

戦略的創造研究推進事業
(社会技術研究開発)
平成30年度研究開発実施報告書

「人と情報のエコシステム」

研究開発領域

「分子ロボットELSI研究とリアルタイム技術アセス
メント研究の共創」

小長谷 明彦
(東京工業大学情報理工学院 教授)

目次

1. 研究開発プロジェクト名	2
2. 研究開発実施の具体的内容	2
2-1. 研究開発目標	2
2-2. 実施内容・結果	3
2-3. 会議等の活動	6
3. 研究開発成果の活用・展開に向けた状況	7
4. 研究開発実施体制	7
5. 研究開発実施者	9
6. 研究開発成果の発表・発信状況、アウトリーチ活動など	12
6-1. シンポジウム等	12
6-2. 社会に向けた情報発信状況、アウトリーチ活動など	13
6-3. 論文発表	13
6-4. 口頭発表（国際学会発表及び主要な国内学会発表）	14
6-5. 新聞／TV報道・投稿、受賞等	14
6-6. 知財出願	15

1. 研究開発プロジェクト名

分子ロボットELSI研究とリアルタイム技術アセスメント研究の共創

2. 研究開発実施の具体的内容

本提案は、2016年度に企画調査研究として採択された『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（代表小長谷明彦）』と『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（代表標葉隆馬）』との共創による成果を土台としている。2017年度からは、おなじく研究開発プロジェクトとして採択された『情報技術・分子ロボティクスを対象とした課題共創のためのリアルタイム・テクノロジー・アセスメントの構築（代表標葉隆馬）』との共創を進めている。

2018年度は、前年度までの分子ロボット倫理研究会の活動を踏襲し、分子ロボット研究者、倫理研究者ならびに医療関係者による分子ロボット原則およびガイドライン策定の議論を深めると共に、追加配分予算を活用した分子ロボット倫理国際会議を企画した。また、BIOMOD国際学生コンテストを通じて、分子ロボット若手研究者ならびに学生にELSIの考え方を浸透させるための支援活動を行った。

2-1. 研究開発目標

本提案の研究開発目標は以下の通りである。

<目標とするアウトプット>

- メディアの動向分析とホライズン・スキヤニングを活用した分子ロボット課題候補リストの提示
- ステークホルダー参加型の議題共創プラットフォーム（NutShell）を用いた分子ロボット ELSI に関するリアルタイム技術アセスメント
- 分子ロボット研究者と橋渡し研究・倫理・規制科学の専門家によるインターネットを活用したダイナミックな分子ロボットガイドライン案の策定
- リアルタイム技術アセスメントおよびガイドライン案に関する研究会およびシンポジウムの開催
- 分子ロボット国際学生コンテストにおいて ELSI について言及した学生チームへの渡航費用などの支援と分子ロボットガイドライン普及の実践
- 上記の活動の記録と回顧的分析によるリアルタイム技術アセスメント(RTTA)方法論の評価と RTTA 研究へのフィードバック

<期待されるアウトカム>

上記アウトプット目指して研究を遂行することにより以下のアウトカムが期待される。

- 分子ロボット技術に関する ELSI の課題抽出と掘り下げ
- 分子ロボットに対する社会的認知度の向上
- 分子ロボットガイドライン案の策定
- 分子ロボット研究者における ELSI への関心の高まりと ELSI 研究の定着

- 社会に受容される分子ロボットの実用化への貢献
- 「ELSI 研究とリアルタイム技術アセスメント研究の共創」の社会技術方法論の有用性の検証

2-2. 実施内容・結果

(1) スケジュール

実施項目	平成29年度	平成30年度	平成31年度	平成32年度
①-1: リアルタイム技術アセスメント研究との共創	原則案に関する共創	基礎研究ガイドライン案に関する共創	医薬品研究ガイドライン案に関する共創	分析と検証
	既存システム Slackによる情報共有	既存システム Wordpress Forumによる情報共有と議論	「研究者の議論プラットフォーム」実証テスト参加	分析と検証
②-1: 分子ロボットガイドライン案策定	原則案策定	基礎研究ガイドライン案策定	医薬品研究ガイドライン案策定	公表
	原則案策定	原則案策定	基礎研究ガイドライン案策定	公表
②-2: 研究会・シンポジウム開催	研究会 シンポジウム	研究会 国際シンポジウム	研究会 シンポジウム	シンポジウム
③-1: 国際学生コンテスト支援	実施	実施	実施	

(2) 各実施内容

今年度の到達点①：既存チームコミュニケーションツールを用いた分子ロボットに関するリアルタイム技術アセスメントの部分的施行

実施項目①-1：リアルタイム技術アセスメントとの共創

実施内容

分子ロボットに対する社会的認知度を向上し、分子ロボット技術に関するELSIの議題抽出と掘り下げを実現するためには、専門家同士の議論だけでは不十分であり、社会に向けて情報を発信し、フィードバックを得るプロセスが不可欠である。このような社会からのフィードバックを実現するための、標葉グループと「リアルタイム技術アセスメントシステム」による共創を進めた。

今年度の到達点②：分子ロボット原則案の策定と基礎研究ガイドライン案策定への着手

実施項目②-1：分子ロボットガイドライン案策定

実施内容

分子ロボットのガイドライン案策定に関しては、概念の階層性から、分子ロボット原則案、基礎研究ガイドライン案、医薬品研究ガイドライン案と深めてゆく予定である。分子ロボット原則に関して、分子ロボット研究者とのコンセンサス形成が不十分であったため、分子ロボット原則の策定を前年度に引き続きおこなった。また、分子ロボット研究を社会とのコンセンサスを得ながら推進するために必要な「分子ロボット基礎研究ガイドライン案」の策定に着手した。

実施項目②-2：研究会・シンポジウム開催

実施内容

分子ロボット研究者と倫理研究者ならびに医学関係者との相互理解を促進するために研究会およびシンポジウムを開催した。

今年度の到達点③：若手分子ロボット研究者および学生へのELSI啓蒙の継続

実施項目③-1：国際学生コンテスト支援

実施内容

分子ロボットELSIやガイドラインは策定しただけでは意味がなく、分子ロボットの研究に反映されることに真の価値がある。前年度に引き続き、分子ロボットELSIの啓蒙を図るために、国際学生コンテスト (BIOMOD) を活用し、参加する学生やメンターとなる若手研究者にELSIについて考える事業を行った。

(3) 成果

今年度の到達点①：既存チームコミュニケーションツールを用いた分子ロボットに関するリアルタイム技術アセスメントの部分的施行

実施項目①-1：リアルタイム技術アセスメントとの共創

成果：

平成30年度は、RTTAの完成に先行して、既存チームコミュニケーションツール(SlackおよびWordpressのForumプラグイン)を用いてリアルタイム技術アセスメントとの共創を部分的に試行した。Slackは限定されたコミュニティの間での情報共有や議論を効率化するためのチャット機能やアンケート機能が充実している。ただし、Slackの操作が一般的ではなかったため、年度途中から、より利用者に簡便なWordpressのForumプラグインを活用することにした。このForumプラグインを活用して、分子ロボット原則について分子ロボット研究者と議論を開始し、分子ロボット原則案1.2版を策定した。

今年度の到達点②：分子ロボット原則案の策定と基礎研究ガイドライン案策定への着手

実施項目②-1：分子ロボットガイドライン案策定

成果：

平成30年度は、前年度に着手した「分子ロボット原則案」に関して英語版を作成し、社会からのフィードバックを得るためにv1.1として広く公開した。また、分子ロボティクス研究者からのフィードバックを元に、v1.2を作成し、分子ロボティクス年會において公開した。

実施項目②-2：研究会・シンポジウム開催

成果：

平成30年度は、分子ロボットガイドラインに関して分子ロボット研究者との議論を図るため計測自動制御学会分子ロボティクス研究会との共催で年2回分子ロボット倫理研究会を開催した。また、分子ロボティクス年會と併催して分子ロボット倫理シンポジウムを開催した。また、分子ロボットに関する倫理およびテクノロジーアセスメントを国際的な文脈の中に位置づけるためにThe 2nd International Conference of Molecular Robot Ethics (10月9日, 東京)を開催し、合成生物学、ナノバイオ技術、技術アセスメントの専門家を招聘し、分子ロボットのELSIとRRIに関する意見を求めた。さらに、同国際會議に合わせて前年度に策定した分子ロボット原則を英文で公開し、広く意見を求めた。

今年度の到達点③：若手分子ロボット研究者および学生へのELSI啓蒙の継続

実施項目③-1：国際学生コンテスト支援

成果：

平成30年度は、前年度と同様に、参加するチームにELSI課題を課し、各チームのELSIについてWIKIに記載したチームを対象に米国への渡航費用を支援した。また、BIOMODに参加し、各国の研究テーマのELSI課題について調査した。また、BIOMOD国際大会において、倫理的に問題があるチームが発覚し、BIOMOD国際大会においても大会参加チーム間の公平性を保つための倫理問題が議論されるようになった。

(4) 当該年度の成果の総括・次年度に向けた課題

実施項目①-1：リアルタイム技術アセスメントとの共創

標葉グループが開発する「研究者の議論プラットフォーム」が本格稼働すれば、より具体的にリアルタイム技術アセスメントを利用した共創の活動を推進できると考えている。

実施項目②-1：分子ロボットガイドライン案策定

分子ロボット原則案については、議論を1年間継続することで、分子ロボティクス研究者とのコンセンサスができ、一応の目処がついた。コンセンサス作りには時間がかかるため、「医薬品研究ガイドライン案策定」は断念し、令和元年は「基礎研究ガイドライン案策定」に注力する。

実施項目②-2：研究会・シンポジウム開催

研究会・シンポジウム開催を継続する。海外への発信が十分ではないため、令和元年度は国際会議あるいはシンポジウムの開催を計画したい。

実施項目③-1：国際学生コンテスト支援

国際学生コンテスト支援は学生および若手研究者のELSIに対する意識向上に大きく貢献した。また、BIOMOD国際大会においても参加チームの不公正感をなくすために開催者サイドが研究倫理を意識しはじめているので、これを機に分子ロボットELSIの重要性を世界に向けて発信したい。

2-3. 会議等の活動

2018年7月28日	分子ロボットRRI原則および洞察ワークショップに関するフォローアップワークショップ（第6回分子ロボット倫理研究会）	東京工業大学	RRIに関する講演会・グループ討議（分子ロボットに関する起きて欲しい未来と起きてほしくない未来）の結果に対する考察
2018年11月23日	第7回分子ロボット倫理研究会（第67回SIG-MBIと併催）	慶應義塾大学	分子ロボット制御理論の最新の話と分子ロボット原則に関する講演
2018年12月14日	第1回分子ロボット倫理若手の会	東京工業大学	若手研究者による分子ロボット倫理原則討議グループの立

			ち上げ
2019年3月4日	分子ロボット倫理シンポジウム打合せ	早稲田大学	分子ロボット倫理シンポジウムに関する議論
2019年3月11日	分子ロボット倫理シンポジウム打合せ	東京工業大学	分子ロボット2019年活動に関する議論
2019年3月14、15日	第2回分子ロボット倫理シンポジウム（分子ロボティクス年会と併催）	東京工業大学	分子ロボット原則に関する議論



1



2



3

1. 2. 第2回分子ロボット倫理国際会議（CBI学会年次大会と併催，2019. 10. 9@船堀ホール）
3. 分子ロボットランチョンセミナー（CBI学会年次大会と併催，2018. 10. 11@船堀ホール）



4



5



6

4. 5. 第2回分子ロボット年次大会（第2回分子ロボット倫理シンポジウム，2019. 3. 14-15 @東工大） 6. 分子ロボット技術倫理綱領第1. 1版

3. 研究開発成果の活用・展開に向けた状況

4. 研究開発実施体制

分子ロボットガイドライン策定グループ（小長谷 明彦）
東京工業大学情報理工学院

*実施項目①-1：リアルタイム技術アセスメント研究との共創
本グループが中心となり、全体プロジェクトの運営・管理・調整を行う。また、標葉グループとリアルタイム技術アセスメント(RTTA)研究に関して共創する。

*実施項目②-1：分子ロボットガイドライン案策定
本グループが中心となり、分子ロボットに関する原則案、基礎研究ガイドライン案の策定を行う。作成した案について、標葉グループとインターネット上で情報共有し、さらに情報発信することで分子ロボットガイドライン案に関する議論の結果をガイドライン案に反映する。

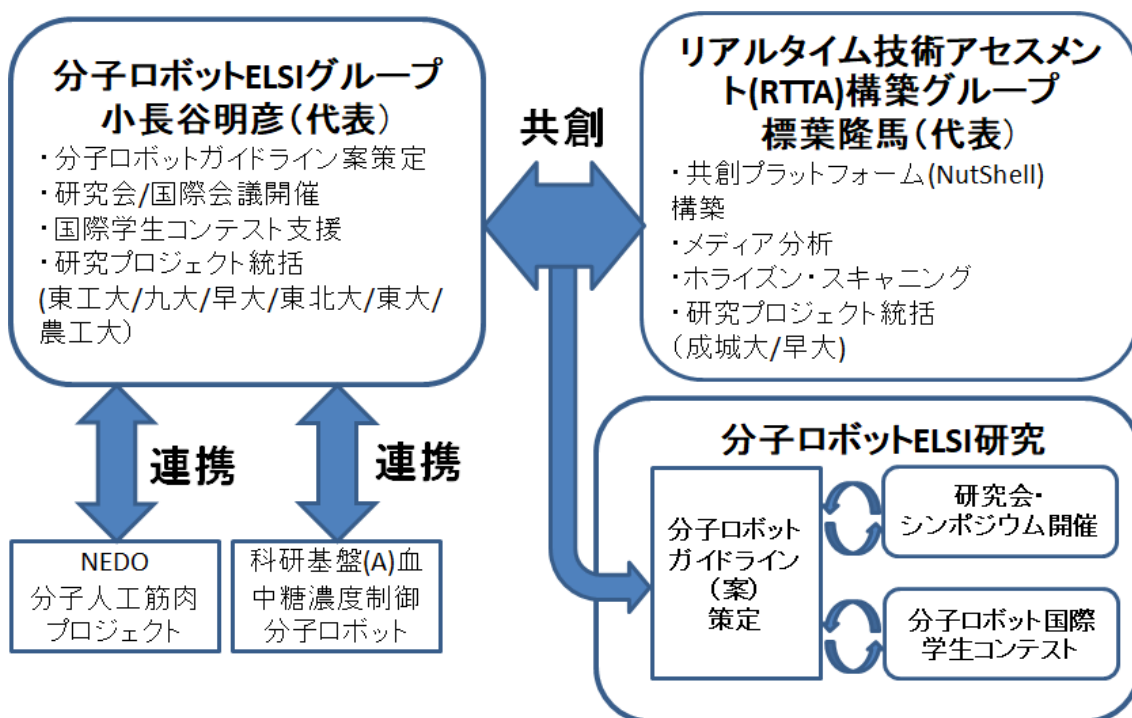
*実施項目②-2：研究会およびシンポジウム開催
研究会を開催し、分子ロボット研究者との交流を図る。また、国際シンポジウムを開催し、分子ロボットガイドライン案策定の成果ならびに RRI (Responsible Research & Innovation) 観点からの分子ロボティクス分野におけるアウトカム指標・インパクト指標・プロセス指標を世界に発信する。

分子ロボット ELSI 啓蒙グループ (村田 智)

東北大学大学院工学研究科

実施項目③-1：国際学生コンテスト支援

分子ロボット国際学生コンテストの運営に ELSI の立場から参画し、自分たちの研究テーマに関連した ELSI を WIKI で発信したチームに対して、渡航費用補助を行うことで、学生およびメンターとなる若手研究者に対して ELSI の重要性を浸透させる。



5. 研究開発実施者

研究グループ名：分子ロボットガイドライン策定グループ

氏名	フリガナ	所属機関	所属部署	役職 (身分)
○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
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
木賀大介	キガ ダイスケ	早稲田大学	理工学術院	教授
塩塚 政孝	シオヅカ マサタカ	九州大学	先端融合医療創成センター	特任講師
河原 直人	カワハラ ナオト	九州大学	病院ARO次世代医療センター	特任講師
一鬼 勉	イチキ ツトム	九州大学	先端融合医療創成センター	特任講師
村田 智	ムラタ サトシ	東北大学	大学院工学研究科	教授
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

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
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
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
小野 喜志雄	オノ キシオ	順天堂大学	国際教養学部	客員教授
小宮 健	コミヤ ケン	東京工業大学	情報理工学院	助教
佐藤佑介	サトウ ユウス ケ	東京工業大学	情報理工学院	研究員
榎本輝也	エノモト テル ヤ	東京工業大学	情報理工学院	研究員
川又生吹	カワマタ イブ キ	東京工業大学	大学院工学研究科ロボティクス専攻	助教
*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
*橋本 珠里	ハシモト ジュリ	東京工業大学	情報理工学院	事務支援員

研究グループ名：分子ロボットELSI啓蒙グループ

氏名	フリガナ	所属機関	所属部署	役職 (身分)
○村田 智	ムラタ サトシ	東北大学	大学院工学研究科	教授
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
*阿部 純代	アベ スミヨ	東北大学	大学院工学研究科	技術支援員
小野 喜志雄	オノ キシオ	順天堂大学	国際教養学部	客員教授
菊池 顕生	キクチ ケンセ イ	東北大学	工学部材料科学総合学科	B2
三宅 みなと	ミヤケ ミナト	東北大学	農学部海洋生物科学	B2
BANER JEE TRISHIT	バネルジー ト リシット	東北大学	理学部化学科	B1
KAMONVARA PITAK THUNYAPON G	カモンヴァラピ タック タンヤ ポン	東北大学	工学部化学・ バイオ学科	B2

平尾 拓也	ヒラオ タクヤ	九州工業大学	情報工学部機械情報工学科	B3
原野 真一郎	ハラノ シンイチロウ	九州工業大学	情報工学部生命情報工学科	B3
柏木 直人	カシワギ ナオト	九州工業大学	情報工学部システム創生情報工学科	B3
巽 康平	タツミ コウヘイ	関西大学	化学生命工学部機能性高分子研究室	B4
石川 竣平	イシカワ シュンペイ	関西大学	化学生命工学部機能性高分子研究室	B4
藤原 壮一郎	フジワラ ソウイチロウ	関西大学	化学生命工学部機能性高分子研究室	B4
石本 将寛	イシモト マサヒロ	大阪大学	医学部保健学科看護学専攻	B1
*宮代 大樹	ミヤモト ヒロキ	大阪大学	工学研究科機械工学専攻	M2
*吉田 茂生	ヨシダ シゲオ	大阪大学	工学研究科機械工学専攻	M2
*高島 義之	タカシマ ヨシユキ	大阪大学	工学研究科機械工学専攻	M2
*新保 圭生	ニイボ ケイセイ	大阪大学	工学研究科機械工学専攻	M2
*南方 和之	ミナミカタカズユキ	大阪大学	工学研究科機械工学専攻	M2
加藤 由樹	カトウ ユキ	東北大学	工学部化学・バイオ学科	B3
堀 航輔	ホリ コウスケ	東北大学	工学部機械知能・航空工学科	B2
伊藤 冬馬	イトウ トウマ	東北大学	理学部生物学科	B2
渡辺 圭亮	ワタナベ ケイスケ	九州工業大学	情報工学府	M1
服部 和史	ハットリ カズフミ	九州工業大学	情報工学部	B4
秋田 実	アキタ ミノル	九州工業大学	情報工学部	B4

真野 祐樹	マノ ユウキ	関西大学	化学生命工学部化学・物質工学科	B4
田邊 由佳	タナベ ユカ	東京大学	理学部化学科	B3
高田 和樹	タカダ カズキ	東京大学	薬学部	B3
鳥井 要佑	トリイ ヨウスケ	東京大学	教養学部理科二類	B2

6. 研究開発成果の発表・発信状況、アウトリーチ活動など

6-1. シンポジウム等

年月日	名称	場所	参加人数	概要
2018年7月28日	分子ロボットRRI原則および洞察ワークショップに関するフォローアップワークショップ（第6回分子ロボット倫理研究会）	東京工業大学	5名	RRIに関する講演会・グループ討議（分子ロボットに関する起きて欲しい未来と起きてほしくない未来）の結果に対する考察
2018年10月9日	第2回分子ロボット倫理国際会議（CBI学会年次大会と併催）	江戸川区船堀ホール	35名	海外研究者との分子ロボットのELSIとRRIに関する意見交換と原則の英文公開および議論
2018年10月11日	ランチョンセミナー「分子ロボットは人類にとって敵か味方か？」（CBI学会年次大会と併催）	江戸川区船堀ホール	50名	分子ロボット技術の現状についてのテクノロジーアセスメントの共有、倫理原則草案の発表と議論
2018年11月23日	第7回分子ロボット倫理研究会（第67回SIG-MBIと併催）	慶應義塾大学	38名	分子ロボット制御理論の最新の話題と分子ロボット原則に関する講演
2019年3月14、15日	第2回分子ロボット倫理シンポジウム（分子ロボティクス年次大会と併催）	東京工業大学	99名	分子ロボット原則に関する議論

6-2. 社会に向けた情報発信状況、アウトリーチ活動など

(1) 書籍・冊子等出版物、DVD等

なし

(2) ウェブメディアの開設・運営

サイト名：分子ロボットELSI研究とリアルタイム技術アセスメント研究の共創サイト

URL：http://molecular-robot-ethics.org/jp/

立ち上げ年月：2018年3月28日

(3) 学会（6-4.参照）以外のシンポジウム等への招聘講演実施等

The 2nd International Conference on Molecular Robot Ethics

9th October, 2018, Small Conference Room, Tower Hall Funabori, Tokyo

Erika Szymanski (The University of Edinburgh, UK)

“Designing RRI after ELSI: To whom are we responsible?”

Kenneth Oye (MIT Political Science, USA)

“On governing risks of emerging technologies: Exemplary cases and cautionary tales from synthetic biology”

Stephan Lingner (EA European Academy of Technology and Innovation Assessment, Germany)

“Interdisciplinary technology assessment – practice and outlook for responsible molecular robotics”

吉澤剛 (Oslo Metropolitan University, Norway)

分子ロボティクスのモビリティと公共性、分子ロボティクス年次大会(分子ロボット倫理シンポジウム)、東京工業大学、3月14日 (2019)

6-3. 論文発表

(1) 査読付き（ 1 件）

●国内誌（ 0 件）

なし

●国際誌（ 1 件）

- ・ Go Yoshizawa, Rinie van Est, Daisuke Yoshinaga, Mikihiro Tanaka, Ryuma Shineha, Akihiko Konagaya: Responsible innovation in molecular robotics in Japan, Chem-Bio Informatics Journal, 18, 2018, 10.1273/cbij.18.164

(2) 査読なし（ 0 件）

なし

6-4. 口頭発表（国際学会発表及び主要な国内学会発表）

(1) 招待講演（国内会議 0 件、国際会議 0 件）

なし

(2) 口頭発表（国内会議 3 件、国際会議 3 件）

The 2nd International Conference on Molecular Robot Ethics

9th October, 2018, Small Conference Room, Tower Hall Funabori, Tokyo

- ・ Akihiko Konagaya (Tokyo Institute of Technology)
“Molecular Robotics: Its Concept, Technology and Ethics”
- ・ Daisuke Kiga (Waseda University)
“Safety engineering by synthetic biology”
- ・ Naoto Kawahara (Kyushu University)
“Japanese Perspectives on Molecular Robotics: Formulating Ethical Principles of Molecular Robotics (ver. 1.1)”
- ・ 河原直人（九州大学病院ARO次世代医療センター）、分子ロボット技術の倫理的視点と議論の方向性、分子ロボティクス年次大会(分子ロボット倫理シンポジウム)、東京工業大学、3月14日（2019）
- ・ 小宮健（東京工業大学）、分子ロボット研究者のための技術倫理綱領の策定：小宮健（東工大、分子ロボティクス年次大会(分子ロボット倫理シンポジウム)、東京工業大学、3月14日（2019）
- ・ 小長谷明彦（東京工業大学）、小長谷明彦（東工大）分子ロボットで創薬、・小長谷明彦（東京工業大学）、分子ロボティクス年次大会(分子ロボット倫理シンポジウム)、東京工業大学、3月15日（2019）

(3) ポスター発表（国内会議 2 件、国際会議 0 件）

- ・ Akihiko Konagaya: Overview of Molecular Robot Ethics, CBI Conference Poster, 2018
- ・ Naoto Kawahara: Formulating Ethical Principles of Molecular Robotics (ver. 1.1), CBI Conference Poster, 2018

6-5. 新聞／TV報道・投稿、受賞等

(1) 新聞報道・投稿（1 件）

- ・ 日経バイオテクONLINE Vol.3038 「分子ロボット？画期的だからこそ慎重にならざるを得ない」

<https://bio.nikkeibp.co.jp/atcl/mag/btomail/18/11/01/00440/>

・

(2) 受賞（0 件）

なし

(3) その他（0 件）

なし

6-6. 知財出願

(1) 国内出願 (0 件)

なし

(2) 海外出願 (0 件)

なし