

さきがけ 「量子技術を適用した 生命科学基盤の創出」研究領域

研究総括

瀬藤 光利

浜松医科大学 教授



科学技術振興機構



著作権の都合上、一部画像を表示しておりません。

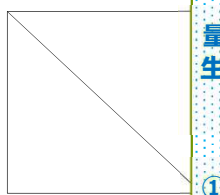
- ✓ 我が国においては、これまでの連綿とした光・量子に係る基礎研究から、**世界をリードする技術シーズ**が生まれてきている。例えば、**量子センサの作製技術は、我が国の機関が国際的にも高い技術を有しており、海外研究グループからも材料提供の依頼を受けている。また、量子もつれ光を用いた顕微鏡は我が国発の技術**であり、さらに、量子ビームの高度利用による超精密構造・機能解析についても、世界に先駆けた研究を創出している。
- ✓ これらの量子技術は、**生命科学への応用も期待されており、海外では強く推進され始めているものの、我が国においては、量子技術分野と生命科学分野の交流の遅れにより、その生物応用が十分に進んでいない。**さらに、このままでは**これらの高度量子技術の国外流出も危惧**されている。
- ✓ そのため、本戦略目標案では、国の**トップダウン方式の基礎研究を通じて量子技術と生命科学との融合を促進**することによって、日本の優位性を保持しつつ、細胞内の生体分子が有する機能を量子レベルから**統合的に理解する生命科学フロンティアを開拓し、新規治療・診断法等への応用**とともに、量子技術の特性を利用した**新規計測装置・機器による産業展開**を想定する。

【達成目標：①～③】

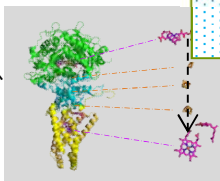
①量子センサ技術を用いて、生体内の微弱な**温度・磁場・電場等の高感度観測を実現し、生命科学や医療・産業応用の新たな潮流を生み出す**



②量子もつれ光子や多光子、光子検出技術等の最新の量子技術を、超解像顕微鏡や革新的新規プローブと組み合わせ、いわば**量子イメージングと言える新たな生体内イメージングを実現し、可視化されなかった状態を高空間分解能で捉える**



③量子ビーム利用・計測の高度化技術を用いて、生体分子の電子状態、水素原子の挙動、化学結合の状態等の**量子レベルに至る超精密構造・機能解析**を行い、分子間の相互作用や反応といった生体分子の機能を解明する



量子技術と生命科学の融合
①～③を通じた統合的理解

【期待される科学的・社会的インパクト】

- **生体内でこれまで観察されなかった現象の解明により、新たな生命科学及び診断・治療が実現**
 - 細胞内の**局所温度**の観測により、小器官の働きや酵素等との反応の理解や、がん等の**器質性疾患**や臓器・器官等の働きが阻害される**機能性疾患**との関連解明が進む。【①、②】
 - また、**再生医療組織中のがん化と非がん化の識別**を実現し、臓器への分化の成功率を高めるとともに、がんのメカニズム解明に繋がる。【①】
 - **神経細胞の興奮**を示すイオン電流の観測により、神経伝達の異常等とうつ病といった**精神疾患**の関連解明や**脳・神経研究**が進む。【①、②、③】
 - さらに、既存の検査技術では異常所見を示さない、ストレス等が関与し現代病とも言われる**機能性疾患の原因解明**への端緒となることも期待。【①、②】
- **生体分子の動態及び相互作用の精密な解明により、新たな生命科学及び診断・治療が実現**
 - タンパク質と阻害剤との相互作用の精密解明により、**分子標的薬**の精緻化と**プレジジョンメディスン**産業の進展に繋がる。【③、②】
 - 損傷DNAと修復酵素との相互作用の解明により、**DNA修復機構の解明**と、それを応用したがん等の予防薬の可能性に繋がる。【②、③】
 - 生体分子が置かれた物理的環境下で起こる**反応・応答の特異性**の本質理解により、難病や早期発見が困難な疾病の**予防・治療シーズ**が開拓される。【①、②、③】
- **さらに、Society5.0に向けた産業応用や、新しいサイエンス領域（量子生命科学）の開拓を国際的にも主導**
 - 室温・非侵襲の微弱な**脳磁**計測による**自動運転**支援等への応用が広がる。【①】
 - 光合成における水分子の分解の量子レベルの解明による、**人工光合成**への応用が進展する。【③】
 - ATP合成や光合成等に係る電子・プロトン・情報・エネルギー伝達といった生体内の量子力学的効果の解明とそれに基づく応用（**量子生命科学**）が開拓される。【①、②、③】

【実現し得る将来の社会像】

- ✓ 生命現象の物理的・本質的理解に基づく、**高い効果を有する治療法・新薬が効率的に開発。**（**健康長寿社会**）
- ✓ 現代病とも言われる**機能性疾患**や**早期発見が困難な疾病**の**早期かつ定量的な診断・予防法**が確立。（**医療費抑制**）
- ✓ **高い付加価値（小型・低侵襲・高精度等）のセンサ・計測装置・診断機器**が世界市場に展開。（**Society5.0の産業競争力**）
- ✓ **新しいサイエンス領域を主導することによる国際的な存在感の向上**と**新規医療・技術シーズの持続的な創出。**（**科学技術立国**）

領域設定の背景

■ 量子科学の発展

➤ 量子科学の発展により、量子技術の著しい進展がある

■ 量子技術を生命科学に応用することに対する遅れ

➤ 欧米では生命科学応用を含む量子技術応用に投資

■ 量子技術に対する生命科学研究者の苦手意識や抵抗感

➤ 一方、生命科学応用に対する量子技術者の意識レベルも課題

本領域の位置づけ

CREST「量子技術」領域（荒川 泰彦 研究総括）:H28年度発足

- 量子状態制御の物理の探求とその技術展開
- 将来の社会・産業イノベーションを牽引する量子技術の実装

（例）量子系状態の制御（量子ドット、超伝導体）、量子情報処理技術

量子融合素子や高感度センサー素子、超高精度計測技術の開発

⇒光科学、物性科学、ナノ構造・材料科学、情報科学等を糾合した量子科学フロンティア開拓

さががけ「量子機能」領域（伊藤 公平 研究総括）:H28年度発足

- 量子現象の本質を探求
- 新概念、新機軸、新技術の創成

（例）数理科学、物質科学、ナノ構造科学などの多岐に渡るテーマ、異分野の連携・融合

⇒世界レベルでリードする若手研究者の輩出

さががけ「量子生体」領域（瀬藤 光利 研究総括）:H29年度発足

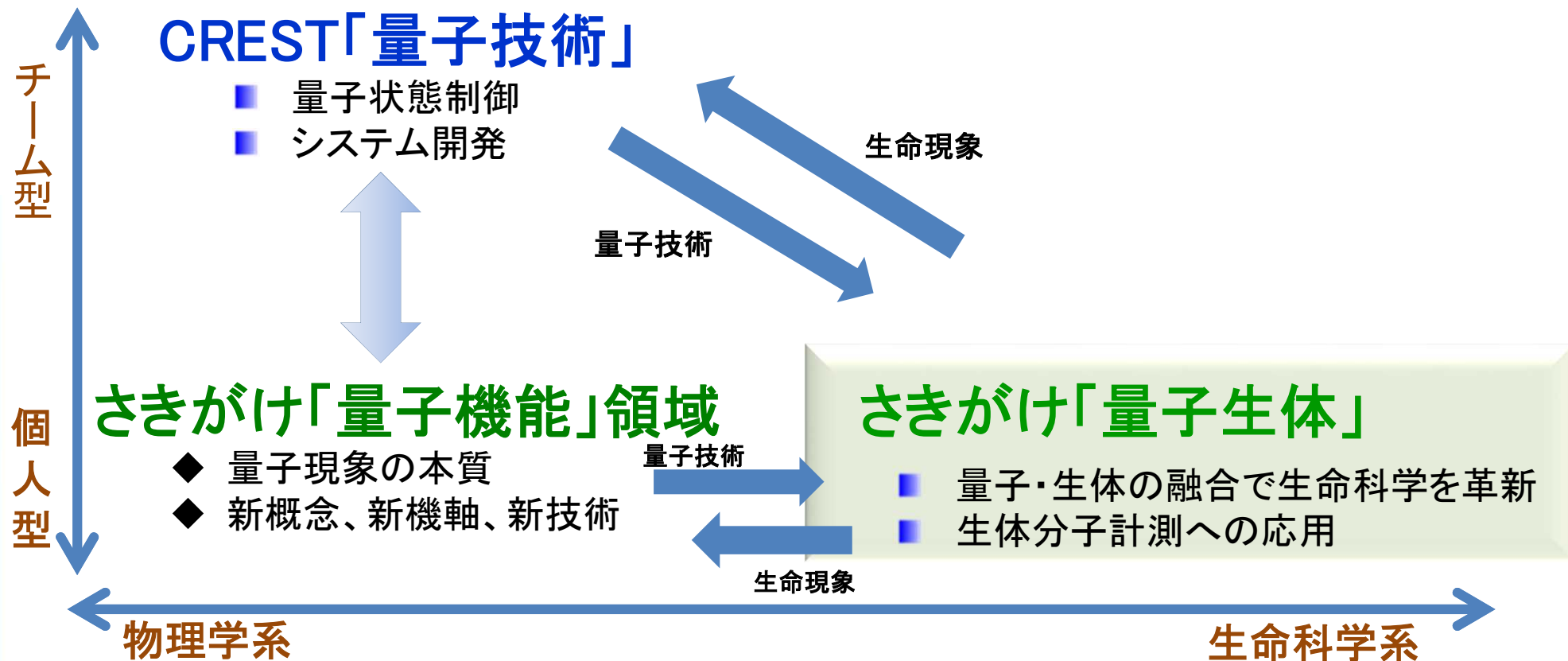
- 量子科学・量子技術を生体や生体分子の計測に応用
- 量子と生体の融合により、生命科学を革新

（例）ダイヤモンドNV 中心等の量子センサ技術、量子もつれ光子、量子ビームの生命科学への応用

⇒量子技術のライフテクノロジー分野（生体センサ、生体内イメージング）での積極的な応用

量子・生命のハイブリッド人材の育成

JST CREST・さがけ 「量子」3領域
量子現象の新概念から、
その制御システム開発、生命科学との融合を図る



領域の目的

本領域設定の目的

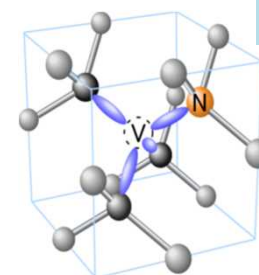
- 量子科学・量子技術を生体や生体分子の計測に応用することで、量子と生体の研究の交流と融合を促進し、生命科学を革新的に発展させることを目的とし、量子生命科学基盤の創出を目指す。
- また、量子・生命のハイブリッド人材の育成も図る。
- ハイリスクなテーマにも積極的に挑戦。

領域の概要

新規量子計測手法によるこれまでにない生命現象の微視的解明とそれに基づく新しいライフサイエンス(量子生命科学)の実現

(量子技術応用の新規計測手法一例)

- ・ダイヤモンドNVセンタ等利用したセンサ技術等
- ・磁気共鳴、電子スピンを利用したNMR.MRI等
- ・もつれ光等利用の生体内イメージング等
- ・Cavity-QEDを応用した細胞センサ等



ダイヤモンドNVセンタ

使用の図は波多野先生ご提供

募集課題について

大きく3つの課題を設定し、量子とライフの異分野融合を促進を図る。

①生命現象の解明

②量子生体計測技術の開発

③量子技術と生命科学の理解・融合

募集課題の詳細（1）

①生命現象の解明

- ・生命現象を量子技術を応用して解明する課題
（主に生物学、農学、医歯薬学分野）

新しい生命現象、原理や物質の発見、病態解明等を目的とします。その解析ツールとして量子技術を導入するものを広く募集。

募集課題の詳細（2）

②量子生体計測技術の開発

- ・生命科学に応用可能な計測技術を量子技術を用いて開発する課題（主に応用物理学、化学分野）

生命科学に応用可能な計測技術やそのプローブ開発などを想定しています。すでに計測技術開発に知識や経験のある生物工学や医用工学の研究者が量子技術を導入する提案も歓迎。

募集課題の詳細 (3)

③量子技術と生命科学の理解・融合

- ・生命現象を量子科学的に理解する課題
(主に理学、構造化学、理論生物学、計算化学分野)

生物の量子科学的な理解を目的とします。そのための技術は必ずしも量子技術でなくてもかまわない。例えば量子化学的な観点を踏まえた計算シミュレーションからのアプローチも考えられる。

連携提案について

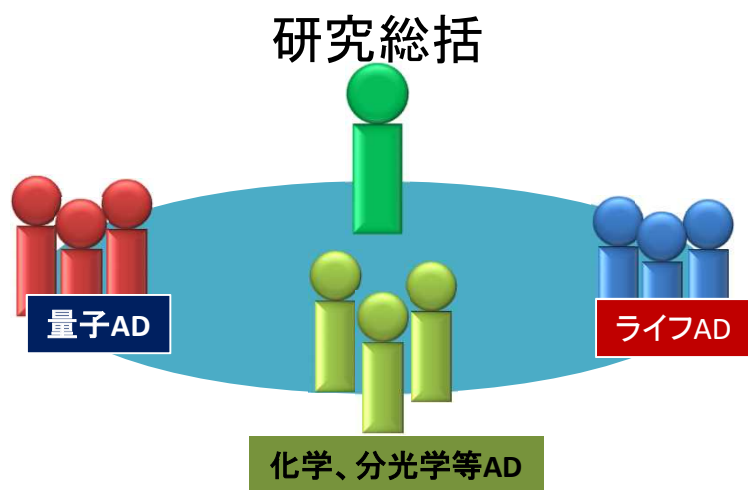
- 量子・ライフの研究者による**連携提案**が可能です。
 - ・提案は各々提案課題を設定し、応募します。
 - ・連携提案の場合両方通らないと採択されないわけではなく、一方だけが採択される場合もあります。

連携提案は異分野の研究者が互いの研究を深化させるために必要な連携を期待。

もちろん、生命科学と量子の両方に知見を有する個人研究者においては、**従来通り、個人での応募も可能。**

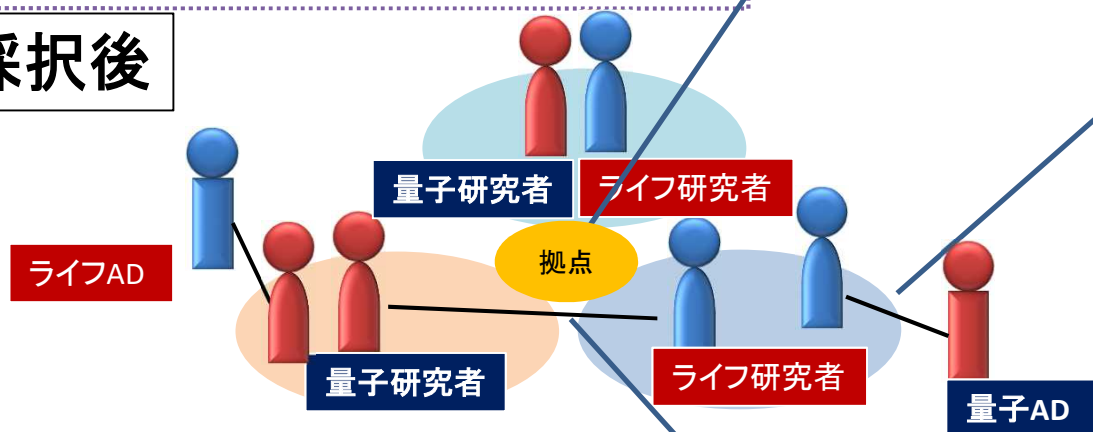
領域運営体制 (案)

運営体制

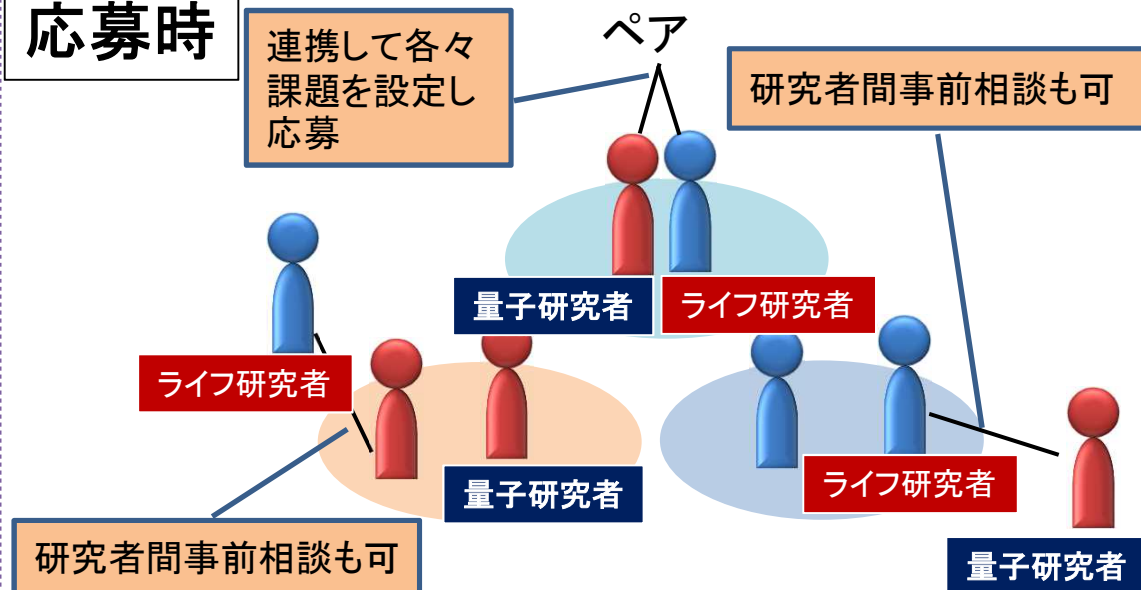


領域アドバイザー
(分野バランスを考慮)

採択後



応募時



③解析拠点の整備を今後考慮

②アドバイザーとのマッチング、指導

①領域内でのマッチングの促進

量子生物学者の育成・
量子生命科学基盤の構築

領域アドバイザー(案)

石川 顕一	東京大学 大学院工学系研究科 教授
井上 卓	浜松ホトニクス株式会社 中央研究所 室長
岡田 康志	東京大学 大学院理学系研究科 教授
小澤 岳昌	東京大学 大学院理学系研究科 教授
菊地 和也	大阪大学 大学院工学研究科 教授
笹木 敬司	北海道大学 電子科学研究所 教授
城石 芳博	株式会社日立製作所 研究開発グループ技術戦略室 技術顧問
竹内 繁樹	京都大学 大学院工学研究科 教授
田中 成典	神戸大学 大学院システム情報学研究科 教授
原田 慶恵	大阪大学 蛋白質研究所 教授
平野 俊夫	量子科学技術研究開発機構 理事長
三木 邦夫	京都大学 大学院理学研究科 教授
水落 憲和	京都大学 化学研究所 教授
宮脇 敦史	理化学研究所 細胞機能探索技術開発チーム シニア・チームリーダー

採択の方針

斬新で挑戦的なアイデアを広く募ります。

さきがけ3 年半での論文数や学会発表数で評価しません。

領域終了後に飛躍的な成果を挙げるような研究者を積極的に採択します。