

喜寿の妄想

梶山宏介 2017-7

下記からダウンロードしてもご覧になれます。(Acrobat Reader DC(無料)が必要です)

Web link もご覧になる場合は PDF ファイルのダウンロードをお勧めします。

http://www.kjl-net.com/delusion_kiju.pdf

年金生活も十数年経過し、健康に気をかけながら、時間を持て余す日々です。

これまで生きてきた中で、過去の偉人の生きざまや自分の知らない分野の人々はどのような生き方、苦勞をされているのかあまり考えたことがありませんでしたが、自由時間が持てるようになり急に知りたい意欲にかられるようになってきましたので、自分の興味のある分野をまとめてみました。

以下の内容は現在の中高生～理系大学の一般知識程度のものでしょうか。

人間は進化の過程で生き残るために必要な情報のみを理解できるように距離、速さ、空間、時間、温度、重さ等の概念・直観・実在の獲得能力を進化させてきました。

AC1500年ごろからガリレオ、ニュートン、ケプラー、ガウス等に代表される偉人により数学という言葉の助けを借り、人間のスケール・直観の範囲での科学を300年程かけて進展させてきましたが、20世紀に入ったころから人間の尺度を超えた領域、すなわち原子、素粒子に代表されるミクロの世界、宇宙のようなマクロの世界にまで関心が高まり、このような人間のスケールを超えた技術領域を探求するようになると、人間の直観に当てはまらない、かつ抽象的事象が数多く発見されるようになり、観測事実の考察においても直観に頼らない推論をしなければならない時代になってきました。

事実100年ほど前から直観になじまない理論が発表されても、「そんなばかな」「そんなことはありえない」と当時の科学界から無視され、数十年たち観測・実験技術の進歩により証明されてようやく世間から認められるという歴史が現在まで繰り返されています。

この状況は哲学、宗教などの文化に歴史的に見ても影響を与えつつある時代であると思います。

人間のスケールをはるかに超えた距離、速さ、空間、時間、温度、圧力、重さ等のミクロ・マクロの領域においての実在とはどのようなものであるのか。我々の直観を超えたものについて調べました。

覚えたばかりの知識をひけらかすようで心苦しいのですが、少しは自分の思い(妄想)も入れるよう努力しました。どうも以下の内容では物足りないが、関心があるというお方は文末の引用参考文献か文中の web link をご覧になってみてください。

ここでは具体的に以下の3件を取り上げてみたいと思います。

1. ミレニアム懸賞問題

2. 原子、素粒子のミクロスケールでの直観からずれていること。

3. 宇宙のマクロスケールにおいて直観からずれていること。

1. ミレニアム懸賞問題とは

米国のクレイ数学研究所によって 2000 年に発表された 100 万ドルの懸賞金がかけている 7 つの未解決問題の事です。具体的には

1-1. ヤン・ミルズ方程式と質量ギャップ問題 (Yang-Mills and Mass Gap) 50 年前から未解決

1-2. リーマン予想 (Riemann Hypothesis) 1859 年以来未解決

1-3. $P \neq NP$ 予想 (P vs NP Problem) 1971 年以来未解決

1-4. ナビエ-ストークス方程式の解の存在と滑らかさ (Navier-Stokes Equation) 1840 年以来未解決

1-5. ホッジ予想 (Hodge Conjecture) 1950 年以来未解決

1-6. ポアンカレ予想 (Poincare Conjecture) - グリゴリー・ペレルマンにより解決済。

1-7. バーチ・スウィンナートン=ダイアー予想 (BSD 予想) (Birch and Swinnerton-Dyer Conjecture) 1965 年以来未解決。

以上について内容についてはよく分かりませんし、簡単に紹介することもできません。

ただ 1-6 と 1-4 についてだけ少しコメントしてみたいと思います。

1-6. ポアンカレ予想 (Poincare Conjecture) については 1904 年に数学者ポアンカレによって提起され 100 年後グリゴリー・ペレルマン (ロシアの数学者 1966 年~) により解決済 (2002 年) となりました。一口で言えば宇宙の端まで届くような長いロープの片方を地球に固定し片方を地球から宇宙に向かって宇宙の端まで届く位の勢いでロケットで打ち上げたのちに宇宙を一周して戻ってきたロープを持って引っ張り回収したとき回収可能であるかという問題です。挑戦者の多くは数学界のオーソリティー・天才といわれるような人々が可能性大と思われる位相幾何学 (topology) の分野から取り組んだのですがグリゴリー・ペレルマンは微分幾何学 (differential geometry) や統計学 (statistics) の要素を組み入れ、専門家が思ってもみなかった切り口で解決しました。専門家が考える常識の外に答えはあったわけです。ロープが回収できなかった時の宇宙の形はどうか」という、逆の発想から導きだしたものです。

興味のある方は Cornell Univ. Library に以下の 3 件の論文として掲載されていますのでご覧になってみてください。

<https://arxiv.org/abs/math/0211159>

<https://arxiv.org/abs/math/0303109>

<https://arxiv.org/abs/math/0307245>

結果は 4 年間もかけて数学界で検証されて 2006 年にペレルマンの正しさが認められました。

しかしペレルマンはノーベル賞相当のフィールズ賞や賞金の 100 万ドルも受け取りを拒否し (2010 年)、52 歳になった今でもロシアの田舎町で学校の数学教師であった母親の年金を頼りに細々と暮らしているそうです。

この問題にチャレンジした他の何人かの数学者も人生をかけて取り組んだのですがいずれも我々から見て幸せと思える人生を送っていないようです。

お釈迦様は「人生の目的を知らず 100 年生きるより人生の目的を知って 1 日生きる方がはるかに尊い」と言われましたが、道なきところに道を切り開いてゆく大天才ほどの人になると我々とは価値観、人生観がかなり違ってくるようです。雑念が入り込むと自分の思考体系が崩れるとでも思うのでしょうか？ 我々よりはるかに尊い人生を送っているのかもしれませんが。

ポアンカレ予想の答えは

物の形は 8 種類の組合せで作られていることが分かっているので(1982 年にサーストン(William Thurston, 1946 年 - 2012 年 米国 Cornell 大)が発表した「幾何化予想(Geometrization conjecture)」)、そのうち「おおむね丸い」のは1つだけで、あとの7つは「ドーナツタイプ」のようです。

<http://mathworld.wolfram.com/ThurstonsGeometrizationConjecture.html>

そして、宇宙を構成している部分に、球体以外の形が一つでも含まれている場合はロープを回収することは出来ないことが数学的に証明されたということです。

1-4.ナビエ-ストークス方程式(Navier-Stokes Equation)の解の存在と滑らかさ

まだ未解決の問題です。少し関心があるので調べてみました。

これはご承知のように流体力学における基礎方程式です。

天気予報のシミュレーションとして使用するなど空間に細かいメッシュを切り、その座標、温度、湿度、圧力、密度、風向、風速などの初期値を入力し、有限要素法(Finite element method)により非線形な連立偏微分方程式(Simultaneous partial differential equation)を解いてシミュレートしますが、なかなか正確な予報が出来ていません。その原因の一つが方程式における**初期鋭敏性(Sensitivity to initial conditions)**にあると言われていています。たとえ話としてアマゾンの密林でチョウチョが羽ばたくと一週間後にテキサス州で竜巻が発生するとまで言われています。そのため一般に数値天気予報の予報限界はこのカオス理論により約 2 週間と言われてきました。

何回も計算していくうちに初期値のほんのわずかな誤差が積み重なり計算値が発散してしまうようなこと(カオス(chaos)・発散)が起こってしまうのです。**カオスへの移行の瞬間の予測が未解決**なのです。サッカー等球技の面白さはボールの飛び方が**非カオスからカオスへの変化**が直観的にも予測しづらいことにあると言われていています。

本格的な数学的取扱いは、1934 年のルレイ(JEAN LERAY 仏の数学者 1906 年 - 1998 年)に始まりすでに 82 年が経過しましたが、いまだ未解決のままです。

科学や工学に対し計り知れない重要性があるにもかかわらず、乱流は最も難しい物理学の未解決問題の一つとして残っているわけです。

今後この問題を解決できそうな方向として、以下は(妄想か?) どうでしょうか。?

①.粒子論で有名な朝永振一郎博士の繰りこみ理論からの発想

自然現象は同じ量でもいろいろなスケールからなり、それらが非線形にからみあって変動することが多いので方程式を細かく分割して解き、結果を巧みにつなぎ合わせるという考えを利用できないかということです。繰り込み理論(Renormalization Group Theory)でゴミ扱いした発散の困難をくりこみ群として整理しようという発想です。

計算過程の適切な段階で関所を設けて、現実世界で許容できないものを除けてゆくのはどうでしょうか。? すでに例えば次のような試みは発表されています。

ミクロのモデルからマクロのモデルが数学的に得られるかという問題意識は「WKB 法」、「準古典近似」、「エルゴード理論」や「流体力学極限」等々の難しい数学を生み出しているようですが、何となくこれらも発想のヒントになっているのでしょうか。

現実世界の三次元ユークリッド空間(3D euclidean space)で考えるよりも多次元で複素数も含むよう

なヒルベルト空間(Hilbert space)で解析した方が解は得やすいが現実世界とどうリンクさせるかがネックとなっているようです。Dong Li Ya. G. Sinai の論文(2007年)は挑戦的なものであると言われていますがまだ解決には至っていないと言われています。

http://www.ems-ph.org/journals/show_abstract.php?issn=1435-9855&vol=10&iss=2&rank=1

汎用性のある「くりこみ群の数学」というものはまだ存在しないのが実情のようです。

②.答えは自然現象の中にあると考えて流れは分子レベルで自然の摂理に従って動くと考え、AIにおける最適化や判断に遺伝アルゴリズムの応用がされているように液体の分子運動の**遺伝的アルゴリズム(Genetic algorithm)のようなもの(流体アルゴリズムといったようなもの)**に従い液体は振舞うというような基本モデルが構築できないか？

ちなみに AI に遺伝的アルゴリズムの利用は様々な分野で始まっているようです。例えば

https://www.jstage.jst.go.jp/article/itej/69/2/69_J38/pdf

2.原子、素粒子のスケールでの直観からずれていること。

2-1. 質量保存の法則が成り立たない。色も温度も実在しない。時間までも実在しない!

質量保存の法則が成り立つのは化学反応のような分子レベルまでの話で、原子、素粒子の世界になると、空間から質量が生まれたり、質量がエネルギーに変化したり、質量の大きさが変化したりするようで、我々の直観では理解できない**質量保存の法則(Law of conservation of mass)が成り立たない世界**と言われています。

色も温度も物理学ではなくて心理学の世界の「生物学的感覚」であり**実在しない**。実在するのは電磁波であるということになります。

光子のもつエネルギーと振動数の比例関係を表す比例定数であるプランク定数(Planck constant)で有名な**マックス・プランク(Max Planck 独 1858年 - 1947年)**や**アインシュタイン(Albert Einstein 独 1879年 - 1955年)**がすばらしいのは今から100年以上も前の1905年アインシュタインはプランク定数 h は光がそれ以上分割することが出来ない粒子状の塊(光子と呼ばれている素粒子)として進むことを意味していると解釈し、**光とほかの物質の区別をなくした**ことであり、この考えは今日でも通用しています。

ウィーン大学とオーストリア科学アカデミーは『**米国国立科学アカデミー紀要**』(PNAS)にて、同じ空間に隣り合って配置された時計は必ず互いに干渉し合い、最終的に計測される時間の精度を落としてしまい、時計は高精度になるほど、より曖昧になると述べています。(2017-3-11)

<http://www.sciencealert.com/physicists-find-as-clocks-get-more-precise-time-gets-more-fuzzy>

さらに **Craig Callender**(1968年- California univ.)は**時間も**社会生活の中の「**お金**」のようなもので物理系の繋がりを示す単なる指標であり、**実在しなければならぬ必然性はない**と主張しています。また、鎌倉時代の禅僧 **道元**(1200年-1253年)は、**時間は過去→現在→未来と流れるのではなく、現在→現在→現在と流れる**という。**時間とは現在という意味**で現在の中に無数の現在と自己があると述べています。

アリストテレス(Aristotélēs 前 384年 - 前 322年ギリシャ)は時間について「過去・現在・未来」という三つの時間が均質的に、しかも無限に続いて存在するという直観的にも納得できる考えを示しました。それに対して**ハイデッガー(Martin Heidegger 1889年 - 1976年ドイツの哲学者)**は、「存在

論」のなかで時間について**根源的な時間**という概念を提示し、時間はそれ自体で存在するものではなく、現在から過去や未来を開示して時間というものを生み出す働きのようなものと主張しました。また現在もそれ自体で生起するのではなく、「死へ臨む存在？」(Sein-zum-Tode)としての我々が行動するときに立ち現れるものであり**アリストテレスのいう時間はこの根源的時間からの派生物にすぎない**としました。

鎌倉時代の道元が卓越した哲学的洞察力によりハイディガーにも勝る時間論を展開していたことは驚くべきことです。「**過去、現在、未来という考え方は幻想にすぎない**」というアインシュタインの名言も思い浮かんできます。

2-2. 強い核力、弱い核力という二種の力の存在

現実世界には**マクスウェル(Maxwell 英国 1831年-1879年)**でお馴染みの**電磁気力**や**重力**というものが力として目に見える形ではありますが、ミクロのスケールでは、**強い核力(Strong interaction)**、**弱い核力(Weak interaction)** という二種の力の存在が知られています。弱い核力は電磁気力と比較して力が非常に弱いことから名づけられました。粒子を別の粒子に変えるような働きをする力(放射性元素を崩壊させる力)です。しかし影響範囲は 10^{-18} 乗 m と小さいです。一方**強い核力**とは原子核内の核同士を結合している力「クオーク(陽子、中性子等の総称)の間に働く力」を指し電磁気力に比べて約 137 倍の強さがあります。しかし影響範囲も 10^{-15} 乗 m と小さいです。

例えば水素分子を二つの水素原子に分離するには、二つの水素分子を秒速 50km で互いに衝突させればよいと言われています。

また、ヘリウム原子核においては陽子(Proton)と中性子(Neutron)は強い核力で結合されています。これを個別の陽子と中性子に分離するには二つのヘリウム原子核(Atomic nucleus)を秒速 36000km(光速の 12%)で互いに衝突させる必要があるくらい強力なものです。

石や鉄はその材料で詰まっているように見えますが、実際はほとんど真空であるようです。例えばエムパイアーステートビルを電子、原子のみの集まりとして隙間なく固めれば米粒以下の大きさで、重さは 10 万トン程の塊になると言われています。残りはすべて真空だそうです。電子と原子の間は真空です。核は原子の質量のほとんどを占めながら、原子の体積の 1000 兆分の 1 も占めていない。

かつ、原子は負の電荷をもつ電子と正の電荷の核とで電荷は釣り合っている。物質の核心に組み込まれたこの非対称性は原子物理学の原点である**ラザフォード(Ernest Rutherford 英 1871年 - 1937年)**以来変わっていません。

ではなぜ石と石をぶつけてもめり込んでゆかないのか？ それは**強い核力**のためだそうです。**核融合**や**核分裂反応**で質量を失う代わりに、**莫大なエネルギー**を生み出す核力はなぜ生まれるか？核力は核子(陽子や中性子)が**中間子等を交換することによって**生じる複雑な力で 2 核子間の距離, 位置ベクトル, スピンおよび荷電状態によって異なるようです。

核力は物質の根本をなすともいえる力ですが、複雑でまだ理解されていない古くて新しい問題です。しかし最近では核力を素粒子レベルで短距離～長距離に至る性質を数値シミュレーションで導くことが出来るようになりつつあります。

<https://www.s.u-tokyo.ac.jp/ja/press/2007/10.html>

https://www.ccs.tsukuba.ac.jp/depart_intro/nuclear/

http://www.kyoto-u.ac.jp/static/ja/news_data/h/h1/news6/2013/130914_1.htm

素粒子(Elementary particle)の一種である電子は 1897 年 **J.J. トムソン**(1856 年-1940 年 英物理学者)により発見されて以来、質量はあるが大きさを持つかどうかとか内部構造を持つかどうかは判明していません。電子を大きさのない素粒子として扱って矛盾のない理論もあるようです。原子核の周りを電子が球状に回っているというのは嘘で、実際は周りに波ができて定常波状態になっているようです。

電子以外光や素粒子等も**粒としての性質と波(場)としての性質があります**。ですから現実世界の米粒のように振舞うことはなく、**粒と波の両方の性質を持ちます**。

「**波でもあり、粒子でもある**」のは光だけではありません。全ての物質がこの性質を持っています。**粒とは物質、波とは現象であります**が、現実の世界に音場(波)、温度場、圧力場といったものがあるように電磁場(Electromagnetic Field)(電波 Radio waves)といったものがあります。

ちなみに 1925 年ハイゼンベルク(Werner Karl Heisenberg 独 1901 年 - 1976 年)が**電子を粒子としてとらえて行列力学の支配方程式**として行列表示した運動方程式を提案しました。一方シュレーディンガー(Schrödinger, 1887 年 - 1961 年 オーストリアの理論物理学者)は**電子を波としてとらえて波動力学からシュレーディンガー方程式(Schrödinger equation)**を導き出しました。

この両者の方程式の関係は 1926 年ポール・ディラック(Paul Dirac 英国 1902 年 - 1984 年)が**両者はともに数学的に等価であることを明らかにしました**。ディラックの数学理論は電子と光の両方に対応でき、電子と光の相互作用は**量子電磁力学(QED)**と呼ばれています。

電場や磁場は現象であり物質の状態ではなく、真空の空間そのものの性質になります。空間の電場と磁場の変化によって形成される波(波動)です。

電場というのは、空間を電氣的性質という観点からとらえたものです。同じくヒッグス場というのも、空間をヒッグス粒子の性質という観点からとらえたものです。

「**波でもあり、粒子でもある**」ということは「**場が励起状態**」で振動している状態、つまり「**場のさざ波になること**」が**粒子として認識される**のです。

「**場**」には「**電子の場**」や「**陽子の場**」、「**中性子の場**」、「**ヒッグス場**」もあるわけです。

ノーベル物理学者**フランク・ウィルチェック**(Frank Wilczek 米国 MIT)が述べているように自然界において**基本的なものは空間を占有し持続性がある場であり、「場」こそが基本である**のです。

素粒子である電子も粒子としての姿は二次的な表れに過ぎず、**現代素粒子論では粒子の運動は場を記述する数学で正確に扱うことが出来る**ようです。

すなわち、「**場**」と「**粒子**」は**同一のもの**と見なされており、磁場(素粒子論では電場と統一されて電磁場)が存在するということはその場が記述する粒子が存在しているということになり、「**ゲージ粒子**」と呼ばれています。

電磁場はご承知のように電子レンジでは水の分子を振動させて食品を温めるのに利用されています。ここに蛍光灯を入れれば、ランプ内の水銀原子から電磁場の刺激を受け紫外線を生み出し菅の蛍光物質に当たりランプが点灯します。

では我々の体を構成している 60 兆個の細胞は 65%の酸素、18%の炭素、10%の水素、3%の窒素、1.6%のカルシウムから構成されていると言われていたますが、全て「**場**」の作る波のようなもの、と言ってもいいのでしょうか。

場、波は物質を生み出す性質を持っていると考えられています。**場、波に刺激を与えると物質(粒子)が生まれる**と考えられます。真空にエネルギーを与えれば、粒子が誕生するのです。

物質とは空間の一部がある種の性質を持った状態だというだけであり、人間はかつてにそこに物質が実在していると思っただけということになりますか。

物質には粒子の場と力を伝える役割をするゲージ粒子の場があり「場」と「場」の間に「相互作用」と呼ばれるエネルギーのやりとりがあることにより全ての力が「場」を介して伝わってゆきます。ご承知のようにマクスウェルの電磁場理論により光は光子という粒子からできていて電磁波でもあります(可視光は毎秒 100 兆回振動する電磁波で波長は 100 万分の 1m 程度)。事実、光線上の二点間の電圧を精密測定すると、測定値が時間とともに振動するのが確かめられています。この振動数で光種(電波,可視光,紫外線,X線,γ線等)が決まり、振幅で光の強度が決まります。いずれも光子からできています。

光は普通粒子の様に感じられないのは、それは光子の数が非常に多いからです。例えば日光浴をしているとき体に入射する光子の数は 10 の 21 乗個にもなるそうです。そのため連続的な流れの様に感じられるのです。参考までに光を 90%カットするサングラスを 21 枚重ねると、元の光子のうち、そこを通過してくる光子は、1 秒あたりほぼ 1 個だけとなる計算のようです。このような「波でもあり、粒子でもある」という性質は電子、光子などの粒子の場合に限ったことではないようです。炭素原子が 60 個集まってできた分子 C60 フラーレン(Fullerene 直径 7.1Å)においても同様の結果になるようです。ではどのくらいの大きさまで粒と波の両方の性質を持ち続けるのか？

このように粒子と波動の二重性という現象は、素粒子だけではなく、原子や分子といった複合粒子でも見られるわけですが、実際にはマクロサイズの粒子も波動性を持つが、干渉のような波動性に基づく現象を観測するのは、相当する波長の長さのために困難のようです。

量子力学のド・ブロイの式(De Broglie hypothesis 波長×運動量=プランク定数)によるのですが、その時の波の速度は、粒子、原子、分子と変化してゆくはずですが。

このように量子の世界を示す数式にはプランク定数(Planck constant)が登場します。波長が運動量と関係したり、振動数がエネルギーと関係したりするのは量子の領域においてだけです。

例えば前述の量子力学のド・ブロイの式を人の尺度に当てはめると 68Kg の人が 3.2Km/h で歩くとすると運動量を持つと同時に波長も持つはずですが、運動量が原子スケールよりかなり大きすぎるため波長は 10 の -23 乗となり検出不能です。

https://en.wikipedia.org/wiki/Wave%E2%80%93particle_duality

波はエネルギーと運動量を持つことができ、かつある場所から別の場所にある速さをもって移動させることができ、かつ糸電話の糸のように局所化させて伝えることができます。

この波動性が小さな世界を観察することを難しくしています。

例えば光学顕微鏡より X 線顕微鏡のほうがより大きな解像度が得られるように、ミクロなものを観察するには粒子の波長を短くする必要があります(ド・ブロイの式より)ます。

粒子は生成されるときと消滅するときには粒子として振る舞いその間の期間は波のようにふるまう(粒子はどの瞬間でも動いている空間を全て占めていると考える)と現在では考えられています。そのためナノスケールのような薄い壁は波として透過通過できトンネル効果(Tunneling Effect)といわれ、これは原子レベルの観察をする走査トンネル顕微鏡に応用されています。

電磁波は光子と呼ばれる量子力学的な粒子でもあり、物体が何らかの方法でエネルギーを失うと、それが光子(波)として放出されます(例:電熱ヒーター等)。逆に光子(波)を吸収することで物体はエネル

ギーを得ることになります(例:太陽電池等)。

最近話題のヒッグス粒子(Higgs boson)も空間に「ヒッグス場(Higgs field)」を形成するのでその「場」の作用でその「場」にある素粒子に質量を与えるのです。また CERN のような高エネルギー発生装置でヒッグス場にエネルギーを与えることでヒッグス粒子が生まれ発見されたわけです。その粒子が発見されたことで逆に「ヒッグス場」の存在が証明されたわけです。

ヒッグス粒子は陽子の 130 倍ぐらいの質量があるようです。大きい質量の粒子を作るには、それだけエネルギーが必要です。ヒッグスを見つける難しさの一つでもありました。

「電磁気力」、「重力」、「強い力」、「弱い力」この 4 つの力は、物理学の教科書に書かれている「基本相互作用」です。しかしもしかしたら、さらに「第 5 の力」が追加されるかもしれません。「Dark photon ダーク光子？」とかいう仮想物質の探求も始まっています。

<https://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/PhysRevLett.118.101802>

2-3. 物体は正確な位置と速度(運動量)を同時に決められない

素粒子の世界は古典物理学の法則には従わないのです。原子核の強い核力が電子を引き留め、例えば携帯電話内では電子をアンテナ内で揺り動かすことで電波を放射しています。放射されるエネルギーは電池から供給されます。

ハイゼンベルグの不確定性原理(Heisenberg's Uncertainty principle)により物体は正確な位置と速度(運動量)を同時に観測上知ることができないことが知られています。またこの「観測の限界」ではなく量子それ自体の不確定性というべき量子ゆらぎ(Quantum fluctuation effect)と呼ばれるもの(短時間でエネルギー値がゆらぐ)も存在します。この原理は様々な場面で正しいことが確認され実験的に非常によく確かめられています。

<https://plato.stanford.edu/entries/qt-uncertainty/>

電子のような極小の世界では、不確定性の大きさをプランク定数(h)というものが定めているため電子の位置と運動量は同時に決定することはできない現象が起きてしまうようです。量子の領域においては振動数がエネルギーと関係してくるため、物質の質量やエネルギーや運動量のような特性が量子的な不確定性にかかわってくるようです。

シュレーディンガー(Erwin Schrödinger 1887 年-1961 年オーストリアの理論物理学者)やハイゼンベルグ(Werner Heisenberg 1901 年-1976 年 独の理論物理学者)により量子論の数学的基礎が出来上がることにより、今日の情報化社会の基盤をなす電子工学においても、レーザー、トランジスタ、集積回路、コンピューター、スマートフォンなどを生み出す半導体技術などが量子力学をその基盤としています。また化学反応の現代的な記述を可能にし、計算機化学の分野も発展させました。

電子雲状粒子の状態を位置と速度ではなく波動関数(Wave function)によって記述したのが前出のシュレーディンガー方程式と呼ばれるものです。

コペンハーゲン解釈(Copenhagen Interpretation)といって粒子は観測されるときは一点に収縮するという考え方(波動関数の収縮)もあります。実験室で得られる結果をよく説明できるためこの考えに同意する人が多いのですがアインシュタインは納得しなかったようです。したがってアインシュタインまでを古典力学と呼ぶ人もいます。

<https://plato.stanford.edu/entries/qm-copenhagen/>

量子力学の数学的枠組みからこの収縮を導出することができないことがフォン・ノイマン(Neumann János 1903年 - 1957年 ハンガリー数学者)によって証明されています。量子力学について、コペンハーゲン解釈以外にも別な解釈もあり、現在のところ、確実な説は見つかっていません。波動関数の解釈についても18通りぐらいの解釈があり現在もこの論争は収束の気配さえないようです。

2-4. 無の空間は活気に満ちている

そこでは無数の粒子が生まれたり消滅したりを繰り返しているようです。無の空間は目に見える物体を動かせるほどの粒子の動きに満ち溢れていると言われていました。

例として非常に小さい距離(原子の100倍程度ナノメートルオーダー)を隔てて設置された二枚の平面金属板が真空中で互いに引き合う現象を、**静的カシミール効果(Casimir effect)**とといいます。

また、二枚の金属板を振動させると光子が生じる。これを**動のカシミール効果**とといいます。非常に小さい部品を扱うナノテクノロジーの分野でますます重要になってきています。

量子力学の世界では、**真空は完全に空っぽな空間ではなく、様々な粒子が一瞬出現しては消えていく「ゆらぎ」をもっている**とされます。生成と消滅を繰り返す粒子は、「仮想粒子」と呼ばれています。

また、マクロな宇宙においても2014年12月NASAの観測ロケット「CIBER」により、近赤外線の宇宙背景放射に普通の星や銀河などによる影響では説明できない大きな空間的「ゆらぎ」が存在することが発見されています。

真空は仮想的な光子だけではなく、電子などのあらゆる粒子・反粒子の生成・消滅で満ちていることになります。**真空は仮想粒子で満ち溢れている**ということでしょうか。

カシミール効果を利用してスウェーデン・チャルマース工科大学の研究チームが、真空から光子を生成する実験にも成功しています(2011年11月)。

光子は質量がないため少ないエネルギーで真空から生み出すことが出来るようです。

電子や陽子など他の粒子(ヒッグス粒子までも)も、真空から生成することが可能ですが、それには大量のエネルギーが必要になります。

<http://sustainablejapan.net/?p=980>

<http://www.nature.com/nature/journal/v479/n7373/full/nature10561.html>

鎌倉時代の禅僧 **道元**(1200年-1253年)は、「**無**」も**仏性**であると説いています。情報通信や現代の真空の定義を考えれば、当時のポピュリズムや政治に阿ることを避け僧侶として哲学的洞察を展開したことに感服しました。

2-5. 量子のエンタングルメント(Entanglement もつれ)やデコヒーレンス(Decoherence)という不思議な現象、これは宇宙にも適用できるはず

量子のエンタングルメント(Entanglement 別名:量子もつれ)という現象で、これは絡み合った量子どうしは、両者が離れていても一方が変化すると他方も**何の媒介もなしに同期して振る舞う**現象で**量子テレポーテーション**とも呼ばれています。これにより、一方を見るだけでももう一方の状態を知ることができます。**デコヒーレンス(Decoherence)**は量子世界で起こる状態の重ね合わせが壊れることです。シュレーディンガーの波動方程式で表される波は、いくつかの状態が重ね合わさって並存する状況を意味しますが、その状況は周りの環境の影響でたやすく壊されるようで、人間による観測行為も、

そういう影響の1つようです。

量子とは、粒子と波の性質をあわせ持った、とても小さな物質やエネルギーの単位のこと、原子や、電子・中性子・陽子、素粒子、光子といったものです。

クロード・シャノン(Claude Shannon,1916年-2001年 米国)が唱えるように情報処理はエントロピーではないと言われていました。情報の送信および情報操作が常にエントロピー増大を伴う過程であることは数学的に証明されていましたが、そのような量子的チャネルでのエントロピー増大が実際の物理現象との関係は明らかではありませんでした。しかし、ロシアのランダウ理論物理研究所を中心とする研究チームは量子情報理論で **H 定理**を物理量として数学的に表現し解析し、**熱力学第二法則**を初めて量子力学的に記述することに成功しました。**2016年**は**熱力学第二法則 (H 定理)**が**量子力学的に証明された歴史的な年**となりました。

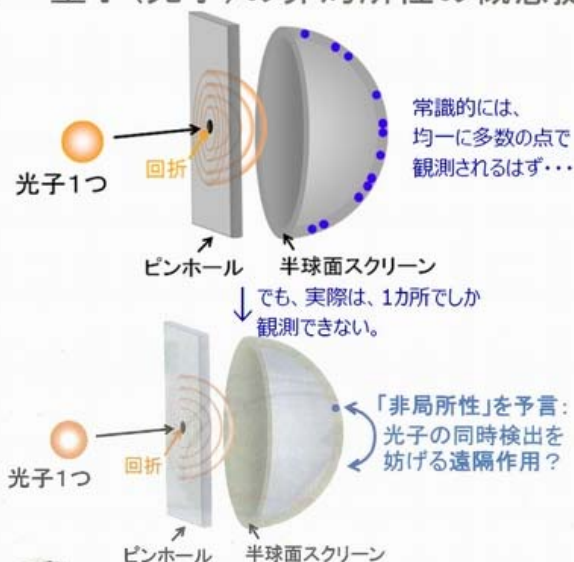
参考までに **H 定理 (H-Theorem)**とは統計力学の基本定理のひとつで、理想気体のエントロピーが不可逆過程で常に増大することを示すものです。1872年にボルツマンが導いた定理で、**ボルツマン方程式**(気体中の熱伝導、拡散などの輸送現象を論ずる気体分子運動論の基本となる方程式)の根幹をなすものでした。

現在では**量子テレポーテーションは実験で検証済み**(1982年アラン・アスペ、ジョン・クラウザーによる)であり、地上と人工衛星間で光子のテレポーテーションを実験するような時代です。今後は**量子暗号等の分野**などに応用が期待されています。

このようにもとの光子の情報を抽出して新たな光子を離れた場所に作れることが実証されました。アインシュタインは当時(1947年)この遠隔作用を不条理として何か**理論に欠陥があるのでは**と考えていました。量子力学が誤りであると考えていたのではなく、不完全であると主張していたのです。

2-5-1. 量子である光子が小さな穴(ピンホール)を通過すると回折して放射状に広がる。これを半球面上のスクリーン(センサー)で検出すると、スクリーン上の1点でしか光子は観測されない。この現象に対して、アインシュタインは

単一量子(光子)の非局所性の概念提唱



A. Einstein

1909年:アインシュタインが考えたこと
「(ピンホールで回折した)光子1つは空間的に広がるが、異なる2点で同時に観測されない」
⇒ **“Spooky action at a distance” = 非局所性**

抜け穴なき検証が求められる、物理学の長年の論争

面上のスクリーン(センサー)で検出すると、スクリーン上の1点でしか光子は観測されない。この現象に対して、アインシュタインは「ピンホールで回折した光子は空間的に均等に広がるので、スクリーン上のどこにでも等しい確率で現れるはず。しかし、1カ所で検出されたら他で検出されない、ある場所で観測された影響が他の離れた場所に及ぶような奇妙な相互作用が存在するのではないか」と主張。この奇妙な相互作用を“spooky action at a distance”(離れた場所の間で起こる奇妙な相互作用、超常的遠隔相互作用)と呼び、現在では「**量子の非局所性(nonlocality)**」と呼ばれています。

左図は Eetimes japan より引用。

この量子の非局所性は、一般に理解しがたい現象であるため、より厳密な検証が求められますが、十分な説得力を持つ検証ができず、

「物理学の100年論争」とも呼ばれる非局所性の存在/解釈を巡る論争が行われてきましたが、**2015年**に厳密な検証がされました。

<http://eetimes.jp/ee/articles/1503/24/news125.html>

2-6.量子コンピューターは電子のスピン向きが観測するまで定まらないことから量子が0と1を同時に持ち得るあいまいさを利用したもので、一度に2つの状態で存在することができる(これを1量子ビットとする)わけですがこれを「**重ね合わせ(Superposition)**」と呼んでいます。

光子は偏光板に通した瞬間に垂直偏光か水平偏光かが決定されます。**観測されない限り量子ビットは0と1の両方であると考えられ特定の状態は観測した瞬間に決まる重ね合わせが肝である**といわれています。---いわゆる**コペンハーゲン解釈**と呼ばれています。

通常、4ビットで情報を表すときには16通りあるうちのひとつしか表すことができません。

しかし、0と1を同時に持ちうる**量子ビット**を使えば……16通り(2の4乗=16)すべてを一度に表すことができます。

この計算効果は指数関数的で、20個の量子ビットを使えばなんと約100万通り(2の20乗=1048576)を並列計算することができます。超高速情報処理が可能になる訳です。

数十億通りの情報を瞬時に処理できれば天気予報の精度、分子構造解析、医学、創薬等々飛躍的に向上するでしょう。

量子コンピューターは**あいまいな情報が普通に存在する量子の世界**ですがマクロの世界になるに従いこのあいまいさが影を潜めるのはなぜでしょうか？ **いまだ未知**であります。

量子コンピューターはデコヒーレンスを起こさない状態を作る必要があると言われます。

量子コンピューターは状態の重ね合わせを保って並行処理をする装置のため、重なるの消失を防ぐのが開発上の課題といわれています。

量子コンピューターの主な要素技術は以下の四つと言われています。

a.レーザー冷却---レーザー光を用いて原子の運動量を減らし、気体分子の温度を絶対零度近くまで冷却する方法。(Laser cooling)

b.量子ドット---量子力学に従う独特な光学特性を持つナノスケールの半導体結晶のこと。

LEDが有名 照明、ディスプレイから太陽電池応用等。(Quantum dot)

c.量子光学---光の性質や光と物質の相互作用を、量子力学に基づいてミクロな立場から解明する研究分野。(Quantum optics)

d.核磁気共鳴---外部静磁場に置かれた原子核(原子核は小さな磁石の性質を持つ)が固有の周波数の電磁波と相互作用する現象。(Nuclear magnetic resonance)

人体の水素原子の共鳴を利用した医療の**MRI診断装置は有名**です。

カナダのベンチャー企業D-Wave Systems, Inc.は2011年世界初の商用量子コンピューター:**D-Wave One**を発表しました。

D-Waveは日本の固有技術であった**量子アニーリング方式(Quantum annealing)**と**超電導回路(Superconducting circuit)**を採用し完成したと言われています。

ではなぜ日本で世界初の量子コンピューターを生み出せなかったのか？

日本は主流と言われていた**万能ゲート方式**というものを追っかけていて量子アニーリング方式は傍

流として扱われていました。まさに常識の外に答えがあったのかもしれませんが。

Google はこの D-wave 方式とカリフォルニア大学サンタバーバラ校のジョン・マルティニス(John M. Martinis)の高度量子ビット方式を組み合わせるさらに高性能の量子コンピューターを開発しようとしています。

技術立国のはずの日本はアイデアは出せても予算面、技術面で後退しつつある感じがします。

<https://www.technologyreview.com/s/544421/googles-quantum-dream-machine/>

<https://japan.zdnet.com/article/35084552/>

今のパソコン、スマホに組み込まれている現在の CPU は約 10 億個のトランジスタが組み込まれていると言われていて、そのトランジスタの大きさは 14 ナノメートルです。これは HIV ウイルスの 8 分の 1 のサイズであり、また赤血球の 500 分の 1 しかありません。このサイズまで小さくなると、電子はトンネル効果(前出 2-2 参照)により壁をすり抜けてしまい、そろそろ微小化の限界に近づいています。しかし研究段階の DNA メモリーでは、

1 と 0 の数字を「A、G、C、T」の 4 種のヌクレオチド塩基とかにマップし、それを特殊なソフトウェアを使ってまたバイナリコードへと変換するという方法で 1g の DNA の中に 215 ペタバイトのデータを入れることが可能らしいです。(2017 年 3 月の研究レベル)

(1PB ペタバイトは 1000 テラバイト=1,000 兆バイト)

<http://gizmodo.com/this-single-gram-of-dna-contains-an-amazon-gift-card-a-1792935411>

<http://science.sciencemag.org/content/355/6328/950>

ムーアの法則はまだまだ続くのでしょうか。？

直観からずれているミクロの世界を調べて現実世界で役立つものが生み出している訳です。

例えば、半導体、スピントロニクス(Spintronics 電子の電荷とスピンの特質を応用する電子工学)の応用としてのテラバイトクラスのハードディスクや MRI 核磁気共鳴診断装置、レンズ表面の光学薄膜等挙げればきりが無いほどです。さらに 2-3 未来志向の例を調べてみました。

例①超高压の世界での現象

超高压と物質に関しては 5.5 万気圧,1400°C で人工ダイヤモンドが作られています。25 万気圧,2700°C でスーパーダイヤモンド(多結晶)が生成されています。(2013 年愛媛大学、住友電工)

<http://blog.livedoor.jp/konnmatv/archives/30235771.html>

<http://www.c-phost.jp/wp-content/uploads/2011/09/QUADRA-P-04.pdf>

水素は常温・常圧では気体、20K で液体になり、14K 以下で固体になります。気体、液体、固体のいずれの状態でも絶縁体です。水素にきわめて高い圧力を加えると分子が壊れて原子になり(解離)水素が導電性の金属になるであろうと 1930 年代から予言されていました。

1960 年代になると、コーネル大学のアッシュクロフト (Neil.W. Ashcroft 1938 年-) が、「固体の金属水素(Metallic hydrogen)では電気抵抗がゼロになり、超電導状態になる」との説を唱えていました。この状態を安定させ、常温常圧でも金属水素にしておけば、室温超電導体になると予測されます。金属水素はさらに、ほとんど場所をとらないエネルギー源や、もしかしたら固形化できて軽量の構造材料としての可能性も予測されます。

米国ハーバード大の研究グループがダイヤモンドアンビルセル(Diamond anvil cell)を使い約 400 万

気圧下で**金属水素**個体を作り出すことにはじめて成功しました。(Science 26 Jan. 2017)

<http://news.harvard.edu/gazette/story/2017/01/a-breakthrough-in-high-pressure-physics/>

<http://www.nature.com/news/physicists-doubt-bold-report-of-metallic-hydrogen-1.21379>

<http://www.sciencemag.org/news/2017/01/diamond-vice-turns-hydrogen-metal-potentially-ending-80-year-quest>

金属水素は、水素が圧縮され、相転移を経た状態であり、縮退物質(Degenerate matter)の一例で、固体状態では、水素原子核(つまり陽子)の結晶格子の間隔は、ボーア半径(Bohr radius 5.2917×10^{-11} 乗 m)よりもかなり小さく、電子のド・ブローイ波長(De Broglie wavelength:プランク定数÷運動量)と同程度(約 $1 \text{Å} = 10^{-10}$ 乗 m)と予測されています。電子は束縛されず、金属における伝導電子のように振る舞うようです。常温で金属相が実現すれば**常温超伝導体**に一步近づくこととなります。

また、ケンブリッジ大学の研究グループはアンドープ(Undoped)でグラフェン(Graphene)が超伝導体となることを見出しました(Nature Commun. 8:14024 (2017))。

2011年8月に打ち上げられ木星内部の調査等を行うために**木星探査衛星 ジュノー** は2016年7月5日、木星の極軌道への投入に成功しました。木星の組成、重力場、磁場、極付近の磁気圏等の詳細な調査を行っています。

地球の体積の1300倍以上ある木星は90%が水素で気体か液体(アンモニア)の状態ですが内部は超高压のため**液体金属水素**状態がかつ自転速度は地球の2.4倍も速いため液体金属水素からは1000万アンペアもの電流が発生し木星周囲に地球の10倍以上の磁場を発生させているようです。一方太陽からのプラズマ(荷電粒子)は地球の1%程しかありませんが、衛星「イオ」の火山噴煙からくる二酸化硫黄のプラズマが磁場に沿って木星の極に引き寄せられるため地球の100倍以上の巨大オーロラが確認されています。また地球の内部圧力は350万気圧に対し木星は3500万気圧と推定されています。木星の核の有無とその大きさについては専門家にも諸説ありジュノーの測定結果をかたずをのんで見守っているようです。

さらに**2022年には日欧共同で新木星探査衛星「JUICE」**が打ち上げられる予定で興味はとどまることはありません。

例②超低温世界での現象

物質の状態は現在 以下5つの相があることが知られています。

1. 個体 2. 液体 3. 気体 4. プラズマ 5. ボース=アインシュタイン凝縮(BEC)です。

1. 個体 2. 液体 3. 気体はお馴染みです。4. プラズマも電子と原子がバラバラになった状態で、雷、オーロラ、アーク溶接、核融合発電等でお馴染みかもしれません。

5. ボース=アインシュタイン凝縮(Bose-Einstein condensation, 通称 BEC)は耳慣れないものなので調べてみました。

超流動、超伝導、レーザー光を生み出すものと言われていています。実は、BEC はこれらの現象を引き起こす最も基本的なメカニズムであるようです。

この現象は1924年にアインシュタインにより予言されましたが、本人は当時懐疑的であったと言われていました。

その実在が1995年にケターレ氏(Wolfgang Ketterle 米国 MIT 1957年-)により確認され2001年にノーベル賞を受賞されてからはBECの研究熱は世界的な広がりをはじめました。

現在では、BEC はアインシュタインの偉大な業績の 1 つとして位置づけられております。そして数多くの超伝導現象の背後にある物理が「BEC」であることが知られています。

1 つ 1 つの粒子が完全に同期して運動する結果、マイクロな世界を支配する量子力学的性質がマクロに増幅されるメカニズムであると言われております。

量子力学的性質とは、粒子のように振舞うと考えられている原子が波として干渉効果を示したり、波であると考えられていた光が光子とよばれるエネルギーのかたまりとして粒子のように振舞ったりすることを指します。

BEC が起こると原子のマイクロな波が強め合ってマクロな波になると言われております。

原子集団が BEC を起こすと超流動現象のようにマクロな量子力学的効果が生み出されます。

蛍光灯の光はそれを構成する光子がばらばらな方向に進むために部屋を明るくすることができます。これに対して、レーザー光が広がらずに直進するのは、それに含まれるすべての光子が同じ波長、同じ振動数、同じ方向に進む光子集団の BEC となっているからです。

同様に、原子が BEC を起こすとレーザー光のように振幅の大きな波として振舞い、目で見えるほどのマクロなスケールで干渉現象を引き起こします。

BEC というのは不思議なマイクロの量子力学を目に見えるマクロな形にしてくれるのです。

冷却原子気体を用いて実現されたボース・アインシュタイン凝縮体は、レーザー技術を駆使して実際に目で見ることが出来ます。

<http://event.phys.s.u-tokyo.ac.jp/physlab2012/3-bec>

最近(2017-3月)BECの新たな素材として固体だけど流れる液体「**超固体 (Supersolid)**」なるものがマサチューセッツ工科大学 (MIT) とスイスのチューリッヒ工科大学 (ETH Zurich) の研究チームにより実現されました。

「**固体であり液体でもある**」とは? 0° K、真空中での出来事なので手に取ってみることはできません。しかし、将来手に取ってみることが出来るかもしれません。?

<http://gizmodo.com/this-wild-new-supersolid-is-three-states-of-matter-at-1792947115>

<http://news.mit.edu/2017/mit-researchers-create-new-form-matter-0302>

<http://www.nature.com/nature/journal/v543/n7643/abs/nature21067.html>

物質の本質の理解がより進むことが期待されております。

ワシントン州立大学 (WSU) の物理学者チームが、ルビジウム原子を絶対零度近くまで冷却することでボース・アインシュタイン凝縮の状態を作り出し超流動体を作成し**負の質量を持つ流体**を作成しました。押した方向には加速せず、反対方向に加速するようです。(2017/04/10)

<https://news.wsu.edu/2017/04/10/negative-mass-created-at-wsu/>

例③**光の速度をほぼゼロにする挑戦や光子顕微鏡の開発**

光の秒速 30 万 Km は真空の中の話です。水やガラスの中では速度が遅く(秒速 20 万 Km)なります。これにより屈折現象が起こるわけです。

光速をゼロ近くまで減速する試みは絶対零度近く(-273.15 度)の Na 原子の雲にレーザーを当てる試験がされております。そこに光のパルスを当てて光を止めることに成功(秒速数メートル,Harvard univ.)し、その後レーザーを当てることにより元の光に再現させることに成功しております。これは光

通信に将来応用(量子コンピューター)できると期待されています。

http://www.seas.harvard.edu/haulab/slow_light_project/remote_revival/remote_revival.htm

産総研では超伝導光センサーを開発。光子1つずつを検出し、その波長(色)の識別に成功していて光子1つが見える世界で初めて「光子顕微鏡」が開発されました。白黒でしか撮影できなかった微弱光下での電子顕微鏡写真のカラー化も可能となるようです。(2017-4)

http://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2017/pr20170405/pr20170405.html

例④トポロジカル絶縁体(Topological insulator)とは、一言でいえば表面が導電体で内部(バルク)が絶縁体の材料です。電界と磁界でトポロジカル絶縁体の特性を制御できるのが面白いところです。

ペンシルベニア大学(Pennsylvania Univ. 米)のチャールズ・ケーン(Charles L. Kane 1965年-)らにより2005年に提唱され、2007年ビュルツブルグ大学(Wuerzburg Univ. 独)が確認しました。その存在が確認されてからはや10年が経過しております。

原子層をほんの少し動かすだけで、絶縁体になったり、電流を流したりするため省エネ電子デバイスへの応用(極薄 Holographic screen 等)が期待されています。

<https://www.uni-wuerzburg.de/en/sonstiges/meldungen/detail/artikel/spin-stroem/>

<http://www.nature.com/news/2010/100714/full/466310a.html>

例⑤電子励起爆薬(Electro excited explosive) ??

電子励起爆薬とは電子励起状態になった物質を化合させて製造する次世代爆薬の概念だそうです。

次世代爆薬として研究されているまったく新しい概念の爆薬です。

基本的な概念は、予め原子の周りのエネルギーを高めた物質、つまり電子励起状態の原子を組み合わせる化合物を作れば今までより飛躍的に高いエネルギーを持つ化合物が作れるという発想です。

戦術核兵器並の通常爆弾が開発できるくらいの技術的ブレークスルーになることを意味しているようです。コンピューターによる電子軌道の計算によって励起状態で安定したまま化合物になる可能性が見つかったことから、実際に製造可能だと言われていますが、**2007 現在では実際に合成に成功した事例は無いようです。**このような研究から**金属ヘリウム爆薬**とか**金属水素爆薬**と呼べる物ができるのではないかと予測されています。

例①の解明が待たれるところでしょうか。情報少なくよくわかりません。

<http://www.chem.waseda.ac.jp/nakai/crest/content/files/nl03.pdf>

例⑥小型核融合炉??

定かなところは不明ですが MIT, ロッキードマーチン、ワシントン大等で小型核融合炉の研究が進んでいるらしいです。コストダウン、小型化が研究されていて、10年後直径3mでトレーラーに搭載できる程度のもをを目指しているらしいです。磁場閉じ込め方式にブレークスルーがあったらしいですがよくわかりません。でも MIT や ロッキードマーチンの話で特許も取得中らしいのでまゆつば物ではないかもしれません。?

スカンクワーク(Skunk Work)とのことであまりあてにならないか、もしかしたら化けるかも?

<http://lockheedmartin.com/us/products/compact-fusion.html>

核融合反応は水素原子は融合してヘリウムに変わり、その時膨大なエネルギーを放出し、化学反応の

1000 万倍のエネルギーを生みだすと言われていました。今は費やしたエネルギーより多くのエネルギーを得るまでには至っていません。

ちなみに 2040 年商用化をめざす ITER(国際熱核融合実験炉)は重量 2000ton,5 階立てビルくらいの大きさがあるとのこと。

3.宇宙のスケールにおいて直観からずれていること。

3-1. 空間は時間と一体で柔軟なもの

アインシュタインの一般相対性理論以来空間は時間と一体で柔軟なものであり、「時空」という表現が定着しています。

また、現在の物理学では、真空こそが宇宙創生の源であり、万物の相互作用・相互結合の母体であると考えられています。

特殊相対性理論からは「高速で運動する物体は時間の流れが遅くなっていく」さらに一般相対性理論からは「重力の影響が小さくなると時間の流れが速くなっていく」という現象が起こりすでに 40 年前には実証され GPS 衛星の精度を上げるためこの現象の補正がされているようです。

古典的、常識的な時空の慣性座標系間の変換にはいわゆるガリレオ変換(Galilean transformation)がありますが光速に近い速度で動いている慣性座標系の間の変換にはローレンツ変換(Lorentz transformation)というものが光速一定の大原理のためローレンツ収縮(Lorentz contraction)とか時間膨張(Time dilation)という現象が起こります。光速に近づくにつれ寸法が縮まったり時間の遅れが生じたりする現象が顕著になり出します。

時速 300Km の新幹線も全長が縮まりますが、わずかに原子数個分の差で測定すらできない量です。地球との相対速度が亜光速の銀河が観測されれば、ローレンツ収縮とか時間膨張を起こしているでしょう。

3-2.空間は曲がったり、ねじれたり、波打つことも、膨張・収縮したりする

エドウィン・パウエル・ハッブル(Edwin Powell Hubble)は 100 年前アレクサンドル・フリードマン(Alexander Friedmann, 露 1888 年-1925 年)が導き出した宇宙モデル(フリードマン方程式)にある膨張する宇宙を観測により実証しました。

特殊相対性理論は物質の速度が光速を超えられないということですが、この空間の膨張は光速を超えて膨張しても矛盾がないそうです。

重力のメカニズムの基本は時空にあるという考えで時空は重力で曲がったり、ねじられたりすることは実証されています。

実際地球の周りの空間のゆがみ、ねじれを実験で確かめるため 1959 年の着想以来ようやく 2004 年 4 月高精度ジャイロスコープ衛星(NASA の重力観測衛星 gravity probe B)が打ち上げられ、観測の結果、地球の自転により周りの空間をわずかに引きずり込んでいる(ジャイロスコープの曲がりを検出)ことが理論とほぼ一致していると 2011 年 5 月 9 日証明されました。

専門家は月が軌道から外れないのは地球に引っ張られているのではなく 地球の重力によって生じる時空のゆがみに沿って月が進んでいるという見方をするようです。

重力波については昨今のニュース等からご承知のようにその存在は 100 年前にアインシュタインがその存在を予言していましたが米国の LIGO(Laser Interferometer Gravitational-Wave

Observatory)が重力波の直接観測に成功したことを発表しました(2015年9月)。

重力波とは宇宙にある非常に重い物体が激しく衝突すると、衝撃波を生じ、さざ波のように時空を渡っていきます。それを観測することで、従来の電磁波を通じて見ている宇宙とはまったく別の宇宙が見られ**重力波天文学(Astronomy of gravitational wave)**という新たな学問が作られつつあります。

3-3. 空間は無ではなく、物質を生み出したり、「場」を張り巡らしたり、ダークマター、ダークエネルギーの存在が予測されている

空間は無ではなく、物質を生み出したり、ヒッグス場、電磁場、重力場のような「場」を張り巡らしたり、未知のダークマター、ダークエネルギーの存在が探求され始めています。

宇宙に存在する物質の内訳は

普通の物質---5%ぐらい、ダークマター---25%ぐらい、ダークエネルギー---70%ぐらい

と言われていて、宇宙の**95%**はいまだ**解明されていません**。**これまでの物理学は5%の普通の物質のみ適用されてきた**と言えます。

95%は人間の目のような五感でも感じることはできず、いまだ解明されていません。

フランク・クローズ(Frank Close 英国 Oxford 素粒子物理学 9145年-)によれば、

量子化(Quantization 物理量が量子の整数倍になること)された真空は「**量子真空(Quantum vacuum)**」と呼ばれ、空間は量子真空に覆われている。素粒子も原子も量子真空で覆われているため正確な測定が出来ないと主張しています。正確な測定をするためには量子真空の覆いを破る必要があります CERNのような大型加速器で粒子を衝突させる(秒速28万km程度)必要があるようです。量子真空の覆いが宇宙の崩壊を防いでいて、空間には膨大なエネルギーが閉じ込められているようです。

https://en.wikipedia.org/wiki/Frank_Close

<http://backreaction.blogspot.jp/2015/03/what-physics-says-about-vacuum-visit-to.html>

3-3-1.ダークマター(Dark matter)-----**量子の不思議な振る舞いは宇宙にも当てはまる**

現在までに判明している特質は、寄り集まる性質がある、宇宙膨張とともに密度は低下する、空間を収縮させようとする等です。よって銀河形成を助ける性質があると言われていています。

フリッツ・ツビッキー (Fritz Zwicky ,1930年代)やヴェラ・ルービン(Vera Rubin ,1980年代)という天文学者が見えるものを動かしている**見えないものがある**と考え、失われた質量=ダークマターと名付けました。現在では以下のような史実からその存在は間接的には見つかっています。即ち重力による光の曲がり具合よりから間接的に推測されてきました。

未知の質量をもつダークマターは重力に反応し、この**重力レンズ現象(Phenomenon of gravitational lenses)**により暗黒物質を捉えることができます。ダークマターのあるところで光は曲がるということに注目して今は**ダークマターの分布と量の宇宙立体地図**が作られつつあります。銀河の質量のほとんどはダークマターで、普通の物質は**ダークマターの重力場**に集められるようです。

ダークマターは**重さがあっても普通の物質とは衝突しないで通り抜けてしまう**と言われていています。

ということは**電磁場の影響を受けない**ということになるのか。？

ダークマターは量子力学の標準理論の中にはない粒子？です。

さて、**ダークマター同士の衝突が起こればどうなるのか**。想像してみてください。

ダークマターは光を放出しない未発見の物質なのか、暗くて単に見えない普通の物質なのか、それは

Wimp とか SIMP とかアクシオンとかニュートリノとか M.A.C.H.O とか褐色矮星ではないかと諸説あるようです。

比較的可能性のある **ウインプ(Wimp)** という粒子が **ダークマターの正体** といわれています(仮説)が **まだ未発見** のものです。Wimp は相互作用の弱い重い粒子らしいです。

Wimp については米国の地下 700m の鉱山跡(宇宙線を遮断するため)で観測が続けられていますが、いまだ探知されていません。

しかし、カナダの Waterloo 大学では「ダークマター」の可視化に成功したようです。

直接観測することができない不可視の物質を、「弱い重力レンズ」の影響を調査することで可視化に成功したとのことです。(2017-4-12) Royal Astronomical Society

<https://www.ras.org.uk/news-and-press/2975-waterloo-researchers-capture-first-image-of-a-dark-matter-web-that-connects-galaxies>

<https://academic.oup.com/mnras/article-lookup/doi/10.1093/mnras/stx517>

キャサリン・フリース(Katherine freese 天体物理学者 米国ミシガン大)は個体とは一種の幻想にすぎず、原子の外殻に位置する電子が持つ斥力が物を個体を感じさせているだけだと主張しています。ダークマターには電氣的性質がないため個体を簡単に貫通することができる。人体を貫通していてもわからない。ダークマターも質量のある素粒子でできているが、通常の原子と相互作用をぐくまれに起こす証拠は何もなく、その検出は難しくいまだに実証されていないのです。

まだ未発見なるがゆえに「**暗黒物質は存在しない??**」と大胆な仮説を提唱した物理学者もいます。アムステルダム大学の理論物理学者、**エリック・ヴァーリンデ(Erik P. Verlinde 1962年 -)**です。彼は大胆かつ先見的なアイデアで有名な研究者だそうです。ヴァーリンデは 2016年 11月 7日に on line で 51page にわたる論文を発表しました。

<https://arxiv.org/abs/1611.02269>

暗黒物質とは目に見えない粒子の集まりではなく、普通の物質と暗黒エネルギーの相互作用の結果なのだと主張しています。

ゲーム中の 3D 世界が「0」と「1」からなるビットでつくられるのと同じように暗黒エネルギーは**量子ビット**に由来する量子情報が物質と相互作用することで、暗黒物質という「幻」をつくりだしているのだと述べています。

物理学者は宇宙の量子もつれの構造を、関連する時空幾何学に数学的に変換する規則を今解明し始めています。時空と重力の基本原理である相対性理論と、素粒子と原子を記述する量子力学。この2つの原理を満たす空間と時間の構造の数理モデルを作ろうとしています。

3-3-2.ダークエネルギー(Dark energy)

現在までに判明している特質は、寄り集まらない、**宇宙が膨張してもこの密度は低下しない**、空間を膨張させようとする性質がある等です。宇宙は膨張してもダークエネルギーの密度は常に一定に保たれるようです。---エネルギー保存則に矛盾しないのか？

宇宙は銀河と銀河の間で空間膨張を続けています。しかも宇宙は加速膨張していることがはっきりしています。銀河間に引き合う引力があるのに何故でしょうか？

しかも**銀河本体は膨張していない**ことが観測されています。

宇宙は物質を寄せ集めようとする暗黒物質と引き離そうとする暗黒エネルギーの綱引きの歴史であ

ると言われています。

これは反重力の力であると言われているダークエネルギーのためであると言われています。

宇宙は膨張してもダークエネルギーの密度は変わらず均一であると言われているのでいつの日か引力よりダークエネルギーの斥力が勝る時がやってくるのではないかと推測されています。

1970年頃「量子的なスピンを組み合わせ論的につなぎ合わせると、時空が構成できるというスピンネットワーク」を提唱したロジャー・ペンローズ(Roger Penrose 英国物理学者 1931年-)は、ダークエネルギーの量に比べて素粒子の生み出すエネルギー量は10の120乗倍も大きいのは素粒子の生み出すエネルギーは大部分が波として打ち消し合っているのではないかと思える。超対称性粒子(Supersymmetric particle)の存在がないと素粒子の生み出すエネルギーにより宇宙の爆発は避けられないと主張しています。

一方マックス・テグマーク(Max Erik Tegmark 理論物理学 米国 MIT 1967年-)は、空間はビッグバンのように急激に別の状態に変化する。空間にも水のような相変化特性があり、いずれ空間の特性が変化する時が訪れるのではないか。ビッグバンが最後ではない。永遠に変化しない物などない。

超対称性粒子の存在があればこの宇宙の寿命は200億年、超対称性粒子の存在が無ければ10億年と推測しています。CERNの試験で超対称性粒子は見つかるでしょうか？

以上のようにダークエネルギーはダークマターとは全く性質の異なるものです。

空間とは無ではなくダークエネルギーがもともと内在している存在なのではないでしょうか？

無、真空、空間とはそういう性質のものではないでしょうか？ 数学における空間との相関はどのようなのでしょうか？電磁場や重力場のような空間の場とダークエネルギーの関係はどのようなのでしょうか？

重力波天文学とか粒子宇宙物理学とか言う名前の学問がこれから大きく花開こうとしているのは間違いないようです。

ちなみにダークエネルギーとは3000光年立方の中にあるエネルギーで日本中の電力が賄えるぐらいの大きさだそうです。

要はダークエネルギーの正体はまだ分かっていないのですが、宇宙の膨張の成れの果て終焉はどうかについては、Big chill, Big freeze, Big death, Big crunch, Big rip, Big snap など諸説あるようです。いまのところ宇宙は凍って死ぬという考えが優勢のようです。

さらにアインシュタインの一般相対性理論の基本方程式の宇宙定数が本来ダークエネルギーのことであるというのが最近の定説と言われています。

前出のエリック・ヴァーリンデ(Erik P. Verlinde Dutch 1962年-)は、暗黒物質の幻想を引き起こすのは、アインシュタインの一般相対性理論の一部をなす「ド・ジッター(De Sitter)特性」であると推測しました。熱が物質の運動に付随した現象であるように、暗黒エネルギーを熱エネルギーとしてモデル化し、重力も他の基礎的な物質の活動に付随している“現象”だと主張し「重力仮説」を提起しました。

http://tocana.jp/2016/12/post_11833_entry.html

ダークエネルギーも存在しないかもしれない??

ハンガリー・エトヴェシュ・ロラード大学の Gábor Rácz のチームはコンピューターシミュレーションによって、時間の経過に伴う宇宙の構造の変化を研究し、ダークエネルギーが存在しなくても宇宙の加速膨張が説明できると発表しました。(2017-4-4)

https://www.astroarts.co.jp/article/hl/a/9044_darkenergy

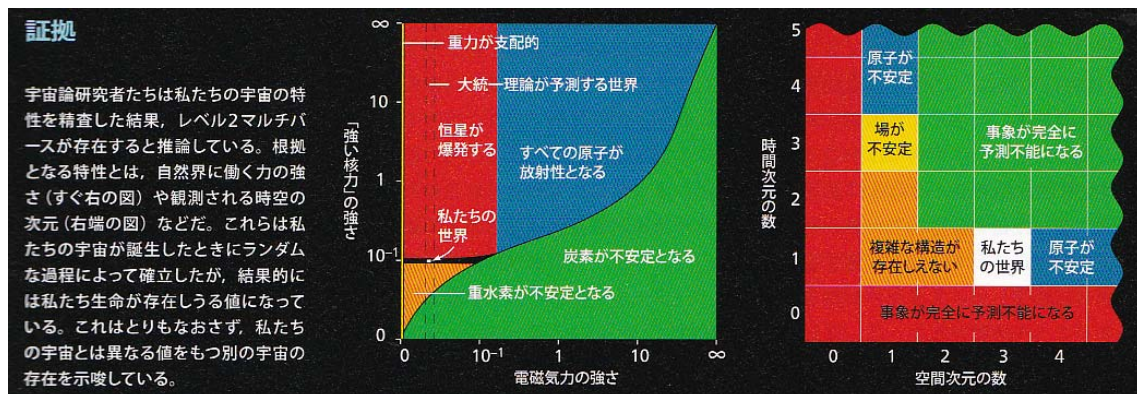
<https://www.ras.org.uk/news-and-press/2968-explaining-the-accelerating-expansion-of-the-universe-without-dark-energy>

<https://www.ras.org.uk/images/stories/press/Cosmology/slx012.pdf>

空間とは何かについては理論から導きだされる予測として次のようなものがあります。

時間次元と空間次元の関係についてはすでに 1917 年ポール・エーレンフェスト(Paul Ehrenfest オランダ 1880 年-1933 年)が、また最近ではマックス・テグマーク(MAX Tegmark 米国 1967 年 -)が解析し下図のような考えが得られています。

弦理論(Superstring theory)では空間は常に 9 次元なのですが、6 次元は人間には全く認識できない微小の世界に丸まっているということらしいです。9 次元のうち 3 次元がインフレーションによって天文学的サイズに引き延ばされたと解釈して数学的には矛盾がないようです。



別冊日経サイエンス No.186 「実在とは何か」 2012 年 8 月より引用

動画→画像の集合体→画像は文字の一種→文字はバーコードで表現可能であるということからも連想されるように宇宙→分子・原子→素粒子→弦理論の紐という推測もできるのでしょうか。？

現在のビッグバン理論をはじめとする物理学は宇宙全体の 5%しか占めていない普通の物質を対象に理論づけられています。残りのダークマター、ダークエネルギーについてなにも考慮できていないのが現状であり、もしダークマター、ダークエネルギーの正体がわかれば、宇宙観は大きく異なったものになるかもしれません。

若干話がエヴァンゲリオン的になりますが、空間は湾曲してブラックホールを作ったり、波打って重力波を作ったり、引き延ばされて膨張したり、水が蒸気、液体、個体になるように相転移する可能性さえあるかもしれません。空間の特異点であるブラックホールの状態は空間の一種の相転移状態であるのかもしれません。物質に 5 つの相転移があるように空間やエネルギーにも複数の相転移があるのかもしれません。

ゴム糸は滑らかで連続的に見えますが、しかし引っ張りすぎるとちぎれます。なぜかといえば原子からできているためでありあります。では空間はどうか。空間も波や粒としての可能性を持っていることは現実としてあるようです。

数学的には空間は理想化された連続体としてモデル化されています。しかしこのような扱いは本当に正しいと断言できるのかというと、実はできないようです。空間が連続的でないことを示す証拠は増加する傾向にあります。物理学者ジョン・ホイーラー(John Wheeler 米国 1911 年- 2008 年)によれば適当な 2 点間の正確な距離を指定するには無限の桁数が必要になると思えるが、実は量

子効果のために 35 桁目より先の桁は意味がなくなること示している、そのような小さなスケールでは空間の固定概念は崩壊し、奇妙な泡状構造にとってかわられると主張しています。

人間は直観からずれているマクロの世界を調べて**現実世界で役立つものを**生み出している訳です。

たとえばスマホではよく利用されている GPS はアインシュタインの特殊相対性理論を応用したものです。アインシュタインがノーベル賞を受賞した**光電効果**は各種センサーとしてカメラ、複写機、自動ドア、また太陽電池など隠れた部品として広く浸透しています。人工衛星のたとえば天気予報のような日常生活への様々な利用があります。

マクロの世界を探求する理由はさらに知的好奇心、宇宙を知ることにより改めて地球を知るとか、将来の生き残りのために必要と思って探求しているのでしょう。

空間や核力、 10^{-15} 乗以下のミクロの世界をコントロールする技術は百年後か千年後か。もしかしたら数十年後かもしれません。

アインシュタインは有名な式 $E=mc^2$ で知られていますが、ローレンス・リバモア(Lawrence Livermore)研究所の物理学者エド・モーゼス(Ed Moses)や数学者・物理学者ショーン・ウェストモアランド(Shawn Westmoreland 米国)によれば石炭・石油を燃やすような**化学反応の燃焼は質量の 150 億分の 1%しかエネルギーに変換されていない。核融合反応では質量の 1.0%程度がエネルギーに変えられる**と言われています。それでも**核融合反応のエネルギー密度(Energy density)は化学反応の 1000 万倍にも達する**ようです。しかし核融合よりはるかに効率の良いエネルギー変換方法は宇宙に存在するブラックホールです。**ブラックホール(Black hole)は質量のほぼ 100%がエネルギーに変換できる**と言われています。

1999 年ノーベル賞受賞のヘイラルト・トホーフト(Gerardus't Hooft 物理学者 オランダ Utrecht 大 1946 年 -)はこの世のすべては 1 と 0 で表すことが可能である。一枚の紙も巨大な星も同じである。ブラックホールは物質を飲み込むと表面積は情報量に比例する分増え、計算上そこに情報が蓄えられると主張しています。ブラックホールは体積ではなく表面積が重要であるようです。**現在はこの説を多くの物理学者が支持**しています。

何千年後か何万年後にはブラックホールの情報や放射エネルギーの制御技術が完成し太陽エネルギーを利用した**人工ブラックホール**が発電や動力源に使われているかもしれません。

その時は数百万人程度の人を乗せた宇宙船が数百万トンの質量を使った複数のブラックホールエンジンにより銀河系惑星への移住が可能となっているかもしれません。数百万トンの質量はブラックホール内では陽子の大きさの数百分の 1 に収まってしまいます。このエンジンは光速に近い速度で 100 年程度稼働すると計算されています。

ガブリエレ・ヴェネツィアーノ(CERN の理論物理学者 ひも理論の創始者の一人)によれば空間は宇宙を生み出したり滅ぼしたりするほどのエネルギーを秘めている。ビッグバンのように無から有が生まれるとはどういうことか？。ビッグバン以前の实在についてはビッグバンで生じた重力波を観測できれば直後或いはそれ以前の状態を知ることができるかもしれないと述べていますが、これは**マックス・テグマーク(MAX Tegmark 米国 1967 年 -)のマルチバース論(Multiverse)に繋がる**ような気がします。

このような推論の決着は意外と早まるかもしれません。理由は現在の人工知能とは一線を画する汎用人工知能といわれる **AGI(Artificial General Intelligence)**---自己を意識して自己進化する成熟した AI システムや **ASI(Artificial Super Intelligence)**がいつ誕生するかにかかっているのではないで

しょうか。

本格的知能爆発が起これば知能進化の速度は格段に早まるでしょう。近い将来人間の脳は専用モデムを介して外部ネットワークと繋がり、現在の人間がパワードスーツ(Powered exoskeleton)を着こなすように複雑な計算が暗算できたり、必要な情報が自然にとめどもなく取り出せる様になったりしているでしょう。しかし核融合反応の方法が誰でも開発できる時代になれば小型水爆を作ろうと思えば誰でも作れるようになった時、はたして人類は生き残れるのでしょうか？

California 大サンタクルーズ校(UCSC)の宇宙学者 アンソニー・アギーレ(Anthony Aguirre 1973年-)によれば、わずか10kg程度の質量(但し、圧縮し1兆の100兆倍の温度にする必要がある)があればインフレーションを起こし新たな宇宙を形成することが出来るようです。

スイスのCERNの加速器でも粒子の衝突では太陽の中心核の10万倍以上の温度が得られると言われていますが、これでは宇宙を作るには程遠いのです。

宇宙を作るには太陽系ほどの大きさの衝突加速器が必要となるようですが、遠い将来人類は一人の人間が何十万セットの自律ロボットを組織化しパラレル宇宙を作っているかもしれません。

物理学者 ミチオ・カク(Michio Kaku 米国 1947年-)はパラレル宇宙への移動方法としてワームホール(wormhole)をつくり負のエネルギーで宇宙を押し広げて他の宇宙への道を作ることを提案しています。ワームホールとは、アインシュタイン-ローゼンブリッジ(Einstein-Rosen bridge)とも呼ばれますが、現在のところ数学的な可能性の一つに過ぎません。

負のエネルギー(Negative energy)を持つ物質とは存在するのか？空間のある領域に、「無」以下の物質が存在するということのようなことが可能だろうか？常識的には否定されます。ところが量子物理学は今まで直観を混乱させてきました。空間の一部が無以下の物質を含むことができるのかが現在わかりつつあります。「エネルギー密度」が負になることがあり得るということです。

ワシントン州立大学(WSU)の物理学者チームが超流動体を作成し負の質量を持つ流体を作成しました。押した方向には加速せず、反対方向に加速するそうです。(2017/04/10)

ワープやワームホールの論文においては、その実現性の論拠としてしばしばカシミールエネルギーという言葉が登場しますが、カシミール効果の引力作用は二枚の金属板の内外の真空のエネルギー差に起因し、金属板間の真空のエネルギーは負の値をとります。

ワームホールなどの維持には「負の重力」を生み出す負のエネルギーが必要となると言われています。

負のエネルギー状態が確認された唯一の例としてこのカシミール効果が取り上げられるのです。

Morris, Thorne, Yurtsever (California Institute of Tec)の指摘によれば、時空に局所的に負の質量領域を生み出すために量子力学でのカシミール効果を用いることができると述べています。

<http://authors.library.caltech.edu/9262/1/MORpr188.pdf#search=%27Morris%2C+Thorne%2C+Yurtsever%27>

Universität Stuttgart 大学のシミュレーションもあります。

<http://www.vis.uni-stuttgart.de/~muelle/MTvis/>

ただし、あくまで真空のエネルギー状態を負にまで引き下げることができると確認されたというだけで、実際に負のエネルギーを形として取り出せたというわけではないようです。

カシミール効果は、電荷を持っていない二つの物質の間の斥力(Repulsion)として現れる場合があります。エフゲニー・リフシッツ(Evgeny Lifshitz ロシアの物理学者 1915-1985年)は、ある状態(一般的には流体を含むとき)では斥力が生じることを理論的に示し、物体を浮上させる方法としての発展性から注目を集めたようです。浮上実験はいまだに達成されていませんが、最近の実験で斥力

が立証された例としては以下があります。(2008/5/22 日)

<http://www.economist.com/node/11402849>

最後の妄想

人間の尺度での直観から離れた発想をするためには過去の哲学者、数学者、思想家の原点に立ちかえってみる必要もあるように思えます。

西洋哲学は人間の外側について探求し発展させてきましたが、東洋哲学は人間の内面の探求を主体に発展させてきたと言われています。そのため人間の直観に頼る尺度から脱却するには、**東洋哲学の発想が参考になる**ようです。

ちなみに**湯川秀樹**や**ニールス・ボーア**(Niels Bohr 1885-1962 デンマーク)は量子力学の振る舞いは西洋的合理主義の中では概念化しづらいが、東洋における**老子**(BC600 頃)・**荘子**(BC369-BC286)「万物斉同、胡蝶の夢など」や仏教の伝統的哲学思想「**梵我一如の概念**(インドのヤージュニヤバルキヤ、インドの無形文化遺産「**ヴェーダ**」、**空の概念**(釈迦、龍樹)など)との間に**近縁性がある**と述べています。

また、著書「**正法眼蔵**(しょうぼうげんぞう) 全 95 巻」で知られる鎌倉時代の禅僧で永平寺を開山した**道元**(1200 年-1253 年)は「思考で表現できないものを思考で表現して分かった気になるな。思い込みを打破せよ。言葉で簡単に理解できるような境地は「悟り」に値いしない。「悟り」も「迷い」もコインの裏表のようなもので実は一体なのだ。「**身心脱落**(自我を捨て去れ)」がキーワードである」と述べています。また時間は過去→現在→未来へと流れない。すべて現在の中にあるとも述べています。禅話の一例として「ツボの中の鷺鳥」という以下のような有名な話があります(「禅」**鈴木大拙**(1870 年-1966 年)より)ので紹介します。

「鷺鳥がまだヒナのうちに壺に入れる。壺の中でどんどん成長させ、とうとう壺いっぱいまで大きくなった。さて壺を割らず、鷺鳥を殺しもせず外に出すにはどうすればよいか。」?

答えは伏せておきますので、考えてみてください。(ヒント:原理的に不可能そうな問題の解き方、鷺鳥=自分自身、壺=自分の心と置き換えてみてください)

さて、数学的思考の原点に立ち返るという意味では、200 年前の大数学者**ガウス**(1777 年-1855 年 ドイツ)は「**私は無限大の大きさというものを何かしら完成されたものとして扱うことに反対する。これは数学では決して許されない。無限大というのは単に言い方なのであって、真の意味は極限のことだ**」と言われています。

無限は便利な近似で、代替え物もないから使われてきたのですが、マイクロ、マクロの世界の探求の重要性が増している現代において、空間、時間、物質、エネルギー、粒子、重力の場とは何かなど未知な事柄に満ち溢れていて、実在のせいぜい 5%程度しか理解しておらず、背後には膨大な我々の知りえない未知な世界にあふれているような気がします。

ガウスの言葉を改めてかみしめてみると、自然現象を数学の言葉で書くにあたり、**無限、極小、極大、ゼロ、特異点とは何か**改めて論理的に掘り下げる必要がある気がします。

紀元前 300 年頃のユークリッドに始まる「**ユークリッド幾何学**」を 1830 年頃大天才ガウスが新しい公理にもとづき「**非ユークリッド幾何学(Non-Euclidean geometry)**」を生み出したように、現代の数学を構築している公理から出発するのではなく、**新たな公理の構築が必要**になるような気がします。

ちなみにホイーラー(Wheeler 1911年-2008年 米国の物理学者)のように実在の世界において10の35乗以下はありえない。ゼロはありえないと唱える人もいます。

数学の歴史の流れの中で「虚数」「ゼロ」「円周率」「平方根」「e」等々多くの数学定数が作られてきましたが、量子力学上の数学定数のようなもの(シュレーディンガーの波動関数ではなく)すなわち粒と波の性質を表現できる数学的概念を作り出せませんか？

<http://arxiv.org/abs/astro-ph/0511774>

現在は微積分が自然現象を数学の言葉で表現するにはこれしかないと言わんばかりに使われていていわゆる科学哲学の世界で言われる既存数学の道具主義に走りすぎているように思えてなりません。今後何百年、何千年もこの状態を脱皮することが出来ないことはないと思います。いつか大天才が表れて突破口をこじ開けてくれると信じています。

ブレークスルーは現代の数学界の常識の外に答えがあるような気がします。

一方でカナダの数学者ロバート・ラングランズ(Robert Langlands カナダ 1936年-)はラングランズ・プログラム(Langlands program)という数学の統一理論を提唱しています。

これは異なる数学の領域間にも関係性があり、一つに統一できるのではないかと考え、数学の統一理論における主要な概念の一つになっています。

数学の全ての分野を互いにつなぎ合わせる事が出来れば、数多くの難問が解決するかもしれないという期待があります。

この10年間で、量子物理学やSuper string理論の世界とラングランズ・プログラムとの関係が次々と発見されてきたといわれています。

さらに数学者 Edward Frenkel(1968年- ロシア生まれ 米国UCB大学)が述べているように

「抽象世界を描くはずの純粋数学が、現実を記述する物理学と深いつながりを持つのはなぜか？」

「自然科学における数学の不合理なほどの有効性はどこからやってくるのか？」

「数学は単なる抽象的な存在ではないのではないか…？」と疑問を投げかけています。

数学と「抽象」、「実在」との境界はどこにあるのでしょうか。未知への探求が続けられています。

<http://www.nhk.or.jp/hakunetsu/math/index.html>

(link切れのようです)

次の不完全性定理は新しい数学言語が出来たとしても定理として検証する必要があると考えます。

クルト・ゲーデル(Kurt Gödel 1906年-1978年チェコの数学・論理学者)の不完全性定理というものがありますが、1930年頃ヒルベルト(David Hilbert 1862年-1943年 ドイツの数学者)はどんな問題でも数学理論により真偽の判定が可能であると証明しようとしたましたが、一方ゲーデルは「数学理論は不完全であり決して完全であり得ない」として不完全性定理を唱えました。

要は世の中には知ることが出来ないことがある「知の限界」ということを証明したのです。

ちなみにゲーデルはアインシュタインが保証人になり米国の市民権を得た方です。

しかし「合衆国憲法は独裁国家に合法的に移行する可能性を秘めていることを発見した」と語り周囲を慌てさせた逸話が残っています。

第一不完全性定理とは-----ある矛盾のない数学体系の中に、肯定も否定もできない証明不可能な命題が存在する。この定理から次が導かれるです。

第二不完全性定理とは-----ある数学体系に矛盾がないとしても、その数学体系は自分自身に矛盾がないことを証明することができない。以上を数学的に証明したのです。

この不完全性定理は数学のみならず理論体系一般すべて(哲学、科学、法律等)に適用可能であり、**ゲーデルショック**と言われたそうです。

どんな理論体系にも、証明不可能な命題(パラドックス)が必ず存在する。それは、その理論体系に矛盾がないことをその理論体系の中で決して証明できないということであり、つまりそれ自身で完結する理論体系は構造的にあり得ないというのです。

ゲーデルの不完全性定理により数学に一定の限界があることが示されたと言われています。

知の限界は本当にあるのか？

ゲオルク・カントール(Georg Cantor 1845年-1918年 独の数学者)は無限には複数あり

「無理数の無限の大きさ(A)>自然数の無限の大きさ(B)」であることを証明しました。

ではAより大きい無限やAとBの間の無限、Bより小さい無限は存在するのか？

答えはyesでもありかつnoでもあるという奇妙なことになるようです。

yesが答えとなるような数学体系を作ることも可能であるしnoが答えとなるような数学体系も存在するという事です。これは数学の不思議さ、柔軟さ、力強さでもあると述べています。

なにか光が粒子でもあり波でもあるということのを思い浮かべてしまいます。これも自然界における不思議さ、柔軟さでもあります。

これに対しドイツの数学者ダフィット・ヒルベルト(David Hilbert)は「これは数学的思考の最も驚異的な産物だ。純粋に知性によって作り出すことのできる領域にある最も美しい探求の一つだ。カントールが作り出してくれた楽園を私たちから奪ってはならない」と述べています。

数学を用いて数学自身の限界を探求することが出来るようです。

では人間の「**頭脳の限界**」を超えているという限界はあるのか？

「**知の限界**」はどこにあるのか？ はたしてどちらが限界なのか疑問は尽きません。

「**禅**」の教えによれば**言葉・文字による知性は実在と我々の間に介在するものに過ぎず究極の物ではない。さらに高いなものか**をもって初めて問題の解決をみると言われています。さらに高い何ものかは実体験でしか体得できず、それを見つけたときが覚醒である(悟り)と言っています。果たして人工知能は「**禅**」の教えによる覚醒(ひらめき、breakthrough、創造?)のようなものが将来可能となるのでしょうか。？「**さらに高いなものか**」とは何か？

人間の脳細胞は人体60兆の細胞のコントロールと身の安全・防御や豊かに生き延びるため知性を働かせ実生活に最大の効果をもたらすため科学が発達し、生活の水準が高められてきました。だが、その結果財欲、色欲、飲食欲、名誉欲、睡眠欲、物欲、権力欲、傲慢、嫉妬、怠惰、貪欲、憤怒等々を個人間、都市間、国家間で生み「**貪りと憎しみ**」が増加し、蓄積しつつあって、全然断ち切られてはいません。しかし、欲を断ち切ることは人間の否定にも繋がりがねません。

知性化には「**貪りと憎しみ**」を取り除く力がないのは過去の歴史を見ても明らかです。人生の精神化、人生の意義深い洞察ということになると、過去数千年見ても残念ながら我々はあまり進歩していないと言えます。**何故か？**

豊かに生き延びようとする人間の本能による欲に起因する**貪りと憎しみ**が生まれてしまうからである。いくら知性化を高めてもこの「**貪りと憎しみ**」を取り除くことはできない。知性化と**貪り憎しみ**

は表裏一体のものであり、それが人間社会という複雑で膨大な相互依存のネットワークでつながっている中でその相互依存関係を正しく理解し互いに関係をもつなかで思いやるという哲学、考え方を幼少期から植え付ける教育が大切なようにも思えますが、そのような知性化では解決しないと思われまます。知性化と貪り憎しみという表裏一体のものに対する意識について脳機能の進化が図られるようなことが起こらないと人類はいずれかの時点で滅びてしまうのではないかと？何故か？知性がAIの力により発達すれば、その分だけ貪り憎しみも拡大していくような気がします。

DNA レベルの進化は起こるのでしょうか？例えば脳は右脳と左脳が脳梁により繋がり、理性と感情のバランスを取っています。遠い将来このようなバランス感覚の進化が脳に起こるのでしょうか？クルト・ゲーデル (Kurt Gödel 1906年-1978年 チェコの数学・論理学者) の不完全性定理ではないが全ての物事は自己の内部に矛盾を含んでおり、それによって必然的に自己と対立するものを生み出すこととなります。

いわゆるヘーゲル(Hegel 1770年 - 1831年 独の哲学者)の弁証法(dialectic)によれば空間的つながり、時間的な流れの中で、物事には生み出したものと生み出されたものは互いに対立しあい、テーゼ(These:正しいと認める命題)とアンチテーゼ(Antithese:否定的な命題)と言われるものを生み出すが、両者の立場が矛盾・対立する段階をへて相反する立場を否定しつつも互いに生かし、両者をより高い次元のレベルへと発展統合し、いわゆるジンテーゼ(Synthese:テーゼとアンチテーゼを統合した命題)として収斂し最後には二つがアウフヘーベン (Aufheben, 対立し合う関係から更に高い次元に引き上げる) され、「より高度な統合命題」が導き出されるとヘーゲルが主張していることはよく知られていますが、反対と賛成が拮抗しているような命題が、時間、空間の流れの中で、より高度な命題が導き出されるように進化できればと願わずにはられません。この進化とは何百万年もかけて脳の構造が進化するのではなく外部ネットワークと繋がった Aufheben super Intelligence なるようなものかもしれません。

しかし複雑、難解で人間の頭脳では解決できない問題かもしれないと思えたものでも単純化や新しい切口で難問を解決してきた過去の歴史があることを思えば限界を破ろうとする人間の探求心はあるはずですが、その前に人類は貪りと憎しみにより滅亡してしまうのでしょうか？

また、次のよく議論されている知能爆発の中で新しい論理が生まれてくるかもしれません。

ヴァーナー・ヴィンジ (Vernor Vinge 米国 数学者,SF作家 1944年 -) は技術の指数関数的発達は我々が想像もできない地点に達するだろうと述べ、1993年の論文で「知能の爆発」を「特異点(人間の理解を超えた点 singularity)」と呼びました。

例えば数「1」は特異点とされています。1より小さい数は何回掛けて(技術改良を意味する)も決して1以上にはなりません、1を少しでも超えれば何十回何百回と掛け合わせると、とんでもない数になります。AIの世界では人間の知能を1に例えて、AIが1を少しでも超えたときの知能爆発を懸念する話があることはご承知かもしれません。

<https://www-rohan.sdsu.edu/faculty/vinge/misc/singularity.html>

さらに時代をさかのぼれば、1965年数学者 I・J・グッド(1916年-2009年 英国)が論文「Speculations Concerning the First Ultra-intelligent Machine」において機械が自らプログラムを修正し機械の知性が指数関数的に発達(知能爆発)し、人類を凌駕するであろうと述べています。

進化の過程で人間が獲得した直観は、祖先が生存上価値のある日常的側面に関してのみ有効なものなので、現代の高度な技術を使って日常のスケールを超える実在を明らかにしようとする時、人間の

直観は誤りを犯しやすいと予想されますが、徐々に新たな直観を人間は習得しつつあると思います。いつかある時点に到達したとき、人間は新たな五感を獲得するようになると思います。いや今獲得しつつあるのではないのでしょうか。やがてヴァーナー・ヴィンジが唱えるような「知能の爆発」は起こると思って間違いないようです。

サム・ハリス(Sam Harris、1967年-米国の神経科学者)は知的な機械の進歩がずっと続いていく未来において機械は自ら進化していき、進歩のプロセスが人間の手を離れてしまい、そのような知的機械を1週間稼働させておくと人間並みの知的作業の2万年分こなすような時代が訪れ、しかも毎週毎週それが続き、そのような進歩をする機械頭脳は抑えるどころか理解することすらおぼつかないと警告しています。人間と知的機械の直観のずれがいつかは生じて、ある種の危険を察知し損なうことはないか?と危惧しています。

過去に生命進化の過程で約5億4300万年前、それまで数十種しかなかった生物が突如1万種にも爆発的に増加しました。「カンブリア紀の大爆発」と呼ばれています。ではなぜ起きたのか?生物にとって最も重要な感覚器である「眼」を持つ生物が誕生したことによるためであるという新学説がアンドリュー・パーカー(Andrew Parker 英 動物学者 1967年-)により提唱(2003年)されていますが、今後数世紀にわたり行われるかもしれない人間の新たな「直観」の獲得は「人工知能」も含めてカンブリア級の知能爆発を起こすかもしれません。現在は「量子の不思議な力」とか「暗黒物質」とか言われていますが、いつかはこの「不思議」とか「暗黒」の文字が取り除かれる日が来るかもしれません、その時はさらに新たな不思議が生まれているかもしれません。

<http://wasdarwinwrong.com/korthof60.htm>

日本人は歴史的にも技術を1から2にすることに力を発揮してきましたが、欧米人はシステム思考に強く、かつ0から1を生み出すことが評価され尊敬されてきました。これからのグローバル化の時代に於いてはこのような歴史的傾向から脱皮することが日本人には増々求められてくると思います。

妄想が暴走した感がありますが、最後に知ったかぶり人生を送りやっこの年になって心に刺さった偉人の名言を紹介いたします。

アインシュタイン(Albert Einstein 独 1879年 - 1955年)

①.宗教のない科学はまっすぐ歩くことができず(不完全)、科学のない宗教は行き当たりばったり(盲目)である。

②.ある年齢を過ぎたら、読書は精神をクリエイティブな探求から遠ざける。

本をたくさん読みすぎて、自分自身の脳を使っていない人は、怠惰な思考習慣に陥る。

(参考引用文献2・他から引用)

吉田松陰(1830年 - 1859年)

①.人の人たる所以は忠と孝を基本とする。

②.夢なき者に理想なし、

理想なき者に計画なし、

計画なき者に実行なし、

実行なき者に成功なし、故に、夢なき者に成功なし。

参考引用文献

1. 数学的な宇宙(Our Mathematical Universe) MAX Tegmark MIT 2016-9 講談社
 2. 京都大学学術情報リポジトリ-KURENAI 2002-9
テイリッヒとアインシュタイン: 人格神をめぐって 芦名定道
 3. 数理科学 No.530 2007-8 数学におけるくりこみ群, 夜明け前 服部哲弥
 4. 日経サイエンス別冊 186 実在とは何か 2012-8
 5. 日経サイエンス別冊 180 時間とは何か 2011-8
 6. エクサスケールの衝撃 齋藤元章 PHP 研究所 2015-1 スパコンの話です
 7. 人工知能(人類最悪にして最後の発明 OUR FINAL INVENTION)
ジェイムス・バラット(James Barrat) ダイヤモンド社 2015-6
 8. 哲学的な何かあと数学とか 飲茶 二見書房 2008
 9. 哲学的な何かあと科学とか 飲茶 二見書房 2006
 10. 「量子的世界像 101 の新知識」 ケネス・フォード(Kenneth Ford)Harvard Univ. 講談社 2014-3
 11. カオスの壁を越える天気予報への挑戦 筑波大学地球科学系 田中博
数理解析研究所講究録 1209 巻 2001 年 10-17
 12. 数学セミナー2010 年 2 月号特集「ナヴィエーストークス方程式」
ナヴィエーストークス方程式 クレイ懸賞問題のいま 小菌英雄
 13. ON THE MOTION OF A VISCOUS LIQUID FILLING SPACE JEAN LERAY
Acta mathematica. 63. Imprim'e le 5 juillet 1934.
 14. JOURNAL OF THE EUROPEAN MATHEMATICAL SOCIETY 10(2), 267–313(2008).
Blow ups of complex solutions of the 3D Navier–Stokes system and renormalization group method Dong Li Ya. G. Sinai Princeton Univ.
 15. 多目的遺伝的アルゴリズムによる空力最適設計 東北大 大林茂
 16. 物質のすべては光(THE LIGHTNESS OF BEING) フランク・ウィルチェック(Frank Wilczek)
早川書房 2012 年
 17. ナノテクノロジー・ルネッサンス(Our Molecular Future)
ダグラス・マルホール(Douglas Mullhall) 2013 年 10 月 アスペクト(株)
 18. エレガントな宇宙(The elegant universe) ブライアン・グリーン(Brian Greene)
2001 年 12 月 草思社
 19. ここまで来たナノテクノロジー 吉田典之 2010 年 3 月 技術評論社
 20. 量子の非局所性を厳密に検証 2015/4 東大ナノ量子情報エレクトロニクス研究機構 古澤明
 21. ボース・アインシュタイン凝縮 東大 上田正仁
<http://event.phys.s.u-tokyo.ac.jp/physlab2012/3-bec>
 22. 2050 年の技術 英「エコノミスト」編集部 (株)文芸春秋 2017/4
 23. 正法眼蔵 道元 ひろさちや(増原 良彦) 100 分 de 名著 NHK 出版
 24. 禅 鈴木大拙 筑摩書房 2016 年 11 月
 25. 禅と陽明学(上) 安岡正篤 プレジデント社 2004 年 5 月
-