

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 10 月 19 日現在

機関番号：14401

研究種目：新学術領域研究（研究領域提案型）

研究期間：2011～2015

課題番号：23106001

研究課題名（和文）総括

研究課題名（英文）Research Management

研究代表者

新井 健生（Arai, Tatsuo）

大阪大学・基礎工学研究科・教授

研究者番号：90301275

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 69,300,000円

研究成果の概要（和文）：各研究グループを有機的に連携し、領域全体の研究が活発になるように領域運営を行い、新たな研究成果を総括班で組織化された学会活動、広報活動によって広く国内外に発信した。定期的に総括班会議、領域の関係者全員が集まる全体会議を開催することにより、領域全体の情報交換を密にし、研究推進、連携を図った。各研究項目については、班長が中心となり班会議を開催し、各班内の情報交換・討論を行い、研究の円滑な推進を図った。

研究成果の概要（英文）：We coordinated research groups closely in the area and proceeded fusional research, and presented our research activities in wide area of the domestic and international societies. We exchanged the newest research results and shared knowledge regularly among the research groups in the area through the management meetings and the whole research meetings to make our studies more active. In four main research groups, each leader coordinated research groups and proceeded research by exchanging new results and sharing knowledge through regular group meetings.

研究分野：ロボット工学

キーワード：マイクロロボティクス

1. 研究開始当初の背景

近年のロボットエンジニアとバイオ・医学研究者との連携により、細胞への力学刺激と応答観察のための多くの要素技術や装置開発が成功し、細胞と環境との力学的相互作用が細胞の増殖と分化の制御に重要なことが示された。しかし、再生医療応用や生命理工学研究のモデル系として単一細胞では全く不十分であり、機能する3次元細胞システムの構築が不可欠であることが明確に認識された。さらに、*in vivo* 環境における様々な刺激が細胞集団・組織・臓器の形成と機能発現に必須であることが内外で報告され始め、*in vitro* での細胞システム構築の阻害要因も明らかになりつつある。ロボティクス分野では、マイクロからナノスケールで様々な計測制御を行う技術が進展し、組織から細胞を扱う技術的環境も十分に整っている。

このような状況のもと、本提案では、マイクロ・ナノロボティクスの分野で世界をリードする工学研究者、多細胞システムの構築を試み機能する組織を目指す生物化学の世界的研究者、並びに、細胞シートの多面的応用や胚性幹細胞を再生医療に用いることで世界に先駆けている医学研究者を結集した。これにより、バイオアセンブラの諸課題を解決し、学術的にも応用面でも大きな革新ができる体制が整った。

2. 研究の目的

本研究の目的は、「生体から取り出した細胞から活性細胞を高速に計測分離し、それらを基盤構造(マトリクス)や血管を含む統制された3次元細胞システムに形成し、組織として機能させるための画期的な方法論(バイオアセンブラ)を創出すること、さらに一つの応用として、次世代培養技術を確立し再生医療に役立てること」である。*in vitro* 環境における3次元細胞システムの創生は世界初であり、その創生をマイクロ・ナノ超高速計測制御の方法論を発展させることにより実現する両面で極めて革新的であり、我が国の理工学、医学の学術水準を大幅に向上・強化させたい。

研究の進め方としては、まず(1)有用な活性細胞を選りすぐる超高速計測分離手法と、(2)その細胞から3次元細胞システムを超高速に組み立てる手法を確立し、(3)それらを応用して、医工学的に有用で再生治療のために移植可能な機能する人工3次元細胞システムを創生する、という一連の技術開発と創生の原理解明を提案する。超高速では従来速度の2桁以上の高速化を目指す。

本領域研究はこれらを実現するために、マイクロ・ナノロボティクスを活用した(1)細胞の物理的特性に着目した超高速計測分離技術の開発、(2)単一細胞からロール・積層・折り紙成型等を組み合わせて3次元形状を実現する超高速細胞システム構築技術の開発により、(3)「*in vitro* 環境で細胞の自律

的機能発現を促しながら」達成するという3点においてチャレンジングである。再生医療に役立つ人工3次元細胞システムを構築し、その方法論を発展させることにより、マイクロ・ナノ理工学と生命科学の進展と体系化を図る。

3. 研究の方法

本領域の研究を推進するため、3つの研究グループ(A01班:細胞特性計測制御,A02班:3次元細胞システム構築,A03班:3次元細胞システム機能解明)に分け、これらの研究グループが有機的に連携することにより、新たな研究を創造する。総括班は、本領域の推進を円滑に進めるために助言、評価、事務作業を行う。領域代表を含む各班のリーダーが中心となって、研究項目間、計画研究間、計画研究と公募研究間の調整を行い、協力関係を柔軟かつ円滑に保ち、相互情報交換を通じて円滑な運営を行うための管理監督を行う。また、評価メンバは研究全般の方向性、進捗、成果に対して評価及び助言を与える。

具体的には次の活動を行う。(1)領域内研究の有機的な結合を推進するための領域会議、項目会議、総括班会議の開催、(2)全体シンポジウム、若手シンポジウムの開催、(3)優れた成果の海外発表の推奨による若手研究者の成長支援ならびに若手WGの構成、(4)領域内の有機的な連携を促進するための共同研究プラットフォームの整備、(5)研究成果を広く国内外へ発信するための領域ホームページの管理・運営、広報パンフレットの作成・配布、(6)研究成果の国内外の研究者への発信ならびに他研究者との交流を促し当該領域を活性化させるための主要関連国際会議でのWS,OSの企画、(7)本領域の研究の質を維持・向上させるための評価委員による適宜の助言、評価、(8)研究成果を国内外の研究者に発信するための学術論文誌における特集号の作成、(9)項目研究の加速支援及び当該領域の研究を促進する公募研究と各研究との連携調整や支援。総括班においてこれらの活動を円滑に推進することにより研究目的を達成する。

本目的を達成するため次の体制とした。本領域の推進を円滑に進めるために助言、評価、事務作業を行う。領域代表を含む各班のリーダーが中心となって、研究項目間、計画研究間、計画研究と公募研究間の調整を行い、協力関係を柔軟かつ円滑に保ち、相互情報交換を通じて円滑な運営を行うための管理監督を行う。評価メンバは研究全般の方向性、進捗、成果に対して評価及び助言を与える。

総括班は研究代表者(新井健生)のほかに、研究分担者、研究協力者、事務担当者、研究評価担当者から以下のように構成する。

新井健生(代表・ロボット工学・領域代表およびA02班責任者)

新井史人(分担・マイクロ・ナノシステム工学・A01班責任者)

大和雅之(分担・再生医療, 幹細胞生物学・A03 班責任者)

金子 真(分担・ロボット工学)

中内啓光(分担・幹細胞生物学)

福田敏男(分担・マイクロ・ナノシステム工学)

関 実(分担・生物化学工学)

竹内昌治(分担・マイクロ流体デバイス)

鈴木 治(分担・石灰化と骨再生)

前 泰志(分担・ロボット工学・事務担当)

各種助言と評価は研究協力者である次の4名の評価委員が行う。

助言と評価: 藤江正克(早稲田大学・大学院創造理工学研究科・教授・医療福祉ロボット工学)

助言と評価: 片岡一則(東京大学・大学院工学研究科・教授・バイオマテリアル)

助言と評価: 佐藤正明(東北大学・大学院医学工学研究科・教授・バイオメカニクス)

助言と評価: 松田武久(金沢工業大学・ゲノム生物工学研究所・教授・バイオマテリアル)

4. 研究成果

【活動状況】 総括班では各研究グループを有機的に連携し, 領域全体の研究が活発になるように領域運営を行い, 新たな研究成果を総括班で組織化された学会活動, 広報活動によって広く国内外に発信した。

(1) 領域内研究の有機的な結合を推進: 領域代表を中心とした班長会議において領域運営の諸案の検討や重要事項案の策定を行っている。領域内の研究の有機的な結合を推進するため, 総括班のメンバが集まる総括班会議において領域運営の重要事項の審議と決定を行っている。定期的に総括班会議, 領域の関係者全員が集まる全体会議を開催することにより, 領域全体の情報交換を密にし, 研究推進, 連携を図った。研究項目については, A01 班, A02 班, A03 班, B01 班ごとに班長が中心となり班会議を開催し, 各班内の情報交換, 討論を行った。

(2) 全体シンポジウム, 若手シンポジウムの開催: 外部からの意見を積極的に取り入れるため領域のテーマ全体に関わる公開シンポジウムを年3回開催した。内1回は国際シンポジウムとして, 国際会議 MHS と共催し, 国際的な情報交換, 討論の場とした。

バイオアセンブラ第1回シンポジウム(2011年10月12日)(東京:参加者40名)

バイオアセンブラ第1回国際シンポジウムをMHS2011と共同開催(2011年11月6-9日)(名古屋)

バイオアセンブラ第2回シンポジウム(2012年3月8日)(仙台:参加者43名)

バイオアセンブラ第3回シンポジウム(2012年7月5日)(京都:参加者66名, 外部企業4社)

バイオアセンブラ第2回国際シンポジウムをMHS2012と共同開催(2012年11月4-7日)(名古屋)

バイオアセンブラ第4回シンポジウム(2013年3月10日)(神戸:参加者61名, 外部企業9社)

バイオアセンブラ第5回シンポジウム(2013年7月18日)(東大:参加者53名, 外部企業7社)

バイオアセンブラ第3回国際シンポジウムをMHS2013と共同開催(2013年11月10-13日)(名古屋)

バイオアセンブラ第6回シンポジウム(2014年3月17日)(仙台:参加者70名, 外部企業5社)

バイオアセンブラ第7回シンポジウム(2014年7月4日)(東京:参加者100名, 外部企業11社)

バイオアセンブラ第4回国際シンポジウムをMHS2014と共同開催(2014年11月9-12日)(名古屋)

バイオアセンブラ第8回シンポジウム(2015年3月24日)(箱根:参加者104名, 外部企業22社)

バイオアセンブラ第9回シンポジウム(2015年7月2日)(大阪:参加者75名, 外部企業5社)

バイオアセンブラ第5回国際シンポジウムをMHS2015と共同開催(2015年11月23-25日)(名古屋)

バイオアセンブラ第10回シンポジウム(2016年3月22日)(東京:参加者68名, 外部企業6社)

他領域への波及や本領域の活性化を図るため, 他の新学術領域と合同で次の研究会を開催した。

・第1回新学術領域ジョイント研究会-超高速バイオアセンブラ・少数性生物学, 東京(2012年11月19日)

・新学術領域合同公開シンポジウム(ナノメディシン分子科学・超高速バイオアセンブラを含む4つの新学術領域による合同開催)にてA03班長大和が講演, 東京大学小柴ホール(2012年7月10日)

(3) 優れた成果の海外発表の推奨による若手研究者の成長支援ならびに若手WGの構成: 若手研究者の成長支援として, 若手WGを組織し, 学生を含む若手研究者のシンポジウムや全体会議への参加を促し, 領域内の研究グループ間の密な情報交換を行った。若手WG主催による若手シンポジウムを開催した。

バイオアセンブラ第1回若手シンポジウム2012年7月4日(京都:参加者72名, うち学生30名)

バイオアセンブラ第2回若手シンポジウム2013年6月12日(東京:参加者82名, うち学生45名)

バイオアセンブラ第3回若手シンポジウム2014年7月3日(東京:参加者81名, うち学生44名)

バイオアセンブラ第4回若手シンポジウム2015年7月3日(東京:参加者103名, うち学生45名)

(4)領域内の有機的な連携を促進するための共同研究プラットフォームの整備：領域内の連携推進の中心となるための研究拠点となる共同研究プラットフォームとしてシステム統合化拠点（大阪）、オンチップロボティクス拠点（名古屋）、軟組織モデル拠点（東京）、硬組織モデル拠点（仙台）を設置した。
(5)領域ホームページの管理・運営、広報パンフレットの作成・配布：広報活動として、ホームページ（<http://bio-asm.jp/>）を開設した。日本語パンフレット、英語パンフレットを作成し、これらに関連学会の開催会場において配布した。ニュースレターを作成し、関連学会の開催会場において配布した。

(6)主要関連会議での OS, WS の企画・開催：研究成果の国内への発信、情報交換、研究の活性化を図るため、毎年開催される当該分野の主要国内会議 RSJ や ROBOMECH など OS を開催している。また、主要国際会議 ICRA, IROS など WS を主導的に企画・開催し、本領域のプレゼンスを示し研究成果を世界へ発信している。

(7) 評価委員による適宜の助言、評価：本領域の研究の質を維持・向上させるための評価委員に総括班会議、全体会議、シンポジウムに出席いただき適宜、助言、評価をいただいた。

(8) 学術雑誌でのバイオアセンブラ特集号の発行：

Journal of Robotics and Mechatronics, Vol.25, No.4, Special Issue of "BioAssembler," Fuji Technology Press Ltd. 2013年8月発行

Regenerative Therapy, Vol.3, Japanese Society for Regenerative Medicine, 2016年3月発行

(9) 研究の加速支援及び連携調整や支援：若手の連携研究を促進、エンカレッジした。

5. 主な発表論文等

〔図書〕(計 1 件)

Eds. Tatsuo Arai, Fumihito Arai, Masayuki Yamato, "Hyper Bio Assembler for 3D Cellular Systems," *Springer*, 2015.

〔その他〕

ホームページ等

<http://bio-asm.jp/>

6. 研究組織

(1)研究代表者

新井 健生 (ARAI, Tatsuo)

大阪大学・基礎工学研究科・教授

研究者番号：90301275

(2)研究分担者

新井 史人 (ARAI, Fumihito)

名古屋大学・工学(系)研究科・教授

研究者番号：90221051

大和 雅之 (Yamato, Masayuki)

東京女子医科大学・医学部・教授

研究者番号：40267117

金子 真 (KANEKO, Makoto)

大阪大学・工学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：70224607

中内啓光 (NAKAUCHI, Hiromitsu)

東京大学・医科学研究所・教授

研究者番号：40175485

福田敏男 (FUKUDA, Toshio)

名城大学・理工学部・教授

研究者番号：70156785

関 実 (SEKI, Minoru)

千葉大学・工学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：80206622

竹内昌治 (TAKEUCHI, Syouji)

東京大学・生産技術研究所・教授

研究者番号：90343110

鈴木 治 (SUZUKI, Osamu)

東北大学・歯学研究科(研究院)・教授

研究者番号：60374948

前 泰志 (MAE, Yasushi)

大阪大学・基礎工学研究科・准教授

研究者番号：50304027

(3)連携研究者

金子 真 (KANEKO, Makoto)

大阪大学・工学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：70224607

中内啓光 (NAKAUCHI, Hiromitsu)

東京大学・医科学研究所・教授

研究者番号：40175485

福田敏男 (FUKUDA, Toshio)

名城大学・理工学部・教授

研究者番号：70156785

関 実 (SEKI, Minoru)

千葉大学・工学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：80206622

前 泰志 (MAE, Yasushi)

大阪大学・基礎工学研究科・准教授

研究者番号：50304027