

## 受賞の感想と抱負

金 信弘 (Kim Shinhong)

(筑波大学 数理物質系 宇宙史研究センター 特命教授)

この度、成和記念財団金萬有学術賞をいただき、大変光栄に思います。私のこれまでの研究に対して、このように高く評価していただいたことを心より感謝いたします。この 40 年間、多くの友人、先輩、後輩、院生、先生に恵まれて、充実した研究を行うことができました。特に今回の受賞対象になりました CDF 実験による研究では、初期の日本グループ代表者であられた亡き近藤都登先生をはじめとする共同研究者の方々に深く感謝いたしております。

受賞対象となりました“2 TeV 陽子反陽子衝突実験 CDF によるトップクォークの発見、Bc 中間子の発見、Bs 中間子の粒子反粒子振動の初観測”は、世界最高エネルギーでの陽子反陽子衝突実験という長所を生かした、他の実験ではできない重い新粒子・新現象の発見です。素粒子標準模型では、1973 年にクォークが 3 世代以上ある小林・益川理論が提唱され、その後 1977 年に第 3 世代のボトムクォークが発見されて以来、その弱アイソスピンのパートナーであるトップクォークは長い間、多くの衝突型加速器実験で探されてきました。1983 年の W ボソンと Z ボソンの発見により、素粒子標準模型で予言されていて未確認な素粒子はトップクォークとヒッグス粒子のみとなっていました。1995 年に、そのトップクォークを発見したことは何といても CDF 実験の最大の成果でした。この成果に対して、CDF 実験グループは 2019 年 6 月にヨーロッパ物理学会 2019 年 HEP 賞を受賞しました。CDF 実験はさらに 15 個ある基本的な中間子のうちの最後の Bc 中間子を 1998 年に発見したこと、および 2006 年に Bs 中間子の粒子反粒子振動を初めて観測したことにより、素粒子標準模型の予言が正しいことを高精度で検証しました。

私はエネルギーフロンティアの CDF 実験と ATLAS 実験、そして非加速器実験である宇宙背景ニュートリノ崩壊探索実験 (COBAND 実験) を行ってきて、素粒子・宇宙の融合領域の物理を研究してきました。これらの研究と原子核分野・宇宙分野の研究とを融合して、宇宙の歴史を統一的に捉える宇宙史分野の研究を推進するために、筑波大学に新設された宇宙史研究センターで、私は特命教授として、宇宙史研究を続けています。宇宙史研究センターの 5 大プロジェクトの一つである宇宙背景ニュートリノ崩壊探索実験を、これまで同様、COBAND 実験共同研究者の皆さんと力を合わせて推進していきます。ご支援よろしく願いいたします。

最後に、研究業績を評価していただき受賞させていただいたことで、若手研究者の研究意欲を刺激し、将来の研究者育成に役立つことになれば、非常にうれしく思います。

## 受賞を励みにして研究に励んでいきたい

李 泰洪 (奈良先端科学技術大学院大学 博士後期課程 2年)

この度は一般財団法人成和記念財団研究奨励 A に採択いただき、誠にありがとうございます。

受賞対象となりました私の研究は栄養欠乏条件下での植物の免疫応答に関するものです。植物は自然環境において常に様々な微生物に晒されています。微生物時からの感染を防ぐため植物は、微生物に特徴的な因子を認識することで防御応答を引き起こし感染を抑制しています。その一方で、栄養が枯渇した環境においては植物の成長を補助する微生物（共生菌）と共生関係を結ぶことが知られています。代表的な共生菌としては根粒菌やアーバスキュラー菌根菌が知られていますが、どちらの菌もモデル植物であるシロイヌナズナには感染しないため、共生時の植物の防御応答についてはこれまでによく分かっていませんでした。近年、必須栄養素であるリンが枯渇した環境においてシロイヌナズナに感染する *Colletotrichum tofieldiae* (Ct) が発見され感染時の免疫応答が調べられたところ、感染時に植物に病気を引き起こす病原菌とは異なり Ct 感染時には植物の防御応答が低いことが明らかになりました。このことから、植物がリン欠乏条件下で免疫応答を制御し病原菌と共生菌を区別していることが考えられましたが、詳しいメカニズムについては未だ明らかになっていません。私の研究ではまず、病原菌と共生菌の感染様式に着目しました。病原菌感染時には植物の組織が破壊されている一方で、共生菌感染時には組織破壊があまり見られませんでした。そこで、植物組織へのダメージが病原菌と共生菌を区別する指標なのではないかと考えました。植物は微生物の感染を感知すると細胞内でペプチドを産生し、微生物の感染により細胞が破壊されるとペプチドが細胞外へと流出します。植物に認識されたペプチドはダメージ応答を誘導し微生物の感染を抑制します。これまでの研究から、植物はリン欠乏環境を認識するとダメージ応答を増強させることが明らかになり、それに関わる因子も明らかにすることができました。また、リン欠乏条件下ではダメージ応答を誘導するペプチドの産生量が増加することも発見しました。しかし、ダメージ応答の増強に関わる因子を欠損した植物でも病原菌への抵抗性があまり低下しなかったことから、この現象には異なる因子が作用するシグナル経路が関与していることが考えられます。実際に、候補の因子も欠損させた植物では病原菌への抵抗性が大きく低下していました。今後も研究を続けることでさらなる発見があると考えられます。

まだまだ研究途中ではありますが、本研究は将来、病原菌の感染は抑制する一方で共生菌の感染を促進させ成長を保持することで肥料を削減するという持続型農業につながると考えています。

最後に、この度の研究奨励 A に採択いただいたことに重ねて御礼申し上げます。今回の受賞を励みにして博士後期課程の最後の一年間、研究に励んでいきたいと思っております。

## 受賞の栄誉を受けて

李 東奎（高知大学教育研究部自然科学系理工学部門）

この度は、成和記念財団研究奨励A に採用して頂き誠にありがとうございます。本研究を評価して頂いた金理事長をはじめ、財団関係者、選考委員の皆様、そして共同研究者の皆様に厚く御礼申し上げます。私はこれまでこのような栄えある受賞を経験したことがなく、初めてのことでとても感慨深く思っております。研究者環境の厳しい昨今、私にとっては研究を続けていく大きな励みになりました。改めて、感謝申し上げます。

世の中の物質は様々な環境下に置くと、その様相を変えることは我々は経験的に知っています。例えば、水は標準大気圧下で温度が摂氏100 度に近づくと沸騰し、100 度を超えると水蒸気になります。一方、温度が摂氏0 度より下回ると氷になります。このように、外部環境(温度、圧力、密度、磁場等)を変化させることで物質は相転移を起こし、液体は固体または気体に状態変化します。

同様のことをここでは核物質について考えます。核物質(またはハドロン物質)は、核力などの強い相互作用を記述する量子色力学(QCD)によって支配される相対論的量子多体系です。この物質は、超高温状態では陽子や中性子といった核子の中に閉じ込められているクォークやグルーオンが自由に動き回るクォーク・グルーオンプラズマ状態に相転移すると考えられています。一方、低温・高密度状態ではクォーク同士が凝縮し、カラー超伝導状態へ相転移することが期待されています。また、物質の質量起源となるカイラル対称性に関する相転移も起こると考えられています。このような多彩な相転移現象を有する有限温度・密度下でのクォーク・ハドロン多体系の性質を明らかにし、その相構造(QCD 相図)を解明することが私の研究テーマです。

なかでも興味ある研究対象の一つは、クォーク物質におけるカイラル密度波相(または非一様カイラル凝縮相)です。一般的なカイラル凝縮は、クォークと反クォークが凝縮してカイラル対称性が空間一様に破れた状態を指すのですが、非一様カイラル凝縮はある種の結晶構造を有する空間非一様性を持ちます。この相に関して、私は揺らぎの効果を取り入れ、揺らぎに対する安定性と揺らぎによる相転移次数への影響について明らかにしました。現実系では中性子星内部などで実現している可能性があり、天体现象との関連についても追究する必要があると思っています。カイラル密度波相が実際に存在した場合、それが観測や実験でどのように見えるのかを明確にする必要があります。そのため、この相を同定するための観測量は何かを明らかにしたいと考えています。このような高密度クォーク物質の性質やQCD の相図を調べる理論的手段として、これまで私は主に有効模型を用いたアプローチで研究を行ってきました。しかし、最近では第一原理的に理解したいという強いモチベーション

からスーパーコンピューターを用いた格子QCD シミュレーションによる研究も展開しています。近似計算を用いず、厳密計算可能な系(2 カラーQCD) を取り扱った高密度相構造の解明を通して、現実のQCD 相図に対する知見を得たいとも考えています。

最後に、これまでの研究活動を支えてくださった方々に感謝するとともに、この度の栄えある受賞の機会を与えてくださった成和記念財団に感謝の意を表します。今回の受賞を契機に今後も研究活動に励みたいと思います。重ねて御礼申し上げます。

皆様に感謝しつつ、日々精進していきたい

李 太起（大阪市立大学工学研究科博士後期課程 1 年）

この度は、研究奨励 B を賜り、大変光栄に思います。成和記念財団の皆様、審査して下さった先生方にあらためて深く御礼申し上げます。私は、三年前から研究室に配属され今日に至るまで、様々な困難に直面してきました。研究発表の場で自分の無力さを痛感したことや、実験がうまくいかずに研究が滞ってしまったこともあり、ときには研究者として生きていくことに対して不安を抱くこともありました。しかし、その度に周りの人々に支えてもらいながら、根気をもって取り組むことで、一つ一つその困難を乗り越えてきました。今回このような栄えある賞を受賞できたのも、ご指導いただいた先生方や、いつも近くで私を支えてくれる家族、応援して下さる皆様のご協力のおかげです。この場をお借りして心より感謝申し上げます。今はまだ、未熟者ではありますが、これまで以上に必死のパッチで努力し続け、成長した姿をお見せすることで、お世話になった方々に恩返ししたいと考えています。

現在私は、溶液中での化学反応を利用して作製される、数 nm サイズのコロイダル半導体ナノ粒子や、半導体ナノ粒子が規則的に配列したナノ粒子周期配列構造を対象に、その作製や光学特性に関する研究を行っています。半導体ナノ粒子は、ナノメートルスケールの非常に小さな微結晶であるため、通常の半導体バルク結晶とは異なり、量子サイズ効果が発現します。そのため、粒子サイズを変えることで、吸収・発光波長を容易に制御できる、室温での発光効率が低い、などの特徴を有しており、ディスプレイやバイオイメージングなどの分野で、蛍光材料として期待されています。また、ナノ粒子周期配列構造においては、隣接したナノ粒子間の相互作用に基づいた新たな光物性や光機能性が発現します。特に、ナノ粒子間距離が約 2 nm 以下程度まで近接した場合には、隣接したナノ粒子間で電子状態が結合することにより、電荷輸送特性が劇的に向上するといった特徴があり、太陽電池などのデバイス応用の観点からも、ナノ粒子間の電子状態の結合に関する研究が注目を集めています。

このようなナノ粒子間相互作用は、ナノ粒子間距離に大きく依存するため、その相互作用メカニズムを明らかにするためには、ナノ粒子間距離の精密な制御が非常に重要です。そこで、我々はナノ粒子間距離の制御が可能な Layer-by-layer (LBL) 法に着目しました。LBL 法とは、静電相互作用を利用して、正負に帯電した物質を基板上に交互に吸着させる方法で、我々は、負の帯電性を有する半導体ナノ粒子溶液と、正の帯電性を有するカチオン性ポリマー溶液に基板を交互に浸漬させることで、ナノ粒子とポリマーの交互積層膜の作製を行っています。これまで、LBL 法により作製した試料を用いて構造評価を行うことで、面内方向や積層方向のナノ粒子間距離を精密に制御できることを明らかにし、それらの光学特性を調べることで、面内方向や積層方向に生じる電子状態

の結合を制御できることを明らかにしてきました。

今後は、現在行っているナノ粒子周期配列構造の光物性に関する基礎研究をより深めていくとともに、そこで得た試料作製技術や知見を活かして、超効率太陽電池などのデバイス応用に向けた研究を行っていきたいと考えています。そして、在日コリアン社会に貢献して下さる皆様に感謝しつつ、一人の在日コリアン研究者として世界で活躍するために、日々精進していきたいと考えています。

## 数学続けていいよ、と背中を押された

宋 珠愛（首都大学東京大学院理学研究科博士後期課程 1 年）

研究奨励 B 賞を授与くださいまして、心より感謝いたします。数学は隣接分野を始めとして全学問に通ずる重要な学問だと思いますが、その（表面上の）簡素さや内容の複雑さ、はたまた“算数”や“数学”での“躓き”からくる忌避からか、親しまれているという印象はあまりありません。“研究”ともなれば、現同胞社会での従事者は（一般的な数え方で）片手で数えられるほどではないでしょうか。そのような、“重要だけでも苦手、嫌い、難しい”学問を専攻する“孤独な”学生兼駆け出し研究者の私にとって、今回の受賞は大変励みになります。

さて、私の専攻は、数学の中でも今世紀から発展しだした“トロピカル幾何学”です。これは代数幾何学の一つに分類され、その認知度や注目度は日々高まっています。

かなり乱暴に言うと、代数幾何学とは多項式の共通零点集合（代数多様体と呼ばれる）を研究対象とする分野です。例えば、 $xy$ 平面において、関数 $y = x$ のグラフは原点 $O$ を通り $x$ 軸との角度が 45 度の直線ですが、これを（先の関数 $y = x$ の左辺を右辺に移項した）多項式 $x - y$ が値 0 を取る点の集合（零点集合）と捉えなおすことができます。さらに関数 $y = -x$ （したがって多項式 $x + y$ ）を考えると、上記の関数たちのグラフは原点 $O$ でのみ交わっています。言い換えて、上記の多項式たちが定める代数多様体は $\{O\}$ です。これはほんの一例ですが、代数幾何学ではこのような代数多様体を、様々な方法で研究します。

ではトロピカル幾何学は何かと申しますと、我々が慣れ親しんだ演算（足し算、引き算、掛け算、割り算）を別のものに変えてしまった時の多項式の共通零点集合を研究する分野です。演算が変わるので、もちろん多項式の共通零点集合も様相が変わります。私は印象から、“パキッとした図形”としばしば（勝手に）言い表しますが、専門的には、多面体複体であると言います。そしてこのようにして得られる多面体複体をトロピカル多様体と呼びます。

ここで、“なぜわざわざ演算を変えるのか”という自然な疑問が湧きますが、これにももちろん訳があります。実は、通常の演算の下での多項式にトロピカル化と呼ばれる極限操作を施すと、トロピカル幾何学での演算の下での多項式が得られるのです。同様に、代数多様体をトロピカル化すると、トロピカル多様体を得られます。トロピカル多様体は元の代数多様体の大事な情報は保持しつつ、より扱いやすい対象になっています。特に私が研究対象にしているトロピカル曲線（一次元のトロピカル多様体）に対し、2007 年に代数幾何学で基本的で重要な Riemann-Roch の定理が示され、トロピカル曲線の研究が加速しました。

私の主な研究結果の一つに、任意のトロピカル曲線はトロピカル射影空間に埋め込ま

れる、というものがあります (実際には有限群による等長的な作用まで込めた内容ですが、ここでは割愛します)。この結果は、抽象的に考えていたトロピカル曲線を、トロピカル射影空間という座標が入っている扱いやすい空間の中で扱えることを保証する、意義のあるものだとして自負しています。そして、このような結果を出し、さらに研究を進めるにあたり、皆さまの支えはなくてはならないものでした。感謝しております。今後ともご期待に沿えるよう、一層研究に励みます。改めまして、本日は誠にありがとうございました。