

平成25年度 新学術領域研究（研究領域提案型） 事後評価結果（所見）

研究領域名

遺伝情報収納・発現・継承の時空間場

研究期間

平成20年度～平成24年度

領域代表者

平岡 泰（大阪大学・生命機能研究科・教授）

研究領域の概要

生命活動を理解するためには、その根元となる遺伝情報の適切な収納、適時的な発現、正確な継承の仕組みを理解することが重要である。遺伝情報は、基本的にDNA分子の塩基配列として記されているが、細胞核内に収納されたDNAには、遺伝子として読み出される情報以外にも、DNAの物性や形状や空間配置に秘められた未知なる情報が存在する。本領域は、生命活動に伴って核内に局所的・過渡的に形成されるDNA構造や蛋白質複合体などの特性を解析することにより、遺伝情報の収納・発現・継承を制御する「場」の実体を分子レベルで解明するものである。「場」を形成する分子・構造基盤が解明されれば、それを制御することが可能となり、細胞機能を自由にコントロールすることが可能となる。

領域代表者からの報告

1. 研究領域の目的及び意義

応募時の学術的背景

これまで我が国では「細胞核」「染色体」「転写」などをキーワードとして、いくつかの特定領域研究が行われ、世界のサイエンスに大きく貢献してきた。本領域は、先人達の大きな成果を踏まえつつ、DNAの物性や形状の意義や、核内空間の意義など、これまでほとんど解明が進んでいない部分に注目し、遺伝情報支える時空間的な「場」（遺伝情報場）の概念の創出を目指すものである。物理化学や数理生物学の分野を広く取り込み、遺伝情報の継承・発現・収納に関する生体分子動態の定量的解析、分子形状や構造の解析、さらにはその結果に基づいた細胞機能のシミュレーションを行うことによって、「遺伝情報場」の実体を研究するという点で、これまでの研究とは異なるユニークな研究領域となっている。

外国に目を向ければ、遺伝情報の継承・発現・収納に関する生体分子の同定・解析は世界各国で進行している。欧米ではコールドスプリングハーバーミーティング、ゴードン会議、キーストンシンポジウム、EMBO Workshopなど主要な国際学会で常に取り上げられる重要なテーマとなっている。

本領域の軸を支えるテクノロジー開発も進展してきた。1分子イメージング研究は日本を中心として誕生し、世界的な潮流となって発展している。徳永は1999年に特定領域研究「生命現象の1分子イメージング」を領域代表として発足させ、当該分野の発展を牽引してきた。細胞表面の1分子イメージングを可能にし、さらに従来は不可能であった細胞内部についても新照明法の開発により鮮明な1分子画像を得ることを可能にした。核内での1分子イメージングは遺伝情報分野に革命をもたらすと期待される。Systems Biologyは我が国で提唱され世界に発信された新たな潮流である。木村は細胞生物学的解析と理論に立脚したシミュレーション解析を補完的に行っている我が国では希少な研究者である。プロテオミクスや結晶構造解析など蛋白質解析手法も大きく発達してきた。胡桃坂はヒストンの精製やヌクレオソームの結晶化法を確立している世界でも数少ない研究者である。これまで核内反応において重要なタンパク質の結晶構造解析を多く成功させている。小布施は、プロテオミクスの手法を用いて動原体複合体の機能構造を明らかにし、さらにこの技術を病因・病態の解明に応用するなど広範な研究領域に貢献している。さらに、高い分化能を持った細胞の作製法や、細胞分化・脱分化の調節法の開発が国内外で進み、細胞機能の調節が可能となった。末盛は高い分化能を持つ胚性

幹細胞(ES)細胞の増殖と分化の分子機構の解析において優れた成果をあげており、高効率の分化誘導技術を持つ。本領域は、これら最先端の解析技術を持つ多様な研究者が結集することにより新しい概念の創出を狙うものである。しかし、上述したように本領域関連分野についての世界の関心は高く研究の進展も速い。日本が世界のトップとなるためには、本領域の急速な立ち上げが必須である。

着想に至る経緯

領域代表の平岡は、生細胞内の分子の挙動を可視化できる蛍光顕微鏡システムを開発した。それを用いて染色体核内配置を解析し、増殖から生殖へ移行する過程で染色体核内配置が劇的に変化することを発見し、その変化が減数分裂の進行に重要な働きをすることを示した。この発見は、染色体核内配置という空間特性が、遺伝暗号以外の情報を含み、全く同じ塩基配列のDNAを持つ細胞が生命現象に応じてその機能を変えることができることを示している。ゲノムの塩基配列が解読された今こそ、細胞核という空間に隠された情報の解読に向かうことができる。このような遺伝情報「場」を解読することはゲノムに隠された新たな情報制御システムの発見に繋がるという発想を得た。このような遺伝情報制御システムについては、DNA 蛋白質複合体の他に類を見ない物理化学的な複雑さのために、その実相を掴むことは困難であった。本領域は、細胞イメージングや、クロマチン工学、1分子イメージング、結晶構造学、プロテオミクス、コンピュータシミュレーション、細胞分化制御など、異なる最先端テクノロジーを持つ専門家が集まって、新たな視点や技術の統合により、「場」に隠された情報の実体とそれを制御する分子的・構造的基盤の解明を目指す。多様な研究者が円陣を組むことによって、国際的にも類を見ない学際的かつユニークな研究を展開し、日本が世界のリーダーとなることを目指す。

領域の目的と概要

本領域は、遺伝情報を継承・発現・収納する時空間場を理解することを目標として、領域全体を推進する。計画研究班(7課題)は、それぞれの手法を活かし、細胞核内に局所的に形成される化学的な「場」や力学的「場」の理解を目指す(右概念図参照)。核内空間配置を明らかにすると共に、そのような領域に形成されるDNA蛋白質複合体を、GFP融合ライブラリーによる生細胞イメージングやプロテオミクスなどの手法を用いて同定し、遺伝情報収納・発現の分子基盤を明らかにする。そして、遺伝子破壊などによる機能阻害と細胞イメージングを組み合わせて、クロマチン構造や空間配置に影響を与える分子・環境因子・DNA物性を同定する。この領域に形成される機能的クロマチン領域を1分子イメージングなどの最先端のイメージング技術で可視化し、またDNA蛋白質複合体の結晶構造を解析し、遺伝情報収納・発現の構造基盤を明らかにする。さらに、細胞増殖や生殖、分化過程におけるクロマチン構造とその変化を同様の方法で解析し、遺伝情報継承の分子・構造基盤を明らかにする。これらの多様な解析から得られた物理化学パラメータから、生命機能に影響を及ぼすパラメータを抽出し、コンピュータシミュレーションによって解析し、時空間場のモデルを構築する。これらの解析の結果を総合し、遺伝情報を支える時空間場の分子的・構造的基盤を理解することを目指す。

計画研究班は多岐に渡る手法を使って研究を遂行するが、統一的な場を理解するためには、より広い手法や視点、生命対象を研究することが必要である。そのために、計画研究班が担当しない研究手法、生物対象、生命現象、新しい解析法の開発などについては、計画研究を補完する研究課題を公募研究によって補填し、領域全体の推進を図る。

このような領域を組織し、異分野の共同研究を推進することによって、新しい学問分野を育成・強化する。また、領域を組織することによって、装置や技術・生物資源を共有し、研究の遂行に相乗的な効果をもたらす。技術講習会やワークショップを通して、若手研究者を育成する。得られた成果を国内外の研究者および広く国民に発信する。

具体的な研究内容

継承場の研究：生殖細胞形成過程または細胞増殖で働く、遺伝情報を正しく継承するために必要な分子基盤を、ゲノムワイドに作製されたGFP融合ライブラリーによる局在解析とDNAマイクロアレイによる遺伝子発現解析を用いて明らかにする。同定された分子に関して遺伝学的手法を用いて、継承場形成に



図1 計画研究における連携の概念図

対する役割を検討する。構造生物学的手法を用いた解析により、遺伝情報継承に働く DNA 蛋白質複合体の構造とその動作原理を解析する。

発現場の研究: プロテオミクス的手法を用いて、遺伝情報発現に関与する蛋白質群を網羅的に同定し、遺伝情報発現場の分子基盤を明らかにする。1分子イメージング技術を用いて、遺伝情報発現場を直接に「その場」計測して、遺伝子発現に働く蛋白質群と DNA のダイナミックな相互作用を解析する。発生・分化でのクロマチンの局所構造の変化や空間配置を解析し、多様な細胞系列を生み出す仕組みを明らかにする。

収納場の研究: DNA を効率良くかつ機能的に細胞核に収納する仕組みや構造基盤について研究を行う。具体的には、細胞核の大きさを規定する要素（生体因子の量、空間の大きさ、配置など）を、コンピュータ生物学的手法を用いて解析し、遺伝情報の収納と発現の連関を検討する。DNA の形状や高次構造・機械的特性といった物理化学的特性を測定し、遺伝情報の収納に寄与する物理パラメータを解析する。物性の異なる DNA の核内配置や構造と、増殖や分化における変化について解析し、遺伝子収納を制御する場について検討する。

これらの3つの「場」の研究を推進していくことによって、ゲノムDNAの核内収納と発現との連関、遺伝情報発現と継承の連関、遺伝情報収納と継承の連関が、それぞれ明確になることを期待している。基盤となる分子構造は、それぞれ関連が強いものと信じるものである。これらの関連を理解することにより、遺伝情報を制御する統括的な場の分子実体を理解することを目指す。

2. 研究の進展状況及び成果の概要

本領域の設定目的

本新学術領域は、遺伝情報の継承・発現・収納という古くからある基本的な生物学の命題を研究対象としている。しかし、その基盤である時空間場として「遺伝情報場」という概念を導入し、それを解くために従来の生物学的手法だけでなく、物理化学や数理生物学を含む多角的な手法を用いてアプローチする。異分野の研究者が共通のゴールを目指して相乗的な効果を生み出すことができる態勢を整えるために領域を組織した。さまざまな専門性をもつ研究者の新たな視点や技術の統合により、「場」に隠された遺伝情報の実体とそれを制御する分子的・構造的基盤の解明を目指した。この目標に対し、学術的目標に対する達成度、領域を組織した意義、社会的目標に対する達成度について、以下に記載する。

学術的達成度：「遺伝情報場」がどこまでわかったか

本領域では、遺伝情報の継承・発現・収納に関与する化学的または力学的「場」の実体を分子レベルで理解することを目指してきた。この目標に向かい、生細胞イメージングや1分子イメージング、蛋白質複合体のプロテオミクス解析、結晶構造解析、遺伝子改変による機能阻害実験、コンピュータシミュレーションなど、様々な手法で遺伝情報場の分子・構造基盤の解明に取り組んできた。その結果、細胞核内に形成される様々な「遺伝情報場」を見いだした。これらの成果は、「遺伝情報場」という概念を提唱することによって、初めて明確に意識され実現したものであり、予想以上に高い達成度が得られた。

継承場: 分裂酵母の減数分裂期には、相同染色体が対合するためには、第一段階としてテロメア同士が集合するが、テロメア集合に必要な蛋白質因子群を発見した（近重、平岡）。相同染色体同士が接着するペアリングには、2本の相同染色体の両者から非コードRNAが読み出され、その染色体領域に付いていることが必要であることを明らかにした（平岡）。このことから、非コードRNAが、相同染色体のペアリングを促進する「場」を提供することがわかる。この発見をきっかけに、類似の事例が発見されてくれば、普遍的な「場」と認められるだろう。

最近の研究により、非コードRNAはゲノムの4割を占める広汎な領域から転写されていることが分かっている。X染色体の不活性化に、X染色体から転写される非コードRNAが重要な働きをすることが分かっているが、非コードRNAの生物学的な役割はほとんど分かっていない。分裂酵母の減数分裂でおこる相同染色体の対合に、特定の染色体領域から転写され、その遺伝子座に蓄積される非コードRNAが必須であることを見いだした。この研究成果は、世界で初めて相同染色体の認識に減数分裂期特異的非コードRNAが強く関与することを示した画期的なものである。

ヒストンバリエーションと、その化学修飾は、遺伝情報の発現と継承の「場」として働く。生殖細胞で特異的に発現しているヒストンH3バリエーション（H3T）からなるヌクレオソームを試験管内再構成し、その

化学的な特性と結晶構造を決定することに成功した（胡桃坂）。また、体細胞や生殖細胞の細胞分裂で染色体分離の要となる、セントロメアを構成するヒストン H3 バリエント（CENP-A）からなるヌクレオソームの構造を決定することに成功した（胡桃坂）。様々なヒストンバリエントと様々なヒストン修飾が織り合わさり、多様なヌクレオソームが形成される。この多様なヌクレオソームが、細胞特有の機能を果たすための「場」を提供するのである。

発現場： ヒストンの化学修飾の動態を生きた細胞で可視化することに成功した（木村宏）。その技術を用いて発生中のマウス胚を観察し、観察した胚が正常なマウスとして誕生することを証明した（山縣、木村宏）。この技術を利用すると、発生や分化によって起こるヒストンのエピジェネティック制御を時空間的に理解することが可能になり、すなわち正常と異常発生を差別化する生物学的に重要な分岐点を理解することができる。潜在的には、受精卵から個体に至る全ての細胞系譜でエピジェネティックな「場」の変動を追跡できる可能性を秘めている。ES 細胞を効率良く心筋細胞に分化誘導する実験系を確立し、それを用いて発現「場」に関連するクロマチンリモデリング因子を同定した（末盛）。

生きた細胞中の転写「場」の 1 分子イメージングを行い、RNA ポリメラーゼが RNA 鎖を伸長させる様子を画像化することに成功した（徳永、木村宏）。

一般に、DNA の核内配置は遺伝情報の発現と継承に重要な「場」を提供し、核の内側は発現オンに、核膜側は発現オフとなる。転写不活性な X 染色体は核膜近くに見られるが、不活性 X 染色体の形成には、核蛋白質と非コード RNA が時空間的に協調することが重要であることを明らかにした（小布施）。

収納場： 実測データとコンピュータシミュレーションを用いて核のサイズと機能を決定する因子を検討した結果、細胞のサイズが核のサイズと相関すること、核のサイズは発生と細胞分化に重要な影響を及ぼすことを明らかにした（木村暁）。核のサイズや位置決めには、細胞質の流れを生み出す微小管が関与することを検討中である。また、染色体をコンパクトに収納している要因を検討した結果、DNA そのものの物理的な性質が関与することを明らかにした（大山）。

波及効果・発展性

ゲノムの安定な継承は種の存続に重要であり、この過程における失敗は、不妊や胎児奇形などの重大な障害を引き起こす。この領域から得られたいくつかの知見によって、ゲノムの安定な継承を保証する仕組みの理解が大きく進んだ。非コード RNA が相同染色体の相互認識に関わるという発見は、不妊の仕組みの解明につながる。非コード RNA の機能については、まだ不明なことが多く、本領域の発見がきっかけとなり、学術的にもブレークスルーをもたらすことが期待できる。相同染色体の対合は、有性生殖を行う真核生物にとってゲノムを子孫に継承するために普遍的で重要なプロセスであり、そのメカニズムの解明は生物学的に重要な課題である。また、その失敗は卵子や精子の異常による不妊やダウン症に代表されるトリソミー症候群につながるために、医学的にも重要である。また、様々なヒストンバリエント（CENP-A や H3T など）を含むヌクレオソームの結晶構造解析は、ガン、不妊、ファンコニ貧血等の原因の理解につながり、その医学的波及効果は大きい。

領域運営における達成度：領域を組織した意義

領域を組織・運営するにあたって、異分野融合による相乗的効果を重視した。班会議を各年度 1 回開催し、計画研究と公募研究の研究代表者全員が口頭発表を行い、研究内容や手法に関して情報交換を行った。総括班員は、計画研究・公募研究の内容を統括して把握し、総括班会議で議論を行った上で、研究の方向性について評価と助言を各班員に対して行った。特に、新規な共同研究や技術革新の芽を育てることを重視し、班員間の研究サンプルの提供や技術提供、情報提供をアレンジした。また、関連分野で傑出した実績と経験をもつ研究者による特別講演（第 1 回班会議で吉川研一先生、第 4 回班会議で菅原正先生）をして頂くことにより、研究領域全体の目標や視野の強化を図った。

本領域は様々な手法を専門とする研究者が、様々な生命現象を対象としながら「遺伝情報場」という共通のコンセプトの理解に取り組んだ点が特色である。全体での領域会議に加えて、特に融合を重視すべきテーマについては個別に勉強会を行い、領域内での共同研究の推進に努めた。もともと異分野であった研究者がゴールを共有し、相乗効果を発揮できるように、領域内異分野融合勉強会を 3 回開催した。第 1 回目は、2009 年 10 月 20 日に「計測技術」を専門とする班員と、それを活かした研究が期待さ

れる「生物系」の班員が話題提供をし、共同研究の可能性などについて議論を行った。第2回目は、2011年9月8日に第1回と同様「計測技術」をテーマに、後期の公募班員を中心に議論を行った。第3回目は2011年11月29日に「発生」を対象に研究を行っている班員が話題提供を行い、高次生命現象や疾患の理解といった視点から議論を行った。

このような異分野の専門家による積極的な連携・融合の結果、領域内共同研究として40報の論文が発表されている。未発表のものを含めると、主なものだけで実に116件の共同研究が活発に行われており、今後、成果となって現れることが期待できる。なかでも、公募研究から計画研究分担者に登用した山縣（発生生物学）が公募研究の木村宏（分子動態イメージング）とともに実現した受精卵から発生過程でエピジェネティックな変動を追跡する技術は、将来性のある成功例である。胡桃坂（結晶構造解析）と河野（動力学シミュレーション）の連携によるヌクレオソーム構造の研究や、徳永（1分子イメージング）と木村宏（転写）の連携による転写の1分子イメージングも顕著な成功例である。平岡（染色体構造）と小穴（機械工学）の連携により、従来とは異なる視点（機械的にほぐして観察）で染色体の構造（折りたたみ具合）が理解されつつある。論文に纏めるには長期的な継続努力が必要であるが、本領域研究によって播かれた種がやがて実を結び、当該研究分野の発展につながるだろう。

また、この領域に参加した計画研究・公募研究の若手研究者が、期間中にキャリアアップを果たした例が8件あり、若手育成の目標は十分に達成されたと考える（本資料5参照）。

社会的達成度：新学術領域「遺伝情報場」は社会に何を与えたか

社会貢献

- 1) 福島東電第一原発事故に対する対応のため、公募研究代表の田代聡は広島大学緊急被ばく医療派遣チームの小児科医として福島にはいり、地震直後の2011年3月26日から30日にかけて、小児甲状腺被ばく調査を実施した。また、放射線の人体影響、放射線障害についての生物学的な知見やゲノム損傷修復と細胞核構造の関連についての基礎研究の進展などを紹介する市民公開講座などを行った。
- 2) 田代聡らが本研究領域の成果として開発した染色体異常の新しい解析法は、放射線被ばく線量の生物学的な推定法として評価され、IAEAと共同で世界の関係施設に広めることになっている。
- 3) 計画研究分担者の山縣一夫と公募研究代表者の木村宏は協同して、一般の顕微鏡に取り付けるだけで蛍光観察できるアダプターを開発した。これにより、学校や発展途上国などで安価な顕微鏡で蛍光観察が可能となる（産経新聞・神戸新聞・日経産業新聞などに掲載）。

成果発信・研究交流：研究会、国際会議の開催

領域内の研究者が領域内外の研究者と交流するのを促進すると共に、研究成果を発信することを目的に、研究会・国際会議の開催を行った。2011年1月24-26日には、国際シンポジウム「International Symposium on Physicochemical Field for Genetic Activities」を淡路夢舞台国際会議場で開催した。11人の海外からの講演者を招待し、約150名の参加者を集めて、活発な討論が行われた。この会議に関するMeeting Reportは、国際誌「Nucleus」2011年7/8月号に掲載された。

国内研究会では、各年度1度ずつ開催される「核ダイナミクス研究会」「染色体ワークショップ」を共催し、関連分野の発展に努めた。また、同じく各年度1度ずつ開催される「定量生物学の会」を支援し、若手研究者による関連分野の研究をサポートした。

若手研究者の育成：技術講習会や研究会の開催

若手研究者育成の観点からは、本領域に参加している研究者の多様性を生かして、若手研究者を対象とした技術講習会を開催してきた。大学院生を主に対象とする蛍光顕微鏡技術の講習会「細胞生物学ワークショップ」を毎年2回（計9回x6日間/回）、平岡、原口、木村宏らが講師を務め、大学院生やポスドクなどの若手研究者に対して教育を行った。第8回および第9回核ダイナミクス研究会において、本領域総括班員が講師を務める技術講演ワークショップを開催した。木村暁は、毎年、「定量生物学の会」チュートリアルを開催し、定量解析や定量的モデリングなどについて技術講習を行った。本チュートリアルの講演資料は同会のホームページから誰でも閲覧が可能であり、関連分野の研究者から高い評価を得ている。この他、欧州バイオインフォマティクス研究所（EBI）から講師を招き公共データベースに関する講義と実習を行う講習会を共催した（2011年9月12-13日）。

広報・啓蒙活動：公開シンポジウム開催、ホームページ公開、ニュースレター発行、特許公開

領域内外の研究者へ、本領域の活動や、関連する分野の最新情報を提供することを目的に、領域ホームページを公開した (http://www.genofield.osaka-u.ac.jp/pfga_index.html)。ホームページでは、計画研究、公募研究の紹介や、領域の成果の紹介、各種イベントの紹介などを行っている。また、年1度、ニュースレターを発行して関連分野の研究者に配布し、領域の活動・成果の発信に努めた。

一般の国民を対象に、領域の成果を公開するシンポジウム「遺伝情報場：構築を担う分子のダイナミクスと制御」を2013年1月11日に東京ステーションコンファレンスで開催した。2013年8月25日に、高校生や市民を対象に公開シンポジウム「DNAを操る生物の仕組み」を千里ライフサイエンスセンターで開催する予定である。高校での出張講義や、一般向けの講演会での講演を通して、本領域の研究成果を分かりやすく解説した。領域での研究成果を、新聞などを通じて積極的に発信するように班員に周知し、国民への啓蒙に努めた。また、特許を取得することによって、得られた技術を広く国民に公開した。以上のようなことから、社会的活動の成果については、予想どおりの達成度が得られた。

審査部会における所見

A (研究領域の設定目的に照らして、期待どおりの成果があった)

1. 総合所見

本研究領域は、染色体研究に「遺伝情報場」という新しい概念を導入することによって、遺伝子発現に関わる生命現象の解明を目指すものである。質の高い研究成果が多数発表されたことに加え、染色体を構築する分子構造の解明に関わる新規技術も多数開発され、それらの技術の波及効果も非常に高いと思われる。また、分野を超えた共同研究を積極的に推進し、領域全体の活性化に成功している点も評価できる。一方で、染色体対合に関与するノンコードRNAの発見などの大きな業績が個別研究の延長であり、本領域としての共同研究がそれらに寄与しているか不明確な部分もあるが、全体としては設定目的に照らして期待どおりの成果があったと認められる。

若手研究者の育成についても十分に成功しており、次世代のリーダーとしての活躍が期待できる。さらに高校への出張講義、蛍光顕微鏡の実技講習会や一般向けの公開シンポジウムを企画し、領域の研究成果をわかりやすく解説することで、社会への還元や次世代の研究者へ向けた啓蒙を進める取組は、着実な成果を上げており高く評価できる。

2. 評価に当たっての着目点ごとの所見

(a) 研究領域の設定目的の達成度

「多様な研究者による新たな視点や手法による共同研究等の推進により、当該研究領域の新たな展開を目指す」という点については、染色体構造や複製・転写過程をイメージングや結晶構造解析、バイオインフォマティクスなどの手法を多用しながら共同研究を進め、新技術の開発を行ってきており、目標を十分達成していると評価できる。また、「当該領域の研究の発展が他の研究領域の研究の発展に大きな波及効果をもたらす」という点についても、開発された新規技術の汎用性が高いことから、その波及効果は高いと評価できる。

(b) 研究成果

「多様な研究者による新たな視点や手法による共同研究等の推進により、当該研究領域の新たな展開を目指す」という点については、遺伝情報の継承・発現・収納という問題に対して、遺伝情報場という新しい概念を導入し、様々な分野の研究者の多数の視点と技術を融合することによって、多くの研究成果をあげており評価できる。一方で、その成果が技術開発に偏っているとの意見もあった。また、「他領域への波及効果」という点では、生細胞イメージングや1分子イメージング、タンパク質複合体プロテオミクス、ヌクレオゾーム試験管内再構成系の確立と結晶構造解析などの新規技術の開発を進め、生物学的成果をあげている。これらの成果は、多くの生物学の問題解明への技術基盤ともなることから、波及効果は非常に高いと思われる。

(c) 研究組織

領域代表者のリーダーシップのもと、実験生物学（分子生物学、構造生物学）、理論生物学（シミュレーション）、物理化学（物性計測）と異分野の研究者が連携する仕組みが構築された。また、共同研究や公開シンポジウムのほか、出張授業、蛍光顕微鏡の実技講習会などアウトリーチ活動も推進された点は評価できる。

(d) 研究費の使用

特に問題点はなかった。

(e) 当該学問分野、関連学問分野への貢献度

本研究領域で開発された新規技術は汎用性があり、その波及効果は高い。生殖医療や遺伝病を含めた医学領域に対して、本領域で明らかにした現象が、病原の探索や将来的な治療開発への新たな可能性を示したことは、高く評価できる。また、開発した蛍光プローブは基礎研究での活用が期待されるため、広く共有されることが求められる。さらに、本領域から派生した新しい新学術領域研究が平成 25 年度から始まっており、「遺伝情報場」の概念が新たな展開を見せている。

(f) 若手研究者育成への貢献度

高校への出張講義、蛍光顕微鏡の実技講習会、一般の顕微鏡の蛍光観察用アダプター開発、公開シンポジウムの開催などによる次世代の研究者に向けた啓蒙を行っている点や、参画した若手研究者の多くがプロモーションに成功している点など、高く評価できる。