

公開資料

戦略的創造研究推進事業（社会技術研究開発）

平成28年度採択 プロジェクト企画調査

終了報告書

「人と情報のエコシステム」研究開発領域

「分子ロボット技術に対する法律・倫理・経済・教育からの

接近法に関する調査」

調査期間 平成28年11月～平成29年3月

代表者氏名 小長谷 明彦

所属、役職 東京工業大学情報理工学院、教授

目次

1. 企画調査の構想	2
2. 企画調査の目標	2
3. 企画調査の実施内容及び成果	2
4. 企画調査の実施体制	4
4-1. グループ構成	4
4-2. 企画調査実施者一覧	5
5. 成果の発信等	6

1. 企画調査の構想

分子ロボティクスの技術発展により、リポソームや微小管や分子モーターといった生体分子を用いて実際に動く分子ロボットを創生することが可能となった。また、筋肉のように収縮する人工筋肉もプロトタイプが作られている。分子ロボットの技術開発がさらに進めば、将来的には人工細胞や人工筋肉だけでなく、電子機械部品と生体分子部品が融合したハイブリッド型分子ロボットの開発も可能となる。生体エネルギーを用いて外部に情報を発信する分子ロボットや、逆に、外部からの情報により生体を制御する分子ロボットも実現可能な技術の範疇に入ってくる。分子ロボット技術がさらに成熟すれば将来的には人間のサイボーグ化も夢ではなくなるかもしれない。

このように、技術面に関しては、分子ロボット構築に必要な知識、材料、方法論が日進月歩で進んでいる。一方、分子ロボットを用いればどのような応用が可能なのか。分子ロボットが発達したら人類にどのような影響を及ぼすのか。社会にどのようなインパクトを与えるのか。技術的イノベーションの観点からはどのような価値があるのか。分子ロボティクスのような境界領域の人材を育てるにはどのような教育をしなくてはならないのか。など、倫理、法律、経済、教育の観点からは、様々な問題が考えられる。

本企画調査では、このような疑問点に答えるべく、社会技術の観点から、人間社会に受け入れられる分子ロボットにするための倫理的課題ならびに医薬品におけるガイドラインの考え方について調査した。

2. 企画調査の目標

- (1) 文献情報、Web情報、研究コミュニティ情報からの候補者リストの選定
- (2) 候補者へのコンタクト
- (3) 分子ロボティクス動向調査（国内外）
- (4) 分子ロボティクス関係者とのTV会議およびワークショップ開催
- (5) まとめ・研究開発プロジェクト提案書作成

3. 企画調査の実施内容及び成果

分子ロボティクスのような先端技術の場合、将来的に起こる諸問題をできるだけ早い段階で認識し、議論を進めておくことが社会に受け入れられるためには重要だと考えている。「人間のサイボーグ化」を含めて、現時点ではSFと思われるような題材についても、社会科学および人文科学の観点から重要と思えるテーマについてはできるだけ広く網羅し、現在開発中の技術との関係性、発展可能性、社会的課題および技術的課題について、技術面、社会面の双方から議論を進め、正しい認識に基づく理解と提言を積み重ねていくことが肝要であると思う。

先端技術に対する潜在的不安を取り除くことは、分子ロボティクスを社会に受け入れられる技術に育てていく上で必須の条件である。分子ロボティクスの場合、dual use技術としての側面もあり、問題をはっきりさせた上で議論を積み重ねていくことが肝要と考える。重要なことは、開発か禁止かの2択ではなく、どのような目的に対してはどのレベルまで許すのか、あるいはどのような条件であれば認めるか、というように、機能レベルを明確化し、機能レベルに応じた開発規範をつくることが大事なのではないかと理解している。しかしながら、現在の分子ロボティクスのコミュニティは理系の研究者だけで構成されており、社会技術の観点からの議論はなおざりにされてきた。また、分子ロボティクスを理解するためには広範囲の技術に対する理解が必要であり、社会技術的な議論をすすめるためには、倫理、哲学、イノベーションなど社会科学あるいは社会技術の専門家との議論ならびにコミュニティの形成が不可欠である。

そこで、本調査研究では、分子ロボティクスを社会技術の観点から見直すための枠づくりから始めた。当初提案では、倫理、法律、教育、経済の全ての分野について調査すると提案したが、事務局およびアドバイザーの先生との議論の中で、まずは、「倫理」に絞ることにした（2016年11月）。また、社会技術分野のカウンターパートナーとして、同じく本領域の調査研究として参画している標葉グループを紹介頂き（2016年12月）、双方の研究状況の紹介を行うと共に、分子ロボット倫理に関する研究会（2017年1月）ならびに国際会議（2017年3月）を開催することにした。また、分子ロボットを身体に侵入させるためには医薬品としてのガイドラインが必要となることから、九州大学病院ARO次世代医療センターのグループと連絡をとり、分子ロボットガイドラインに関する研究会（2017年2月）を開催することにした。

分子ロボティクスは生化学、生物物理学、制御学、情報学など様々な分野の境界領域に位置しているため、学問としての体系化は未だ十分なされてはいない。技術の体系化はともすれば、技術シーズ中心になりがちですが、このような体系化ではモノはできても、それが社会に対してどのように影響するかについては見えてこない。このような観点から本調査研究では、分子ロボティクスに関連する技術をシーズ中心ではなく、人を中心とした技術として体系化することにより、人と社会になじみやすい分子ロボティクス技術の分析を進めた。

上記に述べた課題抽出と技術分析を進め、分子ロボット倫理に関する公開研究会および国際会議を開催した。また、分子ロボティクスに積極的に関与して頂ける人文社会、社会技術関係および医薬学関係の研究者と共に、研究開発提案書を策定している。

主なミーティング等の開催状況

年月日	名称	場所	概要
2016年11月15日	打ち合わせ	東工大田町キャンパス	RISTEX事務局と調査研究の方向性に関する打ち合わせ
2016年12月9日	打ち合わせ	東工大田町キャンパス	標葉Gとのコンタクトおよび相互情報交換
2016年12月20日	訪問	九州大学病院	AROセンター関係者とのコンタクトおよび相互情報交換
2016年12月21日	訪問	大阪大学吹田キャンパス	標葉G吉澤研究室関係者とのコンタクトおよび相互情報交換
2017年1月22日	分子ロボティクス・分子ロボット倫理合同研究会	東工大田町キャンパス	分子ロボットにおける倫理問題に関する講演会およびメディアカフェ
2017年2月11日	分子ロボティクス・分子ロボット倫理合同研究会	東工大田町キャンパス	分子ロボットにおけるガイドラインに関する講演会
2017年3月13日	1 st International Symposium on Molecular Robot Ethics	東大本郷キャンパス	分子ロボットの倫理および技術アセスメントに関する国際シンポジウム

4. 企画調査の実施体制

4-1. グループ構成

(1) 課題抽出グループ

① 小長谷明彦（東京工業大学、教授）

②実施項目：社会技術の観点からの課題抽出

概要：分子ロボティクスの応用研究を進めるために必要な倫理課題の抽出

(2) 技術分析グループ

① 小長谷明彦（東京工業大学、教授）

②実施項目 分子ロボティクス関連技術の調査

概要：より健全で安心な分子ロボットの研究開発に必要な人間中心視点からの分子ロボティクス技術の分析

なお、本調査研究は、標葉Gによる調査研究「リアルタイム・テクノロジーアセスメントのための議題共創プラットフォームの試作」との全面的な共同研究として実施した。また、医薬品ガイドラインに関しては、九州大学病院ARO次世代医療センターの協力を得て実施した。

4-2. 企画調査実施者一覧

研究グループ名： 課題抽出グループ

	氏名	フリガナ	所属機関等	所属部署等	役職 (身分)	研究参加期間			
						開始		終了	
						年	月	年	月
	小長谷 明彦	コナガヤ アキヒコ	東京工業大学	情報理工学院	教授	28	11	29	3
	山村 雅幸	ヤマムラ マサユキ	東京工業大学	情報理工学院	教授	28	11	29	3
	木賀 大介	キガダイ スケ	早稲田大学	先進理工学部	教授	28	11	29	3
	萩谷 昌己	ハギヤマ サミ	東京大学	大学院情報理工学 研究科	教授	28	11	29	3
	塩塚 真理	シオヅカ マリ	東京工業大学	情報理工学院	技術支援 員	29	1	29	3

研究グループ名： 技術分析グループ

	氏名	フリガナ	所属機関等	所属部署等	役職 (身分)	研究参加期間			
						開始		終了	
						年	月	年	月
	小長谷 明彦	コナガヤ アキヒコ	東京工業大学	情報理工学院	教授	28	11	29	3
	村田 智	ムラタ サトシ	東北大学	大学院工学研究科	教授	28	11	29	3
	瀧ノ上 正浩	タキノウエ マサヒロ	東京工業大学	情報理工学院	准教授	28	11	29	3
	豊田 太郎	トヨタ タロウ	東京大学	大学院総合文化研 究科	准教授	28	11	29	3
	川野 竜司	カワノ リュウジ	東京農工大学	工学研究院	准教授	28	11	29	3

5. 成果の発信等

(1) 口頭発表

①招待、口頭講演 (日本語 件、英語 件)

②ポスター発表 (国内 件、海外 件)

③プレス発表

分子ロボティクス・分子ロボット倫理合同研究会での講演は9件、分子ロボット倫理国際シンポジウムでの講演（英語）は7件。

(2) その他

特になし