

深紫外光を用いたウイルス対策機器の研究・開発

[研究代表者] 古橋秀夫 (工学部電気学科)
 [共同研究者] 山口雅樹 (ステリエルエヤージャパン(株))
 友松義博 (株AIKI リオテック)
 池戸孝治 (株池戸溶接製作所)

研究成果の概要

COVID-19 対策機器として、紫外光 (UVC) を用いたウイルス対策機器を各種開発した。1. 人検知機能を持つウイルス不活性 UVC 紫外照射器の開発。UVC 光はウイルスを不活性化させる効果を持つが、人に有害である。そのため、人がいないときだけ机の上やドアノブなどに UVC 光を照射する各種機器を開発した。2. UVC ウイルス不活性化機能を持つ自律移動型空気清浄ロボット「AIT ステリロボット」を開発した。人の居る空間でも使用ができる。LiDAR を使用し、SLAM 技術で自己位置推定、人をよけながら動き回り、空間を効率的に洗浄する。またデプスカメラにより人の居る場所を見つけ、3 密状態の場所を検知。近くに寄って人の居る場所を効率的に洗浄することにより、飛沫やエアロゾル感染を防ぐ。ネプライザーにより疑似的に飛沫・エアロゾルを発生させ、パーティクルカウンターにより粒子を測定することにより、人の近くで清浄することが飛沫やエアロゾルの無害化に非常に効果的であることを証明した。3. UVC ウイルス不活性機能を持つ空気清浄機内蔵型自律移動型配膳ロボット「AIT サーヴロボット」を開発した。自律移動で食事をお客に届けることができ、人の接触を最小限に抑えることができる。配膳後は自動的に戻ってくる。これら機器は、愛知県のロボット実証実験事業「あいちロボットショーケース」で地下街での実証実験を行った他、「第 1 回感染症対策総合展」や「第 3 回感染症対策総合展」において、模範的に作られたオフィスや飲食店内で動作させる実証実験を行い、安全性、機能性ともに有効であることが実証された。また、テレビ朝日「報道ステーション」等でも取り上げられた。

研究分野：制御工学、光工学

キーワード：ウイルス、COVID-19、不活性化、深紫外線、ロボット、自己位置推定、AI、人検知

1. 研究開始当初の背景

コロナ禍において経済活動の再開が急務と成り、世の中は COVID-19 などウイルスとの共存社会へと移行している。そんな中ウイルス対策が重要と成っており、マスク着用、消毒液の使用等、対策が進んでいる。その対策の一つとして最近深紫外光 (UVC) による清浄・消毒が注目されている。本論文では、我々が開発した UVC ウイルス対策機器の 1 つである「自律移動型空気清浄ロボット AIT ステリロボット」について述べる。

紫外線による洗浄・消毒という考えは古くからあり、病院を中心に使われてきた。そのような中、近年の COVID-19 の拡大により、商業施設などにおいて使えるよ

うな紫外線を照射するロボットの開発が進んでいる。深紫外光は人体に有害なため、人が遠隔操作したり、人の居ない状態で自律移動ロボットがあらかじめ決められたルートを洗浄するタイプが市販されるようになった。

2. 研究の目的

現在の UVC 清浄ロボットには、以下のような問題点がある。

- ・直接照射で人体に有害なため、人の居ないところでしか使えない
- ・距離が離れると、その効果が急速に落ちる
- ・物の劣化、退色が起こる

- ・あらかじめ決められたルートのみしか動かない。
- ・大型である

特に COVID-19 においては、その最大の感染経路は飛沫・エアロゾル感染だと考えられている。そのため、感染防止対策として 3 密の回避が叫ばれている。しかしながら、3 密を完全に無くすことは困難であり、そのような状況下での感染防止のためには、人が会話などを行っているその時にウィルスの無害化を行うことが必要で、施設の営業が終わって人がいなくなった状態での清浄は意味がない。

また、一般的な据え置き型の空気清浄機は数時間かけて部屋の中全体の空気を綺麗にする。しかしながら、そのような空気の清浄においては、部屋の中に一定量の粒子が存在し、それらがあまり時間と共に増えることがないような状況での使用が想定されており、離れた場所に置かれていても時間をかけて空気が洗浄されれば良いという考え方がされている。しかしながらウィルス対策においては、ウィルスは人から絶えず放出されるため、離れた場所の空気清浄機では人の居る場所の空気を効果的に綺麗することはできない。また、一般的なフィルター式の空気清浄機は捕獲されたウィルスは不活性化されるわけではなく、フィルターに付着したままとなる。特に、エアロゾルをフィルタリングするためには HEPA フィルターなどの目の細かいフィルターを使用する必要があり、頻繁な取り換えが必要となる。

この研究では、上記の問題点を解決する。

3. 研究の方法

COVID-19 を不活性化できる UVC 空気清浄機“UV エアステリライザー” (STERIL-AIRE 社) を差動 2 輪台車の上に設置した。

UV エアステリライザーは、装置の内部に空気を取り込み、強力な紫外線(UVC)253.7nm により、微生物の DNA を破壊し、増殖を不可能 (不活化) にする。ホワイトハウス・ペンタゴン・軍事施設におけるウィルステロ対策用として使用されている高出力 UVC 殺菌ランプをボックス内に設置し、人がいる場所でも安全に使用することができる。米国ボストン大学の研究によれば、COVID-19 は $5\text{mJ}/\text{cm}^2$ の照度を持つ 253.7nm の光を照射した場合、約 6 秒で 99% 以上が不活性化される。このデータを基に本装置の照度、風速、形状から不活性化の効果を見積もると、1 回の通過で 93%以上が不活性化されるという結果が得られた。風速は $1.5\text{m}^3/\text{min}$ であり、人の近くの数 m 四方空間は数分でほぼ無害化される。一般財団法人 北里環境科学センターによる実験により、一般的なウィルス (大腸菌ファージ) に対して 25m^3 の部屋で本装置を据え置きで 2 時間動作させた場合、99.48%以上の不活性化が報告されており、一般社団法人防災安全協会によってもそのウィルスの死滅効果が認定されている。

本装置は高さ 120cm、横幅 40cm、奥行き 40cm でその場回転でき、車輪間距離 34cm、車輪直径 10cm である。本装置は 3 つのコンピュータで構成され、IMU, オドメー



図 1 UVC 空気清浄機能を持つ自律移動ロボット AIT ステリロボットの構造

ター、LiDAR、深度センサーを持つ。ロボット開発プラットフォーム ROS により開発を行った。LiDAR とオドメーターを用いた SLAM により自己位置推定、軌道計算を行うとともに、LiDAR と深度センサーにより障害物回避を行う。また、深度センサーのカメラと深度データより AI により人検知を行う。

本装置は、以下の動作モードを持つ。

1. 地図データにより、あらかじめ決められたルートの清浄
2. 人を探し出し、その方向への移動
3. 360度その場回転し、360度のカメラ画像・深度画像から人口密度の高いエリアを特定し移動

ネブライザーにより疑似的に飛沫・エアロゾルを発生させ、パーティクルカウンターにより $0.3\mu\text{m}$ までの粒子を測定することにより、人の近くで清浄することが飛沫やエアロゾルの無害化に非常に効果的であることを証明した。

4. 研究成果

愛知県のロボット実証実験事業「あいちロボットショーケース」で地下街での実証実験を行った他、「第1回感染症対策総合展」や「第3回感染症対策総合展」において、模擬的に作られたオフィスや飲食店内で動作させる実証実験を行い、安全性、機能性ともに有効であることが実証された。

AIT ステリロボット



図2 地下街での実証実験
名古屋ビルディング
(あいちロボットショーケース)

5. 本研究に関する発表

- (1) 古橋秀夫他、“空気清浄機能搭載自律移動ロボット”、ロボカップアジアパシフィック、Aichi Sky Expo、2021年11月25日～11月29日。
- (2) 古橋秀夫他、“空気清浄機能を持つ自律移動型配膳ロボット AIT サーヴロボット -模擬店舗での実証実験-”、第3回感染症対策総合展、ポートメッセ名古屋、2021年6月17日～6月19日。
- (3) 古橋秀夫他、“自律移動型空気清浄ロボット AIT ステリロボット -模擬店舗での実証実験-”、第3回感染症対策総合展、ポートメッセ名古屋、2021年6月17日～6月19日。
- (4) 古橋秀夫他、“自律移動型空気清浄ロボット AIT ステリロボットの開発”、瀬戸蔵ロボット博2021、瀬戸蔵、2021年3月24日～3月28日。
- (5) 古橋秀夫他“自律移動型空気清浄ロボット”、中京テレビ「キャッチ」、2021年2月5日。
- (6) 古橋秀夫他、“自律移動型空気清浄ロボット AIT ステリロボット -地下街での実証実験-”、あいちロボットショーケース、名古屋ビルディング、2021年1月18日～1月24日。
- (7) 古橋秀夫他、“自律移動型空気清浄ロボット -感染症対策総合展-”、テレビ朝日「報道ステーション」、2020年9月9日。
- (8) 古橋秀夫他、“自律移動型空気清浄ロボット -感染症対策総合展-”、中京テレビ「キャッチ」、2020年9月9日。
- (9) 古橋秀夫他、“自律移動型空気清浄ロボット AIT ステリロボット -模擬オフィスでの実証実験-”、第1回感染症対策総合展、ポートメッセ名古屋、2020年9月9日～9月11日。
- (10) 古橋秀夫他、“空気清浄ロボット”、中日新聞、2020年8月10日。
- (11) 古橋秀夫他、“自律移動型空気清浄ロボット AIT ステリロボット -ワークショップでの実証実験-”、瀬戸蔵ロボットアカデミー「夏休みロボットワークショップ」、瀬戸蔵、2020年8月8日～8月10日。
- (12) 古橋秀夫他、“感染症対策 -産官学が力-”、中日新聞、2020年7月8日。

他