

## 『京都新聞』日曜「天眼」 佐藤文隆原稿

空気への混ぜ物

疫病退避のニュートンとリンゴ

ワクチンでは文理融合の連立方程式を

地界も天界も異変

いまさらノーベル賞？ ペンローズ受賞

2020年3月1日

空気への混ぜ

大陸から寒気が南下し、大気中の水蒸気がある種のチリのまわりに雪結晶をつくり、重くなって空気中を降下して積雪となる。この前もいつもは空気しか見えない北山の稜線の奥に大きな白い比良の山塊が現れているのに気づいた。なんだか空気が美味しく感じられた。

空気というと燃焼や呼吸を司る窒素と酸素の分子気体を想定するが、それ以外に水滴や諸々のチリ状物質（エアロゾル）の混ぜ物が含まれる。千mぐらいまでの低層大気に多く、重量比で分子気体の十万分の一と少量だが、降雨、雲、虹、煤煙、花粉症、雷、静電気、PM2.5などの多様な現象にはこの混ぜ物が関わっている。降雨や降雪は空気中の混ぜ物を洗い流す作用でもある。この洗浄で比良の山塊が見えたのだと思うと、空気が美味しく感じられたのである。

可視光の波長より、分子は小さく、チリは大きい。このため太陽光の分子による散乱で青空があらわれ、チリや小さい水滴による散乱は霞や白雲にみえる。朝には山の稜線沿いの空が青く見えたのに、午後には混ぜ物が増えて白くモヤってくる。風もない晴れた日が何日も続くと空気に混ぜ物が増え、換気の悪い部屋にいるような息苦しい気分になるが、その頃になると降雨が自然にあって清潔さが保たれているのである。

この空気洗浄のメカニズムはチリを水滴に取り込んで重力で引き下ろすことである。まず水を水蒸気として上空に運び、水蒸気は雪結晶や水滴に変わり、空気の中をずり落ち始める。小さい水滴は白雲のように空気に支えられて落ちて

こないが、水滴同士が合体して雨粒の大きさになると重力が空気の抵抗を上まわって落下する。雲粒の量は分子気体のたった千分の一に過ぎないが、不透明なので雲として見えるのである。雲を支えている分子気体は太陽光線のエネルギーで舞い上がって落下しないでおれるのだ。

空気の中では分子との衝突で物体は自由に運動できない。それでも大きな物体は殆ど自由に運動できるが、サイズが1ミリ以下だとゆっくりした落下になり、1ミクロンだと落下せず浮遊し、ブラウン運動で拡散する。

ウイルスは0.1ミクロンぐらいだが、それがミクロンサイズの霧雨サイズの液滴に取り込まれて口から放出されると、飛沫は落下に1、2秒かかり、その間に2メートルの範囲に広がるという。飛沫の液体が蒸発して残った飛沫核は軽いので空気中を長時間浮遊する。病原体には液滴に囲まれていないと毒性を失うものと飛沫核になっても失わないものがある。結核菌などは後者で空気感染となるが、コロナウイルスは前者で飛沫感染だという。5分の会話で3千個もの様々なサイズの飛沫が飛び出すそうだ。

空気の透明度から降雨や病気の感染まで、空気中の混ぜ物は多彩なかたちで人々の生活に関わっている。その挙動は結構複雑なもので、新たな測定が必要な分野だろう。

**2020年5月10日**

### **疫病退避のニュートンとリンゴ**

十四世紀から十七世紀にかけて、ヨーロッパはペスト疫病の流行に何回も襲われ、人口の三分の一が失われたともいわれている。その深刻さは中世から近代へと時代を動かした一因ともされている。後から見るとほぼ最後の流行だったが1665年から翌年にかけてロンドンにはペスト流行に見舞われ、またその終息時には大火事がロンドンを襲った。

大学を卒業してまもないニュートン(1642-1726年)は学者の道を目指してケンブリッジのトリニティ・カレッジにいたが、混乱を避けて故郷のウールソープに二年余り退避した。この間、学問的な交流が全く絶たれ、一人で思索にふけたという。それから半世紀以上後のことだが、功なり名を遂げた彼の弟子による伝記に、ニュートンの語りとして、「微分積分」、「光学」、「重力と運動の法則」の三大業績の芽がこの時期に生まれたと記されている。リンゴが木

から落ちるのを眺めて重力理論の着想を得たのは1666年の夏だったという。地上でリンゴを下に引っ張る力が遠い月にまで及んでいて、月を地球に引きつけているのだと考え、力の大きさが距離の二乗に逆比例すると結論付けたのである。

1806年には地域の歴史や名物を記した本の挿絵にこのリンゴの木が登場し、この話が広く知られるようになった。その後、この聖なる木は移植や接木で国内外に広がった。日本では1964年に英国から贈られたものが東京の小石川植物園に移植され、そこから各地に広がったようだ。

ペストが鎮静してケンブリッジに戻ったニュートンはある数学の問題を解いて頭角を表して数学の教授職についた。しかし彼の最大の業績である「重力と運動の理論」が公表されたのは20年余り後の1687年のことである。この間には反射式望遠鏡の製作から始まりさまざまな光学や化学の実験を自ら行ない、勃興しつつあった科学界で名をなす存在になった。ところが重力理論のアイデアの公表や展開はしておらず、アイデアから完成・公表までに二十年ほどの差がある。

アイデアを理論体系に完成させるきっかけは他人も同じアイデアを持っていることに気付いたからだった。「距離の二乗に逆比例する力」での運動は一般に楕円軌道であることを数学的に示して惑星系の運動を説明した。そしてこの不朽の理論体系を『自然哲学の数学的原理』という重厚な著作で公表した。この大著の刊行にはハレー彗星で名を残すハレーが重要な役割を果たした。ハレーはニュートンより二十歳も若く、狷介なニュートンと違って育ちもよく闊達な人物であった。ハレーは出版費用を全額自分の財産から払ったという。また彗星の軌道を楕円とみなして彗星再出現の時期を正しく予測したのである。

1666年9月のロンドン大火事後の復興が現在の街の構造の基本になったという。大災害はしばしば時代の進行を加速するのである。

2020年7月12日

ワクチンでは文理融合の連立方程式を

コロナ禍がこれほど急激に、世界を変えると誰が予想しただろう。あのインバウンドの奔流にみた飛行機で大陸を跨ぐ大量の人間移動の社会変容を見守っていたようなウイルスの変異戦略には、人知を超えた戦略家を豪語しているAIも

かたなしである。まさにウイルスは文理融合の戦略を持って人間に攻撃を仕掛けてきたのである。

それに対して、迎え撃つ陣営がウイルス増殖撲滅対策を感染症専門家の主導で実行すると社会経済は見事に破壊された。家の中に入ってきた一匹のアブを捕まえるためにバタバタして骨折し、宝物の花瓶も壊してしまったようなものだ。

業界団体締めつけの日本流ロックダウンの「自粛」とあいまって、日本での人々の行動変容を引き起こした要因の一つは「何もしなければ感染のオーバーシュートで死者42万人になる」という“乾いた”計算結果であった。日頃、景気や災害の予想の方程式による計算値などは軽く見過ごして行動変容などおこすことは滅多にない。なぜ理論感染症学の一片の方程式の計算値がこれほどの効果を持ったのかは意外であった。

久しぶりに数理科学的手法の威力を発揮されたといえるが、いかんせん、この方程式は経済事象との連立方程式ではなかったのである。ウイルスの狡猾な文理融合の変異戦略のレベルにいてないのだ。理系の目でウイルスという自然の行動を追い詰める人間の行動変容は戦争と同じ人為による社会災害を起こしたのである。「自然」と「社会」の遮断はマスクだけでは出来ず、文理が分離した手法の空恐ろしさを実感させた。

コロナ禍からの出口としてワクチン開発が急ピッチだという。いまは救世主として語られているが、製造に成功しても、それを大量の身体に注入しなければことは半ばであり完結しない。

火事場から逃げ出す慌しさで人々は感染症学の勧める行動変容に一齐に靡いたが、同じ感染症学の勧めるワクチン摂取には一齐に靡くのであろうか？ワクチンの一齐投与の集団効果は明らかに合理性があるが、投与する数が多ければ薬に不適合な人が確率的に現れるかもしれない。副作用の散発的発生は避けられないが、その一方で大量の摂取がなければ、ワクチンの効果は十分には発揮されない。「専門家による開発」と「一般人の摂取」でワクチンは成りたっている。ところが副作用に目がいくと摂取は個人としては新たな薬のリスクを受け入れることである。“火事場”的状況でないときのワクチン摂取では、人々の目は、公共性よりは、個人的リスクの方に釘付けになりがちである。

こうした公共性と個人的価値観の衝突が顕在化し、米国などの先進国では、ワクチン接種強制を拒否する動きがみられる。強制力なしで人々は摂取に足を運

ぶのであろうか？ ここでも文理融合の連立方程式が要請されているといえよう。

2020年9月20日

## 地界も天界も異変

コロナ禍で深刻な事態の最中、地上を離れた天上の話で恐縮であるが、昨年晩秋からオリオン座の赤い星であるベテルギウスが暗くなるという異変が続いている。暗くなり始めて3、4ヶ月の間に一等星が2等星以下にまでいったん減光した。この星は変光星なのでこの程度の減光は知られているがその周期は2070日とゆっくりしたものだから、これまでに知られていない異常な変動である。

ベテルギウスは21個ほどある一等星のひとつであり、数ある恒星の中でも別格に有名な星である。星の進化論でいうと太陽のような主系列星の次の段階の赤色巨星であり、半径が木星の公転軌道ぐらいにまで膨らんだ大きなサイズの星である。恒星とは望遠鏡でも点源にしかみえない天体のことだが、この星はサイズが大きく距離も642光年と近いので、最先端の分解能を持つ地上の望遠鏡で星の有限の表面が撮影された。すると表面全体の4分の一ぐらいが暗くなっていることがわかった。

著名な星の異変なので継続して観測が続けられたが、太陽の公転で季節が変わると同じ星座は太陽の方向になるので観測できなくなる。オリオン座は北半球の冬に典型的な星座で夏には見えなくなる。しかし現代では太陽を周回する「ステレオ」という望遠鏡を搭載した人工惑星が飛んでいる。もともと太陽を常時観測するためのものだが、夏のベテルギウスの観測はこの宇宙望遠鏡が引き継いだ。

減光したのは星の一部が何物かで覆われたためと推測される。その原因としては、表面から放り出されて低温になったガス雲がベテルギウスと太陽系の視線上に存在するためだという説や巨大な黒点が現れたのだという説などが提案されている。さらなる解明はもうすこし観測を進める必要があるようだ。

カレンダーをみると、ベテルギウスの減光が始まってまもなく武漢で新型コロナウイルスの感染症が発祥し、世界に蔓延した。想像逞しくすると、もし世が平安中期なら、安倍晴明のような天文方は、これは天の警告であるとして改

元や譲位を権力者に進言していたに相違ない。

古代中国の天文学は天のお告げを感知するために星空を監視していたのである。西洋の天文観測は規則正しい神の摂理を確認するためであるのに対して、東洋の天文への関心は天の異変にあった。このため過去の超新星爆発のような異変は東洋の天文学にしか記されていない。この情報は現代天文学に貴重なデータをもたらしている。

天と地の連動には次のような歴史もある。第一次世界大戦終戦まもない1919年のことである。アインシュタインの一般相対論を検証する日蝕時の天文観測結果の報道に民衆が熱狂したのである。もちろん科学上の意義に興奮するはずはない。愚かな大戦での凄惨な体験でどん底にあった中、敵国同士のドイツと英国の科学者が協力して成し遂げた快挙に民衆は熱狂したのである。

2020年12月13日

### いまさらノーベル賞？ ペンローズ受賞

今年のノーベル物理学賞は昨年に続き宇宙物理学の業績に授与された。受賞者はブラックホールの必然性を一般相対論から導いた英国のペンローズと銀河系の中心に太陽質量の4百万倍のブラックホールの存在を天文観測で発見した独と米の二人の天文学者である。理論家のペンローズの仕事は1965年の先駆的なもので、彼の学生としてそれを発展させた研究がホーキングの学界への登場であった。

「ノーベル賞はまだだっけ？」といったツイッターが流れる程に、科学愛好家の間ではペンローズは大スターだからである。不思議な三角形や階段といったエッシャーと一緒にだまし絵、ペンローズ・タイリング、量子脳などと話題は広い。加えて、翻訳本もある『皇帝の新しい心』、『心は量子で語れるか』、『心の影—意識をめぐる未知の科学を探る』などの一般書もよく知られている。自由奔放に知的挑戦をしている科学者・数学者である。量子脳とよぶここ30年ほどの彼の関心は認知科学や脳科学に及んでいる。

私は1973年にソルベー会議に招待され際にペンローズの知己を得て、その後数回ヨーロッパでの会議等で会う機会があったが、1984年にはオックフォード大学に彼を訪ねた。1986年には私の主宰した京都での国際会議にやってきた。さらに1998年の私の還暦記念の国際会議には夫婦で来日され京都観光をエン

ジョイしたようだ。この機会に彼と私の対談が企画されその記録がネット上で公開されている。もう 20 年以上になるが、まだ閲読されているようだ。銀閣寺の庭に触れた発言もあり、関心のある方はぜひ一読頂きたい。10 年ほど前にはペンローズ・タイリングを造園に組み込んだ公園の設計家からペンローズへの紹介を依頼され仲介をしたこともあった。

アラビア文様の複雑さを想起させるペンローズ・タイリングは、平行移動の対称性はないが、背後にきちんとした数学的規則性を見抜いたものである。このような規則性は物体の結晶化の際にも見出され準結晶と呼ばれている。1986 年にペンローズが来日の際に京大工学部冶金のある教授が自分のペンローズ・タイリングが見られる実験を見せたいとやってきたので、彼を連れていったことがあった。その後、これを最初に発見したシュヒトマンには 2011 年度のノーベル化学賞が授与されている。

広範な彼の業績に共通しているのは幾何的発想である。彼の兄も数学者だが、妹は分数のところで引っかかった数学音痴だそう。彼も兄も碁の名手で、兄はロンドンの碁協会の役もやっていたという。父親は画家だったそうで、エッシャーとのだまし絵の共作はその血を引いているもののような。彼がフリーハンドでペンローズ・タイリングの絵を描くのを見たことがあるが、寄席での切り絵の名手の手先を思い起こさせるものであった。