

世界トップクラスの量子生命科学研究の拠点を目指して 量子生命科学領域、始動！

2016年のQST発足時に取り組みを始めた量子生命科学研究は、この4月から「量子生命科学領域」として本格的な活動を開始しました。そこで、領域の生みの親である平野理事長が聞き手となり、領域を先導している、馬場領域長、白川領域研究統括、須原副領域長から、量子生命科学とは何か、量子生命科学研究の目指すところは、そして研究成果が何をもたらすのかについてお話を伺いました。



平野 QST では量子生命科学研究を進めるために、2年前に全国の研究者に呼びかけて量子生命科学研究会を立ち上げました。これが発展的に改組され、この4月には「一般社団法人量子生命科学会」が発足しました。一方で、日本で初となる量子生命科学の国際シンポジウムの開催や研究組織の立ち上げ準備など、着実に研究体制の構築を進めてきました。そして、この4月の「QST Ver.2」で正式研究組織として量子生命科学領域を新設しました。領域長に馬場嘉信名古屋大学教授、領域研究統括には白川昌宏京都大学教授をお迎えし、副領域長としてQST の須原哲也さんが加わった、強力な研究推進体制が整いました。

まず始めに、QST の量子生命科学領域は何を狙うのかというところからお聞きしたいと思います。

馬場 私たちが掲げた目標は「量子論や量子技術に基づく生命現象の解明と医学への展開」です。この領域には 13 の研究グループ、100 名近い QST の研究者が参加しています。さらには外部機関との連携ラボの設置等も進展しています。

理工学を中心とする量子技術や量子力学の分野とがん研究、免疫学、脳科学、放射線生物学などの生命科学研究分野の多様性の壁を乗り越えて、新しい学術分野を創成したい。新たな科学の領域を生み出そうという大変エキサイティングな状況です。このような機会は、科学者の人生において何度も巡り合えるものではありません。この千載一遇のチャンスにものすごくワクワクしています。領域長としてこの研究開発をさらに進展させ、量子生命科学研究の世界的拠点を構築することに大いにやる気を感じており、また、身の引き締まる思いです。

この目標を達成するためには、3つポイントがあると考えています。

第一に、量子論・量子技術と生命科学を融合するための組織を構築し、国内外の優秀な研究者を結集する。QST が理念に掲げる「調和ある多様性の創造」を研究の場で実践する訳です。そして、「QST の」ではなく、「世界の」量子生命科学研究拠点へと育てていくこと。

第二に、量子生命科学という新しい概念に基づく研究の実践を通して、生命科学におけるパラダイムシフトを起こすとともに

に、医学や医療におけるイノベーションを創出すること。

第三に、この領域での活動や研究成果をベースに、さらに新たな異分野融合が可能な領域を戦略的に開拓して、世界規模の研究潮流を創出することです。

「生命を理解すること」に挑む

平野 量子生命科学は、これまでの研究とは異なる視点で、未知の生命現象を見つけ、解き明かしていくことだと思います。具体的には、これまであまり注目されてこなかった、生命活動を量子論的な側面から捉えたらどうなるかという、非常にチャレンジングな試みになると思いますがいかがでしょうか？

白川 従来のマクロな系における力学、熱力学、電磁気学といった古典力学に対して、粒子・素粒子レベルのミクロな系の運動を記述する量子力学が 20世紀の初頭に始まりました。両者を統一的、連続的に説明する理論である統計力学が、およそ 100 年前の 20 世紀前半にできています。そのアナロジーで見ると、分子生物学・ゲノムサイエンス、細胞生物学などの、遺伝子やタンパク質などの生体分子レベルと代謝、免疫、発生・分化といった個体レベルで見られるマクロな生命現象を定量的につなぐ理論・学問分野が必要になって来ているのだと思います。

平野 その理論を構築していく学問が「量子生命科学」ということですね。

白川 そうです。特に重要だと思われるのが、温度(熱)エネルギーとエントロピー、熱容量といった熱力学パラメーターの細胞内のナノメートルでの分布や不均一性でしょうね、これが古典熱力学と量子力学の界面になる。従って生体内、細胞内の局所的な熱力学パラメーターの計測が必要です。また、その精密な測定法の創出も不可欠になります。細胞間の情報伝達に関しては、免疫系でのシグナルの増強・制御の複雑かつ精緻な仕組みが明らかになりつつありますが、中枢神経系のシグナルの増幅、伝達経路の固定や可塑性についても爆発的に知見が蓄積しつつあります。量子力学とのアナロジーから見ても、近々の発展が期待されるところです。

馬場 生命現象は、光子・電子・原子などのミクロなレベルから、分子、細胞、組織、器官、個体、生態といったレベルへと至る階層構造を持っています。量子生命科学により、生命の階層性の統合的理解が実現され、「生命を理解すること」につながると期待しています。

平野 量子生命科学を通じて「生命を理解する」ことは、突き詰めると、「命あるもの」と「物」の違いは何により生じるのか、といった根源的な科学の疑問に答えていくことになる訳ですね。

馬場 はい、そう考えています。生命現象は、それぞれの階層について別々に研究するだけでは、真に理解したとは言えません。こうした階層構造をシームレスに統合したシステムの中にこそ、生命の本質があります。その、生命の本質を理解する過程で、必ず、命あるものと物の違いは何か、という大きな命題に立ち向かうことになると思います。

平野 少し具体的な研究のことについても伺いたいと思いま

す。古典力学と量子力学の界面を探り、階層構造を持つ生命現象を明らかにしていく手段について教えて頂けますか？

馬場 既に、研究ツールとしての新しい量子技術である極短パルスレーザー、放射光、中性子ビーム技術が量子レベルの計測実験を可能にしており、ナノ量子センサーや量子イメージングといった技術が細胞・器官・個体レベルにおける多様な低侵襲的観測を可能にしています。

研究を推進するための体制づくり

平野 須原さんは QST で発足時から量子イメージングを駆使して脳機能研究を展開されてきましたが、領域の副領域長という立場では、どのような組織にしたいとお考えですか？

須原 これまで、QST では縦割り、つまり組織で閉じて研究が進められることが多かったと思います。領域では、できるだけフラットな構造を作りたい。グループや、役職にとらわれることなく、QST の研究者も外部の研究者も自由な議論ができる場を形成していくことを考えています。経験や年齢、実績などにこだわらず、若い人でも、優秀で情熱がある人であれば、大学院生であっても積極的にリーダーに登用していく組織にしたいと思っています。

平野 若い力が、新しい科学を拓いていく。素晴らしいですね。馬場領域長はいかがでしょう。領域に参加するのは、専門とする分野も皆それぞれに異なり、個性あふれる研究者たちですが、どのようにリードされますか？

馬場 量子生命科学という新たな融合学術領域を開拓するために、次の 5 つことを意識した運営をしたいと思います。

まず 1 つ目は Under one roof。従来の縦割り組織の壁を無くし、文字通り一つの屋根の下で研究が展開されるようにすること。

2 つ目は Shared Governance。QST の経営と領域執行部の役割、権限および意思決定過程を明確化した機動的な組織とすることで、研究の進展を図ること。

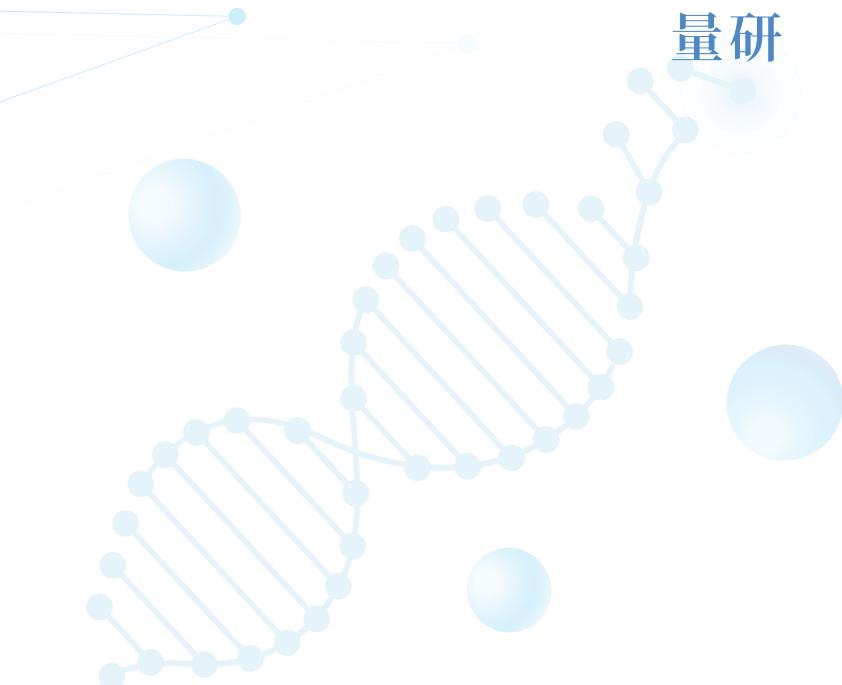
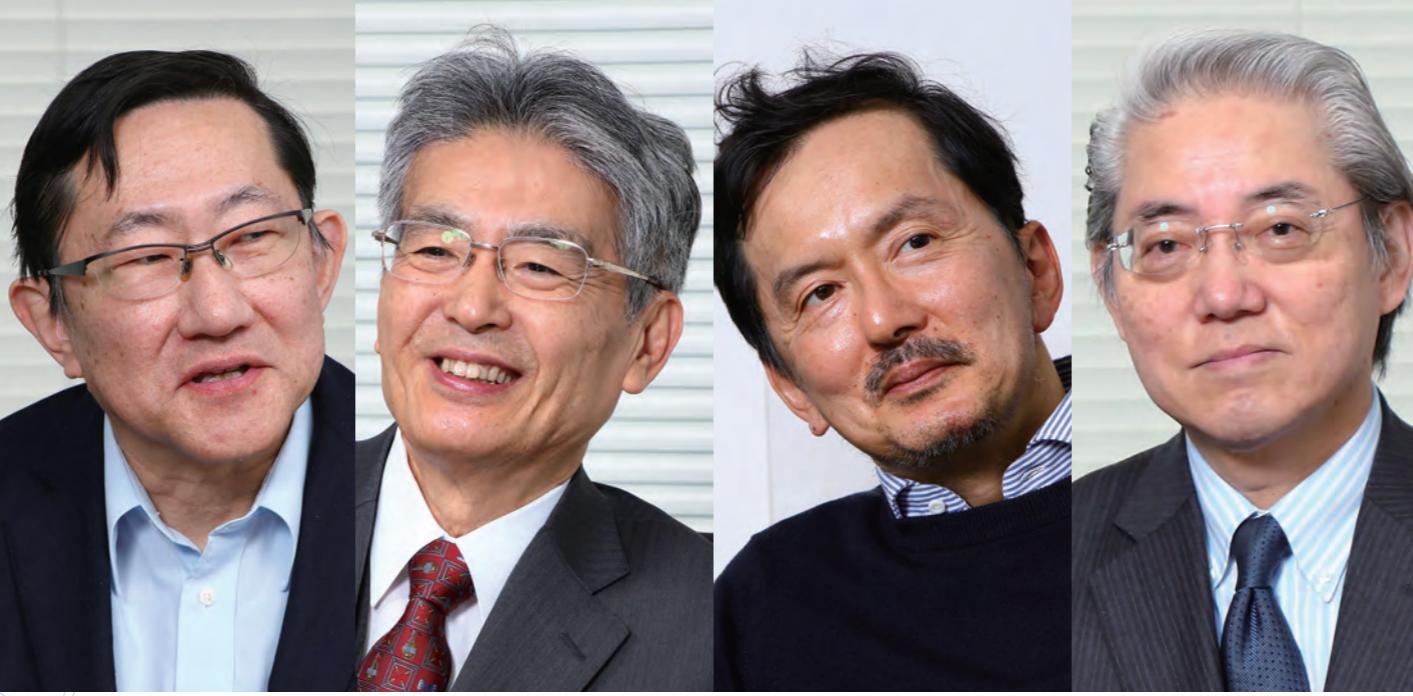
3 つ目は Open。本領域を国内外の研究者はもちろん、企業にも開かれた組織とすること。

4 つ目は Dialogue。様々な視点・経験を持つ研究者が自由に対話することで、新たなアイデアを生み出す環境を醸成したいと思います。

そして 5 つ目は Enthusiasm。私たち執行部のみならず、領域に参加する全ての研究者が、本気になって情熱をもって、量子論からのアプローチと古典力学からのアプローチの融合を図り、既存の技術に大きなブレイクスルーとイノベーションをもたらせるよう、一丸となって取り組んでいきます。



量子生命科学領域、始動!



世界に開かれた研究組織するために

平野 馬場領域長から「量子生命科学研究の世界的拠点を構築する」というお話がありました。QST が研究者同士の、あるいは、大学や研究機関、企業といった組織同士のハブとしての役割を果たしていくというお考えでしょうか。

馬場 はい。領域に所属する研究グループは、それぞれに QST の外で最先端の研究を行っている研究者と共同研究を進めていて、連携ラボも設置されています。まずは、これらの共同研究を中心に、開かれた組織として研究を進展させます。

さらに、QST が保有する最先端量子技術を実現する施設群を活用することで、国内外の研究者や企業との共同研究を加速し、世界の量子生命科学研究のハブとしての役割を果たしていきます。

また、同じくこの 4 月に設立した一般社団法人量子生命科学会を通して、異分野融合・分野横断型のグローバルネットワークを強化していきます。さらに、国際シンポジウムを開催するなど、領域の研究成果をグローバルに発信します。

白川 量子生命科学の興隆には、物理学、化学、生物学、情報科学、臨床医学、脳科学、免疫学、光化学など、多種多様な学問分野の研究者の参加が必要となります。ですので、オールジャパン体制による推進が大変重要です。学会の立ち上げは、まさにタイムリーと言えます。先程、多種多様な学問分野の研究者の参加が必須と申し上げましたが、裏を返せば、多分野の知識・経験・興味があると楽しめるということです。特に、物理学・物理化学・情報学の基礎を持っている学生、研究者の皆さんには本領域にとって大変貴重な存在となります。

量子生命科学領域の未来とは？

平野 皆さんのお話を伺って、領域の未来は明るいものになると確信しました。10 年後、20 年後の領域の未来像は、どのようにになっていると想像されますか？

白川 そもそも科学とは、物事を「定量的に」記述する、すなわち、数学で記述し、その解釈で理解をする事ではないでしょうか。そうやって初めて、工学・臨床医学・薬学などに組み込まれて、社会の一部として機能しうると思います。

須原 これまでの生命の理解は遺伝子なら遺伝子、行動なら行動と縦割りの理解でした。量子生命科学では階層構造を統合的に理解しようとしています。もちろんその全てを解明することは容易ではありません。しかし、例えば分子構造解析なら、これまで結晶の解析で見られていたような静的な状態から、より生体環境に近い動的な状態での変化を測定し、階層ごとに相互に影響を与えるながら変化していく姿を捉えることができるようになっているでしょう。

研究と少し離ますが、領域は多くの若手研究者が参加することにより、今考えているものとは全く違った形になっているかもしれません。全く予想もつかないような発想を形にしていくのが、この領域の使命だと思っています。その時は QST の研究テーマも情報科学系が主になるなど、大きく変わっているかもしれません。

白川 細胞内の微小空間におけるヘテロゲナイティ（不均一性）が明らかになると、非平衡系の熱力学パラメーターの生き物特有の挙動が明らかになり、化学・情報学の分野に技術的ブレイクスルーをもたらすと期待されます。また、細胞間のシグナル伝達は、特に免疫系で解明が進み、生物観に大きなインパクトを与えつつありますが、中枢神経系の細胞ネットワークもその形成、増強、可塑性に革新的な理解が進み、デジタルな信号の統合が、概念や思想を生み出す仕組みが判明するのではないかと想像します。

須原 QST で取り組む研究は量子センサー技術から細胞内環境測定、さらには量子確率論を用いた意識の解析まで幅広い分野を扱います。それらは互いに連携して、がんや認知症を対象とした高精度な生体診断ツールや創薬支援のための効果的なシミュレーションソフトの開発、さらにはナノ量子センサーと光遺伝学を組み合わせた細胞の機能操作システムも可能になると考えられます。

馬場 国内外の優秀な研究者が、「量子生命科学を研究するなら QST の量子生命科学領域で」と言うまでに成長していると思います。

領域での研究成果として、光合成や呼吸のエネルギー輸送・電子伝達系における量子コヒーレンスの寄与の解析、酵素反応における量子トンネリングの寄与の解析、嗅覚、視覚、磁気の受容等における量子もつれの寄与の解析、DNA の複製・転写・変異・修復過程の電荷（電子・ホール・プロトン・スピニ）やエネルギー（仮想光子・励起状態）移動における電子物性の役割の解明など、生命科学に大きなブレイクスルーをもたらしているでしょう。また、がんの新しい診断・治療法の開発、再生医療への貢献、感染症、アレルギーや免疫病治療への貢献、脳機能解明、加齢状態の解明など医療分野でのイノベーション創出とともに、情報、エネルギー、農業、環境、宇宙分野等に大きなブレイクスルーをもたらす研究成果が得られていると想像します。QST の挑戦に期待してください。

平野 量子生命科学領域の立ち上げは、「世界トップクラスの量子科学技術研究開発プラットフォームを構築する」、延いては、QST の理念である「量子科学技術による『調和ある多様性の創造』により、平和で豊かな人類社会の発展に貢献する」を実現するための第一歩となります。

領域に参加する研究者の専門分野は、応用物理学、計算科学、構造生物学、量子センサー、MRI、マイクロビーム、放射線生物学、発がん、認知脳科学などさまざまです。これは、多様性の融合により新しいものが生まれる源泉となります。

一人でも多くの若い人に、生命科学におけるパラダイムシフトを引き起こして欲しい。そして、生命科学のみならず情報、エネルギー、環境分野などを巻き込み第二次量子革命を先導して欲しい。私やここにいる領域執行陣は全力で、皆さんをバッカアップします。

最後に、未来を切り拓くのは皆さんの志と勇気ある一步です。「夢は叶えるためにある」

志ある研究者が奮って量子生命科学研究の推進に参加されることを期待しています。

