

## 『京都新聞』日曜「天眼」 佐藤文隆原稿

2017年

2017年2月22日

### 大統領と科学

トランプ米大統領の政策については、選挙中の過激な発言もあり、様々な不安を世界中にばら撒いている。科学技術の先進国では、政権交代で科学政策の激変はないと考えられている。行政の裁量内で、財政難で予算が縮小して一律に研究費の節約が迫られたり新規実験の実施延期などはあるだろうが、個別の研究テーマを選んでみたり、中止させたりして、世間に政治姿勢を示すことは減多にならない。

日本では新登場の民主党政権が「予算仕分け」で「スパコン」は「二位でダメなのですか？」と初めて問い、官界にも学界にもハレーションを引き起こし、世間からも政治介入と批判されて押し返された。これを教訓に、科学技術の研究テーマや環境問題の様に科学的知見に基礎を置く政策については、審議機構の改変や人選で政権の影響を行使することにして、政権や政治家は科学技術の個別のテーマをあまり口にしない様に注意しているようである。

政治介入と見られるのを警戒し、専門家集団の見解を尊重して、政権が慎重に振る舞うのは欧州でも一般的である。例外なのは米国で、大統領交代で個別の科学政策に介入することがよくある。クリントン政権の後をうけたブッシュ政権は、選挙で争った環境問題に熱心なゴア候補との差を際立たせる効果も狙ってか、京都議定書からの離脱を実行した。また、人工中絶などに反対する保守派支持勢力の意向を受けて生殖医療全般の抑制策にでて連邦政府予算から ES 細胞研究費を出すことを禁止した。さらに連邦政府の直接管轄でないが、大統領の発言と連動する運動団体がダーウィン進化論を学校で教えることに反対した。具体的にはダーウィン進化論を教える時には必ず宇宙創造のインテリジェントデザイン説を教えることを理科教師に強制するように、運動団体が地方の教育行政当局を突き上げる行動にでたのである。

しかし現実には、ブッシュ政権は9.11突発でイラク戦争に突入したので、科学と倫理が絡む問題で攻勢に出ようとした当初の意図は後景に退き、大方の記

憶からは薄れてしまった。

実はクリントン民主党政権が復帰した時にも科学政策で大きな「事件」があった。レーガン政権末に決定し、父ブッシュ政権時から地元テキサス州に建設途中であった SSC という素粒子加速器研究所を中止して解体させ、千人規模の人員を解雇したのである。これは冷戦崩壊に連動する科学界の転機を画するものであると拙著「科学と幸福」(岩波現代文庫)で論じた。

政治が科学に手を出すと火傷をするというジンクスがあるが、クリントン政権は基礎科学と健康保険を並べて国民に問おうとしたといえる。巨額な資金を要する科学研究界の上手な扱い方は今や政権運営に必須の手腕である。あまり関心がないのか、トランプ大統領の科学顧問の任命が遅れており、米科学界はやきもきしているようだ。

2017年4月2日

### 灯台下暗し 一子沢山の矮星一

太陽のように自ら輝く恒星はそれこそ“星の数ほどある”が、太陽系の様に、恒星の周りを公転する惑星系は長年一つも見つかっていなかった。惑星は真ん中の主星からの光を反射して微かに光るだけなので、眩しい主星が邪魔して、直接には見にくいのである。

ところが、二十年ほど前から、惑星系を持つ恒星が次々と発見され、もう三千個にもものぼる。突破口となったのは、2015年に稲盛財団の京都賞を受賞したマイヨールさんによる主星のドップラー効果を精密に測ったことだった。惑星を持つと主星も振り回されて周期運動をするのを発見したのだ。これに刺激されて、次に惑星が主星の前を横切る際の減光を測定するトランジット法で NASA のケプラー宇宙望遠鏡が活躍し、系外惑星の数は急に増加した。自動車のライトの前をハエが横切った際の僅かな減光が感知できる検出器が出来ているのである。

一ヶ月ほど前、恒星トランプスト-1 に 7 個の地球型惑星発見というニュースが世界を巡った。この子沢山の星は、もう三千個もある系外惑星系の中でも、異色中の異色だからである。

まず、気をひくのは、距離が 39 光年と近いことである。太陽に近い恒星は 10 光年以内で数個だから同じ町内といった感じだが、実は近所にどれだけの恒星

があるかよく分かっていないのである。今回の発見はそういう近傍の暗い矮星探しという地味なトラピスト・観測プロジェクトで新しく見つかった矮星に狙いを定めて、周期的減光の手段で、発見されたものだ。かに座の方角の19等星の星で、本体は太陽質量の8パーセントの赤色矮星である。赤外線に感度が高いスピッツァー宇宙望遠鏡も活躍した様だ。

次のポイントは見つかった7個全部が地球型惑星であることだ。地球型とは木星型のガス体でなく、海もありそうな岩石の惑星だということである。

そして、極め付きの三つ目のポイントは内側の三つは軌道がハビタブル・ゾーンにあることだ。水の様な液体が存在する温度環境と生命活動を支える持続的なエネルギー供給が存在する様だ。ハビタブルとは居住可能という意味で、生命の発生にはまだ大きな落差のある話だが、気の焦る話題である。

暗い矮星でもハビタブルなのは公転周期がたった数日という主星に近い軌道にあるからだ。このためお互いにも近く、ある惑星上に立てば他の惑星は月よりも大きく見えるだろう。また、月が地球に同じ面を何時も向けている様に、潮汐効果で、惑星が主星に何時も同じ面を向けていると予想される。だから常時昼と常時夜の二地域に分かれた惑星表面であり、地球型惑星といっても、地球の常識が通用しない異様な世界である。

「宇宙の端まで見えた」という“空気”が支配する一方で、近所にはまだまだの異様なものが隠れているという「灯台下暗し」を実感させる発見といえる。

**2017年5月13日**

**量子力学90年**

物理学の大きな流れでいうと、今年が量子力学90年の年である。アインシュタインより一世代若いハイゼンベルグたちが提出した数理理論に、ボーアらが物理的意味付けをして公認のものになったのが90年前のソルベー会議だとされている。

微小な原子の世界では「作用」の次元量に最小単位があるとする量子仮説が1900年にプランクにより提案され、これを光の粒子説や原子内部構造論に発展させたのがアインシュタインとボーアであった。

そして次の段階として、個別の現象ごとの量子論を包括する一般的な理論が追究されるなか、1925年にハイゼンベルグが行列力学を、翌年にシュレーディン

ガーが波動力学を提案し、デイラックはすぐ両者の数理的関係を明らかにした。しかし、この理論を使う際の物理的解釈をめぐって混乱があり、ボーアはハイゼンベルグとともに一つの解釈を纏めあげた。これは彼の研究所の場所に因んでコペンハーゲン解釈と呼ばれている。

ボーアはこれを1927年秋のソルベー会議で発表し、当時の物理学のオーソリテイの居並ぶ席でコペンハーゲン解釈の公認を得たのである。ところが、この時、専門的にも一番近いアインシュタインが異論をとらえた。ボーアが必死に説得して、アインシュタインに不満を残して押し切った、不安なスタートだった。それでも、原子と光の課題から始まったこの量子力学は、原子核・素粒子や固体物理でも次々と威力を発揮し、今日まで90年、宇宙の解明やハイテクの基礎として大活躍している。

ではアインシュタインの不满は的外れだったのだろうか？彼の問い質したポイントは、実は今も解消したわけではない。ただ、その深みにはまり込まずとも、量子力学は使えるという時代が長く続いているのである。「アインシュタインに分からないことが君に分かるはずないのだから、惑わずに“黙って計算しろ(shut up and calculate)”」という思想善導の功績といえる。いまこの英語をネットで検索すると、これプリントしたTシャツやマグカップが販売されているのに気づく。

この思想善導のご利益もあって、電子や光子を操るハイテクは想像を超えた進歩をした。情報通信や医療への広がりや市場から回収した資金の投入もあって、この30年程で基礎研究の手段も革新された。いま社会を変えられているAIやIoTのハード面を支える技術も、全てこの量子力学を迷わず使ってきた成果である。

我々凡人は、確かにアインシュタインやボーアに思考の深さでは及ばないが、手にしているハイテクでは彼らをはるかに見下す境地にある。この技術をもってすれば、アインシュタインとボーアの間で決着がつかず、持ち越されている問題を現代に引っ張り出したら面白いのではないかと最近考えている。

20170820

キログラム原器の廃止へ

尺貫法を知る人はもう少ないだろう。過去 40 年ほどの間に日本ではメートル法が徹底した。国際メートル条約とその後継の SI 条約の優等生といえる。メートルやキログラムだけでなく、摂氏温度、ヘクトパスカル、テスラなどへの単位の統一も進んだ。今でもマイル、ポンド、華氏温度の米国の独善ぶりと大きな違いである。

メートル法はフランス革命での普遍主義を標榜するものとして提起されたが、フランス内でも中断した後、交易の拡大で度量衡の標準化が要請された事あって、万国メートル法条約が 1875 年に発足、10 年後には日本も文明開化の一環で加盟した。

ここでは長さの基準となる人工物を製作し、パリの本部に保管し、加盟国にそのコピーを配布し、各政府はこれを基準に計量機器の管理を行う。日本では経産省の仕事である。

百年以上も前にメートルとキログラムの原器が作られたが、1960 年にじつはメートル原器は廃止になっている。今の長さの基準はセシウム原子時計で決められたある時間間隔での光の飛行距離として定義されている。長さの基準が物差しでなく光速の定義値に入れ替わっているのである。この少し前に時間の基準が天文時間から原子時計に置き換わっている。

天文現象も人工物の原器も変化は避けられない。だから、単位系の改良には、光速のように現代の物理学の体系で基本定数とされるものに入れ替えることが目指されているのである。この流れの中、残るキログラム原器の廃止が来年に予定されているらしい。

二十世紀後半の巨大なハイテクの進歩を思えば、130 年前の製造物が原器として科学技術の要にあるのは異様である。関係者の怠慢の声がでる事案であったとも言えるが、今回の改訂は、量子物理学の成果を取り入れた抜本的なものである。

それにしても、長さの基準を、キログラム原器から量子論のプランク定数に切り替えるという改訂には理工の専門家も度肝を抜かれる驚きである。プランク定数とはマイクロ世界では不可欠なものであるが、キログラム相当のマクロ物体の重さを測るイメージとは程遠いものである。

単位系の基準の設定には安定した精密測定技術が大きく影響する。その点では原子時計の精度の著しい進歩が基礎にある。一方、アインシュタインの関係では質量=重さはエネルギーであり、それをプランク定数で割れば原子時計が得意な

振動数である。ただマクロの物体の重さにこれを結びつけるには原子数の測定が必要である。

日本産業力がかつて一世を風靡したシリコン技術を駆使した日本が主導する国際アボガドロプロジェクトが今回の改訂にも大きな寄与をした。眩しい西洋文明の光であったメートル法に今では日本が責任を持つ立場に成長しているのである。

29171101

### 重力波ノーベル賞-施設建設も顕彰

今年のノーベル物理学賞は大方の予測通りに2年前の LIGO による重力波発見に与えられた。重力波検出はその後も4件続き、伊・仏共同の Virgo 検出器での観測、ブラックホールだけでなく中性子星合体の新事象発見と、その意義を駄目押しするような展開を見せている。

2016年2月の最初の発見公表時の報道やその秋のブレークスルー特別賞ではソーン、ワイス、ドレーバの3人組が大グループを代表して顕彰された。ところがこの一年半ほどの間にドレーバが亡くなられたのである。

ノーベル賞は、定着していたトリオから一人欠けた二人を選ぶのではなく、敢えて新たにバリッシュを加えた。テーマ選択では平凡だったが、人選では独自性を発揮したといえる。

もう半世紀近くも前になるが、「ウエーバ、重力波発見！」というニュースが世界をかけ巡り、その真偽が話題になった。まだ現役教授だった湯川秀樹の部屋に説明にいった記憶がある。

ウエーバの検出器は LIGO より感度が一万倍も悪いが、発生源が100倍近ければあり得ない話でもない。近くでは滅多に起こらないのが、「僥倖だ！」という話は否定も出来ない。これに刺激され世界中で検出器づくりが始まった。しかし彼の実験方式では精度向上に限界があることも認識された。

この時点でレーザー干渉計という現在の方式を提案したのがワイスだった。1977年、イタリアであった学会で直接聞いたこともあった。彼はこのアイデアを一般相対論の専門家であるソーンに売り込んで端緒を得た。精密測定 of ドレーバを英国から招き、構想をまとめた。レーザー技術全般の進歩に助けられ、観測所の予算獲得にも成功し、1990年頃から建設に入った。

この段階で施設建設を指揮できるビッグ・プロジェクトの経験者が必要になり、ロケットを使う宇宙科学の経験者を初代所長に、続いて SSC 加速器中止であぶれたバリッシュを 2 代目所長にすえた。それから、観測と何回かの改良を重ねたが、観測段階は装置建設とは別の課題なので所長も交代している。

こんどの成功は、重力波を物理的に捉える装置だけでなく、AI などの情報技術の成果でもある。膨大な生データから、一般相対論による計算でテンプレートをつくって、意味のあるシグナルを選別する情報技術だ。千人にも及ぶグループの大半の人はこうした作業に従事している。路上監視ビデオの膨大な生データから、顔写真というテンプレートを与えて、犯人を割り出す技術に似た作業である。

30 年にも及ぶ実験計画の何を評価するのか？装置アイデア、建設、データ処理、ノーベル賞は一つの判断を示したといえる。

今後は、離れた場所の観測網が必要であり、LIGO 網は VIRGO に加えてインドにも建設中だ。神岡の KAGRA もいち早くこの一翼を占めて貰いたいものである。