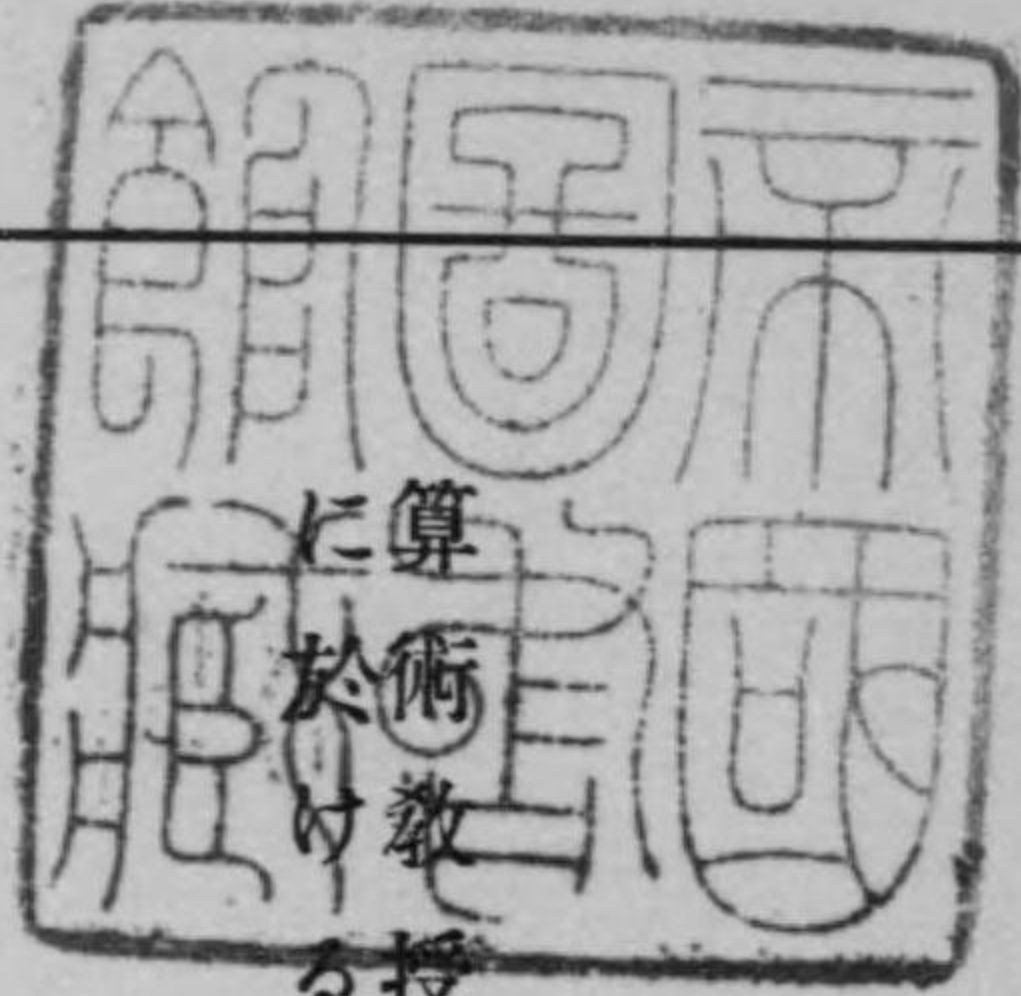


始





南部美章著

算術教授
に於ける

實驗實測の取扱

東京モナス發兌

大正
13. 10. 30
内交



緒言

近時の教育に於ては、諸學說の發表に依つて種々の方面に影響せられ、漸次新生面を開拓されつゝ、あるために、算術教育に於ても従て種々の研究問題が興えられたのである、その中算術其物の研究方法と、實社會に之を應用する方面の要求から、量についての研究が高潮せられる様になつた、これは事實であつて何人も認めてゐることである、その實際方面の方案として現在採用せられてゐるものとして、實驗實測といふものがある、在來は算術は主として計算に主きを置き、數式の取扱ひを目的としてゐたやうである、それが近來は數式のみでなく、その事柄に密接な關係にある量の研究から、内容を有した計算、事實に關係深き問題の取扱を多くし、その體驗に依つて數の取扱も推理歸納し、その間の統一も明にして、實際社會に活きて働く算術の教育をする傾向になつたのである、誠に結構なることである、事實に親しみ實相を研究し、自然より知識を得てその間に存在する理法を導く所謂科學の研究法を採用する傾向を認めるのである、然してその方法と取扱ふ量及用具については一通りの基礎を養つて置かないと、折角の名案も施すに術なく只その効果を知つて効果を收めることが出來なくなることになる、この時この基礎の參考にもと考えて平素考へたる一部分を發表せんとするのであ

2634-96

る、然しもとより淺學の者その説く所要を盡さず、その論ずる所論理の不充分なる事多く散在するこ
とを想ふ、幸に讀者諸賢の御批評を乞ひ他日この小冊子の缺を補ひ誤謬を改め、得ることを得ば幸運
とする所である。

幸に本書によつて益する所あれば、それは恩師現東京市親學山内先生之御指導の賜である。
本書の中にも一部分御批評を受けて改めたる部分も含まれてゐる、然し全篇の御高評を受けたので
ないから誤れる場所は全く筆者の罪である。

然して本書に述ぶる所は、目次に示す通り、最初に量及測定に關して理論的にその考察をなして次
に主なる量に就て説明し實測實測による算術教育に關する實際教育に對する卑見を述べ、最後にメー
トル法に就て歴史的に考へ、曆についての小話を試みたのである。

本務につかれたる頭を燈下にかゝえて

筆者 識

目次

一 測定の理論的參察.....一

第一章 量.....一

 第一節 量の意義.....一

 第二節 母較即ち二量の關係.....六

 第三節 倍量 約量.....二

 第四節 測定と數値.....一五

第二章 單位.....一九

 第一節 單位.....一九

 第二節 單位の種類.....二二

 第三節 單位制定の標準.....二六

 第四節 單位間の關係.....二九

第三章 測定.....三三

二

第一節 測定	三
第二節 感測器管に依る測定	三五
第三節 直接比較に依る測定	三七
第四節 関係の測定	四〇
第五節 數値と單位	四一

二 量の内容と單位

第一章 長さ	四四
第一節 長さの根本概念と單位	四四
第二節 メートルの價値	四六
第二章 面積	四九
第一節 面積の根本概念と單位	四九
第二節 平面曲面と面積	五一
第三節 面積と長さ	五二

三 體積

第一節 體積の根本概念と單位	五三
第二節 直方體ならざるもの體積	五五
第三節 體裁と面積長さの関係	五五
第四章 時間	五五
第一節 時間の根本概念と單位	五五
第二節 單位の制定	五八
第三節 時間と時刻	六二

四 角

第一節 角の根本概念と單位	六三
第二節 平面角と立體角	六四
第六章 温度	六五
第一節 温度の根本概念と單位	六五
第二節 温度と熱	六七

第七章 目方	六
第一節 質量と目方の根本概念	六
第二節 單位	六
第八章 物理學上の主なる諸量	七
第一節 速度及速さ	七
第二節 加速及加速度と力	七
第三節 仕事	七
第四節 壓力	七
第五節 工率	八
第六節 比重と密度	八
第七節 光度と照度	八
第九章 電氣に關する主なる量	八
第一節 電氣量	八
第二節 電流	八

第二節 電氣抵抗	九
第四節 電壓	九
第五節 電氣容量	九
第六節 電氣の工事	九
第十章 化學に表はれる主なる量	一〇
第一節 原子量と分子量	一〇
第二節 化學的熱量	一〇
第三節 溶解度と濃度	一〇
第十一章 金高に關する量	一〇
第一節 金高の根本概念と單位	一〇
第二節 金高に關する量	一〇
三 測定器械と測定法	一〇
第一章 長さ	一〇

第二章	面積と體積	一一二
第三章	質量及目方	一一七
第四章	角度	一二〇
第五章	溫度	一二二
第六章	時間	一二三
第七章	電氣的の諸量	一二五
第八章	物理化學的量の數種	一二六
第九章	測定の實例	一二六
第一	長さに關する測定二	一二六
第二	面積に關する間接法	一二六
第三	體積の測定の置換法と間接法	一二九
第四	角度の實測と方向の差を測る方法	一三三
第五	溫度の測定二	一三三
第六	速度の測定	一三五

四 實驗實測の教育

第一章	實驗實測の根據	一三七
第二章	實驗實測の目的	一三九
第三章	實驗實測の教育的價值	一四〇
第四章	實驗實測に關する設備	一四五
第五章	實驗實測の準備	一四八
第六章	時間に關して	一五九
第七章	實驗實測の結果の處理	一五二
第八章	實驗實測の材料	一五四
第九章	教授例と其理論	一五九
第十章	實驗實測の現在	一六七

附 錄

一 米法の制定と米法に就て……………一六九

二 米法普及に關すること……………一七五

三 曆に就て……………一七九

四 單位の名稱と其間の關係……………一八九

五 度量衡法の一部……………一九三

目次終

算術教授に於ける

實驗實測の取扱

測定の理論的考察

第一章 量

第一節 量の意義

量といふ文字を見ると、誰しも量るといふ事を想像するか、度量衡の量といふ意味を想ひ起すかである、然し今その量の例を挙げて、その意味を明にして置きたいと思ふのである。長さといふ言葉で表はされてゐるものは、一つの量である。長さといふ語を聞くと、糸とか、紐とか、繩とかを考へるとは普通である、それらについて、太さなど眼中に置いて居らぬ所を見ると、それらの間に一つの目標とする長さといふものを認めてゐることが分る。長さとは何であるか、と改まつて問はれた時は、答が出来なくても、それは不明瞭な概念からでも、確に長い短いいいふことは子供の時から常に経験することである、そこで模倣に依つてであつても、長い短いいいふ判断はしてゐる、二本の紐を子供

に與へてどちらが長いかといふて見ると、その違ひが相當にあるならば、小學校に通ふ程度の子供には先づ正しい答が出来る、それに長い短いといふことを考へることが出来る、それは何によるかはその場合によつて、只に觀察によることもあらうし、尺度で測ることもあらう、然し比較出来るといふことは確かなことである、それより進んで、長い短いのない場合に於て、大人の言葉では等しい、稚い子供の言葉で不完全な言ひ表はし方から言ふと、同じといふことを考へる、それから他の例をとると、物の大さといふことについて大きい小さいといふことを考へることは、子供の常に取扱ふことである、子供が二三人集まつて砂をかき集めて小山の様なものをつくつてゐる側に立つて、暫く注意してゐると僕のが大きいとが、もつと大きいのを造るんだとかいふ言葉をさく、大人が子供に相撲をとろうといふた時に、さあ勝つよといふたならば、そりや大きい人だものといふてあらう、身長が年齢か體重かそこは明でなくても、大きい小さいといふことは確に認めてゐる、そこで我々に大きい・小さい・長い・短い・軽い・重い・速い・遅いといふ様な、程度成は度合を比べることは、長さ・廣さ・大さ・速さ・重さといふ「さ」のつく場合に多くある、それを考へる時に面白さ・可笑さ・悲さ・嬉しさ等のものも同時に連想される、これらを綜合して量といふ言葉を以てまとめてゐると思つたならば、大體量といふことになるが、問題が算術に於て取扱ふ量といふことになつたならば、この程度にして置くこ

とは出来ぬから、もう一段としらべて置かねばならなくなる、とても算術に於て面白さ、悲しさなど量として取扱ふことは出来ぬのである、そこで算術に於取扱ふことの出来る量の性質を調べて其範圍を定めることにする。算術は一人ぎめの獨斷的のものではない、一人の人が取扱つた量を、他人が取扱つた時に、何等變化することが原因として考へられぬ場合、即二人連れ立つて芝居見物に行つた場合、並んで見物してゐたものと考へて見る、その時一人は面白いと喜んでゐるのに、一人は餘り面白くないといふこともある、それで、その芝居を見た時の面白さといふものは、人の變つたために程度が異つてしまふ、又毎日毎日頂いて居る御飯の如きものでも、御飯そのものよりも、身體の健康状態空腹の度合でその味ひを異にしゐる場合もあらう、それでこれらのものは感情の部分が多量に加はつて來てゐるから、比較する時に明にその相違を認めることか出来ない場合が多い、しかし菓子屋で毎日菓子の製造をしてゐる職人は、舌の先で大體の比較は出来るであらうし、文藝批評家が人の作品を多く見て、その良し悪しを判別してゐるかと思ふと、和歌俳諧の選者が天地人等を定める所を見ると、判別してその良き加減の程度を比べることが出来るものといふことにもなる、然しその比べるといふことは、良い悪いの程度であつて同程度の中、等しいといふ所はかなりに大きな範圍の誤差を見積らなくてはなるまい、そこで算術で取扱ふ量に於ては、この等しいといふ所の判断が、はつ

きりしてゐることが必要になるし、普通の常識を具えてゐる人には誰にでも同様の判断が出来る様になつてゐなくてはならぬ、しかしそれは子供に最初から分らなくても差支ない、亦算術に出てくる量でも最初から分らぬものもある、尋常六年の教科書に出てゐるキロワット時の如きは、大人でも電氣の事を一通りやらなくては分らぬ、しかしこれは順々に考へて行くならば誰も同じ様に解決の出来るものであるといふ事は事實である、そこで大小等といふ關係を以て比較することが出来る。その次に考へることは加えることが出来る、即和を求めることが出来る性質があることである、長さを例にとつて説明する、一つの列車がある時に、その列車の長さといふものは考へることは容易な事である、それに一台の車を連結したとしてその長さを考へると、その長さは前の列車の長さに一台の長さだけ増した長さ、即その和であることは直に了解出来ることである、五尺二寸の身長の人が二尺五寸の踏臺の上に立つたならば、その高さはその和だけになることも容易に分る、然し花を眺めて美しさを感じた後に繪を見て美しさの和を考へるといふことは出来ぬ、それで寄せること即和を求めることが出来るといふ性質も、算術で取扱ふ量には必要であるとする。この和を求めることが出来、亦比べて等しいといふことが出来る量と考へた長さ廣さ重さ等については、等しいだけ増して行く即ち累加といふ意味のこと、例へば汽車のレールを敷く場合一本のレールの長さは大抵は等しいものである、

それを十本つゞけて敷設したならば、その長さは一本のレールの十倍であるといふ。これは何人も肯くことが出来る、然しいくら餅の好きな人でも餅を十箇食べた時に、一つ食べた時の十倍おいしかつたとは言ふことが出来まいそれであるから算術で取扱ふ量といふのは比較してより大・より小・等しいといふ三通の區別の出来ること、和を求むること、倍することの出来る性質をもつてゐることを必要とする、これらの性質があるならば加える倍することと反對の考へ方によると減すること即差を求むること等分することが出来ることは直に肯定されることになるのである。この算術に於て取扱ふ量が如何にして吾人に知らる様になつたかは、一つ一つの量の所に於て詳しく述べることにするが、ここに前に説明した所をまとめて述べることにすると、廣き意味をもつてゐる量とは、程度の相異を認めることの出来る内容を備へてゐる概念に、総合的につけた名稱であるといふて差支あるまい。然し意味を狭めて算術に於て取扱ふ量といふのは、完全に比較の出来るもので加法乗法の可能であることといふ條件に依つて範圍を限定してゐるものと考へるのが至當である。そこで完全なる比較加法乗法が行はれるといふ性質から、一般的に規約された標準の積と和とに依つて、その量を代表することの出来る數値を決定することが出来るのである、それであるから算術で取扱ふ量に、次の定義を與えて差支ない、「數値を以て代表させることの出来る概念を總稱して算術的量といふ」と。

かくて面白さ嬉しさ、楽しさ等は算術に於て取扱ふ量の外に置かれることになる、しかしこれ等も數値を以て代表されることになつたならば、算術に於て量として取扱つても差支ないことになる。

第二節 比較即ち二量の關係

前に述べた様に、量に於ては比較といふことは重大なる意義をもつて居る事柄であるから、これについて述べる必要があるのである。比較するといへば、子供には解せられなくても、比べてごらんといへば、凡の見當はつく。それに他の語のどちらが長いか・どちらがひろいか・どちらが重いか・どちらが速いか或はその反對の語即ち短かいか・狭いか・軽いか・遅いか等であつても何を要求してゐるかは明に判断してゐることが考へられるのである、それは最初の中は質問の内容が充分に細かく解せられぬ故と、子供の精神活動が吟味しないで方針だけで直に輕卒に断定するのと、用語の乏しいのと、非常に簡潔にし過ぎてゐるために、不徹底なる判断をする様に解せられ、又その通りであることになり、例えてみるならば、教室と運動場とどちらが廣い？ と尋ねるとする、尋常一年生でも教室と運動場と兩方知つてゐる兒童ならば、必ず誤つた答はせぬといふことを信するであろう、猫と馬とどちらが大きいかと問ふても正しく答えると考へるのを、誤といふ人はあるまい、しかし綿と鐵とどちら

が重いかなど問ふたならば、問そのものが不完全であるために、大人の考へた完全な答は出来ない。然し鐵の方が重いと答える子供があることを考へるのは六ヶ敷ことではない、ことに目方といふものに充分な正確な知識をもつてゐない子供に、より多くあることと想像するも誤りであると論ずることは出来ないことである、然しこの判断は全然目方に關係のない答でもないのである、それであるから兒童の言葉が粗雑な意味で用ひられてゐるにしても、全然見當違ひの考へ方をしてゐる場合は極めて稀であるといふことになる、そしてその比較も經驗によつてのみ處理して行くことは、不都合が多いといふことにも注意が向ふ、それで比較は兒童の經驗に依つて得た方針といふものが端緒となつて、それを指導して又指導されて進歩するものである、その結果如何なる順序に進み、如何なる程度に正確に、如何なる形式で完成するものであるか、その關係について如何なる内容をもつものであるかといふ事について、例を擧げて説明することにする、世間往々下駄と牡丹餅とか、月とすつぽんとかいふ事を、下駄と牡丹餅との例は比較にならぬといふことを意味するのであつて、月とすつぽんとの例は寧ろ相違の甚だ多いといふ意味を表はしてゐるのであるまいかと思はれる、天地雲泥の違ひといふも月とすつぽんの類である、それであるから比較にならぬといふ二つのもの間には、共通の標準を認めないといふことを考へ、相違の甚だしいといふことには、共通の標準を認めて比較することが出

來て、その間に違ひの大きいことを考へてゐるものと考へるがよい、ここに於て共通の標準といふ所に量といふものが發生してくるのである、月は天上高く懸れる様子か最も考へやすい状態であるし、すつばんは水中に泳いでゐるか岩の上に這ひ上つて居る様子が普通に考へる状態である、それであるからそのあり場所即ち位置といふ事について考へる時、高さといふ量を標準にして比較してゐるので、岩の上と天上とその高さが非常に異なつてゐる、即ち量の相違といふものを考へることが出来るのである、秀吉と家康をどちらが偉い人ですかといふ質問は、多くの兒童が發する疑問であるが、偉いといふことを判断する要素が澤山あつて、然もその一つ一つについて偉いといふ言葉をつかつてゐる、吾等には直にこれに解決が興へられぬのである、百姓の子として生れ、難苦の間に成長して草鞋取りより出世して、戦へは勝ち攻めればとる遂に全國を統一し、海外に迄手を伸し、位は人臣を極め、關白太閤とまでなつた秀吉は確に偉い人である、又よく考へ、永遠の計劃を立て十五代の幕府の基礎をつくつた家康も亦偉い、然してこの二人はその偉いと考へ、判断する要素が共通點が少い、そのために二人を比較して、その性格の異同を擧げることが出来ても、何れが偉いかといふ判断は出来兼ね、そこで比較をする際には同一の標準を以て比べることの出来ること、即ち種類の要素をもつてゐる場合で、而も完全にその程度までも正しく定めんとすれば、數を以て表はされるもの、即ち狭い意味の量

でなくてはならぬ、それであるから後に比較するといふたならば、同種類の算術で取扱ふことの出来る量を指してゐるものと考へて頂きたいのである。

次に比べるためには、接近させることが必要である、これが極めて小さな相違をも發見判別させるものであることは、簡単な意味に考へても嚴格に考へても大切である、吾人が多くの人の身長順を定める時に、大きな方と小さな方とで四五寸も違ふ所は容易に見分けることが出来るが、二三分の違ひになると別々に見たのでは、どちらが大きいか判断に苦しむ、その時二人を並べて立たせるそして見比べると大きな方がわかることになる、二本の紐があつた時その長さを比べやうとする時は、先づ一端を揃えて二本一所にして順々に手を移して他の端が揃ふか揃はないかで等しいか違ひがあるかを決定することが出来る、直接に接近させることの出来ないものであるならば、粗雑な考へ方の時代には記憶した事を再び思ひ起してそれと比べることをする、兄さんと友達と並んでゐなくても、その差が大きい時は記憶に依つて大小を比べてゐる兒童を數多くある、これは記憶に依つて接近させてゐるのである、臨畫などをさせた経験のある方、(圖畫ばかりではない)又は模寫をする時にはなるべく近よせて置く方が似てゐる度合がよいものである、即ち記憶に依つて接近させるのは、不完全であることを明に了解する、そこで大小の比較に接近させることが必要であるが、接近させることの出来ないものには、何

か方法を考究することが自然的に考へられる、そこで比較の媒介とするものを必要としてそれを定めるといふことになる、圖畫の時間に鉛筆を横縦に動かしてその長さを比べてゐることは常にみる、二つの長さを比べるに鉛筆を媒とすることをしてゐるのである、或は腕が太い細いといふてその周りの長さを比較してゐる子供をみる時に、只並べて見てゐることは稀で、それは形によつて肉づきを見てゐる場合に限られてゐて、太さを判断する時は腕の所を掴んで見て拇指と中指との先の重なる程度、或は隙く程度で大小を定めてゐる、即拇指と中指の長さを媒介物として長さを比較してゐるのである、それを量として比較すべきものを持ち歩くことなしに、接近させる方法として媒介物を發見する時代には、その媒介物としては比較するに都合のよいものを選ぶ、又携帯に便なものを工夫するといふことになつて、度量衡の器械を造る最初となるものである、これは測定用具の所で詳しく述べることにしてここには比較について順序を追ふことにすると、次には大小だけでなく何倍あるかといふことになる、この倍数關係を見つけた最初は累減にあると考へられる、亦吾人が實際これを調べる時にも累減によるのがその基礎となつてゐる、それでその發達は量に依つて多少その徑路は異なるものであるが、然し累減といふことは漸次減じてゆくことの出来ない場合には、分割といふ状態に移る、その分けるしかたは折るとかめじりしをつけるとかいふことになるのである、百個の果物を十二個宛箱に

入れたら幾箱となるかといふ様な問題では、十二個宛箱に入れてみれば幾箱出来るか一見して容易に知ることが出来る、これが最初である、或は一本の鎖を以て道に沿ふた距離がこの鎖の何倍かといふ質問に答へる場合、切りとることは困難で、その鎖とあてゝその距離を遍分してその何倍であるかといふことを知るので、それが進むとその區分のしかたを考へて他の方法で何倍かを知ります、それは基本的の量には少く面積の如きものになると、この考が明になります、二纏に三纏の短形と一平方纏の正方形との紙を兒童に與へて、大きい方は小さい方の何倍ありますかと問ふて見ると、あててみることから區分することに進むのが工夫の順序である、然しそれは只教師の命するまゝに動き、自分で工夫することの出来ぬ子供に無理かも知れぬ。現在の小學校に於てこのことを取扱ふ機會としては、手工の効果はあるか無いかその專問の人で意見が種々あるが、豆細工を課する際にひごを與へて中指の長さに折つて六本つくる時、漸次折つてゆく累減をした結果残つたとか足りませんとかいふことを悟る、その際一寸暗示的に質問を與へると前に與へられたひごが、六倍より長かつたとか短かつたかといふ判断が出来る、そこで次に八本必要な材料になつた時は前に與へたひごでは足らぬことを知つてゐることになる、その時比較を取扱つてやらうとする教授者は、どれだけあればよいかと問ふ、八倍いるのですといふことになる、そこで八倍あげませうといふ時に脂の長い人と短い人とあ

るから困つた只八倍だけではしかたがないといふことに思ひ到つて、比較の標準を一定にするといふ要求が暗示されるのである。測定といふことの基礎として考へる比較は、この倍数關係でなくてはならぬのであるからこの問題について次に節を改めて述べる。

第三節 倍量 約量

前節の例の豆細工のひごを又考へることにする、一尺のひごと一寸のひごとを與へて置いたと考へて下さい、そして長いひごを短いひごの長さに切つて下さいと注文すると、子供は作業をして十本のひごに折ることは間違あるまい、下手な子供は丁度その通りにならぬかもしれないが少しの違ひは取扱ふ兒童には發見出來ぬであらう。

その時に長いのは短いのは何倍ありましたかと問へば、一齊に十倍といふ答は出來る、次に折らないうで何倍あるかしらべてごらんといふて五寸のひごを與へると、次に並べるしかたで五倍といふことを知る、又前に折つたのを順に並べて五本と等しくなることから、五倍といふ判断をすることもある。かくの如く丁度何度とれる、即累減の際端が出ない、丁度何倍かと比べて等しいと判断される量を倍量といふのであるし、この反對に小さい方は大きな方の約量といふのである、この言葉は理論を取扱

はなければ必要はないものであるが、少しくその理論も述べるためにここに提出したのである。長さの等しい二本のひごを並べるとその長さは一本の二倍の長さになる、三本ならべると三倍になる、かやうに何倍でも順々に増してゆくこと即ち加へることによつてつくることが出來る、又一本の棒の長さが短い棒の長さの何倍に等しいかといふことも、順々に比較してゆくことから判断が出來るのであるから、量を加へることの特別な場合として倍することも出來、それから倍量が何倍であるかといふことも考へることが出來る、その時倍といふと二倍三倍以上は考へても差支ないのですが、一倍といふことは一寸考へると妙な言葉の使ひ方であります、然し二倍三倍から多い方があつて一倍だけのものにしても都合のわるい場合もあるので、算術では等しい量を一倍といふことに約束したつもりで使用してゐるのである、これは規約で多くの人が用ひて居るから吾人も使つて一樣に倍といふことにするのである、約量は、倍量といふ言葉と反對の意味であることは、親子とか兄弟とかいふ様な關係でありますから、二つの量を比較した結果大きな方を主にするか小さな方を主にするかによつて、その言葉が反對になるものである。

これを言ひ表はす言葉としては、二倍の反對は半分或は二分の一、三倍の反對は三が一或は三分の一、四倍の反對として四つ一つ或は四分の一等があるが、計算を行ふ場合倍といふ語が乘法を行ふた

めに、この言葉の間の連合が行はれて掛けるといふことと倍するといふことが同一意味に考へられて居るために、二分の一といふ様なことを二分の一倍或は分數を小數にして零點五倍などといふから、約量を表はすに分數或は小數を用ひて倍といふ言葉を用ふることにする、それは先きにゆくと便利なことがあるからである。以上述べた何倍といふことが測るといふことの基礎となるものである、この他量に付て大切な性質關係があるのであるが、性質については各量の所に述べ一般論の多くは他日述べることにする。然し前に述べた二つの量を比較する時に、その媒となる所の量を用ひて比較する場合としては、公約量が必要になつてくるものである、必要なる理由は少しく六ヶ敷としても、便利なことは次の例によつて直に了解することが出来る、小高い所にお宮やお寺がある、その麓から上までの高さを比較するとしてみる、只記憶で高ちを思ひ出すことは困難であるし、それを測ることも困難であるが、その兩方が石の階段で上る様に出來てゐたならば、石段の數で比べたらは都合がよいといふことが考へられる、やかましいことをいふ人は石段の高さは皆一樣であるとはいへないといふであらう、それは細かにしらべたらは違ひもあらうが、大體は人の登るために造るので人の足の長さがあまり違はぬ以上、石段も大體は等しい高さに造つてあると見てよいのであるから、その數を比較したらは高さを比較するに都合がよいことが考へられるのである、その場合は兩方の高さが石段の高さの

倍量である、即ち石段一段の高さは兩方の高さの約量であるといふことになるのである、この場合の如く二つの量の約量である量を二量の公約量といふのである、これと對して公倍量といふ事も考へてゐるし、最大公約量、最小公倍量といふ事も考へてゐるが、測定に直接用がないからここには省くことにする、この公約量が比較に都合のよいものであるといふことを考へるために之量の比較をする時に媒とした量を定めるに小さな量でも間に合ふといふことになつて、測定の器械はあまり大きなものをつくらなくてもよい、又一つ媒となる量をさめるといろいろな場合に用ひられるといふことになり、一つの標準とする量に約量の大きさを示す印をつけて置けば便利であるといふことにもなるのである、以上述べたことで量の比較で直接の比較と、媒とする量即一定した量の標準を定めると便利であるといふ事が考へられたと思ふ、この標準を單位と稱えてゐる。

第四節 測定と數値

前節までに量の比較に就て一通り説明したのであるから、これから測定といふことを説明することになる、歴史的でなくて、今この本の縦横を測れと命ぜられたらば、直ちに尺度を用意する、そしてそれを縦に横にあて、見て直にその長さを答へることが出來、縦横といはれた時に、吾人の腦裏には

長さであるといふ考はある、子供であれば長さといふ言葉は考へなくとも、内容はそれを承知してゐるのである、それで尺度をあてることは、長さの比較に於て同種類の量を選んだのであつて、その比較に於て標準とする長さを一尺或は一握にとつたことであつて、前にのべた一定の同種類の標準量と比較したといふことになるのである、そして吾人はそれが何尺何寸とか何十何握といふことをいふ、それはよく考へると一尺の長さの何倍と一寸の何倍との和といふことを表はしてゐるか、一握の何倍かといふことを表はしてゐる、この何倍かといふ数のことを數値といふのである、この本の横は一握を標準量即單位とする時數値が一四・五である、そこで測定といふことは「一つの量を單位と比較した時の數値を求むることである」と言ふことが出来る、それで量つについて、單位の制定を承知してゐれば測定とはその數値を求むることであると簡單に述べても差支なくなるのである、そこでこの數値は量の測定に必要な事柄となつてゐるのであるが、この數値は亦量の大小を表はすために、現今唯一の條件として居る所のものである、田畑一町歩或は百アールとか、百米を一〇二・四秒で責つたとかいふ、面積長さ時間といふ様な量を皆數値を以て表はしてゐるのである、そこでその數値といふ數と量との間には極めて密接な關係のあるものであるから、吾人の概念に於ても密接不離の關係に於て取扱はねばならぬものである、そして人と交渉する場合に於ても、この數値を以て量を表はす時、相手に充分

速に了解せしめるためには標準とする量が、お互の間に充分一致して考へられてゐなくてはならぬ、そのために數値の後にその單位の名稱を附け加えて言ひ表はすのが普通の云ひ方である、それであるから數値は本來は何倍であるかといふ數であるのであるが、單位の名をつけてゐるために名數と名づけられてゐる、即名數といへば量に於ける數値に單位の名を附けたものと言ふてよい様に考へられてゐるのである。

尙詳しくその數値といふ數を分けると、整数小數分數無理數といふ様に多くの種類があるのである、小數は分數の中に入れるのが最も普通であり、それが理論的であるがここに於ては便宜のために別にかいて置くことにした、一日は二十四時間であり、一間は六尺である様に、單位の倍量を測定した場合は數値は整数になる、又數値が整数である時には單位の倍量であることは明なことである、一米の長さを、一寸を標準として測るときは、三三といふ數値を得るのであり、地球の一公轉（春分點より春分點までの）に要する時間を、日といふ單位にて測ると三六五と小數で二四二二となる、これらは小數の數値となるものの例のである、そこで小數部分の出来るのは、前に述べた約量を用ひて比較した場合となるのであつて單位の十分の一或は百分の一等の小さな單位を以て測つて、その數値の關係から得られるものである、然しこの様に十分の百分の一等で測つても、調度何倍かになつてはゐな

いが、三分の一とか七分の一・九分の一などで測つて調度何倍かになる場合に於ては正確に小數で表はされる數値を得ることは困難であるが、分數の數値で表はすと簡單に表はされる、この分數小數の數値でも尙表はされぬものがある、それは一米の直徑の圓の周を米尺で測つてみる、叮嚀に測ればどの目盛も決して合はないのですから、小數では駄目それならばと直徑を幾つかに分けてそれと比べても調度何倍にはなりません、即ち直徑を幾つかに等分した長さは、圓周の約量になることが出来ないのです、又正方形の一邊を幾つかに等分した長さを單位として、その對角線を測つても調度測り切れることはない、これらは二つの間に媒介の標準量を定める時に、公約量が存在しないのである（それは證明されてゐますがこれは後日述べることに致してここには省略を致します）この場合に數値は無理數であるといふ、然しあまり小さな量になると、比較する場合は吾人の視力が及ばないと、手がそこまで正しく取扱ふことが出来ないのとで、實際測定の時に於ては、或程度より小さな違ひは無いものとして取り扱ふ、しかし理論的に計算する時は正しく、求める方法はある、それであるが一般に、一つの量を既に定められた單位を以て測る時には、これに屬する場合は最も多いものであるから、或程度以下の差は無いこととして數値を求める場合が數多くある、圓周を直徑を單位として測る時に、小學校に於ても三・一四として小數で表はして居ることもあれば、七分の二十二といふ分數で表はして

ゐることもあるのです。

第二章 單位

第一節 單位

前に述べた如くに、測定といふことは數値を見出すことであつたのであるが、同じ量を測つても單位即ち標準とする量を違つたものを用ゐる時には、異つた數値を得るものである、例へば體重十六貫といふ時と、六十斤といふ時とは同じ人の體重であるが、十六と六十と數値は異なるのである、それであるから單位を人々銘々に勝手に定めたのであつては數値の外にその單位を同時に述べなくては勿論、どの位の大きさか分らぬのであつて、その不便は一通りでないのである、それで單位は多くの人に共通に考へられてゐる様にするために、一定の標準を採ることが必要になつて來るものである、それは總ての人に共通であれば一番都合よいのであるが、少くとも相手にだけは單位が充分了解されて居らねばならぬのである、それで吾等の以前の人がこれに苦辛して種々のものを定めてゐる、然してその共通の標準に對して一定の名稱を附して置く時は、この名稱に依つて簡單にその量の大きさを知らることが出来るし又表示することが出来る、この意味に於ける標準の量を單位と名づくるのである、

然して單位は各の量について少くとも一つは必ず存在しなくてはならぬ、然し現在に於ては同種類の量についても幾つもの單位を定めてあるのである、その種類に就ては後に詳しく述べることにしてここには單位の制定の必要及効果を述べることにする。

1、各人が共通の單位を以て量を測る時に、同じものを測るならばそれは數値を異にしてゐないといふことを考へることが出来る、然し測定が下手であるとか、感覺機管が要求する程こまかな程度に判斷が出来ぬとかいふために異なるのは止むを得ぬことであるとしてである、或は器械がその精しい度が充分でないといふことにも、原因になる場合もある、然しこれらの小さなことをぬきにして考へる時には、同一量の數値は唯一つであるといふことになるのである、又數値と品物が定まれば同一量を探ることも出来るのである、量と數値との間に一つ一つの關係、即ち同一量には同一數値、同一數値には同一量が相對することになるのである、これを一意性といふてゐる場合もある、數値が一意的に定まるといひ得る、そこで量の代表として數値を以て表はすことが正しい意義を有することになるのである、この意味に對て量の取扱ひに、數値を以て取扱ふことが可能になるので、算術に於て量を取扱ふことの出来る基礎となる所の考へである。

2、前述の如く量の大きさが數値に依つて一意的に決定出来るために、量の比較及關係的の量の間の數値の間の關係といふものを、量夫自身を直接に比較攻究することなしに、數値を取扱ふて研究することが可能になるのである、ここに數て數の取扱ひ及計算といふものが、量の攻究に必要なことになつてくるのであつて、數學を實在する量に應用して行くことが出来る事になる、そのために量の間が存在する大小關係倍數關係も、數値に依て數の比較を以て明にすることが出来るのである、十米の紐は一米の紐の何倍であるかといふ様な問題は直に解決が出来る。

3、量の測定に際しては、常に同様の目盛ある器械を以て行ひ、その目的を達することが出来るのであるし、その標準が一定のものであるならば、それに依つて測定が非常に簡單になつて、その數値を聞きたるのみで充分その大きさを推察する便があるのである様に、單位といふものが量と充分統合するのである、そのために器械を用ふる測定ばかりでなく、目測の如きも充分誤差を少くすることが可能になるのであるし、異なる量に於てもその單位間の關係を簡單に會得することに依つて、充分に測定の器械を少くすることも出来るのである。

4、量の研究をする際、先人或は他人の研究物を容易に讀み自己の研究の參考にすることが出来るのは、その研究物に表はれた所の數値が、容易に量に譯されることによるのである、そのために一個人の研究が、時間的に又は空間的に隔つてゐても、それは差支なく吾人が採用し得ることも出来れば

吾人の研究も亦差支なく他に採用せられるものとなるのである、これは單位を一定にして置き、それを各個人が了解して置かなくては出來るものでないのである。

かくて量を文字言語で正確に表示することが明になるのである、されば單位を定めることに依つて測定に依つて一意的に數値を決定し、その數値が時間的に空間的に變化のないものとなるから、數値の普遍性といふものがここに成立することを認めることが出來るのである、但し時間的空間的に變化したものを測定した時は、勿論數値は變化するのであることは認めてゐるが、條件が同一であるならば同一數値を得るといふことである。

以上述べたる事に依つて單位制定の效果は主要を了得することが出來るのである。

第二節 單位の種類

前述べたる量に屬するものに、先天的に或る區分のあるものがあるし、又つながつてゐる何處が分れ目とも區別のつかぬものもある、換言すれば不連續量と連續量とである、この不連續量は自然的に認められる一つの區分によつて、單位は自ら明らかなるものである、人の數を數へる時にはその單位が一人であつて、その一人も何人がみても先づ誤はなからうと思ふ、畸形兒には時として一人か二人

か判別に苦しむものもあらうが、これは極めて稀なことである。その外書物の冊數、一行の文字の數を數へる如き場合、民族或は國語の異なる場合は名稱は必ずしも同一ではあるまいが、その單位の内容としては自然的に萬人に共通に認められてゐるものである、自動車自轉車の一臺、着物の一枚、果物の一個、鳥の一羽、魚の一尾、蟲の一匹、獸の一頭、具足の一領等その例は數擧に遑なき程多いが、これらの單位を以て表はされたる數値は容易に知ることが出來る、但し品物については相當に正確に述べる必要はあるのである、これらの單位は名をつければ自然的單位と呼ぶが穩當であらう、然してこの自然的單位を有する量は、増減の際に吾人の慾する如く、如何程少し宛でも増減するといふことは出來るのであつて、増減は少くとも一で一般にいふとその數値は一の累減によつて得られるのである、それであるから不連續量といふのである、それでその數値も從て不連續で、自然數と呼ばれる一二三……といふ様な數になるのである。

これに對して連續量と考へられてゐる即ち増減が如何程少くも出來ると考へて差支ない所の量、即ち長さの如き時間の如きものを擧げることが出來る、一つの時刻をとつて考へて見るにその後にも必ず時刻がある、そしてその時刻といふものが切れてなくなつてゐる時を考へることは如何に努力しても出來ぬ、それでは相並んだ二つの然も接續した時刻を述べよといはれても、それは表示するに苦

しむ、それは現在の數を用ひて述べる時に簡單にのべられぬのであるが、次の様に考へれば容易に肯定出来る一秒の間隔のある二つの時刻の中央に一つの時刻をとることは出来る。それは平均を以てすれば充分であるその時刻と前の時刻とは一秒の間隔はない、その平均を以て表はされる時刻は又その間にある、この方法を限りなく繰り返してゐる時には、二つの時刻の間の時間といふものを吾人が如何に短き時間と考へる時間よりも尙少くすることが出来やう、然してその短い時間の間にも又時刻を幾つでも決定出来るのであるし、その限りなく多い時刻のどれをも飛び超へて時間の變化は行はれぬのである、時間の増減はかくの如く考へて吾人の要求する如く如何に少し宛でも増減出来るものである、又長さに於てもそれである、今蚯蚓が五糧這ひ歩いた場合を考へて見ると、その頭がその通り途の何れの場所も通らぬ所はないから、その五糧の間は飛び超えてゆくことは出来ない、それからその間を通つた時間を先に考へた様に小さく増して考へて見ると、その時刻一つ一つに對して必ず一つの場所がある、若し無い時があるならば蚯蚓は一時無くなつて又生じたといふ事にならねばならぬ、奇異の事實を認めることになる、それであるからその五糧の間を順々に連續的に運動したと考へるより外に考へられぬ、それで時を極めて小にとつた時にその進んだ距離、即ち長さが極めて小であるといふことを認めるのである、眼をさへぎらぬ速さの鐵砲の弾でも同様に考へられるのである、かくの如

き量に於ては、その量に自然的に單位が存在するといふことは考へられぬのである、そこで吾人は人為的に契約的に、單位を制定する必要があるのである、然してこれは自然的に内容が決定されて居らぬ人為的のものである故に、不連續量の單位の如く量に關係ある記憶し易い言葉を選ぶだけでは間に合はぬ、その内容を決定する必要があるから、連續量の單位の制定に關しては種々の事柄が關係して來るのである、そこで實用的に考へて使用の際手頃で便利であるといふ事柄によつて決定される實用單位といふがある、その最も主要なる條件は日常用ふる大きさが簡單な數値で表はされるといふ事である、次は測定器具の携帯取扱に便であるものといふことに依るものである、この實用的單位に對して理論的に定められるものがある、その制定に關しては次節に述べることにするとしてここには省略する、そして一つの量に一つの單位を定める、然し連續量には大小が廣い範圍に渡つてゐるものがあるから一つの單位だけでは間に合はぬのであるから、基礎的の基本單位の外に、補助單位といふ單位を定めることになる、又吾人の日常には一つの量を單獨に取扱ふ外に、諸量を相關的に取扱ふ場合が多いのと測定を簡單にし用器を少くせんとする目的のために、諸量測定の基となる若干の量の單位を基礎單位として、それらと相關的に組織することの出来る他の量の單位を組立單位といふことがある、例へば長さに於て米を基本單位とし、籽糧等の補助單位を定め、時に於て平均太陽時を基

本單位として分秒の補助單位を用ふる如くである、又これらの單位を組合せたるものとして速さは毎時幾許とか毎秒幾種とかいふ様に定めて單位とする、然して理論上は何れが基礎單位か少しは議論もあるが、現今基礎單位として取扱はれるものに長さ・質量・及時をあげ科學研究には長さに質量に瓦時に秒を採用し、CGS單位の基礎單位として他の單位をこれらより相關的に誘導せんとしてゐるのである、然し溫度角度の如きはこれらより誘導されてゐないのである、(關係はつけてあるけれども)又時間の如きも速さの考へなしに出來ないけれども現在は右の如く定められてゐる。

第三節 單位制定の標準

前節に述べた如く自然的に定まれる不連続量の單位は、ここに述ぶるまでもないことであるから、連続量の單位即基本單位及補助單位組立單位の制定の標準について述べることにする。然してこの單位の制定は萬人共通のものとするのであるから、數値に普遍性を與へんとするものであるために衆人の承認する理論的根據のあるものでなければならぬ、即一人がこれを以て單位とするといふ様に勝手に定めるものはいかぬ、又無人島に生活する個人ならば自己一身の都合でよいが取引の盛な分業の行はれる文明社會に於ては、量の取扱は多くの人の間に行はれるものであるし、その使用が頻繁に起

るものであるから取扱ひに便なものであることも當然の要求となつて來るのである、今これを理論的方面と實用的方面とに分つて擧げることにする。

理論的方面に於ては時の束縛を受けぬものを採らなくてはならぬことが肝要である、吾人は休む間も眠る間にも、永遠の過去から永劫の未來まで一刻もたゆみなく流れ逝く時の流れに押し渡されて、一瞬も靜止するを許されぬのである、この移動は吾人の如くに努力するも到底逃るることの出來ぬ事實である、この間にあつて一度測定せる量が變化すれば數値も變り、變化無き場合は數値も不變に、條件即周圍の事情の同一なるに従て時の變化はあるとも、普遍的價值のある數値を求めんとすれば時の變化に無關係なる單位を制定することを要するのである、亦絶對に變化せぬものが存在しないならば、その變化の關係が容易に明にせられてその補ひを行ふことの出來るものを發見する必要がある、又それも得られぬ場合は、變化の極めて小にして吾人の感覺知覺に於てその變化の關せざる程度に小なるものを採さなくてはならぬ、そして吾人の必要とする時間内に於て普遍的價值の存在するものを選ぶことを要する、かくの如く攻究して定められたる單位ならば、時間の推移する社會に於ても、その價值は永久に變らぬものとして充分信頼し、その數値の價值を充分發揮することの出來るものである、人智の進歩は一刻も停止せず、常に精細に廣大に開拓せられる以上は、今日の判斷は誤りあるに

もせよ、今日に於てかくの如き自信の存する所に於て制定するの勞を避けてはならぬのである、然して常にその變化の有無に注意してその正しく保たれる様に努力しなくてはならぬのである。次に時と同様空間的にもこの事が満足されることに注意しなくてはならぬ、日本に於ける單位と英國に於ける單位とに差がある様では、萬國比隣の今日單位として採用する價値は輕減せられるものであり、亦その取扱ひに繁雜なる手數を要するものである、それであるから國境を有せぬ眞理の究明に携はる科學の研究に於けるが如き、純理論的研究に於ける諸量の測定に採用する單位の如きは、空間的位置の變化によつて變化する様な單位は避けるがよい、全く避けることが出来ない場合には、その變化と位置の關係を明にしその補正をなして普通の數値を得る様に、明かなる條件の下に於て單位の制定を要するのである、かくの如くして空間的位置の變化に伴ふ變化を消去することの出来る單位を定むることが肝要になるのである。

近來の研究によれば、事情の變化は必ずそれに關係ある量の變化を伴ふことになつてゐる、位置の變化即ち運動によつても質量及び長さに變化を生ずるといふ様であるが、同一系内に於ては變化なしと認めて差支ないとの事である。又不變の事象との關係に依つて單位の制定をすることを必要とする場合もある、一旦制定した單位を失へる場合に他よりこれを求むることが可能でなくてはならぬので

ある、以上は主として基本單位に就てであるが、補助單位としては、實用的の部分が多く條件に這入つてくるのであるから次に實用的條件に就て述べることにする。

吾人の取扱ふ量に於ては、日常多く逢遇する大さには自ら範圍のあるものが多いのである、人智の進歩によつて益々大に、益々小に發展する事柄も多けれども、人間の身體感覺器管の極限は常に存在するものである、練習に依つて少しの進歩はあつてもその範圍は極めて小である、そのために人の取扱ふ實用的量には大體に於て範圍を認めることになる、そのためにその範圍にある所の量が簡單に表示されるためには、單位はその間に適當な大さといふ所謂手頃の大さなるものが存在することになる、これが實用的價値の上に大なる影響を有するものである、又測定の際に簡單なる測定用具を有することも實用的條件になるし、携帶に便利な測定用具の製造が可能であることも一つの條件である、基礎單位の制定に就ては、諸量の基礎として組立單位が多く出來て數の少いものを選び、それに依つて測定することか簡便であることが大切になる。

第四節 單位間の關係

前述の如き意味からして量の種類の變る毎に、少くとも一つの單位を制定する必要があり、同種の

量に於ても大小に依つて適當なる補助單位を要するのである、然してこの同種類の量の單位間の關係には、十進的關係と不十進的關係とが存在するのである、十進法に依る所の補助單位の制定は、基本單位との間の關係を求むることから云ふと、非常に簡單であることは何人も否定することは出來ぬのであるが、數値に代表せる量の取扱ひに於て、分割の際は必ずしも便利であるとはいふことが出來ぬ、百は六十よりも大であるが約數は少いのである所からみても、分割に於ては六十進法が便利なることは事實であるこの六十進法は數の發達史からみても大分古くから用ひられてゐることが明にされてゐる、その他十二・二十四・三十六・その他小さな方では二進法三進法五進法などもあるので、古典問題としては興味のあるものであるが、他に譲つてここには省くことにして置くが、現今六十進法十進法が行はれてゐるのは事實である、現在に於ても六十進法を用ふるものは、角度及時間である。その他質量長さ等は十進法が多いのである、米法に依れば總てこれらは十進法になるのである、ヤードポンド法は英米に於て少しは異なるが十進法ではない、我國に於ても距離は不十進であるために、不便が多いのであつた、不十進の制定は多くは實用的の手續に定めたものが多く、それを統一した様な感があるのである、そのためにそれらの間に何のために其數を採用するかといふ事になると頗る問題が六ヶ敷くなるのである。

異つた種類の量の單位の間には、發達の初期に於ては連結が無かつたものであらうが、人智の進歩に従て數多く取扱はれる量に一つ一つ單獨に單位を定めたのでは、其の繁雜さが一通でないそのためになるべく基礎單位を少くして、組立單位によつて多くの種類にそれを適用することにして、測定の簡單とそれらの間の關係の密接なる様に量の性質關係の表示を容易ならしめる様に努力する様にしてゐる、そのために面積の測定は長さの測定に依つてなされるし、體積も同様に、速さも時間と長さの測定に歸する様にしてゐる、そして組立單位と基礎單位との間にはその關係を明示するために、ダイメンションといふ考へを導入してゐるのである、或はこのダイメンションは基礎の單位より誘導される單位としてその誘導の手續を表示するものとも見ることが出来る。然してその誘導に際しては、關係を數値を以て表示する時に簡單になる様にその單位の大きさを決定するのが多くの人に承認されてゐることである。

それで基礎單位を決定した後は、組立單位には一つ一つそのダイメンションを考へて置くのが物理學者の取扱ふ所であつて、測定にも計算にも理論にも常にこの考をとり去ることは出來ないのである亦このダイメンションから關係が明にせられることも多いのである。

第三章 測定

第一節 測定

吾人が量を測るといふことは、量そのものをそのまま取扱ふ時には必要のない事である、例へて見るならば飯を食ふ、衛生家は腹分目といふかもしれないが、茶碗に御飯を装ふて箸で口に運び込みよく咀んでみると、自然と胃の方へ流れてゆく、そして適當だけ食ふとそれで止めてしまふ、幾瓦の米も幾瓦の水も、營養價幾カロリーも、殆ど問題になつて居らぬが、營養研究をしてゐる人、亦その考を以て居る衛生家からみると、これも量として測られる重大なる材料の問題となつて、幾瓦の米を幾立方糶の水で溫度何度に沸騰させて何分間、その出来上つた飯を幾瓦とれば營養價幾カロリー、副食物何程といふて、労働の分量と食物のカロリーの必要量といふことも問題になるのである、又教室に常に居ても、その中の空氣が幾リットル、一呼吸に必要な分量からみて兒童數幾人まで收容してよいかなどは、兒童は少しも量として、考へてもゐなければ考へ様ともしてゐない、そこで測定しやうともしないのであるが、學校衛生の立場にある人からは、量としてこれを測る必要がある、農夫の作附段別、及その收穫高、食料問題農村問題としては大切な問題である、然してこれらの量を測る時に如

何にするかといふところに、測定の方法問題が発生するのである、然してこの測定の必要問題の發生は、原始時代は殆どなかつたものであると考へられる、天産豊に四圍を充し、食ふに不足なく、生活に恐威なき時は何も測る必要はないのである、然し人類が増加して生活に一定の計劃を有する時代になつて來ると、そこに量を測る必要が芽を出すことになる、人類鬭争になれば敵身方の比較も起つて來るが、最初は多少の如き考へて事足りて居たのであらう、果物を集めるにも、牧畜に於ても只多くあればよろしいことになつたであらう、然るに人智が只多少では満足せず、幾倍といふ様な事柄が考へられる時代になつて測定が必要となつて來るのである、面積の測定の様もナイル河の川口に發達した、エヂプトに於て耕地に課税した際、その測定をさせたといふ、今から考へて見ると、不正確極まるものであるが、兎に角その面積測定の必要は充分あつたので、その方法を考案されてゐたのである、然し自給自足の時代は測るといふ考は到つて少いのであるが、有無相通する時代になると、交換が行はれる様になるのである、その時には互に自ら不足する、或は無きものを求めるのであるから、それらに對して少しは細い注意が拂はれてゐた事は容易に考へられる、そのためにそれらの量に對しては測る事が考へられなければならぬのである、交換に媒介物としての貨幣が使用される頃になれば、最早や測定といふ事は餘程進歩する様になつてゐるのである、それより學問が成立し研究が精細に入

るに從て、量に對する考は益明瞭になつて、その倍數關係より數値を以て量を表はし、量の研究に數値を以てする様になつてからは、測定といふことは學術ことに科學に於ては必要缺くべからざるものとなつたのである、この測定とは何を意味するのであるか、といへば誰しも分つてゐる様でも一寸定義は思ひ出ない場合が多い、そこで今吾人は次の如き定義を興へることにする、測定とは量の數値を決定することである。

そこで前に述べた様に、この測定には單位を必要とするのでかるから、先づ單位を正しく決定し、その單位と比較してその幾倍であるかを決定してその得た數を以て、その量の數値とする時に測定出來たといふ事になるのである。

そこで測定をその方法に依つて分つならば、種々の場合に分つことが出来る。最も簡單であつて概略を知る場合、又は正確ならずとも迅速を要する場合には、感覺器管に依る測定である、然して元始的方法である場合と、餘程まで正確であり複雑なる場合ともなるのである。

然しこれでは粗雑であるのと誤差が大きいのと、他人に對して信用の度が少いのとで、器械を用ひてその時々々の氣分の關係しない様に、他人に對しても充分信用を持つ方法をとるのである、それにも單位を具體物に表はした器械と、直接比較する場合と、直接同種の單位に依つて測定してゐるのでは

ないが、それと關係の密接な他の量を測定してその數値を物理學の法則の示す關係より算出する方法を考案してゐる場合とあるのである、然して器械使用の場合には、多く目盛りを読む事に依るのであつて、その場合は精密なる都分と考へても目盛りの一つの範圍内に於ては、感覺器管によりて目分量を加味する場合が多いものである。

第二節 感覺器管に依る測定

俗に目分量と呼ばれてゐる、目測と稱する視覺に依る測定法がある、然し視覺には錯覺といふ現象を伴ふものであることは、心理學の教ゆる所であるし、經驗の乏しい者が唯視覺に依つて想像するのみでは、不正確なることは否むことは出来ないものである、倒へば距離を測定するとして、教室の窓に立ちて向ふの小山或はよく目立つ樹木までの距離を目測して見るとする、それがどの程度まで正しいか、それを實測して見たらば大凡の誤差は了解出来るが、それでなくとも二三百米の所であるならば十米以下は目測で定める人は恐らく數が少いであらう、老練な測量家か、そうでなければ相當にそれに對して經驗を積んだ人でなければ無謀の人である、勿論常にそれらの事に當つて精密な注意の下に多くの經驗から體得した考をもつてゐる人であるならば、或る場合には經驗の乏しい測定者が、簡單

な器械を以てするより、正しいものを得ることはあり得ることであるが、精度は極めて小さいものである、それであるから目測をする以前には、他の正しい方法で幾回も測定した結果から、量と數値との間の關係を明瞭に體得した人に於て、始めて價値ある測定が出来るのであるから、目測をさせる以前にこの練習を一通りさせその後でなければ、目測を課すべきものでない、準備なくして目測を課するが如きは、測定の基礎を薄弱にすべきものであるといはなければならぬ。

然してこの目測を練習する場合の效果は種々あるが、概數を得るに容易である點に大いに算術に於て價値があるものであるし、實用的價値としては視覺の達する範圍的に於て通用する事が出来るから到達するに困難なる所に及ぼすに於てその威力を示す、戦時敵影を發見してその距離を定めるが如きは精密なる測距離を用ふる外には、それより他に方法がないのである、然して器械携帯の繁なく隨時隨所に於て行はれる。

又普通の人にはあまり見受けぬ所であるが、聽覺に依る測定も盲人などに於ては頗る發達してゐるものがあるから、練習の如何に依つては、方向は勿論その距離も知ることが或程度までは出来ることである、壓覺に依つて又は筋覺と相待つて、質量の測定も可成りの精確さを以て可能ならしめるものであることは、郵便局の人の封書の目方を鋭敏に分類し、荷物を常に取扱ふ人がその概數を知ること

も驚く程である、土木に造詣の深い技師が、立體を判定する場合の如き、只感覺に依つてのみ良くその測定をなして大過なきの類は、感覺器管に依る測定の價値を物語るものである、この外吾人の身體のみを用ひて測定する場合に、指を以て長さを測り、歩數を以て距離を知り、疲勞の度を以て時間を測り距離を決定し、一本の指を見込む大きさを以て角度を定める等、視覺聽覺壓覺運動感覺或はそれらの有機的關係による神秘的の精神活動に依つて、諸量の數値の概數を得ることは吾人の常に見聞する所である、かくの如く感覺器管に依る測定は、元始方法であるものと一通の測定を行つた後に體験した量と數値との關係を、敏活に器具の用なくして應用して概測を行ふために効を奏するものであるから、吾人はこれを経視することなく充分其効果を擧げ得る様努力しなくてはならぬのである。

第三節 直接比較に依る測定

それは單位を表はす量と直接比較する方法で、尺度を以て長さを測り秤を以て質量を測るの類である、そのためには比較の方法を精細なる注意の下に誤りなき方法を以て取扱ふために、その比較に於て誤を生じ易い事柄に就ては一通會得して置く必要があるのである、それに器械には多くは目盛を讀む場合が多いのであるが、その目盛を見てその單位を判定することが出来る様になつてゐなくてはな

らぬ、尺度にしても吾人の周囲にあるものには、米尺吋尺曲尺鯨尺又大工の使用する曲尺には裡尺と稱するものもあつてその大きが皆異なつてゐるのであるから、その目盛の大きを以て如何なる單位の目盛であるかが判断出来ない様では測定を行ふことが出来ぬのである。秤にしても桿秤の竿と分銅との一組になつてゐるもの大きと目盛とが、十分連絡して記憶に残つて居らぬならば、測定したつもりであつても數値を知りたる如くにして、その量の大きが充分了解することにならぬのである、それであるから測定用具の目盛りを了得しない器械を用ひて測定をしてはならぬ、單位が不明であるために數値のみを比較して大變な失敗をすることがある、著しい例としては八十度などの氣候になると大層暑いのであることは誰しも承知するし、人體の普通の溫度は個人で差があるが三十七度前後であることも知つてゐる、それで九十度の溫度になれば人體の溫度より高い溫度である如く考へてゐることが子供には往々認めることである、これは攝氏と華氏の目盛りを承知して判断出来る場合には明に區別の出来る事柄である。

次に目盛の讀み方について述べる必要を認める、それは多くの測定用具は目盛の線或は點があるもので、これら線點と端との一致する場所を見分けることが附隨するのである、各場合については後に述べる機会があるが、一般にいふと目盛線と端との一致の場合に於て、線と端とが極めて接近し得る場

合は誤りは小さいのであるが、厚みのあるものを隔てゝ居る時には注意を要するのである、又針の先端と目盛りの一致といふ場合になると、針は一般には目盛りの場所と間隔を有する場合が多いのであるから、前の場合と一緒に注意することが出来る、目盛りの板に對し直角の方向より見るといふことを忘れなければ大抵は誤は少いといえる、これを忘れて停車場などで時計を合す人が、仰角の可成大きな所に於て時刻を讀みとつて懐中時計を直角に見て合せてゐるのをみると、大體を知るにはよいが正確に分までは分らぬだろうと想像される、又寒暖計などの目盛を見る時、メスシリンダーの目盛をみる時可成正確に實驗する心算でも、初心の人は斜にみてゐる、それで一度の間を目分量で讀まうと努力してゐることがある、これでは目分量が充分よまれても何等の効を奏せぬのである。

目盛の線或は點は、器械の感度の精疏に依つて大小種々があるのであるから、精しく測定しやうとする時は感度のよい目盛線の細いものを用ひねばならぬことになるのである、その時小さくて見難い場合にはルーベの如きを用ひるか目鏡の如きものを用ひて擴大して讀み取る様にする。その時に線の一致するか否かは人の眼も相當に正確に判断することが出来るものであるが、目盛線の間にある場合はその目盛の一つの間を十分の一位までを目分量で讀むのである、然しこれは目分量であるだけに不正確なることを逃れることが出来ぬから、數回單獨に讀み取つてそれを平均して確な數値として使用

する様にすることを普通の方法とする、又針の尖端で読む場合に、振れて居て目盛の何れの線の所に止まるか見當のつかぬ場合がある、その時には左右の振れを読みとつて奇數回とるそれを平均して静止の位置であると考へて置く平均とか振れる奇數度とるとかいふことは根據とする所はやかましい議論になるからこゝには省略することにする。

第四節 間接の測定

これは測定せんとする量それ自身と單位との比較測定でなく、與へられたる量と等しいといふ事の認められる量を測定する場合と、その量と密接なる相關關係にあつて然もその量的關係が數値の上で如何なる式を以て表はされるかが明瞭になつてゐる量を求め、それを測定して目的を達する方法である、この關係を明にするのは物理化學の理論に屬する部分が非常に大きいものであるから、この關係公式は豫め理論的に明にして置いて、應用の力を充分に養つて置かねばならぬ、又圖形的のものは幾何學の教ゆる所に基かねばならぬのであるから、これに對して一通り理解を持たねばならぬ、然し兒童には理論的にこれを證明する必要もなく、又その程度に發育してゐると考へられぬから、適當な例をとつて實驗的證明を與へて置けばよろしい。それらの會得されたる關係式の中、測定に使用するも

のは測定の容易なるもの、測定の回數の少くて済むもの、精確に測定の出来るものといふ標準で、選擇して測定に取りかゝるがよい、その例として幾何形態でない所の品物の體積の如きは、水の浸かさいものならば水と置換すると容易に測定が出来るし、比重の知れてゐる金屬の質量は體積の測定に依つてなされるものである、その例は後に詳説する機會があるのである、然してこの場合に於ては測定の場合直に所要の結果に到達しないものであるから計算が必要となる、その時に幾つもの數値が表はれて來るために測定の際數値の混同を來さぬ様に順序よく整理して計算に便な様に書き並べ、明瞭にその作業が表はれる様にして置く必要がある、然して前述べた様に吾人の測定は正確である範圍が存在するものであるから、その範圍を超えて數値を求むることは出来ないものである、そのために自然計算といふことにもその結果を採用する場合、何れの位までとるかといふことは、理論的には誤差論公算論の論ずる所で六ヶ敷くなるものであるから、ここには割愛することにするのであるが、普通行ふ所の計算は有効數字の間の桁數だけ、計算の結果を求めるといふことが最も多く用ひられる方法であると言へる。

第五節 數値と單位

測定を行ふ際に其時々基本単位及補助単位を用ふるために、數値が等しくして量に大小があつたり、量の等しき場合に數値に大小があつたりするものであるから、數値には必ず單位を明に示して置かなくてはならぬものである。然してこの單位名を附記した數字を名數とよび、補助單位が十進に出來てゐる場合は非常に好都合であつて只一つ附記すればよいが、不十進になつてゐる場合は諸等數でゐるから單位名が幾つも必要になつてそれを計算する場合は手数を要することが多いものであるからなるべく避ける方がよいのである、又量の大きさに依り或は種類とが状態に依つて、慣用單位といふものがあるためにそれを一通り知らねばならぬ、汽車の速さは現在は毎時何哩といふのを只に何哩とよんでゐる、米法實施後は何呎といふであらうが、汽船は毎時何哩といふべき時を節(ノット)といふてゐる、風速の如きは毎秒何米で表はすし、日常の氣温の如きは現在では華氏の示度を示し、體温の如きは攝氏示度を以てするのであるが、一般に數値は小なるものを取扱ふといふことが單位を決定する根據となることが多いのである。

我國でも宅地の如きは坪を用ひてゐるが、國土の如きは方里といふ大きな單位を用ひてゐた、地上の距離は呎で間に合ふが天文學上の距離は光年の如き巨大な單位を用ふることにしてゐる、日常の出來事は何日何日といふ位で表はすが、歴史上少し古い所になると年尙古い所は百年單位の世紀、地質

學の如きになると第何紀といふ様な單位を用ふるのである、かくの如く必要の程度及量の大きさから自然用ひられる單位の大小を選択することが起るのである。

次には組立單位に於ける單位と基本單位との關係であるが、前に述べた節の如きは時は時間、距離は裡に採つた場合であるし、電氣に於て電流をアンペアにするには時間を秒にとり電氣量がクーロンの場合でなくてはならぬのである、かくの如く關係量の單位の數値を計算に依つて求める時には、その單位を考へて置かなくては數値のみの計算は無意味のものになつてしまふことになるのである、特にある量の學術上の單位と實用上の單位との如きは明瞭に區別してその關係を了解してゐなくてはならぬものである。

測定の場合に於て、單位は前述の如くその量の性質大小に依つて決定するのであるが、一度決定したならば數値の範圍もそれに依つて自ら決定されるものである、小なる單位を用ふる時は測定の器械も精密なるものを用ひ、從て正しい數値が小さな所まで求められるが、大きな單位を用ふる場合は器械も精細な程度までは測定出來ぬものであるから、數値も從て近似の度が遠くなつて、數値も殆ど概數に近くなるのである、それであるからこれらの數値は從て計算に入り込んでも頗る精確の度の低いものを得るに止まるのであるとしなくてはならぬのである。

二 量の内容と單位

第一章 長さ

第一節 長さの根本概念と單位

幾何學に於て考ふる點には其位置を示指するのみにして大きな事は多く人の知る所である、その點が運動即ち位置の變化をする時に連續性を具有し兩側に向つて延びてゆきその終りを知ることが出來ない、然し運動に依つて之を考へんとすれば、時間の無限を肯定してゐなくては出來ぬことであるが、點と異りて線に二つの屬性即形式的にその形と、量的に其長さを具へる、即ち線の量的屬性に長さといふ名稱を附したるものと考へて差支あるまい。

かくて長さを量的意味に考へたる時に測定を可能とし、從て單位の必要を惹起するのである。然してこの長さなる量を一層解的に考ふるならば、只二方にのみ連續性を有する量であることに思ひ到る、そこで二方にのみ連續性のあるものを皆長さといふて差支なきかといふと、形なる線の一屬性を備へない事にも適用されることになる、即時間に於ても前後の二方にのみ連續せる屬性を有するから

長さであるか、溫度も寒暖の二方にのみ連續性を考ふる時に長さであるかと反問してみる、その時に長時間短時間といふ語があると考へる、その時尙詳細に吟味する時、時間には長短それ自身では分らない時間の意味が其前後に於て明瞭なる時にのみ用ひられることに到達する、溫度については直に否定する勇氣をもつ、故にそれに沿ふて進む形とその方向に連續性を認むる場合に、長さといふ量が成立つことを認むるのである、糸針金、紐、反物道路の如きも長さなる量を其屬性として具有することを知る、即他の屬性と共に長さなる屬性を發見することが容易である、即ち空間的位置の連續性を要する單位の制定に就て、只に實用的方面からの立場が定められたものと考ふるものの例としては、我國の尺英國のフットをあげる事が出来る、我國の尺は竹の節の間とも云ひ、臂に尺骨の名の残れる所に理由を求めて臂の長さともいふ、何れにしても理論的價値の少いものである、竹の節にしても臂の長さにしても一定不變を要求するのが無理である、フットは足に關係があるかも知れぬがこれも理論的根據は薄弱である。

それに比してメートルは理論的立脚地に立てるりゝのとして重要な地位を占めてゐる、制定の源に於て不變を要求して、吾人の生活に最も密接な關係をもつてゐる地球に標準を採つて地球の子午線を測定し、其二千萬分の一をメートルとしたのである、そのための現今科學的には殆ど長さの單位とし

て之を用ふることになつてゐる、現在に於ては子午線測定の不備であつた事を知つて、原器に依つて一メートルを定めて居るが他の光學的方面からその不變の値を求めてゐる。

第二節　メートルの價值

近來メートル法の實施近きに迫れる過渡時代、その價值につきて明瞭なる判斷を要する、歴史的の發達は後にメートル法の制定について詳説するとして、現今に於て如何に其長短を論ずるかを述べることにする、メートル法の實施の期に到達したからとて、只形式的に人に後れまいとしてメートルの便利なる事は衆人既知の事柄とするは、人を指道する人の採用すべき論でない、未知の人にも了解せしむる論據を要する。

一、メートルは便利であると論ずる場合之に反對する論者は習慣に依る便利と、變換に於ける不便とを擧げる、最も著しき例は裁縫に於ける場合、家庭に於ける裁縫では既に習得せる人々には尺に依つて各部分を記憶してゐる、それをメートルに換算するの不便と、既に記憶せる數値が不用になり新に記憶しなくてはならぬ不便をあげる、又家庭に於て指導する場合に於て不便を訴える、この不便は呉服屋に於ても同様である、これは確にそれに相違ない、既得せる先入主が如何に吾人に容易である

か便宜を與へるか、記憶の訂正は新しく記憶するよりも困難なる事柄に屬することは、何人も明瞭なる事柄である、然らばメートルを使用する時に之等の社會の人に便宜があるかと問はれた時、十進法であるからといふものがあるならばそれは蠶蛇になる、尺は十進法に依つて單位がつけられて居るではないかと反問された時に返す言葉があるまい、それに前少しく述べた通り尺は實用的に定められた單位であるために使用には手頃である、即ち記憶の訂正までも強ゆる有力なる根據として、メートルを只に便利なりと主張するは衆人の入れざる所である。

メートルを便利なものとして説くには、里程を根據にする即不十進諸等數と比較しなくては十進法なるが故にといふ理窟は合點されぬ、然し實際上里程を用ふる場合多くの人の生活には、單位間の關係を要することは稀であつて里は里町は町と無關係に實際の距離に連關して觀念を得てゐるので、不便を感じて居らぬものが多い。然らば如何なる人に如何なる場合に便利であるか、第一に擧げ得るは算術に於て諸等數の計算の繁雜を少くする事が出来る、即現在の負擔を軽減して能力を發揮させることが出来る、教授能力が有効に使へることであろう。第二には里程も普通にいふ長さも十進法による單位に統一することが出来る。即ち長さに關する總ての關係を取扱ふに便利である、即ち里程の測定や普通にいふ長さもと里程の關係を取扱ふ職業に従事する人、又これに關係した速さなど取扱ふ人には

便利であるといえる。

第三に科學的研究物は、萬國共通にメートルを使用して居るため科學研究者及その研究に關係する事を取扱ふ人、これを應用せんとする人には必要かくべからざる便利なものに相違ない。

即ちメートルを只便利なものとして高潮する人は往々にしてその普及を徹底する事が出来ない場合に到達する。

二、メートルを理論的價值に於て主張する場合に於てはその制定の科學的根據を述べ、その不變性を説き學術的價值を高潮し、世界を統一する傾向を覺りて進歩に渡れざらんとするために主張する、時に何人もこれを辯駁する者はない。ここにメートル使用の根底を有するものである。

三、メートルは各種單位の根底をなすものであるからメートルを採用する時に各種の單位を綜合的に相關的に簡單に取扱ふことが出来る、即ち各種の量を有機的に結合する事が出来て諸量の數量的關係が簡單な關係で了解出来る、この事柄がメートル主張者に力づよいものである。

この二三の事項として述べた事はメートルが現今各國に使用されて居る長さの單位として最も優良なるものであるといふ結論を與へるものであるから、論せんとする時はこの點に着眼して只便利であるといふ様な語は誤解を招き易いから避けた方がよい。

第二章 面積

第一節 面積の根本的概念と單位

面積は俗に廣さといはれて居る量に屬する、長さの屬性を有する線の方向と異なる方向の運動に、依つて線の一元的連續に比して、二元的の擴りを有する面の形を除いた他の屬性として、廣さといふ屬性を認むるのである、即一點に於て四方に連續性を有する、即左右前後につながつて居る、その廣がりや量的に考察する時に面積なる量を構成することが出来て、量の屬性たる比較を可能ならしめ従て數量的に之を表示することを得るものである。

その例としては物體の表面、或は厚さを度外視する場合の薄板紙の如きものを以て代表せしめることが出来る。

然し廣さといふ語はこの條件に合致せるものみに使用されて居らぬ、言葉の意義の廣義峽義、巾の廣峽に於ても廣さといふことを考へる、言葉の意義に範圍を考ふる時廣いといへども連續性を有せぬ、中に於ては長さに關する量で、四方に連續した性質を有せぬ、地峽海峽織物の廣幅道幅が廣い等は四方に連續せる面の特殊の方向にのみ着眼して廣峽をいふので、同時に四方の連續を考へて居らぬ

その事から面積なる量は發生せぬのである。

この面積を測定する時に倍數關係に依る比較をなすのであるが、その標準とする面積に就ての形及大きさが問題になる、標準とする面積に形も大きさも等しい場合にはどんな形でも、長短得失を論ずる基礎がない、倍數關係即ち幾つあるかと云ふ問題に出逢つて始めて、形の條件を考ふる必要がおこるそこで比べる時に隙間の無い形で簡單な形を要する、簡單といふと圓とか短形正方形三角形があげられ様、然し圓は隙間が澤山出来るから不可、三角形は正三角形をとれば隙間なく並べることが出来るけれども常にその向をかえるか、斜に並べるかしなければならぬので不便である、短形は縦横に並べられだけで隙間なくならべられるが、面積を計算する時に横に並べた時と縦に並べた時とに於て経路が一定しないし、單位の名稱をつける時に不便である、例へて云ふと相をいふ時に眞四角ならば尺角とか、四寸角とか云へるが、四寸に五寸であると四五と云ふを要する、そこで横縦變つて居らぬ正方形を選定することになるのである、その大さとしては面積尺度をつくる不便を避けて、長さを測つて面積を求る、即測定に於て便ならしめるために一邊を長さの單位に關係をつける、そしてそれを表はす單位の上に平方の語を冠らす方法が我國で多く用ひられた方法であるが、形及大きさがかくの如く制定せられた以上新しく名稱をつけても差支ない、或は却てそれが便利な場合もある、尺平方と平方尺と同

一ならざる事など骨折る心配がなくなるのであるから。

第二節 平面及び曲面と面積

前節に述べた面積なる屬性を有するものは、四方に向つての連續性を有するものであるから、それが平面でも曲面でも差支ないのである、然し單位ときめた正方形といふと平面圖形である以上、曲面たることを許さないものである、然らば平面を測る場合には便なれども曲面を表はす單位として不可でないかとの議論が起るが、曲面でも塹面錐面の如く平面に展開することの出来るものは、平面の標準と比較してその倍數關係を見出すに何等の不都合がないのである、只この他の曲面については少しく詳説する價值があるものである、現今曲面の面積を求むる方法として一般に用ひられてゐる方法としては、どんな曲面でもその小さな極めて小部分をとつて考ふる時に平面と見做すことが出来る、即ちその周りの圍む平面の面積との差を如何程でも小さくすることが出来るものとしてその小部分を加へ合せてその面積を知ることになつてゐる、これはそのまま平面に展開することの出来ない曲面についてでありて、塹面錐面については前述の如く平面に展開したと考へてその面積を測定するのである次に平面形で形が規則正しく正方形の單位と合はぬ場合について述べる、直線形の場合に於て矩形正

方形の如きは單位或は單位を幾つにか分けたものが隙間なく排列されるから差支ないが、三角形になると必ず單位をならべて隙間なくすることが不可能である、その時は二倍し三倍し或は一部分切りとつて他の部分につないで單位の面積が都合よく排列される様にするのである、三角形は二倍して即全等形を一つの高さによつて切りはなし適當に排列すれば矩形となるからその面積を測つて二等分する方法を行ふこれが出来れば幾ての直線形（平面の）は三角形に分けて考へる時に常に測定が矩形を測定する方法で出来る圓の如き曲線形は、矩形或は三角形に分けてその面積の和を求むる事に依つて面積の數値を得るのである、地積などの測定には少しの誤差は默許される場合が多いから、三角形矩形梯形に分けて面積の測定をする場合が多いのである。

第三節 面積と長さ

面積なる屬性は四方に達續せる面に於て有するもので、只二方にのみ連續性を有する長さに比して二乘的關係にあるので、長さの量を「 l 」で表はすと面積の量は「 l^2 」で表はされるものである、これは量のダイメンションといふ語を以て表はされる關係である、（ダイメンションとは量の基本的量に關する關係を表はすものである）これが單位間にも存在するもので、面積を計算する時常に長さを表

はす數値を二回持ち合した量的關係と一致するものである、このために測定に於ては一般に間接測定となり、長さを測定し計算によつて面積の數値を知ることになる。この如くなれば長さと面積との關係については圖形について豫め正確なる豫備知識を有することが最も大切なことになつてゐる、然しここに注意を要することは、矩形の面積を求むる時横縦をかけるといふて居る意味を考へずに形式的に取扱ふ弊である、形式的に名數としないで無名數とするといふ様なことを云ふのはよくない、面積の單位とした正方形が横にいくつならぶか、縦に幾つならぶかを考へてその數をかけ合せて單位の幾倍かを知るのであるといふ意味を明瞭にする必要がある。又規則正しい曲線圓形の圓・楕圓及球の表面については面積を求むる時に、面積率と稱ばれる常數がある、これは比例の常數であつて實驗的に發見せしむべきものである、只形式的に教へると幾つもある常數をとり違える様な現象を伴ふ場合があるから、實驗的に體驗せしめて置かなくてはいかぬものである。

第三章 體積

第一節 體積の根本概念と單位

體積は普通には嵩といはれてゐる所のもので、立體と稱せられる一種の圖形の屬性として存在する

ものである、立體といふと一點からあらゆる方向に連続性を有するものである、線は二方向面に於て四方に認められた連続性をこれと方向を異にする方向に、尙連続性を有するものである、即普通に縦横高さ或は上下四方といふ語を以て代表される方向に連続性を有する場合、立體といふ概念を得る、その量的屬性に體積といふ概念を發するのである、然してこの嵩といふ語は、内容として物質の存在を想像させるが、今述べたる根本概念より出發する時は、物質の存在如何は問ふ所でないので中空のものでも差支ない、それであるから物質を入れ得る意味で用ひられてゐる容積の如きも、體積として取扱ふて差支なくなるのである。

この體積の測定についても面積と同様に論ずることが出来る、單位の測定をなしその倍數關係より數値を知るので、單位に等しき體積のものが幾つあるかと考へる、これに二通りの考へ方がある、一つは分割法で一つは構成法といへやう、前者は體積を單位のものに分つて幾つあるかを知る法で、後者は單位のものを幾つで與へられに體積のものが出来るかと考へる方法である、この兩者について面積の時の様に隙間をなくするためと、規則正しい形との二つの條件から立方體と稱する形を選定することになり、測定を長さに歸する間接法を適用するの便から稜の長さに長さを單位を採ることが行れてゐる、そして名稱としては長さの單位に立方の語を冠らせてゐるのであるが、量の異なる所から

新しい名稱をつけるが便利であらうと思はれる。

第二節 直方體ならざるものゝ體積

立方體に分割し或は立方體を以て構成する時に、直方體ならざるものは到底出来ない、その時は面積の如く二つつけ合すとか、一部分を切つて他の部分に連ねるとかする、そして直方體にする、角塔或は平行六面體などはこの方法でよいが角錐となるとこの方法は出来にくいのであるまして他の不整形になると尙更複雑である、その時容易に出来るのは流體によつて置換してその形を直六面體に變える事が出来るのである。この方法で規則を發見して後は長さの測定に歸して計算に依つて體積を求むるのである。

然し現今理論的に行はれてゐる方法としては、前に述べた實驗的の置換法に依らず極めて小さな立方體に分けて、その體積の和を求める順序に依つて取り扱はれてゐる。

第三節 體積と面積長さの関係

體積といふ屬性を有する立體は、前述の如く異なつた三つの方向に連続性を有するので、長さにつ

いて三方向に考へられるものである、それであるからダイメンピョンとして「 \square 」を以て表はれる、然しこれは三乗の形であるから二乗と一乗の積と考へて差支ない、即面積と長さと組合せたものとする考へ方である、即底面積に高さといふ様な面積と長さの要素によつて體積が求められる、又體積と面積を知つて長さを求むる問題、體積と長さによつて面積を求むる問題も成立するのである、そこで體積を表はす數は長さを表はす數を三回相乗する形となり、又面積を表はす數と長さを表はす數との積で表はされるものである、然し長さをかけるのでなくて單位體積を有する立方體が幾つ並ぶかといふ數が長さの數値と一致するから、形として上の如く述べられるが、實は單位體積の立方體が幾つ並べられるかといふ數を算出するのである、測定としては置換法に依らなければ長さの測定に歸して計算に依つて求むるのである。

以上三つに就ての單位の制定については後にメートル法の所に於て詳説する場合がある。

第四章 時 間

第一節 時間の根本概念と單位

時間をのべる前に時について述べる必要がある、現今空間と時とを同様に考へて居る人もあり、又

取扱ふ場合もあるが、在來の如く空間と切り離して考へる方が簡單であり、又便利であるから、今は別に考へることにする、前に長さの所に一寸述べた通り二方に連続した性質をもつてゐる、然して其端も吾人には發見出來ぬ長さによく似た關係にあるために長短といふ語も用ひられてゐるが、時には形といふ屬性を有せぬ、眞直か曲つてゐるか知る人は恐らくあるまい、形式的にそれを表示してゐる具體物もあるまい、然し運動に於て位置の移ると同時に、何物か變化してゐるものを具體物以外に認識する、ここに於て時といふ觀念を構成する必要がある、然してこの時の連續に於て前後がある、そのある瞬間の位置を時刻といひ、その時刻の間を時間といふのである、然してその位置としての時刻は如何にして知覺するかといふと、正確でなく常識的には四圍の状態といふと頗る不明瞭であるが、常に動きつゝあるものの變化の状態によつて知る、最も基本的のものは太陽による明るさ及太陽の見える方向星の位置季節である、或は人爲的には時計の針の位置及曆であるが、これは後天的に人の造つたものであるそれでこの先天的の部分について考ふるならば、その根本は天文学の教ふる所によれば、地球が等角速度を以て自轉しつゝ規則的な速度變化に依つて太陽の周圍を公轉する所による、即ちこの自轉によつて太陽の見える方向に差を生じ、明るさの違を生ずる根本原因となるものである、即ち時刻は太陽に關する地球の關係的位置に依つて定むるものである、然して時間はその位置の變化

の割合を以て定むるより他に方法がないのである、即ち速さを變へる、力の働いて居らぬ運動即加速
 度零なる運動の存在なくしては、時を定むることは出来ない、然れば運動及び力を考へず速さの考へ
 なくして時は分る筈のものでない、若し地球が太陽に關して自轉も公轉もなく常に晝或は常に夜であ
 つたならば、吾人は時をさめることが出来ぬのみか時の考は出なかつたかも知れぬ、然して時の考か
 ら等速運動に於ける位置の變化の割合を以て、時間を量として比較もし單位を定めて測定もなし得る
 のである、この量は基本的の量でダイムジョン〔D〕を以て表はしてゐる。

第二節 單位の制定

地球の自轉に依つて晝夜の別を生じ、太陽の見ゆる方向に速ひを生ずるから、この自轉によつて一
 廻轉する時間を單位として一日とする、然し一廻轉する間に公轉をして居るから太陽が同じ方向に見
 えぬ、それで太陽の反対側にある時を考へたら最初夜の最中に始まつた日が次には晝の最中に始まる
 ことになる、それでこの一回轉の日は恒星日と稱して吾人の生活に密接な關係のある實用單位として
 は不適當であるから、太陽に對して一廻轉する時間を太陽日と稱して普通用ふる一日として居たので
 ある、そして太陽が頭上にある時と俗にはいふが南北緯度二十三度二十七分の外は頭上に來ることは

ない、又その間でも常に頭上にあるのではなくて地球の軌道面と地球の赤道面とが二十三度二十七分斜
 いて居るため、一公轉を週期として南北に依り季節の差を生ずることは既に知る通りであるが、尙軌
 道は楕圓形であるために公轉の速さは常にいくらか違つてゐることも認める。

そのために眞の太陽が頭上に來ると考へることは嚴格なる意味では不可能になる、それで方向とし
 ては太陽がその地の子午線の面を通過する時刻を南中する時といひ、太陽が南中してから次に南中す
 るまでの時間を一太陽日として、一公轉中の太陽日を平均したものを一平均太陽日と致します、然し
 平均といふても皆加へて加へ合せた數で割るといふ方法ではないのであるから、最も簡單にいふと平
 均太陽が南中してより次に南中するまでの時間を一平均太陽日とするといへばよい、然らば平均太陽
 といふものは何かといふことを説明しなければならぬ、太陽が南半球を直射して居て北半球に移らん
 として赤道を通過する時刻を春分點といふて、太陽と春分點を共に有して常に赤道を等速度を以
 て動く太陽を假想して平均太陽といふのである。かくの如く平均太陽を想定しておくとその南中する
 時刻から、次に南中するまでの時間は常に一定であることになる、これが吾人の日常用ふる一日であ
 る。

そしてこれより小さな單位の必要なる時は一日の二十四分の一を一時間といひ、その六十分の一を

一分その六十分の一を一秒といふことは人の知れる所である、そして日常使用する時分秒が平均太陽日より導かれたるものであることも推察するに難くはない。

然してこの外吾人の生活に欠くべからざる自然的單位は一公轉の時間である、これは季節の週期であるから人生生活の一つの週期であるために一年といふ名稱で呼んでゐるが、平均太陽日で測ると三六五・二四二二日となるので日數の端數があるから取扱ひに不便である、そのために三六五日と三六六日との二通りにして前者を平年後者を閏年とする。

太古の人は一年は三六〇日と概算してゐたが、漸次人知の進歩と年數の推移とはその誤を知らせ三六五日となり、平年閏年を定める様になつても始は四年一度とした次に百年に二十四度四百年に九十七度といふ様になり、現今多くの國で用ふる曆の閏年の定め方となつた。我國に於ては勅令を以て定められてゐるのでそれによると、神武天皇即位紀元年數の四で割り切れる時一般に閏年とするが、紀元年數より六百六十年を引いた残りが百で割り切れて四百で割り切れぬ年は平年とする事になつてゐる。

この外漁業者等にせひなくてはならぬ時間に關するものとして月が地球を一周する時間がある、この時間は二十七日七時四十三分一秒半であるが普通には一回廻る時間を單位にしてゐない、太陽と地球の間にあつて同一平面内にある時刻を朔と云ひ、太陽と反對側にあつて同一平面内にある時刻を望

といふ、それでこの朔より次の朔まで或は望より次の望までの時間を一朔望月といひ一月と致すのでありますが、この時間は一周より永く二十九日十二時四十四分三秒である、これは地球の公轉のために一周しただけでは太陽に關する關係位置が等しくならぬためである、それで日の倍數にするために、一月を二十九日と三十日として季節に合すために閏として一ヶ月繰り込むことにして一年を定めてゐたのである。

現今用ひられてゐる閏年の定め方は羅馬法王ぐれじりお十三世に依つて改められた、所謂ぐれじりお曆によるものである、尙詳しくは卷末に附する曆の話によつて知られんことを望む。

第三節 時間と時刻

先に述べた通り、時間とは時刻の間の長さであつた、それであるから時刻なしに時間はきまらぬ譯になる、然し無限の過去より無限の將來につゞく時の流の一點をいかに決定するかといふと、運動せるもの、或關係位置を原點として定める外はない、そのために太陽の南中とか朔とか望とかいふ時刻春分點秋分點などが考へられてゐるのであるが、吾人の生活に都合よく日附をするために、南中から次の南中即ち正午と名づけられる二つの時刻の間の中間、即夜の最中に於て日を變へることが便利で

あるために、時刻を定める原点として正午と正子とを原点とし、それより経過した時間を表はす數で時刻を表はすことになつてゐて、正子より考へた方を午前、正午より考へた方を午後と呼んでゐる、正子正午といふは昔時を表はすに十二支といはれてゐる子丑寅卯辰巳午未申酉戌亥を用ひた、そして子が眞夜中が眞晝に配置されてゐた残つた言葉である。

然して前の定め方で正午正子を定めると經度の差で時刻が變つて、交通機關の發達に伴ひ他地方との交渉の頻繁なる時都合ががわるいから、大體に於て三十分位の達の範圍で標準時といふのをつくりそれを以てその他同様時刻を定めてゐる、我國には標準時が二通りあつて中部標準時は東經百三十五度の子午線上で定め、九州以東之に依り西部標準時は東經百二十度の所で定めて臺灣等で用ふるそして丁度一時間の差がある。

然して時刻をあらはす數が時間と密接な關係があるから、時刻を求むる計算には時間を以てするのである、然し時刻の判斷は時間から來るのでなくて太陽に關する位置の關係に依る周圍の状態から來るものである。

第五章 角 度

第一節 角の根本的概念と單位

幾何學の教ふる所によると、二つの直線が一點に於て出合ふ時にその二直線は角をなすといふて居る、これは形式的に整頓されてゐるが、これによれば状態につけた名稱であることが考へられる、これを量として考へる時は一點から二つの直線の方向に向ふその間の方位の變化と考へるがよい、又一つの直線が一邊から出立して他にまで動く時の廻轉の度と考へる方法もある、廻轉とは方向の變化であるならば、角の量的考察に於ては方向の變化の度と云ふのが適當であると云ひ得る、かくの如く考へる時には運動といふことを考へるから連續的である、然して大小及倍數關係をも考へることか出来るので量である、然し自然的單位は一回轉であり、現今に於て普通に用ひらるゝ單位はその三百六十分の一で一度といふ、更に小さな單位として六十分の一に分、その六十分の一に秒といふ時間の時と同様の名稱が附けられてゐる、この時間に似たる名稱及三百六十に分けた理由としては、地球の公轉が基礎をなしてゐるとしてよい、太古一年の日數を三百六十日に數へた、それで一度といふ一日に地球の廻轉する角度と意味つけてゐた、そのためか六十進法は極めて古い時代から用ひられてゐる、ことが數學史上に見うけられる。この他に自然的單位として直角といふものがある、紙を四つ折にしてその

角の大きさを知ることが出来る、これは自然界に多く見うける角である方法などに於ても周りを四つに分けるといふことによつて東西南北といふのが基礎となる、角を取扱ふ時に最も應用のひろい然も便宜な單位として記憶すべきである。

この他圓周と半徑の比を以てはかるラヂアンとか、百分法に依る單位もある、科學的にはラヂアンが最も多く用ひられ實用的には六十分法が用ひられる、量のダイメンションは科學的のラヂアン二つの長さの比であるからノーダイメンションとして考へられてゐる。

第二節 平面角と立體角

前節に述べた所は一つの平面上に於ける二直線の角についてであるが、この外二つの平面についての角といふものがある、これは二つの平面が交つてゐる時その交りの上の一つの點から二つの平面に夫々直線をひいてそのなす角に依つて定めるのであるが、その方向を制限しないと角の大きさが變るので交りの線に垂直な直線をひいてそのなす角を以て二つの面のなす角と定めてゐる、これを平面角といふ、これを少しく意味の異つた角として立體角といふものがある、錐體の頂點に於ける角の如きそれは錐體の頂點を中心として半徑が單位長さの球面を考へ、その錐體が切りとる面積をその長さの

單位に相應する單位を以て表はしたる數を以て、その立體角を表はすことにする、即立體角の頂點に中心を有する球の表面を切りとる部分の面積を、半徑の二乗で割つたもので表はされる、さればやはりノーダイメンションである、これは普通に用ひられぬが角と呼ばれる内に加へらるべきものである、平面角は普通に云はるゝ勾配の如き所に見るものである、即道路面屋根面が水平面となす平面角を勾配といふのである、然しこれは比を以て呼ばれ角度でいはれることは頗るまれである。

第六章 溫度

第一節 溫度の根本概念と單位

通常用ひらるゝ語に、寒い暑い等の語がある、順序よく並べてみると焦げるやうだ。暑い・暖い・冷しい・寒い・凍えるやうだとなる、この語の表はす内容に到つて量的考察をするものが溫度である、然して量的に扱ふにはその大きといふものをはつきり定めなくてはならぬ、然してこの違ひといふものは連続的に變るものであつて、急に不連続にはならない、その連続的變化の上の一つの位置を定めることが必要になる、これは場所と時刻を定めてその位置を表はす數としては一つのカーデナル數であるが、特殊の點からの順序數によつて表はされる、丁度時に於ける時刻と時間との關係になつてゐる、然

して特殊の點として解けつゝある乾いた氷の溫度をとつて零度としてゐるのが普通で、もう一つは一氣壓に於て沸騰しつゝある水の蒸氣の溫度をとつて百度として、その間を百等分して一度の大きさとしてゐる、この定め方は攝氏によるものでCの文字を以て表はしてゐる、溫度を測ることを華氏が最初に定めた時代の最低溫度即ち氷と鹽とによる寒劑を用ひてつくる溫度を0度とし、人の口中の溫度を百度として定めた華氏の度盛もある、これをFで表はす、我國ではFは氣温に多く用ひCは學術的及醫者等に及ひられてゐる、然して兩者が用ひられてゐる、その二者の間の關係としてはFに於てはC0度が三十二度に當りC百度が二百十二度に當るとして、Cの五がFの九に當る割合としてある、もう一つ絶對溫度と呼はるる學術的に大切なものがある、それは理想的の瓦斯の性質を備へたアイデアルガスが解けつゝある乾いた氷の溫度に於て、體積か二百七十三分の一變化する如き溫度の差を一度として原點としてはCの0下二百七十三度（大體に於て）を採用してゐる、これはアイデアルガスを冷して行くとき體積が0になる時と想像される溫度である、（事實はそうでなくても）絶對溫度は原點はちがふが溫度差の單位はCに於けると同様である。Cの方は只に度を云ひFの方は華氏度といふことになつてゐる。

第二節 溫度と熱

溫度と熱とは根本的に異なる量である、熱とは溫度の變化を與へる根本的の或實在であつて、溫度は熱に依つて現はるる現象の一屬性を量的に考察した所のものである、溫度は物體の大きさ質等には無關係にその表はす屬性に於て之を定め、熱はその物質大さ等によつて異なるものである、又熱はエネルギーとして電氣的に器械的に或程度仕事をする事が出来るものであるが、溫度は其表はれの状態についてのものであるから他にかへることが出来ぬもので、普通の事柄に例をとつて見るに沸いてゐる湯に手をつければ百度より低い時にもやけどするが、まつちの火の如きは三百度位になつてゐても手でもみけしてやけどをすることが少い、これは溫度では仕事になるものでない、即熱が仕事をするためには溫度の高下より熱量の多少が仕事に關係することを示すものである、只熱の存在する時にその状態に依つて溫度といはるゝ一種の状態を表はすものと考へるがよいのである。

故に熱量は測定の單位としてカロリーと稱し、水の一定量中に存する時その表はす状態即ち溫度の變化によつて定めてゐる、カロリーには小と大とあつて小カロリーとか大カロリーとかよばれてゐる熱量の單位は水一瓦の溫度を一度（C）變化するに必要な熱量を、瓦カロリーその千倍を千カロ

リーといひ普通大カロリーとも云はれてゐる。

第七章 目方

第一節 質量と目方の根本的概念

一つの物體の中に存在する物質を量的に老へる時に質量といふ、されば物體を周圍の物及狀態と切り離して單獨に之を考へることが出来るし、位置を變化しても何等變化するものではないことが分る然し科學の教ふる所によれば、この物質といふものはその質量の積に比例して距離の二乗に逆比例する引力を以て引き合ふと、そのために地球上にある物は總てその質量に應じて地球から引かれてゐる即ち重力に働かれて地球の中心に向つて進まんとする傾向を有する、この重力の作用と物質の質量とを同時に結合した所に目方といふ量が構成されてゐるのである、即一つの物體に働く重力の大きさを量的に考へて目方といふのである、然してこの質量は一つの基本的の量でダイメンションは $[M]$ を以て表はすが、目方は力と同種の量であるから力のダイメンションを以て表はすことが出来る、力は物體の位置の變化即ち運動の狀態を變化する根本的原因と考へられてゐるから、次の様に二つの方面に考へられる、一つは方向一つは大きさである、その大きさは運動狀態に於ける速さをかへる割合即ち $[L]$

で割つた量と質量 M の積 $[MT^{-1}]$ の形で表される、これが亦目方のダイメンションである、これによつて質量と目方との異なる理が明になる、然し目方は質量に比例するから單位の定め方で數値を等しくすることが出来るので單位の名稱は一致したものを使用してゐる。

第二節 單位

前述の如き異なる量の質量と目方を同一數値で表はすためにその單位の定め方を述べる。質量の單位としては純粹な水として蒸溜水を取り、溫度によく體積の變化の最も少い而も最も比重の大きな攝氏四度の狀態に於ける一立方糎の中にある質量を一瓦と定める、然し目方は地球上に於ても地球の形が完全なる球でない以上土地によつて目方は異なる所を想像するに難くない、即同一物でも極地方より赤道に向つて位置を變へる時に軽くなり、海面から山上に運ぶことによつて目方を減するからである、そこで質量一瓦の物の緯度四十五度に於ける海面上に於ける目方を目方の單位として一瓦とするこれはメートル法の單位の定め方であるが、我國では瓦貫といふ單位を用ひてゐた、これは前述の如き理論的立脚地からでなく只適宜に定められたものと考へられてゐる、然しこれは最初に於てで今は原理に依つて瓦が定められてゐるのであるメートル法の所に解説する。

第八章 物理學上の主たる諸量

第一節 速度及速さ

物體がその在り場所即ち位置を變化しない時は静止と云ひ、位置を變化する時に動く即ち運動といふ、通俗にはそのものに依つて言葉が種々になり又その動き方でも言葉を變へる、人なれば少くも片足が地上についてゐる時に歩く一足の間は土地を離れることある場合には走るとか駆けるとかいひ、高所から下に急におりる場合地上高く離れる時には飛ぶといふ、水面ならば泳ぐといひその状態に依つて一様でない、又無意識である場合にも異つて落ちるなどいふ状態もある、汽車自動車にも走るといひ弾丸には飛ぶといふ、一一舉げるとその數も大分多くなるが一括すれば位置の變化に歸することが出来る、この時にその位置の變化に速い遅いといふ言葉が在る、その語は比較的のもので絶対的のものではないが、この語の中に含まれる内容として速さといふ考が存在するのである、然して吾人は運動に於て同時刻に於て位置の變化を認めることは出来ぬ、如何なる場合に於ても時間の経過する間に位置が變化するものであることを承知してゐる、それで同じ長さの時間内に位置の變り方即ち距離の距離が大なるものを少なるものよりも速いといふ、然し吾等の日常用ふるは不言の中に假定を存する

ことがあつて、必ずしも言葉だけでこの區別を判然とすることも出来ぬ場合がある、それは前述の如く遅速は相対的な語であるために一つの運動に速い遅いをいふことのあるので分る、例へて見るならば日本の汽車は急行でも大分遅いといふ様なことを聞くことがある、これは日本のといふ所に歐米の大陸を走る列車に日本の汽車を比較するからであつて、普通列車に比較すれば速いのである、一里の道をおそくと云ふことにならう、又この「ハイ」「オソイ」といふことと同じ云ひ方で早い晚いといふのがあるが、これは時に關しての言葉であるからここには省いておく、それで速い遅いといふ様な相対的の言葉では速さといふのを量的に取扱ふには不便であるために、速さといふ量を取扱ふに時間と長さとの依つて單位を定めて置く、即ち毎時間幾米とか毎分幾米とかいふ様に呼ばれることになる、それも速さの速いもの又は遅いものに依つて時間の單位も長さの單位も自然と選擇が決定される場合が多いのである、又量の性質に依つて時間の單位は慣用がある、汽車ならば毎時風は毎秒といふ様であるし長さの單位も今後は米法に依るであらうが、在來はその物に依つて定まつてゐた交通機關には哩が多く用ひられ、學術上には米があつた、そして時間を定めて距離をいふ場合と距離を定めて時間を云ふ場合とあつた、勿論正確にいふにはその兩方とも云ひ表はすべきではあるが、慣用はそれを乘人

が肯定してゐた、特に速さに特別な名稱として用ひられるものは汽船軍艦で節といふて毎時進むことの出来る海里の數で表はすのである、そしてこの速さについて注意を要することは毎時をつかふ單位を用ひても必ずしも一時間走つて見なくてもよいのであるし、毎秒といふても一秒間進んだ距離を測るのではない、一つの場所を通る時の速さといふことが出来るのである、それはその時の速さで一時間なり一秒なり進んだ時何程進み得るかといふ距離を定めればよいのである、そのためには通過した距離をそれに費した時間で除すれば數値が得られるのであるから、ダイメンションとしては「 L/T 」で表はされることになるのである、然してこの速さといふことがあつて時間が測られるのが本體である様にも思はれる、地球の自轉公轉なしに吾人に時間が知られなかつたことを想ふても、時計が皆運動するものに依つて造られてゐる所をみても合點せられる事實であるが、直接速さを知ることが困難である所から時間の方を基本として速さの單位を組立單位とすることが一般に承認せられてゐるのである。

この速さに方向を考へたる時に物理学でいふ速度といふことになるのである、速さをしかつめらしく云ふたものが速度ではないのである、そのために等速と等速度とは自ら區別されるのである、方向の變る場合には速さは等しくとも等速度といふては嚴格なる意味からは誤りである。

それであるから一つの場所を動く時の速さは速度といふても差支ないが、経路の曲つた所を意味する時には速度といふことをさけた方が安全である、速さといふておけばいつでも普通の事柄では誤は出て來ない、曲つた経路を通つた時でも平均の速度といふ量もあるが平均の速さといふのとは數値を異にしてゐる。

學術的には、一定して用ひる場合には時間には秒長さには種を用ふることか普通であるから、を光の速さを表はす數として記憶されてゐるのである。

第二節 加速及加速度と力

前に靜止と運動とを別の如く並べて置いた、しかし靜止といふべき場合が存在するか否は餘程考へないと分らぬ、富士山の如き太古よりその姿をいつも駿甲の境に示してゐる、武田信玄の兵法にも動かざること大山の如くとあるとか、山は動かぬものか地震の場合に動くとか噴火爆發に依つてその一部分は意外の變動はある、その外常時は靜止と見做されてゐるが、地球の自轉公轉と同時に想ひ及ばざる速さで宇宙の中に運動してゐることは否定出來ぬ、されば位置の變化といふても相關的のもの即ち關係位置の變化となるのであるから、運動も相對運動に止まることは相對性原理を待たずとも明なる

事柄である、それであるから運動静止何れも相対的位置に關するものである以上、單獨に一物をとつて運動を考へることは出來ぬ、天文學上の事を論ずるには宇宙に位置を定めなくてはならぬから、今は地球に對して例をとつて説明することにする、しかし論理を擴張しても差支ないのである、運動する時速さが常に一定のものと定まつてゐない速くも遅くもなる、遅くなつた行きづまりが静止であるから静止は運動状態の一つの特殊の場合と見ることにする、それでこの速さの變化が時間に對する割合を加速といふのである、その變化も漸次増加する場合と漸次減少する場合の反對の二つの状態に表はれる、汽車が停車場から出發する時は速さの増加する場合次の停車場につく時は漸次減少する場合である、何れも加速といふ言葉を用ふるので加は増加減少の總稱であると考へて差支ない、それは代數學で正負を考へると同様に取扱へばよいのである、そして加速が時間に對する速さの變化の割合であるから、速さの變化を時間で割つたものが平均の加速といふことになる、この時間を極めて小にして場合に一つの場所に於ける加速といふことにしてゐる、この加速に方向を考へた時速さに方向を考へて速度とした様に加速度といふことを云ふのである、そして曲り曲つた経路の運動で速さと速度と平均の數値が異つた様に、加速と加速度と異なる數値をとることになる、それであるが單位は同様に時間の單位と速さの單位とを組合せてゐるのであつて毎秒毎秒幾種といふ様に、或は略して秒々種

といふ、地球が地球上の物體の落下に與ふる加速度は九八〇秒々種であるといふ様にいふ、そこで加速及加速度のダイメンションは速さを時間で割る即「 $\frac{L}{T^2}$ 」で表はすことになつてゐる、汽車が漸次速くなり遅くなり物か落ちる時に下にゆく程速くなる、かくの如く運動に加速を與へる原因は吾人の目に見る譯にゆかぬものであるが、状態ひ變化する場合に吾人はそこに何物か存在すると考へなくてはならぬ、原因なしに變化するといふことは承知出來ないことである、それでこの加速の原因をなすものに力といふ名をつけるのである、元來力といふものは人の視覺に觸れるものではないのである、感覺器管でこれを知るといへば壓覺かそれである、物の運動でなくとも未だ吾人の量として取扱へないものでも力といふ場合は多い、智力とか病氣に對する抵抗力とかいろいろの現象に對して用ひられてゐる、それで眞にその力といふものが何程であるかといふことは到底考へられぬことであるが、運動の状態を變化するために働いた力として、その運動状態の變化から力を量として取扱ふのである、吾人が精一ぱい腕の力を働かして石を持ち上げて見ることにする、小さい石ならば容易に高く擧げられるが、大きな石即ち質量の多い石であると擧げられなくなる、小石をとつて投げると余程速くに飛ばすことの出來る人でも、砲丸をとつて投げるととても小石の様に飛ばぬ、吾人の腕の働きて質量の相異が多ければ加速が非常に異なることが承知出來る、そこで力を表はすには、加速度だけでなしにその

物質の質量と一緒にして、その積で表はすことにするのである、そこで力のダイメンションとして「MLT⁻¹」を採用してゐるのである。ここに述べた力は運動状態を變化さすために用ひられた力を表はすので、この他に力といふ字を用ひても異なるものが多い。電力とか電力とかいふのはダイメンションを異にするものである、智力の如きは量として取扱ふまでに研究が進まぬのでダイメンションも今日考へられて居らぬのである。

これを測定する時には質量の知れた物體に與へてその加速度をしらべるか、次にのべる仕事を測定してそれから求むるのである、多くは仕事から求むる方が容易である、それは加速といふ量が測定に厄介であるからである。

人に關しての力は、前に述べた量として正確に取扱ふことの出來ぬ即數値に表はせぬ判断力・記憶力の如き精神の力、或は勢力の如きもあるが、その他に筋内の力がある、これは物體に作用さすことに依つて、その大きさを數値を以て表はすことが出來るものである、それであるからこの力は仕事から導き出すといふことが現今用ひられてゐるのであるから、作用した力の大きといふのが量として取扱はれることになるのである、そして單位としては一瓦に一秒間作用して一秒秒糧の加速を與へる力を一ダイーンと呼ぶ。

第三節 仕事

通俗に仕事と云へば勞働即ち働くことに意味をとるのが普通であるが、仕事量としては働くことであつては嚴密に取扱ふに不便が多い、運搬といふ仕事を例にとつて少しくその屬性をしらべて見ることにする、米一升を持つて二三町の途を運んだとしても常識的にも大した仕事をしたとは思つて居らぬが、十俵の米を二里もある所に搬んだならば餘程澤山な仕事であるといふことが出來る、その時にどれだけの量が仕事の他少に關係を有つて居るかといふと荷物の輕重距離の大小速さの運速が最少限度に於ての標準となつてゐることが考へられる、勿論力の關係することは何人も知ることであるが、そのものの質量と距離とそれに要した時間を知れば、力も自ら明になるものであるから、特に力を考へなくとも考へられるものである、しかし前述の如く仕事と力とは密接不離の状態にあるものであつて力の存在なしに運動が起らぬ、運動のない所には仕事を考へるのは六ヶ敷、特別なる場合として落せんとするものを支へてゐる場合に一つの仕事として考へられるが、それは自然落下の運動を防げる仕事として考へられるから、仕事の場合は運動状態に於て考究すればよいのである、それで力は運動状態の變化に依つて始めてその存在を知り、その大きさを側ることが出來るのである、例へば二人が捧押し

をする時に両方の力は單獨に數値に表はれぬ、只その差に依つて運動状態を生ずるのであるから、差だけしか知れぬのである、しかし棒に螺旋仕掛の器械でもつければ両方の押す力も計算は出来るが、只の棒では分らぬことになるのである、それで物體の運動状態からその仕事なるものが測られるのであるから、物體の質量と距離の積が大なる時は仕事も大きい、同一物を等距離運ぶにもゆつくり選ぶのと速く選ぶのでは又力に大小の差異を認める、それであるから仕事を量とする時は質量距離加速の積を以て表はしそのダイメンションは $[M^1L^1T^{-2}]$ となる、しかも力のダイメンションが $[ML^{-1}T^{-2}]$ である所から距離と力の積といふことにもなるのである、そのために前に述べた通り力を測定するのに仕事を測つてそれから求めることが多いことになるのである。かくの如きダイメンションの量であるから、單位としては質量長さ時間の單位を表はす不便をさけて、力と質量の單位を定めて仕事の單位を決定することにしてゐる、一ダインの力が作用して一種の距離動かした時の仕事を一エルグと呼んでゐる、然しこの仕事は非常に小さいためにその一千萬倍即ち 10^7 エルグを一ジュールといふてこれを用ふる場合が非常に多いのである。然し地球の引力即ち重力が時間に依つて變化することがないといつても差支ありませんから、取扱ひに便なるために一研の重量のものを一米の高さにあげる仕事が一キログラメートルと呼んで單位に用ふることがある、ダイメンションを考へると地球の加速度、

$[L^{-1}]$ に反抗して質量 $[M]$ のものを或距離 $[L]$ あげるものであるからこの積を求めればやはり仕事のダイメンション $[ML^2T^{-2}]$ となるのである、これは質量と高さを測れば求められるから各國の單位に依つていろいろの名様がある、英米の單位としては呎封度によつてバウンダルと云ひ、尺貫法に依れば他の單位をつくる事が出来るのである、然してこれは仕事をした結果について述べたのであるが、仕事が行はれる以前に於てこの状態を想像して計算に依つて求められることも可能である。

第四節 壓力 力

力が働いて物を押さえる時にこれぬ壓力といふので、下に押しつけても上に押しあげても横に押しつけても壓力であることに區別はない、それで一つのものに働く全壓力はやはり力であるが、これを單位にしたのでは取扱がめんどうであるために、單位面積に作用する力を單位にとつてゐる、そのために力を面積で割つた形の $[ML^{-1}T^{-2}]$ といふダイメンションを有つてゐるのである、書物などを占めつける器械の壓力もあるが、日常目撃する所のものに水の壓力と空氣の壓力があるのである、水に於ては水の上に押す壓から下に押す壓の差の全體を浮力といふことになつてゐるから、浮力はやはり一つ力である、空氣の場合には一つの物體に及ぼす壓力の全體は一つ力であるが、氣壓といふてゐる

のは壓力であるこの壓力の大きさは水及空氣の中では深さに關係する、それはその上にある空氣なり水なりの重さに依つて生ずるからである、そこで緯度四十五度に於ける海面上の大氣の通常の壓力は、水銀柱七百六十耗の壓力と等しいといふのを日常多く用ひて、然も常織的なバロメーターとして、水銀のバロメーターを用ふるので、水銀柱の高さを以て表はすことになつてゐたが、これは携帯には重いと破損し易いのでアネイドバロメーターが携帯用として用ひられる場合が多くなつた、それで今度の規則では單位をパールと呼び、一平方糎に力の單位である一メガダインといふ一キログラムの質量に作用して一秒につき、毎秒十メートルの加速度を與へる力が作用する時の壓力であるであるから、十平方糎の面積に 10^6 ダインの力が作用することになる、それでこれか在來用ひられてゐた水銀柱七十六糎の壓に極めて近いために一氣壓と呼んでもよいことになつてゐる、この一氣壓といふのも一つの單位で、壓搾器或は汽罐等に於て實用的に用ひられてゐたのであるから、大きな壓力を測る時には氣壓又はパールを用ふるが、大氣の壓力の變化を述べる時には單位が大きすぎるから水銀柱に於て耗を用ふることが記述し易い。

第五節 工 率

仕事を述べた時には、その仕事の全量であつたのであるが、吾等の日常には仕事の速い遅いが關係することが多いのであるから、時間に對する仕事の割合といふものを量として取扱ふことにして、工率或は工程と呼んでゐる、それであるから仕事の遲速をいふ量が工率となるのである、單位としては毎秒一ジュールの仕事をなす場合をとつて一ワットと呼びその千倍を一キロワットとして、發動機などの工率を測る時に用ふることにするのであるからダイメンションとしては仕事を時間で割つた形の $[ML^{-1}T^{-1}]$ で表はされるのである、然しこの工率に對しては在來馬力といふ單位が使ひ慣らされてゐたために、汽車の機關の工率電動機の工率に六馬力八馬力などいはれてゐる、この大きさは毎秒七十五瓦ットの仕事をする工率であるから、七百三十五ワットとして大差ないことになる。

ここに注意を要することは工率を通常の場合力と誤解してゐることがある、馬力の力などに聯想されるものかもしれない、又仕事工率力といふ量が極めて密なる關係にあつて、それらに對して常識的には判別もなかつたかもしれない、しかしこれを量として取扱ふ時には是非共その區別をして關係を諦めて置かなくてはならぬ、それでないといふ計算をしようとしてもその方針が立たなくなるのである。日常の問題の仕事の問題といふがある、その中に五人で三日かゝる仕事を三人では幾日に仕上げるかといふ様ながある、この仕事の全體は確に仕事であるが五人でといふ意味を解剖して見ると、言外に假定とし

て普通の一人分の仕事の出来る人である事を意味してゐるのである、三日かゝるといふ日は二十四時間ではなくて厳密にいふと一日分の労働時間である、そのために普通の労働時間一日分の中に通常の一人分の仕事といふ事柄が當然含まれてゐる譯であるから、單位は正しく決定してなくとも常識的に一人一日分の仕事といふ工率が存在するものとしてゐる事になつてゐる、土木の方などで一夕といふ様な語をきくことがあるが、この一人一日分の仕事といふ意味らしい。であるから人數を計算して端數が出たならば、工率を少くすればよく日數に端數が出たならば労働時間の短縮を取扱へばよいのである。

第六節 比重と密度

綿百貫目と鐵百貫目と何れが重いかなといふことは、人のよくいふことである、綿は軽く鐵は重いなどいふことをいふが、一疋の綿と一疋の鐵と比べる時に輕重はないのである、それなれば綿は鐵より輕いなどいふことは何がその誤りの基礎となつてゐるのであらうかといふ事は少しく嚴密に考へてゐなくてはならぬ、生徒に向つて答へる場合などは尙更であつて、それは間違である一疋はいつも一疋であるなどいふたのではそのまゝ記憶するには差支ないとも、理解するといふ程度に到らぬから知識が不確實である、この場合の輕重をいふのは質量でもなく、重量でもないであつて、嵩に對する

重量の割合である、綿は兩手で漸くかゝえることの出来る位の嵩があつても重量からいふといくらもないその半分の嵩でも鐵であるならば持つ所か動かすことも容易ではないのである、これを嚴密に取扱ふ時に等體積中の重量の比といふべき所を比重といふのであるが、二つ宛のものを總て比較して比重を定めるといふことは繁雜であるために、水を標準として等體積の目方の比を測つて比重と言ふことにしてゐる、固より重量と重量との比である以上ノーダイヤモンドであることは直に了解される事柄である、それで水の比重は一で水より輕いもの石油・エーテル・普通の木材等の比重は一より小で金屬や岩石の如きは比重が一より大である。

前にも述べた通り、地球上の物體には總て地球の引力即ち重力が作用してゐるのであるから、總ての物に重さ即ち重量があるのであるが、重力は質量の等しきものに對しては等しき作用をなすものであつて、物質に依つて多少が存在しないのである、そのために質量と重量と兩者の單位名に死を用ひたのであるから、比重の等しき物質は等體積の質量も亦等しいし、比重の大なる物質は小なる物質の等體積中の質量よりも大きい、そこで重量といふべき所を質量と替へて等體積の水の質量に對する質量の比を密度といふことに定めてゐる、それであるから比重と密度とは非常に似てゐるが同一ではないのである、別々な位置で測定した場合でも質量の測定に於ては同一物に對して同一結果を得るが、

重量では異なることがあつた様に、密度は海面上で測つた數値と山の上で測つた數値とを組合せて計算した場合でも正しく得られるが比重は正しくは得られぬ。

水を標準にとる理由は、質量の單位及び重量の單位は四度に於ける一氣壓の下に於ける蒸溜水一立方糎の體積にとつてゐるので、一立方糎の質量と密度とは數値が等しくなるしこの水で緯度四十五度の海面上に於ける重量を標準とすれば一立方糎の重量と比重とは等しき數値で表はされる事になる、そのため一一比較しなくとも質量なり重量なりを測定すれば體積を知る事に依つて、密度なり比重なりを得ることが出来るし又水の浮力を用ふれば秤だけで密度も比重も知ることが出来るのである、そのために水を標準とすることにしてゐるのである、この關係を利用すれば比重の知れた物體は重量を知らば體積が求められることになるから、水をつかふ時には秤で體積を知ることと出来るのである。又體積が計算出来れば重量質量が秤なしに得られる。

第七節 光度と照度

晝は明る夜は暗い、明暗の生ずるのは誰しも光の多少に依ることは充分承知してゐるのである、そしてその光の多少を量として取扱ふ時如何なる單位を以て如何なる測定をするかについて述べること

にする、電燈瓦斯燈の如く或は蠟燭の如く光を發するものがどの位の明るさの光を出すかといふ場合には、光度といふて、發光體から一定の距離にあつて光に垂直になつてゐる單位面積にあたる光で定めるし、日中に於ける室内の明さとか電燈を點じた時の机上の明なさといふ場合には、その場所に於て單位面積に受ける光の量で定めて照度といふのである。であるから光度といふと發光體について考へ、照度といふとその場所の明さであると考えてよいのである。

單位としては燭光を用ひてゐる、その語源としては標準の蠟燭を用ひたのである、今はいろいろその標準があるが、英國制度に依つたものと佛國に依つたものとをあげておくことにする。

英國の標準蠟燭は、鯨蠟より製せるスバームアチチにて造つた直徑二糎、重さ六分の一封度のもので、一時間に百二十グリーン宛の割合で燃えて、燭の高さが四十五耗になつた時の光度を一燭光としてゐる、これが我國でも用ひられてゐるものである。

仙國では丸心ランプでコザル油を用ひたる標準のランプで燭の高さが四十五耗の光度を單位としてゐる、この外メートル法に依つた燭光があつたが實用的でなかつたのであるから省略する。

測定をする場合には光の性質として發光體からの距離の二乗に反比例して光の強さが減するものであるから、標準燭光とならべてその間に蠟の直六而體をつくり中央に境をつけ兩方より之を受けて明

るさの等しい位置を決定してその距離から計算に依つて求めるのである。

電燈ランプ蠟燭等の光度をしらべるには、この標準と比較するのであるが一標準蠟燭を比較しなくとも、一度測定した光りと比較すればよいのである。時にはこの電燈は十六燭だが暗いといふ様なことをきく、その時は十六燭光ではないのであるたゞ電球が指定された電壓の場合に十六燭光になるといふのであつて、電壓の下つた時には燭光は少くなつてゐるのである。

第九章 電氣に關する主なる量

電氣に關する量も物理的の量であるが、現在電氣の普及と俱にその知識及び計量に關する事柄が必要になつて來たので章を異にして少しく詳しく述べるのである。

第一節 電 氣 量

電氣は前に述べた力の如くにそれ自身は何物であるか知る人はない、只その屬性として作用した場合種々の現象を表はすので、この現象から電氣の存在を知るに止まつて、五感に訴へてそのものを知ることは出來ぬ、昔は雷様といふて恐れられてゐてその何物であるかさを想像されなかつた、然し現代は電氣の世の中といふてもよい位で、熱の源泉にも光の供給にも交通機關にもその他人力の助手にも

醫術にもその應用は益々廣く、堤を侵した洪水よりも尙一層猛烈な勢を以て普及しつゝあるのであるから、今は學者の玩具たる昔日の考へではゐられぬ、如何なる山間僻地に於ても電氣に對してその計量を必要とする場合であるから、その性質の一般を知り、計量法を覺えることは日常缺くべからざる事となつてゐる。電氣の本性についても種々説があるが、何れにしても陽電氣と陰電氣との二種あることはその性質の反對であることから容易に知れる、それでこの兩種の電氣は互に引き合ふので、その作用する力の大きさが電氣量の積に比例することが、實驗に依つて知られた、増加減少倍することなどは作用に依つて知つたのである、その邊まで詳しく述べることは小冊子の出來ないことであるから、他日他の場合に述べることにするが、兩種の電氣の作用する引き合ふ働又は同種の電氣の押合ふ働きをクーロンが測定して、その間の關係を述べてゐる、作用する力は電氣量の相乗積に比例し、その距離の二乗に反比例するといふてゐる、これから前述の力に關係をつけて單位を定めて一種隔てゐる等量の電氣量が作用して一ダインの力なる時に、兩方にある電氣量は各單位量であるとして靜電氣單位の單位電氣量であるとする、然しこの量は極めて小であるから實用單位としてはこの 10^9 倍を一クーロント云ふて用ひてゐる、この他に電磁單位と稱するもので電氣が輪道を通れる時磁性を表はすそれが磁氣に作用する力に依つて定められた電流の張さから導くので一クーロンの十倍の大きさのもの

がある、然しこのクーロンの他の二つの單位は學術上電氣學には大切なりであるが、吾人日常必要なのはクーロンであるからクーロンについて述べる。

電氣量は科學的には前に云ふた様にして定めるのであるが、これに依つては測定が困難であるためと、靜電氣としての電氣は實用上用途が極めて稀であつて電氣の移動即ち電流の場合が多いから實用的には測定の容易な電流から求めることになつてゐる。

第二節 電 流

電氣が金屬線の如きを傳はつて移動する時に之を電流と名づけるのである、調度水が高さより低きに向つて流れて川をなす如くに、電氣も多し方から少し方に流れると考へて現象は解せる、然し端が通れぬ様になつてゐる場合は流れぬので、いつも輪道をなしてはならず、川をせきとめるとそこに水がたまつてゐて先に流れて行かぬと同様である、それであるが少しの放れ路があるか水が堤を溢れる時に流れ出す様に、電氣も針金の切口でもその他のものでもあまり多量にそこに蓄へられると飛び出す、ことに兩性の電氣が相對して蓄へられて場合は、その間に空隙があつてもとび出すその時は火花を散らし、大きな音をたてて一緒にたつて電氣は失せてしまふと見ることが出来る、是れは

作用がなくなるからである、空中に於て雲と雲と地球との間に自然的に起る場合には、光は電光と云ひ音響は雷鳴といふ、電車のポールが架空線から外れた時もこの現象が認められる、これを放電といひ失はれるから中和ともいふのである、しかし金屬でなくとも炭素棒の如きも電氣を傳へるし、種々の物の蒸氣なども之を導くのである、空隙のある間を飛ぶ時は中和の時に大きくなると光と熱及音を認めるが、傳へるもの、中を通つてゐる時は音は發せぬ、又その通り途即導線が電氣量に比して小さい場合、又は通り途の導線が電氣を通すことの困難な即電流を易々と導かぬ場合、即ち次にのべる抵抗の大きな場合は、熱と光を發するが導體が充分大きな時は熱光音は認められないものである、電燈はこの特別なる抵抗の大きな炭素の細い線とかタングステンの線とかを入れてその間に光を發せさせるのが普通のもので白熱燈といふてゐる、又少しの空隙をつくつてその間に火花をとばせたり、炭素の蒸氣で漸く通る様にしたりにして光を出すのが弧燈と呼ばれてゐるものである、その他ストーブの熱源となり、かまどの燃料の代用とするのもこれである。この現象を表はす電流は何れの電氣であるかといふと、陽電氣と陰電氣とであつてそれが輪道を反對の向に流れてゐるのである、その途中に中和してその際放電して火花を發する様なことがないかと考へるかもしれないが、中和はするが火花を發する放電はないものである、そして輪道に常に電流を通して置くためには、その輪道に常に兩方に向つて異

なる電流を押し流す装置を入れておかなくてはならぬ、そのために小さな電流を要する實驗では電池を入れて置くが、大仕掛に電流を要する場合には發電機を入れて置くのである、そうすると電氣を押し動かす作用がそこに起つてゐる間はその輪道に電流が流れてゐるのである、この電流は電池を使ふ時は陽電氣の通る向と陰電氣の通る向とは反對で、いつも一定の向である、その時通常電流に向を考へる時は在來の習慣で陽電氣の流れる向を以て表はすことにしてゐるから、後に電流の向といふならば陰電氣の流れる向の反對で陽電氣の流れる向であるとする。一本の電線に電流が流れてゐる時に、その電流の周圍には磁石に働く力が表はれる、その向はオヂを電流の向にねぢ込む時に廻す方向に、硫石の指北極を動かすのである指南極は反對側に動かすこの動きがあるから、前に電氣量の時に圓になつた電流の中心に磁極を置いて電磁單位を定めることが出来るといふたことが肯かれるのである、そのために螺旋状になつた電流は硫石の働きをすることになる、又電流の流れてゐる二つの導源を近くに置けばその周圍にお互に磁石を押し動かす働きが出来、その關係で二本の線が引きつけられる場合と押し離される場合と出来るものである。

電流を送り出す場合、電池では常に同一方向であるが、發電機には同一方向のもの一秒間に五十回も六十回も方向を變ずるものがある、常に同一方向を保つ電流を直流と云ひ、方向の時々變化する

電流を交流といふ、電燈などは交流が普通で電動機には直流を使用するものが多い、その特長を論ずることは詳しく議論しなければならぬからここに避けて、その電流の強さを測定することに移ることにする。靜電氣的にいふと電氣量を定めてから、單位時間に通過する量で電流の強さを決定するものであるが、電磁單位の方では半徑一厘の圓形電流の中心に磁氣量の單位を置きたるときその電流が周の一種宛について中心の單位磁極に一ダインの力が作用する時の電流の強さを電流の電磁單位とするのである、そしてその十分の一が一アンペアといはれる實用單位となつてゐる、然し何れも理論的で測定が困難であるから、實用の場合は電流が化合物の溶液を通る時に、それが電流の爲めに分れることがある、それを調べた結果その電氣量と分れた物質の質量とに於て簡單な關係がある所から、硝酸銀を水に薄した液の中を道した時に一秒間に 0.0011800 グラムの銀を分離する割合の電流を、一アンペアといふことにしてゐる、その方法は電氣を使つて鍍金する方法を想像すればよいのである、その時の作用は化學方程式を要するが事實を略説すれば、硝酸銀は水に溶すと硝酸イオンと銀イオンといふ電氣をもつたものに分れて銀は陽電氣をもつてゐる、それが流れて來た陰電氣と中和して電氣を失つて銀となつてそこに表はれるといふことで、それが陰電氣を運んで來る金屬の表面に附着するのであるから、その質量を測れば電流の強さが知られるし、そこに鍍金する物をおけば鍍金

出来るのである。普通の人の電気會社から電流の供給を受けるのは最も普通が電燈を點づるので、その他動力を得るため熱源とするためであるが、これらは電氣が流れて来て必要な場所にいつてその装置によつて仕事をするか、熱となるかであるが、旋風器を廻したり機械を動かしたりする時はその仕事をした電氣のエネルギーがなくなり、電燈電熱器に於ては熱を出すために電氣的エネルギーが消費されるのであるが、電氣の料金は電氣量や電流に對してでなくてそこでした仕事に對してであるから後に述べることにするが、吾々が器械を取扱ふ場合に電流の強さを知る必要はかなり多くあることであるから、その場合いつも硝酸銀の分解をしてゐることは出来ぬ、それで電流計即ガルバノメーター或はアンペリア計或は略してアンメーターといふ器械を用ふる、實用單位のアンペリアを知るには皆針のさす目盛がアンペリアを表はす様につくられたアンメーターの方がよい、それには小さな電流に用ふる様に出来た小型な携帯にも使用にも便利なアンメーターがあるのである、それを指定された所につなぐと指針が動いてその輪道に流れてゐる電流の強さを示すのである、電氣量や電流のダイメンションには面倒な量が這入り込んでゐるから先もダイメンションは省略することにする。

第三節 電氣抵抗

電流の時に一寸述べた様に電氣が導體に依つて出来た輪道を電流となつて流れる時に、その途に於て電氣の通りよいのと通りにくいものがあることをのべた、その際電氣の流れるのを邪魔する作用を電氣抵抗といふことにしておく、詳しくのべると導線の状態によつて邪魔することもあり、温度の關係から邪魔することもある、それらに又種々名をつけてゐるが、ここにいふのは導體そのものが電氣の通る時に通りにくい即ち電氣を押し流す働きに逆ふ作用をいふのであつて、それに關係するものとして物質及形温度をあげておく、物質については形を等しくつくりそれに電氣を押し流す作用を等しく働かせて、その時流れる電流の強さを調べてみるとそれが物質によつて大小の差が出来る、その大きさを電氣傳導度といふてゐるが、これに反比例する大きさの作用が物質特有の邪魔する作用となるからこれに比抵抗といふ名をつけておく、比抵抗は物質に依つて一定してゐるが、導體の長さが長くなると抵抗も大になり通り途即ち切口の面積が小になると抵抗は大きくなる、それは川の水が川幅の急に狭くなる手前の所では少しくよどむ様なものであらう、又温度との關係は、物質によつて少し宛の變化があつて高温度から底温度の方にゆく時に邪魔されるものもあり、却てその状態反對になつて強くなり反對の状態で邪魔するものもある、それでこの邪魔する作用のある部分を電流が通る時は、それに打克つためにそこで仕事が行はれるために熱が出て電氣は一部分消費される、それであるから電氣

を送る途中は抵抗を少くする様に、電氣をよく導くものを用ひることになつてゐる、銀はよく導くのであるが價が高いから銅を用ひてゐるのである、それで電氣の導線には吾々の見るものは殆ど銅線であるが、電氣の働きを用ひて熱を求めんとする時は態とその部分の抵抗を大きくしておくのである、動力を得る時もそこに仕事をするために電氣通りによくなるものである。

この電氣抵抗を定めるには電氣を押し流す作用と、電流の強さを測定して定めるのであるが、吾々はその場合にも器械によつて指針の示度をよんで知るのである。

その單位としてはオームをとり、溫度零度に於て一四・四五二二瓦の水銀を切口面積を等しい様に一〇六・三〇〇厘の長さにしてそこを電流を通す時の電氣抵抗を以て定めてゐる。

この装置をつくつて置いていつもこれを比較するのでは、その手数は莫大で實用的でないそれで抵抗箱といふ器械を用ひて、そして比較して抵抗の數値を求めることになつてゐる、その他にもいろいろあるが抵抗の測定は設計する場合や試験實驗する場合に必要であるが、他から求められるから直接これを測定する場合は吾々は抵抗箱を用ひればよい。電氣抵抗は電氣應用の方面には仲々大切なものであるし、實驗にもしじうつてゐるものであるが直接これを測ることは常人にはあまり存しない。

第四節 電 壓

前に述べた通り電氣の同性のものは互に押し合ふこと、異性のものは引合ふことをのべら、それらの作用の結果電氣の存在する附近に陽電氣を置くことを押しやる或は引きつける現象を表はす、それは物體が引力に動かれて移動すると似てゐる、この電氣を押しやる働きを起電力と名づけてゐる、この起電力としては接觸起電力といつて異つた物質を接觸する時その間に起るものもあり、熱起電力といつて物體に溫度の高底ある時そこに電氣を移さんとする働きの起るものもあり、磁氣に感應して感應起電力もある、發電機に於ては感應起電力を利用し、電池に於ては簡單なるものは接觸起電力と化學的變化を應用してゐるものである、起電力の事を動電力と呼ぶこともある、これは導體の各部分にあるものでその一つの大きさを知ることが六ヶ敷ことに屬することは調度以前捧押しに於てその一方の押す力を求めんとする如きものであるによつて知られる。この作用に依つて電氣は押し動かされるのであるから、水が高さより低きに流れる如く電流が生ずるのである、地球の引力の大きさを考へずに高さを知つてそれが何れに流れるものであるか、その高さの變化から勾配を知つてその流れる速さを知る如く、この起電力を知らずしても起電力の表はれる状態によつて、電壓或は電位を知る時は電流につい

ての事柄が知られるのである。

そのために考へてゐる電位なる量は理論的には無限に遠い所から起電力に反抗して單位の電氣量を或位置まで持つて來る時にしなくてはならぬ仕事の量を以てその位置の電位としてゐるのであるが、無限大の遠き位置より單位電氣量をもつて來るといふ様なことは考へることは出來るが實際に見ることは困難な事からである、それで二點の間の電位の差即ちその二點間を單位電氣量を運ぶ時の仕事量を以てその二點間の電位差といふてゐる、これは起電力の向ふ方向に運ぶ時は吾人は仕事をしなくてよい、却て仕事をしてもらふのである、反對に動かす時は仕事をしなくてはならぬ、山上に物を運ぶには仕事をするが坂道を轉し落す時は引力が仕事をするのであると同様に考へれば電位の高下は直に知られるのである。

吾々が測定する必要あるは、この電位差である、電流が知れてゐる時、毎秒何程の電氣量が動くかわかるその時、その兩端の電位差を知つたならばその間に何程の仕事がなし得られるか、何程の工率であるかを考へることも計算することも出來ることになるのである、それであるから電位差の測定は數多く起る問題である、起電力及電位差を測る單位は、前に述べた様に電氣的になす仕事量で定めてゐるので、靜電氣單位の單位電氣を運ぶのに一エルグの仕事である電位差を靜電氣的の電位の單位として、

實用に用ふる單位としては一クロンの電氣量を運んで一ジュールの仕事をなす電位差を一ボルトといふてゐる、しかし電氣を運ぶ時の仕事を測定することはその困難が一通りでないから電氣抵抗一オームの導體に一アンペアの電流を押し流すときの電壓を一ボルトとするといふことになつてゐる。前に述べた電流抵抗及び電壓を夫々アンペー・マ・オーム・ボルトを單位とする時には、その數値間に簡單な式があるのである、アンペー・マ・オーム・ボルトを單位とする時には、その數値間に $V = IR$ であるから、この中の二つを知れば他の計算によつて導かれるのである。

そこで電壓を知るには抵抗と電流を知つてから求めるのでは大變であるから、單獨に求めやうとする時はボルトメーターといふ器械を用ふると指針が目盛を表示してその電壓を教へてくれるのである、電球などに百の字の印してゐるのは百ボルトに於てを意味するもので、次の十とか十六とかは燭光を示してゐるのである。

電位差の大きいのを高壓といふ、この高壓の起電力の働らいて居るときに細い針金とか抵抗の大きな部分があると非常な熱を生ずるために針金を焼き切つたり器械を破損させたりする、又人體にふれるとそこを強い電流が通るから死に到ることになる、それであるから人家に引込む時は壓を下げて電燈の上にはヒューズと云ふ柔い針金で大きな電流の通る時には切れる様につくつてある、又雷などの時

にそれを感じて大きな起電力の生ずる時はそれをさけるために種々と工夫した装置をしておくのである、それなれば電圧を低くして電流を多く送つたらばとも考へるがそれでは針金やら電氣やらに損が多いから、遠くに送る時は高圧にするのであるために危険を伴ふから注意を要する印に赤で危険を示したり、針金をつける所の瀬戸物を赤くしたりしてゐるからこれには注意を要する、それから人家に引込む時は箱の中を一度通す、その箱は變壓器といふので電圧を變へる装置がしてあるのである、これを大仕掛にする所が變壓所とを變電所とかいふのである。

交流に關しては起電力は常にその方向が變るのでそれを順々に加へてゆくと零になる、そのために仕事をするに役に立つ値を實動値といふてゐる、これは器械で測るといふだけにして置く理論は面倒で少しく深入りしなければならぬから。

第五節 電氣容量

容量といふとどの位遠るかといふことであるから、水を入れて見るとかその他の物を入れて見れば分るのであるが、電氣を入れて見ると云ふても形も知れぬものでは一向分らぬ、いつ一ぱいになつたかもしれぬ、多くは表面にあるのであるから尙更わからぬ、それで電氣容量といふのは電氣を帯びさせ

た時に電圧が高まるのであるから、電氣量と電圧の割合を以て容量を定める、器に水を入れる時に一ぱいになるまでを云ふ代りに一リットルの水を入れたらば、深さが何程ますかといふ様なものである、又これを言葉を換へると一種だけ深さを増すに幾リットル入れる必要があるかといふ様なことにもなる、それで靜電氣單位の電氣容量は電圧の單位だけ壓を高めるに、電氣量幾單位を要するかで定めるのであるか、實用的の單位は一ボルト電壓を高めるに一クーランの電氣量を要する値を以て一ファラドといふてゐるから、一アンペリアの電流を一秒間流しこんで一ボルトの電圧になる容量である、電氣は尖つた所には多く集まつて前に云ふた押し合ふ力のためにはね飛ばされるものであるから尖つた部分があると電氣がとび出してしまふことになるから、電氣の器械は圓くなつた部分を多くしてゐるのである、尙電氣容量を多きくしやうとすると電氣を通さぬものを間に入れて兩側に異つた電氣を置くのである、その時はその兩側の電氣が引き合つてに行つて行くことをさまたげそれと同時に容量を増加するのである。又化學作用によつて變化された形にしておくものもある、これは蓄電池と云はれてゐるもので、必要な時には反對に化學作用を経て、又電流をつくることが出来るのである、汽車の電燈にもこれを利用したものもあるし實驗にも使用することが多いものである。

第六節 電氣の工率

電氣の利用といふのは電流のなす仕事を得るのであるといつてもよい、これは動力は勿論であるが熱を出すのも一つの仕事の變形である、光るのもそのための現象である、通信に用ふるのもその一つの形である、その仕事はVボルトの起電力が働いてAアンペアの電流が流れる時はVとAの積に等しいだけの即VAジュールの仕事をするのであるから、工率はVAワットといふことが出来る、しかし器械は皆これだけの工率であるかといふと器械にはその装置によつて損失があるから良い器械と悪い器械とでその工率は違ふ、只VAワットと云ふのはここまでは工率は上げ得るといふのである、交流に於ては方向の變化を考へるからこの時はVもAも始終變化するから積といふても常に變化する、そのために實効値といふ量を掛け合せて求むるのであるが、電氣のメートルといふのがあつて工率と時間の積を指針がさし示す様に出来た積算電力計といふのを用ひてゐる、そはであるから消費高はキロワット時といふ單位を用ひて一キロワットの工率で一時間仕事をした値をとつてゐるのである。キロワット時は工率のキロワットと時間との積であるから電氣のなす仕事を表はすことになるのである。

であるからキロワット時といふ所をキロワットといふて置いたのでは仕事を工率で呼んだことになつて誤りになるのであるから尋常六年の本にあるキロワット時には注意を要するのである。

第十章 化學に表はれる主なる量

一 原子量及分子量

化學に於ては物質の變化を論ずるのであつて、物質の構成及その變化に關して取扱ふものである、一つの物があつた場合にそれが吾々の力で細く分つことが出来るのであるが漸次細分してゆく時最中分けることが出来ない、即ちその物質としては不可分離の状態に達するものと思はせられてゐる、その一つ一つをその物質の分子と名づけてゐる、その一つの大きさを測らうとしても、天秤にも感せぬし顕微鏡を用ひても視覺によつて認めることは出来ない、その位に小さなものである。只理論的に考察されて計算の結果その質量大さの如きものを求めてゐるのであつて、現在に於ては理論的に承認してゐるのであるから計算の誤差によつて人々の値が全部一致しては居らぬのである、しかしこの小さな量を、まづは量的取扱に困難であるから、溫度壓力の等しい場合等容積中の分子の數はそれが氣體である場合には等しく存在するものといふ、アボボドロの一九一一年に唱へられた説を認め

て分子の一つの質量の比を求める方法をここに立脚として比を定めてゐる、その方法として直接的なものは氣體の體積と質量とを測定して定めるのであつて、普通に氣體であるものは一定體積をとつてその質量を測定したり、容易に氣體になるものでは一定の質量を取つてそれを氣化してその體積を測り溫度や壓力は實驗的に定められた法則に依つて計算をして、その物質の氣體密度を定めるのであるがこの時標準とするのは一般には酸素を三十二としてそれと比較するのである、三十二とした理由としては分子として最も軽いと見られてゐる水素が小數になることをさけたと考へておけば先づよからう、それで酸素を三十二瓦とすると零度一氣壓で二二・四一二リットルあるから零度一氣壓で二二・四一二リットルの氣體の質量を以て表はすといふてもよいし、酸素三十二瓦と等容積の氣體の状態に於ける物質の質量であるともいふてよい、この數値のことを物質の分子量といふてゐる、分子量に等しい瓦數の物質を瓦分子といふのである、それであるから分子量といふても分子一つの質量でもなく分子の數でもないのである、しかし容易に氣體にならぬものではこの氣化の方法では求められぬ所から他に種々と實驗的理論的に分子量の測定法を考案されてゐる、溶液にして沸點を測つたり凝固點を測つたりするのもその方法である。

化學で物質の質量をいふのにこの分子量を單位とする場合は數多いものである。

前述の如く物質を變化させないでは分けることの出來ぬ分子といふものになつた場合も、尙物質を變化させてもよいことになるかと分けることが出來ると考へてゐる、そして最早小さく分つことが出來ないと考へられた状態に於ける場合、その一つに原子と命名したのである、物質が變化する時にはこの原子の形として移りゆくものである、これ一つ一つの質量も分子の質量の如く容易に分らないのであるが、物質變化の時原子一つより小さく分れぬものとしてあるからこれらの原子がより集つて性質の異なつた一つの物質即ち化合物をつくる時に、原子は整數個會まれてゐるから化合物一分子量を一つ一つに分けて見る時それらが原子の一つ二つ或は三つ等含まれてゐることになるから化合物の分子を分析した時、その量を測つてそれらの公約量の中最大なるものをつつて原子量としてゐるのである。

然し近代の研究は原子の構造に立ち入つて尙電子の如きに到つてゐるが、算術に表はれる量としては今は取扱つてゐないから省略することにして、これらの原子が化合してつくる化合物はその原子の割合が定まつてゐるのであることに注意をしておく。

二 化學的熱量

物の變化する時に熱の作用を伴ふことが大きいものである、固體が液體になる時液體が氣體になる時は、熱を吸狀してそれが分子の活動を増すからその状態が變化し易くなるものである、反對に氣體が液體になる時液體が固體になる時は熱を放散する、その他化合物をつくる時熱を發するものがある、燃焼の如きは著しき例である、これを分解するには熱がいるのである、石炭の如きについて見れば容易に知られると思ふ。燃焼熱の如きは吾人の古くから經驗しその事柄も明であるが、營養分の體內に於ける變化が吾人の體温を保ち吾人の活動の根源をなすものであること、その量的研究の如きも近時大に進歩し營養化學などに於てはその効果が論せられてゐる、その時にいつも熱が大きな問題となる、その場合單位はいつもカロリーである、この熱は移りゆく時に仕事に變ることが出来るものであるから、量的に熱の仕事當量といふものが求められてゐる一カロリーは四・一八九ジュールの仕事になるのであるが、現在はまだこの方面については一般に取扱はれて居らぬのである。然し今後はこの方面に餘程の注意を要する、卑近な所ではお勝手でもすまき炭もくすぶらせて煙を出してゐたのは充分なる熱を表はし得なくて失せてしまふ、營養價値を考へずに食物を調理するために不經濟な調理法を行ふことがある。

三 溶解度と濃度

砂糖を水に入れる場合、少し入れると溶けてしまふ即ち何れの部分にも均一に混つて、なめて見ると少し甘いが目で見ただけでは分らなくなる、アルコールを水に入れても同様に何れの部分も均一にまぢつてしまふ、然し砂糖は多く入れると下に沈んでしまふのである、アルコールを水に入れる時にはいくら入れても混つてしまふ、砂糖の如く或所まで溶けてその後はとけぬものには一定の限度があるこの量を溶解度といふてゐる、多くはとかすもの百瓦中にとける物質の質量で表はすのが普通になつてゐる、この溶解度は温度に依つて變化するのが普通であつて、水よりも湯の方がよく解けるのが多い、中には減するものもある、それは氣體に多いからラムネ・サイダーに炭酸瓦斯がとけて居るのに冷しておくのとけてゐてもあたゝめるとでてしまふ、冷しサイダーを温いコップにつぐと非常に泡が出るのはそれである。

この溶解度は算術にはあまり出てこの問題であるが、溶液の濃さ即ち濃度は時々見受けることである、これも表はし方としては百瓦の溶媒の中にいくらとけてゐるかといふ量であるが、それを質量で表はして百分比を求めてパーセントで云ふ場合、又とけた溶液百瓦について幾瓦這入つてゐるかをバ

一セントで表はす場合もある、濃さの標準として溶液百瓦に一分子量とけてあるものを一モルといふてゐることもある、農家に於ては種子の鹽水選をする時に食鹽を水にとかして用ふるが、この時なども濃さが注意される、(實際には比重計で測るのであるが)製鹽業者にも必要であるし、業品をとりあつかふ場合は特にこれに注意しなくてはならぬ重大な問題となる、淡すぎると効力がなく濃すぎると危険を伴ふことは逃れない、それ所でなく毎日の食事の調理をする人には鹽加減などは大切な注意事項に屬するのである。

この外にも量としては多くあるが専門に渡るから割受することにする。

第十一章 金高に關する量

第一節 金高の根本的概念と單位

物には價值がある、その價值の相等を以て交換の公平を判斷することにしてゐる、その價值を相對的に比較する媒介者として人爲に制定せるものが金高である、即物物交換の媒となり價值を量的に取扱ふ標準となる所のものとして金高なる量を認める、然し價值判斷は人により時と場合で異なるものであるから物の價を金高を用ひて表示する場合も一定不變のものではない、然し金高と稱する量は標

準として採用せる以上系統的に嚴格に定めて置く必要がある、そのために現今多くの國では金を以てその價值判斷の標準として金高の單位を金の質量と比例して定めて置く、我國では金二分を一圓と定める然して貨幣をつくる、そして補助單位として錢を定め他の銀銅を用ひて貨幣をつくり金に對する價值の比を制定してゆく、又紙幣と稱する一つの證券を以てこれに替へ手形を以ても取扱ふことにするのである。

第二節 金高に關する量

金高といふ量もその取扱ふ場合によつて種々の名稱を有するし、又それに関した量として種々あるこれを順次にあげる。

金高受渡の場合に收入支出あり、その大小關係に依つて利益損失の二種を生じ、これらの金高の比で歩合といふことばを應用する、又これが商賣である時は原價賣價などの名稱を以てよばれ、利廻りなどの語も用ひられる。

貸借關係の際には元金利息といふ種を擧げ得る、その間に利率といふ量も成立する、又株式公債等には配當利子利廻り等が額面高と時價と共に使用される。

利廻りだけは厳格なる意義を述べることにすると因果關係ある収入から支出を感じたる殘高の支出に對する歩合を利廻りといふのである。

三 測定器械と測定法

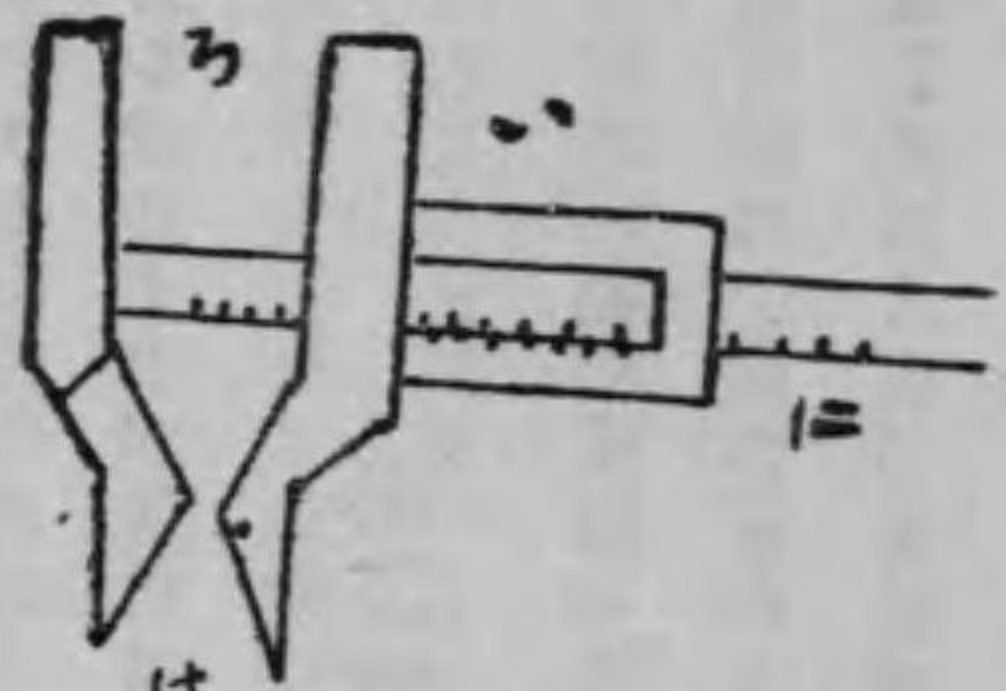
第一章 長 さ

直線を測る器械としては尺度と稱するものがある、これは直線に沿ふて測り眞直にすることの出来るもの、曲線の長さの測定するものとある、二つの點の間の直線距離が測れる。小さな所を測る目的を以て造られたるものは竹木骨セルロイド金屬を以て直線をつくりそれに目盛を施してある、目盛としては尺寸分厘を以てするもの纏に依るもの、時によるもの等その目的に依つて異なり時には二つ位兩側に併用するものがある、そして長さは小は五寸位から一米位までのもの折り疊める様にして一米になるものもある、これを以つて測定せんとする時は多くは、一端を合せる様に沿えて他端の一致する目盛を以てその長さを表はす數値を知ることにする。一致する目盛がない時は二つの目盛の間にあるから、それを目分量で十分の一位までよめばよい。然しこれは農商務省にある原器に比較した標準尺を以て檢定したものを使用する場合で、學校用とが兒童用と加してあるものでは大概でよい、それは檢定を経ないものであるから、公差以上の誤差があると見ておく方がよいのである。

曲線を測る場合には、曲線に沿えて曲げることの出来る様に或布で作り塗料を塗つて目盛したものを

を用ひる、然しこれは直線も測ることも出来る、この目的につかふ場合は携帯に便するためであるから、使用する時に直線になる鋼製のものが最も良い、醫者の胸圍をはかる巻尺の如きは曲線をはかる目的と考へるが適當である、圓周などをはかる場合にはまきつける必要上これを要する、それであるから携帯の便と使用の都合からこの巻いてあるものが兒童に用ひさすにはよいのである。この外大工は間竿を用ひることがある、長さの中普通に里程とか距離とかいはれる少しく大きな直線曲線或は折線を測る場合には、間とか米かを目盛りせる巻尺を用ひ、間或は米毎に印せる間繩、或は針金を用ふる場合もある、測定器械として尙鎖を使用する、これは米法によつてゐるものが普通である、これに依つて測定をする場合は間或は米の十分の一位まで目盛を讀めば充分である。

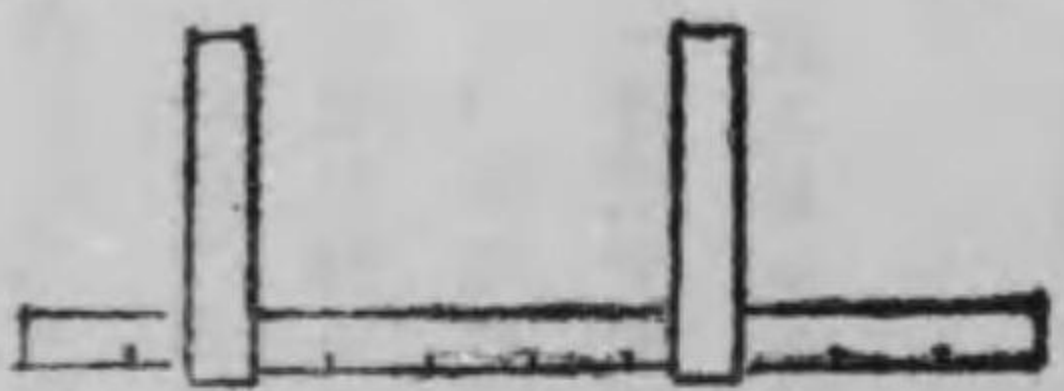
以上で直線及周りを測ることを述べたが、圓がわかつて居る時に直徑半徑を知るための測定としては、尺度の一端を周上に於て固定して、他の側を向ひ合ひの所をうごかし最大の長さの時の目盛りをよむ、これは幾何學に於て直徑は最大の弦であるといふ性質を應用するものである、半徑はその半分をとればよいのである。物體の中を通るべき線の長さを測るにはこれを平行に他の部分に移して測るといふ測定法を用ふる、即尺度は直角な二本の臂を出してその間にはさみその臂の下に於て目盛りをよむのである、この器械をノギスと呼ぶ(圖参照)これには間に狭むのと、内徑をはかるためにひろげ



て測ると兩様に使用出来る構造となつてゐる。「ろ」の部分ですべらす様につくつてある、「ろ」の間に物をはさむことが出来、「は」の所は内側からひろげてはかり、「に」の目盛をよむのである。

これは是非購入するを要せぬ、兒童用としては尺度の上を這り得る様に二本の直角な臂を厚紙でつけばよい、教師の實測として正確を要する場合には使用すればよい、これで球の直徑圓棒の太さ等を測るに應用することが出来る。又極めて細いもの、薄いもの、厚みをはかるには、マイ

クロメーターといふ螺旋を用ひてその間にはさみ廻轉を目盛でよんでその長さを知ることが分來る、又これらの目盛を小さい所まで正しく讀みたいために、副尺とか遊尺とかいふ十分の九を十等分した目盛の尺度をつけて一致する目盛をみて、十分の一まで正しくよむことが出来る、尙小さいものを正しく測らんとするには、光の干涉を利用してゐるが専門的になるから今は省略する。次に井戸の深さ橋の高さを繩を用ひずにはかるには、落下に對する物理的原則によつて概數を知る、なるべく重いもので形は尖つてゐるものがよい、落してその落ちる時間を秒で測つて次に計



算によつてその概数を求める米で出す時は四・九米に秒の数を二度掛ける尺なれば四・九米の代りに十六尺を用ふる、木の高さ塔の高さを測るには、影を利用して比例を用ひて計算すればよいのである、遠方の地點で光と音と同時に發するもの、例へば雷電煙火のある時その地までの直線距離を知るには光をみてより音を聞くまでの時間を秒ではかり、その秒数を三百三十米にかければよい、間なれば三町にその秒数を乗すれば概数を得ることが出来る。これは空氣中に於て音の速さには三百三十米約なることが測定されてゐるからであるが、風の方向強さ温度の多少で變化があるから概数と見るがよい光の速さは非常に速いから計算する時に於て概数には無關係とするのである。

大きな方では地球と太陽を一分の角でみる様な距離を單位としてゐる、星の距離などをはかるに用ふるが吾人の測定には出て來ぬから割愛する。

第二章 面積と體積

前述の如く面積のダイメンションは「 L^2 」であるから長さを二所適當に測定してその積を求める計算で數値を求めてゐるが、面積の入口としては直接を要する、それは單位面積の正方形を排列してゆくのである、又分割してその數を數へる、然しそれから一定の規則を求めた後には測定は主とし

て長さとその時面積に關する長さとして底邊高さといふがある、その間には直角といふ關係のあることを忘れてはならぬ、故に豫備として直角の測定を必要とし又時としては垂線を引くことが必要になる、即ち直角定規の直角を峽む邊を底邊にあてすべしして他の邊が頂點を通る様にして垂線を引くといふことを要す、それで直線を測定することになるのである、然してこれは直線形についてであつて、曲線形については分割して近似の値を求めることをもする、又一様の密度の紙などにその形をつくり切りとつてその質量を測り、單位面積の質量との比をつくつて面積を表はす數値を求むることがある、この方法は曲線につゝまれた面積を測定するにかなり正確な方法として採用されてゐる。平面圖形の幾何圖形についての面積測定に關する公式とその導き方をのべる。

正方形 一邊²

矩形 横 \times 縦 間口 \times 奥行

これは横縦を單位長さに分けて分割する方法に依つて導くのが最も都合がよい。

三角形 底邊 \times 高さ $\div 2$

合同な二つを高さによつて切り離し矩形に配列してその面積を求めて導くがよい。

梯形 (上底 $+$ 下底) \times 高さ $\div 2$

一つの對角線に依つて二つの三角形に分けて求むるがよい、又二つ合せて平行四邊形にする方法もある。

平行四邊形 底邊×高サ

二つの三角形に分つ方法と一部分切りとつて矩形にする方法とがある。

一般に多角形の面積は三角形に分割してその面積を測定し加へ合せることによつて導く。

圓 (半徑)²×3.14 (直徑)²×0.785

これは正方形に分割してその比を求むる方法と、間接法として面積率或は圓周率を求むる方法の何れかによつて常數を決定するがよい。

橢圓形 長徑×短徑×0.785

圓の場合と同様に出来るのである。

角錐角錐の側面積を測定するには、各面の面積の和をつくれればよいので、直角錐直角錐に於ては底面の周と母線或は側高を測つて計算に依つて求むる方法を可とする。

直圓錐に於ては展開して矩形として面積を求め、斜圓錐に於ては平行四邊形に分けてその和を求めさせることより導くがよいのである。

直圓錐に於ては展開して、扇形として圓の面積と比較するかよいのである、中心角或は弧の比から計算させるもか、球の表面積は實測することが困難である、單位が平面であるのに球面は曲面であるからこれは必要に応じて公式を示すより方法がない。

面積を直接に測定する器械もあるが、小學校に於ては用ふる程のものでない、只直接その職にある人の用ふべきものとして割愛する。

體積は前述の如くダイメンションが「 l 」であるから、長さの測定によつて計算によつて數値を求むる場合が頗る多い、そのために只計算になれて事實にくらいことになりやすい、そのためにたとひ間接な方法でも測定をすることが大切である、ことに常數の記憶は往々他と混同するおそれがあるから、實測に依つて概數にても體得して置く必要がある。

直方體立方體は綜合法分割法に依つて、體積測定の基礎觀念をつくるために必ず行ふべきものである、然して次の公式を得る。

立方體 (一積)³

直方體 縱×横×高サ 底面積×高サ

高の代りに深さと云ふこともある、多くはこの時には容積と稱せらるる量に於ての場合である。

平行六面體・角錐・圓錐に於ては底面積に高さをかけてる公式を用ふる、多面體の中平行六面體は切斷して組合すことに依つて直方體をつくること出来るから容易に測定が出来るが、一般多面體の基礎となるべき四面體に於ては底面積に高さかけたものを、三で割つた數値になることは一見解する如き方法がない。曲面體については尙更である、それで置換法を以て體積測定をする。器に満したる水の中に物體を入れ溢れたる水を直方體にするか樹で測つて體積を測定する方法をとる、又メスシリンダーに水を入れ測定せんとする物を入れて目盛の差によつて體積を知る、この方は水の浸みない物ならば必ず行はれるものである、又水より比重の大きなものは浮力を測定することによつてその體積を計算し得るのである、空中で測つてa瓦水中で測つてb瓦ならば次の式による、(a-b)立方寸
又密度を知るものは質量の測定によつて體積を計算することが出来る、然してその體積を求むる公式を導くことが出来る、比の値として常數をも求められる。

然してこれを知る器として樹と稱するものがある、一升は縦横四寸九分深さ二寸七分の直方體の容器で六四八二七立方分の體積を有し一斗樹には圓筒形の器がある、又十種立方の體積を一立と稱しその容器として液用は瓶として居る、この長所は表面が狭いため表面張力による誤差が少なくてよいのである、又メスシリンダーと稱して圓筒形の器の側面に目盛りしたのもある、使用に際しては液用の

ものは面を水平にして視線もこれに沿ふを要す。

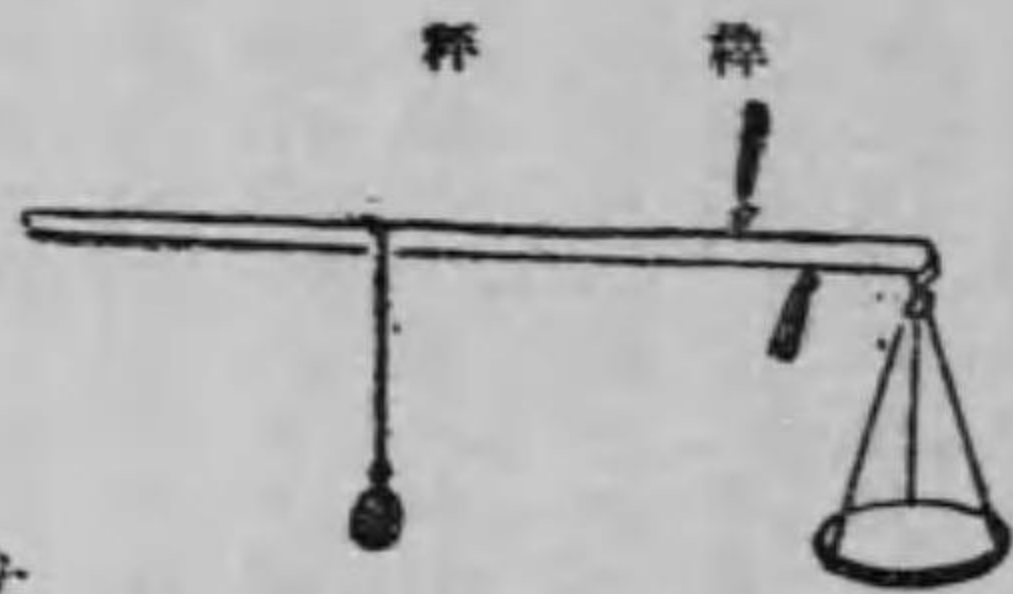
總て目盛をよむ時は目盛のある面を垂直の方向から見る様に心掛けるのが正確を算ふ所以となる。

球體に於ける體積率として〇・五二といふ常數がある、これは球の體積とその直徑を稜とする立方體との體積の比の値であるから、何れかの方法では非體得させなくてはならぬものである。

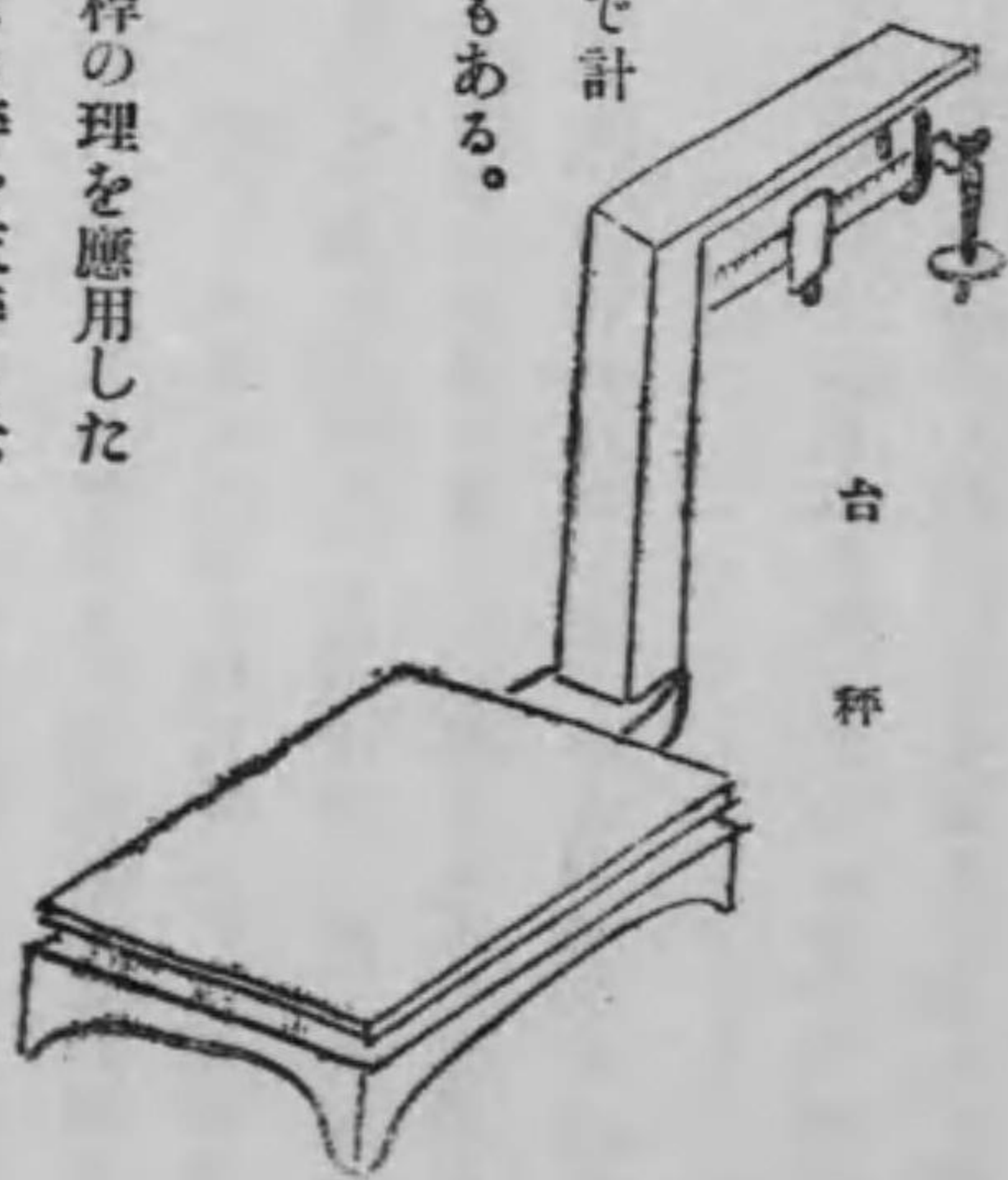
以上述べたる外面積には地積と稱

せらるゝ廣い面積の取扱があるが單位

を異するだけで測定は變りがないが多く測定するに容易で計算に依る方法が用ひられる、又縮圖によつて求める場合もある。



台秤



第三章 質量及目方


質量を測る器械には秤と稱するものがある、何れも槓桿の理を應用したるもので、臂を等しくして標準質量と釣合はする方法による秤を天秤と云

ひ、質量測定に最も正確と稱せられてゐる、釣合ひになる様分銅を加減してその分銅に刻んである数字を讀んで加へ合せれば質量がわかる。又一定質量の分銅を用ひて臂の長さを変えて質量を之に比例する長さに目盛をつけたるをよんでその質量を知る桿秤がある極めて大きな質量を測定するには臺秤と云ふ器械を用ひ、桿秤を組合せた仕組にして置いて分銅と臂の目盛とに依つて質量を知るのである。桿秤は古くより使用されたもので、我國の尺貫法に依つて貫匁の目盛が多く、天秤には瓦の目盛が多く、臺秤にはその目的に依つて貫匁瓦斤噸などの目盛がある、又桿には封度オンスを目盛したものをも用ふることがある。

秤桿臺秤は臂の長さを變ずるので連続的に變へることか出来るので測定は早いのであるか、天秤は分銅をかへるので連続的變化は不可能である、そのために容易に釣合ひの状態にならぬそのために焦らす急がず順々は分銅をとりかへることをする様心掛け、亦振れが急になつて大きな衝撃をする様なことのない様にしなくてはならぬ、精巧な器械は取扱ひ方の粗暴に依つて破損されることが大きいものである、これも農商務省保答の原器によつて比較した檢定済のものがよいのである。

次に天秤の用法について一般的に注意をのべる。

天秤は秤の中最も精確なものであるから、性急に取扱つてはならぬ、又臂の検査をするには等しき

分銅を兩方にのせ左右をとりかへて測定して等しい結果を得ることを確めればよい分銅は分銅同志互に測定すればよいのである、そして分銅は一、一、二、二、五の大きさにあるからこれを組合せるといろいろの數を得る、もつと小さな所を連續的に測定せんとする目盛に馬乗といふものがあるこれは臂に目盛してある所に小さな  形の白金の分銅をのせるのでそれをすべらして測るものである、この分銅をのせた時輕すぎ重すぎる時は傾くのであるから、靜に動かして順々に輕くするか重くするかして急に分銅を重くしたり輕くしたりせぬ様にする、少しの風少しの水蒸氣塵埃も影響するから、戸のあるものはしめて置かなくてはならぬ、又天秤には感度といふものが示してあるから、それより輕い所まで目盛を讀んでもあてにはならぬ。

小學校に於ては兒童に速に測定させるには、バネせんまいを應用したもの、錘りの傾きを應用したものに、上に臺があつてそれに物をのせると、側面の針が廻轉して目盛によつて質量を示す秤があるから、それを用ひさせるが便宜が多い、この中目方を直接にはかることが出来るのはせんまい秤とバネ應用の秤である。

この中皿のあるものは只載せて目盛をみればよいし、鈎のあるものは懸けて吊すと目盛を示すのであるから、測定には皿のものが便宜が多いのである。

間接法としては比重を知つてゐるものの體積を測定すれば、計算に依つて質量を求めることが出来る。

第四章 角 度

角度を測る器械としては分度器があるのである、半圓形のセルロイド或は半環狀の金屬板に、中心と周圍に沿ふて度盛線とが印されてゐる、角の頂點に中心をそえ、零度の目盛を一邊に沿えて他の邊の一致する目盛をよむのである。この他理論的には少しく程度が高いが、三角函數の表がある時は長さの測定によつて比を求めて表に合せて角度を知ることが出来る。又測量などの時に直角器と稱する器械を用ふることがあるが、一般の角をはがるためにはならぬ垂線を引く時、その足を求めるに應用されるのである。百八十度の等分ならば紙を折つて角を測ることも出来る。又特殊の角度三十度四十五度の如く知られた角を測定に依つて證明せんとする場合は、定規の如き信用される角度をあてゝその正しきを知ることも出来る。



角度を測るには間接法といふものは、先づ先にあげた三角函數表の使用法で他に方法はないのであ

る。

天體の視角或は測量の場合に、二地點をみる角は望遠鏡に屬した分度器を用ふるので、それに遊尺を附けたもの、及虫めがねでのぞくものがあつて精確にする、又ネヂを應用したものもあるし、鏡を應用して光を反射させ角を二倍にして讀む方法もある。

目測をする場合には、右手をのばして一眼を以て指一本をみる角を標準とすると概數を得ることが出来る。

第五章 温 度

溫度を測る器械として案出されたものに寒暖計がある、目盛の相違は前にのべた、構造及材料の相違から水銀寒暖計、アルコール寒暖計、及熱電流を應用した寒暖計、陶磁氣製造の場合は特別の土でつくつた圓錐形のものを用ふることもある、標準としては水素寒暖計がある、最も普通のものが水銀寒暖計である、これは水銀の膨脹係數が略一定に、伸びが溫度と比例するからである。真空にした同筒形の細い管の一端を膨らして、そこに水銀が入れてある、それが溫度が高くなると熱せられて膨脹する、それであるからその上端の

水 銀 寒 暖 計



示す目盛によつて温度を知るのであるが、測る目的によつて注意しなければならないことがある。空気の温度をはかる時は日光にあてると、直射日光によつて副射熱が影響するから不可、壁にかけたのもよくない、寒暖計を日のあたらない他の物に觸れぬ所にさげて置くがよい、又ふりまわしてもよい、そして温度をよむ時だけとめて見る、しかしいつまでもにらんでゐたり手で水銀の方をつかまへたしでは温度がかわるからなるべく水銀のある方には手をふれず、呼吸をかけたぬ様にすることがよい、又水や湯の温度をはかる時は水銀のある部分だけはつけるのがよい、上にはみました部分は一樣にならぬために誤る恐がある、硝子の壁を通して水銀の表面をみるのであるから、眼と水平にして目盛をみることを忘れてはならぬ、沸點をはかるに湯につけては正確にわからぬが、水蒸氣それも冷えてゐない即ち白く見える様になつた所でないその間に寒暖計を入れるのである、氷點をはかるにはとけた水がたまらぬ様、漏斗の中か何かに氷を入れてその間に寒暖計を入れとけた水は流れ去る様にすることが大切である、寒地では水銀は凍るからアルコールを用ふるが、暑い時にはアルコールは沸騰するから水銀がよい、板についたのは平時氣温をみる時にかけて置くに便利であるが、測定用としてはよくない、しかし何れも範圍はせまいのであつて液體空氣の如き温度や、電氣爐の温度の如きははかれぬ、それに用ふるものに電流を應用した寒暖計を用ふる、理論をのべると物理の方面に深入りするこ

とになるのでその結果を述べると、二種の金屬をつないでつなぎめの温度をかへるとその差に比例した電流の流れることがある、それを應用して一方を氷點にして、その間に電流計を入れて温度を測ることが出来るのである、これで何百度何千度といふ高温度も測ることが出来るのである、又温度が高い時には光を發するので、その光の色をみて温度を推知することもある、實業家や鍛冶工が火色をみるのもこれである。

水素寒暖計は温度に依つて水素の體積或は壓力の變化することによつて温度を知るのである。

第六章 時 間

時間をはかるのは時計である、しかし時計は時刻を示す器械であるといふ方があたつてゐる様に思はれる、然し時間と時刻とは密接不離の關係があるので、吾人は何れをも採用することが出来るのである、普通の時計の長針短針が夫々分時を示すことは誰も知る通りであるが、短時間を正確に測るためにつくられた止時計（ストップウォッチ）といふのがある、ランニングのレコードをつくる時に用ひるので、運動會の折などよく用ふるものであるが、我々は實測に用ひて價値の大きなものである、それは一分に一廻轉する秒針が最も大きく出来てゐて、分時は小さいのが普通であるが普通の懐

中時計にこの秒針をつけたものもある、それは最初に〇時の所をさしてゐるが、龍頭を押へることによつて動きはじめ、次に龍頭を押へるとその位置で針がとまる、それによつてその目盤を正確によめば時間がわかる、次に又龍頭を押へると針は又〇時の所にもどるのである、これによると秒の十分の一位までの時間まで正しくよめるのである、この他昔の水時計もあつたし、日時計もある、日時計は



日時計

三角形の板を南北にむけて垂直に立て、日の當る所でその影の位置を目盤に合せて時刻をよむので、その地の真太陽時をよむに便である、最も正確として時刻の標準とするは星の観測であるが、天文望遠鏡を備へると晝でも観測するが、目で見て凡の時刻を知るために星をみるのは晴れた夜だけである、事には四國の狀態から経験で知る、土地に依つては月の傾き影の出來方で判断してゐる、然して吾人が凡の時間を知るには疲労の度によつて、歩行駆足の繼續時間を知つたり、作業の時間を判断することもあるし、醫者が脈搏をみる時時計を必ずしも用意しなくとも自分の呼吸によつてそれを知る普通の人は一分間に二十回前後であるし、脈搏なども八十回前後、運動狀態と健康狀態とで、凡そ最初に調べて置くと正しき値に近く知ることが出来るのである。

吾人は時間の經過は大切な事柄であるのに、多くの人がこれについて正確でないのは遺憾である

時間の測定時刻の判断を確實に實行さして、この弊を少くすることを切にのぞむものである。然して作業或は他の運動の時間を正確にはかるには、一人でその事柄と時計をみることは困難であるから時間は止時計を用ふるが多く、連続してかかる時は二人で一人は事柄を見て合圖をなし、一人は時計を見ながら合圖をさく様にする方がよい、合圖をしてそれをさき時計を見てゐてはその間の時間が誤が多いと考へる人もあるが、次々の時刻を求めてその差をとれば殆ど等しい後れであるから、正しいものとして信用するに足るのである。

第七章 電氣的の諸量

電氣は目に見えるものでないから、その現象によつて吾人は始めて其存在を認めるので、直接之を測定することは不可能であるから、吾人はそれぞれ器械を以てその量を測るのである、電壓はボルトメーターにつないでその針の示度を以て數値を得、電流の強さはアンペアメーターにつないでその針の示度で數値をよむ。吾人が熱線に使用した電氣量は普通メーターと稱せられる、積算電力計にある針の示度によつてキロワット時を求むることにする外はあるまい、即メーターとは數値を測定する器械の名に使用されてゐる、瓦期水通メーターはその使用量を立方呎であらはず示度を針が指示してゐる

第八章 物理化學的の量數種

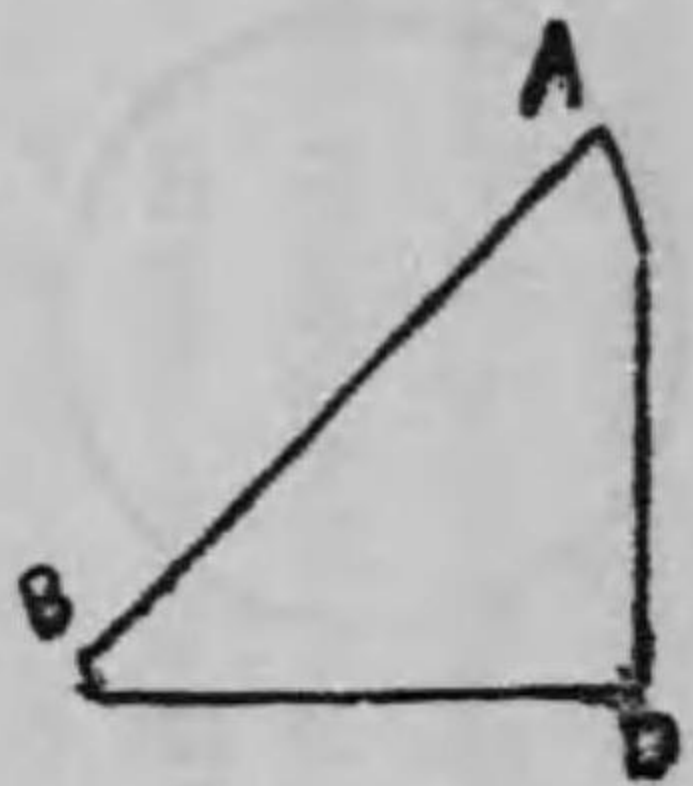
前にのべた物理化學に關した量は、基本的量を組合してダイメンションを作り得るので、その基本的量の測定によつて計算を以てその數値を求むることが普通の方法である、然し特殊な器械もある、風の速さを知るには風車の様な風速計があるし、湿度を知るための湿度計空氣の壓力を測定するためのバロメーターと稱する水銀柱を使用するものと、アネロイドのバロメーターと云はれてゐる時計型のもある、時計型のは針の示す度盛をよめばよく、水銀柱のはその高さを見ればよいのである、これらの應用として山の高さを氣壓から求めることもある。

比重及密度を測るには空氣中と水中とにて、目方或は質量を測つて計算によつて求めることが出来る、これによつて體積を求むることも出来るのである。


第九章 測定 の 實例

第一高さに關する間接測定二

一、相似形應用の一。材料運動場に立てる廻旋塔。用具繩と四十五度にして頂點の所を切りとつた厚紙(圖の四角形 ABCD) AB と CD が四十五度の角の二邊とする。



方法 1、廻旋塔の下に立つて自分の目の高さにしるしをつける、その下を測定した値を a 米とする。
2、AB と CD の交はりの位置に目をおき、CD が水平になつて前につけた印が CD の方向に見える様にして、AB の延長に廻旋塔の頂が見える位置を選定する。

3、その足の所(足は直立してゐるときの姿勢で目の直下は  圖の位置である)に印をして。

4、それより廻旋塔のもとまで測つて B 米とする。

5、 a と B を加へて高さを突とする。

この方法は私が尋常六年の生徒に實測させた事がある、その際五米餘の高さであつたが最も近いものは誤差一種に足らず、次が約一種次が二種であつた先に眼の直下さへ正しくくらべてないならば、誤差が三種位より小さく得ることは容易である。木の高さとなると木の頂上の直下をはかることが困難であるが、兩側から測つて平均すると餘程正確なものが得られる。

二、落下を使用する場合。材料二階の窓下の高さ。

用具止時計。(なるべく重くとがったものがよい) 左手におもりをもち、右手に止時計をもたせて、手をはなした時刻と、落下の時刻との間の時間をはかり、秒数の二乗を四・九米にかけさせる、四・九米の代りに十六尺を使用することも出来る、これは誤差はかなり大きい、それはおもりの形に影響することが大であるし、止時計の使用法に習熟することの如何に大に關係がある、然し普通の二階であつて一尺以下の誤差であるこれは小石を使用した場合であるし、止時計の使用は始めてあつた、練習させると三四寸のものになる、)

第二面積に關する間接法。

一、質量測定を應用するもの。材料圓の面積

用具秤・鉄・模造紙・コンパス・定規・尺度。

鉄コンパス定規はなくとも、模造紙を正方形とその一邊を直径とする圓形とに切つたものを用意して置けばよい。豫備として正方形の模造紙の面積の二倍三倍のものを測定して、面積が二倍三倍になる時に質量も二三倍になる、即ち比例することを事實として會得させて置いて實



測にうつる、又この方法は面積率の發見を目的としても可である。

1 正方形の紙の質量をはかる、2 圓形の紙の質量を測る、3 除法に依つて面積率を計算させて多くの兒童の結果を比較させ、それを平均すればその正確に近いものが得られる、4 その時正方形を單位面積にして置くと面積が知られる、5 各種のものに於てすれば面積を求むる公式を導くことが出来る。注意正方形及圓は三十糎或は一尺位のものを用ふるがよい、小さい時は面積率が誤差の割合が大となる。この實驗に於て厚紙を使用して形をつくらせると、兒童は斜に切りとるために、誤差が大きくなるから、厚さの一樣な薄い紙がよい、ボール紙で直径一寸の時に兒童の得た値は〇・八位となつたが模造紙の場合だと〇・七九から〇・七七位の間を得る、しかし圓をかく時に鉛筆を細くして切りとる時に線の所を上手に切らせると、餘程正確なものが出るのである、直径を三十糎位にすると尙近いものが出るのであるから形はなるべく大きく、圓はなるべく正しく出来る様に練習させるがよい。

第三體積測定の置換法と間接法。

一、メスシリンダーによる法。

用具メスシリンダー及材料の球

1、メスシリンダーに水を適當に入れる。メスシリンダーは球の直径



より直径の大なるものを取り水は球を没ました時水があふれない様に、又球を被ふ程度に入れる) としてその目盛を正しくみる。注意この時シリンダーは平に置いて、眼を水の表面と水平の位置からみる。

2、次に球をしづめてその時の目盛を読む、注意金属の球を入れるに上から落とすと、硝子器であるから破碎するから、傾けて静に上り込ませる様にし、底に前からごむか脱脂綿の如きものを入れておくもよろしい、又細い丈夫な糸で結へて迂りこませるもよい、しかし危険と思つた時つと軽いものをえらぶとよい、そのためには中空の金属球か木製で鉛を少し入れたものをとるとよい、水をすひこむものでは駄目である。

3、その差から球の體積を求むる、それと直径を一稜とする立方體の體積と比較すると、體積率を計算することが出来るし幾つもの實驗から球の體積を求むる公式を導くことも出来る、この實驗に於ては百分の一位の誤差で結果を得ることは容易である、然し完全な球體を得るに容易でないのと、糸をつけて迂りこませた時その體積が關係することを忘れぬ様にして適當な所まで數値を求めておくことが大切である。

これと似た方法で容易に水を充し、物體を入れて過剰な部分を溢れ出さしてその體積を測定する方

法もあるが、表面張力に依つて充した程度の鑑定と溢れ出させる時こほれを生じたり他の部分に附着するために前の場合より誤差が大きいためである。

二、バケツの容器を測定する方法 材料バケツの容積。
用具臺秤とバケツ。

1、バケツの空なる時の質量を測り a 瓦とする。
2、それに水を充して質量を測り b 瓦とする。
3、 b より a を引き去ればその瓦は水の質量であるから一瓦を一立方糎として體積を知る、又これを笏で表はすとき四百八十笏で割ると何升かを知ることが出来るのである。

正確にいふと水の純粋であること、及温度によつて補正する必要があるが、臺秤ではかる水の質量に或程度の誤差のあることを考へると、その邊のものは關係せずとして大差はないのである、質量が正確に測れる時は瓦ではかつて立方糎で出す場合は、容易にリットルで算出することも出来るものである、メートル法に依る際はこれがよいのであるキログラムで質量を測れば忽ちにリットルが知られる、それは一キログラムの水は一立として差支ないからである。

これは水を入れる時に樽でその容積を測つて入れておくと、如何なる程度までその結果が符號する

かに依つて、その數値を計算する範圍を知ることも出来て、都合よいものである、種類を變へて數多く實驗することによつて、容器の容量を目測する豫論知識となるものである。

コップの容量、瓶の容量等之の方法で測ることが出来る、入れた水をあけて楯で測るは、周圍に附着する部分の誤差がかなり大きくなるものである。

第四角度の實測と方向の差を測る方法。

一、既に畫かれてある角の測定。

用具分度器、用法分度器の中心を角の頂點にあてて、零度の目盛が一つの、邊と重なる様にして、他の邊の一致する目盛をよむといふのは一般的である、零度の線の一つの直線にあるのは容易と云へるが、然し直線のどちらの側かをきめておかぬと中心をあてる位置が大分くるふものであるから、かゝれてある角の外側とか内側とかいふことを始めからきめて置くことが大切である、これを決定して置く誤差が小さくなるし、注意しないと誤差が大きくなるものである、他の邊が一致する目盛といふても、分度器の目盛に角の邊がとどかぬことがある、その時は一つの定規を邊にそえて延長する方法をとることがある、そして二つの目盛の間にある時は、目分量で十分の一位まで弧を等分させる、尋常小學校の兒童であると、先づ度まで信用出来ればよいのである、中學生でも初年級だと分は信用

出来ぬものが多いのであるから、その程度以下に正確に要求するのは無理である、尋常六年の教科書にある角の比較は到底兒童には無理なものがある。

二、教室の窓から見える高い建物二つを見る角。

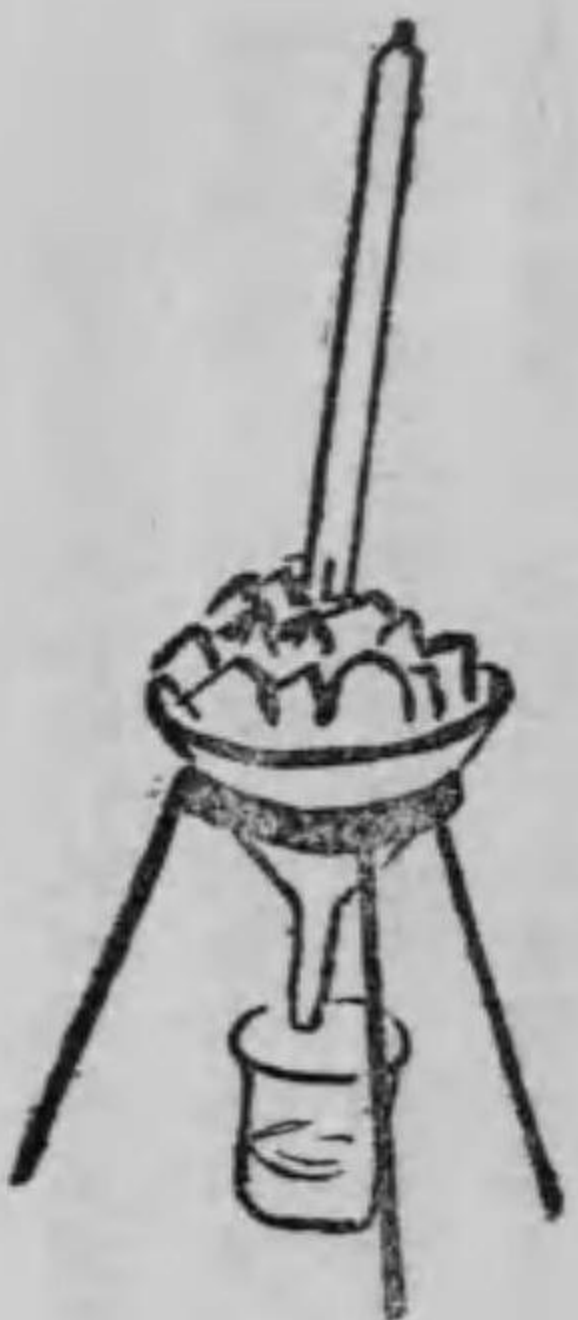
用具机・針・尺度・紙。

1机に紙を止める、これは粘付けても、ペッ止めでもよい、その上に針を一本立てる、2その針にそへて尺度をおきその方向を目的物にむけて線を引く、(定規があればよいのであるが尺度を利用する方を例にしてとつたまでである)3同様に他の目的物にむけて線をひく、それで針の位置を頂點とした角が出来るのである、そしてその角を測ればよいのである。

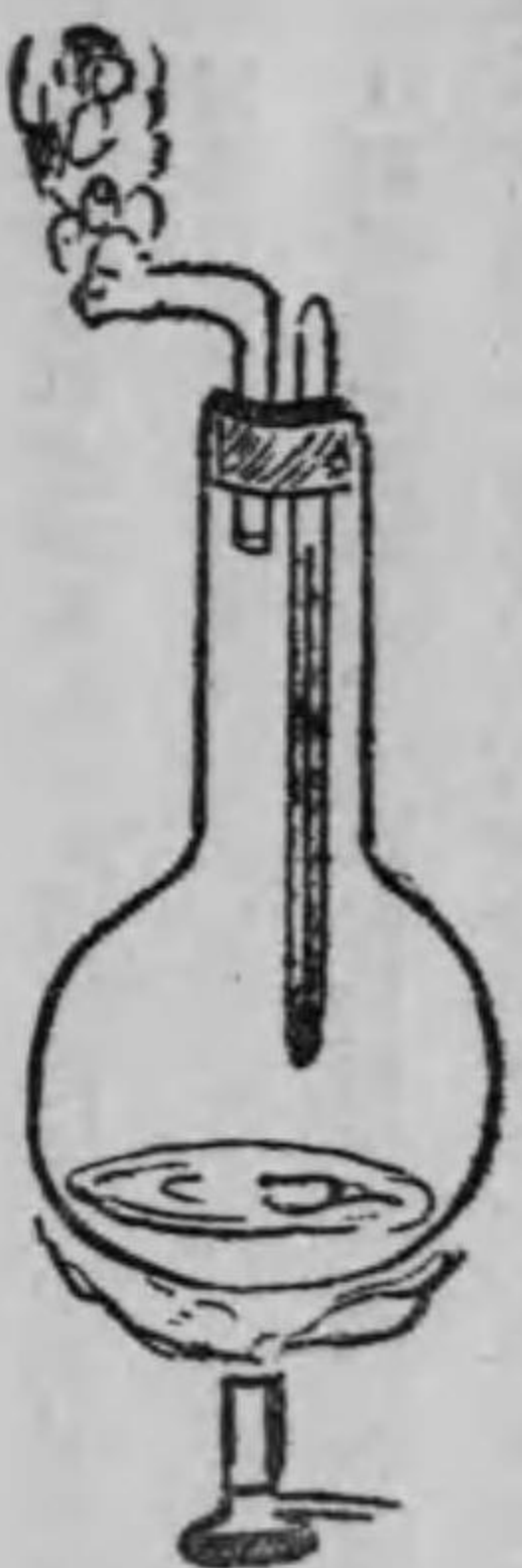
このために測量に於ては完全な望遠鏡づきの器械もあるが、小學校に於てはこれで充分である。小學校で實測によつて圖をかくときも角はこれでよい、實際測量に於ても之を用ひてゐるのである、軍人がつくる圖は多くこれによるといふて差支ないのである。

第五温度の測定二

一、氷點の測定 用具、寒暖計(板のついたものではない)漏斗・氷、



一、漏斗を倒れぬ様に水が他にこぼれぬ様に、シリンダー三脚臺かにのせて置く、その中央に寒暖計を立て周りに細かにした水を入れる。漏斗を用ふるのには解けた水がたまって寒暖計につくのさせられるのである、この装置をした器械もあるが特別に備える程必要でもない、しかし寒暖計は比較的よいものを要する、それはこの実験が多くは證明實驗に用ひられる、それ下なければ寒暖計の検査に用ひらるゝ程の實驗であるからである、そして暫く日陰になるべく冷い所に置く、そして目盛を見る時は迅速を要するそれは空氣の温度、或は人體の温度が影響するからである。



二、沸點の測定。用具、寒暖計をさして水蒸氣を通す管或は枝のついた口の長いフラスコ。寒暖計ランプ。ここには口の長い枝のついたフラスコを使用する場合を述べる、この測定のために特別な装置もあるが、フラスコは何處の學校にも有るものであるからこれを應用するのが新に購入する必要がなくてよい、枝のついたフラスコといふたがこれは學校には無いこともある、その時は栓に二つの穴をあ

けて一方には寒暖計、一方には硝子管をさしこめばよいのである、それは水蒸氣の逃れる所にするのであるから、その時寒暖計の百度の所か栓の内に入る様に、湯に球が浸らない様にする、このために口の長いことが必要である、そしてフラスコをランプにかけて水を沸騰さす、その時は水蒸氣はフラスコに充ちて硝子管から外に逃れる、それで碎ける心配もないし、外氣のために内の冷える心配もない、そして寒暖計は沸騰してゐる湯の蒸氣の温度を示すことになる、即百度の所を示す。この時も寒暖計はかなりよいものを選ぶことは前と同様である。

第六速度の測定二、

一、自動車の速度測定。用具止時計

豫備なるべく近い所で直線距離を道路に沿ふて百米か二百米を測定して目印をして置く。

- 1、自動車の通過する時にその一方を通過する時刻に止時計の龍頭を押えて秒針を動かし始める。
- 2、他の端を通りぬける時刻に秒針を止めてその時刻を読む、そしてその通過時間の秒數を求めて、先に測定した距離にこの時間が一時間に對する比の値を乗する、そして籽にすると毎時幾籽といふ單位で表はせる。この際の注意としては、速さを表はす單位が常識的に時間について云ふか、分について云ふか、又距離を哩で表はすか、籽であらはすかを調査して置かぬと、世の中の事柄との比較がと

れぬ、汽車であると毎時何哩、又軍艦汽船であると毎時幾哩といふのを節といふ語で表はしてゐるし、風は毎秒何米飛行機は多く毎秒幾呎といふ様に云ふてゐるのが現今の状態である。

二、汽車の速さの概算。 用具時計

自分の乗つてゐる汽車の速さを測定せんとする時はなるべく直線にしかれた軌道の場所をえらび、電柱を注意して時計を以て時間の測定をする。普通は電柱の間を五十米として差は極めて小、概算にはこれでよい。それで「十」本の電柱間を五分で走つたとすると五十米の二倍を六十分の五分で割ると毎時何米といふ數で速さの概算が知られるのである。又平均の速さを求めるには、停車場で次の停車場までの哩數をしらべて置いて、(大抵はかいてあるのから汽車の窓から読みとれる)その間を走る時間を測つて計算すれば平均の速さが知れるのである。

注意を要するのは、器械の方でうごく汽車電車自動車は疲労がないから、その速さをつかつて計算すると、短時間の平均速さを使つてよいが、人の走る速さの如きものは大體に於て計算に用ふるのは距離の大體等しいもの、平均速さを求めぬと誤が大きくなるものである。

四 實驗實測の教育

第一章 實驗實測の根據

吾人の知識は腦神經系統の作用であることは論ずるまでもない事柄である、然して唯心論唯物論の立場に於てその據り所は異なるとしても、客觀的の認識といふものは肯定するのが便であるから、物の存在を許して差支ない事になるのである、然して吾人は主觀的に考へた時に他人と矛盾ありとするも、之を外物に依らなくては何れが正しさを定めることは出来ぬ、寧ろ一致が矛盾かさへも知り得ないのである、考へてゐることそれ自身はその個人については實在であつても、他の人には實在と認識は出来ぬ外物によつて始めて實在であるといふ認識を多くの人に與へる、それを感定する器管が感覺器管であつて、その媒介をするものが外物である、かく考へ來れば吾人の精神活動は外物の媒介によつて主觀が客觀として認識されることになるのである、されは物に表はれたる事柄が客觀的精神活動の對象である、そこで物夫自身に對する研究が衆人の認むる學問の内容を規程する場合が多い、即現象そのものの研究即科學的研究が研究法として最も有力なるものとなつた譯である、それであるから只に思索に依つて構成せられた精神科學の研究に於ても、實驗的研究が着々その地歩をかためて

來たので、それ以前單に思索に依つたものも實驗的研究の反對に逢へはそれを訂正する様になるのである、かくて抽象的のものも具體化され、具體的研究が有力になつて來た、現代の物質文明を構成してゐるものはこの科學的研究の結果である、それで數學に於て多く抽象的に考へられた代數學の研究も坐標によつてぐらふとし圖形を取扱ふた幾何學と不離の關係を得る様になつた、そのために歐米に於て數學を総合的に研究される傾向に進み、ぐらふが實用にまで侵入し我國に於ても小學校の算術教科書にまでもグラフが採用されたのである、この時に時て算術に於ても科學的研究に依つてその根底をつくることは當然の事であることになるのである、それらについて獨のクライン先生の主張などを参考にされたならば覺る所が多くあることと思ふ。

在來數學はそれ自身研究するよりも物理學の研究のために啓發された事が多くあつた、又物理學の特殊なる研究には特殊の數學が必要になつてゐる、ニュートンの物理學には微積分が必要であつた、そのため微積分はニュートンの創作に基してゐる、アインシュタインの物理學には必ず非ゆくりつど幾何學の助を必要とする、物理學者は數學に精通してゐる、大物理學者は數學に堪純であり天才である。

然して數學を物理學研究の基礎であるといふ人もあるが、最もではあるが數學研究に物理學研究が根底をなした事もある、そこで算術の如く事實の間に存在する數量的關係を取扱ふ學科に於て、物理

學研究に行はるゝ實驗實測の必要且有力なることは自明の理である。

第二章 實驗實測の目的

算術に於ける實驗實測の目的は分つて二大要件とすることが出来る、數値間に存在する關係を抽象するための個別的實驗實測と、證明のためになす實驗實測とである、前者に屬するものとしては函數關係を見出すための實驗實測で、小學校に於ける算術科の教材としては比例及反比例の關係の存在することの發見、その特別なる細い研究として常數の決定がある、後者に屬するものとしては物理的諸量の表はれたる場合、その間に存在する關係の歸納は物理學に於てするのが多いから、算術に於てはその法則を實驗的に證明してその法則によつて計算を施して差支ないといふ事實を了得せしめ、その結果の正しいといふ確信を與ふる場合を挙げ得るのである、この他算法發見のための實測として面積體積の測定を舉げることが出来る、二旅人の問題の算法或は水流の問題などの算法として實驗を行ふならばその算法の依つて來る所が明に了解せられるのである。

又數値と實量との關係を明にして、算術を實際に應用する際に便する目的單獨實測もある、これは普通取扱ふものの目方の測定、普通の交通機關の速さ、瓶等通常容器の容積測定の如きである、これ

を正しく體得する時は日常生活に於て常識判斷に算術的生活が入るものである、卯百々の價を聞いても百々に幾個か想像出來ぬ人にはその高い安いは考へられぬ、四々にいゝか輕いかの判斷の出來ぬ人には少しく長くかいた手紙に切手何程はればよいか分らぬ、速さについて質量と數値との間に關係を明に知らぬ人には、交隨機關の速さで到達する時間の豫想はつかぬ、これらの次陷から數的常識が乏しくなるのであるから、約束の時間を守らずし質量の想像がつかぬから數字を見る時に生活に遠かつた感があるのである、即ち生活に役立たせる算術教育をするは、實驗實測の大なる目的であるといつてよろしいのである。從て算術教育の實際化には是非實驗實測をしないでならぬことになる、然してこれを行ふことに依つて得られる副次的効果も、その目的として考へるならば科學的研究をなすの習慣を養成し、目測概算をなすの能を得させる事も數へられる。

第三章 實驗實測の教育的價値

在來の算術教育に於ては、多く其の計算的方面の練習に重きを置き、計算偏重に傾き算術に於ては單に教科書の問題に對し計算して結果を合すことにのみ全勢力を傾住せる弊害が尠くなかつた、然し算術は數學の體系からみて學習としては最初であつて、應用數學としては最後のものである、理論的

には代數に於て勝れりとしなくてはならぬから數學の基礎とは云へぬ、基礎を論ずるは寧ろ數理哲學といへる、然し數學に基礎となる公理公準の數的證明の個々の場合についての實驗的證明を與へることがらは幼兒にもそれを會得することが出来るから入門としてこれを採用するものである、然して如何なる理論も之を數値に於て取扱ふ時はその計算は算術に於て最後であるといへる、即應用數學の方面に於て缺くべからざる地位にある、然し一般論は他の部門に於て完全に論理的に行はれるので、算術の部門に於ける實際の應用としては、所謂應用問題の解であるがこれは算術のみする人に於ては算術的解法を行ふものである、數値に關する問題の解法として代數的解法と算術的解法を對立させるならば、代數的解法が理論的に證明されたる根據を有する計算法を器械的に行ふて、方程式の變形によつて結果を導くに對して、算術的解法に於ては事實に存在する量的關係を明にして、その間に如何なる算法によつて求め得るか計算形式を選択して結果に當達するものである、そのために先人の發見する公式を記憶せしめ之に數値をあてはめて結果を求むる如きは、代數的解法なりと信することに何等憚る所がない、故に算術に於ては事實存在する量相互の間に關係を明にし、實在せる數的關係の個々のものを取りてその間に存する關係より計算法を決定し、量の數値を決定するに必要な單位を定めて、その測定をなしそれらの間に計算を行ひて量の數値に對する問題を個々につきて解決すべき

ものである。

されば小學校に於ける算術科に於ては、先に定めたる單位を理解會得し實際的に測定に依つて量に對する明かなる觀念を數値との間に充分精神的に連絡を得させ、量との關係と數值的の關係に概括してその理法を他の個々の場合に應用させることの出来る様に導かねばならぬのである、その意味に於て實驗實測は算術教育の基礎として缺くべからざる重要事項であることが肯定される。

即ちこの基礎であるといふ斷定から、算術教育の効果を支配する一大權威である、即ちこれを欠いた在來の算術教育が只骨の折れる無味乾燥な無趣味な社會を遠ざかつた所謂數學家の玩具である如く云はれて算術教育の價値を輕視される様になつた主なる原因であると信ずる。

故に近來この弊を覺れる識者の論によつて一般にその價値を認められ、多くこの方面に關する研究者も出で、益算術教育の効果を大にせんとする傾向に進みつゝあるのである。今その主なる教育主張との關係を其効果を別舉し少しく説明を試みることにする。

一、實驗實測をなすために兒童中心となすことを得、在來は兒童の既有概念の皆無のものに對してその事柄に關する計算を取扱はせた、又數値としても單に數としてのみでその内容たる量の觀念を聯想することが出来ぬ、そのために始から終まで教師に於て授けなければ算術教育が出来なかつた、そ

のために講演式になり命令式になり兒童は單に計算をする器械の如くであつた、それでは兒童中心になる道理がない、或人は兒童に問題もつくらせ解法も説明さすとか、若しその人が兒童に實驗實測をさせて居るならばその間に量の間の數値關係をも老へて問題作製も出来やう、然し實驗實測をさせてゐなかつたならば、その問題たるや在來あつた問題で、何れかの本にあるものか家庭からか社會からか教へられたものとなつてしまふと思ふ。即ち眞に兒童中心に算術教育をせんとする者は、先づ實驗實測に依つてその根本をつくらねばならぬ。

二、實驗實測は作業教育である、兒童の活動性の豊富なことは、何人も認める所であり、知識の門には五感がある、單に目と耳に限られたるものでないことも既に定説である、即在來目と耳とに依つて視聞くことが知識を得る唯一の方法の如く考へられた古い教育法の改められた主なる根本思想である、入力に限りあり自然の力は限りないものである、自然は人の舌以上に靈妙に人を啓發する、自然に親しみ自然を愛する人に偉大さを感じる人格が多くある、自己の内より溢出せる才能に天才といふ者を認める、人にきゝ教へられたる知識にては發見發明はない、自然に對して自己特有の力が働いて始めて發見發明となり、天才英才を造るのである、即算術教育に於ても實驗實測によつて兒童が眞の量に直接應待してその量の本態を體得し、その量と數値との間に不可分離の關係を得、それらの間に

存在する真理を洞察するのである、然してこれが作業であるために體驗體得するために誤解なく忘却なく趣味多ければ疲労少く倦怠がない。

三、注意の集中觀察の精密確實の良習慣を養ふ。實驗實測に於ては少しの不注意も、少しの粗漏も直に數値の上に誤差を生ずるものであるから、兒童は實驗實測によつてよく注意し然も綿密に觀察し確實なる作業をすることが必要になつてくるから、不知不識の間にこの良習慣を養ふことになるのである。

四、數値の取扱ひに於てその處理法を會得する。小學校の兒童は自分では出来なくとも、非常に正確を要求するものである、そのため實際問題を數値の上で取扱ふ時その如何なる程度でやめて置くべきか、例へは割り算に於て數第幾何位まで求むべきものであるか、非常に苦しむものである、それが實驗實測によつて實際に量を測定した時に、如何なる程度まで正しき數は如何なる程度に計算し、その後の處理を如何にすべきかは容易に發見し得るものである。

五、科學的研究の基礎をつくる。多く科學と呼ばれてゐるものは自然を對稱として研究される學問を指すが普通である、その研究は自然に學ぶのである、自分が自然に對して研究しその不言の對稱から知識を知るものである、故に實驗實測に依つての基礎をつくることが出来るのである。

六、算術科の應用能率を増進する。量に對する正しき概念と數値と量との間に連鎖があり、量の間の關係と數値の間の關係を體得して居るから解法立式が直ちどころに成しとげられる。概算の如きも非常に早く且正確になるものである。

七、物事に正確なる判斷をする様になる。實驗實測に依れば少しの相違も直に之を認むることになるからその間に於ける類似と相違とが明瞭に取扱はれることになるから、物事に對し判別することが完全に行はれる。

主なる理由として右の七項をあげることが出来る、即實質的に形式的に算術教育の目的を達成するに充分なる根據とその方法の大部分を授くるものである。

第四章 實驗實測に關する設備

量相互の間の關係を闡明しその數値を決定するために如何なる場合もその測定に要する器械を必要とする、それを基礎とするものと補助となるものに分けて述べることにする。

一米の尺度 これは兒童用としては紙又は布製の巻いてあるものが便利である、教師用としては片次手でもつ必要もあるから鋼製の巻いてあるものか木竹製のものが便利である、或は折りたむこと

の出来るものでも可である、竹製なれば三十種位のものが多いこれは使用と携帯保管の方面より考へたのである。

二十米位の巻尺これは三・四個あれば結構であらう、一組を分團に分つ時各分團に一つでよい、或は全體で一個でも出来る。

百米位の巻尺これは距離測定に主として用ふるものであるから一個で充分といえやう。

遊尺付のノギスこれは一ヶでよい、教師用として必要のある、必要の際は児童各個に貸與する方法でよい。

直角定規これは圖形をつくるに必要である四十五度と六十度の兩種を備えるがよい一方だけでは不便である。

分度器セルロイドの小さなものでよろしい、児童各自に持つのが便である。

測量の如きをなさんとすれば一ヶは望遠鏡のついた測角器及直角器のあることが便利になる。

一立樹立方形のものトラスコのものトある方がよいこれは十個に五個位でよい。

五十立方種のメスシリンダー。十個位ある方がよい。

上皿の廻轉式秤五斤位はかれるものを五臺位。

七十斤位まではかれる臺秤一臺。天秤二臺位を要する。止時計五個位は是非必要である。

その他尺貫法も合せ用ひんとすればその目盛あるものも必要になつてくる。

これだけあればダイヤモンドがLMTのみで出来てゐる、量の測定は出来るしノーダイヤモンドの角及これらに關係を有する常数は測定出来るのである。

この外温度の測定には寒暖計を要する、この目盛は百五十度位までのものと零下三十度位までのものが必要となつてくる、普通の寒剤の温度から上は通常の流體の沸騰點と融解度の底い普通のものといふよりむしろ得易いもの、融點までを測定する位までを要する。

電氣に關係したのものとしてはアンペアメーターとボルトメーター位は備えて置いたがよい、これも電池が測ればよいと思ふ、實用的に使用する電流などは配電板に装置したものを觀察することに依つて補つて置けばよい。

光度に對しては暗室と標準燭燭或は標準燭光の電球を要するから光度計を備えるにはその準備からいるので物理の方にゆづつておくことにする方がよい。

その他材料としては單に測定するだけならばありあはせのものを採用すれば差支あるまいが、常數の決定には幾何形態の物を必要とする、及計算の基礎とするにも幾何形態を必要とする、そのために

備ふべきものには三角形の各種四邊形の各種・圓、球直圓錐直角錐圓錐、截頭錐體等である、又圖形をつくるべき紙 及それを細工する手工用具を必要とするのである。

第五章 實驗實測の準備

一、兒童に實驗實測をさせる前に教師に於て必ず一回容易な事であると思つても行つて見る必要がある、理論的に考へて容易であると思つても、一回之を豫行することに依つて兒童に與へる注意凡の時間及その結果といふものを豫め知ることが出來、時間的に經濟に容易に行はしめ、その効果を確實に收めることが出来るものである、ことに校外に於て行ふ場合、四圍の收況等詳細に調査して、多くの兒童を引きつれて、皆にその効果を擧げさせるには細心にその計畫を立てる必要がある。

二、兒童に作業の訓練を施して置くことも大切である、その訓練のない兒童に行はせる時、一方に偏り少數兒童には効果があつても、全兒童に普遍的に効果の及ばぬことがある、そのために兒童各自に自己に於て研究するのであるといふ自覺をなさしめ、方法を全兒童に充分考察或は會得せしめて置くことが必要である。

三、用具の検査が必要である、實驗實測を始めた時、用具に不足を生じ或は破損してゐたのを知ら

ずに居た場合は、途中に於て之を中止しなくてはならぬことになるものである、事によると全然それを變更しなくてはならぬことにもなる、それであるからこの注意は指導者に於て豫め承知して居なくてはならぬ。

第六章 時間に關して

現今に於て實驗實測の多く論せられても實施することの少き原因は、經費の問題と時間の問題である、即効果を疑ふもの方法を知らざるものは求むることは出來ぬ、只それを行ふに道具がないといふ事と、他の部分が忙しくて時間がないといふことが主なる論據となつて行はれぬことと思ふのであるが、道具は殆ど理科の方にあるものを利用すれば不足を感ずることがないといへる。只時間の問題は少しく考察を要する、それでこの問題について述べる、時間の不足に論據を置いて反對せんとする人の主張は、小學校に於て算術は六ヶ敷ものである、兒童には大切なものであるだけに骨を折らねばならぬ、それに材料も少くない、筆算を與へられただけ取扱はせるにも時間數が多いといえぬ、それに實驗實測などしてゐてはとても出来るものでないといふ。然しよく考へて見ると、六ヶ敷といふその根底に、充分了得して居ない量に對して抽象的な數値を取扱はするのであつて、密接不離の關係

ある事柄さへ別個の問題として取扱ひ、しかもその一つ一つを覚えさせる様な方様であるならば、求めて六ヶ敷してゐるのであつて、本来容易なことを容易な事として取扱はないからである、實際の量についての關係を實驗實測によつて了得したならば、その數値の間に存在する關係も體驗的に了知するから、それらの間にある問題を處理するは頗る容易なことになる、そして計算はその取扱の間に暗算に於てどん／＼處理させるるらば、計算能力も余程發達する、それを簡單なる物まで鉛筆を採る習慣をつけるから、暗算は益進歩しなくなるのである、そのために多くの時間を要する、又他の事柄と混同して誤を支出するのである、面積と長さと同化する事などはよく見受けられることであるが、一旦實驗實測をした上に構成した兒童は注意を與へなくとも間違えることはないと言言出来るので、一つの實驗實測もそれに依つて根底を確定にさせると、後の進歩が著しいために時間を多く費してそのために授業時間の不足を來す様なことはない。それに多くの兒童に之を課すと、前述の効果を全兒童が收めて居らぬから、問題の取扱の際有効なのは少數兒童に限られて、多くの兒童はやはり以前と同様であるぞいふ論もある、これは兒童が作業的訓練を受けて居ない證據であつて、壓制的專制的獨斷的教育を受けた弊害の表現であると見做すべきである。

實驗實測は實驗實測として、教科書は教科書として別個にするのがよくない、實驗實測の間に教科

書の問題もどん／＼處理すべきものである、かくして教科書中に問題を整理して、實測に繰り込めて細目をつくつたならば、時間の不足を訴える所でなく、在來の時間數よりも少數の時間で同程度の効果を收めることが出来るのである。

第七章 實驗實測の結果の處理

實驗實測に於て結果につき如何に處理するかは、最小二乗法に其基礎を置くべきものであるから、今精しく論ずることをさけて簡單にその要點をのべることにする。

實驗實測に於て得る數値には誤差を伴ふものである、ここに於て誤差に對して一通の心得て置かなくては處理法が理解出来なくなる、ことに兒童はこの誤差のあるために自分の實測に信用をおかなくなり、教師に依つて正しき値を知らんとするものであるから、その當然起るところを心得さして置く必要がある、誤差についてその發生の原因をしらべると次の様になる。

一、器械に依る誤差。尺度にしても、秤にしても、時計にしても、寒暖計にしても、其數値を知るに物理的法別に依つて知るのであるから、溫度變化に伴ふ膨張收縮は無意識の中に誤差の中に入る秤となると摩擦も加はるものである、これは兒童には明に認めることは出来ぬが確に誤差の一原因とな

つてゐることは事實である、又目盛の不正といふことも嚴密なる測定には關係する、檢定済の器械であつても長く使用する時はくるひを生じて来る、又検査の際も或程度の誤差は認めて居るし、小學校の兒童の實測に於ては經費の關係上檢定済のもののみを使用させることも出来ぬ場合に於ては、尙更これは多く表はれるものにて考へなくてはならぬ。

二、人に依る誤差。人の性質はその面の如く一様でないものであるから、或兒童は常に大に讀み或兒童は常に小に讀みとることがある、即豪放なる性と非常に内氣な性質とある、然しこれは總ての學級兒童が同一傾向とはいひがたいものである、多くの性質のものが混つてゐると見るがよい。

三、目盛をよみとる態度に對する不注意より起るもの、これは目盛あるものを見るには、常に目盛に直角な方向に見ることにするがよい、尺度を斜に見たり、寒暖計を上からや下からのぞいて見たりしたのでは、正しく讀みとることは出来ぬ、常に垂直の方向からみることに注意しなくてはならぬ。

四、偶然なる誤差とか原因不明の誤差。これは何とも致し方がないものである、然し兒童には原因不明でも教師に分るものはある、鐵の目方を測つてゐる時に硫石があつたならばその目方は變化することは容易に解することが出来る、つめたいものをはかつてゐる時寒暖計に手をふれたり近よつてながめてゐるために、呼氣がかゝつたりして温度の變化するは少しく注意すれば直に分ることである、然

し教師にもその原因の不明なることはある、それらについては次にのべることにする。これらの誤差を除く方法として器械に伴ふものは、豫め測定してその誤差をしらべて置くことに依つて除ける、檢定済の器械にこの誤差の表を附け加へたものもあるが、小學校に於てはその程度の實測は殆ど出来ぬ、原因の分つたものについては豫め注意してその原因を除去することが必要である、これは多く物理學の教ゆる所であるから、物理學の諸問題で實測に關係ある事柄をしらべて置く必要がある、又その他除去することが出来ないかと考へられる誤差は、實測する數値の程度を定めて四捨五入法などを用ふると、兒童の實測した數値も餘程多くの兒童について一致させることが出来るが之は何れも近似値の場合が多いのである、又最小自乗法の原理とする所によつて多くの結果のある時は、その算術平均を以て實際の數値とすることとして取扱ふがよいのである。然し兒童にその實測の誤差の程度は示して置かぬと平均値と異なる程度の小なるにも關せず自分の實測を無價値なる如く考へる兒童もあるのであるから、この點は教師の注意すべき事柄である、又數値と人數とでプロバブルカーブを畫きて、その正しき値の存在する位置を知らしめることもよい方法である、これによつて正しき數値を求め得る。(近似値などは自分で要求する程度に於て)

第八章 實驗實測の材料

第一長さ櫃を以てはかるもので教室で測れるものに、本の縦・横・机・腰掛の縦・横・高さ、紐の長さ、圖形の模型としてあるものの邊、稜（直線形を先にして曲線形を後にする）圓周、豆細工のひご、厚紙細工の各部長さに關するもの、少しく進める程度として直徑半徑があり。

教室外に於て運動場の縦・横・周、運動用具の各部は米單位で測り。道程としては學校附近なる建築物・役所・神社・佛閣・名所・舊蹟等に到るもので、米單位か秆にして數値の小なるもの、我國のものに於ては間町の程度秆町の程度になると圖をつくる教材に伴ふがよい。

以上は直接その長さを尺度を用ひて測るのであるが、間接なるものとして校舎の高さ・木の高さ井戸の深さ鳥居の高さ等は影を用ひ、或は他の方法に依つて測定する。

遠足旅行の場合、時間を以て測定する方法も可である、目測歩測を併せ課することも大切なことである。目測は測定を或程度練習してのち課するがよい、又歩測には十米或は十間位の歩数を豫め承認させて置くがよい。

以上は重に線として認め得るものが多く、他のものも平面に屬するものであつたが立體に關係ある

長さとしては稜がある。この他女兒に對しては裁縫料の關係上、常に衣服の各部及布をはかる必要がある、又教科書にある圖形について測定する時には、櫃より耗單位を要するものも少くない。

第二、角度及弧度として、教室内としては實物については主として直角であるが、圖形については度及度の十分の一位まで測定する必要があるものが教科書にあるから、分度器の使用をするために、手工の製作品としての折紙・厚紙細工等について測定をし、又圖形について各種の角を測定する必要がある、教室外としては方位・方角・伏角・仰角の測定、及勾配といふものとして屋根及道路について測定することが必要になる。鉛直水平線の決定には必要見くべからざる要素であるから、直角定規の使用法にも熟練させる要がある、そこで立體幾何學に於ける直角といふものも取扱ふべきである、結晶に於ける角なども、理科との關係上必要になる、又分度器直角定規によらずに *plumb line* を以て角の測定を課することも、勾配には必要になる、この材料になるものに屋根・道路・鐵道線路があるのである、又圖畫と關係さしては視角の測定も材料となるのである。

第三面積 計算の基礎とする面積測定としては、是非とも單位面積を以て組合せて出来る矩形を作り、之を直接比較する事とするため、その種の材料を選び、次に平面形を各種のものについて測定させる、即各種の三角形・矩形・正方形・梯形・不整なる直線形、次に圓扇形及びそれらを組合せたる形を

一通り測定して、曲面に入りて塙面錐面を展開し、平面形について測定によつて展開圖の平面に於て手工の展開圖と連絡をつけ、球面の面積を求むる測定に及ぶのである、故その材料としては教科書・帳面・紙・葉書・手紙・机の表は矩形としてもよいし、三角形その他の平面形は、厚紙折紙でその形を用意して置くがよい、地積と稱せられる例としては、教室・體操場・運動場・屋敷・公園或は田畑を測るもよし、曲線形については、圖形を模形として用意し、又圓形運動場の面積及泉水の面積、花壇の芝生等でもよく曲面としての塙面の例としては茶筒、紙入等の實物及工作圖に於ける展開圖と建路をつけるがよい、球面に到つては實物に適當なものもあるまい、實測するに直接比較する方法もない、時間的にいとはずは球體にうすく糊をつけ、粟粒の如きものを一様にその表面につけ、又それを直經と高さひとしくした塙面につけた粟粒と比較さすもよろしいが、理論的に球面は平面に展開する方法がないのであるから、實測の問題としては寧ろ困難であるから略するもよい。

第四温度の測定としては、氣温の測定は常に之を行ひ、水道或は泉の温度を測定し、浴湯の温度を測り、吾人の飲み得る湯の温度及寒劑の温度をその材料として、吾人の温覺と實際の温度との關係を明にして置くことも、適當な材料である、温泉の近くの地ではそれを測定して見るもよい、それらの測定は單に寒暖計の使用法を知るだけでなく、その材料がやがて生活に影響することが大きいものである。

ある。

第五體積を單位體積を用ひて直接測定出来るのは、直六面體の容器の容積のみである、この外容器は水と置きかへて測定出来るが、内容物を存する體積は、排水量の測定に依る方法が最も普通の方法である、又密度と目方から計算せんとするものである、故に計算法發見さす方法としては、中空のものを可とする、即箱の容積厚紙細工の立體に於ける體積、圖型標本の幾何形態の體積を材料として進み球に及び間接法に依つて不整形に及ぶの順である、然し幾何形態としても、直六面體・平行六面體は容易の部であつて、塙體はその次は位し、錐體となると角錐でも最早計算法の導き方には苦心するものであるから、球になると尙更である、そのために數回の實測の結果比較してそれに關係の深い、他の形との比例常數を決定する他はないのである、そのためその模型としては水の侵みない餘り重くないものを選ぶ必要がある。日常生活に關係あるものとして、コップ・牛乳瓶・土瓶・筒・バケツ・水瓶・樽等液體を入れる容器の容量、櫃等の殻類を入れる容器の容量、日常取扱ふものの體積をその材料とすることが大切である、目方に關係のあるものが多い、目測として必要なことは、目方に關係あるものの價格に關係あるものの概算等に於て、生活に織り込まれるものが最も多く、體積そのものとして必要なることは極めて稀である。

第六目方の測定としては、教室内に常にあるもの、學科に要あるものとして、児童の生活に密接な關係のある、教科書・文房具・机・腰掛・バケツ・カバンより辨當等、それから日常生活に關係ありて、児童の經驗するものとして貨幣の目方及卵・果物より、生活必需品の目方とそれ等との關係を知らしめる材料として肉・味噌・綿花・數量との關係で他に關係あるものとして封書・新聞・雜誌其他小包の如きものとしての目方、

手荷物小包の料金相當の重量附近の荷造物の目方等の實測より、日常生活に於て目方に對する感覺的概數決定に到らしめるがよい。比重の決定及體積面積長さの決定に資するための測定もある。

第七電氣諸量の決定としては、間接的量の測定は理論が困難であるために、直接器械を用ふる測定に依つて、電池の電壓・電流等を測定し、メートルの見方を授けて毎日使用量を調べさせる事も課題としてよからう。

第八速さの測定としては徒競争の平均速さより、電車汽車及自轉車自動車等にうつり測定を課することが出来る。密度比重等としては、日常の器物として使用するもので、水より重き物につきて測定するとして金屬の各種がよい、又陶磁器及木材も重きものについてするがよい。

第九時間の測定としては、人の呼吸脈膊より始めて競走のンコードを造り、仕事に要する時間につ

いて測定をなし、速さを測る基礎測定をする。

以上その重なるものをあげたのであるが、これを選ふ標準としては、一、日常生活に必須なる量の數値の概數を知る準備となるべき物の測定。二、計算方法決定に資するための測定。三、法則證明のための測定。を擧げることが出来る。

第九章 教授例と其理論一

第一計算方法基本理解の爲の教授例。 教材 面積

教便物單位面積の正方形、それを二つ並べた大さ三つ並べた大さの矩形、一邊二倍のの正方形、縦



横夫々二倍三倍と三倍四倍の矩形、圖の如くこれに夫々いろは等をつけてそれを指示するに便にして置いたものとしてのべる、然しその形を示して兒童に取扱はせる時は記號は不用になる、只記述に便にするためにここに之を用ふることにする。

豫備として面積の根本概念をつくることは言葉を以て説明するは不可能と思ふ、廣さといふ概念で取扱ふ間に自然と確實にすることにしてよいと思ふ。廣さの比較を出発點とすることに於て測定の要求必要を説く人もあるが、兒童の心理を大人が自己の立脚地及進んだ頭で理論上考へてはいかぬ、發達史によると面積の測定は人口の増加によつて、土地占有の制限の發生に依つて生じ、エヂプトに於ては課税より來るものと考へられてゐる、然してこの必要を感じたのは兒童でなくて大人であつた、然して兒童には面積に依る利害關係は非常に少い、強ひて考へると實は體積であるが兄弟友人に分つ菓子の大さに關係を求むるが最も幼稚の時代に起る問題であらう、稍々進んだ兒童には習字の場合紙の大小と字數及文字の數と文字の大小が、稍面積と交法を持つものであると考へられる。家庭であるならば稍進歩した形で表はれるのは座敷の廣さを疊に依つて比較する、これは測定の基礎となるものである、これと同様に考へられるのはカルタを並べる時に於てどの位のひろさが必要かといふことを考へる場合である、又帳面をうつし變へる時にその紙數と大さといふものに關係をつけてもよい、こ

の後の部分は教室で取扱ふことも出来るし、又必要を感じる程度に考慮させることも出来るのである。然しここに反對の考も出る、現在に於て教育を理論的に取扱ふ場合は、多く兒童が何物も用意してゐない即精神的にも物質的にも不用意の兒童に如何に取扱ふかを論じ、實際家は、それに依らんとして既有概念に防げられて失敗することがある、研究教授といふ様な場合平生よりも拙い授業をするが如きは多く實際を理論的に扱ひすぎる處に原因する事が多いものである、然して理論は理論にして實際は實際なりといふ結果に迷ひ込んでしまふものである、そこで實際家はこの點に考を及ぼして理論家に材料を提供し、理論家はここに基礎を於て論じなくてはならぬのである、そこで理論は實際と交渉を持つた研究が必要であるから、教授の實際研究者は、一般的理論と兒童の實際とを同時に考へて立脚地としなくては實際教授を立案する役に立たぬ、そこで現在の兒童は學校の何物たるかは明瞭に意識しないにしても、どんな事をする位は知つてゐる、學問する所、勉強する所、物事を教へて呉れる所、自分等の習ふ所といふ様な概念は持つてゐる、これは正しい學校の概念ではなくとも、この意味に於て教授は比較的入り易いことになつてゐるが、ここが實際家の理論に合すに苦心する所である。然も教科書と時間表とを持つて居る兒童には、何をなすべきかはつきりに考はなくとも、何の學科であるかどんな材料であるかは見當はついてゐる、又家庭に於てそこを豫習して來てゐる生徒のある

ことも豫想しなければならぬ、そこで教科書通りに進んで居たのでは知つて居る子供と知らぬ子供とあるために、易きに失するのと難きに失するのとで、教授が均一に進まぬために、豫定時間に終らなかつたり一部の生徒に倦怠を感じさせたりすることになるのであるから、豫備としては全児童の既有的観念を整理して、次の材料が受け入れられるためにどの子供に對しても大體同程度になる様に仕組む必要があるのである、それであるから教科書に離れず一致せず、教科書に依つて然も之に拘抵せず離れた様で之を減却しない所に運用の妙を發揮することが出来るのである、その意味に於て吾人のとらんとする方案は、問答法に依るか觀察に依るかの二方面を選択する、問答法に依るは前の復習か既有的観念の調査かを目的とする時に用ひ、新しき事項に直に入る時は児童の教師に集めた注意を直に教師の示す物或は事柄に依つて觀察に向けて、それを立發點とする場合に用ひる。

この案に於ては比較より入らんとする。

禮を終つて児童の視線と注意が教師に集まつたのを機會として、「い」と「ろ」とを持つて見せるそこで児童は仕事の始まつた事を無意識の中に覺る、次に來らんとするを豫想するどちらが大きいですかと問ふ時に、一齊に手の舉ることは事實である、ここに於て比較の第一歩が終る、何倍位ですかと倍數關係に入る、ここが測定の第一歩である、他の形を「は」「に」等とつて目測をする、終にあたらなく

なる様になる、六倍位になつたならば分らなくなる児童が増加する、その時に實驗にうつるのである。

教授この場合に於ては並べる仕方から次に分割法にうつる順序をとる、並べる仕方は直接二つの形を比較するから容易であるが、計算法に導くには分割法が入るのが順序である。

「に」は「い」の何倍ありますか、皆さんの机の上にあるのをつかつて調べてごらんなさいと命ずるくらべてみることを考へつかぬ生徒は少いと思ふが、あつたならばその方法と既に行つて居る児童に説明させるとよい。その次に「い」をあてる時にその境をのこすために線をひいて置く方法を行はせる、終つてからその數を出すしかたを問ふ、乗法を用ふことは児童自身發見するに相違ない、發見しなかつたら「は」について行はせる時分には何れの児童も發見する、そこでその圖を觀察させて、置いて並べないでこの線を引く仕方はないだらうかと工夫させる、端の所を分けて置いて線を引きますといふ工夫がある、全體にあるのは普通の小學校では出来ないかもしれぬが、大多數その考は出るものである、その方法で他の矩形「へ」について分割を行はせる、そしてその何倍かを決定させる、次に「ろ」と「は」の比較について從に幾つ横に幾つと問ふて見るとその數が各児童一致せぬことになる、それは「ろ」も「は」も正方形でないからである、そこで長い方に幾つ短い方に幾つと問ふてもまだ一致しない、そこで正方形が比べるに便利であるといふ所に推理させることが出来る、次に

「い」がない場合にそれが幾つ並ぶかを知る方法を工夫させる、尺度は使つてもよいと時示を與へると、横縦を測つてみるといふことに気がつくのである、次に單位の必要を體驗さすのである、それは長さを測るのであるから各邊を長さとして測るのであるから單位面積としては各邊を長さの單位と一致させることが便利であるといふことになるのであるから、その理を想像させればよいのである、そこで次の方法をとるのである、並ぶ數と長さを測つた時の數値との關係を調べる様にするために、邊の數値が素數になるものを選ぶ、その時はどんな大さと比較したらよからうか一種四方の正方形と比較すれば分割に便利であるといふ歸結を得ることは容易であると思ふ、かくの如き方針で實驗實測に依つて進んでゆくならば、明にその單位の必要と制定について覺ることが出来るのである、そこで計算法を求めてゆくと縦と横との積で面積を求められることと、その同單位に直すこと名數でなくすることの意味が、幾つ並ぶかといふ數を求むることであることから、明に了解出来るのである、それより正方形の面積の比較は一邊の數値の二乗で表はされることが分るのである、ここに於て單位間の關係を誘導する時は、明に一邊が十倍であれば百倍になることを肯定するから、ここは推理に依つて迅速に且正確に推理する、それが完全に出来る時は教科書の一百位は暗算で取扱つてゆける、然しその順序は現在の教科書の通りでは少しく不便の所があつたらば、前後を交換することにするのである、それが

出来上つた際に整理として教科書の問題を取扱ふ、次に一邊が長さの單位の半分長いものを以て實驗させる時にその邊が小數であつた場合にもその計算法が正しいことは容易に肯定されるのである、そして坪とかアールとかいふ地積に類推する時に容易に擴張することが出来るのである。

要點は次の如くである。

教授 一、實驗によつて倍數關係による比較。

二、分割法による面積比較。

三、單位の必要及制定に就ての考究。

四、計算法の發見。

五、公式の記憶。

六、單位間の關係考究。

整理 一、單位の名稱及關係。

二、面積測定の公式及其の意義。

應用應用問題の解答。

第二常數發見の爲めの教授例。 教材圓周率。

用具卷尺 教便物 圓形のもの数は一人で五つ位

圓形の厚紙茶筒瓶圓筒形の瓶ゆがんでゐない茶碗バケツ、家庭ならばおはちの如きものでもよい。豫備としては直徑の測定法を考究する。差渡を測るに幾何學で云ふ最大の弦なりといふ性質を應用するとよいのである、方法として一つの端をつかまえて、他の適當な所をおさえてうごかし最も長い所をはかるのである、歪んでゐると都合がわるいから場所をかへて二三回測らせて平均して直徑とする、この最大な所をはかるに圓について發見さしても直徑といふ言葉は出て來ぬ、(一数はつた兒童の外には)から差渡しといふのは最も長い所の長さのことであるといふことは教授によらねばならぬのである、この方法を會得したならば圓形のものをおつめて測定をさせ、その結果を左に品名をかき上に直徑と圓周とならべ、次に(圓周)÷(直徑)といふ欄をつけ加へて書き、その用紙を兒童にわたして實測の結果を記入するのである、そこで最後の所を比較すると圓周も直徑も何等の制限なしに變化するの、その割算の結果が非常に近いものであることを發見させることが容易に出来る、そこで圓周を直徑で割ると三・一四に近いものであることに氣がついたならば、直徑を知つた圓の周を出すには三・一四を乗すると出ることが容易に推理出来る、そのために除法と乗法との逆算關係は知つてゐるものとする、そこで眞直な尺度だけで圓の周を見出す方法を考察させる、次にその逆を考へさせるこ

とによつて圓柱の直徑を知る方法があみ出されることになるのであつて、この實測及計算が圓周率を他の常數と區別する體験となり、教科書にある法則が空のものであるといふことは考へずに、成程かやうなものであるかといふことが了解出来るのである。

これを證明するためには圓周を測定し、三・一四で除しその長さを尺度で圓にあて、直徑であること確めるがよい、それは圓周は測り易くて直徑は測りにくひものであるからである、中心の分つたものを用ふると直徑を先に測つて三・一四を乗じて圓周が一致するかを證明するもよいのである、直徑の測定、直角定規或はノギスを使用する時は尙一層三・一四に近いものが得られのである。

注意この案は一時間といふ時間は制限したのではない、課題は家庭に一部をなさしめてもよいし、休憩時間をつかつてもよいのである、然し教室で行つても充分出来るのである、然してこれは常數發見ともなり、圓周と直徑の比の一定といふ性質のあることの證明にも用ひられるのである。

第十章 實驗實測の現在

かくの如く必要にして且効果の大なる方案の現在の状態を見れば、その行はれてゐる學校の地方に偏して居ること、改良する餘地のある點が認められる、その大なる原因をなす所のものを擧ぐれば

その設備の不足を數へることが出来る、そのために經濟上有福なる土地に於て之をなすの便を得て居るが、他の地方では出來ない傾向にある、これは理科の設備をなすが如くに考へて見ればその數十分の一にて充分であり、且つ重複するものを省いたらば大した事はないのであるし、皆新しく購入しなくとも始終注意して集めたならば、ある程度までの教便物は處集も出來るものである、次に考慮を要するは時間の問題である、これは前に少しく述べた通り實驗實測だけを附加するものと考へて、實驗實測はそれのみ、教科書は教科書として取扱ふからよくない、そのために時間の多きを要するのであるから、實驗實測をしながら教科書の問題をどしどし處理して行くのであるならば、時間の不足を感ずることは毫も心配にならぬのである、次は場所の一定せざること、教室に於ける作業は管理訓練上から抗議されると云ふことである、これは兒童を所謂人形視して居る人か、さなへば寺小屋時代の教育を夢みて、兒童の活動性を認めぬか、筋肉をつかふことを卑しと考へる論者か、さなくば管理訓練を教師の壓迫下に強制する方案を以て居る人である、と判斷して大過ないことを信ずる、兒童各自が作業教育になれば、理化學教室に於ける研究態度を完成して居る人には、この最後の一條は杞憂にならねばならぬ、かくて現在行はれざる原因は總て輕減さるべきものか、失ふべき可能性があるのであるから、算術教育に携はる人士は速にその方案を考究して効果を納められんことを望むのである。

附 錄

一 米法の制定と米法について

度量衡の最初の發達は、何處に於ても同一の經路を辿つた事はその發達の歴史について見て明かな事實である通り、測定の必要に伴ふて起つたものである、人類の數が少く各自が自由に生活して居た頃には度量衡もなく、その基をなす比較さへも用がなかつた、そのため數の發達の如きも最初に於てはなく、人類の争闘の始まつた時代敵味方の勢力の判定に依つて一二多が考へられたと傳へられてゐる位で、物に對してことに連續量に對してその單位を定めてそれを測定する様なことは極めて稀であつて、殆ど度量衡の測定の如きは思案に上らなかつた、然るに人類が増加し、土地の所有に區劃を要する時代になつて土地の廣さの考を必要とする様になつたものである、かく如くなればその何れの量も最も先にその發達したかも知かなる歴史は吾人の知ることの出來ぬ事柄である、されば此の古き時代の經過は暫く問はざることにして、人類に度量衡の考の發生した一代は使用に最も便利である手頃のものを以て、それと倍數關係に依る比較に依つて満足したのであるが、之れに關する知識の進歩は

只實用的價值について満足することが出来なくなつた、そこに於て普遍性と永久性とを要求することになると同時に正確の度を加へる様になるのである、かくて竹の節の間も指の長さも足の長さも正確さに於て欠陥の大なるものがあるので、他の標準を要する様になるのである。時間の如きもそれであつた、然して時間の如きは動かすべからざる晝夜の區別四季の循環に依つて、自然的單位の決定されることは當然の順序である、然して記數法に於て六十進法が舊くから行はれた如く、吾人の生活に六十といふことは密接なる關係をもつものであるので、方位の區別を示す角度時間の如きは今日も六十分法に依つて居るのである、然し此の自然的單位のない長さ面積體積については、何處も同様な連續状態を示してその間に自然的區分といふものが考えつかぬのである、そのためにありふれた所の物を以てその比較の標準即單位としたのであるが、これらに關して不變的永續性あるものを選び、それに關して総合的に考察することの出来る相關的單位を構成し、然も取扱に容易なる所の十進法に依る單位を考へて計劃したのは佛國である。佛國に於ては西曆一七九〇年にタレランペリゴルが議會に於て度量衡の整理を述べ決定されたのである。そこで日本にもある大學者たちの會合である佛國の學士院といふ會にたのんで、調査を行ひ最初に長さの決定を見ることになつた、そのためにこの特別委員は世界共通の單位を定めるために地球を基礎として子午線の測定を行ひ、それより導き出さんとして計

劃を立てた、しかし赤道から北極まで大圓の弧に従て測ることは出来ぬのであるから、天體觀測に依るのであつて三角を用ふるのでその基線の必要がある、そこでその地點として佛のジュンケルクとイスパニヤのバルチエロナを選んだ、そして實行委員として十一名の人々によつて組織された、時あたかも革命時代であつたのでその苦心は一通りでなかつた、そして一七九八年に一通り完成した。その際基線測定に使用した原器は凡そ一間位の眞鍮棒であつた、それは記念のため今尙有してゐる、然してこの時に緯度四十五度の海面上で測定したことに換算した水の質量でキログラムも定められた。然して戦亂の間にあつたが、歐洲各國に委員を求めてこの調査を行つたのでオランダ・イタリヤ・デンマーク・イスパニヤ・スキスと佛國と集まつた、それで嚴密に調査せられたのである、そこで原器を白金でつくつた一キログラムの分銅と、幅二・五厘の長さの單位とが造られたのである、年あだかも西曆一七九九年議會で決定してから九年目の六月であつた、然して法律に定められて佛國の原器となつたが、これが一般に用ひられるには容易でなかつた、それは今迄のものに慣れてゐると云ふ外に、單位の名稱としてとつたそのが萬國共通に用ひる目的であつたから、キロ・ヘクト・デカはギリシヤ語でデシ・セレチ・ミリはラテン語であることにもあるのであつた、然しナポレオンがこの普及を志して一八一二年名稱を舊のものを用ひて實際にメートル單位を用ひることにしたが、ラプラスは之に反對し

たしかしナポレオンの威力徳理に依つてこれが實行されることになつた、しかし益混雜を來して來たことは事實であつたために普及することが充分でない、そのために一八三七年、法律を定め一八四〇以後米法以外の度量衡の使用を禁止し罰金の制度を敷いたのである。

然して歐洲諸國に於ても漸次この米法の使用が増加した、それはメートル法が十進諸數である許りでなく、名稱として、古代語を用ひた事から、國に係つて特殊の關係があるのでもなく制定法が理論的に組織されて、各單位の關係が如何にも巧に出來てゐるのであるから、一旦これを知つて取扱ふ時に非常な便益を味ふことが出来るからであつた、面積體積の單位も長さによく簡單な關係を保つてゐるし、平方米平方糎は使用にも便であるし、地積のアールの如き我國の一畝と殆ど著しい如く手頃の單位として充分實用的價値があるものである、容積のリットルも我國の五合五勺位で丁度都合のよい嵩になつてゐる。ヘクトリットルは五斗俵より少しく多いだけであるに見ても分るのである。

そこで各國でこの使用が擴がるに従つて、國際原器の必要を感ずる様になつたので、そこで佛蘭西政府は各國に招待狀を發して一八七〇年に始めたが事があつて中止し、一八七二年再び着手して以前のもを調査し原器の製造について研究された結果今のものが出來上つた、その時に委員を派遣した國は二十四委員は四十九人であつたその時は根底から研究されたので前のものの調査から原器構成の

事柄にまで及び、仲々手數のかゝつたものである、原器をつくる金屬については永久的に變化しないものがよく、尙堅くないと少しの外力に依つて形が變る恐があるので、英國のロンドンにあるマッセーから白金とイリヂウムとを取りよせてそれを九と一の割合に混ぜたものを材料として居るので材料を少くして歪のない様にと考へて、×字形の様なH字の様な形につくつたのである、この形が曲りにくくても材料が少くてすむのであるといふことがわかつたからである、それではかるのに平の面に置いたらばよさそうに思ふが、それでは平の面をつくるが大變であるから、二所に支へを置いて歪ましてはかる、そして上側は縮まり下側は伸びることになるが、その間で丁度伸縮のない面に長さの目盛がしてあるのである、その理由は二點で支へたのである時は計算で曲りが出てくるが、凸凹の面においたのではその計算が出來ぬからである、そして二本の線で一米を示して居るのであるが、それが極めて細いから一寸したきづか出來るとわからなくなるから左右に少し短い線か添へてあつて、中央のものを見ればよいことになつてゐる、そして溫度が變ると收縮膨張があるために、攝氏零度で測る様に水に入れて置く様にしてある、そして目盛線をよむには眼鏡で覗く様に出來て居るのである、又一キログラムの分銅は圓筒形で直径と高さ等しい長さに出來てゐるのである、材料は同じであるがこれをきめたものは攝氏四度の時の蒸溜水、千立方糎即一リットルの質量であることにしてゐる、

そして水を選んだのは水なれば地球上到る所に存在し、且人生に最も關係の深いことは國の何處を問はず人の貴賤を論せぬことであつて、攝氏四度とよきのためは普通にはこの温度は水の最も重い時であると述べられて居る、然し重いといふ様なことだけでは少しく意味が足らぬ、これは同じ質量の水の體積を温度の變化について表はす時攝氏四度の附近に極少があることである、その極少の附近では温度の變化に對して體積の變化が極めて少いために體積を測定してその質量を測定してその質量を測る時に誤差が少いのである、そのために攝氏四度の水をとつたのである、そしてこの原器をつくつたのであるが、一八八九年明治二十二年各國に分つために原器を三十本つくつたのである、然してその中長さの原器では六號が最も正しくあるといふことになつて、國際原器として中央度量衡局に保管することになつて他を各國に分けたのである、我國には抽籤の結果メートル原器の二十二番とキログラム原器の六番が來てゐる筈である、この抽籤をしたのは大山代理公使であつたといふことだ、それを委託されて持つて歸つたのは故寺尾博士であつたと聞いてゐる、然してこの原器は農商務大臣の保管する所であるが、副原器といふのが我國には二つある、一つは農商務大臣の保管する所で、一つは文部大臣の保管になつて東京帝國大學にあるのである、それで原器は時々佛蘭西に送つて國際原器として居る原器と比較するのである、それで我國のは攝氏零度では一米を示さず〇・一五度で一米となる様

になつてゐることである、そして副原器と比較し副原器に比較して度量衡檢定用の原器をつくり、それを以て檢定するのである、そして普通の度量衡となり物を測るに用ひられるのである、然して今用ひられて居る一尺は、伊能忠敬氏が以前用ひられた尺の平均としてつくられたのであるが、現今は米原器の三十三分の十として規定されて居るのである、それであるから米が我尺の基となつてゐることになり、貫の如きもキログラム原器の四分の十五であるとしてあつてみれば、尺貫法ももとは我國の制定とはいへ、米法に依つて規定された事になつてゐる、かくいふことは奈良朝時代佛教宣傳に用ひた本地垂迹の説とは自ら異なる所があるのである。それで我國では一昨年になつて居た、それが五月に發布になつた、今は兩方用ひて居るが近き將來に於て米法となるのである、それについて米法を一日も早く普及する様に努力して居るのである。

二 米法普及に關すること

前にメートルの場所で、單にメートルのみについてその一部を述べた通り、メートル法の便利をよく人について参考にもならうかと思ふて少しく論じてみることにする。

メートル法は制定の動機に於て早くも一ヶ國に限られたる條件をもつてゐない、即ち世界到る所に適用出来る方針をとつて地球子午線の測定によつてこれを定め、赤道より極までの大圓の弧に沿ふてその一千萬分の一をとつたのである、然しその後測地器械の進歩と、技術の熟練とはその誤差を發見させたが、その動機に於て地球に規準をとるといふことは世界共通に使用するといふに最も都合よい定め方である、そして原器も出來てゐるしその長さを自然に不變なる他の方面よりも調査されて居るそれは光の色に關して波長の定まつてゐることによつて、然もこれが極めて小であることと吾人が最も必要とするものであることから、この波長の數を以て表はしてある青の光で示すと二〇八三三二七二・一波長となつて居る、かくの如く原器を失ふても又もと同じ長さの原器を製作することが充分出来るのである、それで原器の空間的・時間的普遍性が確立してゐるのである、これが確定してゐる以上、人間生命の存續に一日も欠くべからざる水の存在する限り、質量の單位なるものも充分正しく普遍性を有することになる、これが科學的研究の單位として用ひらるゝ有力な一つの原因となつてゐるのである、又十進法に依つて單位間の關係が結びつけられてゐるのも一つは使用に便なる理由であるが、普通の長さ・樹目・目方も我國の尺貫法に於ても十進數を用ふることから、只これだけ主張したのでは何にもならぬのである。

次に有力に主張することの出来る事項としては、異なる種類の量の數値の關係が簡單に出來てゐることである、それも長さに依つて面積・體積を表はすことは尺貫法でも同様であるが、目方質量についても容易に求められる、樹目で目方が測れるし目方で體積がわかる、その間の計算は極めて容易であるのである、この單位間の關係即ち立方體の蒸溜水が攝氏四度に於て一瓦の目方であるといふ如きである、されば諸量の關係を求むについて米法は頗る便利である、それかなくと一升の水が約四百八十匁であることを知るに二種の測定を行へば出来るが、これを導き出すには米法單位の換算を要するのである、又比重の如きを用ふるについても米法であれば頗る便であるのである、これが米法の現在に於て便利である大なる原因の一つである、尺貫法に於ては長さの特別な一つの場合である距離・面積の特別な場合としての地積體積の特別な場合の樹目の如きに於て、新しく單位をつくりそれらの間の關係の如きは頗る繁雜であるに、米法に於てはその間の關係がやはり十進法に依りて制定されてゐるのである。

この度量衡の制定は商法に於て重要な關係を有するのであるから、制度の改革は重大なる出來事であるのでそれについては種々の問題が附隨する、第一は測定用の度量衡の製造を行はねばこれを使用することが出来ぬ、それを決て測定して日常の取引をするにはその商品製造に要する器械及度量衡

製造に要する器械等の大きさを米法單位に依つてつくらねばならぬのである、即ちこの製作が行はれなければ米法の實施をすることが出来ぬ、一面に於てはそれを取扱ふ人が米法の單位を了解して居なくては使用に際して一一換算を必要とし、又間ひ合すことを餘儀なくさせられるのであるから、大變な騒になつてしまふ、そのために學校教育に於て米法の取扱ひ、及その量について充分徹底させることをしなくてはならぬのである、そのための過渡時代として兩者併用した度量衡器などが出来るのである、然し理論的に良いものであつて又法律が之を認めて制定されたのであるから、識者はこの一日も早く普及される様に努力しなくてはならぬ、そのために前にのべた測定に於てはなるべく米法に依つて行ひ、量の大きさを米法の單位によつた數値に依つて取扱ふ様にして、この關係を経験的に生活に織り込む様にするをしないでならぬ。

然して米法使用に際しての有利なる事項についてのべるならば、前述の便利のあることの附隨した種々の利益があるのであるから、次にそれを並べて見ることにする。

算術教育に於て繁雜な不十進諸等數の名稱教授、關係取扱換算法の輕減が非常に多く出來て他の必要なる方面に使用する時間數と努力とを見出すことが出来るのである。科學的研究物の了解が容易に出来るために實際家に科學的研究を應用して貰ふ時に便利が多いから、實生活が科學的に向上するこ

とになる。

異なる量の間の關係を研究することが容易になるしそれらの問題が少い努力に依つて取扱はれるから、時間的に精神的に生活が經濟的になる、又同種の間の關係は立所に解決されて行くのである即精神的な生活の簡易化となるのである。

三 曆 に 就 て

時間といふ目にも見えず、觸覺にも感せぬものか、舊くより吾人の精神生活の産物として吾人の生活に密接なる關係を有したのは、地球の自轉公轉に依つて晝夜及季節の變化となつて吾人の生活を規定して居たからであることは争はれぬ事實である。それであるからそれに關した曆といふものは早く文明史に表はれて來て居るのである、そのためにエヂプトに於けるピラミットは、帝王の基であるといふと同時に天文臺であつたとも稱えられてゐるのである。それで人の信仰を司る僧に依つて舊へより曆に關すること即天文學の研究は發達して居るのである、望遠鏡さえない以前に於て星の觀測は非常なる發達をしてゐるのである、然して人生の未だ解くことを得ざる大なる不思議を含む宇宙に對しての注意は、經驗的に取扱はれ偉大なる人の發見が一般人類に信仰となつて傳えられたのである、そ

れて暦を述ぶる前に天文學上の事項について簡単にのべる必要があるのである、然し解説することが出来ぬからこれをませて次に暦についてのべる、宇宙には星が數へきれぬ程多るるのである、その星が皆動いてゐるのである、しかしその距離は驚く程遠いので、その値を測るとすら出来ぬものが多いのであるが、分つたものもある、大體をのべるのにまづ近くから考へることにする、それで星のありなしは光に依つて見ることが出来るので光をとつてきめて見ることにする、そのために毎秒三十萬軒を進む光の達する時間で表はすのが普通である、然し地球に最も近い月は一秒餘で二十五萬哩より少しく遠い時と二十三萬哩より少しく近くなる時とある、然してこれは地球の周りを廻轉しながら太陽の廻りをかいてするのである、それで太陽の周りを廻る星を惑星といふて、その周りを廻りながら太陽の周りを廻る星を衛星といふので、月は衛星の中に數へられるのである、それで月の軌道面は地球の軌道面と一致してゐるのでなくて、五度の角をなしてゐるために一回する間必ず月が地球の影に入り、又地球に月の影がうつることがあるのではない、地球が太陽の周りを廻る時にその角が減少して或角度以内に入つた時におこるので、月の面に地球の影のうつるのを月蝕といひ、地球に月の影のうつるのを日蝕といふのである、これは地球上で観測する時に月の一部見えなくなつたり太陽の一部が見えなくなつたりすることで知れる、これが暦にある蝕である、これは月と地球の運動から計算し

出されるから暦に明に豫告することが出来るのである、然して月が満月まで即月が太陽に照らされる部分が全部地球に向ふ時刻から次の満月までの時間、或は月が太陽に照られぬ部分が丁度地球に向ふ時刻の間の時間を一朔望月といふてゐるのである、前に述べた平均太陽日で表はすと二十九、五三〇六五日である、これを朔望月といふのは朔とは、月が全く太陽の反對面を地球にむける時刻で、舊くはこのある日を朔日といふてゐた、又月が太陽に照される面を地球に向ける時刻を望といふて居た、それをそのある日を望月といふてゐたり、十五夜ともいふたのである、藤原の道長のこの世をばといふた歌の望月はこの月を指すものである、朔から朔或は望から望までであるから望月と名づけたのである、これは月の地球を廻る所から出たので一月といふ、然し地球の自轉が晝夜を定めるのでこれを一日とすることが、前述べた様に定められて居るので、二十九日或は三十日を一月といふたので凡十二ヶ月で季節の循環が行はれたものであるから、一年を十二ヶ月にすることが始まつたらしいのである、然し十二ヶ月として居ると季節が大分變化するから、閏の月といふて一ヶ月を挿入することになつてゐたのである、然し外國にあつた暦にはこの挿入を行はなかつたものもあつたのである、そのため一年が三百五十四日或は三百五十五日となつてゐた、三十三年程で一年の變りがあることになる、然るにジュリアスシーザーがこれを統一するために、所謂ジュリアン暦を制定せしめて太陽暦として

一年を三百六十五日としたそして四年毎に閏年を置いたのである、然るに尙季節に合はざる所がある
ので、羅馬法王グレゴリオ十三世が四百年に九十七回の閏年を置くことにして改良したのである、今
多く用ひられてゐるのはこの日附である。然し前申した地球が太陽を一週するといふ事に關しては、
どうしても太陽系の太陽惑星衛星だけでは問題の解決が出来ぬのである、そこでその他の星の観測が
必要となつて來るのである、太陽系以外の星を一般に恒星といふて居る、その距離になると最も近き
ものが四光年である、遠いものは三千光年といはれて居る。尙まだ遠いものもあるとのことであるが
確には分らぬ、それらが銀河の中にはいつてゐるのであつて、その外に尙渦狀星雲といふ銀河の間に
ある星の團體の如きものと想像されてゐるものが數多く存在する、星雲といふのは銀河系の中にもあ
るが種類が異なつてゐるのである、今述べた様に恒星は非常に遠くにあるから、かなり速い速度で運
動してゐるが、その運動が殆ど方向を變ずる程に認められぬのである、肉眼で見える星には百年間位
で一秒の角かはるものはみあたらしぬのみでなく、一秒の十分の一の程度の大さである、それであるか
ら昔は運動せぬ星と考へて恒星と名をつけたのである、それをめめてにして太陽を一周したとか、地
球の軌道面とかいふものを定めるのである、然して地球の赤道の平面と軌道面とは、二十三度二十七
分許の角をなして居ることは人の知る如くで、そのため太陽の直射する緯度が時々刻々變化して南に

北に移動する、南から北に向つて移動し丁度赤道上來た時刻を春分點といふのであるが、地軸の方
向が少しづつ、變化するので、春分點が少しづつ、移動するのである、その春分から次の春分までを一年
としてゐるので、三五五・二四二二日となるのであるが、丁度一周といふことに全く一致するものでは
ない、そしてこの時刻を含む日を春分としてゐる、昔は彼岸の中日と稱してゐたのである、これに對
して秋分といふのがあるが、これが北から南に太陽が移動する際赤道を通過する時刻であつて、そ
れを含む日を秋分昔は秋の彼岸の中日といふた、今は春季、秋季の皇靈祭の日となつて祭日に數へら
れて、皇室に於て靈まつりの日である、その外太陽の北による極限の時刻を夏至點南による極限の時
刻を冬至點といひ、そのある日を夫々夏至冬至といふ、又二十四季節といふものがあつたこれも夫々
時刻であつてそのある日を同じ名でよんでゐる、最も人の知るのは節分といふのであつて冬と春との
分れ即立春のことである、今二十四季節をあげると立春、雨水、敬蟄、春分、清明、穀雨、立夏、小
滿、芒種、夏至、小暑、大暑、立秋、處暑、白露、秋分、零露、霜降、立冬、小雪、大雪、冬至、小
寒、大寒である、舊くはよくいはれたのであるが、今は主なるものだけいふて居るのが他は用ひられ
ぬ、しかし餘寒とか殘暑とかいふのはこの季節の名から出た言葉である、これは時刻に定められたの
であり、又季節としてもよばれてゐる、寒稽古であるとか梅雨の中であるとかいふの類である、それ

らの時刻を定めるには恒星をもとにして地球が太陽の何れの方向にあるかといふ方角に依つて定めて居る、その基礎としては前述の春分點の方向をとるのである、それでこれに關する星の位置を決定する方法をのべると、地球を中心として半徑が無量大の球を考へて天球といふ、そして地軸の方向に於て天の北極天の南極を定める、そして赤道の平面を延長して天の赤道を考へることにしてゐる、それから南北に赤緯を考へてゐるし、春分點をもとにして赤徑をも考へる、これは丁度地球表面に緯度程度を考へてゐると同様の考へ方である、然して地球公轉の軌道面の延長の天球と交はる線を黃道といふが、これは丁度太陽の見える方向をつらねるとこの線と一致するから天球上に太陽の方向を射影すると考へてもよいのである、これに似たのに月の軌道に依つて白道といふのを考へて居るのである、この前の赤緯と赤徑とで恒星の位置を定めるのであるが、もう一つは黃緯黃徑とで定めるしかたもあるこれらによつて天文學上の位置を定める、それによつて太陽と地球の相對位置を定め、季節を表はす時刻も定まるのである、然して一年は春分點から春分點までの時間で定めた一回歸年で定めたのであるが、地球の北極が少しづつ變るために一周とは少しく時間が異つてゐるのである、然して時間の單位は前述の平均太陽日を一日として居るのが、普通であるが、恒星に對して一廻轉をする恒星日といふものもあるのである、然して日附は世界の主なる國々では太陽曆で、現在日本でつかつてゐるの

と同一であるが、太陽の南中する時刻が各場所に依つて異なるために正午が異なり、従て夜中の十二時といふのがかわつて来る、それで日附は人の多くすむ所で切り替へては不便が多いから、太平洋の中を送る子午線で定めるが、太平洋中の島々の管割がこみ入つて居るから、同じ國の方は一致する様に所々補ひがしてある、地圖に大體は子午線に依つて居るが所々折れた線のひいてあるのが日附變更の線であるのです、そこで米國へゆく時にはその線の所で一日前の同じ時刻とするし、歸る時は同じ時刻で一日前にするのである、その線から日附が新しく起るのであるから、最初に日附新しくなる獨立國としては日本であるから、昔聖德太子が日出する國と仰せられた言葉は今尙そのまゝ用ひられるのである。

然して舊く用ひられたのは東西を問はず、太陰曆で月を標準としたので一ヶ月といふて二十九日と三十日のものであつた、我國では十二ヶ月を一年とするが年によつて閏の月を加へて十三ヶ月を一年としたこともあつたのである、今少しく現今の曆の西洋での發達變遷を述べることになると、最初は十ヶ月に分けて居たその時代はマーチから始まつてデッセンバーに終つてゐたのであるが、ジュリアスシーザーの時紀元前四十五年アレキサンドリヤの天文學者を招いて曆法の改正を行ひ、太陽曆として一年を三百六十五日として、四年目毎に閏年をいいて十二ヶ月に分けたのである、その時に三十