

令和 4 年度研究開発成果概要書

採 択 番 号 222A01

研究開発課題名 ウイルス等感染症対策に資する情報通信技術の研究開発 課題 A ウイルス等感染症により発生するパンデミック対策に資する ICT

副 題 IoT 無線制御技術と除菌ロボットを用いた最適除菌ルート制御と除菌効果の可視化による除菌自動化システム

(1) 研究開発の目的

本研究開発は、病院などの不特定多数が出入りする公共施設内において除菌ロボットを用い自動制御システムにより最適化されたルートを辿りながら除菌作業を行い、その除菌効果を可視化する事でクラスターの発生を未然に防ぐ除菌自動化システムの研究開発を目的とする。

(2) 研究開発期間

令和 3 年度から令和 4 年度 (2 年間)

(3) 受託者

アンドロボティクス株式会社<代表研究者>
ユニトライク株式会社
学校法人東京理科大学
医療法人桂水会

(4) 研究開発予算 (契約額)

令和 3 年度から令和 4 年度までの総額 40 百万円 (令和 4 年度 20 百万円)
※百万円未満切り上げ

(5) 研究開発項目と担当

研究開発項目 1 自律走行除菌ロボットの空間移動最適化アルゴリズムの研究開発

研究開発項目 1-1 空間移動最適化アルゴリズム考案 (東京理科大学)

研究開発項目 1-2 ロボットの空間移動制御方式の実装 (アンドロボティクス社)

研究開発項目 2 除菌効果の時空間可視化システムの研究開発

研究開発項目 2-1 移動経路可視化システムの開発と実証実験 (アンドロボティクス社)
(医療法人桂水会)

研究開発項目 3 除菌効果を測定するセンサ技術の研究開発

研究開発項目 3-1 センサ原理の考案 (アンドロボティクス社)

研究開発項目 3-2 除菌センサの実装開発 (アンドロボティクス社)

研究開発項目 3-3 除菌センサのセンサ性能測定 (ユニトライク社)

研究開発項目 4 除菌効果の最適化のための噴霧機能の評価

研究開発項目 4-1 除菌効果の最適化、噴霧量の計算指針 (神奈川歯科大学)

(アンドロボティクス社)

研究開発項目 4-2 噴霧方式変更による除菌効果の評価 (ユニトライク社)

(6) 特許出願、外部発表等

		累計 (件)	当該年度 (件)
特許出願	国内出願	1	0
	外国出願	0	0
外部発表等	研究論文	0	0
	その他研究発表	2	1
	標準化提案・採択	0	0
	プレスリリース・報道	0	0
	展示会	0	0
	受賞・表彰	0	0

(7) 具体的な実施内容と最終成果

研究開発項目 1 自律走行除菌ロボットの空間移動最適化アルゴリズムの研究開発

- ・病院の現状調査から床面が汚れていることが検査結果より立証でき、除菌ロボットで除菌を行う事が必要なことが明らかとなった。
- ・まず、一台の自律走行除菌ロボットに対して、地図情報を基にして最適な移動ルートをたどり除菌を行う空間移動最適化アルゴリズムの開発を行い従来方式に比べて大幅な経路短縮化を実現した。
- ・複数の自律走行除菌ロボットによる協調作業を行う場合の最適な移動ルート生成アルゴリズムの開発を行い従来方式に比べて大幅な経路短縮化を実現した。
- ・また、除菌効果を高めるため、除菌ロボットと掃除ロボットが連携するアルゴリズムの開発を行った。
- ・開発した上記アルゴリズムに対して制御システムの開発を行い実際の病院での実験でその有効性を実証した。
- ・量子アニーリングを使ったアルゴリズム開発を行いより広範囲の場所に対応出来る事が判った。

研究開発項目 1-1 空間移動最適化アルゴリズム考案 (東京理科大学)

- ・一台の除菌ロボットに対してセールスマン巡回問題のアルゴリズムを拡張・改良したものを考案してその効果を検証した。結果としては従来の手法と比較してより短くかつ噴霧分布が均等になる事が実証された。
- ・複数の除菌ロボットに対して予め目的関数と制約条件を用意し、その初期解を生成し、解を構成する各行列及び対応する巡回順序を逐次更新していくことにより各ロボットの最適な経路を求めるアルゴリズムを考案した。この方法を従来の手法と比較したところ除菌時間に関しては大幅に短縮が可能で有る事が検証された。
- ・今後より広範囲の除菌が要請されてくる事が予想されるが、その計算時間や計算機規模が非常に大きくなる事が想定される。それを解決する為に量子アニーリングを使った定式化について考案した。

研究開発項目 1-2 ロボットの空間移動制御方式の実装 (アンドロボティクス社)

- ・空間移動最適化アルゴリズムの実装を行い、目的通りの動作を行える事を確認した。
- ・考案した空間移動ルート計算アルゴリズムと研究開発項目 3、4の除菌効果の結果を基にして一台のロボットを最適に制御する方式および複数ロボットを協調して最適に制御する方式の開発を行った。
- ・実際の病院での実験でその有効性を実証した。

研究開発項目2 除菌効果の時空間可視化システムの研究開発

- ・「1-2 ロボットの空間移動制御方式の実装」で開発した複数台管制システムに可視化システムを実装した。
- ・初年度で可視化システムの2Dプラットフォームを実装し、次年度で3Dでの可視化を加えて制御の進捗と除菌状態をリアルタイムで可視化出来るようになった。
- ・また協調動作が出来るように複数台管制システムを開発したがその場合でも除菌エリア内での除菌効果の分布をリアルタイムで見られるようにした事で除菌効果をリアルタイムで評価出来るようになった。

研究開発項目2-1 移動経路可視化システムの開発と実証実験（アンドロボティクス社） （医療法人桂水会）

- ・初年度は除菌ロボット単体に可視化機能を持たせて基本的な性能を確認した。
- ・次年度は複数台管制システムの親機に表示機能を持たせ、複数台の移動経路と除菌状態を可視化する事が出来た。
- ・複数台管制システムでの移動経路の可視化および除菌効果の可視化基本機能として以下のものを開発した。
 - (1) 複数台管制システムの親機子機間の通信機能
 - (2) 表示機能(除菌ロボット位置、経路の表示)
 - (3) 除菌ロボットの噴霧空間分布データの入力機能
 - (5) 除菌ロボットの噴霧空間分布データの編集機能
 - (6) 除菌ロボットの位置・姿勢・薬剤噴霧方向と連動した地図への噴霧量加算機能
- ・目標性能通りの可視化システムを実装できたことで、協調動作及び評価結果も含めた病院での実証実験を実施できた。

研究開発項目3 除菌効果を測定するセンサ技術の研究開発

研究開発項目3-1 センサ原理の考案（アンドロボティクス社）

- ・空間噴霧により、ジーマストの噴霧量と温度湿度の変化が相関関係にあることが分かった。よって、温度、湿度の変化と除菌効果の相関を得ることができると考えた。

研究開発項目3-2 除菌センサの実装開発（アンドロボティクス社）

- ・研究開発項目3-1で考案したセンサ原理に基づきプロトタイプセンサを開発した。
- ・空間噴霧の時の空間噴霧状況の計測に対してはNICTソーシャルICT研究室が開発したIoT無線ルーターにBLE [8] 接続で温湿度センサを接続し、情報を集約する除菌センサシステムを開発した。

研究開発項目3-3 除菌センサのセンサ性能測定（ユニトライク社）

- ・予備実験として、除菌センサによる計測結果と遊離残留塩素試験紙を使った性能測定を比較して噴霧形状に強い相関が有る事が解り、センサ性能を確認した。
- ・噴霧量に対しては遊離残留塩素試験紙の値からセンサの測定値を校正出来る事が分かった。
- ・空間噴霧の場合の除菌センサシステムを使った性能測定を行なった。
- ・ジーマストの直接接種による殺菌効果は有効である事が分かった。
- ・ジーマストの空間噴霧による殺菌効果は十分でない事が分かった。
- ・直接噴霧した場合は十分な効果が有るが噴霧後のジーマストの除菌効果は低下していることも分かった。
- ・以上の事から、除菌ロボット上方への空中噴霧では除菌効果が十分でなく、床面に対してより強い下方噴霧をする必要が明らかとなった。
- ・下方噴霧の時の計測に対してより詳細な計測を行う事が必要となったため温湿度センサに加えてPHセンサを一体化したセンサを開発し無線通信にて情報を集約する除菌センサシステムを開発した。

研究開発項目4 除菌効果の最適化のための噴霧機能の評価

- ・初年度で実施した次亜塩素酸の噴霧実験の結果、除菌ロボットの空間噴霧による方法では除菌効果が思わしくなかったため、次亜塩素酸の濃度と噴霧粒子の大きさの最適な組み合わせを予備実験し、指針を作る事にした。
- ・噴出口は床面から高さ 45cm、下方 45 度の角度で取り付け、最大出力での噴霧実験結果から、噴霧口から 1m 範囲内であれば 1 分間の噴霧量で十分な効果が得られる事が明らかとなった。
- ・除菌ロボットで下方噴霧した後に掃除ロボットのローラーで拭き取りした場合に噴霧だけの時に比較して床面では10倍以上除菌効果が向上する事が分かった。
- ・壁面と床面の境界部は噴霧時間を長く漏れなく除菌ロボットで噴霧し、床面は噴霧後ローラーを有する掃除ロボットで掃除していく方法の組み合わせで室内を漏れなく最適に除菌出来る事を明らかにした。

研究開発項目 4-1 除菌効果の最適化、噴霧量の計算指針（神奈川歯科大学）

（アンドロボティクス社）

- ・経済合理性を鑑み、噴霧量を最適化するため汚染度の高い場所に、より多くの除菌噴霧を行う必要があると考え最適噴霧量の計算を行うために病院内の汚染場所の特定を行った。
- ・汚染場所特定の結果、壁面と床面の境界付近の汚染度が高い傾向にあると解った。

研究開発項目 4-2 噴霧方式変更による除菌効果の評価（ユニトライク社）

- ・実験結果より、噴霧量としては床面部では120秒以上、壁面部では300秒以上噴霧する必要がある事が分かった。
- ・下方噴霧の噴霧装置で実験したところ十分な除菌効果がある事が実証出来た。

(8) 研究開発成果の展開・普及等に向けた計画・展望

1. 計画

新型コロナウイルスの流行により、除菌に対する意識が社会的に高くなっている中での採択であった。現在は、新型コロナウイルスの感染法上の位置づけが「2類相当」から「5類」へ移行する方針が決定となり、マスクの着用が基本的に個人の判断となるなど、次第に規制緩和が進んでいる。

上記状況下で衛生問題への社会的意識は継続されつつも以前より下がると考えられるが、今回研究開発をした『自動除菌ロボットシステム』を導入することで人間が除菌に対して高い意識レベルを持たなくとも空間の衛生状態を維持することが可能となる。

また、今回の研究開発では実証フィールドとして病院施設を利用したが、今後は商業施設やオフィス等での実証実験を継続していきたい。多数の場で活用する事により世間への理解を深めていき、市場へのニーズ（マーケティング）や製品化（サービス化）への課題をアップデートし、ビジネス設計・事業化を進める。

なお、今回特許出願している、空間移動最適化アルゴリズムは当社所有のロボットだけではなく別の除菌ロボットにも活用できるよう標準化し市場への普及促進を図っていく。

羽田イノベーションシティ等がロボットの実証実験フィールドとして開かれているため、こういった場を活用し実証実験やプレリリースなどを進め、事業化の足掛かりとしていきたい。

2. 展望

新型コロナウイルスを機に除菌市場は大幅に拡大し、その中で様々な除菌ロボットが見られた。しかし、実際に空間のどのエリアが除菌されたのかを可視化する部分やまで踏み込んでいる製品は多くないだろう。

既存製品との差別化を図ることのできる部分として、また、自動除菌の信憑性を高める要素として、本研究では「自動除菌及び効果の可視化」を1つの着目点としている。

本研究開発成果をもとに、汎用性のあるシステム安定化のフェーズを経て、除菌の標準システムとしての立ち位置からの広告を打ちサービス化を進めていく構想である。

副次的な波及効果としては、世の中にロボットをより身近に感じて頂き、ロボティクス技術に関して多くの方の関心を集める事が出来れば、技術者の輩出につながると考える。また、上記のように新たな研究開発への足掛かりには十分なりえるものである。