

前近代中国における誤差理論の研究*

关 増 建**

劉 治 国***

藤 高 裕 久 訳****

概 要

既にして前近代の中国人達は、誤差理論について、内容豊富な考究を行っており、かなりの知識を蓄えるに至っていた。即ち、ものを計量れば必ず誤差というものが生じる、ということを認識したうえで、そこから進んで、誤差がいかにして生じるのかということと、いかにすれば誤差の少ない計量ができるのか、ということを併せ考究したのである。更に、彼等は誤差という概念について理論的な分析を行っている。上述の如き業績について考察を加えることは、中国における計量史を考える上で、重要な事柄であると信じる次第である。

前近代中国が蓄積してきた、誤差理論についての知識を考査することは、中国における計量史の中核を占める問題であるにも拘わらず、従来あまり顧みられることが少なかった。本稿においては、文献史料に基づいて、前近代中国における誤差理論についての議論を進めるとともに、この分野に対して、研究者各位の関心を喚起することを目的としている。

前近代中国における誤差理論は、先人達の絶え間ない研鑽（実際の計量とそれによって集積された知識）によって次第に発展してきた。様々な試行錯誤のすえ、先人達は、計量を行うには対象に適した器具を選び取ることが肝要であり、その器具を厳密に操作することによって、きわめて正確な結果を招来しようという理解に至ったのである。例をあげると、『管子』・明法解篇に、

尺・寸・尋・丈なるは、長短の情を得し所以のものなり。故に尺・寸を以って短長を量れば、則ち万挙ぐるとも万失わざるなり。

とある。「万挙ぐるとも万失わざるなり」とは、（適正な計量器を使用すれば）必ず正確な結果が得られるという意である。更に『淮南子』・主術篇には、当時どのくらい正確な計量が可能であったか、ということについて、具体的な描写が記載されている。それに因れば、

之を左右に衡るや、輕重に私る無し、故に以って平と為すべく、之を内外に繩すや、曲直に私る無し、故に以って正と為すべし。……夫れ輕重を權るや、蚊の頭ほども差わず；枉撓を扶擻して、針鋒ほども失わず。

とある。これによれば、はかり（衡器）・すみなわ（准繩）等、各々の道具自体がもつ仕組みに任して、計量を行えば、その誤差は蚊の頭・針の先ほどのものであり、きわめて正確な数値を導出し得る、

* 受付 1999.8.31

** 450052 中華人民共和国河南省鄭州市 鄭州大学 文博学院

*** 450052 中華人民共和国河南省鄭州市 鄭州工業大学 水利及環境工程学院

**** 174-0072 東京都板橋区南常磐台 1-16-19-104

としている。また『隋書』・律歷志にも同様のことを述べている^{〔條〕}が存する。即ち、

一・十・百・千・万なるは、由を同じうする所のものなり；律・度・量・衡・歷・率なるは、其れ別して用うるものなり。故に体に長短有るも、之を^{〔度〕}に度を以ってすれば、則ち毫厘も失わず；物に多少有るも、之を受くるに器をもってすれば、則ち圭撮（非常に少ない分量）も失わず；量に輕重有るも、之を平らぐるに^{〔衡〕}権衡を以ってすれば、則ち黍絲（きびのかげら。転じてわずかな分量）も失わず；……故に隱幽の情、精微の変、得て^{〔絲〕}縷む可きものなり。

とある。上記の史料は、劉歆という人物が「典領条奏」の中で示した思想を反映したものであるが、ここで述べられているのは、計量を行うに際しては、数的概念を用いることが不可欠であり、計量結果を数で表すことによって、きわめて正確に把握し得る、ということである。具体的には、長短においては“度”・容積においては“器”・質量においては“権衡”という規準を用いることによって、非常にわずかな誤差の範囲内で、対象を正確に把握し得る、ということである。以上のような思想が現出したこと自体、当時の人々が対象物を数的に^{〔精〕}しく把握することができた、ということの例証といえるであろう。

しかしながら、きわめて正確であるということは、誤差が全く生じないということの意味するわけではない。実際、計量には誤差が常につきまとうものであるし、そのことについては、前近代の中国人達も明瞭に自覚していた。一例を挙げると、『淮南子』・説林訓篇には、

水は平らかなりと雖も、必ず差有り；衡の正しきと雖も、必ず差有り；尺寸齊しきと雖も、必ず^{〔詭〕}詭有り。規矩に^{〔非〕}非ずんば方円を定る^{〔能〕}能わず、准繩に非ずんば曲直を正す能わず、規矩・准繩をば用いる者、^{〔亦〕}規矩・准繩（規則・規準）有らんか？

とある。上述の史料を解説すると、いかに水面を鏡のごとく保とうとしても、波紋は必ず存在する；はかりを使って均衡を保とうとしても、必ず偏りがでてしまう；長さを正確に計量しようとしても、なお数値を読み取る段階で偏差が生じてしまう。計量器（規矩－コンパス・准繩－すみなわ）無くして計量を行うことはできず、それらを使用するに際しては、適正な操作規則にのっとるべきである、という意である。この史料は、以下に述べる二点の意味において重要なものであると考えられる。即ち、この段階において（『淮南子』の成立は前漢前時代・122 B.C.頃 訳者補）先人達は誤差というものに対して既に深い理解に達しており、計量という行為には誤差が常につきまとうということを実感していた点についてである。それと同時に、計量に際して、計量器を適正に操作することの重要性を強調している点についてである。

計量に際して、誤差を惹き起こす原因は多々あるが、その中でも（計量器の）操作手順を誤った結果、誤差を生じせしめるということこそ、最たるものであろう。荀子は、その例として以下のごとく述べている。

衡の正しからざれば、則ち重きも^{〔仰〕}仰むきに懸かり、而して人以って輕きと為す、輕きも^{〔俯〕}俯きに懸かり、而して人以って重きと為す。此れ人の輕重に^{〔惑〕}惑いし所以のものなり。^{〔1〕}

「衡の正しからざれば」とは、はかりが未調整であるために、平衡が保たれていない状態にあり、その結果、対象物の実際の質量を把握できないことを指している。また『淮南子』は別の条において、

越人の遠射を学ぶや、天を^{〔参〕}参みて^{〔発〕}発つ、近きこと五歩の内に在るも、儀を易えず。^{〔2〕}

と記述している。儀とは、李志超の考証によれば、先人達が矢を射るにあたって、銃撃の際照尺を合わせるのと同様に（その射程の遠近によって）設定した射角である、としている。^{〔3〕}つまり、上記史料に見られる越国の人々は、「…五歩の内」という近距離を射るのでさえ、「遠射」と同じ射角（「…天を参みて…」）を採用するという誤謬を犯したこととなる。『荀子』と『淮南子』が挙げている例は、

ともに同じ誤りの範疇に入るものである。このようなあやまちを避けるため、先人達は計量における操作規則を明文化した。一例を挙げると、宋王朝（A. D. 960 年－1279 年）においては、以下のごとき条文を残している。即ち「大秤の百斤が如きを用うる者は、皆鈞を架に懸け、鑑を衡に植つるなり。鑑をば或いは履にし、手をば或いは抑按るれば、則ち軽重の際にありて、殊に懸絶と為らん」⁽⁴⁾、と。さらに続けて「大秤を用うる毎に、必ず懸くるに絲繩を以ってし、既に物を置けば、則ち却りて立だちに以って視、得て抑按るべからず。」⁽⁴⁾としている。

これらの明文化された規則が、計量における精度の上昇を保証したのである。

計量にあたって、使用する器具を選択することは、重要な事柄である。異なる器具を用いれば、当然精度が異なってくるし、適応性も異なってくる。もし不適切な計量器を選択したならば、計量における精度が下がるばかりか、計量という行為自体が不能となりかねない。先人達はすでに上記のような問題に対しても思いを致していた。『慎子』には

鈞石を磨きて、禹をして錙銖の重きを察せしむれば、則ち識らず。⁽⁵⁾

と、記述されている。磨（措）とは放置する、という意である。鈞・石とは、より質量の大きいものを測定する場合に用いる質量単位であり、それを使って錙・銖という質量の小さいものの質量を測定することは、聖賢である禹（治水を行ったとされる、伝説上の帝王；訳者補）でさえ不可能なことである、と断じている。つまりこの史料からは、計量器が宜しきを得なければ、計量という行為自体が行えないことを示している。

計量精度を上げるためには、可能な限り微細な単位まで設定する必要性が生じるのであるが、先人達はこの問題に関して飽くなき努力を積み重ねてきた。はかりを例にとって議論を進めると、考古学の成果によれば、戦国時代（403－221 B. C.）というごく早い時期においてさえ、我が国におけるはかりは、すでにかかなりの精度をもつに至っていたようである。その証左として、湖南省長沙県より出土した遺物の中から、僅か 0.6 グラムほどの銅製の環がみつまっている、という事実を挙げることができる。⁽⁶⁾次に、長さを例にとって論を進めると、『漢書』・律歴志の記述によれば、当時の最小単位は分であったとしているが（『漢書』の成立は後漢時代・A. D. 92 頃；訳者補）、実際には分よりも小さい単位が使用されていたようである。祖冲之が行った、円周率の算出結果によると、分という単位の下に厘・毫・秒・忽といった単位が設けられていたことが確認できる⁽⁷⁾；また『宋史』・律暦志によれば、宋の時代には、分の下に釐・毫・絲・忽という単位が設けられており、あわせて「十忽もて一絲と為し、十絲もて一毫と為し、十毫もて一釐と為し、十釐もて一分と為す。」と規定されていた。上述のように（より小さな単位が設定されていたことからして）、時代が下るに従って、長さの計量における精度は次第に上がってきたものと考えられるのである。さらには天文観測においても同様なことがいえる。A. D. 1102 年－1106 年の期間に（北宋時代後期）、姚舜輔^{（8）}は恒星の位置についての観測を行い記録を残したが、その結果「度という単位の下に少（1/4）・半（1/2）・太（3/4）というより小さい単位を設定・使用し、当時の天文観測における精度が高水準であったことを証明した。」⁽⁸⁾のである。

一方、（計量するごとに）誤差が積み重なってゆくことは避けるべきであり、（そのためには）対象物の大小に合致した計量器をもとめなければならない。もし計量器が適正でなく、使用する単位が小さすぎれば、どうしても計量する回数は増えざるをえないし、その結果、誤差が累積してしまう。

『淮南子』・泰族訓篇には、次のように記している。即ち、

寸もて之を度るや、丈に至りて必ず差あり；銖もて之を称るや、石に至りて必ず過ちあり。

石もて丈量を称るや、徑にして（直接的なやり方で）失うこと寡し。

と。「徑にして失うこと寡し」とは、先人達が、実際の計量行為を繰り返し行うことによって獲得した、重要な経験知であり、計量を行うに際して、遵守すべき基本的な規範でもある。先人達にとって、(計量の際) 上述の如き規範にのっとることは、ごく当たり前のことであったようである。一例をあげると、『宋史』・律歷志も、「物をば銖もて銖らんとして之を較ぶるや、石に至りて必ず差あり。」⁽⁹⁾と記している。類似した記述は、他の史料にも多く認められるが、ここでは紙面の都合上、列挙することは差し控えたい。

観測・計量を行うには、当然そのための器具が必要であるが、その器具が内包する機能上の欠陥によって、誤差が生じる場合もある。この種の誤差に関しても、先人達は広範囲な議論を積み重ねてきた。例えば、後漢(A.D. 25-220)の学者賈逵は、赤道儀を用いて、太陽と月の運行を観測する際に生じる誤差、即ち「或いは月行ること多く而して日月相去ること反って少なし。(月の公転周期が短いために、太陽との距離がひらかず、逆に狭まってしまう)」といった現象に対して、以下のような意見を呈している。

今史官なるは一ら赤道を以て度と為すのみなれば、日月と同に行らず、……赤道なるは中天(天の中央)を為すものなれば、極を去ること俱に九十度(極点とのひらきは九十度)、日月の道に非ず、而して以て遥かに日月を准度らんとするも、其の実行の故を失うなり。⁽¹⁰⁾

太陽も月も黄道に沿って運行を繰り返すのであるが、当時の渾天儀にはただ赤道の座標のみがあるだけで、これを使って太陽や月を観測しようとしても、実際の(太陽と月の)運行を把握することはできなかったのである。このような誤差は、(渾天儀という観測器具が持つ)機能的な欠陥から生じたものといえるであろう。賈逵の提言とは、そのあたりの事情を表現したものである。

さらにいま一つ類例を挙げると、北宋の科学者沈括は、唐代(A.D. 626年-907年)の人、梁令瓚が作成した“黄道游儀”という機器について、以下のような論評を加えている。

令瓚辰刻(一時から～十二時まで)・十干・八卦を以て皆紼に刻む、然れども紼は平正にして(まっすぐであり)黄道は斜遠たり(曲線である)、子午の間に当たれば、則ち日徑ちに度り而して道促し、卯酉の際なれば、則ち日廻りて道舒なり。此くの如くんば、辰刻無謬なること能わず。(午前0時・午後0時には、太陽は黄道上を直線的に、かつ速やかに過ぎ去り、午前六時・午後六時では、太陽は曲線的に、結果ゆっくりと過ぎて行く。このような有り様なので、時間を正確に計ることができないのである)

と。沈括の指摘した、梁令瓚所製の観測器具の問題点(正確に時間を計れないという点)とは、それ自体が持つ構造・設計上の欠陥に起因したものである。しかしながら、先人達は長期間に亘る実地観測という行為を通して、倦むことなく誤差の修正にこれつとめたのである。天体観測を例にとるならば、実地の観測行為を通して、粘り強く観測器具を改良し、実際の天体の運行にすこしでも合致しようとしたが、それはとりもなおさず、観測中に生じる機械的な誤差を減少させようとする努力に他ならなかったのである。たびたび、先人達はこの観測行為における系統的な欠陥、そしてそれが齎す量的な誤差についての分析をおこなっている。たとえば、沈括は、その著書『渾儀議』の中で、

李淳風嘗て謂へらく「斛蘭の作りし所の鉄儀なるは、赤道の動かざること、乃ち膠柱(固定された柱)の如し、以て月の行るを考へるや、差或いは十七度に至り、少なきも十度と減らず」と。此れ正に直赤道のみを以て月の行るを候うを謂えばなり。其の差此くのごとし。⁽¹¹⁾

と、述べている。これによれば、誤差が生じる範囲は、十七度から十度の間であるとしている。史料中に認められる数値(十七度から十度)を偶発的な誤差であるとは断じがたい。なぜなら偶発的に起

こり得る誤差の期待値は、零であるべきだからである。かつ、沈括自身もまた述べているように、誤差の生じる原因とは、「直赤道のみを以て月の行るを候う」ことに帰せられるべきものだからである。このことから、誤差が生じたのは明らかに、斛蘭が作成した渾天儀における、構造上の問題に起因するものであるといえよう。

また、計量という行為は、必ず数学・物理学の根拠を踏まえたものでなければならないが、時として、（根拠となるべき）数学・物理学上の誤まりが、計量上の誤差を生み出す原因となる場合もあった。先人達は、以上のような要因に基づく誤差についても議論を尽くしており、その内の幾つかをここで紹介したい。三国時代（A.D. 220–265）の人、王蕃^{おうはん}は、（皇帝の御前において）天球の規模について討論した際、陸績の所見に対して批判を加え、以下のように述べている。

陸績云えらく「周天（天の外周）は一百七万一千里にして、東西南北の径（直径）なるは、三十五万七千里なり、径を^た立すこと亦然り（外周は直径の三倍に相当する；訳者意識）」、と。此れ蓋天の黄・赤道の径数なり。渾天・蓋天の黄・赤道、天を周するの度同じきとし、故に（陸）績取りて以て^{もつ}言する^{のみ}耳。此の言周をば三とし、径をば一とするものなり（外周と直径の比率を 3 : 1 としている）。古の少広術も率を用いるや、円周をば三とし、中径（直径）をば一とするも、臣更に之を考うるに、径一^た廻に周三のみならず（直径と外周の比率は、単純に 1 : 3 とはいえない）、（その）率なるは、周百四十二にして径四十五なり（外周と直径の比率は 142 : 45 である）。⁽¹²⁾

と。廻とは、“ただ”の意である。ここで王蕃は、陸績の用いた円周率は不精確であり、そのため、導出された計量結果もまた誤まりであることを指摘している。南朝梁（A.D. 502–557）の人、祖暅^{そけい}もまた、後漢時代の有名な科学者、張衡の考察に対して、同様な批判を加えている。⁽¹³⁾ 上記のような諸史料から、（計量に際して）根拠とした数学上の学問的所産の誤まりから、実際の計量結果に狂いが生じるということを、先人達はよく弁えていたものと思われる。

（更にこの議論を続けると）唐の時代（A.D. 618–907）の有名な仏僧、一行（人名）は、計量に際して使用する数学的手段、その信頼性について、以下の如く述べている。

古人の勾股の術（数学上の定理）を待みし所以は、其の近事を証する有るを^き請え^ばなり。顧みて未だ目視を知らずんば遠きに及ぶこと能わず、遠ければ則ち微かなりとも差い、其れ差うこと^ままざれば、遂に述（実状）と^さ錯^さえり。譬うれば大湖に遊ぶや、^さ広^さ袤^び（広さと長さ）百里に盈たずして、日月の朝夕湖中に入出するを見るがごとく；其れ巨海に浮かぶに及びてや、幾千万里なるかを知らずして、猶日月の朝夕其の中に入出するを見るがごとし。朝夕の際に^あ若^くびて、俱に^あ設し差うを重ねて之を望まば、必ず大小を^あ將て同術（同じような状態）なりとなし、以て分かつこと無からん。横（幅）既にして之を有てば、縦（長さ）宜しく然るべし。⁽¹⁴⁾

と。一行の言は、計量における相対的な誤差と絶対的な誤差の関係性についての示唆をふくんでいる。同様な相対的誤差が生じる状況下にあつては、絶対的誤差は距離に正比例するものである。一行は、ある一定以上の距離に達した場合、絶対的誤差はもとめ得る範囲を逸脱し、当初の計量方法では、計量不能の状態へと立ち至る、との見解を抱いていた。さらに彼の真意を解説すると、数学上の定理（勾股の術）とは、限定された範囲内で行われる計算・計量については有効であるが、その有効範囲は無限ではなく、例えば天体観測のような、きわめて規模の大きい計量を行う場合については無効である、とする。しかし実際には、同じような傾向を持つ誤差の下にあつては、（計量しなければならない）距離の増大は、計量における正確性に対して影響を与えない。先人達が数学上の定理を用いて、太陽

や月との距離を計量し損なったのは、彼等が“地球は丸い”という認識を欠いていたためであり、計量距離が増えたせいではないのだ。一行は、この点については言及していない。しかし、彼の数学に依拠した計算・計量に関する分析は、後の世の人々がこの問題を考察する上で手助けとなったのである。

先人達は天体観測を行うに際して、“光線の直進性”という当時の物理学上の知識を応用したが、このような方法は明（A.D.1368年－1644年）末の人、方以智によって否定された。方以智は、当時流行した、太陽の形体・その大小によって計量を行うという観測方法に批判を加え、

細く考うれば則ち圭角の長き直線を以て地を中に夾み、而して日影の尽きる処を取る、故に日の大なること此くの如きなる耳。（旧来の観測方法が持つ問題とは、太陽の両端から放たれる光跡の間に観測地点を設け、生じた影の末端を規準とすることである。このようなやり方では、太陽の大きさを見誤ってしまう。）日光の常に肥え、地光の自ずから痩せ、圭角の直線をば以いるべからざるを知らざればなり。何すれぞや？物の形碍を為すも、其の影尽き易く、声と光なるは物の数しきに溢るるとも、声は見るべからず、光は見るべきなり、測るとも測ること准えざればなり。（物には確かに形というものがあるが、その影は消え去りやすい。音と光は必ず、物という存在につきまとうものであるが、音を視認することはできない。一方光は視認することができ、それによって計量することもできるが、その計量結果は不正確なものである。）⁽¹⁵⁾

と、述べている。「光肥え影痩する」の部分は、方以智によって提唱された、重要な概念を象徴する個所である。彼によって構築された理論の核心とは、光とは直進性を有するものではなく、本来は立体的である対象物を、影として平面状に映し出しているに過ぎない、という点に尽きている。それゆえに、光は直進するという概念の下、上述の如き方法で計量を行った場合、「測ること准えず」という事態を招来してしまうのである。⁽¹⁶⁾ 計量技術の進歩は、一にかかって、その基礎となるべき数学・物理学上の定理の発展に負っている。こと計量の歴史に関する限り、先人達は（計量結果の精確性を左右する）数学・物理学の基礎研究を怠らず、それを高度に発展させてきた。このことは、前近代の中国人達が、早くから実際の計量行為を通じて、数学・物理学と計量との関係性に気づいていた、ということの意味しているのである。

『韓非子』・外儲説左上は、誤差についての評論として、以下のように記している。

夫れ新たに殺矢（近距離射撃用の矢）を砥礪ぎ、弩を設け而して射るや、冥くして（目を閉じて）妄りに発つと雖も、其の端の未だ嘗て秋毫も中らずんばあらざるなり（全く当たらないというわけではない）。然れども能く其の処を復すること莫ければ、善射と謂うべからず、常儀の的（ここでは、一定の割合で的を射ぬくこと、転じて一定の基準を指す）無ければなり。五寸の的を設け、十歩の遠きに引かば、羿（伝説上の弓の名手）・逢蒙（同じく伝説上の弓の名手）に非ずんば必ず能く全うせざる者は、常儀の的の有るや（一定の基準に照らして）、度ること難きをば有りて、度ること易きをば無し。常儀の的を有すれば、則ち羿・逢蒙の五寸を以て巧みと為すも、常儀の的無くんば、則ち妄りに発ち而して秋毫に中るも拙しと為すなり。

上記『韓非子』の史料は、直接“計量”という問題を扱ったものではないが、中国における計量の歴史、という問題を考察する我々にとって、多くの示唆を与えてくれている。（『韓非子』は戦国時代末期の思想家、韓非によって著された書物。法律の厳格な適用による統治理念の実施をその内容としている。また秦の始皇帝に多大な影響を与えた書物として有名。；訳者補）一体、矢の先端を鋭く

し、次々に発射しての射抜いたからといって、一概に名射手といえるのだろうか？この問いかけは、計量における精度という問題に関して、多くの内容を含んでいる。つまり、ただただ闇雲に矢を発射して、たまたま命中率が高かったからといって、それを正確と称してよいのだろうか？という疑問である。その疑問に対して『韓非子』は以下のように答えている。即ち「其の処を復すること莫ければ、善射と謂うべからず」と。同じことが、計量についても当て嵌まる。繰り返し計量を行って、その数値にばらつきがあったのでは、精度が高いとはいえないし、正確であるとも称しがたい。「善射」であるか否かは、「常儀の的（一定の基準）」の有る無しに係っており、的中する期待値如何によってのみ、その射手が「巧み」であるか、それとも「拙い」のかを判定すべきである。その期待値の高低を、『韓非子』では「度ること難きをば有りて、度ること易きをば無し」と、表現しているのである。

また、『韓非子』の記述は、後人に対して、計量における“精確性”と“正確性”との概念の相違について示唆を与えてくれている。周知の如く、“精確性が高い”という状態は、必ずしも“正確性が高い”という状態を伴うわけではない。前近代中国においては、この二つの言葉の概念規定について、古くから多くの解説がなされてきた。例えば、『易』には「君子の慎みて始むるや、差うこと釐厘の若きも、千里を以て繆^{ミウ}までり。」という記述が載っている。⁽¹⁷⁾ この一文は、以下のように解釈することが可能であろう；即ち、連続した行為の始めと終わりにおいて、たびごとの行為の正確性は一律であるが、（少しずつ誤謬或いは誤差が積み重なることによって、）最終的には精確性の低い状態へと墮^おしてしまふ、ということを表したものであると。換言すれば、相対誤差は常に一定であるものの、絶対誤差は回を重ねるごとに増大する傾向にあるといえるだろう。さらに、『淮南子』・説林訓篇に記載されている「射なるは、儀小さきも大へと遺^いれり」という一文についても、同様の解釈を施すことが可能である。

中国の歴史を通じて、“正確性”と“精確性”という二つの概念について理論的考察を加えたのは、宋代の沈括（前出）が最初であろう。彼は、渾天儀を用いての天体観測をめぐる議論の中で、この問題について触れている。時の皇帝に献呈した彼自身の著書『渾儀議』（前出）の中で、太陽や月を観測するにあたって、渾天儀を台の上に置く方法に対して批判を加えているのだが、その理由として、太陽や月が地平線より昇る（或いは沈む）際、観測器具（渾天儀）を台の上に置いては対象（太陽・月）と正対せず、却って誤差を拡大してしまう、と主張しているのである。その史料を以下に挙げると、

天地はこれ広大なれば、一台の高下もて推^{おし}遷^{せん}る所有りと為さず。蓋し渾儀もて天地の体を考うるや、実数有り、准数有らんか。所謂実なるは、此の数彼の数に即くものなり、此れ赤（十分）に移れば彼亦赤（十分）に移るの謂^いなり；所謂准なるは、此れを以て彼をり、此れの一分もて、則ち彼の幾千里なるかを准るの謂^いなり。今台の高下^{たかひ}乃^{すなは}実数なるは数丈に過ぎず、彼と差^さいし所も亦此れに過ぎず、天地の大、豊数丈もて其の高下を量^{はか}ぬるに足らんや？若し之を低昂^{ていおう}（高低）に衡^{はか}れば、則ち所謂准数なるものなり。衡りて一分に移せば、則ち彼其の幾千里なるかを知らず、則ち之を低昂^{ていおう}の当^{あた}に審^みらかなるに衡り、而して台の高下の当^{あた}に恤^おえる所に非ざるなり。

と、記載されている。なお、上記史料中（三・四行目）に見られる“赤”の字については様々な解釈が存するが、李志超の意見に従って、ここでは“十分”という意に捉えておく。⁽¹⁸⁾ 沈括が定義した“実数”の概念とは、測量における精確性と関連（相応）しており、かつ測量・計測結果の絶対値を反映したものである。つまり、相応する誤差とは、絶対的誤差のことである。“准数”とは、計量における相対値であり、渾天儀を用いて天体を観測した際、直接観測機器が示す数値を反映したものである。（それ故）その観測過程において生じた誤差は、直接、最終的な計量・計測結果に影響を与え

るものなのである。例えば史料中に引用されている、(観測機器を設置する)台座の高さとは、“実数”であり、それが計量結果に齎す絶対的誤差は、“数丈”という巨大なものであるにも拘わらず、相対的誤差に及ぼす影響は限りなくゼロに近いものなのである。それ故、沈括は「天地の大、豈数丈もて其の高下に累ぬるに足らんや？」と表現したのである。一方、渾天儀上に示された数値は“准数”であり、計量中にその数値を読み違えることは、一見大したことではないように思われるが、それこそ相対計量における数的根拠に他ならないため、「衡りて一分に移れば、則ち彼其の幾千里なるかを知らず」と記されているように、最終的な計量結果に与える影響は甚大なものとなるのである。沈括の陳述は、彼が、計量結果に影響を及ぼす誤差の区別について、明瞭かつ間違いの無い理解を得ていたことを示している。⁽¹⁹⁾

計量誤差を減じるために、先人達は様々な探究をおこなった。まず最初に、彼らは、計量を行うには正確な計量器が必要であることを強調したのである。春秋時代の末期、孔子はかつて、当時の社会状況を憂えて、「権量を謹み、法度を審らかにせよ」と主張した。⁽²⁰⁾ 同様に、戦国時代末期の書物『荀子』・王霸篇にも、「尺・寸・丈・尋なるは、制度・数量に循わざるを得る莫かれ、然る後行わん」、という記事を見出すことができる。(戦国時代が終わって、221 B.C.) 秦の始皇帝は全国を統一し、あわせて度量衡の統一にも着手したが、彼がかかる事業を展開した背景として、春秋・戦国以来の(度量衡に関する)思想の発達を見過ごすわけにはいかないであろう。(始皇帝以来)歴代王朝は、この度量衡の統一という事業に並々ならぬ熱意を示した。以下例を挙げると、唐代、この時代にはかつて類を見ない程に、大規模な天文・土地の計量が行われたが、その時発せられた政令として、「京(長安、現、西安; 訳者補)より麗(当時、高句麗国のあった地方、現、遼東半島一帯; 訳者補)にいたるまで、正院表様を定め、並びに尺・寸を審らかにせよ。太史官を差(さ)わし、馳驟(ちそう)もて分往し(各地に急行させ)測候せしめよ」という一文を史料中に見出すことができる。⁽²¹⁾ (続いて)宋の時代では、「太祖(宋王朝の初代皇帝、趙匡胤)の受禪(皇帝の位を、異姓の他者からうけつぐこと; 訳者補)するや、有司に詔して古式を精考せしめ、嘉量(かりょう)を作為りて、以って天下に頒(はな)つ。……命じて凡そ斗斛の、式に中らざるものは皆之を去らしむ」という史料が示す通り⁽²²⁾、やはり度量衡の統一に意を用いたのである。(さらに時代は降って)明の時代に明文化された規定によれば、「凡そ度量・権衡なるは、其の校勘を謹み而して之を頒ち、式を市に懸け、其の度るに中りて正しからざる者を罪す」とされており、所定の度量衡以外のものを使用した場合は、刑法の適用を受けることが銘記されている。⁽²³⁾ 実際、歴史書に記載されている“律志”の記録は殆ど、如何にして枘(こ)や物差しなどの計量器の正確性・統一性を保持するか、という議論によって尽くされている。(それは)先人達が、人・時・場所に拘わらず、常に計量における標準が安定していることを望んでいた、という事実の証左であろう。『淮南子』・主術訓には「今夫れ権衡・規矩なるは、一定にして易えず、秦(中国の西方)・楚(中国の南方)の為に節を変えず、胡(北方異民族)・越(南方異民族)の為に容(かたち)を改めず、常に一にして邪(よこしま)ならざれば、方(まさ)に行きて流れず、一日にして之を刑え、万世に之を伝え、以って之が為(ため)に為ること無し」と、記している。ここで述べられていることは、一種の理想であろう。しかし、実際には技術上の問題から、前近代中国における度量衡の値は、王朝が交代するごとに、比較的大きな変化を遂げてきた。一例を挙げると、隋朝(A.D. 581-618)が隋朝以前における王朝の古尺の長さを比較したところ、なんと十五種類も、異なる種類の尺が存在していたことが判明したのである。(実状は上記の如くであったが、)とにもかくにも、先人達はこの問題を重視し、倦まず弛まず、探究を続けたのである。

他方、実際の計量技術を改善していく手段として、殆どの場合先人達は、“対症療法”的なやり方

を採用し、誤差を生み出す直接的な原因を（一つずつ）解決していった。例えば、天体観測においては、絶えず（観測機器である）渾天儀を改良していったのだが、それはまさしく、渾天儀の構造をより合理的に、また天体の運行により合致するようにという行為を通して、読み取り精度を可能な限り引き上げようとする努力に他ならなかった。一にかかって、観測誤差を減じようと念じたことの所産といえよう。また、北宋の太平興国四年（A. D. 979）、四川の民間天文学者であった張思訓は、新型の渾天儀を発明し、時の皇帝に献呈したが、それは、回転動力として、水の替りに水銀を用いたものであった。その理由として、彼自身は「開元（開元年間、唐代の年号、A. D. 713-741）の遺法によれば、運転させるに水を以てせば、冬中に至りて凝凍、遅渋し、遂に疎略と為りて、寒暑の准ずる無し。今水銀を以て之に代うれば、則ち差失すること無きなり」と述べている。⁽²⁴⁾ 上記の史料によれば、張思訓は、前王朝（唐）が使用した渾天儀の抱える問題点（誤差の原因）の一つが、その動力である水であることに起因すると分析し、（水銀という）適切な代替物で、それを補完したということが理解できよう。実際、先人達の計量行為、その殆どが、張思訓が行ったような“対症療法”的な意味合いを含んでいたのである。

先人達が、誤差を減少させるために採用した計量方法の中で、以下、特に紹介したい二つのやり方があるのだが、それらは誤差理論を巧妙に活用したものであった。

その内の一つとは、計量における相対誤差を減少させるための方法であり、所謂“日時計を組み立て、その影の長さを計量する”というやり方を発展的に反映したものであった。ごく初期の段階では、日時計における支柱の高さは、通常約八尺であった。その後、元の時代（A. D. 1271-1368）に至って、郭守敬という人物が日時計に改良を加え、支柱の高さを四十尺に改めた。さらに時代は降って、明の万暦年間（A. D. 1573-1620）には、邢雲路という人物が蘭州において組み立てた日時計は、六十尺もの支柱を持つものであった。時代が降るに従って、何故に支柱はかくも巨大なものになっていったか、という疑問に対して、明代の人、叶子奇は次のように説明している。

歴代八尺の表（日時計またはその支柱）を立て以て日景を量らんとす、故より表短く晷景短ければ、尺寸以て差い易し。元朝四丈の表を立つるや、二丈より中ほどを折りて簾を開け、以て日景を量る、故より表長く晷景長ければ、尺寸の縦え毫秒の差有るとも則ち少なきかな。⁽²⁵⁾

と。上記の史料の中で、叶子奇は、日時計における支柱の高さ（影の長さを計量するためのもの）は、高ければ高いほど、測定における正確性が増すものであると主張している。同様な絶対的誤差の下にあっては、計量によって得られる数値が大きくなるにつれて、相対的誤差は小さなものとなってゆく。それ故、支柱を高くするというやり方は、理にかなったものといえよう。なぜなら、支柱が高くなるにつれて、その影もまた長いものとなり、数値の読み取りに際して生じる、幾らかの絶対的誤差を確認できるのみに止まらず、常に付きまとう相対的誤差をもきわめて小さいものに抑えることができるからである。結果、計量精度は高いものとなる。叶子奇は、上述の如き計量精度に関する理論を理解してはいなかった。しかし、彼は彼自身の考えを詳説するには困難な状況下にあったにも拘わらず、基本的には正着へと辿りついていたのである。先人達によって繰り広げられた、実践の計量とその結果に対する分析は、彼らがすでに意図的に誤差理論を活用し、計量精度を高めていったことを示している。そして、その経緯こそ計量史上における一つの進歩である、ということも可能であろう。

いま一つの方法とは、宋代末期の人である趙友欽が、恒星の赤経（「春分点から赤道面上において東へ測る軽度」；『中日大辞典』より 訳者補）を計量した際に用いた方法であるが、それは、不注意によって生じる誤差を回避し、偶発的に生じる誤差を減少させようとしたものであった。観測結果の

信頼性を増すために、趙友欽は観測班を二つに分け、各々に全く同じ観測機器を与えて、同じ星を観測させた。両班より観測結果が齎され、それらを比較した彼は、「必ず四壺（四つの水時計）を置き、兩架（二つの杵）を立て、時を同じくして参驗し、^{こいねがわ}「庶^{ちがひ}くは差^{はなはだし}の式きこと無からしめん」と、いったとされる。⁽²⁶⁾ 趙友欽が採用したこの方法は、きわめて合理的である。なぜなら、不注意によって生じる誤差を回避するためには、観測結果の比較と検証が不可欠だからである。それだけではなく、この方法には観測結果の平均値が得られ易い、という利点も存する。したがって、観測結果における信頼性もまた、それだけ増加するといえよう。今日においてさえ我々は、複数に及ぶ計量を繰り返して、その平均値を採ることで、精確な計量結果に迫る、という方法を継続して行っている。（それだけ趙友欽が採用した方法は、当時としては傑出したものであった；訳者補）（しかしながら）趙友欽が観測に際して採用した方法は、すでに前王朝の時代にも存在していた。北宋時代の史料の中に、「天文院を禁中に置き、漏刻（水時計）・観天台・銅渾儀を設くること、皆司天監の如くし、司天監とともに互いに相^{あひ}檢察せよ。夜毎^{よそ}に天文院、^み満見（天）・雲物（雲の色・形）・祺祥（吉祥）及び当夜の星次の有無を具^{つづ}にし、須らく皇城の門の未だ^{なほ}発たれざる前に禁中に到らしむるべし。門の発たれて後、司天（監）の占いし状の^{きざ}方に到らば、両司の奏せし状を以て対勘し、以て虚偽を防がんとす」、という記述を見出すことができるのである。⁽²⁷⁾ 但しこれは、皇帝が官僚達によって“萱の外”（情報が入りできない状態）に置かれることを防ぐために採られた処置であって、計量自体の方法論的意義からすれば、後代の趙友欽が思い到った認識には程遠いものであったと、いえるだろう。

前近代中国において、（計量における）誤差という問題について論じた記述は、各種史料に散逸して記載されているため、非体系的であり、かつ首尾一貫していないように見うけられる。しかしながら、本稿がここまで述べてきた通り、前近代の中国における誤差理論の考究は、かなりの水準に達していた。この問題は、これからの中国計量史研究において、重要な位置を占めるものになるであろう。本格的な論稿が俟たれる次第である。

文献

- (1) 『荀子』・正名篇
- (2) 『淮南子』・説山訓
- (3) 李志超氏「射儀考」 成都全国物理学史教学および学術討論会論文 1989 年より
- (4) 『宋史』・卷六十八「律歴志」
- (5) 『慎子』佚文、『諸子集成』より
- (6) 高至喜氏「湖南楚墓中出土の天平与法馬」（『考古』1972・4）
- (7) 『隋書』・律曆志
- (8) 杜石然氏ら『中国科学技術史稿』（下巻・47 頁 科学出版社 1985）
- (9) 『宋史』卷七十一
- (10) 『続漢書』・律歴志
- (11) 沈括『渾儀議』及び『宋史』・天文志一
- (12) 王蕃『渾儀議』及び『隋書』・天文志上
- (13) 祖暅『渾天論』、『唐開元占經』卷一所収
- (14) 『旧唐書』・天文志一

- (15) 方以知『物理小識』卷之一、「光肥影瘦之論…」
- (16) 李志超・関増建「『物理小識』における光学—気光波動説と波信息弥散原理」(『自然雑誌』1988・2)
- (17) 『礼記』・經解第二十六
- (18) 李志超氏「沈括の天文研究—観測と制歴—」(『物理学史』1989・2)
- (19) 関増建氏「伝統 365・1/4 分度不是角度」(『自然弁証法通訊』1989・5)
- (20) 『論語』・堯日篇
- (21) 『唐六典』卷十、秘書省
- (22) 注(4)と同じ
- (23) 『明史』卷十三、職官志
- (24) 『宋史』卷四十八、天文志
- (25) 叶子奇『草木子』・雜制篇
- (26) 趙友欽著、王禕刪定、『重刊革象新書・測經度法』
- (27) 沈括『夢溪筆談』卷八、象数二 1

EXPLORATIONS OF THE THEORY
OF ERROR IN ANCIENT CHINA

Guan Zengjian

Liu Zhiguo

(Zhengzhou University)

(Zhengzhou Engineering University)

Explorations of the theory of error in ancient China were both plentiful and fruitful. Aware that errors could not be avoided in measurement, the ancient Chinese probed into the factors causing errors in measurement and the methods of reducing them. They also made some theoretical analyses on the concept of error. These explorations parts of the history of measurement in China.