

般若心経と現代科学における宇宙観

公立鳥取環境大学 環境学部

足利裕人

1 般若心経の説く世界

般若心経は中国の僧侶玄奘三蔵が、唐の時代にインドから持ち帰り、翻訳したといわれている経典、であり、「舎利子」(お釈迦様の十大弟子の中で最も智者のシャーリプトラ)と、「観自在菩薩」(観音菩薩)との対話形式で書かれている。

般若心経の中心となっているのは、大乘仏教の「空(くう)」の思想であり、経典では、観音菩薩がさまざまな事象を例に挙げながら、仏教の基本である空の思想、すべてのものには実体がないことを説いている⁽¹⁾。

「色不異空 空不異色 色即是空 空即是色」という一節では、色(形のあるもの、物理学的には物質を表す、目に見えるもの)には実体がないと伝えたくて、さらにそれゆえ空とは色でもあるともいい、ただ単にまったくなくなにも存在しないという考え方すらも否定している。

「空」という何も存在しない状態は、何かが生まれる前の準備の状態であり、物質やエネルギーが生まれ、それらを収める容器を事前に空っぽにしておく必要があると読み取ることができる。

「色即是空」、「空即是色」。色(しき)とは人間の体や魂や物質を意味する。色は即、空に行けるし、空からは即、色に行ける。空という時空を超越した場を魂は行ったり来たりできるし、それは見えないけど常に行われているんだと記されている。この考えに至って、観音菩薩はこの世のあらゆる苦しみから解放された。さらに舎利子に対して「この世のあらゆるものに実体がないということは、生まれることも滅びることも、汚れることもきれいになることも、増えることも減ることもない」「老いも死もなく、老いや死がなくなることもない。苦しみやその原因もないし、苦しみがなくなることも、苦しみをなくす修行法もない」と説き、このような真理に目覚めてこそ、心安らかでいられると説いた。

「空」から生まれた空相(空間の1つ)の中で物事の規則を支配している物理法則は、般若心経に書かれている「諸法」に相当する。科学者、研究者、技術者は、観測や実験を行なって宇宙を探り、「諸法」を理解しようとしているように見える。

2 般若心経の伝えること

般若心経が説く空っぽの世界の「無」と物質の関係は、初めの部分に記されている。

摩訶般若波羅蜜多心経

大いなるすぐれた智慧により、彼岸にたどり着くための教え

観自在菩薩 行深般若波羅蜜多時 照見五蘊皆空

観音菩薩は説く。人間の意識のもとである「五蘊」(色:形のある物質で人体も含める、受:感じること、想:思うこと、行:行うこと、識:認識すること、の5要素)のすべてのものは実体がないのだ。

度一切苦厄

このことが、一切全ての苦しみや厄災を、悟りの境地に導くのだ。

舍利子 色不異空 空不異色

舍利子よ、目に見える物質は実体が無く移りゆく。実体が無く移りゆくものは物質なのだ。

色即是空 空即是色

全ての物質は、すなわち実体が無く移りゆき、実体が無く移りゆくものはすなわち物質なのだ。

受想行識亦復如是

心のはたらきである感覚や感情、意志や知識、経験なども、絶えず変わり続け、それこそが心なのだ。

舍利子 是諸法空相

舍利子よ。こうして、皆変わり続けるのだ。これこそが本来の自然の姿なのだ。

不生不滅 不垢不淨 不増不減

この世界は始まりも終わりもなく、きたない、きれいの概念もなく、増えも、減りもしないのだ。

このように般若心経は、世のまことの世界は、物質である形あるすべてのものや、人間のあらゆる感覚もなければ、悩みや苦しみという概念も無い。こうして「空」の思想を知ることにより、人は真理に目覚め、心安らかな存在でありつづけることができると記している。

般若心経の宇宙観「無」や「空」の思想は、まさに現代科学の宇宙論が最近解き明かしてきた成果を表しているのは衝撃的である。真空の宇宙空間に蓄えられているダークエネルギーや宇宙の始まりの大爆発ビックバン(参考1)や急激な膨張であるインフレーション(参考2)、目に見えないが宇宙の質量の大半を担う暗黒物質など、般若心経に通じるものばかりであるのは驚きである。般若心経の宇宙観を思いめぐらすことにより、現代の人間のありかた、はたまた、ここに生きている自分の存在理由や立ち位置が見えてくるのかも知れない。

佛説摩訶般若波羅蜜多心經
 觀自在菩薩行深般若波羅蜜多時照見五
 蘊皆空度一切苦厄舍利子色不異空空不
 異色色即是空空即是色受想行識亦復如
 是舍利子是諸法空相不生不滅不垢不淨
 不增不減是故空中無色無受想行識無眼
 耳鼻舌身意無色聲香味觸法無眼界乃至
 無意識界無無明亦無無明尽乃至無老死
 亦無老死尽無苦集滅道無智亦無得以無
 所得故菩提薩埵依般若波羅蜜多故心無
 罣礙無罣礙故無有恐怖遠離一切顛倒夢
 想究竟涅槃三世諸佛依般若波羅蜜多故
 得阿耨多羅三藐三菩提故知般若波羅蜜
 多是大神呪是大明呪是無上呪是無等等
 呪能除一切苦真實不虛故説般若波羅蜜
 多呪即説呪曰
 羯諦羯諦波羅羯諦波羅僧羯諦菩提薩婆訶
 般若心經

図〇 般若心經全文

3 現代科学の宇宙観

(1) 宇宙の数字

最新の現代科学で解明された宇宙の数字である。宇宙空間には、「無」の空間に秘められた真空のエネルギーを源として、現代科学の課題となっている未解明の物質とエネルギーが 96%も満ちている。目に見える物質の世界はなんと 4%だけである。

宇宙の年齢:137 億年

宇宙のエネルギー:見える物質 4%、見えない物質 23%、見えないエネルギー73%

宇宙の曲率(曲がり方):0 平坦を示す

宇宙の温度(宇宙の背景放射の温度):2.73 K 約 3 K(ケルビン:絶対温度)＝摂氏マイナス 270 度という低い温度の電磁波で宇宙は満ちている

宇宙膨張の速度(ハッブル定数):71 km/s/Mpc(メガパーセク) 326 万光年離れるごとに 71 km/s ずつ速くなる

宇宙の平均密度: 5×10^{-23} g/cm³ 1 m³の立方体の箱の中に、水素原子が 1 個ある程度

宇宙の平均圧力: 1×10^{-11} Pa

(2) 宇宙観と宇宙の始原

仏教の宇宙観のみならず、世界各地で発生した宗教における宇宙観は「宇宙の始原」について大変よく似た表現をしている。いずれも物質もエネルギーも無い、時間も空間も無い「無」の状態か

ら宇宙は始まったとしている。

時間や空間も存在しているが、その中に物質やエネルギーが存在しない状態を「真空」と呼ぶ。しかし、現代の物理学者たちは、その「真空」は単なる空っぽの空間ではなく、大変ダイナミックでエキサイティングな空間として捉えている。この真空の中に正体不明のエネルギーが隠されており、宇宙全体のエネルギーと物質すべての 73%が観測によって分かってきた。宇宙の大部分は空っぽと思われた「真空」が持つエネルギーだったのである。

素粒子物理学では実験で巨大加速器を用い、アインシュタインの式 $E=mc^2$ よりエネルギー E と質量 m は等価である (c は光速) を証明するように、エネルギーから物質が誕生している。現代科学者の考える「真空」とは、素粒子が生まれては (対生成) 消え (対消滅)、真空の中で泡のように沸き立っているイメージである。

現代の宇宙論が説く宇宙の始原は以下のように考えられている。まず、宇宙が始まる前の時間も空間も無い「無」の空っぽの真空の世界にも、局所的にミクロな「時空」が生成、消滅を繰り返していたと考えている。ある時、プランク時間という非常に短い時間 10^{-43} 秒の間に、江崎玲於奈が提唱したトンネル効果によって一つの時空がポツンと生まれたが、その大きさは 10^{-24} cm という、現在知られているどんな素粒子よりも小さいものだった。これが生まれて 1 秒にも満たない一瞬に、佐藤が提唱した猛烈な膨張「インフレーション」が始まり、熱のエネルギーが解放されて、超高音・超高密度のビッグバンという火の玉宇宙になった。宇宙創成のシナリオとなり、NASA が打ち上げたハッブル望遠鏡やハワイの「すばる」望遠鏡、各国の人工衛星の観測などで確認されている。

(3) インフレーション後の宇宙

インフレーションが終了した後、「無」である空っぽの「真空」中に潜んでいた膨大な熱のエネルギー (潜熱) が解放され、ビッグバンと言われる「火の玉宇宙」が膨張していった。ビッグバンにおける物質の説明には、「小林・益川理論」(参考 7) で示した、元々同じ割合で生成された物質と反物質の対称性の破れが必要であった。このときのエネルギーで素粒子が生まれ、宇宙誕生から 10^{-6} 秒後には超高温・超高密度のクォーク (陽子や中性子などを構成するこれ以上分割できない素粒子) やグルーオン (クォーク同士をくっつけるにかわのような粒子) という素粒子で構成されたスープ状の宇宙が完成する。そして宇宙誕生後 10^{-4} 秒後にグルーオンがクォークを捉え始めて 2~3 個くっつけ、陽子、中性子、中間子を構成し、これらの粒子は質量 (ものの動かしにくさ) を得る。このスープの中を電子や光子は飛び回っていた。宇宙誕生の 3 分後には膨張による温度低下で宇宙の温度は 10 億 K (ケルビン 絶対温度) まで下がり、水素などの軽い原子核が生まれるが、宇宙はプラズマ状態で飛び回る電子に光子が散乱され、光が直進できなかつた。その後宇宙誕生から 38 万年してさらに温度や密度が下がり、電子が原子核につかまって原子が形成され、電子が空間から消えたために光は直進できるようになった。これが「宇宙の晴れ上がり」である。その後 4 億年経ち核融合で輝く星が誕生し、星の間に働く重力によって集まり始め、銀河が形成された。

このように、宇宙は、今から 137 億年の昔、熱い火の玉として生まれ、光など素粒子のガスでできた宇宙は、膨張するにつれて冷却していき、次第に固まって原始星が生まれ、そのうち核融合で

輝き始めた星が集まって銀河が成長し、銀河団や超銀河団、グレートウォール(宇宙の万里の長城と例えられる)など、実に豊かな構造を持った今日の宇宙へと進化した。質量の大きい青白い星は、水素を核融合で燃やすことにより、炭素や酸素、鉄などの重元素を作り出し、寿命が来た星の最後の超新星爆発で、銀河に膨大な重元素をまき散らし、それらを原料として惑星や私たち生命が生まれて来たのである(5)。

(4) 現代科学の「無」の解釈

今日の科学者は、今の宇宙の観測を通じて、この宇宙の未来を予測でき、また、私たちの未来に影響を与える理論を追求している。宇宙は、かつては時間も空間も存在しなかった、空っぽの深い「無」とみなされていたちっぽけな空間より生じ、そこに秘められていたエネルギーによって、物質が生成・消滅を繰り返しながら生き残り、宇宙の進化を支配し、この宇宙が創造され、しかも無限の遠い未来には、また宇宙を「無」が支配するようになる予想している。まさにこれは般若心経が解く世界を表しているように見える。般若心経の「空」はまったく何もない空っぽの世界ではなく、「空」という実態がある場所だと解釈されている。そこには巨大なエネルギーが存在していたのだ。

天地創造説は、宇宙の創成には神の存在が必要だったとしているが、現代科学では空間と時間の外側において、宇宙を動かしている者の存在は完全に消え去っている。ローマ・カトリック教会では神は「原因の中の原因」であり、古代の科学の主流を作ったアリストテレスは、神を「第一動者」と言い、神は宇宙を創造するためのルールを作った全能の存在とした。この思想の根底には、宇宙創成には「無」からは何も生じないという概念が根深く存在していたが、これが現代科学により完全にくつがえされてしまったのである。「相転移」の概念を導入して、宇宙の創成を解明した(参考 5)物理学者スティーブン・ワインバーグは「神は科学を信じることを不可能にするのではなく、神を信じることを可能にするのである」と言っている。1970年代に彼が書いた「宇宙の創成 はじめの3分間」(ちくま学芸文庫)に、「宇宙のことがわかるにつれて、そこには意味がないように思えてくる」と述べた。彼はユダヤ教の家庭に育ったが、ユダヤ教の宇宙は神が創生したものであるので、神の意志が見られる。ワインバーグの言葉はそのことに疑問を呈している。科学の発展は、神の存在に疑問を投げかけて来た。近代哲学の代表者であるベーコンとデカルトは、それぞれ経験論と合理論の祖とされ、ニュートンによって古典物理学が完成され、彼の運動方程式はあらゆる運動を数学的に記述し、条件が与えられれば未来が予測できるため、機械的世界観が構築され、時計仕掛けの機械化万能の思想が生まれ、産業革命につながった。神の存在はこの時代窮屈になってきたのである。仏教は神や外界の超越者の存在を認めない、独特の世界観を持つ宗教である⁽⁷⁾。

現代科学が解明してきた最新の宇宙論では、「無」の世界から、現在観測できる遠くの銀河や星団、超新星、ブラックホールなどすべてのものや、観測にかからない未解明の暗黒物質やダークエネルギー等が生まれてきた、としている。ビッグバンモデルでは「空」はビッグバン以前の状態で時空の無い場所である。ビッグバンの火の玉宇宙から、空間や時間や物質が生まれ、宇宙すべてが創造され、銀河、太陽系、地球、海と陸地、私たち人間を含む動植物の生態系が生まれ、それが相互に関係しあって存在している。

アラン・グースは「無」の何も無いところから、ものがいかにして生まれてくるかを説明した。物質と放射が全く無い場合でも、エネルギーはゼロではなく、アインシュタインが提示した一般相対性理論(参考 1)によって、エネルギーをもつ空間は指数関数的に膨張していくことを示した。宇宙創成のごく初期のきわめて小さな領域が、佐藤のインフレーション(参考 2)により、一瞬のうちに宇宙全体を楽々含んでしまうほどの大きさになった。私たちはしかも運がいいことに、現在それが望遠鏡や人工衛星に搭載した装置で観測可能であり、一般相対性理論や量子論などで計算可能なのである。NASA が打ち上げたハッブル望遠鏡の観測で見つかった宇宙の膨張は、急激な速さで進むために、空間に内包するエネルギーが増大し、宇宙の領域はどんどん均一化して平坦になっていることが分かった。

スティーブン・ホーキングとその共同研究者のジム・ハートルが、全く何も無いところから始まった宇宙の境界条件を求めるために、それとは非常に異なる枠組みを提案したが、その重要性は次のようにまとめられる。

- 1 量子重力理論(参考 4)においては、宇宙は「無」から自発的に生じることが可能であるばかりか、むしろたえず生じている。「無」から自発的に生じた宇宙は空っぽである必要はなく、重力による負のエネルギーを含めて、全エネルギーがゼロでありさえすればよく、物質と放射が含まれていてもよい。
- 2 そのメカニズムで生まれた閉じた宇宙が、無限小の時間よりも長く存在できるためには、インフレーションのようなものが必要になる。結果的に、そのようなシナリオで生じた宇宙の中で、寿命が長いと期待できるものは、今日、ちょうど私達の宇宙のように平坦に見える。

これらは、量子重力では「無」(ここでは空間も時間も無い状態)から宇宙が生じても良いということを表している。また、空間も時間も無い状態は不安定で、「無」から宇宙が生じずにはすまないことも示している。その宇宙の寿命が長い場合は、現在私達が観測している宇宙になると予想される。

アインシュタインの一般相対性理論や量子論が発展し、今や空間や時間さえも、絶対的なものではないことは示されている。現代科学は、般若心経が伝える「空」の世界の解明に近づいてきたように思える。それにしても科学的知見が乏しく、観測装置は目に頼るしかない2千年前の時代、釈迦はどのようにして宇宙の成り立ちや法則を悟り、宇宙観を見出したのだろうか。

参考

1 ビッグバンモデル

1948年にジョージ・ガモフが提唱したビッグバン(大爆発、big bang)モデルでは、宇宙は140億年くらい前に一点から始まり、その後、現在に至るまで膨張し続けている。初め、超高温・超高密度だった「火の玉宇宙」は膨張した結果、冷えて空疎な、幾何学的に平坦な空間になったと考えられ

ている。その冷える過程で恒星や銀河などの構造を作りながら、現在に至った。ビッグバンは、宇宙において“空間”と“時間”の始まりとされている。1964年にベル研究所が宇宙のあらゆる方向から届くマイクロ波を検出し、宇宙マイクロ波背景放射としてビッグバンの確実な証拠となった。

2 インフレーション理論

初期の宇宙が指数関数的に急膨張(インフレーション)を引き起こしたというもので、ビッグバン理論のいくつかの問題を一挙に解決するとされる。1981年佐藤勝彦は、「力の統一理論」にもとづいて、後にアラン・グースに名付けられた「インフレーション」モデルを提唱した。宇宙開闢のころ、宇宙は「真空のエネルギー」に満ちていた。このエネルギーが働き、空間を押し広げる力(宇宙斥力=アインシュタインの式の宇宙項(参考の(1)))によって、宇宙は加速度的に急激な膨張を起こした。そしてこの膨張が終わるとき「真空のエネルギー」は熱エネルギーとして開放され、灼熱の火の玉宇宙=ビッグバンが生まれた⁽⁵⁾。佐藤は「宇宙創成の鍵」は、アインシュタインが人生最大の不覚と嘆いた宇宙項にあるとことを明らかにした。この極端に猛烈な膨張で宇宙空間に作られた歪みが、時間とともに引き伸ばされ、超銀河団やグレートウォールなど宇宙の大規模構造が構成されたと主張した。インフレーション理論は、エネルギーを内包する空っぽの「無」の空間が、とてつもなく大きくて平坦な宇宙になることや、私達に見えるすべてのものを、その空っぽの世界から生み出すことの可能性を与えてくれ、従来のビッグバンモデルでは説明できなかったモノポール問題や物質と反物質が対象に存在する宇宙モデルが可能であることを示した。

3 アインシュタインの一般相対性理論

宇宙の膨張が加速していることが近年になってわかり、長く忘れられていた「宇宙項(宇宙定数)」が物理学の世界に復活した。宇宙項はアインシュタイン(Albert Einstein)が導入し、後に否定した。復活した宇宙項は、空っぽの空間を満たし、宇宙の加速膨張を引き起こす謎のエネルギーの存在を示している。アインシュタインが考えた時間と空間と物質の関係は、次のアインシュタインの方程式で表される。この方程式のおかげで、人類は科学的宇宙モデルを構築できるようになった。

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2}Rg_{\mu\nu} = \frac{8\pi G}{c^4}T_{\mu\nu} - \Lambda g_{\mu\nu}$$

μ 、 ν は時間 t と空間 x, y, z の計4つの添え字を取ると、左辺は空間の幾何学である「時空の曲がり具合」、右辺は「物質の持つエネルギー」を表し、計量テンソルという数式を用いて、物質とエネルギーがどれだけ存在するかによって、時空がどれだけ曲がるのかを表している。アインシュタインが一般相対性理論で示した、物質エネルギーが存在すると、そのまわりの空間は幾何学的に曲がってしまうという式である。右辺の係数 $8\pi G/c^4$ の c は光速を G はニュートンが提唱した万有引力定数をであり、時空間を曲げるエネルギーの強さを示す。右辺の $\Lambda g_{\mu\nu}$ は宇宙の広がり押し返す力である「宇宙項」を表す⁽³⁾。

1917年当時、アインシュタインも他の研究者と同様、宇宙は静的な存在に違いない(膨張も収縮

もしていない)と固く信じていた。「何億光年、何十億光年先でも、宇宙は現在観察されるように平坦である」と仮定した。また、もうひとつの仮定は「宇宙には特別な方向がない」とし、この2つの仮定を「宇宙原理」とした。しかし、これは彼自身が構築した一般相対性理論の方程式(当初は右辺の右側の宇宙項は無かった)と矛盾してしまう。困り果てたアインシュタインは、方程式にその場しのぎの余分な宇宙項 $\Lambda g_{\mu\nu}$ を付け加えることで重力の効果を打ち消し、静的な解を導いた。しかしその12年後、米国人天文学者のハッブル(Edwin Hubble)が宇宙の膨張を発見、アインシュタインは宇宙項の考えを撤回したのである。

その後60年間、宇宙項は宇宙論の世界からすっかり姿を消した。宇宙は膨張しつつも、重力の効果で膨張のスピードは鈍ると考えられた。ところが1998年、超新星の観測結果から、過去50億年にわたって宇宙膨張は減速するどころか加速を続けてきたことがわかった。やはり、重力の効果を打ち消すような力が働いていることになる。

これが現在でいう宇宙定数 $\Lambda g_{\mu\nu}$ で、量子論から予想される「真空のエネルギー」に相当するのではないかと考えられている。あるいは、奇妙な未知のエネルギーの存在を示しているのかもしれない。これは暗黒エネルギー(ダークエネルギー)と称されている。

現在の宇宙膨張を引き起こしているエネルギーの源が何かを詳しく理解しない限り、宇宙の最終的な運命を明らかにすることはできない。この深遠でややこしい謎が解ければ、重力と自然界の他の力を統一することがついに可能になるかもしれない。それこそが、アインシュタインが追求してやまなかった夢なのだ。

4 量子重力理論

量子重力理論は、重力相互作用を量子化した理論である。単に量子重力または重力の量子論などとも呼ばれる。物理学における最重要課題の一つと言われている時間、空間、物質、力という基礎概念を統一的に理解するための鍵とされ、一般相対性理論と量子力学の双方を統一する理論と期待されている未完成の理論。

5 ワインバーグ・サラム理論

宇宙の中でいろいろな相転移が生じることを示し、従来空っぽの空間「無」の世界の真空中に、元々エネルギーが存在し、それが相転移を繰り返すことによってエネルギーを失ったのが今の宇宙だと説明する。

6 力の統一理論

誕生間もないころの宇宙は大きな「真空のエネルギー」を持つということを示しており、一般相対性理論の計算により、「真空のエネルギー」には強い斥力が働き、宇宙を指数関数的にも膨張させることが分かった。

7 小林・益川理論

小林誠・益川敏秀のノーベル賞理論は、物質を構成するクォークという基本粒子が粒子と反粒子を同等と考える「CP 対称性」の破れが生じることを示し、137 億年前のビッグバンで物質が生じた原因を説明する。物質と反物質（質量は同じで電荷が異なる物質。電子と正の電荷を持つ陽電子など）が生じて、互いに対消滅してしまうが、実際には反物質の粒子 100 億個に対し、物質粒子が 1 個多いだけの微小なずれというわずかな対称性の破れで物質が残り、現在の宇宙が存在していると考えられる。

参考文献

- (1) 般若心経の内容全文と解説まとめ 知れば心が楽になる「空」の思想
<https://www.yoriso.com/sogi/hannyashingyo/>
- (2) 生きて死ぬ智慧 柳澤桂子、(株)小学館、2004 年
- (3) 宇宙 137 億年の歴史、佐藤勝彦、角川選書、2010 年
- (4) アインシュタイン「奇跡の年」から 100 年 残された謎 宇宙定数の正体を追え、L.M. クラウス、M. S. ターナー(シカゴ大学)、日経サイエンス、2004 年 12 月号
- (5) 宇宙が始まる前には何があったのか？、ローレンス・クラウス、青木薫訳、文芸春秋、2013 年
- (6) 図解入門 よくわかる最新宇宙論の基本と仕組み(第 2 版)、竹内薫、(株)秀和システム、2011 年
- (7) 心理の探究 仏教と宇宙物理学の対話、佐々木閑、大栗博司、幻冬舎新書、2016 年