

産業技術短期大学の講義室の換気シミュレーション —第1報 321 講義室の室内流れ—

浅尾 慎一 *1, 大田 恭志郎 *2, 山田 雄亮 *2, 吉田 龍 *2

Ventilation Simulation of Lecture Room of College of Industrial Technology
- 1st Report, Indoor Flow of 321 Lecture Room -

Shinichi ASAO*1, Kyoshiro OHTA*2, Yusuke YAMADA*2 and Ryu YOSHIDA*2

Synopsis : Since around January 2020, the new coronavirus has been raging worldwide. Airborne infection is one of the infection routes of this new coronavirus. Airborne infection is an infection method in which another person inhales the virus (droplet nucleus) released into the air by drying the brim and runny nose that the infected person has blown by sneezing or coughing. Since droplet nuclei diffuse in a windy space, airborne infections are mainly caused by the droplet nuclei staying in a closed room without wind. Therefore, regular ventilation is important to prevent airborne infections. In this study, we created a model of the 321 lecture room on the 2nd floor of the College of Industrial Technology Building No. 3, and performed a fluid simulation inside the model to search for an efficient ventilation method. As a result, it was found that the ventilation efficiency would be improved if one large air vortex was created in the center of the room. We also found that in order to create one large air vortex in the center of the room, the entire air flow should be created by opening the central window.

(Received Sep. 10, 2021)

Key words : coronavirus disease 2019, computational fluid dynamics, flow simulation of lecture room

1. 序 論

1.1 研究背景

令和2年1月頃より、新型コロナウイルス感染症が猛威を振るっている。日本国内においては、令和3年2月11日時点での感染者は410,012例、死亡者は6,678名、入院治療等を要する者は27,932名、退院又は療養解除となった者は375,454名となっており¹⁾、緊急事態宣言も発令されている²⁾。

新型コロナウイルスの主な感染経路としては、接触

感染および飛沫感染が挙げられ³⁾、空気感染の可能性もあると考えられている⁴⁾。接触感染とは、感染者がくしゃみや咳をした際に飛んだ水滴に他者が触れ、その触れた手で自分の口に触れる、もしくは触れた手で食事を行うことでウイルスが体内に入り感染する感染方式である⁵⁾。飛沫感染とは、感染者がくしゃみや咳をした際に飛んだ水滴（飛沫）を他者が口や鼻などから吸い込むことで感染する感染方式である。飛沫は水分を含んでいるために重さがあり、空气中を漂うことなくすぐに地面に落下する⁶⁾ため、感染者と他者が距

*1 産業技術短期大学 講師 博士 (工学) 機械工学科

*2 産業技術短期大学 機械工学科 2020 年度 卒業生

離を離すことによって予防できる。空気感染とは、感染者がくしゃみや咳によって飛ばしたつばや鼻水が乾燥することで空気中に放出されたウイルス（飛沫核）を、他者が吸い込むことで感染する感染方式である。風のある空間では飛沫核は拡散するため、主に風のない密閉された室内で飛沫核が滞空することで起こるものである。（なお、密閉された室内では、新型コロナウイルスは約3時間空気中に漂うとされている）⁴⁾ これらの感染経路が存在していることから、新型コロナウイルスへの日常的な対策としては、三密（密閉、密集、密接）を避けることが重要とされている⁷⁾。例えば、大学の講義室などでは、使用不可能な座席を等間隔で設けることや、定期的な換気を行うことで三密対策を行っている。

1.2 研究目的

前述の通り、空気感染を避けるためには、定期的な換気によって飛沫核を拡散させることが重要となる。また、多くの人が一定の間隔で存在する室内においては、流入した空気が室内の全域に効率よく循環するように換気を行うことも必要となる。そこで、多くの人が長時間一つの室内に留まる環境の例として、大学生にとって特に身近な場所である大学の講義室に着目した。その中でも産業技術短期大学において頻繁に使用されている講義室である、3号館2階321講義室を対象とする。また、321講義室における、建物外の空気を取り入れる主な手段となっていることから、窓からの空気の流入という要素に注目する。本研究では、321講義室のモデルを作成し、流体シミュレーションを行い、換気効率の良い窓の開け方および換気効率の良い空気の流れの形を探る。

2. 計算モデルと計算条件

2.1 321 講義室のモデル作成

本研究における換気のシミュレーションを行う321講義室をFig. 1に示す。

321講義室のモデルとして、Fig. 2-a, b, c, d, eのようなモデルを作成した。なお、使用したシミュレーションソフトの都合上、実寸大のモデルを用いてのシミュレーションは不可能であったため、実寸の1/4の大きさのモデルを採用している。

また、本研究では窓の開け方の違いによる換気効率

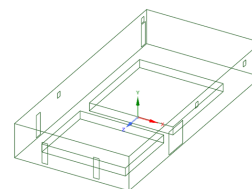


a. 321 講義室の写真（正面図側より）

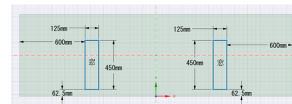


b. 321 講義室の写真（背面図側より）

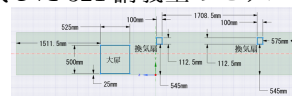
Fig. 1 Overview of the 321 lecture room on the 2nd floor of the CIT Building No. 3.



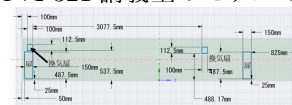
a. 作成した 321 講義室のモデルの全体図



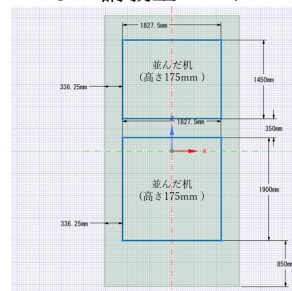
b. 作成した 321 講義室のモデルの正面図



c. 作成した 321 講義室のモデルの右側面図



d. 作成した 321 講義室のモデルの左側面図



e. 作成した 321 講義室のモデルの下面図

Fig. 2 Model of the 321 lecture room.

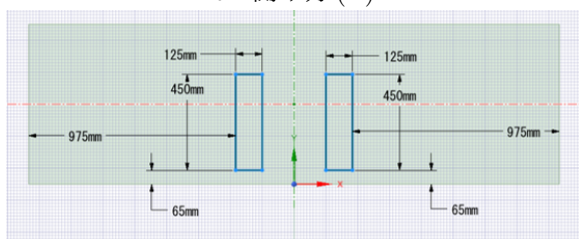
の差を調べるために、正面図の窓の開き方を Fig. 3-a, b, c, d, e のように変更したモデルをそれぞれ作成した。



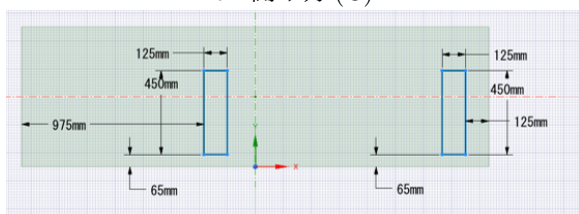
a. 開け方 (A)



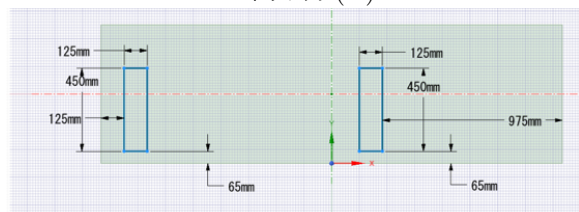
b. 開け方 (B)



c. 開け方 (C)



d. 開け方 (D)



e. 開け方 (E)

Fig. 3 Window opening for each model.

2.2 流れの計算条件

窓からの空気の流入速度は、風速の目安のデータ⁸⁾より 1.0 m/s と想定しているが、モデルの大きさを実寸の 1/4 にしていることから、レイノルズ数の値を実

寸の場合と揃えるために、流入速度を 4.0 m/s と設定した⁹⁾。また、シミュレーション内での流体の運動時間は 1 分間とした。

2.3 メッシュ設定

窓を inlet、換気扇、扉、大扉を outlet として境界を設定し、前述の全パターンモデルに最大厚さ $6e-0.02$ m のインフレーションを挿入し、メッシュを作成した。

2.4 数値計算における各種設定

本研究では、非定常流れとし、エネルギー方程式を ON、乱流粘性モデルを k-epsilon とし、境界条件の inlet の流入速度を 4.0 m/s、時間ステップ数を 120、時間刻み幅を 0.5、時間ステップあたりの最大反復数を 10 と設定した。また、計算手法を、デフォルト設定から運動量とエネルギーを First Order Upwind に変更した。

また、乱流運動エネルギーおよび乱流散逸率の値を 0 として初期化設定を行った。

2.5 粒子の生成設定

ZX 平面のプレーンを高さ 320 mm として生成し (Fig. 4)、プレーン上に粒子を速度 0 で 10 秒間生成させるように設定した。なお、この plane-3 の高さは椅子に座った学生の頭が位置する高さであり、椅子の高さを 380 mm、平均座高を 900 mm と想定し¹⁰⁾、それらを足した 1280 mm という値を 1/4 したものである。

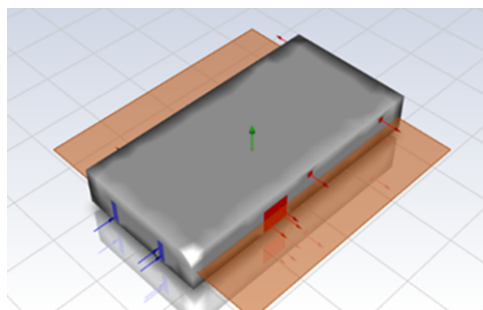


Fig. 4 Setting of particle generation on ZX plane.

3. 結果と考察

3.1 結果

各パターンのシミュレーションによって得られた計算結果を Fig. 5～Fig. 9 に示す。Fig. 5～Fig. 9 において、粒子の色は粒子滞留時間を表しており、色が赤いほど値が大きく、青いほど値が小さい。

Fig. 5-a, b, c より、開け方 (A) では粒子はあまり拡散することなく、モデルの背面図と右側面図の角に溜まるように動く傾向にあり、最終的な粒子の残量はあまり少なくない。Fig. 6-a, b, c より、開け方 (B) では粒子は全体に散らばるように動き、最終的な粒子の残量はあまり少なくない。Fig. 7-a, b, c より、開け方 (C) では粒子はモデルの背面図側に動く傾向にあるが、最終的な粒子の残量は少ない。Fig. 8-a, b, c より、開け方 (D) では粒子はモデルの背面図と左側面図の角に溜まるように動く傾向にあり、最終的な粒子の残量はあまり少なくない。Fig. 9-a, b, c より、開け方 (E) では粒子は全体に散らばるように動き、最終的な粒子の残量は少ない。Fig. 5-c, Fig. 6-c, Fig. 7-c, Fig. 8-c, Fig. 9-c より、この中では開け方 (C) と (E) が、プレーン上に存在する粒子の最終的な残量が比較的少ないため、他の開け方に比べて換気効率が良いとわかる。

次に、各パターンの計算結果のベクトル表示を行ったものを Fig. 10 に示す。

これより開け方 (C) と (E) では部屋を中心に一つの大きな渦ができていますが、他の開け方ではそうではないとわかる。

また、開け方 (E) では、左の窓から流入した空気の多くは付近の扉に吸い込まれ、全体の流れにはあまり影響を与えていないとわかる。一方、(D) は右の窓と大扉の距離が遠いため、右の窓から流入した空気が全体の流れに影響を与えているとわかる。また、この事を考慮して、(E) と同様に換気効率の良かった (C) を含めて比較すると、Fig. 11 のように換気効率の良かった開け方は共にモデルの正面図の中央で開けた窓によって全体の空気の流れが作り出されているとわかる。

3.2 考察

前述の結果より、部屋を中心に一つの大きな空気の渦ができるようにすれば、換気効率が良くなると考えられる。これは、Fig. 12 のように 321 講義室には空

気の出口が部屋の外周に沿ってまんべんなく存在しているため、渦に流された粒子が外に出ていきやすいからであると考えられる。

また、部屋を中心に一つの大きな空気の渦を作るには、開け方 (C) と (E) のように、正面図の中央で開けた窓によって全体の空気の流れが作り出されるようにすればよいと考えられる。

4. 結 論

本研究では、作成した 321 講義室のモデルを用いて流体シミュレーションを行い、効率の良い換気方法を探った。その結果、部屋を中心に一つの大きな空気の渦ができるようにすれば、換気効率が良くなるとわかった。また、部屋を中心に一つの大きな空気の渦を作るには、開け方 (C) と (E) のように、正面図の中央で開けた窓によって全体の空気の流れが作り出されるようにすればよいとわかった。

今後の方針として、本研究ではモデルとする対象を 321 講義室に限定していたため、今後は更に多くの部屋を対象にした実験を行いたい。

参考文献

- 1) 国内の発生状況など一厚生労働省、
<<https://www.mhlw.go.jp/stf/covid-19/kokunainohasseijoukyou.html>>, (参照 2021-02-16)
- 2) 新型コロナウイルス感染症緊急事態宣言一内閣官房、
<<https://corona.go.jp/emergency/>>, (参照 2021-02-16)
- 3) 新型コロナウイルス感染症の潜伏期間～潜伏期間中の感染者から人にうつる可能性とは～、
<<https://medicalnote.jp/contents/200417-003-G0>>, (参照 2021-02-23).
- 4) 新型コロナウイルスは空気感染するって本当？、
<<https://www.clinicfor.life/articles/covid-048/>>, (参照 2021-02-16)
- 5) 接触感染について【新型コロナウイルスなどの感染予防知識】、
<<https://amethyst.co.jp/1222>>, (参照 2021-02-23)

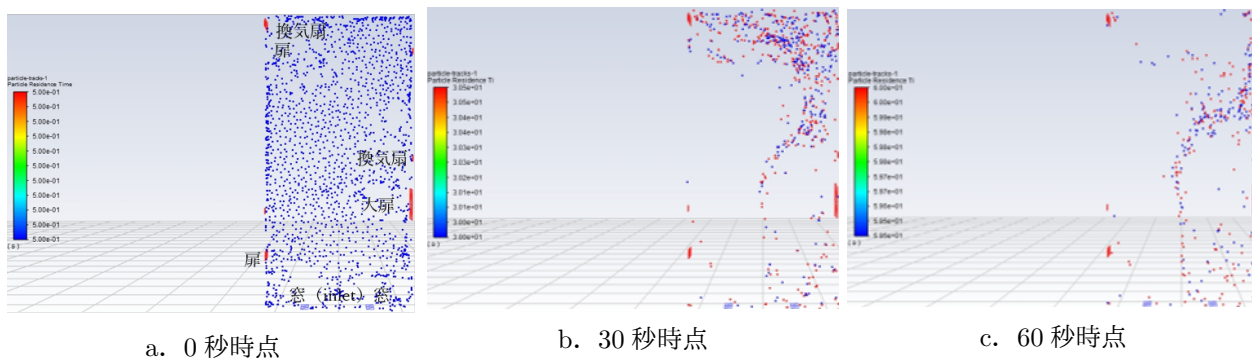


Fig. 5 Result of opening the window (A).

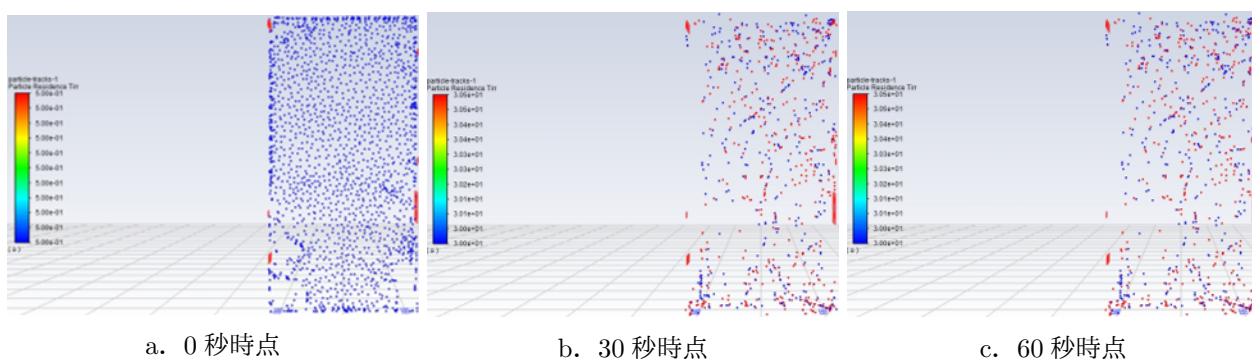


Fig. 6 Result of opening the window (B).

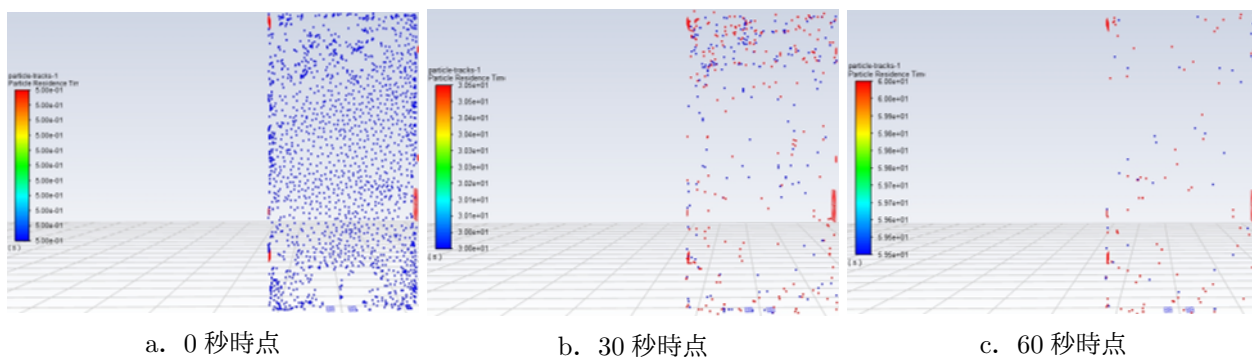


Fig. 7 Result of opening the window (C).

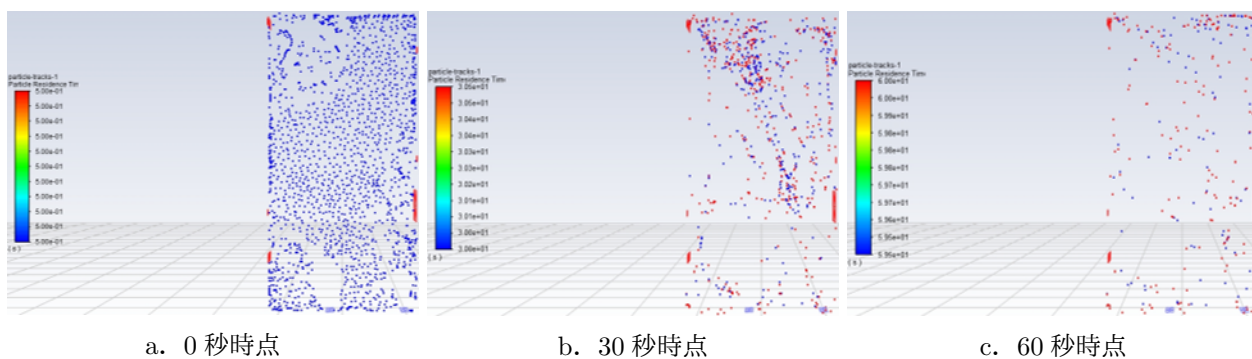
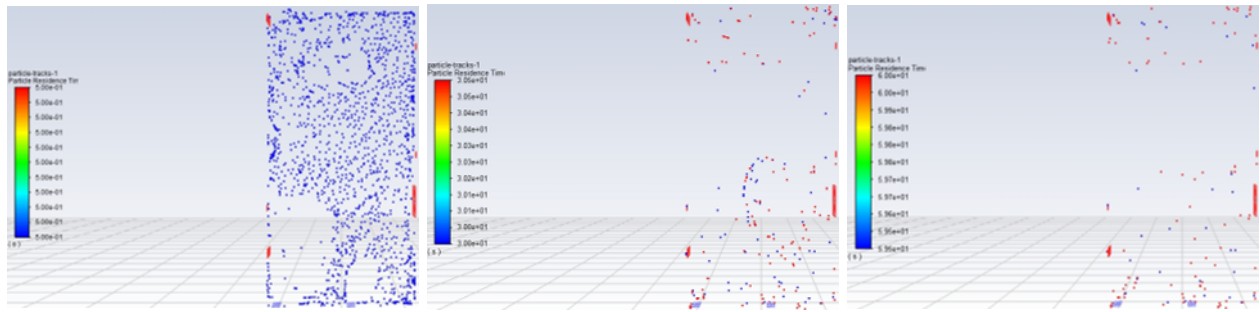


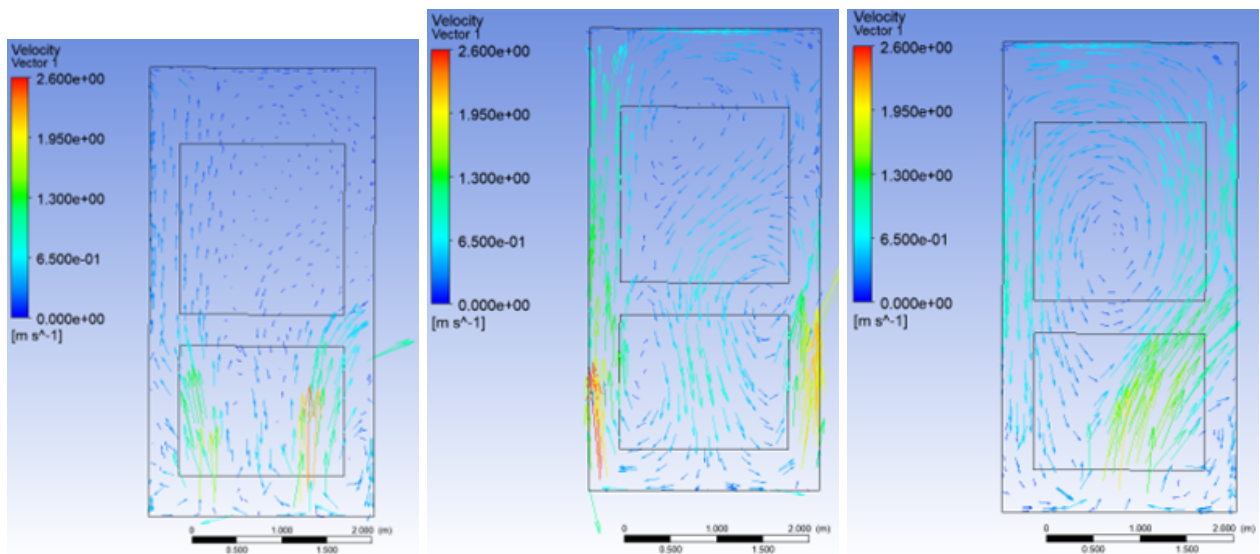
Fig. 8 Result of opening the window (D).



a. 0 秒時点

b. 30 秒時点

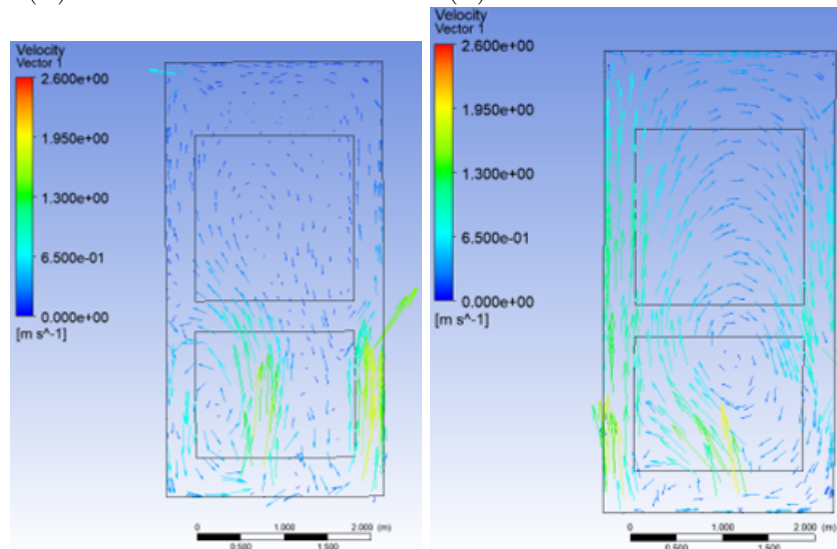
c. 60 秒時点

Fig. 9 Result of opening the window (E).

開け方 (A)

開け方 (B)

開け方 (C)



開け方 (D)

開け方 (E)

Fig. 10 Velocity vector diagram for each window opening.

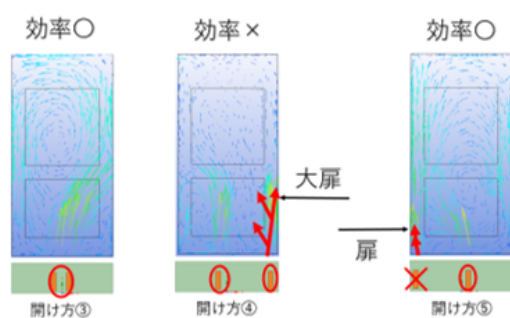


Fig. 11 Comparison of window opening (C), (D), and (E).

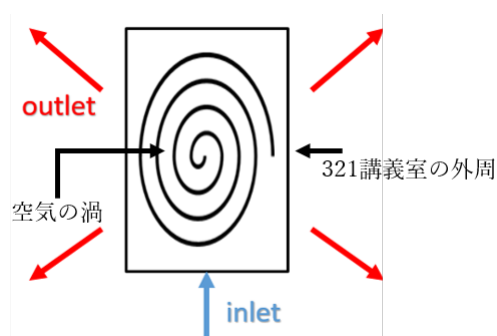


Fig. 12 Diagram of efficient air flow for ventilation in 321 lecture room.

- 6) 飛沫 (ひまつ) 感染と空気感染の違いって何だろう?, <https://www.showa-u.ac.jp/albums/abm.php?d=755&f=abm00002848.pdf&n=薬と学ぶ_2015年夏号「なんでだろう?」の解説.pdf>, (参照 2021-02-23)
- 7) 健康や医療相談の情報一厚生労働省, <<https://www.mhlw.go.jp/stf/covid-19/kenkou-iryousoudan.html>>, (参照 2021-02-16)
- 8) 九州電力 風速の目安, <http://www.kyuden.co.jp/effort_renewable_windpower_class.html>, (参照 2021-02-16)
- 9) 山田英巳・濱川洋充・田坂裕司: 流れ学流体力学と流体機械の基礎, 森北出版株式会社, p. 75, (2016)
- 10) (平成 25 年度) 年齢別 身長・体重・座高の平均値及び標準偏差, <<http://www.pref.mie.lg.jp/common/content/000121565.pdf>>, (参照 2021-02-16)