

天 界 第三十七號

(第四卷) 大正十三年二月號

器械的發達の可能性

前ウイルソン山天文臺長

G・E・ヘール博士

科學的探究者にまつて、近時に於ける器械的發達の可能性の迅速な増加程鼓舞を與へるものはない。天文學に於ては進歩の機會は物理化學の顯著なる發達及びかくして役立しめられた多くの新しい器械並に方法によつて廣く擴張せられた。我等の好機會を利用せんとして、我等は科學の歴史に速に一瞥を與へ、且つ現在の可能性を過去のそれに對照するに過ぎない。

新年の起始がナイル河の年々の洪水に實際一致することは西紀前四千年の頃シリウス(天狼星)の日出前出現の觀測によつて定められた。エジプト人の全歴史中彼等の僧侶は天文學者であつた。然も彼等の日時計、水時計、及び子午線に近い諸星の觀測から時間を定める爲めの測量機なる「メルチエツト」(Merchet)等はギリシヤ人がエジプトを占領するに至る迄何等重要な改良は明白になされなかつた。バビロニア人はエジプト人よりも遙かに優秀な觀測者であるが、アッシユール バニバルの宮殿に於いて發見された「アストローブ」(Astrabe) (古代觀測儀)をかく類別されなければ何一つ吾人に器械を遺さなかつた。ギリシヤ人は數種の器械を發明した。それはトレミーによつて彼の著アルマゲストに記されてゐる。是等の多くは骨子として一圓の度盛をなした孤からなり、それには調整し得る照尺が備へられて居り、且つ觀測の平面に支持されてゐる。是等の器械が非常に完全にギリシヤ人の發明力を具體化してゐた爲に何等重大な變化を経ずして、アラビヤ人、ヒンドウー人及び支那人に採用され、且つ十六世紀の復興期に於けるチヒョ・ブラへの大天文臺の設備に使用せられた。チヒョは自家の工場で自ら建造した諸器械の改良には特別の注意をはらつた。しかし十三世紀の中葉以來眼鏡が使用されて居たけれども、それが彼の手の届く所に齎らした大機會に殆ど思ひ及ばなかつた。

レンズの歴史には趣味津津たるものがある。ラヤードの發見にかゝるニムロンドに於けるサルゴンの宮殿中の形は楕圓で平凸形に磨かれた水晶の平圓盤が、實際レンズとして用ゐる爲めに企てられたこと云ふ事はデーヴィッド・ブリュースター卿の反對の意見にも拘はらず非常に信じ難い。且又彼等の詳細の正確さ遂行の完全からして古代の美しく彫刻された寶石はレンズの下にぎざまれたと確定する事も安全ではあるまい。プリニー(兄の)及び他の人々は水を滿した球が火取眼鏡として使用されたこと云ひ、セネカも「小さく且つ不明瞭な文字も水を滿した球を通せば擴大され、明瞭に見える」と云つてゐる。然も視力の缺點が多くの古典著者によつて屢々論ぜられたと同時に彼等は最も簡單な視力上の助けについても何等言及する所なく近視眼は眼鏡が使用せらるゝに至つた十三世紀の末期迄は繰返して不治の病として宣言せられてゐた。

ロージャー・ベーコンは彼の師グロステスタは疑ひもなくレンズは凹面鏡の性質のあるものを解してゐた。然しベーコンが天文學的觀測に望遠鏡を使用したことの意見を支持する爲めに提出された證據は信じ難い。望遠鏡の初期の歴史は寧ろ不明裡に存する、而も我等の見地からすれば最も重大な事實はガリレオによる望遠鏡の天文學に適用されし事彼の發見によつて生ぜしめられた人間思想の改革である。彼の過去三百年間眼鏡の場合に確に適用され來つた一法則の突然的認識及び利用は忽ちに天文臺の設備を變形せしめ、天體物理學的探求の基礎を据えた。一六三〇年にフランセスコ・ダネリニは多分アイビス(接眼レンズ)の焦點平面中に糸を導き入れる事によつて望遠鏡をより正確な指示に用ひる事が出来ることをつた。約十年後に測微器の發明者は勿論此の方法を使つた。天文學的測量の近世期はかくして始まつた。

望遠鏡それ自身に關しては、これはケプレル式接眼鏡の發明により最初に改良され、それから收差の面倒な結果に打ち勝つために焦點距離に於いて増大した。レイリーは口径一・七吋のレンズが其の焦點距離六六呎の時に色消に等しこと云ふ事を示めた。收差の法則を決定したファイゲンスは従つて彼の望遠鏡の口径と焦點距離を著しく増加した。彼は又ファイゲンス式接眼鏡を工夫し、且つ土星の輪の眞性質の發見をなして其の努力に酬ゐられた。彼の三箇の對物鏡は各々一二、一七〇、二一〇呎の焦點距離を有するもので今尚ほ王立協會の所有に屬してゐる。此の時代に長さ六百呎に上つた望遠鏡が製造された、然し天體を發見し、又追撃するの困難の爲めに其の價值を著しく減殺された。明かに彼等は赤道儀式裝置(それは初めてシャイネル

のローザ、ウルシナ(Rosa Usina)中に望遠鏡目的の爲めに記されたが然し實際は法則に於いてチヒョブラへの赤道儀式環（異なる所はない）にはして行く事が出来なかつた、當時發達した最重要の附屬品は振子時計であつて、ガリレオの等時性の發見に従つてフイデンスに由り工夫せられた。

色収差をなくする目的の爲めに二つの方法が講ぜられ遂に成功を見た。グレゴリーミニュートンに由つて誘導された反射望遠鏡はハーシエルの手で四呎の口径に、ロツス卿の手で六呎に達せしめられた。色消對物レンズの發明、それに次ぐ増々大きい表面の光學的ガラスの製造は現代の巨大な屈折鏡のために道を開いた。近世の反射鏡のその如き、彼等の高度の完全は硝子製造者、冶金家、器械師及び眼鏡師の技術に於ける連綿たる進歩並にロツス卿の有しなかつた近世的機械工具の發達の結果である。例ひ當時寫眞板が完成せられたとしても、正確に動かされた赤道儀裝置がなければ彼の六呎反射望遠鏡を以てしてもそれは無用であつたであらう。近世子午環の精巧正確、その殆ど完全な旋轉臺及び美はしく目盛された環（レベリング・イン・クワーター）は器械製造者の進歩せる技術の他の一結果であつて、それは又最新式の時計、記録秒時計及び動線測微器（ムービング・ライナー・マイクロメーター）の如き貴い附屬物の場合にも説明される。

最初の望遠鏡は肉眼に比して八十倍の光を集めた。そして此の集光力は今や眼のそれに比して約二十萬倍に至る迄増大せられた。大氣の性質及び近世の最善の器械の光學的並に機械學的完全が此の光の總て（反射による損失を除いて）を集中せしめ、非常に小なる像に保つに足る程善良な爲めに、かくして獲られる結果は絶大である。然し寫眞板の誘導改良により引出された利益、及び多くの附屬的器械並に方法の發達は尙更に重要なものである。

一六七二年にニュートンがプリズムを以て太陽光を分解した時に彼は分光術の創始に於ける最初の大なる一步を踏んだのである。然しながらやがて一八〇三年にはウオラストンがニュートンの廣い隙間の代りに狭いものを用ゐて太陽スペクトラム中の暗黒線の主要なものを發見し、その殆ど六百箇は一八一四年フラウンホーフェルによつて測定せられた。一八五二年に複D線がソーディウム蒸氣——それはその發出する同じ輻射物を吸収する——に基因する事を認めたストークス並に後年一八五九年に太陽中に地球上の多くの要素が同じく存在する事を認めたキルヒホッフ及びブンゼンによる太陽スペクトラムの解釋は

天體の化學的組成を決定するの手段を供した。

ハーシュルにより又ラプラスに由つて星雲假定説中に豫示された星辰進化の研究はかくて、丁度ダーウインの「種の起源」が出版された年に可能にされた。此の事はセッキ及びハツギンスに由り同時に星のスペクトルの分類のみが企てられた時や又星辰進化の程度に伴ふ化學的組織の明白な變化が考慮に入れられた時ですら驚くべき進歩であつた。然し分光器が天文臺に採用された主要な意義は此の器械の例外的多能性及び、それが天文學に於て最も廣大な種類の物理學的並に化學的發見を利用せしめるに足る可能性を有するに在るのである。

一八四二年にドブラーが星の色は其の速度に依るものである事を證明しようとして試みた。若し星が單色光を放ち且つ其の速度が充分大であるならば彼の結論は正しいのであらう。分光器に對して正しく適用されて、彼の法則は太陽周圍氣に於ける諸瓦斯體の活動、太陽、諸遊星、及び星雲の廻轉、此の方法によつてのみ發見し得る近接せる二重星の軌道的速度及び種々の天體の視線上の速度を測定するの手段を吾人に供した。

私は時間の餘裕があつて私をして此れ及び他の物理學的法則の熟練な適用から生じた法外の收穫につき詳述せしめたらば、願ふなれど只彼等の二三について回想し得るに過ぎない。壓力に依りスペクトル諸線が赤又は紫の側に變化する事は他の結果が既に斟酌されて後、星辰の周圍氣中に於ける壓力を測定するの手段を供する。氣温により相對的の線の密度の變化する事は吾人に星辰温度に對する一手掛を與へる、そして亦間接的にアダムスをして彼の美しい絕對光度並に光のスペクトルによる視差を誘導する方法に至らしめた。近年の物理學の發達を通して健全な科學的基礎に持ち歸らされて線の密度の研究は亦恆星の性質のみならず原子それ自身の構造に對する吾人の最も有力な指導者となつた。スペクトル中に於ける氣温の作用として密度の最大値が變化する事、輻射に對し磁氣並に電氣の場の影響する事、分極や異常の分色並に光學的反響の現象等は亦天文學者が現に重大な積極的並に消極的結果を以て利用してゐる物理學者の無數の發見中のあるものである。

分光器に加えて天文學者は物理學的實驗室から他の貴重な多くの器械を引出した。光度計は今や寫眞器的方法によつて強力に補足され、且つ大いに轉置されて數萬の星の光度を吾人に知らしめた。電熱堆ミ抵抗微熱計は赤外スペクトラムの吾人の智識

をして著しい發達に迄導いた。太陽輻射の變化しつゝある密度の正確な測定、又光度十三等の微光星の熱輻射の決定、及び更に光輝く星のあるもの、エネルギー・スペクトルの研究に至る迄吾人の智識を著しい進歩に導いた。光電々池は驚くべき正確な光の光度計的測定を生ぜしめた。輻射壓の最初の實際的測定をなさしめた熱車は今や巨大な諸星の中に於ける優勢な役を務めるものとして知られてゐるが近年に至つてラヂウムのガンマ線からラヂオ輻射波に至る長範圍に於ける長さ二萬メートルもある失はれた最後の波長を發見する方法を備へた。一世紀以上も昔のヤングの有名な干渉の實驗から生じた干渉計は光輝ある幾多の成功に役立ち、近年に至りて巨星の角直經の決定に於いて頂點に達した。

天文學者が物理學者や化學者に負ふ長い負債の目録を更に列擧しようと思せずして、我等は暫く器械的進歩によつて生じた測量の正確を一瞥しよう。ギリシヤ人の星の位置は孤の最近値一〇分迄即ち月の直徑のままで與へられた。チヒヨは二個の隣接する星の距離の單一測量のありさうな誤差を五七秒まで減するに成功した。二重星觀測に於いて最上の測微的測量のありさうな誤差は約〇・一秒である。近世の寫眞的視差決定に於いてありさうな誤差は約〇・〇〇五秒乃至〇・〇一〇秒である。干渉計を以つてはカベラの組成星の分離の單一測量のありさうな誤差は〇・〇〇一秒である。アルクトウルの直徑〇・〇一九秒は略同様の量のありさうな誤差を以つて同じく測量し得る。

物理學者及び化學者の迅速な進歩の敏捷な利用によつて獲得さるべき利益は明白である。殆ど凡ての發見は吾人を直接、間接に助けるものである。我等は新らしい有機的染色に注意を喚起せしめられてゐる、何故ならば其の染色は種々の方面殊に我等の將來の研究に對し最も有望なる範圍である赤外線に於ける我等の乾板の感光性を改良するであらう。我等は最も迅速な寫眞板の本質の容積に於ける節約を熱望するもので、それは我等の望遠鏡の口徑に於ける著しい増加に等しいであらう。我等は恐らく望遠鏡の鏡や光學的格子グレーティングの特別の需要に適する新らしい合金の出現や光學的硝子の製造に於ける進歩やプリズムや鏡のための澄んだ鑄解石英の大塊の製出等——實際凡ての技術的發達にして我等が利用するために學び得るものは鋭く見守つてゐる。而して我等は等しく高壓力の變壓器や、電氣爐や眞空管や電磁石及び他の多くの發明にして其の上に吾等が天體現象の模倣と解釋とを依頼してゐるもの、不斷の改善により利益せんものゝ熱望してゐるのである。

是等の器械的發達の増加しつゝある可能性の説明は正確な年代記的順序に列擧しなかつた、然し此の部分的目的目錄を一瞥しても如何に迅速に天文學者の機會が近年に於いて増大したかを知る事が出来るであらう。他の一つの點を注意すべきである、即ち明白なる變化は常に必ずしも最も重大な變化にあらず、且つ最大の進歩は忽ちに明白ではない可能性を認識する所より來るものである事である。故に天文學者は如何程熱心に關係ある諸科學の進歩殊に種々の方面に絶えず生ずる無數の發明や方法を注視するも足りない。かのX線寫眞分光器やアストンの大量寫眞分光器の如き美しい新器械は恐らく天文學に直接には適用し得ないけれども其の中に暗示を含みつゝ、又有利に使用し得る結果を生ずるであらう。

かゝる考慮はマウント・ウィルソン天文臺の稍反正統的設備と政策とを説明するの助けとなるであらう。我等は始めから我等の研究會員(Research Associates)の貴重な共勞をまつて物理學及び化學の發達により提供された更に明白な可能性のあるものを利用し、且つ研究室の状態と方法とが我等の自由に委するが如き利益を獲得しようとする努力した。故に太陽研究のために設備されたスノー及び塔望遠鏡の工案、かのCoudé法則及び六〇吋及一〇〇吋反射鏡の絶えざる温度實驗室それは高分色の下に於ける星辰スペクトルの寫眞術のため並に星辰輻射及びエネルギー・スペクトルに對する熱電堆と抵抗微熱計を以てするが如き實驗のために整へられたもの、數夜繼續せる露出の間に高分色星辰寫眞分光器(直きにその臺の上に据られる筈の)の振動を減少する爲めに一〇〇吋圓屋根の圓滑な廻轉を得んじて特別に拂はれた注意、主要な器械の建造、其の主目的の一つは入射光線の大半を如何なる所望のスペクトル順序に於いても集中するを得せしめるが如き實驗を許容する所のもの、初め一〇〇吋望遠鏡と結合され今や分離せる器械である星辰干涉計の發達が起つたのである。此故に機械の設備と建造的の仕事の廣い範圍の爲めに充分な光學的工場及び天體現象の解釋の爲めに必要な研究をなすべき物理學的實驗室あり。此故に亦吾等のカリフォルニア工藝學會との密接な共力あり、同學會の近時の科學研究會としての發達は我天文臺にまつて非常に有利なものである。將來を見、且つ未來の器械の可能性につき思索をめぐらせば、六〇吋及び一〇〇吋望遠鏡の比較試驗からより大なる口径も旨く行きさうであること云ひ得る。彼等の實行し得べき事は(是れが大氣の制限に依頼する限では)増加する分離に於いて星辰干涉計の二個の鏡により與へられた結合した星像を觀測することによりかなりよく試験し得る。より大きな鏡表面を製出する事は他の問題である。鍍した石英鏡は、若し充分な大きさに作り得れば、彼等の低い伸張律のために太陽望遠鏡並に大きな反射鏡用に非常に貴重であらう、然し中庸の口径の爲めには發熱ガラスがかなり有效な代用物である事は現に立證されてゐる、

星辰干涉計については、私はそれが遂に多分ある定まつた形に於いて且つ正確に抑制されたシーロースタット（凹面儀）と共に一〇〇呎或はそれ以上の口径に達すべしと信ずる。地平線的或は天頂的であらうとも太陽觀測のための一定した望遠鏡及び寫眞分光器は望みさらば遠距離寫眞レンズを使つたり又は鏡の組み合せによつて縮小され得る。太陽並に星辰スペクトルの紫外線及びより屈折性少き部分も共に既にそれが受けたよりも更に熟慮さるべきであり、而して此處に寫眞的過程に於ても又ブリズムに於ても尙紫外線のための反射表面にも改良が特に非常に望ましい次第である。天文學上の目的のためには格子の分解力に於ける増加については必要がないが、線を引いた表面のより大なる面積から得べきより多くの光を一單純の順序に集中さるゝ事は種々の目的の爲めに尙ほ必要である。

私は本文に於いてあまり明白でない可能性を扱つたり、特別な問題を論じたりはしますまい。私をして殘る共にかく結論せしめよ、即ち若し器械にして重大なりせば、「觀測する人」は遙かに重大である。ヒンドウ語で書かれた論文シドハント（Sidhanta Sironam）中に天文學者ブハスカラは器械の新しい型を記述して後に呼んで『が、一天才の人はそれで以つて無數の仕事が扱はれた諸器械に對して何を望まうか？ 彼をして唯の一本の棒切を其の手にこり、それに沿ふて其の眼をその端から先頭までくばりつゝ、何物かを望み觀せしめよ、然らば彼がその物體の高度、大さ其他について告げ得ないものはないであらう』と云つて居る。若しも我等にして此處に非常に輕々しく吹聴された所の正

えないなら

ば、我等は少くとも數學者は身に天體的問題の解決の爲めの凡ての器械中最も有力なものを具有してゐる云ふ事を記憶すべきで且つ又我等は多くの古典的探究に於いて役立つた簡單な方法にも獎勵を發見し得るのである。ヤングが光波説の基礎を据え且つ干涉計の原理を發見した時に彼の器械は一箇の小さい鏡と、二三のペーパー原紙と少し許りの細い毛と一對のナイフの刀身に限られて居つた。若し我等にして數學者又は實驗的物理學者でもなく且つ大望遠鏡の使用にあづからずとするも、我等は依然天文學的進歩の歴史に十分な獎勵を見出し得るものである。我等は只バーナム、バーナード及びカーリングトンの如き人々により、小さい望遠鏡でもつて組織的に觀測した事により獲得された光輝ある結果や、或は又同様小望遠鏡で以つてハッギンス、セッキ並に天文學的寫眞術の開拓者等によつて、實驗室から借り來つた方法や考案を速かに且つ賢しく適用する事から引き出された諸結果について回想すべきである。（をわり）