

エージェントシミュレーションによる感染症感染リスクの評価 —咳気流の数値解析と環境マイクロバイーム解析の統合—

東京都立大学
本堂 雄也

1 緒言

感染症の流行を制御するためには、病原物質を特定する必要があるが、従来はこの病原物質の同定が困難であった。しかし、環境中の微生物の集まり（マイクロバイーム）の遺伝子解析に着目した研究により、固体表面に存在する病原物質の量が測定可能となった。また一方で、近年の計算機性能の向上により、複雑な空気流動の数値計算が実行可能となったことで、人の咳気流による飛沫の飛散距離を定量的に評価することも可能となった。

そこで本研究は、特定建物において病原物質の伝播を分析し、感染リスク評価手法の検討を行った。

2 評価手法の検討

感染症の感染リスクを評価する指標として、各個人が保有する病原物質の量を定義する。本研究では、集団を感染者と未感染者に分け、感染者の保有する病原物質の量を 1.0、未感染者の保有する病原物質は 0.0 とする。

次に、建物内で集団が扉を開けて部屋に入室する際に生じるドアノブへの病原物質の伝播を定義する。1 回の接触当たりの手から建材（今回はドアノブ）に伝播する病原物質の割合を伝播率と呼び、次式で定義する [1]。

$$\text{伝播率} = \frac{\text{採取菌数}}{\text{散布菌数} \times \text{建材からの採取率}} \quad (1)$$

また、建材から手への伝播率は次式で表される。

$$\text{伝播率} = \frac{\text{採取菌数}}{\text{散布菌数} \times \frac{\text{手のひらの面積}}{\text{建材の面積}} \times \text{手のひらからの採取率}} \quad (2)$$

これらの伝播率をもとにドアノブを介した病原物質の伝播を表現し、集団における感染症感染リスクを評価する。

また、数値流体シミュレーションによって咳気流の飛散範囲を分析した結果、咳を吐出した者の 1 m 範囲内にあたっては飛沫が集中して飛散することがわかった。

3 モデル構築

外来受診を想定した患者エージェントを用意し、行動ルールとして受付→待合室→診察の順に巡回するものとする。各室の滞在時間を Table 1 に示す。患者エージェント 20 人のうち、半数は感染者、半数は未感染者とする。移動中に生じるドアノブへの接触に際して、病原物質の伝播の計算を行う。すなわち、感染者がドアノブに触れることで、感染者のもつ病原物質が (1) 式の割合でドアノブに伝播し、その後未感染者がそのドアノブに触れることで、(2) 式の割合でドアノブから未感染者に病原物質が伝播することになる。また、感染者の 1 m 以内に「接近」した場合、咳気流による飛沫感染が生じるものと仮定し、接近時間の積算時間および位置を分析した。

Table 1 Number of stay steps

	Staying Time [minute]	Time step [Step]
Reception desk	0.5 ~ 1.0	60 ~ 120
Waiting room	5.0 ~ 10.0	600 ~ 1200
Consultation room	5.0	600

4 結果と考察

集団内の感染者の割合による感染症感染リスクへの影響を Fig.1 に示す。来院者の感染者割合を 10%、50%、90% とした時、中期以降ではエージェントが保有する病原物質量（≡感染症感染リスク）の平均値が 4 時間以内に 1.0 を超えた。Fig.2 は、飛沫感染が生じる「接近」の積算時間および位置を示したものである。各室で差はあるものの飛沫感染が生じているのに対し、通路ではほぼ発生していない。これらのことから、移動中に感染者と接近することによって感染が生じるリスクは、待機中（静止状態）に感染者と同一空間に滞在する場合と比較して非常に小さいことがわかった。

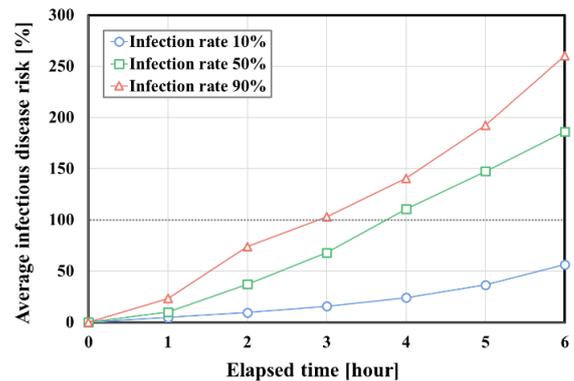


Fig. 1 Comparison by percentage of infected person [s]

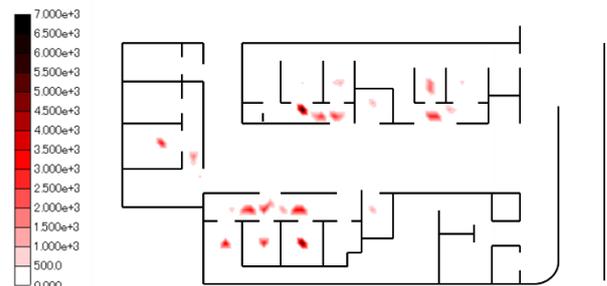


Fig. 2 Droplet infection risk after 6 hours

5 参考文献

- [1] 長谷部花奈, “遺伝子解析技術を用いる接触感染リスクの定量的評価手法の開発 手のひらの細菌採取率と接触による細菌伝播率の検討,” 日本建築学会, 2017.