圖)

然ラバMCNハ一ノ槓杆ナリ而シテMN間ニハ必ズCノ
 如キ或点アリテ $P \times CM = Q \times CN$ ヲ爲サトル可カラズ
 Cヲ見出サンガ爲メ $CM = a$, $MN = a$ トス然ラバ

$$Pa = Q(a - a) = Qa - Ca$$

$$(P + Q)a = Qa$$

$$a = \frac{Qa}{P + Q} \dots\dots\dots (1)$$

又支点ノ壓力ハ $P + Q$ ナリ
 故ニCニ働ケル $P + Q$ ナル單一ノ力ハMニ於ケルP及ビN
 ニ於ケルQノ合成ノ作用ヨリ生ジ其合成力ナルモノナリ
 之ヲ式ニテ表セバ

$$R = P + Q$$

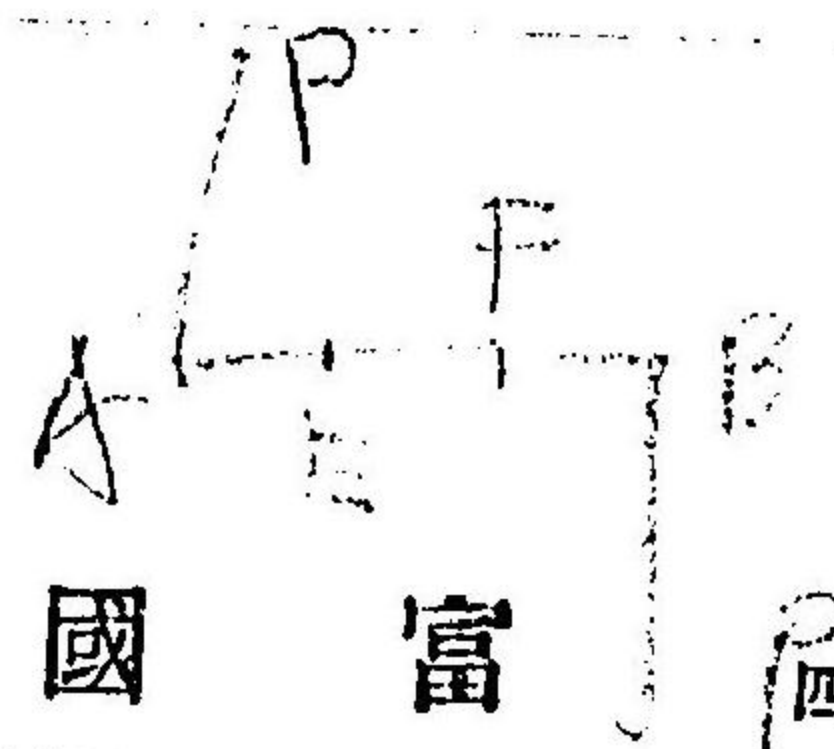
而シテRハ方程式(1)ニ依リ算出セラレタルC点ニ働クナ
 リ若シ一個ノ力例ヘバPガ上方ニ働ケル時ハPニ負号ヲ
 附スルヨト左ノ如シ

$$R = Q - P, a = \frac{Qa}{Q - P}$$

若シPガQヨリ大ナリトスレバR及ビaヲ共ニ負号ヲ有
 スルモノトシテ算出ス
 偶力 P及ビQガ反對ノ方向ニ働キ其力各等シキハ

$$R = P - P = 0$$

ニシテ合成力ナルモノナシ然レ共斯ノ如キ方式ハ單一ノ
 力ニ表スルヨト能ハザル意ヨリ云ヘバ合成力ナシト雖モ
 吾人ハ屢々此ノ如キ場合ニ遭遇スル而已ナラズ又機械學



ニ於テ重要ナルモノナリ

定義 等シク且反對ナル平行力ノ一對ヲ偶力ト云フ

力ト力ノ間ノ垂直ノ距離ヲ偶力ノ臂ト云フ

臂ニ各力ヲ乗ジタル積ヲ偶力ノ能率ト云フ

P 及ビ P' ノ二平行力硬体ニ働キ其方ハ AP, BP ニシテ以

テ偶力ヲ作ル或直線 AB ナシテ直角ニ AP, BP ナ貫通セ

シム E ナ AB ニ於ケル或点トシ AB ナ硬体ト假定ス然ラ

バ E 点ヨリ P, P' ノ力が曲ゲントスル作用ハ左ノ如シ

$$P \times AE + P' \times BE \quad \text{即チ} \quad P \times AB$$

又 F ナシテ BA ニ生ゼラレタル或点トシ夫ガ E 点ヨリ曲

ゲントスル作用ハ

$$P \times EB - P' \times EA$$

$$\parallel P \times AB$$

更ニ AB ハ力ノ平面ニ於ケル或直線ナリ故ニ偶力ノ作用

ハ其曲ゲントスル或線ノ周圍ニ物体ヲ曲グルノ傾向ヲ有

ス而シテ此線ハ平面ニ垂直ヲ爲シ力ノ働ケルモノナリ此

曲ゲントスル傾向ヲ量ルニハ偶力ノ臂ニ力ヲ乗ジタル積

ニシテ之ヲ偶力ノ能率ト云フ

平行力ノ合成力 二個ノ平行力ノ合成力ヲ見出すノ法ハ

之ヲ數力ニ應用スルヲ得可シ

數個ノ平行力ノ合成力ヲ見出すベシ

第二十圖ニ於テ P, Q, S ナ硬体ニ働ケル三平行力トス C ナ

シテ P 及ビ Q ノ中心トスレバ P, Q, S ノ合成力ニ

シテ左ノ方程式ニ依リ與ヘラレタル C 点ニ働ク

之ト同ジクDヲP+QトSトノ中心トシ左ノ方程式ニテ求ムルヲ得ベシ

$$AO(P+Q) = Q \times AB$$

$$OD(P+Q+S) = S+OE$$

又(P+Q)トSトノ合成力ハD点ニ働クハP+QトSナリトス此方法ニヨリ力ノ數若シ四、五或ハ是ヨリ以上ニテモ求ムルコト容易ナリ故ニ數個ノ平行力ノ合成力ハ力ノ加ニシテ正号ヲ有スト假定シタル力ト反對ノ方向ニ働ク或力ノ前ニ負号ヲ置クナリ

平行力ハ中心ニ平行力ノ中心ヲ求ムルニハ「コーオルヂ子」トノ法ニ依ル時ハ容易ナリ茲ニ中心ト云ヘルハ合成力ノ働ク点ヲ指セルナリ

堅硬ナル物体ノ平面ニ働ク數個ノ平行力ノ中心ヲ求ムベシ

P、Q、Sヲ硬体ノA、B、D点ニ働ク平行力トス力ノ平面ニ於テ第二十一圖ノ如クO₂、O₃ヲ描キO₂ニ垂直ニAM、BNヲ引キCヲシテP及ビQ力ノ中心トシO₂ニ垂直ニCEヲ描キ又O₃ニ平行ニKCLヲ引キKトLニ於テP、Qノ方向ニ會ス然ラバ

$$P \times AM = P(KM - AK) = P \times OE - P \times AK,$$

$$Q \times BN = Q(LN + BL) = Q \times OE + Q \times BL.$$

$$P \times AM + Q \times BN = (P+Q)CE + Q \times BL - P \times AK.$$

然レ共等三角ニ依リ $\frac{BL}{AK} = \frac{OE}{OA}$,

之ヲ以テ $Q \times BL - P \times AK = AK(Q \times \frac{BL}{AK} - P)$,

然レ共 $Q \times CB - P \times CA = 0$, $\therefore Q \times BL - P \times AK = 0$,
 之ヲ以テ $P \times AK + Q \times BN = (P+Q) \cdot OE$.
 同一ノ法ニ依リ若シ G ナシテ O ニ働ク力 $(P+Q)$ ト D ニ働ク
 力 S トノ中心ナラシメ而シテ O 点ニ垂直ニ G, H, D, E ナ引
 ク時ハ左式ノ如シ

$$= AK \left(Q \times \frac{CB}{CA} - P \right),$$

$$= \frac{AK}{CA} (Q \times CB - P \times CA).$$

$$(P+Q) \times CE + S \times DE = (P+Q+S) \cdot GH,$$

即チ $P \times AM + Q \times BN + S \times DE = (P+Q+S) \cdot GH$.

是ニ由リ左ノ規則ヲ定ム是レ明カニ數力ニ適用スルヲ得
 ベシ則チ O 点ノ如キ一ノ與ヘラレタル線ヨリ應用セント
 スル点ヘノ垂直ノ距離ニ各ノ力ヲ乘ズ然ラバ此乘積ノ加

ハ同一ノ線ヨリ其中心ノ垂直ノ距離ニ力ノ加チ乗シタル
 積ニ等シカルベシ

力ノ大サ及ビ應用セントスル点ヲ知リ O 点ヨリ中心ノ距
 離ヲ計算スルヲ得ベシ是ト等シク O 点ニ垂線ヲ下シ而シ
 テ其線ニ就テ精密ニ前法ヲ行ヒ O 点ヨリ中心ノ距離ヲ測
 定スルコトヲ得ベシ斯クシテ O 点ナル面ニ於ケル精密
 ノ位置ヲ測定ス何トナレバ吾人ハ今平行力ノ中心ノ二個
 ノ四邊形「コーオルヂ子」ヲ定メタリシガ故ナリ中心ノ
 位置ハ力ノ働ク方向ニ關セザルモノトス

第四章 重心

若シ平行力が物体ノ隔離セル部分ノ重量ナル時働ケル力

ノ中心ヲ物体ノ重心ト云フ

定義 物体ノ重心トハ重量ノ全体ガ働クト假定スル一

点ヲ云フ即チ物体ノ各部ノ重量ニ由ル平行力ノ中心ナリ

例 一、三、五、七磅ノ重量アル物体ヲA Bナル線上ニ各々一

呎ヲ隔テ、置ケリ其重心ヲ見出スベシ

茲ニ重心ハA B(第二十二圖)線中ニ在リ其Aヨリノ距離ヲ

$$Xトスレバ (1+3+5+7)X = 1 \times 0 + 3 \times 1 + 5 \times 2 + 7 \times 3$$

$$16X = 34$$

$$X = \frac{34}{16} = \frac{17}{8} = 2 \frac{1}{8}$$

即チAヨリ二呎ト八分ノ一ナリ

重心下降ノ傾向 前項ニ述タル定義ニ依リ若シ物体ノ重心定マレル一点ニシテ働ケル力ハ只重力而已ナレバ其物体ハ如何ナル位置ニ於テモ静止スベシ然レ共斯ノ如キ場合ハ平常有リ得可カラザルモノニシテ吾人ノ測定セントスルモノハ重心ノ定マレル一点ニ非ラザル時ナリ茲ニ吾人ノ注意ヲ要スル件アリ重心ハ絶ヘズ重力ノ爲ニ下方ニ引カレントス而シテ常ニ最低ノ平面ニ下ラントシ決シテ上ラントスルノ傾向ヲ有スルコト無シ故ニ若シ重心ノ下リテ動ケル時ハ静止スルモノニ非ズ然レ共之ヲ上ラシムルカ或ハ水平線ニ動カシメント強ユルノ時ハ只重力而已ニテ其位置ヲ變ゼザルナリ

水平面ニ於ケル物体ハ平均 重心下降ノ理ヨリ或物体ヲ

水平面ニ置キ豫メ倒レザルヤ否ヤヲトスルヲ得ベシ此証
明ヲ爲スニハ圖ヲ描キ之ヲ幾何學上ヨリ論究スルモノト
ス

第二十三圖ニ於テA B C Dヲ或物体ノ縱斷面トス是レA
Bナル水平面ニ安置スルモノニシテ其重心Gヲ通ジテ切
斷シタルモノナリ圖ノ如クA G、G Bノ半徑ニテ小ナル弧
線ヲ描キA C、B Dナル直立線ヲ引ク

若シGガC A B Dナル空間ニ在ル以上ハ是等ノ弧線ハ矢
形ニテ示ス如クA G、B Gニ直角ヲ爲シ上方ヲ指スベシ即
チ重心ハ唯上ラントシテ動クベシ故ニ前項ノ理ニ由リ靜
止ス

Gヲ通ジテ直立線G Hヲ描キHニテA Bニ會ス然ラバ若

シHガA及ビB間ニ在ル時ハ物体ハ依然トシテ水平面ニ
立ツモノナリ

精密ニ物体ノ平均ヲ驗スルニハ總テノ方向ヘGヲ通ジテ
直立的ノ平面ヲ引カザル可カラズ重心ノ通ジタル直立線
其物体ノ底即チ基礎中ニ落ル時ハ倒レザルモノナリ

今第二十四圖ニ於テG点ガC A B Dノ範圍外ニ落ル場合
ヲ驗セン以前ノ如キ方法ヲ行フトキハB Gニ直角ニ引キ
タル矢ニテ示ス如クGハBヨリ動キテ下降セントス然レ
共他ニ此運動ヲ防碍スルモノ無キガ故ニ物体ハ轉倒スベ
シ是ト同ジク重心ガA Cノ外ニ在ル時ニ於テモ等シキモ
ノナリ

斯故ニ若シ物体ノ重心其底ノ外ニ落ル時ハ決シテ水平面

ニ靜止セザルベシ而シテ重心GがA C或ハB Dニ落ル時ハ辛フジテ靜止スベシト雖モ少シク之ニ觸ル、レバ忽チ轉倒スルモノナリ
 固定平均及ビ不定平均 物体ノ靜止セル時少シク是ニ觸ル、ト雖モ忽チ固有ノ位置ニ歸ル可キモノハ之ヲ固定平均ト稱シ全ク歸ラズシテ轉倒スルモノヲ不定平均ト稱ス
 一般ノ定則ハ左ノ如シ
 物体ノ平均ハ固定ニ非ラザレバ不定ナリ是レ重心ノ位置ノ高低ニ關ス
 一ノ物体アリテ其重心ヲ最低ノ所ニ置キテ靜止ス此平均ハ固定ニ外ナラジ如何トナレバ重心ハ最低ノ位置ヲ占ムルガ故ニ假令ハ少許ノ妨礙ヲ受クルモ其重心ヲ是ヨリ以

下ニ降スコト能ハズ即チ上ラシムルナリ而シテ重力ハ是ヲ始メノ位置ニ歸ハラシム又物体ノ重心ガ其支持点ノ下ニ在ル時ハ固定平均ヲ爲ス此場合ニ於テモ或妨礙ハ重心ヲ上ラシメザルヲ得ズ故ニ重力ニ引カレテ舊位置ニ歸ル重心ガ最高ノ所ニ在リテ或ル妨礙ヲ受クレバ重心ハ低キ平面ニ下降スベシ而シテ重力ノ作用ハ是ヲ上ラシムル事ナク益々下方ニ下ラシメントス故ニ物体ハ其舊位置ニ歸ルコト能ハザルナリ之ヲ不定平均ト稱ス
 物体ハ決シテ不定平均ニ於テ靜止スルモノニ非ズ假令ハ是ニ在ルモ只理論的ニシテ實際ニ於テハ無シト斷言スルモ可ナリ
 又一ノ例アリテ物体ガ妨礙ヲ受ケ靜止ノ位置ヨリ少シク

他ニ轉ジタル後チ動キモセズ又舊位置ニモ歸ヘラザルモノアリ此平均チ中立ト稱ス是レ重心ガ全ク動カザルカ或ハ水平線ニ動クトキニ起ル蓋シ前者ハ重心チ貫通スル線ニ懸垂シタル物体ニ見ルチ得ベク後者ハ円柱或ハ球チ水平面ニ轉ズル時ニ見ルチ得ベシ

例題 物体ノ重心ハ幾何學チ用ヒテ簡單ニ見出スコトヲ得而シテ夫ガ二三ノ例チ與ヘントス紙牌ノ如キ平面形ノ重心ハ實驗ニテ見出スナリ

物体チ或點ヨリ懸垂スル時ハ重心ハ懸垂点ノ直下ニ來ルヤ已ニ明ナリ左レバPQ(第二十五圖)ノ如キ平面板チABノ系ニテA点ニ釣ルトキハ重心ハABCナル直立線中ニ在ルベシ再ビ板チADノ系ニテ釣ルトキハ重心ハADE

ナル直立線中ニ在ルベシ茲ニ於テ鉛筆チ以テBC、DEノ二方向チ板面ニ記シ此兩線ノ交スル点Gチ以テ直ニ板ノ重心トス

平面三角ノ重心チ見出スベシ

ABC(第廿六圖)チ三角形トシEニテABチ二等分シCEチ連絡ス而シテABニ平行ニP、r、qチ引クトキハrニ於テCE線ニ會ス然ラバ

$$pr : AB$$

$$:: or : CE$$

$$:: rq : EB$$

然ルニAEハEBニ等シ故ニprハrqニ等シク則チP、r、qハrニ於テ二等分セラル而シテABニ平行ニ引キタル線

ハ何レノ處ニ於テモ同一ナリ是ニ由テ三角ノ重心ハOE
 線中ニ在ル可キナリ
 又EニテACヲ二等分シBG、EFヲ連絡ス然ラバ同上ノ
 理ト等シク三角形ノ重心ハBF線中ニ在ルベク是等ノ交
 又点Gヲ以テ求ル所ノ重心トス
 之ヲ證センガ爲メFE、G、CG、Bナル等三角形ニ依リ

$$EG : GO :: FE : OB$$

$$:: AB : AB$$

$$:: 1 : 2$$

$$:: GO = 2GE$$

$$EG = \frac{1}{3} EC$$

詳言スレバ三角ノ重心ハ或角ノ一隅ヨリ是ニ對スル邊ノ

中心ニ引キタル線中ニ在ルモノニシテ其角ノ点ヨリ三分
 ノ二ノ處トス

第五章 運動ノ變換

機械ノ運動ハ多ク回轉運動ヨリ來ルモノナリ故ニ先ツ一
 點ノ回轉運動ハ單純ナル直線ノ運動ニ變ジ得可キコトヲ
 述ベントス

此ヲ證スルニハ「コ」オルヂ子「ト」式ヲ適用ス第二十七圖
 ニ於テPヲCナル中心ヲ有スル圓ニ均一ニ動ク一點トス
 OCD、BC、BEハ直角ヲ爲セル二個ノ直徑ナリO、O'、O''ハ
 正方形ノ邊トスPCヲ連絡シ各O、O'、O''ニ垂直ナルPN、
 PMヲ引ク已ニ前章ニ説ケルガ如クNナル点ハO、Cニ於

ケルPノ投影ニシテPガOヨリBニ動クノ時ハNハOヨリCニ動ク是同ジクMハBCニ於ケルPノ投影ニシテPガOBナル曲線ヲ引ケルノ時ハCヨリBニ動ク此故ニ若シPガO ω ヲ浴ヘルNノ運動ヲ受クルト同時ニO γ ニ平行ナルMノ運動ヲ受クレバOPナル圓ノ一部ヲ描クナルベシ詳言スレバ円形ノ運動ハ二個ノ單純ナル運動即チNトMニ依リ生ズルモノニシテONトNPナル二個ノ分力ニ分解スベシ

円形ノ運動ハ此分力ノ一ヲ制禁シ他ノ一ヲ利用シテ以テ交互ノ運動ニ爲スヲ得ベシ

例ヘバO γ ニ平行セル運動ヲ制禁シ唯Nノミヲ利用セシム此考案ハ第二十八圖ニ示SPナル釘ハ円板ニ結束セラ

レ背後ニ置カル、把手ニテCノ周圍ニ回轉スE ω ハ一ノ棒ニシテ直立セル棒ABDニ結束セラル此直杆ハA及ビBニ於テ導者ヲ有ス

Pノ回轉スルトキE ω ヲ浴ヘル運動ハ働キヲ爲サズ即チ制禁セラレN点ノ運動ノミ用ヒラレテ直ニADナル直杆ニ傳ユスノ如クシテPノ円形運動ハ交互ノ運動ニ變ゼラレADノ直杆ハ精密ニN点ノ運動ニ符合スルモノトス

Pガ全キ円形ニ回轉スルノ時ハNハOCDナル直徑ヲ沿フテ交互ニ動クPノ運動ハ均一ニシテNハ不等ナリN點ハ運動ヲ始メテヨリ順次其速度ヲ増シC點ニ來リタル時最モ早クCヲ經過シDニ達スルマデ順次其速度ヲ減ズ茲ニ到リテ歸途ニ就クモノナリ

回轉運動ヲ交互ノ運動ニ變換スルノ理ハ右ノ如シ此實驗
 ナ爲サント欲セバ最モ簡單ニ爲スヲ得可シ夫ハ一ノ軸ニ
 回轉スル小ナル車ヲ用ヒ其一端ニ球ヲ附着シテ觀測スル
 時ハ其車ニ面シテ見レバ球ハ明ニ円形ノ運動ヲ爲スナル
 ベシ然レドモ之ヲ側面ヨリ見レバ球ハ一直線中ニ交互ニ
 動クベシ此交互ノ運動ハ場合ニ依リテ直立或ハ水平等其
 欲スル所ニ隨フベキナリ

Nノ運動ヲ示スニ弦運動ト云ヘル語ヲ適用ス是レ音叉チューミンク、フオーク又チ
 震動セシムル時其尖頭ガ此運動ヲ爲スニ由レリ吾人ハ茲
 ニ本題ヲ詳述スルノ餘白ヲ有セズト雖モ今ヤ記シタル語
 ニ付キ少シク述ブル所アラシ

NノCニ在リMノBニ在ルヤ兩者ノ運動ハ全ク同一ナリ

即チMノ運動ハNニ等シM及ビNノ点ハ各別ニ弦運動弦運動ヲ
 爲ス詳言スレバ兩点ハ同時ニ發程セザルナリM已ニ行程
 ノ中央ニ達シタルノ時Nハ漸ク出立ス交互運動ハ此二者
 ナ適當ニ用ヒテ目的ヲ達シ得ベシ即チ一ガ發程セントス
 ル時ハ他ハ正シク其中央ニ在ラザル可カラズ若シ假リニ
 MトNト同時ニ發程スルコトアランカPハ円ヲ記セズシ
 テ直線ヲ記スルモノナリ

Nノ速度ヲ見出スベシ

第二十九圖ニ於テPTチシテ或瞬間シユレカンニ於ケルPノ速度ト
 シOCニ垂直ニPN、TN、チ引キ又TNニ垂直ニPRチ引
 ク左レバNN'ハOCヲ沿ヘルPTノ分カレタル部分ナリ
 是ニ由リ

右ノ方程式ニヨリNノ速度ハPノ速度ニテ計算スルナリ
 角速ハ測定 本題ニ入ルニ望ミ先ツ円形運動ヲ測定スル
 方法ヲ述ブベシ

第三十圖ヲシテ円ヲ表シ其中心ヲOトスO Cハ定マレル
 線ニシテP及ビQハ周圍ニ於ケル隨意ノ二點ナリ而シテ
 D點ハO Dノ弧線トO Cノ半徑ト等シキ位置ニ在ルモノ
 ナリP C、D C及ビQ Cヲ連絡ス然ラバ

$$\frac{OCP角}{OCD角} = \frac{OP}{OD} = \frac{OP}{OC} = \frac{弧線}{半徑}$$
 O C Dノ角ハ不易ノ大サナルガ故ニ之ヲ單位トシOCD = 1
 トスレバ

$$\frac{OCP}{OC} = \frac{OP}{半徑}$$

斯ノ如クO C P角ノ頂點ヲ中心トシ圖ニ示スガ如ク或半
 徑ノ弧線ヲ描キ角ノ大サヲ簡單ニ測定スO C P角ノ大サ
 ハ $\frac{OP}{OC}$ ノ比ニテ表ハスナリ
 定義 半徑ニ等シキ弧線ニ依リ円心ニ對シテ成レル角
 ハ円形測定ノ單位ナリ
 此單位ヲ以テ角ヲ表ハスヲ円形測定ノ法ニテ表スト稱ス
 夫ハ左ニ由リテ明カナリ

$$\frac{OCP角}{180} = \frac{180}{\pi} = \frac{180}{3.1416} = 57.29577度$$

今ヤ進ンデーノ觀察點ヨリ円形ニ運動スル一點ノ速度ヲ
 測ルベシ再ビ第三十圖ニ就テP點ヲシテッナル均一ノ速
 度ヲ以テO D Qナル円ヲ描カシム然ラバハ一秒間ニP
 ノ描キタル弧線ナリ然ルニPガ或弧線ヲ描クト同時ニC

Pノ半徑ハ或角ヲ描ク而シテPノ運動ハO Pが一秒間ニ描ケル角ニテ表スルヲ得ルヤ明カナリトス
 O Oヲ固定ノ線ト爲シO C P角ノ變動スル割合ヲC Pノ角速ト稱ス角速ハ均一ナラザレバ不等ナリ若シ均一ナルトキハ單位ノ時間ニ描キタル角ニテ測ガルヲ得ベシ時間ノ單位ハ通例一秒間トス角速ヲ表スルニ希臘文字ノ ω ヲメガト訓ムヲ用フルヲ普通トス猶ホ円周率ヲ表スルニ同シ文字ノ π (パイ)ト訓ムヲ適用スルガ如シ
 此命位ニ從ヒO Pヲシテ一秒間ニPノ描キタル弧線トシ而シテO P Qナル円ニ均一ニ動ケル時ハ ω ヲPノ速度トシテ ω ノ半徑トス然ラバ

$$OCP = \frac{H}{OP} \cdot \omega$$

$$\omega = \frac{v}{r}$$

又不等ノ場合ニ於テO Pノ角速ハ單位ノ時間ニ描キシナラント思ハル、角ニテ測ルナリ
 円形運動ハ傳送 円形運動ヲ使用スルニハ左ノ二ヶ條ノ一ヲ行ヒ得ベシ

- (一) 円形運動ハ円板ノ周圍ヨリ取ル猶ホ糸ノ端ヲ木匡ヨリ引キ出スガ如シ
- (二) 円形運動ハ二力ノ一ヲ制禁シ他ノ一ヲ單一弦運動トシテ用フ

右ノ二ヶ條ハ機械學ニ於テ極メテ必要ナルモノニシテ其種類多シ第一ハ齒車及ビ調革ヲ用ヒタル滑車ニ應用シ第

二ハ以上ノ動運チ有効ナラシムル設計ニ於テ機械學家ノ手鍊ヲ要スベキモノナリ
 是ヨリ進ンデーノ回轉スル円板ヨリ他ニ運動ヲ傳送スルノ方法ヲ説クベシ
 第三十一圖ニ於テA及ビBチ二個ノ回轉スベキ円板トシ各平行ノ軸ニテ回轉シ兩者ノ各端ハ相接觸ス若シA及ビBノ二者適當ニ制セラレ而シテ甚ダ正確ニ調度ヲ爲ストキハ唯A而已チ動カシ以テ之ヲBニ傳フルニ摩擦ノミニテ爲スチ得ベク兩者ノ回轉平滑ニシテ少シモ滑ベルコト無ルベシ然レドモAハ斯ノ如クBノ運動ノ或ル大抵抗ニ打勝ツコト能ハザルナリ語ヲ換テ云ヘバ實際一個ノミノ作用ニ依リ力ノ大部分チ他ニ傳フルコト難シ

二個ノ円板アリテ共ニ回轉スルトキハ兩者ノ角速ハ其円板ノ半徑ハ反比例ヲ爲スベシ
 圓ニ示ス如キ二個ノ円板アリA及ビBニ中心チ有シ共通ノ角PAD及ビDBQチ通ジ接觸ニテ回轉スADチαトシC Bチβトス然ラバ

$$PAD = \frac{PD}{\alpha}, \quad QBD = \frac{QD}{\beta}, \quad PD = QD$$

$$\frac{A円ノ角速}{B円ノ角速} = \frac{PAD}{QBD}$$

$$= \frac{PD}{QD} + \frac{QD}{\beta} = \frac{\beta}{\alpha}$$

是レ前ノ命題ヲ証スルモノトス
 Aチシテ全キ回轉ヲ爲サシム然ラバ2πハAノ周圍ノ長サニシテ2πrハBノ周圍ノ長サナリ故ニ若シαハβヨリ

小ナレバBハ左ノ比例ニ應ジテ四直角マデノ角度ヲ回轉スベシ

$$2\pi a : 2\pi b$$

或ハBハ左ノ比例ニ從ツテ一回轉ノ分數ヲ爲スベシ

$$\frac{2\pi a}{3\pi a} \quad \text{即チ} \quad \frac{2}{3}$$

詳言スレバAガ一回轉ヲ爲ス間ニBハ一回轉ノ $\frac{2}{3}$ ナ爲スベシ

齒車ノ力ノ傳送ハ機械ノ緊要ナル條件ノ一ニシテ第三十

二圖ニ示スガ如クA及Bノ円板ニ齒ヲ具備スレバ其間

ニ想像的ノ円アルコトヲ認ム即チ二個ノ點線ニテ示ス之

ヲ「ピッチ」ノ円ト稱ス齒ヲシテ適當ニ製造スレバAノ運動ハ正確ニBニ傳フルヲ得ベシ

定義 兩車ノ「ピッチ」トハ車ノ運轉セル時各々接觸シ現

實ノ運動ヲ表スル二個ノ円ヲ云フ

例ヘバ茲ニ十六吋ヲ距ツル二個ノ軸アリ之ヲ齒車ニテ聯

絡セシメ其回轉ノ速度三ト五ノ比例ヲ得ントス此問題ヲ

釋クニハ兩軸ヲ中心トシテ六吋ト十吋ノ半徑ヲ以テ二個

ノ円ヲ描ク此兩円ハ互ニ接觸シ要スル所ノ速度ヲ得ベシ

是レ「ピッチ」ノ円ナリ機械畫ニ於テハ此「ピッチ」ノ円ヲ以テ

現實ノ車ニ代用スルヲ通常トス

定義 齒ノ「ピッチ」トハ二個連接セル齒ノ共通ノ端ニテ

切斷セル「ピッチ」ノ円ニ於ケゲACノ間隔ナリ

Nヲ車ノ齒數トシDヲ「ピッチ」ノ円ノ徑トシPヲ齒ノ「ピッ

チ」トスレバ $N \times P$ ハ「ピッチ」ノ円ノ周圍ニシテ即チ πD ナリ

齒車ノ種類ハ非常ニ多クシテ是ヲ枚擧スルニ遑アラズ其
 首ナルモノハ「スパイ、ホイール」ト稱シ前圖ニ於テ一部分ヲ示
 シタル車ナリ其齒恰カモ太陽ノ後光ノ如ク周圍ニ凸出ス
 「アンニユラ、ホイール」ハ普通ノモノト反對ニシテ其齒ハ圈ノ
 内部ニ在リ「ラツク」ハ齒ヲ具備シタル直杆ニシテ「ピニオン」
 ハ齒數ノ少ナキ車ナリ齒車ノ軸ハ通例円柱狀ノ棒ニシテ
 車ト共ニ回轉シ其兩端ハ又円柱狀ニ窪ミタル位置ニ支持
 セラレ密ニ適合ス
 運動ヲ傳フル二個ノ車ニ於テ其傳フル車ヲ授動者ト云ヒ
 傳ヘラル、ノ車ヲ受動者ト云フ
 調革 円形運動ハ調革ヲ用ヒテ回轉セル一ノ円ヨリ他ニ
 傳フルヲ得ベシ此方法ハ運動ノ傳送ニ用フル普通ノ法ニ

シテ其理ハ第三十三圖ニ示スガ如シA及ビBハ二個ノ円
 板ニシテ小距離ノ所ニ端ノ無キ綱ニテ連絡セラレ決シテ
 逸飛スルコトナシ綱ハ各板ニ觸線ヲ爲シ一ハ交叉シ一ハ
 否ラズBノ回轉ノ方向ハ觸線ノ交叉セザルトキAニ等シ
 ク交叉シタルトキAト反對ス左レバAハ意ノ如クBヲ回
 轉セシム又Bノ速度ハ二個ノ円板ノ大サヲ變ズレバ從ツ
 テ増減スルコトヲ得ルナリ
 例ヘバAノ徑ヲ十二吋トシBノ徑ヲ九吋トス綱ヲシテ逸
 飛セザルモノト假定スレバBノ運動ハ直接ニAニ於テ回
 轉スルモノト其結果異ナルコトナシ故ニ

$$\frac{Aノ角速}{Bノ角速} = \frac{12}{9} = \frac{4}{3}$$

即チ與ヘラレタル時間ニ於テAガ六十回ヲ爲スナラバB

ハ同一ノ時間ニ $\frac{3}{4} \times 60$ 即チ八十回ヲ爲スナルベシ
 滑車 前項ニ於テ円板ナル語ヲ使用セシガ是レ理論上ノ
 言ニシテ實地ニ於テハ滑車ノ事ナリ而シテ又綱ハ調革ヲ
 云ヘルナリ是レ蒸氣機關ヲ使用スル工場ニハ普通ニシテ
 此考案ヲ緩急滑車ト云フ第三十四圖ハ斯ノ如キ滑車ヲ示
 スA及ビBト記スルモノ是ナリ皆鐵ヨリ製セラレ調革ノ
 觸ル、面ハ平滑ナリ急滑車AハCDノ軸ニ固定シBハ緩
 ク是ニ附着ス
 EFハ回轉セル軸ニシテ「ドラム」ト云ヘルモノ是ニ接ス其
 目的ハ自在ニ運動ヲCDニ分配スルニ在リ而シテ授動者
 EFハ蒸氣機關、水車、電動機(電氣編ニ詳言ス)等ニ依リ絶ヘ
 ズ回轉スルモノナリ滑車Aハ軸ニ固定シBハ緩ク結束ス

軸CDハ調革ノA上ニ在ルトキ回轉ヲ起シB上ニ來ルト
 キハ運動ヲ止ムルモノニシテ從ツテCDノ軸ニテ爲セル
 働作ハ止ムモノナリ
 此考案ハ最モ緊要ナルモノニシテ之ヲ有効ナラシムルニ
 ハ左ノ二條件ヲ要ス

- (一) 調革ヲAヨリBへ移スニ股ノアル槓杆ヲ用ヒ其股
 ノ間ニ調革ハ運動ス是ヲ前面ヨリ見レバ槓杆ハ常
 ニ調革ヲ壓シBニ移リ終レバ其作用ヲ止ム調革ハ
 摩擦ニ由リテ表面ニ密接ス故ニ槓杆ハ滑車ニ移ス
 ベキ部分ニ働クヲ要ス而シテ是ヲ槓ニ移動ス
 (二) 調革ハ逸飛セシム可カラズ故ニ特ニ高速度ニ回轉
 スル時ハ滑車ノ中央ヲ少シク凸起セシム是レ實驗

上ヨリ來ルモノニシテ若シ円錐形ノ滑車アリテ調
 革ニ用ヒ之ヲ回轉セシムレバ漸次底ノ方ニ上ルベ
 キ傾向ヲ見ル此理ニ依リテ中央ノ部分ヲ凸起セシ
 ムレバ決シテ逸飛ノ憂ヘ無キモノトス
 輕キモノヲ回轉セシムルニハ調革ノ換リニ綱ヲ用ヒ滑車
 ニ溝ヲ附ス此場合ニ於テハ溝ヲ脱スルノ掛念ナク且ツ第
 一條ノ考案ヲ要セザルナリ
 誘導滑車 若シ綱ノ方向ヲシテA、Bノ線ヨリ或ル角度ヲ
 爲シテ是ニ交叉セルC、Dナル線ニ換ヘント欲セバ誘導滑
 車ト云ヘルモノヲ用フ是レ簡單ナル滑車ニシテ其平面ハ
 A、B、C、Dナル線ノ平面ト一致スルヲ要ス
 若シA、B、C、Dノ線交叉セザル場合ニハ更ニE、Eノ線ヲ引

キE、EトF点ニテ交叉セシメEニ於テ一ノ滑車ヲ置キ其平
 面ハA、E、Eノ平面ト一致ス又Fニ於テ第二ノ滑車ヲ入レ
 此平面ハE、E、Dノ面ト一致セシム此装置ニ依リテ又ハ決
 シテ逸飛セザルナリ

第六章 動作ノ理 摩擦

動作トハ重力ニ逆ツテ或重量ヲ引上クル時ニ爲サル、モ
 ノナリ此考定ハ極メテ單純ナルモノニシテ動作ノ測定ノ
 因テ起ル所トス重量ハ磅ニテ測リ其引上ラル、ノ高サハ
 呎ニテ測カルモノトス

定義 動作ノ單位ハ一呎ノ高サニ一磅ノ重量ヲ引上ル
 時ニ爲サル、動作ニシテ是ヲ呎磅ト云フ

此單位ハ適當ニ撰定シタルモノナリ左レバ一呎ノ高サニ
 一磅ヲ引上ゲテ爲シタル働作ハ同一ノ高サニ二磅ヲ上ゲ
 テ爲シタルモノニ半ス即チ後者ハ前者ノ二倍ナリ故ニ働
 作ハ引上ゲタル高サニ磅ノ數ヲ乘シタル積ニテ測定ス左
 レバ五呎ノ高サニ十磅ヲ上ゲテ爲シタル働作ハ五十呎磅
 ナリトス
 一般ニ働作ハ力ニテ爲サル、モノニシテ絶ヘズ或抵抗ニ
 打勝ツヲ要ス故ニ力ヲ適合スルノ點ハ絶ヘズ抵抗ニ拘ハ
 ラズ動クモノナリ
 是ヲ証センガ爲第三十五圖ニ於テD E ナシテDニ働ケル
 力Pヲ表ス此力ヲシテ或抵抗ニ對シAヨリDニD点ヲ動
 カサシム

生ゼラレタルA Dト垂直ニE Mヲ引ク然ラバD MハA D
 ナ沿ヘルPノ分カレタル部分ナリPノ爲シタル働作ハP B
 ×DMニシテA Dハ呎ヲ以テ表シD Mハ磅ヲ以テ表ス此結
 果ハ呎磅ノ或數ナリ
 働作ノ爲サレタル割合ヲ示サンガ爲ニ馬力ト云ヘル語ヲ
 用フジエムスワットハ嘗テ一頭ノ馬ガ一分間ニ堪ユルノ
 働作ヲ計算シタルニ其結果一呎ノ高サニ三萬三千磅ノ重
 量ヲ引上グルモノナリシト即チ三萬三千呎磅フットポンドハ一分間一
 頭ノ馬ガ爲セル働作ノ割合ヲ示スモノナリ
 馬力ノ單位ハ三萬三千呎磅ニシテ蒸氣機關等ノ爲セル働
 作ヲ測定スルニ用フ例ヘバ茲ニ十馬力ニテ働作セル機關
 アリテ均ニニ運轉セルトキハ其毎分間ノ働作ハ10×33,000

此比例ヲ以テ強壯ナル男子ガ爲セル働作ハ一分間三千三百
 百呎磅トシテ算出スル時ハ一頭ノ馬ノ十分ノ一ニ近シ然
 レ共時間ノ移ルニ隨ヒ著シク減ズルモノナリ
 働作ノ理 機械學上ノ問題ヲ解釋スルニ當リ欲ク可カラ
 ザルモノニシテ之ヲ説明スルノ前左ノ單一ナル例ヲ述ブ
 ベシ

精密ナル天秤ノ兩秤盤ニ各等シキ重量ヲ置キ詳細ニ之ヲ
 平均セシム若シ少シダモ是ニ觸ル、アラバ其天秤ノ各端
 ハ上下ニ動クベシ詳言スレバ一ノ秤盤ガ下リ他ノ秤盤ガ
 上ルモ決シテ働作ハ爲サレザルナリ作用ヲ爲セルノ力ハ
 兩者ノ間ニ平均スルガ故ニ或外力即チ少シク是ニ觸レタ

ル如キモノニテハ抵抗ヲ與ヘザルナリ

又第三十六圖ニ示ス如ク△ナル輕キ滑車アリ其周圍ニ溝
 ナ有シ細キ糸ニテ兩端ニP、Pナル二個ノ等一ナル重量ヲ
 懸垂ス此車ハ容易ク左右ニ回轉シ得可キモノナリ

此場合ニ於テハ若シ一個ノ重量一時チ上ル時ハ他ハ一時

チ下ルベシ然レ共忽ニシテ以前ノ狀態ニ復シ平均ス是レ

重量ノ等シキガ故ニ車ノ中心ヨリ等シキ距離ニテ反對ニ

引ケルモノトス是ニ由テ之ヲ觀レバ單一ノ力ハ能ク働作

ヲ爲シ得可シト雖モ二個ノ等シクシテ反對ナルノ力ハ此

ノ如キ狀況ニ於テ決シテ働作ヲ爲シ得ルモノニ非ザルヤ

明ナリ働作ノ理ハ此事實ヲ一般ニ通ズル語ニテ左ノ如ク

表ス

或力ノ作用ヲ受ケ靜止セル物体ノ法式ハ少シク動カスト
 雖モ決シテ働作ヲ爲スモノニ非ズ
 之ヲ換言スレバ少シク動カセル間ニ於テ働作ノ爲サレザ
 ル時ハ力ハ平均スルモノナリ
 之ヲ証スルニハ簡易ノ方法ニテ爲スコト能ハズ然レトモ
 平均セル力ノ働作ヲ爲シ能ハザルノ理ハ容易ニ實驗上ニ
 於テ了解スルヲ得ベシ若シ一ノ重量ヲ上ゲタルノ時或働
 作ヲ爲スモノトスレバ此働作ハ他ト是ト等シキ重量ガ原
 位置ヨリ少シモ下ラザルノ時ナルベシ然レトモ斯ノ如キ
 事實ハ決シテ存スルモノニ非ズ例ヲ擧テ云ヘバ一方ヨリ
 銀行ニ金錢ヲ拂込ムト同時ニ他ヨリ是ヲ引出スガ如シ故
 ニ一ノ滑車ニ於テ二個ノ等シキ重量ヲ掛ケタルノ場合ニ

ハ一方ヨリ一時ヲ上ゲテ爲シタル働作ハ直ニ他方ニ於テ
 一時ヲ下スガ故ニ消滅スルモノナリ
 是ニ由リ爲サレタル働作ハ正ナラザレバ負ナリ重量ヲ上
 タル時ニ爲サレタル働作ハ正ニシテ下ゲタル時ノ働作ハ
 負ナリ第三十五圖ニ就テ云ヘバ正ノ働作ハDガAヨリD
 ニ動キシ時ニ爲サレタルモノニシテ負ノ働作ハDガDヨ
 リAニ歸リシ時ニ爲サレタルモノナリDノAニ歸ルニ當
 リPナル力ハ此際壓伏セラレ而シテ爲サレタル働作ハ明
 ニ消滅スルナリ
 今例ヲA O Bナル槓杆(第三十七圖)ニ取リテ云ヘバPナル
 重量ハAニ懸リQナル重量ハBニ懸リテ平均ス便利ノ爲
 ノ槓杆ノ重量ヲ無キモノト假定ス又P及ビQノ重量ヲ取

去リタル時支点Cニ於テ平均スベク一方ノ臂ニ或重量ヲ加フ槓杆ヲ傾ケ a b ナル位置ヲ取ラシメP及ビQノ方向ヲシテ各 m ト n ニ於テACBヲ切ル然ラバPノ働ケル点ハ m ナル直立ノ空間ヲ生ジQノ働ケル点ハ n ナル直立ノ空間ヲ生ズ故ニPニ於テ爲サレタル働作ハ $P \times ma$ ニシテQニ於テ爲サレタル働作ハ $Q \times nb$ ナリ而シテ此兩者ハ各等シキモノナリ故ニ

$$P \times ma = Q \times nb$$

$$\frac{P}{Q} = \frac{nb}{ma} = \frac{cb}{ca} = \frac{CB}{CA}$$

是レ槓杆ニ於ケル平均ノ狀況ニシテ讀者ノ已ニ知了セルモノトス
 摩擦ハ定則 凡ソ物体ハ多少其面ノ粗雜ナルモノナリ今

最モ平滑ナラント思ハル、眞鍮板ニ枚ヲ重子兩者ノ一ヲ動カスモ尙抵抗スベキモノ有ルヲ知ル是ヲ摩擦ト稱ス摩擦ハ頗ブル重要ナルモノニシテ之ヲ利用スレバ以テ吾人ヲ益スベシト雖モ或場合ニ於テハ損失、浪費等ノ根原トナルモノナリ摩擦ナクンバ以テ鐵軌上ニ瀛車ヲ走ラス可カラズ釘、螺旋ノ如キモ其効用ヲ失フベシ然レトモ機械ノ運轉セル諸部ニ於テ力ノ浪費ハ此摩擦ヨリ來ル故ニ機械裝置ノ目的ハ成ルベク摩擦ヲ減ゼント努ムルナリ
 今此法則ヲ論ズルニ當リ讀者須ラク注意スベシ此法則ハ殆ンド眞正ニ近キモノニシテ唯摩擦抵抗ノ作用ノ大意ヲ述ベ、タルモノニ過ギザルコトヲ
 第一 摩擦ノ抵抗ハ動ケル物体或ハ動カントスル物体ニ

對シ反對ニ働クモノナリ

第二 摩擦ノ抵抗ハ物体ガ移動スル点ニ在ルトキ常ニ相接觸セル兩面ノ間ニ壓力ノ或分數アルモノナリ此分數ヲ摩擦ノ係數ト稱ス

此係數ハ通常希臘文字ノ μ (ミュー) ト訓ス(ニテ表ス左レバ $\mu = \frac{P}{N}$ ナルベシ

各金屬ニ油ヲ用ヒタル時 $\mu \approx 0.08$

同上油ヲ用ヒザル時 $\mu \approx 0.17$

各木材 $\mu \approx 0.33$

石材、煉瓦等 $\mu \approx 0.65$

第三 物体ヲ動かサントスル力此分數ヨリ小ナルトキハ

物体ハ依然トシテ靜止スベク若シ力大ナルトキハ例ヘニ個ノ物体間ニ存スル粘着力ノ爲ニ少シク減ゼラル、ト雖モ物体ハ動クベシ此粘着力ハ較摩擦ノ結果ヲ増加スルモノナリ

第二、第三ノ法則ハ左ノ實例ニ因リテ較証明スルヲ得ベシ
堅牢ナル臺ノ水平ニ置カル、アリ是ニ鐵板ヲ載セ更ニ其上ニ試験ニ供セラル可キ小鐵板Aヲ置クAノ鐵板ハDニ於ケル滑車ヲ通過スル細キ絹糸ニテ或重量ニ附着ス鐵板ハ各種ノ重量ヲ荷積ミ而シテDナル懸垂セル重量ニテAヲ動かサントスルノ裝置ナリ此試験ヲ爲スニハ其際輕ク臺ヲ叩クベシ是レ粘着ノ作用ヲ避クルヲ得ルモノナリ
第四 摩擦ノ抵抗ハ接觸セル面ノ廣狹ニ關セズ

例へば重量 W の物体ヲ二個ノ平滑ナル所 A ト B ニ置ク而シテ A ニ於ケル壓力ヲ P トシ B ニ於ケル壓力ヲ Q トスレ

$$P+Q=W$$

ニシテ A ニ於ケル摩擦ハ μP

B ニ於ケル摩擦ハ μQ

故ニ總摩擦ハ $\mu P + \mu Q$

$$\mu(P+Q)$$

$$\mu W$$

若シ置カル、部分ヲ三ヶ所ナリトスルモ尙ホ總摩擦ハ μ ナルベシ之ヲ接觸セル面ノ廣狹ニ關セザルノ証トス
(注意) 此法則ニ外ヨリ來ル力ニ依リ平滑ナル面ノ壓セラ

ル、時ニノミ應用スルモノニシテ瀛關ノ瀛箱中ニ動ク唧子ノ摩擦或ハ水管ヲ流ル、水ノ如キ場合ニハ應用スベカラズ

第五 摩擦ハ運動ノ際ニ於ケル速度ニ關セズ

第三十九圖ハ此法則ヲ証明スルニ用ヒル器械ナリ種々ノ

速度ニ於ケル壓力ヲ以テ試験セラル可キ面ハ D ナル小片

ト E ナル圓壻トス D ナル小片ハ綱ニテ「ラツク」ハツクト發條 S

トニ連絡ス「ラツク」ハ指針ヲ附着セル「ピニオン」ニ啮合ヒ指

針ノ尖頭 P ハ尺度ヲ指ス D ノ上ニハ A B ナル槓杆アリテ

A ヲ支点トシ Q ニ於テ小ナル廻轉子ヲ有ス B ノ端ニハ W

ノ如キ種々ノ重量ヲ懸垂シ D ニ由リテ Q ノ廻轉子ヲ壓ス

而シテ D ハ又 E ニテ壓セラル左レバ Q ガ其軸ニテ容易ニ

廻轉スル中ハA Bナル槓杆ノ壓力ト接觸トニ因リFニ於テDノ移動ニ著シキ抵抗ナシ若シQヲシテ只固定セルモノナラシメバ此部分トDトノ間ノ摩擦ニ依リ好結果ヲ得ルコト能ハザルベシ

此器ヲ以テ實驗スルノ方法ハ左ノ如シ

Wヲ取り除ケバA Bノ重量ハDノ下部トFトノ間ニ少許ノ壓力ヲ生スベシH Mナル把手ヲ矢形ノ方向ニ廻轉スレバDヲ左方ニ進メントスルノ傾向アリテD Hナル綱ヲ緊張スベシPナル針ハ尺度ノ零ヲ指サシム

次ニ七磅ノ重量ヲBニ懸垂スレバB Q Aナル槓杆ニ由リテQノ壓力ヲ増加シ而シテ又DトF間ノ壓力ヲ増加ス斯テ把手ヲ廻轉スレバD Hノ綱ノ緊張モ又増加シ摩擦ニ於

テ比例的ノ増加アリ而シテ指針ハ或度ニ之ヲ示スベシ更ニ重量ヲ倍シ十四磅ヲ懸垂シテ把手ヲ廻轉スレバ指針ハ前ノ二倍ノ度ヲ示スベシ是レ摩擦ハ壓力ニ比例スルノ証ナリ

又此器ハ摩擦ガ速度ニ關セザルコトヲ証ス何トナレバBニ於テ或重量ヲ懸垂シ把手ヲ採リテ徐々ニ又迅速ニ廻轉スルモ指針ハ依然トシテ同一ノ位置ニ在ルモノナリ

摩擦ハ角度ノ物体ガ或角度ニ静止スルコトヲ研究スルモノニシテ摩擦ノ法則ヲ論スルニハ歛ク可カラザルモノトス

摩擦ノ係數ハFトWノ比ニシテFハ摩擦Wハ兩面間ノ壓力ナル事今述タルガ如シ此係數ハ斜^{ソウ}面ノ理ニ基ケル方法

ヨリ實驗的ニ定メタルモノトス
 若シ粗雜ナル面ノ物体ヲ平面板ニ載セ之ヲ種々ノ角度ニ
 傾カシムルトキハ常ニ特種ノ傾キアリテ此度ヲ超過スレ
 バ忽チ物体ノ墜落セントスル事ヲ驗出スベシ
 第四十圖ハ此ノ如キ物体ノ位置ヲ表スRハ物体ト平面板
 トノ垂直ノ壓力ヲ示シFハ摩擦ヲ示スA Bニ垂直ニC E
 線ヲ引ク然テバ

$$\frac{F}{R} = \frac{BE}{BC} = \frac{BC}{AC}$$

是ニ由リ摩擦ノ係數ハ $\frac{BC}{AC}$ ニ等シク而シテ此比例ハB A
 Cノ定メラレシ時ニ知ルヲ得ベシ故ニB A Cヲ稱シテ摩
 擦ノ角度ト云フ又B A Cノ知レタル時ハ直ニ係數ヲ求ム
 ル事容易ナリ例ヘバB A Cヲ十度トスレバ其係數ハ0.1

入ナルベシ

抵抗ノ角度 物体ノ平面ニ靜止スルヤ其面ニ働ク壓力ヲ
 原動ト云ヒ平面ヨリ受クル所ノ支持ヲ反動ト云フ此二力
 ハ共ニ等シク其方向ハ反對ナルコト已ニ前章ニ明カナリ
 若シ表面ナルモノナシテ完全ニ平滑ナラシメバ垂直線ノ
 外ハ何レノ方向ヨリスルモ抵抗ノ存スベキ理ナシ語ヲ換
 テ云ヘバ平滑ナル面ノ反動ハ常ニ垂直ヲ爲スベキ也
 然レ共面ノ粗ナル物体ニ於テハ否ラズ第四十一圖ニ於テ
 粗面ノ物体A(其重量ハ假リニ省略ス)ガ或平面C Eニ在リ
 而シテ壓力Pハ斜ニAニ働ク若シPノ方向B A Dノ如キ
 著大ナル角度ヲ爲サレバ物体ハ動カザルナリD Aヲシ
 テ方向及ビ大サニ於テPヲ表シ平面ニ垂直ニD Eヲ描ク

然ラバ D E 八面ニ於ケル壓力ニシテ E A ハ運動セシメ
トスルノ力ナリ E A ガ摩擦ノ爲メ抵抗セラル、ノ間物体
ハ動かザルモノナリ

然レトモ摩擦抵抗ノ最大ノ値ハ $\frac{1}{2}(摩擦ノ係數) \times DE$

故ニ物体ハ $AE = (摩擦ノ係數) \times DE$

ニ成ルマデ或ハ $ADE = 摩擦ノ角度$

ニ成ルマデ或ハ $BAD = 摩擦ノ角度$

ニ成ルマデ動かザルベシ

B A D ノ角度ハ又抵抗ノ角度ト稱セラル而シテ用處ノ如
何ニ應ジ種々ノ名稱ヲ附スルモノトス

第七章 單一器械

輪軸 槓杆ノ一種ニシテ或高サニ重量ヲ引上ク可キ器ナ

リ是レ重量ヲ引上ル迄槓杆ノ作用ヲ永續ス可キ實用ノ考

案ナリトス

輪軸ハ世人ノ善ク知悉セル器械ニシテ井中ヨリ釣瓶ヲ引

上グル等ノ用ニ供ス綱ハ軸ニ卷カレ力ハ槓杆ノ把手ニ働

ク又車ニ把手ヲ附シタルモノアリ船舶ノ舵ヲ操ルニ用フ

第四十二圖ニ於テ大ナル圓ハ輪ヲ表シ小ナル圓ハ軸ヲ表

ス W ハ重量ニシテ軸ニ卷キタル綱ニ懸リ力 P ハ輪ニ卷キ

タル他ノ綱ニ懸レル重量ナリ而シテ輪軸ノ共通ノ中心ハ

C ナリトス

點線ニテ示ス如ク A C B ナーノ槓杆ト見做ストキハ C ハ

支点ニシテ其平均ノ狀況ハ

此結果ハ又動作ノ理ヨリ見出スヲ得ベシ例ヘバ輪ガ一回
 轉ヲ爲スナラバPハ $2\pi \times OB$ ヲ通過シテ降りWハ $2\pi \times CA$ ヲ
 通過シテ昇ル故ニ

$$P \times 2\pi \times OB = W \times 2\pi \times CA$$

$$P \times OB = W \times CA$$

滑車 輪軸ハ尙不等ノ臂ヲ有スル槓杆ノ如ク滑車ハ同等
 ノ臂ヲ有スル槓杆ナリト謂フヲ得ベシ第四十三圖ハ滑車
 ノ畫ニシテ前面及ビ側面ヲ表ス

例ヘバ第四十四圖ニ於テ單一ノ滑車ヲ表シ是ニWナル重
 量ヲ附ス而シテAナル固定ノ点ヨリ綱ニ働ケル力Pニテ

機

械

學

保持セラル摩擦抵抗ハ總テ省略シタルガ故ニ綱ノ張力ハ
 何レノ点ニ於テモ等シク而シテPニ等シ又此場合ニ於テ
 ハ静止セルヲ以テB及ビD点ニ結着セラレタルモノト假
 定ス故ニ

$$BA \text{ノ張力} = P,$$

$$DP \text{ノ張力} = P.$$

Wハ二個ノ等シキ且平行ナル力P及ビPノ合成力ニ同シ
 即チ

$$W = 2P.$$

又動作ノ理ヨリ証明スルヲ得ベシWヲシテ一呎ニ上ラシ
 ムレバ滑車ノ兩側ニ於テ又一呎宛ヲ短縮ス即チ綱ノ端ニ
 於テハ二呎ヲ高メタルモノナリ故ニ

$$W \times 1 = W \text{ニ於テ爲サレタル働在}$$

而シテ兩者ハ等シクPハWト平均ス故ニ

$$W = 2P$$

各種ノ滑車、復雜ナル滑車ヲ用フルノ目的ハ單ニ力ヲ省略スルニ在リ斯ノ方法ハ第四十五圖ニ依リテ明ナルベシ爰ニA Bノ張力ハD Cノ張力ニ等シク又E Fノ張力ニ等シ D Cノ張力+ E Fノ張力 = P,

$$\therefore EFノ張力 = \frac{P}{2}$$

$$\therefore HCノ張力 = P,$$

$$\therefore W = P + \frac{P}{2} = \frac{3P}{2}$$

第一種ノ滑車ハ第四十五圖ニ示ス爰ニ各滑車ハ各別ノ綱ニテ懸垂セラル故ニ

即チ一般ニ通ズル式ニテ表セバ

$$W = 2^n P$$

ニシテルハ移動滑車ノ數ヲ示スモノナリ

第二種ノ滑車ハ第四十六圖ニ示ス如ク同一ノ綱ニテ各滑車ヲ連絡ス故ニ若シ圖ニ示スガ如ク最後ノ車ニ於ケル綱ノ數六個ナレバ

$$W = 6P$$

ナリルヲシテ最後ノ車ニ於ケル綱ノ數トスレバ $W \parallel 2P$
第三種ノ滑車ハ第四十六圖ノ右ニ示ス

$$AP \text{ノ張力} \parallel P,$$

$$BA \text{ノ張力} \parallel 2P,$$

$$OB \text{ノ張力} \parallel 4P,$$

$$DC \text{ノ張力} \parallel 8P,$$

$$\therefore W \parallel P + 2P + 4P + 8P \parallel 15P$$

ルヲシテ滑車ノ總數トシ之ヲ公式ニ表セバ $W (2^n - 1)P$ ナリ
トス
齒車 二個ノ齒車ノ嚙合フニ當リ力ヲ傳導スルノ方向ハ
其齒ノ形狀ニ關ス然レドモ此作用ノ要点ハ接觸ノ点ニ於
ケル「ピッチ」ノ圓ニ觸ル、線ナリトス

此故ニ齒ノ形狀ニ關シテハ茲ニ述ブルヲ要セス而シテ二
個ノ齒車ノ嚙合ヘルハ單ニ「ピッチ」ノ圓ノ二個ニシテ此間
ノ壓力ハ接觸点ニ於ケル「ピッチ」ノ圓ニ觸線ヲ爲シテ働ク
モノナリ

第四十七圖ニ於テCナル車ハ把手CBヲ有シHナル車ニ
嚙合フ其軸ニハ重量Wヲ支持セル車ヲ供フ

力PヲシテCBノ臂ニ垂直ニ働カシメ以テPトWトノ間
ニ於ケル關係ヲ求ム

右側ノ圖ハ車ヲ「ピッチ」ノ圓ニ更ヘタルモノヲ示スCAト
直角ニ上方ニ働ケルASノ力ハHニ於ケルCノ作用ナリ
而シテCAト直角ニ下方ニ働ケル力ASハCニ於ケルH
車ノ反動ナリトス

斯テBCAハ曲杆ヲ成ス而シテ $P \times CB = S \times CA$
 又AEDハ直杆ナリDハH車ノ中心ナリ而シテ $S \times AD = W$
 $\times DE$ 故ニ

$$P \times S \times CB \times AD = W \times S \times CA \times DE,$$

$$P \times CB \times AD = W \times CA \times DE,$$

$$\frac{P}{W} = \frac{CA \times DE}{CB \times AD}.$$

m ナル車ノ齒數トシ n ナル車ノ齒數トスレバ

$$\frac{CA}{AD} = \frac{m}{n}$$

$$\therefore \frac{P}{W} = \frac{m}{n} \times \frac{DE}{BC}$$

斜面 水平ニ或角度ヲ爲シテ傾斜セル平面ニシテ其目的
 ハ第四十八圖ニ示スガ如ク一定ノ角度ニ於テ上方ニ働ケ

ル斜面上ニ或重量 W ナ支フルニ足ルベキ力 P ナ求ムルモ
 ノナリ AB ナ面トシ是ニ直立 BC 及ビ水平ニ AC ナ引ク
 M ナ物体トシ其重量ハ W ニシテ ABC ニ働ケル力 P ニ由
 リ支ヘラル R ナシテ面ノ反動トシ AB ニ垂直ヲ爲ス所ノ
 R, P, W ノ力ハ圖ニ表スルガ如シ更ニ BC ナ取りテ W ナ表
 シ AB ニ垂直ニ CE 及ビ MP ニ平行ニ BD ナ引ク然ラバ
 BCD ハ力ノ三角形ナリ故ニ

BC ハ其大サ及ビ方向ニテ W ナ表シ

DB ハ其大サ及ビ方向ニテ P ナ表シ

CD ハ其大サ及ビ方向ニテ R ナ表ス

是ニ由リテ P, W 及ビ R ノ間ノ關係ヲ知り得ベシ

第四十九圖ニ就テ右ノ証明ヲ試ムベシ

misshenan and barufa

而シテ此兩者ハ何レモ同一ナリ

$$\therefore P \times AB = W \times BC$$

例ヘバBCナートシABヲ十トスレバ $W \parallel OP$ ニシテ十磅ノ力ヲ以テ斜面上ニ百磅ノ重量ヲ支ヘ得ルナリ

螺旋 是レ畢竟斜面ノ變形ニシテ第五十圖ニ示スガ如クABCナル三角形ヲ圓環ノ周圍ニ卷纏セシメ其A点ヲシテC点ニ適合セジメタルモノト見ルヲ得ベシ

此實驗ヲ爲スニハ直角三角形ABCノ形ニ截タル紙ヲ採リABノ端ニ墨ヲ塗り鉛筆等ノ周圍ニ縦ニ卷付ケ糊ニテ之ヲ張ルベシ然ラバ黒キ部分ハ一ノ曲線ヲ成ス此曲線コソ螺旋ノ線條ト稱スルモノナリ若シBCガ非常ニ長キト

Pヲシテ面ニ平行ニ働カシム左レバBDハBEト成リ而シテEBCハカノ三角形ナリ

故ニ $\frac{PA}{W_0} = \frac{BE}{BC}$

而シテ三角形EBCABCハ等三角形ナルガ故ニ $\frac{BE}{BC} = \frac{BO}{AB}$

$$\frac{PA}{W_0} = \frac{BO}{AB}$$


又タ $\frac{PA}{W_0} = \frac{BC}{AB}$ 高サ 長サ

若シWガAヨリBニ上ケラレシモノトスレバ動作ノ理ヲ以テ同一ノ結果ヲ得ルモノトス

$$\frac{PA}{W_0} = \frac{BC}{AB} = \frac{AO}{AB} = \frac{長サ}{長サ}$$

Wニ於テ爲サレタル働カシム $W \times BC$

Pニ由リテ爲サレタル働カシム $P \times AB$



キハ線條ノ回數モ亦多シ茲ニ到リテ此實驗ハ正確ヲ缺ク
 何トナレバ鉛筆ノ長サヲ增長セザルヲ得ズ然レ共唯是レ
 螺旋ノ線條ノ概念ヲ得セシムル爲ノ方便ニ過ギザルガ故
 ニ必要トセザルナリ
 螺旋ノ線條ハ器械トシテ頗ル緊要ナルガ故ニ方ノ働ク所
 ノ必要ナル面ヲ顯ハサトル可カラズ此場合ニ望ミ忽チ或
 厚サノ斜面ヲ想起シ之ヲ圓壙ノ周圍ニ圍繞セシモノト認
 ムル時ハ此部分ハ凸起シテ山ヲ成スベシ面シテ其山ノ上
 部ハ即チ螺旋ノ線條ヲ成スABCノ三角形ヲシテ精密ニ
 一回圓壙ニ圍繞シタリト假想スレバBCノ線ヲ螺旋ノ「ピ
 ッチ」ト稱ス又BACノ角ヲ螺旋角ト稱ス
 定義 固定セル直立線ABヲ通過スル水平線APガA

Bヲ沿フテ均一ニ一方向ニ動クトキハ螺旋ノ面
 ヲ存ス(第五十一圖參看)
 圖ニ於テハAPノ動キタル種々ノ位置ヲ示ス而シテPR
 QハABナル軸ヲ有スル圓壙ノ一部ニシテ其直徑ハAP
 ノ二倍ナリ又PRQヲ卷戻ストキハ直角三角形ニシテ斜
 面トナルモノナリ螺旋ノ面ハ遠視畫ヲ以テ表ス而シテA
 PハBRニ等クPRハ其半徑APノ圓壙ニ於ケル線條ナ
 リ
 定義 螺旋ノ「ピッチ」トハABヲ沿フテAPノ一回轉ヲ
 爲シタル距離ヲ云フABノ線ハABPRナル面
 ノ長サニシテPRQ角ハ螺旋角ナリ
 圖ニ示スAPハ雄螺旋ナルモノナリ若シ之ヲ反對ノ方向

ニ回轉シテ下グレバ雌螺旋ト成ル凡ソ普通ノ螺旋ハ皆雄
 螺旋ナリトス故ニ箱等ノ蓋ヲ螺旋錠ニテ絞メント欲セバ
 右ニ回轉シ開カント欲セバ左ニ回轉スベシ是ニ由リ若シ
 雌螺旋ノ場合ニハ絞メント欲スルノ時左ニシテ開カント
 要スルノ時右ニ回轉スベシ
 工場ニ用フル線條ノ形狀ハ之ヲ二部ニ分ツ一チ方形トシ
 他チ角形即チV字形トス第五十二圖ハ是ヲ表ス
 螺旋ノ「ピッチ」ハ通例螺旋ノ「ボルト」(棒ノ義)ノ長サ一時中ニ
 在ル山ノ數ヲ計リ此數ヨリシテ以テ「ピッチ」ヲ計算ス左レ
 「ボルト」ノ八分ノ一ナル螺旋ノ「ピッチ」ハ一時ニ於テ八個ノ
 線條ヲ有スルモノナリ
 サ、ジヨセフ、ホイットナースハ角形螺旋ノ制式ヲ定メタル

入ナリ第五十三圖ハ英國「ホイットナース」會社ニテ製シタル
 角形螺旋ノ斷面圖ナリ点線ハ「ボルト」ノ軸ニシテ相對セル
 線條ニテ爲サレタル角度ハ五十五度ナリ此角度ハ大小ノ
 「ボルト」ニ於テモ皆同一トス然レ共角度ノ深サハ山ト谷ト
 圓クスルニ依リテ六分ノ一ヲ減ズルナリ
 方形ノ螺旋ハ種々ノ用ニ供ス其力角形ニ比シ少シク劣ル
 ト雖モ亦大ナル力ヲ有ス線條ハ之ヲ角形ニ爲シタルモノ
 正半ニシテ深サハ線條間ノ空間ニ等シキモノトス
 單一ノ線條圓筒ノ周圍ニ圍繞セラレタルモノ之ヲ單線ノ
 螺旋ト云ヒ二個ノ平行ノ線相並ビテ圍繞セシ時ハ之ヲ復
 線ノ螺旋ト云フ斯ク線條ヲ增加スルノ理ハ線條間ノ空隙
 ナク充填スル故ニシテ線條ヲ逸脱セシメントスルノ力ニ抵

抗シ大ナル力ヲ「ボルト」ニ與フルニ在リ左レバ物ヲ絞ムルニ用ヒル「ボルト」ハ通常復線或ハ三線ノ螺旋ニシテ數回ノ後チ速ニ壓入スルモノナリ

第五十四圖ハ單線及ビ復線ノ螺旋ニシテ木材等ニ穴ヲ穿ツノ錐ニ應用ス兩者ノ差違ハ一見シテ知ルベシ其尖頭ハ亦一種ノ螺旋ニシテ直ニ材料ニ進入シ回轉ニ依リテ穴ヲ穿ツ錐屑ハ線條間ノ溝ヨリ排出スルモノトス

螺旋壓搾器 螺旋ヲ器械ニ應用スルニハ「ナット」ナルモノヲ備へ其中ニハ螺旋ニ於ケル線條ノ極メテ精密ナル摸寫ヲ刻セザル可カラズ左レバ「ナット」ヲ固定シ螺旋ヲ回轉スル時ハ毎回其「ピッチ」ニ等シキ距離ヲ上下スベシ而シテ是ニ壓力ヲ與ヘント欲セバ一種ノ槓杆ヲ附着シ以テ螺旋ヲ

回轉シ又摩擦ニ打勝タザル可カラズ故ニ通例槓杆ト螺旋トハ連合シテ用ニ供セラル螺旋壓搾器ハ其一例ニシテ書籍帳簿等ヲ絞ムルニ用フ此器ハ方形ノ螺旋CDヨリ成リACBナル把手ニテ回轉シEニ於ケル「ナット」ニテ働クナリ螺旋ノ下ニ鐵製ノ堅固ナル板アリテ直立セル圓錐ニ支ヘラレ且回轉セザルガ故ニ把手ヲ以テ螺旋ヲ回轉スルトキハ強大ナル壓力ヲ出スモノナリ

把手ハ一ノ手ニテBヲ持チ他ノ手ニテAヲ持ツ而シテ一手ヲ以テ押シ一手ヲ以テ引クモノトス乃チ其作用ハ偶力ナリ

今働作ノ理ニ依リPトWノ間ノ關係ヲ見出サンガ爲PヲシテBニ於ケル引キ或ハAニ於ケル押シトスWヲ打勝チ

タル抵抗トシ假ニ螺旋ヲ單線トスレバ

$$P \times 2\pi r AC + P \times 2\pi r OB = W \times \text{螺旋ノ「ピッチ」}$$

$$\frac{P}{W} = \frac{\text{「ピッチ」}}{4\pi r AC}$$

第八章

物体墜落ノ法則 勢力

圓形運動 振子

吾人が物体ノ運動ニ就テ上來論シ來レルハ皆均一運動ニ
 屬シ不等運動ノ如キハ之ヲ度外ニ措タリ然レドモ今ヤ不
 等運動ヲ論ズルノ機ニ會セリ不等運動トハ物体ガ絶ヘズ
 其速度ヲ増加シツ、動ケル事ニシテ簡單ナル法則ニ從ヒ
 得ルモノナリ
 今物体ノ速度ガ少許ノ時間毎ニ等シキ分量ヲ増加スルモ

ノト考定ス茲ニ一ノ物体アリテ一秒間十呎ノ速度ヲ以テ
 或時間動ケルモノト假定シ一秒ノ十分ノ一ヲ經過スルノ
 後チ其速度増シテ一秒間十一呎ト成リ次ノ十分ノ一秒間
 ナ經過スルノ後チ其速度増シテ一秒間十二呎ト成レリト
 スレバ此割合ニテ進ミ以テ全一秒間ヲ經過スルノ後チ其
 速度ハ一秒間二十呎ニ増加シ二秒間ノ後チハ一秒間三十
 呎ニ増加スナルベシ
 此方法ニ於テ吾人ハ均一ナル速度増加ノ割合ヲ知ル然レ
 ドモ尙精細ニ試験セント欲セバ前ノ如ク一秒間ヲ十等分
 シテ足レリトセズ進ンデ之ヲ百或ハ千等分シタルノ時間
 ニテ測ルナリ
 斯ノ如キ場合ニ於テ物体ノ速度ハ均一ニ漸加セラレタリ

ト稱ス之ヲ詳言スレバ左ノ如シ

定義 一点ノ速度ノ變換ノ比ヲ漸加速ト云フ

是ニ由リ位置ノ變更ノ比ハ速度ニシテ速度ノ變更ノ比ハ

漸加速ナリ而シテ漸加速ハ均一ニ非ザレバ不等ナリ均一

トハ一度ノ速度ガ引續キタル時間毎ニ加速セラル、チ云

ヒ不等トハ此増加ノ一定セザルチ云フ

漸加速ハ亦一点ノ速度ガ絶ヘズ遲滯セル時ニモ應用ス左

レバ前項ニ記シタル増加ハ是ニ正号ヲ附シ遲滯ニハ負号

ヲ附ス

茲ニ八ノ速度ニテ動ケル物体アリ其均一ナル漸加速ヲ三

トスレバ

1, 2, 3, 4, 秒ノ後其速度ハ一秒間

11, 14, 17, 20, 呎ナルベシ

均一ナル遲滯ノ割合ヲ三トスレバ

1, 2, 3, 4, 秒ノ後其速度ハ一秒間

5, 2, -1, -4, 呎ナルベシ

一点ノ漸加速ハ直線ノ漸加速ニシテ之ヲ測ルニハ直線ノ

速度ヲ測ルガ如クス

定義 漸加速ノ單位ハ一秒間一呎ノ速度ヲ増加ス

均一ナル漸加速ヲ以テ或時間ニ動キタル物体ノ空間ヲ見

出スベシ

t 秒ニ於ケル時トシ

V 漸加速ノ始マラザル前ノ速度トシ

f 漸加速トシ

s ナル 秒間ニ動キタル空間トシ
 v ナル 秒間ノ最後ノ速度トス
 本題ヲ解クニ當リ下ノ便法ヲ使用ス同一ノ点ヨリ發途ス
 ル A 及ビ B ノ二物体アリトシ同一ノ直線上反對ニ動クモ
 ノト假定ス

A ナシテ漸加速 f ニ從ヒ V 速度ヲ以テ發途ス
 B ナシテ遲滯 f ニ從ヒ v 速度ヲ以テ發途ス

第一秒間ノ終ニ於テ A ノ速度 $= V + f$
 第二秒間ノ終ニ於テ A ノ速度 $= V + 2f$
 第三秒間ノ終ニ於テ A ノ速度 $= V + 3f$
 第四秒間ノ終ニ於テ A ノ速度 $= V + 4f$
 然ルニ A ト B ガ相隔離スルノ速度ハ以上ノ合計ニ等シカ

ルベシ而シテ毎秒ニ於テハ $V + e$ ニシテ不等ナルモノナ
 リ故ニ A 及ビ B ガ t 秒間ノ後ノ距離ハ $(V + e)t$ ナリ而シテ
 A ハ B ガ失ヒシダケノ速度ヲ増加ス故ニ t 秒間 A ノ動キ
 シ空間ハ B ノ動キシ空間ニ等シキモノトス
 是ニ由リ t 秒間ノ後チ A B 間ノ距離ハ t 秒間ニ A ノ動キ
 シ空間ノ二倍ニ等シ即チ $2s$ ナリ然ルニ t 秒間於ケル A
 B 間ノ距離ハ $\parallel (V + e)t$ ナリ

$$\begin{aligned} \therefore 2s & \parallel (V + e)t \\ & \parallel (V + V + ft)t \\ & \parallel 2Vt + ft^2 \\ \therefore s & \parallel Vt + \frac{1}{2}ft^2 \end{aligned}$$

若シ f ガ遲滯ナラバ左ノ如ク成ルベシ

又 v と s とノ間ノ關係ヲ見出スベシ

$$s = Vt - \frac{1}{2}ft^2$$

$$v^2 = (V + ft)^2$$

$$= V^2 + 2Vft + f^2t^2$$

$$= V^2 + 2f(Vt + \frac{1}{2}ft^2)$$

$$= V^2 + 2fs$$

若シ f が遲滯ナラバ

$$v^2 = V^2 - 2fs$$

V が 0 に等シキ場合即チ物体が靜止ヨリ動クトキハ左ノ如クナルベシ

$$s = \frac{1}{2}ft^2$$

$$v^2 = 2fs$$

故ニ公式ハ變ジテ左ノ如クナルベシ

(1) 物体が靜止ヨリ動クトキ

$$v = ft, s = \frac{1}{2}ft^2, v^2 = 2fs.$$

(2) 物体が漸加速ノ起ラザル前ニ Δ 速度ヲ有スルノトキ

$$v = V + ft, s = Vt + \frac{1}{2}ft^2, v^2 = V^2 + 2fs.$$

$$\text{或ハ } v = V - ft, s = Vt - \frac{1}{2}ft^2, v^2 = V^2 - 2fs.$$

物体墜落ノ定則 以上ノ公式ハ物体が地球ノ面ニ墜落スルノ時ニ應用ス其理ハ重力が墜落セル物体ニ不易ノ漸加速ヲ生ズルニ依ルモノトス
重力ハ地球ノ表面上何レノ部分ニ於テモ等シキモノニア

ラズ然レ共其差ハ甚ダ僅少ニシテ普通ノ目的ニ於テハ先
 ツ不易ナリト見做スルヲ得而シテ運動ノ定則第二條ニ依
 リ墜落セル物体ノ毎秒間ニ生ズル速度ハ常ニ同一ナリ此
 意ハ若シ一物体アリテ静止ヨリ動キ一秒間ニ或速度ヲ有
 ストセバ二秒間ニ於テハ其速度ノ二倍ヲ得三秒間ニ於テ
 ハ三倍ヲ得ル如ク順次増加スル事ナリ是ニ由リ吾人ハ先
 キニモ言ヘリ不易ノ漸加速ヲ生ズルナリト而シテ漸加速
 ノ不易ナル場合ニ適合スル公式ハ已ニ論究セリ故ニ以下
 專ラ此結果ヲ種々ノ場合ニ適合スルコトニ就キ論ゼント
 ス

若シ輕キ物体アリテ空中ヨリ墜落スル有ラバ空氣是ニ抵
 抗シ稍之ヲ遲緩ナラシム然リト雖モ物体墜落ノ法則ハ此

空氣ノ皆無ナル時ニ於テハ物体ノ輕重ニ關セズ同一ノ度
 ニテ墜落スルコトヲ証ス例ハ金貨ト羽毛トハ其輕重同
 一ノ談ニ非ザレドモ真空内ニ於テハ同時ニ落下ス是レ重
 力ガ不易ノ力タル所以ニシテ物体ノ各分子ニ同等ノ漸加
 速ヲ與ユルニ由ル而シテ分子ノ數ノ多少ニ關セズ是レ實
 驗上ヨリ定ムルモノニシテ非常ニ精密ニ測定シ得ラルベ
 シ而シテ英國倫敦ニテハ真空内ニ降下スル物体ハ一秒間
 ニ一六、一呎ノ速度即チ第一秒時ノ終ニ於テ三二、二呎ノ速
 度ヲ得ベシ之ヲ換言スレバ重力ニテ生ゼラレタル漸加速
 ハ一秒間三二、二呎ナリ

物体ノ墜落ニ屬スル問題ヲシテ一瞥瞭然タラシメンガ爲
 メ漸加速ヲ表スルニ g ノ文字ヲ用フ又重力ハ墜落ノ物体

ニ不易ノ漸加速ヲ與フルガ故ニ吾人ハ直ニ前項ニ証明シタル公式ヲ應用シ唯フト稱セズシテgト稱ス

斯故ニ物体ガ真空内ニ降下シ静止ヨリ動キシトキ

$$v = gt, s = \frac{1}{2}gt^2, v^2 = 2gs. \text{ 爰ニ } g \text{ ハ三二二呎ナリ}$$

又物体Vナル速度ヲ以テ上方ニ直立ニ昇騰セシメタル時

$$v = V - gt, s = tV - \frac{1}{2}gt^2, v^2 = V^2 - 2gs.$$

又物体Vノ速度ニテ下方ニ直立ニ墜落シタル時ハ

$$v = V + gt, s = tV + \frac{1}{2}gt^2, v^2 = V^2 + 2gs.$$

例 下ニ記スル問題ハ公式ヲ表明スルモノナリ

(一) 一秒ノ四分ノ一ノ間降下シテ物体ノ得タル速度ハ

幾何ナリヤ又經過シタル距離ハ如何
但シgハ三二呎ナリ

$$v = gt = 32. \times \frac{1}{4} = 8. \quad \text{一秒間八呎ナリ}$$

$$s = \frac{1}{2}gt^2 = \frac{1}{2} \times 32 \times \frac{1}{16} = 1. \quad \text{一呎ナリ}$$

(二) 一物体アリ静止ヨリ動キ四百呎降下シタリ其速度ハ幾何ナリヤ

但シgハ三二呎トス

$$v^2 = 2gs = 2 \times 32 \times 400 = 64 \times 400$$

$$\therefore v = 8 \times 20 = 160. \quad \text{一秒間百六十呎ナリ}$$

(三) 一分子ノ漸加速ニシテ與ヘラレシ瞬間ニ於テハ

每秒七呎半ノ割合ニテ動ク間フ幾時間ヲ經過シタ

ラバ其速度每秒三十呎ニ増加スベキヤ

且其間ニ經過シタル距離ヲモ併セテ答フベシ

$$v = V + f, \quad V = 7 \frac{1}{2}, \quad f = 10$$

$$\therefore 30 = 7 \frac{1}{2} + 10t$$

$$10t = 22 \frac{1}{2}$$

$$t = 2 \frac{1}{4} \quad \text{即ち四分ノ九秒ナリ}$$

$$s = Vt + \frac{1}{2} ft^2 = \frac{6}{4} \times 7 \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \times 10 \times \frac{81}{16}$$

$$s = \frac{675}{16} = 42 \frac{3}{16} \quad \text{即ち四十二呎十六分ノ三}$$

(四) 一物体アリ毎秒百十呎ノ速度ニテ上昇セシムル時
其降り始ムル迄ニハ何時間ヲ要セシヤ
但シgハ三二呎トス

此場合ノ公式ハ下ノ如シ $v = V - gt$

物体ガ最高点ニ達シタルトキハ $v = 0$ ナリ

$$\therefore 0 = 110 - 32t, \quad t = \frac{55}{16} \quad \text{即ち三秒十六分ノ七ナリ}$$

勢力即チ蓄積ノ働作 重量ヲ引上グルニ依リ爲サレタル
働作ニ就テハ已ニ前章ニ述タルガ如シ而シテ今ヤ物体ヲ
運動セシムルニ依リ爲サル、働作ニ論及セントス

力ノ物体ニ働クトキハ之ヲ運動セシメ又之ヲ妨ゲントス
ル抵抗ニ打勝タザル可カラズ茲ニ働作ハ爲サレテ物体ニ
速度ヲ與フ又運動セル物体ハ力ノ作用ニ依リテ静止セシ
メ得ベシ茲ニ働作ハ運動ヲ止ムルノ中ニ爲サル、ナリ
今Wナル重量ヲ有スル物体ヲシテルノ高サニ上グ之ヲ最
初ノ平面ニ降下セシムレバ初ノ速度ヲ得再ビ初ノ速度ヲ

以テWヲ直立ニ上昇スレバハナル先キト同一ノ高サニ達シ決シテ是ヨリ以上ニ騰ラザルナリ而シテ働作ハ〇ノ速度ヲ打破スルノ際爲サル、ナリ此二ノ場合ニ於テ W/h ハ爲サレタル働作ニシテ何レノ場合ニ於テモ

$$h = \frac{v^2}{2g} \therefore W/h = \frac{Wv^2}{2g}$$

左レバ〇ナル速度ガWナル重量ノ物体ニ與ヘラレタル時ハ爲サレタル働作ハ以上ノ式ニ示スガ如シ

定義 勢力トハ働作ヲ爲スベキ容量ナリ
重量ヲ或高處ニ舉グレバ此重量ハ勢力ヲ有ス如何トナレバ之ヲ墜落セシメテ以テ働作ヲ得ルガ故ナリ斯ノ如ク高處ニ舉グレタル重量ニ存在スル勢力ヲ潛勢ト稱ス蓋シ勢力ノ潛伏セル義ナリ

高處ニ舉ケラレタル重量ハ其落下ノ際或速度ヲ有ス此速度ト高サトノ間ニ一定ノ關係ヲ存ス吾人ハ其一ヲ知り以テ他ヲ推知シ得可シ其關係トハ左ノ如シ

$$W/h = \frac{Wv^2}{2g}$$

ナル式ハ運動体ニ蓄積セラレタル働作即チ速度ガ消滅スル迄ニ爲シ得ベキ働作ヲ測ルノ尺度トス
運動体ガ有スル勢力ハ之ヲ顯勢ト稱ス蓋シ勢力ノ顯現シテ運動ヲ起セルノ義ナリ

例 毎秒二十呎ノ速度四十六磅ノ物体ニ附與セラル其潛勢ヲ見出シ呎磅ニテ示セ

$$\text{潛勢即チ蓄積ノ働作} = \frac{Wv^2}{2g}$$

又 $W_2 = 2g^2$ ナル公式ニ依レバ

$$\frac{46 \times 400}{2 \times 32.2} = 285 \quad \text{二百八十五呎磅}$$

$$l = \frac{400}{64.4} = 6.2$$

$$W_1 = 285 \quad \text{二百八十五呎磅}$$

「フライホイール」重キ輪ヲ有スル車ニシテ蒸氣機ヲ始メ全
 斑ノ機械ニ用ヒ蓄積働作ノ緊要ナル應用トス
 例ヲ舉グレバ手ニテ回轉スル裁縫器ニ於テ小ナル鐵ノ車
 アリテ其金屬ノ大半ハ輪即チ端ニ在リ此而ニ把手ヲ供ヘ
 是ニ依リテ回轉セシメ以テ種々ノ裝置ニ運動ヲ傳フ車ヲ
 速ニ回轉セシムレバ其回轉力ニ於テ絶ヘズ變動アリト雖

モ甚ダ平滑ニ且ツ沈着ナル運動ヲ生ズ是レ「フライホイール」
 ノ効用ナリトス今回轉ノ目的ニ向ツテ金屬ノ全体ガ中心
 ヨリ或距離ニ緻密ナル圓線ニ集合スト考定スレバ

W ナシテ集合シタル重量トシ

r ナシテ圓ノ半徑トシ

ω ナシテ車ノ角速トス

端ニ於ケル一点ノ直線ノ速度ハ ωr ナリ

$$\therefore \text{毎} \frac{1}{2} \text{秒} \text{ 轉} \frac{1}{2} \text{ 度} \text{ 時} \quad \frac{W \omega^2 r^2}{2g}$$

是ニ依リテ吾人「フライホイール」ノ性質ヲ知ル

(一) 二個ノ「フライホイール」ヲ精密ニ連續シ恰カモ重量ヲ二

倍シタル一個ノモノ、感アラム然ラバ毎分一定ノ

回轉數ニ於テ蓄積シタル動作ハ又二倍スベシ是レ重

量ノミノ影響ヲ示ス

(二) 車ノ毎分ニ於ケル回轉數ヲ二倍ス然ラバ ω ハ 2ω ト成リ蓄積シタル働作ハ $\frac{W \times 4C^2 r^2}{2g}$ ナリ蓄積働作ハ四倍ニ變ズ若シ ω ナシテ ω 〇タラシメバ九倍ト成ルベシ是レ速度ノ影響ヲ表ス

(三) 車ヲシテ大ナラシメ重量ハ以前ノ如ク同一トス故ニ緻密ナル端ハ $\frac{W}{2}$ ナル半徑ノ圓ノ周圍ニ在ルベシ而シテ蓄積働作ハ $\frac{W C^2 r^2}{4g}$ 是レ尙以前ノ四倍ナリ一定ノ速度ニ於ケル蓄積働作ハ半徑ノ自乗ニ就テ増加ス是レ金屬ノ組織ノ影響ヲ表ス

吾人ハ遙ニ本題ヲ追ハザルベシ何トナレバ「フライ、ホイール」

ノ應用及ビ重量ノ集合ト假想スル緻密ノ端ノ適當ナル位置ヲ定ムルニ當リ以上ニ示シタル公式ヲ練磨シ之ヲ敷延スルニ於テ餘師アレバナリ

圓ノ運動 物体ガ圓ヲ爲シテ運動スル機械的ノ狀況ニ就テ最モ昇近ナル例ハ糸ノ端ニ石ヲ繋リ之ヲ手ニテ振轉スルナリ斯クスレバ糸ハ常ニ緊張セラレ手ニ於テハ引力ヲ感スベシ茲ニ石ノ重量ニ關シ重力ト撞着スルノ恐レアリ故ニ原理ヲ説クニ望ミ先ヅ假説ヲ設ケ想像上ノ方法ニテ平滑ナル水平面ニ或物体ガ圓ヲ爲シテ動ケル事ヲ考究スベシ

命題 重量 W ノ物体ガ均一ノ速度 (v) ナ以テ半徑 (r) ノ圓ヲ記ス此運動ノ由テ起レル力ノ方向及ビ大サヲ

見出スベシ

先ツ或力ノ働ケルハ明ナリ即チ運動ノ定則第二條ニ據リ
 物体ハ直線ヲ描キ決シテ圓ヲ爲スモノニ非ザルナリ
 第五十六圖ニ於テA P ナリナル僅小ノ時間ニCノ周圍ニ
 記セラレタル圓ノ弧線トスA及ビPニA T、P Tノ觸線ヲ
 描キA T P Rノ四邊形ヲ作り而シテT R、A Pノ對角線ヲ
 引ク時ハ此兩線Dニ於テ交叉スベシ圓ノ性質ニ由リA T
 ハT Pニ等シ故チ以テA T、T Pハ各A及ビP点ニ於ケル
 物体ノ速度ヲ大サ及ビ方向ニテ示スナルベシ
 是ニ由テ之ヲ觀レバ力ガAヨリPヘノ運動中ニ速度T R
 ナ物体ニ附與スナリ然レ共力ノ生ジタルトキT RハCニ
 沿フテ通過ス故ニ力ハ圓ノ中心ニ存ス

Fチ其大サトス然ラバFハt時間ニ速度TRチ生ズ然レ
 共Wハt時間ニ速度g tチ生ズ故ニ

$$F = \frac{W}{g t}$$

又圓ノ性質ニ由リ三角形T R AハP C Aニ等シ故ニ

$$\frac{TR}{AT} = \frac{AP}{CA} \quad \text{或ハ} \quad \frac{TR}{AP} = \frac{AT}{CA}$$

然ルニtノ時間ハ極メテ微小ナリト假定スルガ故ニA P

ハ極微ノ弧線ナリ而シテ弧線A Pハ直線A P又弧線A P

ハtニ等シト假定ス

$$\text{是ニ由リ} \quad \frac{TR}{v} = \frac{t v}{r} \quad \text{即チ} \quad TR = \frac{t v^2}{r}$$

$$\text{然ルニ} \quad F = \frac{W}{g t} \times TR$$

$$\therefore F = \frac{W}{g t} \times \frac{t v^2}{r} = \frac{W v^2}{g r}$$

例

十二磅ノ重量ヲ四呎ノ長サアル糸ノ一端ニ結ビ其他
端ヲ平滑面ニ於ケル固定ノ点Cニ擊ク今一秒間十呎

ノ速度ヲ以テ物体ヲ動カストキハ糸ノ緊張力如何

糸ノ緊張力 $\parallel \frac{12 \times 100}{32.2 \times 4} \parallel \frac{300}{32.2} \parallel 9.3$ 九・三磅

以上ノ命題ニ依リ糸ニ結バレタル物体ガ水平面ニ圓ニ爲

シテ回轉セルノ時ハ中心ニ物体ヲ引着セントスルノ傾向

アルハ明瞭ニシテ其糸ノ張力ハ

ナリ然レドモ糸ハCナル固定点ニ連結セラレ且ツ其張力

ヲ保ツ所ナリ是ヲ以テ物体ハ常ニ内部ニ引着セラルノ間

C点ハ等シク且ツ反對ノ引力ヲ外部ニ呈出ス

中心ニ於ケル外部ノ引力ヲ遠心力ト稱シ而シテ

17.2

ニ等シ是レ先キニ論ジタル物体ニ働ケル力ノ公式ト同一

ナリ故ニ頗ル混同シ易シ左レドモ少シク注意スレバ此愛

ヲ感ズルコトナシ物体ハ常ニ直線ニ進行セントス然レ共

絶ヘズ中心ニ引カル、ノ力ニ依リテ圓形ヲ爲スモノトス

遠心力即チ半徑ノ方向ニ動カントスル傾向ハ唯物体ガ連

續セラル、支持ニ關ス而シテ中心ノ引力及ビ其結果ヲ表

スルノ方法ハ種々アルモノナリ

振子 單一ナル振子即チ假想的ノ振子ハ少シモ重量ヲ有

セザル糸ニ物質ノ一分子ヲ繫キタルモノトス此ノ如キ振

子ハ實際ニ存在スベキモノニ非ズ故ニ吾人ハ第五十七圖

ニ示スガ如ク纖細ナル糸ニ小球ヲ附着シ以テ零其性質ヲ

知り得ルナリ此實驗ヲ爲スニ於テ小球ガ左右ニ振動スルノ時間ハ糸ノ長サニ關ス即チ糸ヲ長クスレバ從ツテ其時間モ長シ
球ノ中心ヨリ其支持点ニ至ルノ距離ヲ振子ノ長サト云フ振子ノ振動トハ已ニ動キテ其歸ラザル迄ノ一方向ノ運動ヲ云フ振動ノ時間トハ此運動ノ期限ナリ
假想ノ場合ニ於テ物体ガ圓ノ一部ヲ爲シテ動ク時其幅大ニ過ギザレバ振動ノ時間ハ其描ケル弧線ノ大小ニ關ス此弧線ヲ數學家ハ「サイクロイド」ト稱ス即チ振子ハ「サイクロイド」ノ曲線ニ動キ大小ニ關係セザルナリ
此考究ハ頗ル高尙ナルモノニシテ本書ニ於テ適切ナラズ故ニ吾人ハ唯物体ガ「サイクロイド」ノ曲線ニ動ク時ニ得ク

ル振子ノ法則ヲ述ベシ

レナシテ單一ナル振子ノ長サトシテ振動ノ時間トス



左レバ其長サ一ト四ナル二個ノ振子アリトスレバ其振動ノ時間ハ一ト二ノ如シ

レナシテ秒間ニ振動スル振子即チ秒時振子ノ長サトスレ



レニ定メタル値ハ英國倫敦ニ於テ三九、一四吋トス

次ニ第五十八圖ニ於ケルA Bナル重キ杆ガ一端Aニ懸垂シタル振動ヲ研究スベシ

先ツ杆ハ均一ナル堅牢ノモノトシP、Qノ如キ異種ノ分子ヨリ成レルモノト假定ス其A点ヲ去ルノ距離各異ナルガ

故ニ振動ノ時間モ亦一樣ナラズ然レ共杆ハ異種ノ分子ヨリ組成セラル、ニセヨ堅牢ナルガ故ニ各分子ハ同一ノ時間ニ振動セザルヲ得ザルベシ左レバ茲ニ異分子ハ假リニ固結セラレテ杆ハ恰カモ其全質量ガA B間ノ或一点Oニ於テ一ノ緻密ナル分子ニ集合セラレタル如ク振動スベシ斯ノ如キ杆ヲ復性振子ト稱ス蓋シ多數ノ單一振子ノ結合ト見做スガ故ナリ

Oノ位置ハ公式ニテ見出スコトヲ得GヲA Bノ重心トシAGナルトス又(A Bノ質量)× l^2 ヲシテ(A Bノ質量)×(質量)ノ積ノ加ニ等シカラシム

$$AO = \frac{l^2 + h^2}{l}$$

然ラバ

O点ハ奇妙ナル性質ヲ有ス是レハイエンス氏ノ發見ニ係ル其性質トハA Bナル杆ヲA点ニ懸垂スルモ又之ヲ倒ニシテO点ニ懸垂スルモ共ニ同一ノ時間ヲ振動スルコト是レナリ

O点ヲ振動ノ中心ト稱シA点ヲ懸垂ノ中心ト稱ス左レバハイエンス氏が發見ヲ別語ニテ表セバ懸垂及ビ振動ノ中心ハ相交換スルヲ得ベシ尙ホ詳言スレバA点ヲ懸垂ノ中心トスレバO点ハ振動ノ中心ト成リ更ニO点ヲ懸垂ノ中心トスレバA点ハ振動ノ中心ト成ルナリ

左ナル分量ハ分析ニテ知り而シテ懸垂シタル物体ノ形狀ニ關スル一定ノ長サノ線トス

重力ノ漸加速gハ振子ヲ用ヒテ容易ニ知ルヲ得ベシ茲ニ

大略ノ値ヲ知ラシムガ爲メ粗笨ナル實驗ヲ以テ満足スベシ先ヅ直徑二吋半ノ鉛丸ヲ絹糸ニテ鴨居ヨリ釣下ス懸垂点ヨリ鉛丸ノ中心ニ至ル距離ヲ八十三吋トシ振動スル弧線ヲ八吋許トシ五分間即チ三百秒間ニ百三ノ二倍即チ二百六ノ單一ナル振動ヲ爲シタリトスレバ

$$\frac{\pi^2 \times 83}{12g} \parallel \frac{300}{206}$$

$$\frac{\pi^2 \times 83}{12g} \parallel \frac{150 \times 150}{103 \times 103}$$

$$\frac{8690646.6712}{270000} \parallel 32.188$$

英國グリニチニ於ケル正確ナルgノ値ハ三二、一九一二吋ナリトス
千八百十八年キヤアチンカーターハ始メテハイエンズ氏

ガ發見シタル法則ヲ證明センガ爲メ振子ノ實驗ヲ倫敦ニ於テ行ヒタリ是レ歴史上著明ナル事實ニテ秒時振子ノ長サ及ビ漸加速ノ精密ナル數字的ノ値ハ氏ノ實驗ヲ待ツテ知ラレタルモノナリ其法ハ簡單ニシテ眞鍮ノ杆ニ球ト二個ノ調度シ得可キ重量ヲ附着シ其重量ニ依リテ杆ノ懸垂及ビ振動ノ中心ヲ双尖ト稱シ鋼鐵ニテ作りタル三角形ノ端ニテ記スコトヲ得振子ハ平面ノ支持点ニ双尖ニテ安置シ更ニ他ノ時計裝置ノ振子ト相竝ンデ振動ス此兩振子ノ振動ノ全ク符合スルヤ否ヤハ望遠鏡ニテ觀則スルナリ此目的ハ双尖ノ尖頭ニテ精密ニ振動心ヲ得ルニ在リ而シテ重量ヲ加減シ何レノ双尖ヨリ振子ヲ懸垂スルモ能ク振動ノ時間全ク符合スル迄爲スモノトス斯クテ後チ兩双尖

間ノ距離ハ振子ノ長サニシテ振動ノ時間ハ時計ニテ知ル
爰ニ一定ノ時間ニ振動スル振子ノ長サヲ知リ以テ秒時振
子ノ長サハ自ラ測定セラル、ナリ
カーター氏ガ測定シタルLノ値ハ三九、一三九三吋ナリ
公式 $T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$ ニ據リ呎ニ於ケルgハ12²ニテ表スルガ
故ニ

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{39.1393}{12g}}$$
$$g = \frac{\pi^2 \times 39.1393}{12 T^2}$$
$$T = 3.14159 \quad T^2 = 9.8698$$
$$g = \frac{9.8698 \times 39.1393}{12} = 32.1908$$

秒時振子ノ長サハ緯度ノ差ニ依リテ異ナリ左レバ佛國巴黎

里ニテハ三九、一二八五瑞典^{スウェーデン}ストックホルムニテハ三九、一
六五四西班牙^{スペイン}バルスロヌニテハ三九、一〇四三吋ニシテ各
gノ値ハ三二、一八一九、三二、二一二二及ヒ三二、一六二〇
ナリトス
之ヲ要スルニ觀測ノ結果ハ英國ヨリ南方ニ至ルニ隨ヒg
ノ値ノ減ズル事ナリ蓋シ此變換ハ(一)地球ガ其軸ニテ二十
四時ニ一回轉ヲ爲ス(二)地球ハ直正ノ圓ニ非ラズシテ兩極
ニ於テ稍扁カナルニ由ルヤ明ナリ天文學者ハ重力ノ變換
ヲ觀測シ此原因ヲ示ス左レ共甚ダ僅小ナルモノアリサ
ジヨン、ハースケルニ據レバ赤道ニテ百九十四磅ノ重量ハ
兩極ニ於テ百九十五磅ヲ有スナルベシト亦以テ其差ノ極
微ナルコトヲ知ルベシ

第九章 器械ノ構成

回轉運動ヲ交番運動ニ變ズル事ニ就テハ已ニ前章ニ其要
 領ヲ説キタリ而シテ今運動ノ變換ニ伴隨スル機械ノ構成
 ナ論ゼントス吾人ハ先ツ普通蒸氣機ニ應用セル考案ヨリ
 説カン
 曲柄及ビ連接杆 第五十九圖ハ瀛車ノ機關ニ用フルモノ
 ナリ曲柄CPハ車ノ一部ニシテ連接杆PQハPニ於テ曲
 柄CPニ而シテQニ於テHKLMナル誘導部ニ依リ水平
 ニ動ク可キ小片ニ固着ス偕テ蒸氣ノ壓力ハ瀛筒中ニ於ケ
 ル唧子ヲ誘導部ノ間ニ動カシメ以テ車ヲ回轉ス
 CPノ回轉ハQニ於テ左右ノ運動ヲ生ズルニ用フ而シテ
 此場合ニ於テQノ運動ハPQノ傾斜ノ變換ヨリ起ル第六

十圖ニ於テCPヲ曲柄トシPQヲ連接杆トシAPBノ圓
 ハPノ描キタルモノトス前ノ如クQ点ハCヲ貫通スルD
 B線上ニ動クABニ垂直線PNヲ引ク而シテD及ビEヲ
 シテQノ兩端ノ位置トス然ラバDE=AB
 又ANハAPニ於ケルPノ運動ノ分カレタル部分ニシテ
 RNハRPニ於ケルPノ運動ノ分カレタル一部ナリ故ニ
 $DQ = AN + RN = AR$
 此故ニQハNノ換リニRノ運動ヲ有ス若シPQガ運動中
 BDニ平行セシナラバQ点ハ明ニNト同一ノ運動ヲ爲ス
 ナルベシ然レ共是或ハPQガ無窮ニ長キノ際ニ望ムヲ得
 ベシ故ニNノ運動ハ屢バ無窮大ノ連接杆ヲ有スル曲柄ニ
 就テ云ヘルコトアリ

P Qノ角度ヲ爲セル位置ニ依リ生ゼル結果ヲ述ベントス
 Qヲ中心トシQ Pノ半徑ヲ以テRニ於テA Bヲ横斷スル
 弧線P Rヲ描クA C Bニ直角ニC Hヲ引キEヲシテPガ
 B点ニ達スル時ノQノ位置トス然ラバD EハQノ描ケル
 距離ノ全体ニシテ之ヲQ点ノ「ストローク」ト云フ
 C PガC Hノ位置ニ至レルトキ即チ曲柄ガ一回ノ四分ノ
 一ヲ爲シタル時Q点ハ僅ニ其「ストローク」ノ中央ニ達ス此
 事實ハ蒸氣機ノ働作ニ於テ最モ重要トスルモノナリ機關
 ニ於テハQハ直ニ汽筒ノ唧子ニ接續ス而シテ若シQガD
 及ビEノ中ノ何レニ在ルモ蒸氣ノ壓力ハC Pヲ動かスコ
 ト能ハザルヤ明ナリ何トナレバ其運動ハD A C Bナル線
 ニ働クガ故ニ曲柄ヲ沿フテ直ニ引クカ或ハ押スモノナリ

依テ曲柄ヲ回轉スルコト能ハズ是ヲ以テA及ビB点ヲ死
 点ト稱スナリ
 「エスケイアメント」回轉運動ハ「エスケイアメント」ノ方法
 ニ依リ交番運動ニ變ズ
 「エスケイアメント」ハ齒ヲ備ヘタル車ヨリ成リ交番ニ動ク
 棒ニ附着シタル二片ニ働ク而シテ一ノ齒ガ一小片ヲ脱ス
 ルノトキ他ノ齒ハ其作用ヲ爲ス
 第六十一圖ハ其最モ簡單ナル形ヲ表スA Bハ動クベキ棒
 ニシテ其中間ニC及ビDノ凸出セル小片ヲ供ヘ此中心ニ
 三個ノ齒即チP Q及ビRヲ有スル車アリ此車ハ常ニ矢ノ
 方向ニ回轉ス圖ニ於ケルノ位置ハPガ右ニDヲ壓セルノ
 働キナリ絶ヘズ車ノ回轉スルトキハPハDヲ脱シQ之ニ

換リテCヲ押シ而シテA Bヲ左方ニ進ム直ニQハ脱シR
 之ニ換リテDニ接ス而シテ棒ハ再ビ右方ニ進メラル斯ノ
 如ク車ノ回轉ハA Bノ棒ヲ交番ニ運動セシム
 「エスケイフメント」ハ其種類非常ニ多シ然レ共其作用ハ皆
 同一ナリ左ニ記スルモノハ博士フーケノ發明ニ係リ振子
 ナ用ヒタル時計ノ調制者ニ應用ス
 第六十二圖ハ「アンコル」エスケイフメントト稱ス其構造ハ
 (一) Eヲ中心トシタル車アリテ尖レル齒ヲ有シ矢ノ方向ニ
 回轉ス(二) Oヲ中心トセルA C Bノ「アンコル」アリテA m B
 ナル二個ノ曲部ヲ供ヘ齒ニ嚙合フナリ此曲部ハ少シク
 凸出セル面ヲ備ヘA mニ引キタル垂直線ガCノ上部ヲ過
 ギ而シテBニ引キタル垂直線ガCトEノ中間ヲ過グベ

キ裝置ヲ有ス齒ノ尖頭ハBニ脱シテ「アンコル」ヲ右方ニ
 進メQノ尖頭換リテA mヲ歴シ已ニ「アンコル」ヲ少シク左
 方ニ進メタリト視ルヲ得ベシ斯ノ如クシテ車ノ回轉運動
 ハ「アンコル」ヲ交番ニ運動セシム
 若シ此車ヲシテ圖ニ示スガ如キ輕キ「アンコル」ニ嚙合ハシ
 ムレバ其左右ノ振動ハ非常ニ早カルベシ然レ共時計ニ於
 テハ車ヲシテ一定ノ進行ヲ取ラシムルガ故ニ「アンコル」ハ
 重キ振子ノ習慣ニ支配セラレ是ト共ニ徐々トシテ動クナ
 リ
 「ラッチェット、ホイール」通常鋸齒狀ノ齒ヲ有スル車ニシテ
 第六十三圖ニ於ケルガ如クBナル掛金ニテ回轉セラレD
 ナル支留ニテ後轉ヲ防グBハC Aナル振動杆ニテ廻ハサ

ルC AハCナル中心ニテ少許ノ幅ニ交互ニ動クナリトス
 圖ニ示ス車ハ唯一方向ニノミ動クモノニシテA Cガ右方
 ニ動クノ時Bハ車ヲ押シテ又右方ニ轉ズ而シテA Cガ左
 方ニ動クノ時Bハ齒ノ尖頭ヲ超過シテ歸リ再ビ以前ノ如
 ク車ヲ轉ゼントス何レノ場合ニ於テモBハ自身ノ重量或
 ハ彈機ニテ齒ヲ壓ス
 支留DハBガ齒ヲ超過シテ歸ヘルノ時車ノ後轉ヲ防キ又
 ハ後轉ヲ要スルノ時ニ用ヒラル然レ共大抵ラツチエツト
 ノ接續部ノ摩擦ハ之ヲ保ツニ充分ナルヲ以テ支留ハ省略
 セラル、ナリ
 右ノ考案ニテ回轉運動ハ交番運動ヨリ取ルコトヲ得ベシ
 車ハ聯絡 數個ノ車相列ナリテ嚙合フトキハ之ヲ車ノ聯

絡ト稱ス
 同一ノ軸ニ於ケル車ト「ビニオン」ノ聯絡ハ尙ホ不等ノ臂ヲ
 有スル槓杆ニ比スベシ而シテ傳導セラル、力ヲ變ズ左レ
 バ唯一ノ車ハ等シキ臂ノ槓杆ニ比スベク從ツテ力ニ影響
 ナ與ヘザルナリ
 故ニ若シ第六十四圖ニ於ケルガ如クA B C Lナル車ノ聯
 絡アルトキハ二個ノ車ハ軸ヲ共ニセズ單一ナル一對ノ車
 ニ比スベシ即チ第一ハAニシテ最後ノモノハLナリ中間
 ノ車ハ唯傳送者ノ如クニ働キ恰カモAトLガ調革ニテ連
 續セラル、ト一般ノ結果ヲ生ズ
 又嚙合ヘル二車ハ反對ノ方向ニ轉ズルガ故ニCハAト等
 シキ方向ヲ爲ス詳言スレバAトL間ニ挿入セル車ハLノ

回轉ノ方向ヲ變ズルモノナリ
 Aヲ授動者ト呼ビLヲ受動者ト呼ブ而シテAノ一回轉中
 ニLハe回轉ヲ爲ス然ラバ

$$e = \frac{\text{一回轉}}{\text{一回轉}} \times \frac{\text{一回轉}}{\text{一回轉}}$$
 eノ數ハ全キ數ナルカ若クハ分數ナリ此比例ヲ車ノ聯絡
 ノ値ト稱ス而シテ車ノ裝置及ビ各車ニ於ケル齒數ノ與ヘ
 ラレタル時定メ得ベシ
 A及ビBノ二車ノ嚙合ヘルアリAノ齒數mニシテBハn
 ナリ然ラバ

$$\frac{m}{n} = \frac{\text{Aノ「ビ」ツ「チ」ノ周數}}{\text{Bノ「ビ」ツ「チ」ノ周數}}$$

$$\frac{m}{n} = \frac{\text{一回轉}}{\text{一回轉}}$$

即チ此場合ニ於テ $e = \frac{m}{n}$
 次ニ第六十四圖ノ如クA B C Lヲ嚙合ハシメ各車獨自ノ
 軸ニ在リ而シテ其齒數ヲm n r トス
 然ラバ

$$\frac{Bノ回轉數}{Aノ回轉數} = \frac{Cノ回轉數}{Bノ回轉數} = \frac{Lノ回轉數}{Cノ回轉數}$$

$$\frac{Lノ回轉數}{Aノ回轉數} = \frac{m}{n} \times \frac{r}{r} = \frac{m}{n}$$
 各三者ヲ乘ズル時ハ

$$\frac{Lノ回轉數}{Aノ回轉數} = \frac{m}{n} \times \frac{r}{r} = \frac{m}{n}$$

$$\therefore e = \frac{m}{n}$$

而シテ聯絡ノ値ハ恰カモAトLノ二個ガ嚙合ヘルガ如シ
 次ニ車ノ順序ヲ變更シBトCヲ同一ノ軸ニ置ク事第六十
 五圖ニ示スガ如クス備テA及ビBヲ授動者及ビ受動者ト

シC及E L是ニ准ズ又BトCヲ共ニ一ノ車ノ如ク回轉ス

$$\frac{Bノ回轉數}{Aノ回轉數} = \frac{Lノ回轉數}{Oノ回轉數} = \frac{r}{l}$$

$$\frac{Bノ回轉數}{Aノ回轉數} \times \frac{Lノ回轉數}{Oノ回轉數} = \frac{r}{l}$$

$$\frac{Lノ回轉數}{Aノ回轉數} = \frac{r}{l}$$

$$\frac{Lノ回轉數}{Aノ回轉數} = \frac{r}{l}$$

$$e = \frac{m}{n} \times \frac{r}{l}$$

$$e = \frac{m}{n} \times \frac{r}{l}$$

$$e = \frac{m}{n} \times \frac{r}{l}$$

$$e = \frac{m}{n} \times \frac{r}{l}$$

是レ車ノ何レノ數ニテモ適合スルヲ得ベシ故ニ左ノ公式ヲ得

$$e = \frac{齒輪ノ齒數ノ積}{齒輪ノ齒數ノ積}$$

例 第六十六圖ニ於テAハ八十Bハ二十Cハ六十Dハ二

十一Eハ三十五Lハ三十個ノ齒數ヲ有スBハCト軸

ヲ共ニシD E及E Lハ獨立ノ軸ヲ有ス

然ラバA C D Eハ皆授動者ニシテB D E Lハ皆受動者ナ

$$80 \times 60 \times 21 \times 35 = 8$$

$$20 \times 21 \times 35 \times 30 = 8$$

即チAガ一回轉中ニLハ八回轉ヲ爲スナリ

車ノ嚙合ヘル回轉ノ方向ハ一番二番五番等ノ車ハ同一ノ

方向ヲ取り四番二番等ノ車ハ反對ノ方向ヲ取ル右ノ例ニ

於テLハ五番ノ車ナリ故ニAト方向ヲ同フス

秤量 簡易ナル不等ノ臂ヲ有スル槓杆ニシテ一方ノ極端

ニ近キ所ニ支点ヲ有ス第六十七圖ハ此器ニシテ支点Cハ

釣ニテ懸リ重量WハN点ニ懸リ而シテ可動ノ重量PハM

ナル輪ニテ懸リWヲ平均セシムル爲メCAノ臂ニ動カス

ナリ

此器ニ伴隨スル困難ハ之ヲ測ルノ方法ニテPトWヲ他ニ移シ槓杆ノミニテ水平ノ位置ニ平均セシムルコト能ハザルナリ
 PトWヲ取り去リタル後Qヲ秤量ノ重量トス先ヅQノ重量ハGノ如キ或一点ニ集合シテ働クモノト假定シ(第六十八圖)此重量ヲ平均センガ爲メCAノ臂ニPヲ懸ケ之ヲ動かシテDニ於ケルPトGニ於ケルQトヲ平均スベキ一点Dニ置ク是ヲ見出スニハ實驗ニ由ル可クC点ハ其支点ナリ故ニ

$$P \times CD = Q \times CG$$

倍テNニ於テWヲ懸ケ之ヲシテMニ於ケルPニテ平均セシム爰ニQナル固有ノ重量アリテGニ働ケルコトヲ忘ル

可カラズ故ニ

$$P \times CM = W \times CN + Q \times CG$$

$$= W \times CN + P \times CG$$

$$P(CM - CD) = W \times CN$$

$$P \times DM = W \times CN$$

$$W \text{ 一 磅 ト ス レ バ } \quad DM = \frac{CN}{P}$$

$$W \text{ 二 磅 ト ス レ バ } \quad DM = \frac{2CN}{P} \quad \text{以下之ニ準ズ}$$

斯故ニ一、二、三、四、五磅等ノ如キ目盛ハ支点Cヨリ測ルニ非ズシテD点ヨリ測ル事明ナリトス
 天秤 極メテ重要ナル器械ニシテ其構造種々アリ從ツテ用途ヲ異ニス其首ナル部分ハ同等ノ臂ヲ有スル槓杆A、B