

1. 研究課題・受託者・研究開発期間・研究開発予算

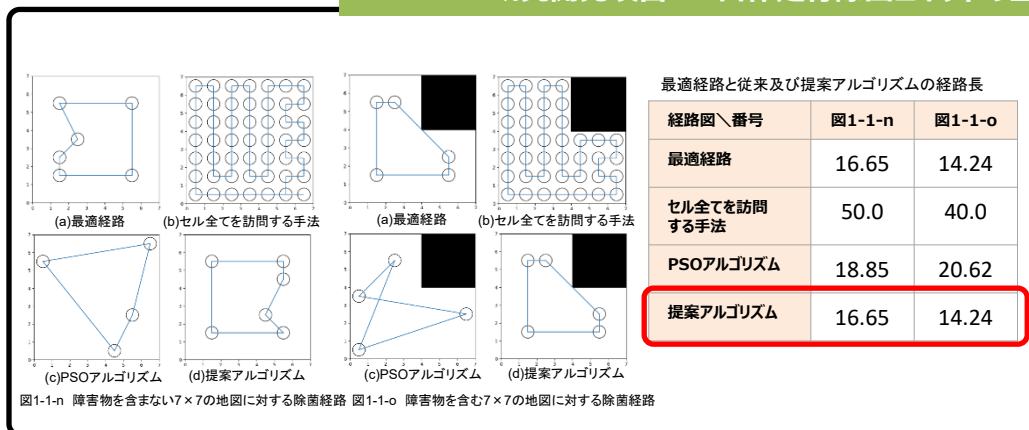
- ◆研究開発課題名：ウイルス等感染症対策に資する情報通信技術の研究開発
課題A ウイルス等感染症により発生するパンデミック対策に資するICT
- ◆副題：IoT無線制御技術と除菌ロボットを用いた最適除菌ルート制御と除菌効果の可視化による除菌自動化システム
- ◆受託者：アンドロボティクス(株)、ユニトライク(株)、学校法人東京理科大学、医療法人桂水会
- ◆研究開発期間：令和3年度～令和4年度(2年間)
- ◆研究開発予算(契約額) 令和3年度から令和4年度までの総額40百万円(令和4年度20百万円)

2. 研究開発の目標

病院など多くの人が入り出る公共施設内などで、除菌ロボットが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。

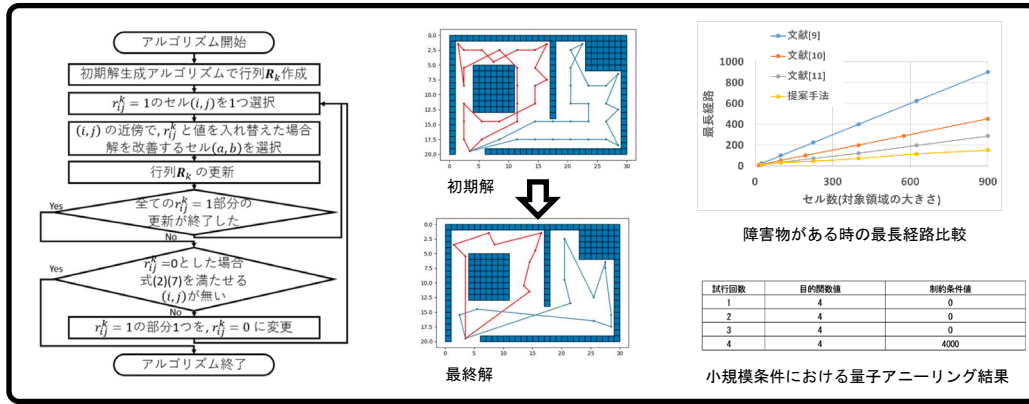
3. 研究開発の成果

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



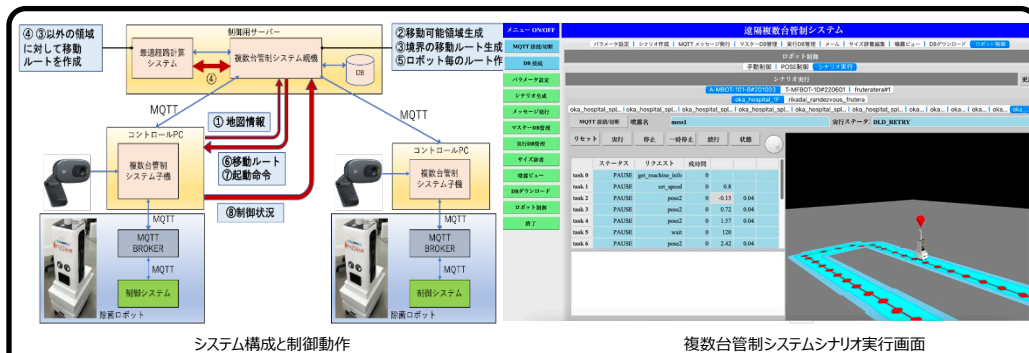
研究開発成果：空間移動最適化アルゴリズム考案

- 一台の除菌ロボットに対する空間移動最適化アルゴリズム考案
 - ロボット地図情報を基に薬剤噴霧分布を考慮したロボットの空間移動最適化アルゴリズムを考案
 - 一台の除菌ロボットに対して巡回セールスマン問題(TSP)のアルゴリズムを拡張・改良したものを考案し検証結果として従来の手法(TSPを用いる全てのセルを訪問する方式、PSOアルゴリズム)と比較してより短かつ噴霧分布が均等になることが実証された
 - 除菌濃度分布も考慮したアルゴリズムを考案し障害物を含まない地図及び障害物を含む地図双方に対して大幅な経路短縮化を実現した
 - 上記アルゴリズムは特許出願済み



➢ 複数台の除菌ロボットに対する空間移動最適化アルゴリズム考案

- 予め目的関数と制約条件を用意し個々のロボットに対する初期解を生成し解を構成する各行列及び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方法を考案
- 従来の手法と比較し除菌時間を63%から20%、散布量を122%から38%となり大幅に短縮することが可能であることが検証された
- 今後より広範囲の除菌が要請されてくることも予想されるため本研究におけるアルゴリズムの計算時間を短縮するために量子アニーリングを用いる手法を考案したが、結果としてはごく小規模な環境で制約条件に従い解を示した。



システム構成と制御動作

複数台管制システムシナリオ実行画面



岡病院での実証実験風景



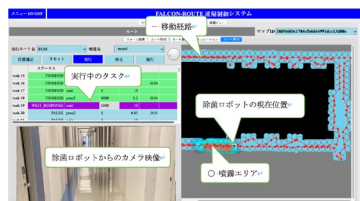
研究開発項目2：除菌効果の時空間可視化システムの研究開発

➤ 複数台除菌ロボットの協調制御方式の開発

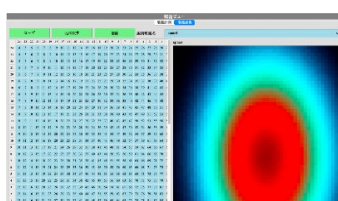
- 広範囲の除菌場所に対応するために複数台制御方式を開発し研究開発項目1で開発したアルゴリズムの実装を行なった。
- 協調制御方式
 - 1) まず汚染度が高い壁面と床面の境界部を漏れなく除菌する為に移動可能領域の内周部および内包される島領域の外周部に沿って噴霧ロボットの除菌ルートを作成する。
 - 2) その他の領域は研究開発項目1-1で開発した複数台ルート計算アルゴリズムを用いて噴霧ルートを作成する。
 - 3) 1)での噴霧時間は2)の噴霧時間に比べて長く設定する。
- 開発したシステムと制御動作左図に示す。

➤ 実証実験結果

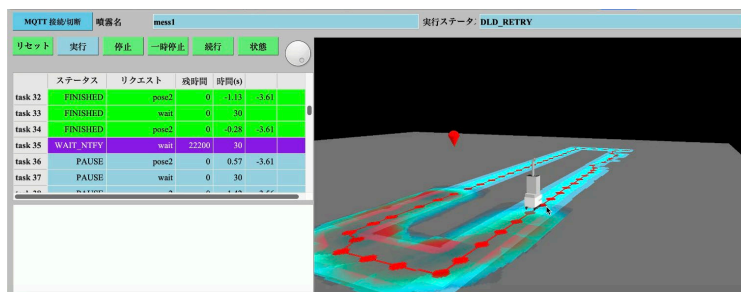
- 岡病院および東京理科大での走行実験でその有効性を実証する事ができ、当初の目標を達成したと考えられる。



複数台管制システム(子機)での表示画面



噴霧マップ画面



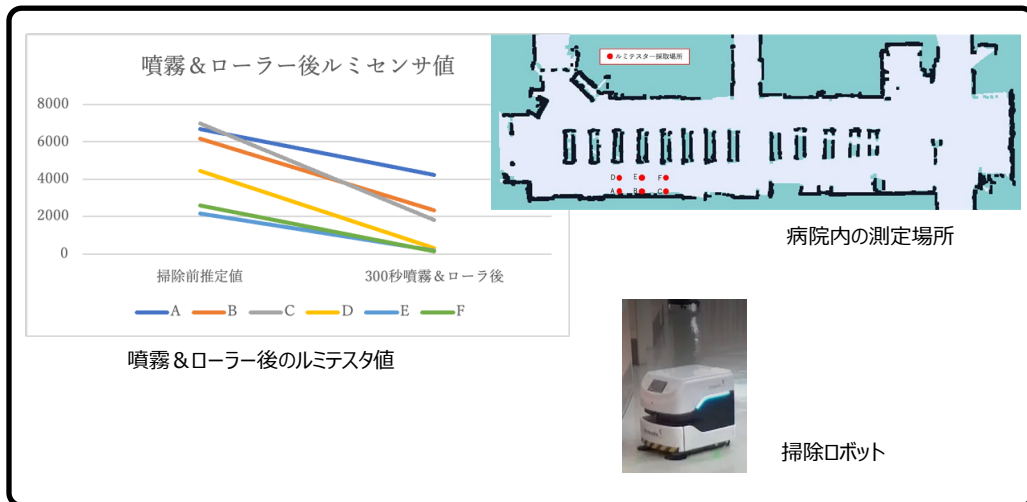
複数台管制システム(親機)での表示画面

研究開発成果：移動経路可視化システムの開発と実証実験

➤ 複数台管制システムにおける移動経路可視化及び除菌効果可視化機能の開発

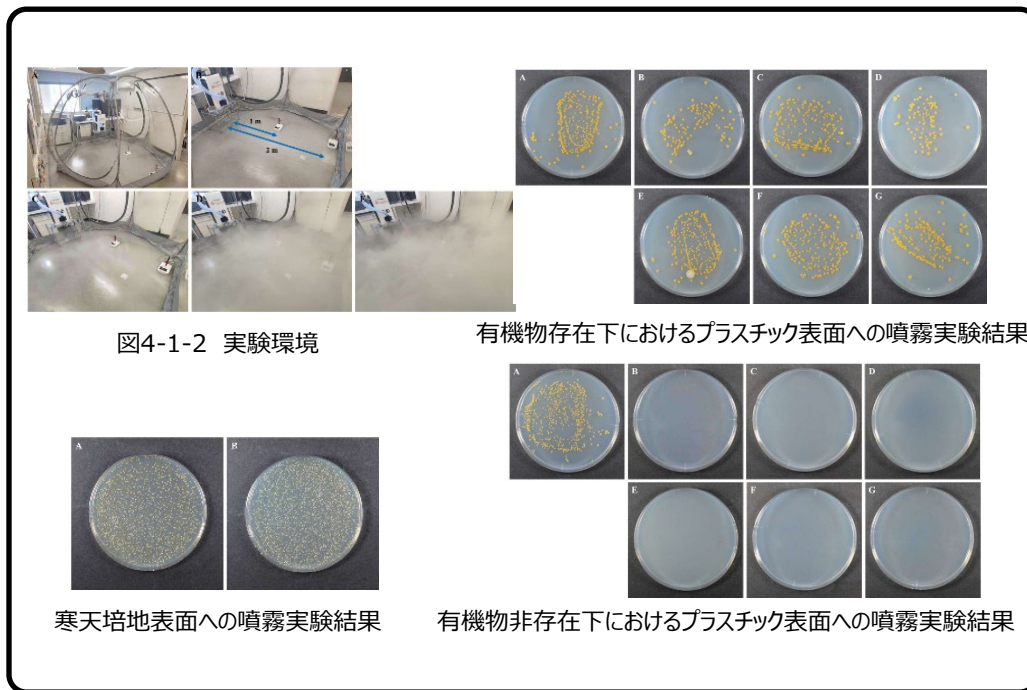
- 基本機能として以下を有するシステムを開発した。
 - ① 複数台管制システムの親機子機間の通信機能
 - ② 表示機能(Qt及びOpenGLを使用した地図、除菌ロボット位置情報、移動経路の表示)
 - ③ 除菌ロボットの噴霧空間分布データの入力機能
 - ④ 除菌ロボット噴霧空間分布データの編集機能
 - ⑤ 除菌ロボットの位置・姿勢・薬剤噴霧方向と連動した地図への噴霧量加算機能
- 岡病院での実証実験で開発したシステムの有効性を確認した。

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



➤ 噴霧後に掃除ロボットを使った除菌効果の最適化
除菌ロボットで下方噴霧した後で掃除ロボットでローラ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。

- 測定場所
岡病院の待合室で実施し左図に示す壁面に接する床面のA,B,C,D,E,Fの位置に除菌センサを配置した。
- 測定結果
ルミテスト値の測定結果は左図のようになったが、床面では10倍以上の効果が有った。しかし壁の近傍ではそこまでの効果は出なかった。



➤ 神奈川歯科大における次亜塩素酸水の噴霧による殺菌効果実験
実験環境は左図4-1-2のようにビニールテント内で噴霧器を使用した。

- 寒天培地表面への噴霧実験
黄色ブドウ球菌の培養菌液を普通寒天培地へ塗抹した。次亜塩素酸水噴霧を1分間実施後、生菌数を測定したところ減少は認められなかった。
- 有機物存在下におけるプラスチック表面への噴霧実験
黄色ブドウ球菌の培養菌液をプラスチック版へ塗抹し噴霧器から1m及び2mの距離に配置し次亜塩素酸水を1分間、3分間、5分間噴霧したところ時間依存性の減少傾向が認められたが生菌数の顕著な減少は認められなかった。有機成分が次亜塩素酸水の効果を阻害していると考えられる。
- 有機物非存在下におけるプラスチック表面への噴霧実験
培地中に存在する有機物を除去するために黄色ブドウ球菌および大腸菌培養菌液を用いて洗浄した。洗浄後希釈した培養菌液をプラスチック板に塗抹し噴霧器から1m及び2mの距離に配置し次亜塩素酸水を1分間、3分間、5分間噴霧したところ黄色ブドウ球菌及び大腸菌いずれの菌種においても噴霧により大幅な生菌数の減少が認められた。2mの距離ではわずかな生存が認められたため噴霧距離は床面に近い位置が望ましいことが判明した。

4. 特許出願、論文発表等、及びトピックス

国内出願	外国出願	研究論文	その他研究発表	標準化提案・採択	プレスリリース 報道	展示会	受賞・表彰
1 (0)	0 (0)	0 (0)	2 (1)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)

※成果数は累計件数、()内は当該年度の件数です。

(1) 複雑コミュニケーションサイエンス研究会発表参加

2022年3月27日に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発表を行った。

2022年11月17日に複数台の自律走行ロボットによる無人除菌システムの最適化に関する研究発表を行った。

(2) 空間移動最適化アルゴリズム及び移動経路算出プログラムに関する特許出願

2022年3月17日に移動経路算出装置、移動経路算出方法、移動経路算出プログラム、空間移動最適化アルゴリズムに関して特許を出願した。

5. 研究開発成果の展開・普及等に向けた計画・展望

●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。次第に規制緩和が進んでいる現状、衛生問題への社会的意識は継続されつつも以前より低下すると考えられるが、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考える。

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様々な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。

●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、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り、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。