

数理物理学の趨勢に関するボルツマン先生の意見

長岡半太郎

目今数理物理学界に於て、光輝を放つもの蓼蓼晨星の如し。独奥国に於てヘルムホルツ歿し、キルヒホッフ世を去りて後、ボルツマン先生を以て泰斗となすべし。先生は畢生の力を氣體論に注ぎ、物理学研究に分子的思想を啓発するの必要有るを論じ、エネルギーチック論者を駁するの傍、好で数理物理学の方法を弁難す。其生徒を教授するや、機会あれば斯学の趨勢方法を論じ、嘖嘖已まず。嘗て独奥方有学会の席上に於て、其持論を吐露し、汎く諸国の語に反訳せられ、世の称揚するところとなれり。本年九月廿二日ミュンヘンに於て開会せる万有会に於て、再び前題を掲げ、数理物理学現今の進歩趨勢を痛論し、大に斯学に志す者を戒む。予は其の議論の梗概を摘記し、本邦の数理物理学を学ぶものに紹介すること次の如し。

前世紀に學術の進歩せるは、主として有効の学者の功勞にして、恰も都府が漸次街屋の築造に伴うて隆盛に赴くが如しと雖も、十九世紀に至りて形勢一変し、蒸気電気の世界と為りたると共に、學問の進歩も亦急激にして、豺狼咆哮の野に数年を出でずして、千村万落を見ると同一奇觀を呈せんとす。學問の分派愈繁褥なれば、之を綜合するも亦愈難渋にして、支離抉裂の弊を免る能わず。能く當時の學問を一人の脳裡に蘊蓄するライプニッツの如きは、今日殆ど見るべからずと雖も、學識宏遠世人の驚歎を促したる学者なきにあらず。ヘルムホルツは哲学、数学、物理学、生理学に通じて、均く首坐を占めたり。然れども是等は多少連係せる學問にして吾人の智識は遙に多面多貌なり。

吾人の学問は斯く複雑にして、又日に新なるを以て、其攻究は自然分業法に従わざるを得ず。譬えば殷煥電気製造の如し。職工甲は玻璃球を吹き、乙は之に織炭を封ずるの装置に従事し、丙は竹織を抉り、丁は之を熱して炭を製する等幾多の工作を経て始めて燈となるなり。

学問を進むるも亦然り。若し一人之を攻究するときは、日も亦足らず。必ず其分派を専攻する学者を待て、然る後全きを得べし。然れども一得一失其の間に存する者あり。新旧思想を纏綴し、新に発見せる事実を発揚せんと欲せば、学問の全豹を詳に綜覧するの人もなかるべからず。是実に万有学会の如き学者の団体に於て、各自其専攻学問の趨勢を報告する必要がある所以なり。

言うべくして明にし難きは、此種の報告なり。分岐したる学問は其奥を覗えば、益々暗黒にして、身を其攻究に委ぬる者に非れば其真相を觀破する能わず、其情況を写さんとするは、夥多しき術語を鑄造するの必要を生じ、其解義を下し、之を逐一説明せば、報告に非ずして講義に類し、聴衆の倦怠を招くに過ぎず。然れども術語を用いずして、研究の結果を論ずるときは、其の心髓を穿つ能わずして、畢竟皮相的の觀察に止まるは論を俟たざる所なり。

実験物理学を以て自ら任する学者の研究は、幾分か自動的措用に刺衝せられて進歩するものに似たり。専攻者は其研究に要する新材料を得るときは、夫の錦を織る者が其縦横の糸を機に組み之に梭を投ずるが如くにして、実験者は新材料に就き、其弾性電気抵抗其他を検し、或は之を液化太氣に投じて、其変化を見、或は之をモアッサン竈に於て、其鎔沸の状を確むる等、其状態を変じ、其光熱電気磁氣諸現象に対する性質を詳にせば、自ら一種の実験研究として見るを得べきなり。故に適応なる実験情況を探索するに、聊か機敏を要すと雖ども、其方法に至ては数理論物理学の入り難くして、迷い易きに及ばざるなり。抑も数理論物理学に入るの関門は、何の辺に存するや。吾人は事物に就き考索するに限らず、又其思索を誘導する方法を講ぜざるべからず。即ち幾分か哲理的思想を養わざるべからざるなり。科学の進捗は、実に其討究方法を以て骨髓となす。故に予は専ら其方法の發達を明にし、其例と

して三四の結果を引用する事有るべし。何となれば結果は直に理解すべきも、其之に帰着せしめたる方法に至ては、茫漠として窺測すべからざるものあればなり。予は今後の数理物理学を擁掩する帕を去るものに非ず。又敢て予言を為すものにあらず。特に後進を戒め、急速なる結論の極めて進捗に害あるを明にせんと欲するなり（ボルツマン先生はアトミスチック論者にして、エネルギーチックの排撃家なり。其戒むるところは蓋し此辺に在るが如し）。

科学理論の発達を精査するに、決して連続的のものに非ず。間々跳躍的発達の極めて不規律複雑に混乱するを認め得べし。而も其の方法の、時々或は最も満足なる結果を生ずるを以て、動もすれば其唯一の方法にして、天地崩折すと雖も、渝らざるべしと信ぜらるるも、其応用区域を脱したる事實に遭遇する事有れば忽然として、其勢力は消散し、終に之を刷新するの必要有るを認むるに至る。此に至て守旧者と進歩者との軋轢を生じ、一は其陳腐にして用なきを譏り、一は其の真正なる理論を破壊するものなりと詰るに至らん。是何ぞ独り数理物理学に限らん。諸般の学芸に在ても亦皆然らざるはなし。

茲に簡略なる数理物理学の発達史を掲げて前述の事実を説明せん。

数理物理学の祖先は、ガリレオ及びニュートンにして、ニュートンは引力説を惑星の運動に応用し、大効果を奏せり。ニュートンは星を質点と見做し、其の間に質量に比例し、距離の二乗に反比例する引力有るものと見做し、其の名を冠せる運動律に照して、惑星の運行を攻究し、物体の墜落する所以、潮の干満有る所以等を明白にするを得たり。而して其運動律なるものはニュートンが地球上の物体に試験して得たる結果に外ならず。（後段対照）

ニュートンの後勁は、其大効果を奏したるに準り、星を離れて自然の現象を説明するに、ニュートンの方法を遵守し、之に些少の補正を加えたり。デモクリトは物体は原子の聚合したるものなるを説けり。是実に運動律を適應するに、屈強なる仮説にして、原子間に措用あるは、恰も星辰間に引力有るが如きものとなすときは、其一般の結果は星辰の運動に共通なるものを得べし。其一は即ち当時生力保存、現今エネルギー不滅則と称する原則に到帰す。

物体に対して外力が働きを為すときは、物体の生力（運動エネルギー）は増加し、其量は力と其の働きに依て生じたる変位の積を以て測るなり。而して此の力は物体の全体に措用を及ぼす。重力の如き、或は摩擦衝突に依て一局部に働くもの等、総て然らざるはなし。然れども摩擦衝突等は物体を熱するを以て、吾人は熱の微少運動にして、肉眼を以て見るべからざるも、神経に感ずるものなることを知れり。

今之を敷衍して、生力の損失は其賠償を熱の発生に得るを以て、直に生力と熱量との均同なるを詳にし得たり。又同体に在ては、構成分子間形勢の変化極めて微少にして、吾人は触目する能わず。液体に在ては運動頗る激烈となり、随時分子は其居を移すを得るも、飛散する能わず。氣體に至ては分子の散佚自在にして、恰も飛丸の如きを知るなり。是單に仮説にして、此の如く物体が三種の状態に存在し得るを容易に説明し得るなり。之を開発し深く実験に照すときは、分子は質点にあらずして、恐くはエーテル皮を以て掩われたる物体ならん。

物質を構成する分子より、尚一層微少なる原子より成立するエーテルの存在を仮想するときは、其の横振動を論及して、光に関する諸般事項を説明する事、猶ニュートンの微塵説に於けるが如きを得べし。然れども何故にエーテルに縦波の伝播する事、諸物体の如くならざるや、疑團未だ解くる能わず。

吾人が電気磁気に関する智識は、ガルヴァニ、ヴォルタ、エルステスツト、アンペアの考策に依て大に啓発されたりと雖も、其の効果を収むるファラデーの右に出ざるものなし。彼が発見したる新事実を応用し、之を説明するは当時未来の大事業と考えられたり。

最初電気磁気は液体に起因するものと為せり。然れどもアムペアは、磁気を説くに電流を以てし、両者を融合せしめ、ウイヘルム・ウエーベルは電流の運動を仮想し、遂に電磁気の諸現象を説明し得たり。ウエーベルは、電液は相互措用を生ずる通常物体の如くにして、其他比速度並に加速度等にも関係するものと説けり。之を総括するに、物理界の諸現象を説明するは、重量有る物体、エーテル電液等にて充分にして、是等は皆原子より成立せるを

以て、畢竟物理学に於いて研究すべきは、原子間の措用を論ずるに帰着し、之を数学に表せば、相互の運動方程式を、初定の事情に妥当して積分すれば可なるが如くなれり。

予が数理物理学を研修せんと志したる当時の趨勢は、前記の如くなりしが、四十年の星霜は如何に其の面貌を新にし、其の状勢を變じたるか。予は物理学曆に在ては、既に皓鬢老翁の如き感懷有らしむるも偶然に非るべし。予は決して新を好み、旧を顧みざるものに非ず。之に反して、予は先哲の遺論を補綻し、之を未来に通じて用あらしめ、急進論者が先哲の余音を竊剽し、敢て自家の所説と僭り世を誣罔するものをして、同事実を再三發明するの必要なきを知らしめん事を努めたり。然れども、予は刷新の利益を認めざるに非ず。只刷新の往々刷新に非るものあり。守旧の屢守旧に非るものあるを確めたり。次に其一二を論ぜん。

新派は第一にウエーベルの電気力学論に攻撃を試みたり。電気力学論は、実に電気測定、其の他の実験に寢食したる大学者が、掬躬思を凝したる卓説なるにせよ、数理上、論理上に幾分か小刀細工の痕跡を留むるを以て、斯論の絶對的に真正なるを信奉せし学者は、僅に小数なりしなるべし。マックスウエルはウエーベルの功勢を賞賛し、傍又一家の説を立てたり。

マックスウエルの所説は、二段に解釈するを得べし。一部は哲理的にして、一部は物理的なり。自然の觀念は須く其包含するところ饒多なるを要す。一二の事實を明にするを以て、足れりと為さず。之より惹出すべき結論は数多の実験に確証を挙げざるべからず。且つ同類の現象を説明するに、幾様の理想を變転連結せしめ、殊途同帰ならしむるを得べしと雖も、探験の結果遂に理想の範圍外に奔逸する現象を摘発するか、然らざれば、幾種の理想中唯一の能く之を收攬し得る機能有る者を見るに至らん。

先哲の多くは其啓発したる所説を以て、自然の現象を解剖し、其真相を暴露したる者と見解を下せりと雖も、マックスウエルは然らず。其所説は単に自然の仮象を写したるに過ぎずして、器械的類似として見るを得べく、当時の

状勢に在つて現象を引率し、単独なる理想の下に降服せしめたるに外ならずと論じたり。マックスウエルの卓見は、其所説を拡張するに有効にして、征服せる版図も亦た頗る廣大なりしなり。

当時電気磁気に関して、探究し得たる事實は、凡てウエーベルの所論に基き、両電分子の直接作用はファラデーの攻究に基き、許容すべからざるを以て、電体或は磁気体は空間を充実するミリユーに働き、其作用は漸次他体に伝播するを論ぜり。

マックスウエルの所論と、ウエーベルの議論と互に撞著するところありと雖も、其説明する所は同一の現象にして、其の間に優劣を見ず。然れども一たび迅速なる電気振動を喚起するときは、両説の黒白一目瞭然たり。マックスウエルに従えば、迅速なる電気振動はミリユー内に波動を生じ、之を支配する法則は光線を支配するものに外ならず。故に光体には必ず電磁振動有り。目に触れて光と為るあり。故にエーテルは、電磁作用を伝うる媒介物にして、光の伝播するミリユーと同一なり。只電磁運動を伝うるに必要な機能は、単に横波を伝ふるより複雑なる構造を具えざるべからず。

爰に予は斯る振動が、何故に永く吾人の知感に漏脱せしやを明にせん。掌を以て振子を動かさんか。振子球に掌を加え徐に之を右にし、又之を左にするときは、球は掌に従うて運動すと雖も之を最前の位置に戻すも、其の後は決して振動せざるべし。何となれば、球に頒与する速度は極めて小なればなり。今絃を張て之を弾くときは、絃は振動すと雖も、徐に糸を動かし、指を以て絃の振動する方向に之を弾くときは、更に振動せざるべし。是他なし、糸を動かすこと遅緩なればなり。

電波の伝播速度は莫大なるものにして、振子に於けるが如く、又弾糸に於けるが如く、帯電の状態を變する事緩遅なりしを以て、遂に其振動を詳にする能わざりしなり。ヘルツは多年辛酸を嘗め、終に観測し難からざる迅速なる振動を來す條件は、何の辺に存するかを確め、始めて性質上マックスウエルが予想せし如く、光波と毫も異ら

ざる電波に就て試験する事を得たり。

ヘルツ波と光波とは、數量上非常の差異あり。即ち電波の長さはメートルを以て測るべく、光波はメートルの百万分一を以て測るべし。ヘルツ波は目に触れて、彩を為さずと雖も、一種の装置を設け火花の発するを以て、其存在を知るを得べく、目してヘルツ波の眼睛と称するも可ならん。ヘルツは前古未聞の眼睛を以て、電波を探究し、直接措論の遠くマックスウエルの理論に及ばざるを確認せり。是を以て極端に趨る者は、先哲の開拓したる理想は、故紙に均しきを絶叫せり。

ヘルツ電波は、金属並に溶液等を除き、殆ど総ての物体を透過す。大氣中に於てはヘルツ眼睛に代うるに、マルコニ眼睛を以てするときは、通信機に利用するを得べく、其の措用は毫も光信機に違ふところなしと雖も、電波は雲霧の遮るところとならず。岩石と雖も透徹するを以て、金属を以て充実せる山岳有るか、然らざれば、水銀蒸汽の阻むところとならずんば、其の伝播を防止する容易ならざるなり。

放散線の多様なるは、此の如くなり。吾人が特に歓迎したる放散線は、レントゲン線にして、其透徹するところは略ぼヘルツ波の如し。而して其螢光を催し、其写真版に感ずるは大に其応用を拡めたる原因にして、吾人はレントゲン線を以て波動と稱するを躊躇するなり。線の偏り干渉屈折等に乏きは、波動たるを疑わしむるものにして、吾人が経験日尚浅きを以て、未だ線を偏らしむる物体に遭遇せざるか、或は光波に対して極微なる波長を有するか、或は衝突波なるか、吾人は括目して答の何れに在るかを待ちつつあるなり。

放散線の多様なるは此の如くにして、吾人の目に触るるもの此の如く少きなり。世人は何故に視力の斯く微かなるかを訝るものあらんと雖も、自然に周洩する現象を探知するに、如何許り苦辛せざれば、其の目的を達する能わざるを思えば、何ぞ独り放散線に於てのみ怨むるところあらん。

レントゲン線にして、果して縦波ならんには、大問題の前に横されるあり。吾人如何にしてエーテル内に縦波を

煽動し得るやの理を攻究せざるべからざるなり。先哲が光波を伝播せしむるため推究せしエーテルの特性は更に加りて、遂に電気磁気措用の媒介物となり、今日更に進んで復た新性質を与えられんとす。即ち縦波のエーテル内に伝播するの議論は遠からずして、吾人の耳朵に達せんとするの境域に進めり。

翻てウエーベルの電気力学説の状況を尋ぬるに、ローランドが運動せる電気に関する実験は、力学説に於ける此運動に連係する措用を確証するものと見解を下し、幻夢を驚破したるの觀有りしと雖も、是決してウエーベル論を庇護するに足らざる実験にして、其理由はウエーベルを待たずして、マックススウエル論の容易に解釈し得るところなり。

ウエーベル論を少く補足するときは、電流を通する伝導体と同じく、電流も亦磁力の為に方向を転ずる結果を得べし。是実にホール効果として囂しかりし試験に因て、確められたりと雖も、此の一証左は前敗を償うに足らざるなり。

マックススウエルの哲理は是等の事實に徴し、益其光輝を發せんとす。吾人は所説の真正なるを示さんとせば、如何に注意せざるべからざるを知るなり。如何となれば、一事實は幾様にも解釈を施すの方法有りて、殊途同帰なるもの、何ぞ電気磁気に限らん。且所説の陳腐なるも如何に新事実探究には有効なるか、吾人はホール効果に鑑みる所あるべし。

ヘルツ、レントゲン、ローランド、ホールが発見せる事實に徴するに、ファラデーは後進者に尚お推究すべき事項を残せしを覚るべし。夫の近時評判高きゼーマンが、磁石場に於ける光の変化に関する研究は、既にファラデーが自ら手を下したるものなりと雖も、当時器械完備せず、工致精巧ならざるが為め、遂に棄擲せしものなり。吾人は是に由て知る。哲人は能く小資を以て大事業を成就すと雖も、人間の智識は時に或は実験工器の整備を待つに非れば、完了するを得ざるを。前に記述せる新現象は発見の日を距る尚浅く、漸く其端緒を探りたるに過ぎず。故に

之を精細に討究して、相互の關係を索め、其他の現象に關連せしめ、之を力学物理機に投じ、織て錦繡となすには、吾人が今日臆測し能わざる大事業ならん。今是等の発見を応用して、人利に化せんと欲せば、須く其の精査に従事すべし。然れども理論の展開は趣を殊にし、既に梗概を得たるものと信ずるも、新事実の発見に逢うて忽然土崩するものあり。今日の状勢を察するに、数理物理学の屋梁は、揺撼已まず、動もすれば潰散形骸を残さざるに似たり。数理物理学説の、紛擾乱麻の状を呈する所以のものは、其因一にして足らず、就中力学の原理はキルヒホッフが指摘せる如く、疑念の種子にして、吾人が第一着に論定せざる可からざる問題なり。往時力学を論ずるものは、必ず物体に配するに力を以てし、其措用は能く物体の運動を左右するものとなせり。是を以て物体と力とは駢立するを論ずるものあれば、力が物体の性質なるを説くものあり。或は力を先にし、其の措用ありて然る後始めて、物体あるを弁ずるものあり。

キルヒホッフの論拠は大に趣を異にし、前論の是非を判ぜず、其反て問題に適切ならず、且つ之に答うべからざるを確執せり。彼れは此の如き黯黒なる哲理に趨らんよりは、寧ろ尽く之を芟除し、力学をして最も簡便にして、單純なる経路を踏み、物体の運動を詳論するの学問となせり。故に彼は只質点を導き、之が運動を規定する法則を数式に表すに過ずして、力は最初全く刪除せり。

キルヒホッフは其後、力の字を引入したりと雖も、是吾人が普通に了解するものと違い、一定の代数式を指すに外ならず。而して其式は運動を詳説するに、始終随従せるものなり。吾人は其解義を下すに当り、筋腕に訴えて其多寡を知り得る一種の感覚に対応する類例に基き、其説明を試みたり。

キルヒホッフは旧慣を脱却し、革命を企てたるが如しと雖も、要するに形式的の革命に止まり、ヘルツに至り始めて其実践を見るに至れり。キルヒホッフの表式は、後学の模倣するところと為り、之を補遺したるものに乏しからずと雖も、未だヘルツの淵源深遠なるに及ばず。人皆ヘルツの力学を称賛して已まず、其之に倣うものなきは

何ぞや。根本既に固くして枝葉滋蔓せざるは恠まざるべからざるなり。

予はキルヒホッフの理想を少々補綴するときは、其ヘルツと同一の所論に到歸するを説きしものあるを聞かず。キルヒホッフが質量の解義を下すは、独り質点間に連結方程式の存在せる場合に於てのみに限り。斯る場合に在て、吾人は彼が質量として表す因数の当然なるを承認すと雖も、質点間に連結方程式の存在する事なくして、運動する弾性体気体の如きを論ずるに至つて、其解義は忽ち効用を失ひ、連結方程式無き場合を除去するに非れば、疑団解くべからざるなり。

力の觀念を包繞する暗霧は、ヘルツの掃除するところとなり。古流力学の力は、単に質点間に相及ぼす直接措用にして、キルヒホッフの概念は他なし。力の間接措用なると直接措用なると形而上議論に趨らず、只直接措用と見做し得べき場合に限り之を論ぜり。然れども今日電気磁気はミリュウの措用なる事疑を容れず。独り重力に至りては、未だ其近因を詳にせずと雖も、其発見者ニュートンも亦其直接措用にあらずして、ミリュウの然らしむるところなるべきを信ぜり。分子力に至つては其源因を明にする能わずと雖も、固体に在ては、形体の不変なる方式に已に其條目を備え得べく、液体に在りては、其容積の不変なるを表式して、解義に換うるを得べし。而して弾性、伸縮流体、結晶力、化合力等は如何に條項を表式すべきや、吾人は未だ詮索し得ざるなり。然れども是等の措用を彰明にするは、早晚連結方程式の範囲内に属するものなるは、火を睹るより明なるを以て、ヘルツは其の然るべきを予察し、キルヒホッフの意想と表裏し、従来直接措用と見解を下したるものは悉皆排除し去りて、数式上精確に連結方程式を応用すべき運動のみを残せり。ヘルツが力学を革新せしは、単一の運動律と連結とを啓発せしにありて、其律はガウスの最少束迫の原理に包含せらるるものなり。キルヒホッフは通常運動の原因に関する問題を避けたりと雖も、吾人が運動の素因となす直接措用は、ヘルツの抛棄するところとなれり。彼は従来連結を説くに力を以てせしを、反転して連結に依て力を詳にすることとなせり。故に力を征服するに至てはヘルツの功、キルヒホッフ

の上に在りと言ふも可ならん。彼は斯く簡明なる方法を以て、頗る不合理なる原理を以て充填せる力学の溝渠を疏通する事を得たり。然れども不幸にして其新開の経路を整備するの運に至らず、千問万難に対する解釈を筆するの違なくして遂に瞑目せり。

固体の放動の如き一種の現象は、ヘルツの所論に基き、容易に説明すべしと雖も、匿動の仮説を引入るるに非ざれば、自然の現象の多くは了解し難し。吾人が目撃し能わず、窺測し得ざる運動を伝授せられたる、一種の質量ありて、其物体に与うる措用は、或は電気磁気措用として顕われ、或は引力措用と為るあり。然れども人或は曰わん。吾人が知得せざる質量の存在せるは、許容すべき仮説なるや。此の如き仮説を以て、吾人解釈の目途を達し得るか。夫のエーテルの如きは、此類例に属する能わず。何となればヘルツが排掃したる力の働を呈する構造を虧く能わざればなり。予は充分に吾人が目的に適合する、器械的類例の能く匿動を明示するものあるを発見するの困難を認めたり。故にヘルツの垂流を汲み、問題を解決せんとするに当り、簡單なる場合に在つても、容易に匿動を指摘し能わざるか、或は極めて複雑なる器械団を必要とすることあらば、彼が発揮せる力学解釈方法は、学者の深慮熟考を俟て然後に論定すべきなり。

予の見るところを以てすれば、ヘルツの力学は未来の發達に資すべき課題にして、自然の行動が化工的理想を注入することなくして、ヘルツが推想せし如く匿動を以て、説明するを得る曉には、旧派の力学は全くヘルツの学派に降服せざるを得ず。然れども、此時期に達する間、従来の方法は唯一の明瞭に諸現象を詳説するものにして、吾人が如何に隠匿せる運動を想像すべきかの労を費さざるは其独特の長所なり。

ヘルツは其の著書に於て、キルヒホッフの数理物理的思想を完全したるのみならず、又マックスウエルの哲理思想を周備せり。マックスウエルはウエーベルの電気力学論を評して、誠実なる物理的議論となせり。即ちウエーベルは、格物的実体を与えたるも、マックスウエルは只現象の仮像を描写したるに過ぎず。ヘルツは此理想を觀破し、

哲学者が既に証左を發揚せし如く、総て理論は実体と符合するものに非ず、皆吾人の脳裡に浮沈する現象の仮像に過ぎずして、仮令ば文字と其の表識する物体との如きを物理学者に摘示せり。

是に由て之を觀れば、絶対的真実なる理論を講説するは、吾人の務にあらざして、最も簡略にして、最も能く現象の変態を、相貌するものを發見するに在り。而して、理論は其趨路を異にするも、現象を描画するに至つては、互に符節を合するが如きもの有るを得ん。是二様の自然仮像にして、吾人は其の孰れが正しきかを判断する能わず。故に唯一の正実なる理論と確認せらるるものは、他に簡略にして、現象を相貌するもの無き主觀的証左を得たるを明言するに外ならざるなり。

此思想を闡發するときは、從來根柢無くして、学者の考慮を煩したる難題の渙然氷積するものあり。人曰すや、質点は想像点なり。如何にして斯点が措用を生じ得るか。如何にして点を集結して厚さあり、長さあるものを構造し得るか。然れども吾人は、今日質点の仮像にして、力も亦類を同うするを知れり。質点に厚薄有る能わずと雖も、其聚結したるものを以て、物体を描画し得べし。而して、物体は質点より成るか、或は連続的のものなるかの問題を解剖するときは、現象を模写するに於て、何れが最も明晰なるを得るかの一間に集注するを確め得べし。

目下、物理学に大革命を促しつつ有るものは、エネルギー原理の応用發達なり。斯理の泉源に遡るときは、明に經驗上自然を力学的に觀破したる理想の結果にして、エネルギーは単に力と道との積、或は質量と速度の二乗との積の半を以て表す数式に止まれりと雖も、熱、電気、磁氣は吾人が其奥裡を窺測し能わざるものなるを以て、エネルギーの原理の此域に効果を獲る極めて大なるは、疑を容れざるところなり。力学が猶乳臭兒を以て比すべき時代に於て、エネルギー原理の嶄然頭角を現わすべきは、学者の予期せし所なり。ライブニッツは力の物理的觀念を發表せしが、其力と称するものは、現時のエネルギーにして、恰もエネルギーゲチック論者が、当今慣用せるが如し。独りライブニッツは、衝突に伴う非弾性体の歪、發條の張力の如きを、エネルギーと同じく見解を下し、嘗て熱の一種の

エネルギーたるに心付かざりしなり。又ヂュボア・レイモンがヘルムホルツを追悼し、其マイエルに先んじ、熱のエネルギーたるを悟りしを論ぜりと雖も、大に謬れり。何となれば、マイエルは熱の分子運動に起因するを説かず。只其一種のエネルギーにして、器械的仕事に均同なるを識認せるのみ。クラウジウスの如きは、特に二様の見解を區別し、熱を以て分子運動の結果と見做したるものより演繹する熱学を特別熱力学と為し、其の単にエネルギーなるものと見做し、運動の性質に毫も限界を付せず、一般に知られたる事項を根基となし、立論したるを以て一般力学となせり。

特別熱力学の成果は一時赫々たるものなりしと雖も、分子運動を收攬するの阻礙に扼せられ、其趨路は忽然封塞せり。一般熱力学は之に反し、收獲するところ極めて大なり。熱と仕事との交換を量定するに必要なは温度にして、絶対温度と、エントロピーと名くる一種の函数の積を以て導入したる熱量を測り、展開の方法容易なり。是を以てクラウジウスが創建せる一般熱力学の堂宇は、ギブスの増築するところとなれり。ギブスは常温度に於ける、又常圧に於ける等、数種の熱力学ポテンシャルと称する工匠を駆て、化学及び毛管措用等に関する新事実を闡発するの運に達せり。

其以後他種エネルギーを討究するに、電気磁気放散エネルギー等に於ても、皆二個の因数に分別し得るを認めたり。是を以てエネルギーチック家と自ら唱うる輩は勢を得て、遂に熱とエネルギーの同値なるを認定するも、其均同なるを許さざるに至れり。

エネルギーチック崇拜者は、自然を端倪するにエネルギー観念を發達せしむるの唯一の方法なるを論じ、度量兩因数に剖判して、之に付随する変分定理を以て、自然を支配する綱領となせり。何故にエネルギーは斯く有様を異にするや、又双綫の形跡を残すに係らず、特別の法則に導かるやの器械思想は、之を不問に付するのみならず、反て物理学討究に害有るものと見解を下し、未来の科学は、異類エネルギーの対応關鍵を明にするに在りて、一言之

を掩おほえば、エネルギーの博物史と為さんと欲するを見る。是を以て措用あるもの、悉ことごとくエネルギーたる莠論ゆうろんの已やむを得ざるを確むるなり。

異類エネルギーの類例を論ずるは、頗すばる重要な問題なるは疑を容れず。又エネルギー観念を基点となし、研究に従事するは、決して邪蹊じやけいに陥りたるものに非あらず。又数理物理学の正道を踏むものと雖いえども、此処こゝ彼處かゝ膨大して、反応を催すものなきに非あらず。即ち今後原子の構造旋渦の運動及び其連貫等を察知するときは、自然の倉庫の鎖鑰さやくを握りたるものと覚悟せるもの多きは、怪むべきなり。

予は物理学の問題を解するに、多面多方より針路を集注する方法を奨励し、独特秀逸なる議論を欣きん抃べん歓迎するものなり。然しかれども予が見るところを以てすれば、エネルギーチックは、往々皮想的形式的の類例に流れ、其の法則の如きも、正道に従いたる数理物理学に共通して、明晰單純なる規格を離れ、其効果は嚴固なる能あたわずして、科学の進捗に欠ぐべからざる良素を委棄し、脆薄なる根基を養わんとす。而してして、エネルギーが現存するものなるか、將物質が存在せるものなるかの問を發するに至つては、吾人は形而上学の有害なるを確認し、陳腐の議論を再演するものと評せざるを得ず。

予は斯かく少しくも忌憚することなく、エネルギーチックを判評するも、畢竟ひつきやう斯学の發達を導かんと欲するを以てなり。ヘルツの力学論に於けるが如ごとく、エネルギーを両因数に別わかち、変分定理を利用して、物理学の全壁を完聚し得るやの問題は、未來に答を求むるの外なきなり。而してして、従来の方法が、前論の方法が自然の仮像を相貌するに一籌いちちゆうを輸するや否の問題は、此答を須まつて然後しかのちに決すべし。

エネルギーチック派を離れて、異端を唱うるは、現象学派にして、従来原子の構造型質に関する仮説を基礎となし、吾人が目撃する現象は、仮説の当否を卜ぼくするの一助なりと勘考せしものに反応して、開基したるものなり。

前に説く如ごとく、クラウジウスは分子運動仮説を離れたる一般力学と、特別熱力学と區別せり。又アムペア、フラ

ンツ・ノイマン、キルヒホッフ等の物理学者は、物体の分子構造を許容したるも、其演繹法は決して分子論に憑拠せるものなし。彼等が慣用せし議論の端緒は、ライクリッド流と称して可ならん。何となれば、彼等はライクリッドが幾何学の巻首に載せたる方法を遵守したればなり。彼等は自然に明白なるか、或は実験上疑を容れざる通理を掲げ、論理上に照して之を展開し、遂に一般（積分）の法則に到歸せしむるを常とせり。

此学派と分子仮説とに基き、吾人の成就するところ頗る多し。然れども、マックスウエルの電気磁気論は趣を異にせり。最初彼が電気磁気を論ずるに当り、電磁措用を伝播するミリユーを仮想し、之を構成する無数の分子は、構造極めて複雑にして、器械措用に働かれて、実験に近き運動を生ずるものと見做し、之を資して電気磁気措用を包含する方程式を惹出す一助に供せり。故に彼は其説くところを以て、自然の状態を照耀したるものと為さず、只其の仮像と見做せり。其後彼は説明に資すべき器械を考案せりと雖も、悉皆連結方程式を満足する一個の簡單なる器械を工夫し能わざりしなり。之に因て、ヘルツが其電気磁気原理方程式の発端に主張したる、議論の秩序を整備するの経路を闢けり。

電気磁気措用を表す方程式の器械的説明は、ヘルツが探究せし所に非ず。又ライクリッド流は彼が嗜好に適せざりしなり。彼曰く、力学の原理を表す方程式は二三の試験を根拠として、其の正式なるを確認せられたるに非ず。電気力学論に於ても亦アムペアの五六試験が能く其正式なる証左を挙げたるに非ずして、総て吾人の経験に徴し、嘗て演繹し来りたる結果と乖戾せざるは最も強固なる証拠と見做すを得べし。是を以てヘルツは断言して曰く、先ず原理方程式を書すべし。然る後百般の條項を轉換し、方程式の与うる結果と実験の効果と錯誤を生ぜざるを詳にせば、自ら黑白を判明し得べしと。

識者此論を評し、或は以て極端に走れる巧計なりとなし、或は以て物理探究の屈強なる手段となさん。即ち現象を攻究するに当り仮説を用いず、一の觀念を挿入せず、或は器械考説を挾まずして、題目に掲げたる現象を數量上

追跡するに足る方程式を先鋒となし、状況に適合する條件を之に満足せしめ、以て之を経験に照し、其最も簡単なものを、取用するの方法に従うものなり。予は之を以て、数理現象学と名づけて、以て此極端なる学派と一般現象学とを區別すべし。一般現象学派は、自然の現象を博物史的に詳説して、其之を説明する手段に至つては、更に拮据となく、独り単一なる自然の観念器械的考説の如きを容れざるに過ぎず。マハが総て電氣に關して成就せる実験、並に未來に為さるべき実験を包括して、以て電氣と為すと講説せるは、一般現象学の好例なり。然れども、双方の現象学に於ても、吾人の経験外に逸奔せざるは、此学派の特色なり。

数理現象学は応用上、屢々必要なる事有り。原理方程式に歸到する仮説は、動もすれば強固ならずして、変更を要する事有りと雖も、方程式は之を数多の経験に徴して、案検せし後は一定の限界内に於て確實なり。若し其界域を踰ゆるときは、之を精査し、之を補遺するの必要を生ずべし。故に脆弱を去り、牢固に就くときは、数理現象学は応用に乏からざるべし。

物理学、否科学を研究せる目的を達せしは、諸現象を総て特別なる場合に於て、精細に且完全に表示する方式を見出したる曉に在るべし。然れども原子の措用と其發生とを探知すると同じく、人間の到底望むべからざるものに近し。

現象学者は経験の閼を踰えずして、自然を描画し得るものと信ずれども、予は之を以て幻夢となせり。方程式にして自然の行動を精密に写出するものあらず。加之是等の方程式は自然の行動を相貌し、同きを加えて、異なるを去るを以て、自ら経験を離るるものあり。此の如き場合は格別に未來の現象を先見する觀念を養成するに必要にして、吾人の想像が経験外に趨るは已むを得ざるの勢なり。

ゲエテ曰く、経験は常に半ば経験に非ずと、実に吾人が慧敏に経験を超越するや、見識を汎くし、驚くべき事實を闡明すと雖も、亦從て邪蹊に陥り易きは免るべからざるなり。是を以て現象学派は其経験の閼を踰えざるを誇称

せずして、其限界を広くするを努むべし。

彼等は自然の仮像を設けずと称すと雖も、大に謬れり。彼等が使用する數量並に其關係及び類群は、力学に於ける幾何講説に均く、自然の行動を象るものなり。然れども此方法たる、數量の講説に適せりと雖も、新景を描写するに宜しからず。即ち珍奇を抉出する嚮導者として見るべからず。一般現象学に在つても亦然り。現象の象似を明にするは、極めて不適當なるものなり。故に吾人は好結果に到帰せんと欲せば、臨機応変に仮像を考説し、之を逐一新設の經驗に徴し、其当否を検すべし、斯く為さざるときは、嘗て分子学派が批難を蒙りし如く、仮像を作るに汲々として、事実を忘却するの虞有り。是実に理論に偏る弊の然らしむるものにして、独り分子学派に特有なる紛雜のみならんや。畢竟仮像を忘信するの罪に歸せざるを得ず。恰も数学者が其方式を信じて、實際を記載するものと做すは、其誤謬も亦之に類するものあり。而して現象学者は熱力学の觀念を仮らざれば、理解すべからざるものとなすに於て、其弊を生ず。又非分子学者は分子に関する思想は、特別に排除するを以て、キルヒホッフと雖も、其弊を免かれざりしを知るなり。即ち彼は流体力学の方程式を信憑し、遂に熱を伝導せる気体に於て気圧の異なる事を承認せざりしなり。

数理現象学が、物質の連続的講説に趨るは自然の數なり。然れども斯学に用いる微分方程式を討究するときは、其単に限界状況を説くに過ぎず。反て微妙なる原子の無數に存在するを想像せざれば、意義を失する嫌なき能わず。只數式を濫用して顧みるところなくんば、原子の理想を離るを得べしと雖も、要するに現象学は方程式の中裳内に、原子の存在せるを擁掩せるに過ぎずして、此の如き原子は現象の如何に因て、其構造型質を変更するの必要有るを見れば、最初單純なる原子学より道を拓くの優れるを悟るなり。

エネルギーチック派と現象学派は、原子学の結果瘠瘦なるを以て、其墮廢を予期し、或は其有害なるを論じ、或は数理現象学の分子的思想より誘導せられたるを許容するも、既に原理方程式を確定したる後は、之を放棄するも不都

合無きを説き、期するところは分子論の滅亡に外ならず、彼等は又特に歴史に徴し、極めて尊崇すべき原理が、一朝にして堙滅したる例証を挙げたり。

然りと雖ども、史例は当れるも有り、当らざるも有り。吾人の夢想に浮ばざりし変革が襲来せる例なきに非ず。吾人は朝に寸毫も疑を容れざる事項が、夕に豹変するを覚悟せざるべからざるなり。然れども是等の学派の功績は、幾多の変遷を経て、科学に始絡跡を止むるものなきを保せず。而してエネルギー派現象学派と雖も、亦安んぞ一朝潰裂散乱するの災に罹らざるを知らんや。

特別熱力学の専門家が、クラウジウスの意見に随い、一般熱力学の有利なるを称讚するは、決して後者の奏功多きを以て前者を斥くるの意見にあらざるなり。若し原子学に於てのみ、特存なる功績の、一般熱力学の結果に比すべきありやと問うものあらば、其昭代を降て、近年赫灼たる功勢有りしを詳にすべし。ファン・デル・ヴァールスは純粹なる分子論に基き、液体、蒸汽体、気体の溶融沸蒸の変遷限界を蹠えて、極めて實際に近似する情態を指示する方式を係引し、数多の新結果を啓発せり。又近時分子論に基き前式を補填し、アルゴン、ヘリウム等の如き元素の性質を精査するの方便を詮索し、愈分子間の状態を詳にするの運に達せるを見れば、現象学者が思案せし物体の情態を余すところなく、数式を以て表す計画は、反て分子学の範圍に移らんとす。又続て、液体の力学説は、益其根本を固くせんとするの勢有るは、現象学者の幻夢を破るに近し。原子論者は、近年ギッブスが開發せる熱分解論を註釈拡張せり。其の議論は専ら分子思想に関連する経路を踏踐せるものなり。彼等は流体力学方程式を整修するの必要を説くと共に、原子論者は其実験を指導し、如何にして其方程式を革新すべきを表明するの器能を備具せるものなり。

気体の両比熱の比は分子論に關し、現時枢要の位置を占めたり。クラウジウスは、始めて気体分子が弾性球の性質を備うるときは、比熱の比が $2/3$ なる事を算定せり。然れども、当時此の如き比を有する気体の存在せざるが為

め、気体分子は斯く簡単ならざるを信ぜり。而してマックスウエルは球状分子にあらざるときは両比熱の比が $1\frac{1}{3}$ なるべきを発見せり。然れども当時、実験上探知せられたる数は $1\frac{1}{2}$ なりしを以て、マックスウエルは其議論を放棄せり。マックスウエルは分子の形状が一軸に相対なるときは、理論に予察せる如く、一・四の値を得ることを失観せり。

クラウジウスが算定せる比の、水銀蒸汽に就て確認せられたるは、クント、ワルブルビの実測に徴して明なるところなりと雖も、其の極めて難渋なる試験なるを以て、之を再設するもの有るを聞かず。又今日之に心を留むるもの稀なり。輒今此比の論は蘇生して、レーリー、ラムゼーが発見したる新気体に於て $2\frac{1}{3}$ なる事詳にし、併せて其分子構造が水蒸氣に於けるが如く、簡単なるを明にせり。顧うにマックスウエルが遺忘せずして一・四の比を算定し、或は新気体をクラウジウスが議論を吐露する以前に、既に世に知らしめば、其氣體論を發揚するに万鈞の力有りしは、論を俟たざるところなり。吾人の理論上推想せし数は、其後單一なる氣體あるに就て立定する事を得たり。予は特にエントロピー定理と、確らしさと分子論に連係するを明記す。其真旨に至つては、論争すべき疑点を存するも、達観者は吾人が是を以て、理想を展開し、斬新なる推理綜合を指嚆し、且つ実験を誘導すべきを容認するに躊躇せざるべし。

原子論の是等の成功は、エネルギーチック、並に現象学の専らにする能わざるところにして、予は理論の能く物理学、化学、結晶学等に跨り、他学の為し能わざるを為すもの有れば、之を攻むるを止め、反て之を掬育するの要を説くものなり。然れども分子の情況に関する講説は、其範圍を広くせざるべからず。比熱の比に関する議論も亦、未だ其応用を汎くせざれば、須く討究すべし。何となれば、実験と理論と符合するは、独り單一なる氣體に限られ、分子が弾性衝突を縦にし、且高温度に存在せざる場合に止り。分子の紛雜なる性質状貌に至りては、未だ全く手懸りを得ず。是れ吾人が須く搜索すべき事項なり。又原子論に付随して、方程式の仮説を離れ、數式に偏執し、或は

質点に拘泥することなくして、方程式を精査討究するの緊要なるを覚るなり。

思想の競争は今日尚活潑なり。人々其の信ずるところを以て、正しきものとなすと雖も、要するに其の優劣を較せんと欲するに当つて、斯く為し得るに過ぎず。而して現今の進歩に連伴して、人々自ら安んずる能わず。終に如何にして收拾すべきかは、皆括目、答を待ちつつある問題なり。

形而上学を脱却せる力を以て、基礎を固むる古流の力学は、其命脈を保つべきか。或は終にヘルツが主張せる墮動其他議論の凌駕するところとなりて、歴史上其の形跡を止むるに過ぎざるか。現今の分子学は之に補遺改正を加うるに係らず、遂に全く表裏せる分子論の侵略するところとなるか。或は予の憑証に欠漏有りて、反て連続物質論が自然の仮像を指示するに最も適切なるか。器械的自然觀念が、エーテルの簡單なる器械仮像を発見するに、遂に勝を占むるか。斯様の模型を構造し得べきか。或は非器械的觀念が此問題を解釈すべきか。エネルギーの両因数が自然を征服するの運に達すべきか。或は吾人は自然の行動を以て、数多の現象が凝聚せるものと見解を下すべきか。或は物理理論は、啻に方式の類聚に変じて、之に關繋せる方程式の審議に帰着すべきか。吾人は今後一種の仮像は自他の簡單にして、包擁するところ汎きものを以て、代用すべからざるを詳にし、其誠実なるかを確認し得べきか。或は吾人の脳裏に浮ばざる仮像を相貌するを以て、未来の像類を描写するに近きか、誰か是等の問題に注目せざるものあらん。誰か是等の疑が解釈せられざるに先だち、瞑目するを嘆ぜざるものあらん。嗚呼死耶、命耶、勝敗未だ決せざるに、天命既に定まるも、亦逸樂なるかな。遠きを疎んじ邇きを嘔むは人情なり。吾人何ぞ百年の後を憂え焦思尽瘁するの要あらんや。十九世紀の成就するところ既に大なり。往を送り、來を迎うるに当り、科学を進むるに高尚なる見解講説と、事実の横溢するとは予期するところなり。而して旧慣を因襲し、新世紀の福祉を祝するに何の爵を以てせんか。聞く往古スパルタの軍士、其の壮丁を鼓舞して曰く、吾儕より剛勇なれと。予は新世紀をスパルタの壮丁に象り、逝く者より勇壯雄大なれの辞を以てするものなり、

× × × ×

ボルツマン先生は、エネルギーチック派の趨向動ゆやうどうもすれば誤謬ごびやうに陥るを以て、数理物理学に微分子論わいぶんしろんの等閑なごぞうに付すべからざるを論ずる前後数回。然れども今回の如き痛快なるを見ず。而して先生の得意とするところは、末段数項に在り。其エントロピー則を論じ、比熱の比を考索する等、先生の最も力を用いるところにして、一言の其功績に及ぶなきは何ぞや。先生謙讓己の功勞を誇稱するものを嘲笑し、態度を知らざるものと為す。顧うに六年前先生氣體論を講じ、分子速度配置論に至る。クラジウスの迂を弁じ、マックスウエルの明を賛し、下つてテイトの評に至る。先生大喝して曰く、テイトは自ら其議論を以て氣體を論ずるに適切なりと為すも大に謬あやまれり。予は十八九の頃既に此論に基き、テイトの勘定せる積分を算出し、エチンバラの天狗が吠えたる議論は既に腦中に埋伏せしが、其適切ならざるを見て之を放擲ほうてきせり。加之彼が勘定せる積分は、第三位下誤有りと。座にテイトの弟子ビエッチー有り。此の談を聞き、冷汗額うろおほを沾す。先生講義中嘗て自己の功績を言わず、其テイトを論ずるに当り、特に其常調じょうてうを變じたるは、蓋し彼が傲慢なるを咎むるの意か。或はテイトを以て弱年のボルツマンに及ばずとなすか。而してビエッチー有るを顧みず此言を發するは、其意をテイトに通ぜしむる為か。先生の微分子論に於ける位置に就ては、世既に定評有り。其自ら任ずるも亦此の如し。是れ其数理物理学趨勢を論ずるに当り、一言の己の功勞に及ばざる所以か。

(明治三十二年(一八九九)「東洋学芸雜誌」第二百十九号・第二百二十号所載)

- 長岡半太郎著『随筆』（改造社、一九三六年十一月）所収。
- PDF化するにあたり、旧漢字は新漢字に、旧仮名遣いは新仮名遣いに改めた。
- 読みやすさのために、適宜振り仮名をつけた。
- PDF化には $\text{L}^{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}_{2\epsilon}$ でタイプセッティングを行い、 $\text{d}^{\text{v}}\text{i}^{\text{p}}\text{d}^{\text{f}}\text{m}^{\text{x}}$ を使用した。

科学の古典文献の電子図書館「科学図書館」

<http://www.cam.hi-ho.ne.jp/munehiro/sciencelib.html>

「科学図書館」に新しく収録した文献の案内、その他「科学図書館」に関する意見などは、「科学図書館掲示板」

<http://6325.teacup.com/munehiroumeda/bbs>

を御覧いただくか、書き込みください。