

26. 新しい生活様式の食事方式に対応する IoT 技術を用いた飛沫拡散防止策の発案

○中尾 賢志 (大阪市立環境科学研究センター)

【研究目的】

新型コロナウイルス感染症 (COVID-19) 蔓延の長期化により「新しい生活様式」の導入が国民に求められている。その中の一つに食事時の感染防止策として飛沫拡散防止策が飲食業界を中心になされ、対策も施されているが、依然感染経路として最も可能性が高いのは飲食中の感染とされている。本研究ではダストセンサを用いることにより現状の対策案を評価するとともに、IoT 技術を用いて安価な飛沫モニタリングシステムを構築することを目的とする。

【研究の必要性】

COVID-19 の長期蔓延により、「新しい生活様式」の導入が推進されている。その中でも会食においてはマスクを外して会話することから飛沫拡散が生じやすく、注意が必要とされる。対策として、換気をする、仕切り (パーティション) を設ける、座席数を制限するなどの方策がとられる。しかしながら、いわゆる第6, 第7波の感染者数ピークを招いている現状を鑑みると上記のような対策だけでは食事時のコロナウイルスの拡散を防ぐことは不十分である。飛沫拡散防止対策としていわゆる「3密」を定量的にモニタリングする必要があるが、具体的な数値を設けて対策が講じられているとは言い難い状況である。3密の度合いを評価する方法としては二酸化炭素濃度の測定やパーティクルカウンタによる粒子計測が考えられるが、前者はやや間接的に過ぎること、後者は機器が高額 (1台数万円以上) になることが課題となる。本研究では、安価なダストセンサ (1台2千円程度) を使用し、そのデータを無線 LAN や web 上で通信可能にする低廉なシングルボードコンピューター (Raspberry Pi : ラズベリーパイ) を用いて安価に飛沫モニタリングシステムを構築し、食事時の飛沫拡散防止策の評価および新たな飛沫拡散防止策を発案する。

【研究計画】

新型コロナウイルスへの感染は空気感染ではなく、飛沫感染によりなされるとされており、いわゆるエアロゾル感染の一種とされる¹⁾。咳やくしゃみによってエアロゾルが発生し、そのうち 5 μm 以上はすぐ落下するが、5 μm 未満のものは数時間空中を漂うとされる。本研究で用いるダストセンサは 1 μm 以上の粒子に反応することからエアロゾルを含むダストを定量的に計測することができる。

① ダストセンサシステムの構築および飛沫拡散防止策の評価

電力中央研究所の試み^{2, 3)}を参考にしてシングルボードコンピューター (Raspberry Pi : ラズベリーパイ) を無線 LAN データサーバー, マイコン端末 (M5Stick C) とダストセンサ (Grove - Dust Sensor (PPD42NS)) を接続して無線 LAN ダストセンサ装置とし (写真 1), 飛沫に見立てたダストをモニタリングする。そのうえで, ダイニングテーブルでの食事中を想定した飛沫拡散防止策の評価をおこなう (図 1)。

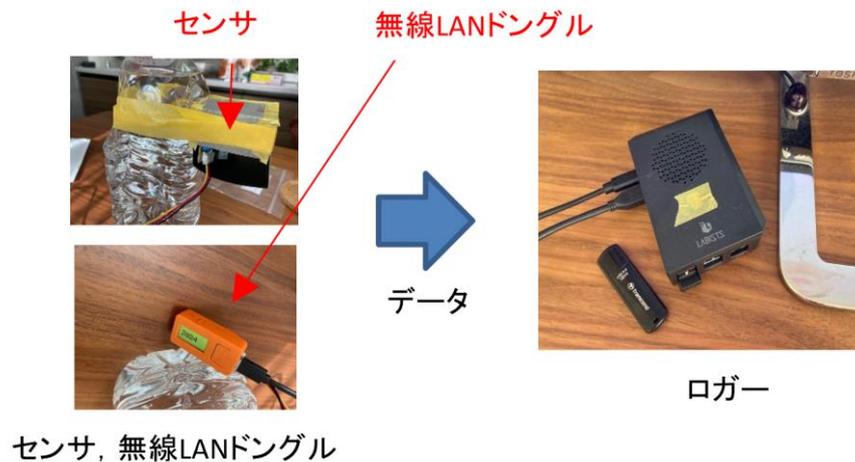


写真1 ダストセンサシステム

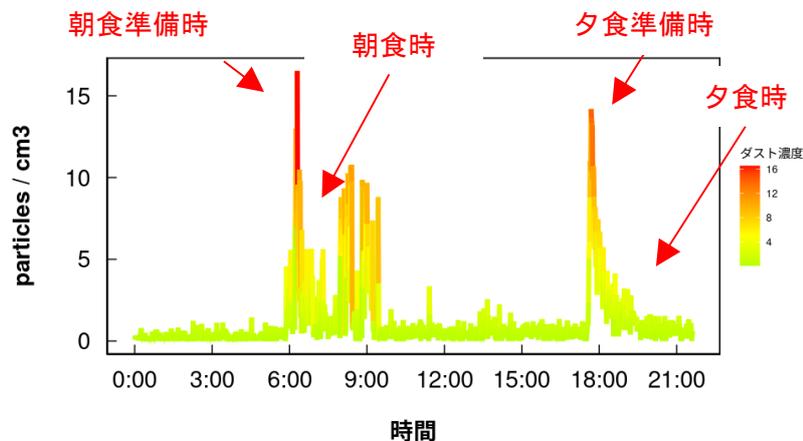


図1 ダスト測定結果 (ダイニングテーブル)

② 飛沫モニタリングシステムの開発および運用

飲食店において複数台のダストセンサを設置し, いつ, どの場所で飛沫が発生しやすいのかをモニタリングにて把握する。その上で, どういった対策であれば密閉空間における飛沫拡散防止が有効であるかを把握する。可能であれば, リアルタイム表示や web 上でのモニタリングデータを把握するシステムを構築する。

【実施内容・結果】

① ダストセンサシステムの構築および飛沫拡散防止策の評価

飛沫に見立てたダストは, 北川式スモークジェネレーター (光明理化学工業 (株) 製) を使用して発生させた (写真 2)。スモークジェネレーターから発生するダストの粒径分



写真2 北川式スモークジェネレーター

布は、おおよそであるが**表1**のようになり、 $5\mu\text{m}$ 未満の粒子がほとんどであった。

食事時の飛沫拡散防止策として、①換気扇、②空気清浄器、③アクリル板等によるパーティション、④発話時における不織布マスク着用の4点が挙げられる。本実験では、それぞれの防止策を講じた状況下においてスモークジェネレーターからダストを1分間発生させ、それを小型扇風機（線速度：約 2.6 m/s 、（発話時：約 0.5 m/s （参考））でダストセンサに向けて発散させた。その結果を**表2**に示す。

最もダスト暴露低減率が高かったのは不織布マスクであり、次にアクリル板、空気清浄機、換気扇となった。特に不織布マスクとアクリル板はダスト暴露低減率が70%以上と高かった。換気扇と空気清浄機は気流の流れを変えてダストを分散させる効果はあるが、アクリル板によるパーティションと不織布マスクはダストを遮蔽する効果が高く、実際の食事においてもアクリル板によるパーティションと発話の際のマスク着用の飛沫感染予防効果は高いと考えられる。

表1 スモークジェネレーターで発生させたダストの粒形分布

| 粒径 (μm) | >0.3 | >0.5 | >1.0 | >2.0 | >5.0 |
|----------------------|------|------|------|------|------|
| 割合 (%) | 32 | 29 | 24 | 15 | 0.2 |

表2 各飛沫防止策のダスト暴露低減率

| 対策 | ダスト暴露濃度 (個/cm ³) | ダスト暴露低減率 (%) |
|---------|------------------------------|--------------|
| なし | 117 | — |
| ①換気扇 | 100 | 14.5 |
| ②空気清浄機 | 78.9 | 32.6 |
| ③アクリル板 | 27.7 | 76.3 |
| ④不織布マスク | 23.3 | 80.1 |

②飛沫モニタリングシステムの開発および運用

当初の計画では実際の飲食店にて飛沫モニタリングをおこなう予定であったが協力を得ることが困難であったこと、また、研究実施者の事務所でのモニタリングは食事の機会はあるが黙食であること、および事務所内での発話の機会が少ないことから飛沫モニタリング

をおこなう場所は研究実施者の自宅（マンションの1室）の、①ダイニングテーブル、②トイレ、③寝室、の3箇所を常時モニタリングし、家庭内のどの場所でダスト発生が多く、新型コロナウイルスの感染機会が多いのかを調査した。なお、今回は web 上でのリアルタイム表示といったシステムの構築はおこなっていない。図2に研究実施者の自宅モニタリングの結果を示す。

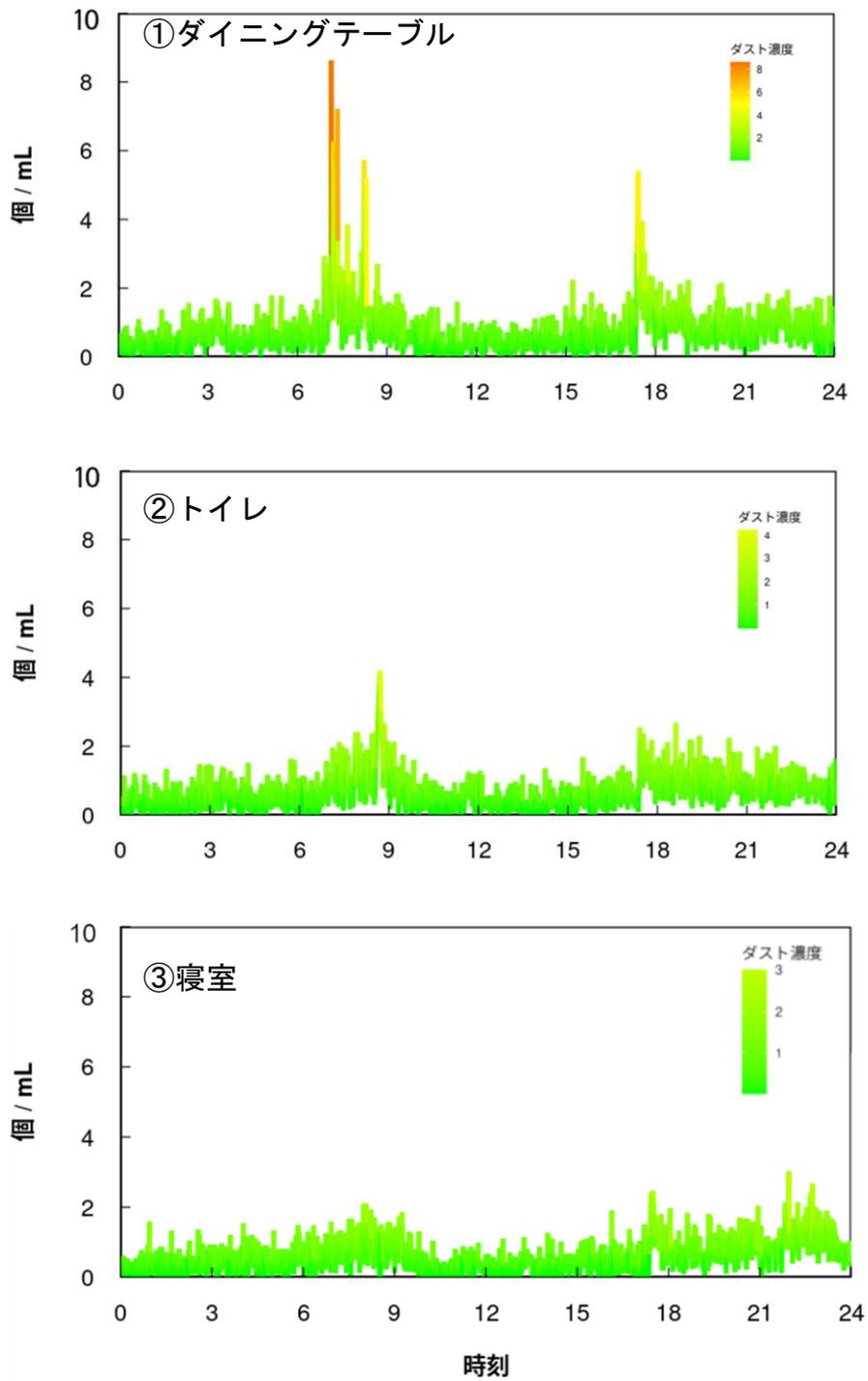


図2 ダストモニタリング結果

①のダイニングテーブルでは、7:00～8:00に8個/mL程度のピークがあり、18:00前には5個/mL程度のピークが観察された。いずれも食事時のものであり、人の動きによるダス

トの発生か発話によるものかの区別はつかないが食事時間帯にダストが発生した。②のトイレでは、1～4個/mL程度のダスト発生が観察され、③の寝室では、0.5～3個/mL程度のダスト発生が観察された。②のトイレと③の寝室は①のダイニングテーブルよりも低いダスト濃度レベルで推移していた。この結果から、新型コロナウイルスがダストと同様の挙動を示すとすれば家庭内での感染機会は食事時が最も多く、トイレ時や就寝時での感染機会は少ないと考えられる。

【考察と今後の課題】

本研究の結果から、複数人での会食の際はアクリル板等によるパーティションの設置および発話時のマスク着用により新型コロナウイルスの感染機会を減少させる可能性があることがわかった。また、家庭内での感染機会は食事をおこなうダイニングテーブルが最も多く、トイレ時や就寝時での感染機会は少ないことがわかった。飲食店での感染防止対策は換気や空気清浄機に加え、特にパーティション設置と発話時のマスク着用が今後も推奨されるべきであろう。今後の課題としては、今回構築したシステムによるモニタリングを用いて、例えば飲食店の各テーブルにモニタリング結果をリアルタイムに表示することができれば感染予防策の一つになるのではないかと考える。

【参考文献】

- 1) 国立感染症研究所, 新型コロナウイルス (SARS-CoV-2) の感染経路について,
<https://www.niid.go.jp/niid/ja/2019-ncov/2484-idsc/11053-covid19-78.html>, 2022年5月18日アクセス
- 2) 電力中央研究所, ほこりモニタキット (HMK: Hokori Monitor Kit) を作ってみよう,
<https://wp-criepi.denken.or.jp/technology/iot/hmk1/>, 2022年5月18日アクセス
- 3) 電力中央研究所, ほこりモニタキット (HMK) の作り方,
<https://wp-criepi.denken.or.jp/technology/iot/hmk2/>, 2022年5月18日アクセス

【経費使途明細】

| 使 途 | 金 額 |
|--------------------------------------|-----------|
| 中古 Mac mini □パソコンとしての汎用的利用は不可 | 43,517 円 |
| Raspberry Pi (ラズベリーパイ) キット複数台 | 41,953 円 |
| 外部ディスプレイ (Raspberry Pi 用外部ディスプレイとして) | 67,540 円 |
| 電源タップおよびUSBハブ, HDMIケーブル等 | 42,709 円 |
| ミスト (白煙) 発生装置関係機器類 | 59,077 円 |
| 飛沫拡散防止資材 (飛沫防止アクリル板など) | 15,797 円 |
| IoT およびプログラミング関連書籍 | 32,400 円 |
| 合 計 | 302,993 円 |
| 大同生命厚生事業団助成金 | 300,000 円 |