

**免責事項** 本資料は、仏語の原文を株式会社 ビュッフェ・クランボン・ジャパンが翻訳したものです。翻訳には最新の注意を払っておりますが、内容の最新性、確実性、有用性その他を保証するものではありません。コンテンツ等のご利用により万一何らかの損害が発生したとしても、当社は一切責任を負いません。

2021年7月1日

## 音楽院やその他の演奏会場での注意事項

### 密室でのエアロゾル

#### 新型コロナウイルス対策 - 楽器演奏と声楽の実践の場において

本資料は、PIC-PIV プロジェクト<sup>1</sup>の枠組みの中で得られた「密室内での汚染物質のモニタリング」<sup>2</sup>の結果をまとめたものです。

室内の汚染リスクを抑えるため、換気は大きな課題の一つになっていますが、感染が発生する汚染エアロゾルの濃度は明らかになっていません。室内の空気の入れ替えについては、機械式換気システムの換気量を定量的に把握することができますが、窓やドアの開閉による換気においては定量的な把握は難しく、更にその量は、風や室内外の温度差によっても大きく変化します。研究はこの換気について注目し、室内を安全に管理しやすくすることを目的としています。

#### 1) 本研究でシミュレーションを行う部屋の設定

フランスの音楽院は、多様な場所に存在します。本研究結果が多様な施設の責任者の役に立つよう、まずはフランス全土の音楽院を対象にアンケートを実施することにより、音楽院で最も多く使用されている2つのタイプの部屋を特定し、それらをモデルに研究を行いました。82の音楽院から得た回答で判明した、音楽院で使用頻度が高い2つタイプの部屋は以下のとおりです。

##### ① 個人レッスン室

約50%の教室は床面積が10~15m<sup>2</sup>、天井高が2.5~3mの面積。機械式換気システムを備えているのは25%のみ。90%の教室には少なくとも1つの窓があり、平均稼働時間は30~45分。平均的な個人レッスン室は、4人まで収容可能な12m<sup>2</sup>の個人教室<sup>3</sup>。このタイプの部屋の大半は機械式換気システムがなく、窓1つが設けられている。

##### ② グループ練習室

面積にバラつきが大きいですが、25%以上が機械式換気システムを備え、1時間以上の稼働率が75%。平均的なグループ練習室は、25人まで収容可能な88m<sup>2</sup>の部屋。このタイプの部屋には、650m<sup>3</sup>/時（フランス労働基準法で推奨されている1人当たり25m<sup>3</sup>/時に相当）の機械式換気システムが設置されている。

※ いずれも3m<sup>2</sup>/人のルールで人数を決めています。

音楽院からの回答は、部屋の中での音楽家の位置を特定し、その後実施したシミュレーションの条件を決めるのにも役立ちました。

1 [CSFI](#)（フランス楽器製造組合会議所）および [ITEMM](#)（欧州音楽専門職技術研究所などの、フランスの音楽関係機関、団体が中心に実施する、楽器演奏と声楽の実践における新型コロナウイルス対策研究プロジェクト）

2 技術レポート Rapport technique n° dh-20-21\_rt-04-v03 du 31 mai 2021

3 これは、音楽院からのアンケート回答に基づいており、現在推奨されている一人当たり4m<sup>2</sup>とは異なります。

## 2) 本研究の目的

本研究の目的は、エアロゾルによる空気の汚染のリスクを抑えるための推奨事項、特に換気を測定できるツールを、音楽院に提供することです。

換気の要件は、HCSP<sup>3</sup>が2021年4月28日付で発表した「新型コロナウイルスの感染を抑制するための公共施設（ERP）における換気および二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）測定手段の適合性に関するお知らせ」の最新の推奨事項に基づいています。これらの推奨事項は、2021年5月12日付のフランス文化省の「疫病発生時の事業継続の手引き」にも記載されています。

二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）は大気中に約400ppm（100万分の1）存在し、私たちが吸い込む空気にも含まれています。その伝播は、一部の飛沫やエアロゾルとは異なり、マスクでは止められません。空気中のCO<sub>2</sub>濃度は、屋内での換気の必要性の評価に使用することができ、健康管理のための有用な指標になります。ただし、空気中のCO<sub>2</sub>濃度と空気中の新型コロナウイルス汚染のリスクとの間には、直接的な関連性はないことを考慮する必要があります。

大気中および呼気中のCO<sub>2</sub>濃度のppm（100万分の1）、体積分率（%）、質量分率（%）

	ppm	体積分	質量分
大気	400	0,04%	0,06%
HCSP 基準、マスク着用	600	0,06%	0,09%
HCSP 基準、マスクなし	800	0,08%	0,12%
呼気	40 000	4%	6%

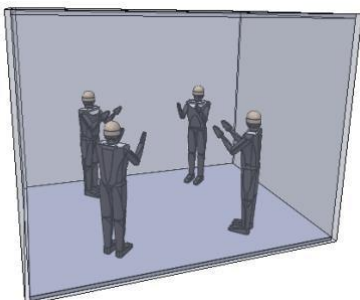
HCSP<sup>4</sup>では、マスクを着用した人間を受け入れる公共施設の上限を800ppmとしています。なお、無人の部屋でもすでに400ppmのレベルです。

## 3) 個人レッスン室でのシミュレーションの様子

シミュレーションは、床面積12m<sup>2</sup>、高さ3m（=36m<sup>3</sup>）のリハーサル室で、換気システムなし、4人収容で行われました<sup>5</sup>。この部屋のシミュレーションでは、実際にはドアや窓を閉めた状態でも、ドアや窓枠を介して常に最小限の空気が循環していることを考慮していません。そのため、最も不利な状況を想定して計算しています。

この容積の部屋で、換気をせず、1人が吐き出す呼気の平均的な空気の流れから計算すると、4人で11分後に800ppm（HCSPが推奨するマスク着用者受け入れの最大値）に達します。このため、推奨レベルを維持するためには、空気を入れ替える必要があります。この時間は、人数によって異なり、2人の場合は2倍の22分、1人の場合は4倍の44分となります。

CO<sub>2</sub>センサーを使用すれば、実際のCO<sub>2</sub>レベルの変化を追うことができ、そのレベルに応じて部屋の換気を調整することができます。なお、このモデリングのシミュレーションでは、室内にCO<sub>2</sub>が均一に拡散したため、センサーを配置する位置については特に推奨はありません。



crédit : Andheo

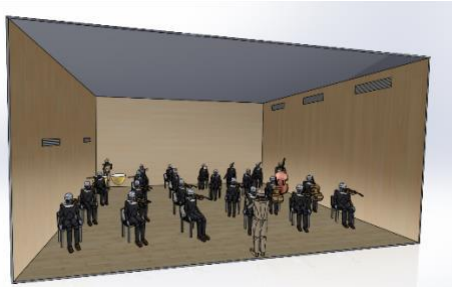
3, 4 フランス公衆衛生高等会議 Haut Conseil de la Santé publique : [www.hscp.fr](http://www.hscp.fr)

5 この面積は、音楽院からのアンケート回答に基づいており、現在推奨されている一人当たり4m<sup>2</sup>を超えています

#### 4) グループ練習室でのシミュレーション

シミュレーションを行った広い練習室は 88m<sup>2</sup>、25 人を収容可能<sup>6</sup>です。この練習室では、さらに 2 種類の条件を設定しました。1 つ目は、部屋に「側面換気」がある場合（この場合、部屋の天井高は 5.5m<sup>7</sup>）と、2 つ目は「天井換気」（天井高 3.5m<sup>8</sup>）がある場合です。空気交換量は、「側面換気」構成で 1.3vol/h、「天井換気」構成で 2vol/h です。換気用空気の CO<sub>2</sub> 含有量は、大気中の CO<sub>2</sub> 含有量と同じ（すなわち 400ppm）と見なされます。

これらの練習室は連続的に換気されているため、到達する CO<sub>2</sub> 濃度のレベルは一定で、その分布は室内で均一ではありませんが、最終的には安定します。ここでは、前述の個人レッスン室の場合とは逆に、時間と切り離れた均衡の概念について触れています。シミュレーションの結果、「側面換気」された練習室では、CO<sub>2</sub> 濃度は 1080ppm、正確には頭の高さで 1000ppm に達し、HCSP が設定した制限値を超えます。成層が見られ、上に行くほど濃度が高くなっています。「天井換気」された練習室では、CO<sub>2</sub> 濃度は 1090ppm に達します。これは、天井の高さが 5.5m ではなく 3.5m と低いことに起因します。



crédit : Andheo

このようなグループ練習室での換気量は、換気システムの設定により決まり、エアロゾルの集中を防ぐために決定的な役割を果たします。そのため CO<sub>2</sub> センサーの使用はさほど重要でないように思われます。また、シミュレーションの結果、このタイプの練習室では、CO<sub>2</sub> 濃度の閾値である 800ppm は現実的ではないようです。ただし、センサーを設置する場合は、高所では濃度が高くなるため、立っている人の頭の高さに設置することが推奨されます。

グループ練習室では、さらに一歩進んで、次のようなことも調べました。

- ✓ 新型コロナウイルスの空気感染のリスクを、Stockman<sup>9</sup> が用いた方法を用いて、q-quanta の概念を用いた Wells-Riley 方程式に基づいて算出しました。Quanta は、新型コロナウイルスのように感染の原因となるウイルス量が不明な場合の呼吸器エアロゾルの感染量を表しています。
- ✓ LMA (Local Mean Age) : この指標は、特定の場所で更新された空気の質を分析するために使用されます。粒子が給気口から特定の地点に到達するまでの平均時間を表しています。この数値が高ければ高いほど、空気中に汚染物質が含まれている可能性が高くなります。

上記 2 つの指標については、3 人の人物に焦点を当ててシミュレーションを行いました。

- ✓ マスクを着用して演奏する人 1 名 : ヴァイオリニスト
- ✓ マスクを着用しない人 1 名 : 指揮者
- ✓ マスクを着用しないで演奏する人 1 名 : クラリネット奏者

このシミュレーションでは、クラリネット奏者に焦点を当てました。これは、この楽器の機能が本プロジェクトのチーム内でよく知られていることと、その直線的な形状により金管楽器よりも排出量が多いことがわかっているからです。この楽器が特別なリスクをもたらすものとして特定することを意図したものではありません。得られた結果は、マスクなしで演奏される全ての管楽器でも参考にされるべきものです。

<sup>6</sup> この面積は、音楽院からのアンケート回答に基づいており、現在推奨されている一人当たり 4m<sup>2</sup> を超えています。

<sup>7</sup> フランス パリ国立高等音楽院の部屋がモデル Salle du CNSMDP

<sup>8</sup> フランス ヴァンデ県の音楽院の部屋がモデル Salle du CRI Vibrato Océan-Marais de Monts

<sup>9</sup> Tehya Stockman ほかに、歌唱時や管楽器演奏時に放出されるエアロゾル 1 の測定とシミュレーション Measurements and Simulations of Aerosol 1 Released while Singing and Playing Wind 2 Instruments, submitted, 2021.

<https://scholar.colorado.edu/concern/articles/hq37vp75>

この補完的なシミュレーションにより、2種類の部屋では、マスクを着用したヴァイオリニストとマスクを着用していない指揮者は、部屋にいる他の奏者を感染させる可能性が低いことがわかりました。一方、管楽器奏者は、幅方向に広がる感染確率を発生させ、汚染された空気が他の奏者に近づく傾向があります。

## 5) 結論

密室での換気の評価については、CO<sub>2</sub> センサーの使用は、換気システムが装備されていない部屋では非常に有効な指標となります。

換気システムを備えた公共の建物に関しては、私たちが行った調査では、この問題に関して提供された値はほとんど役に立たないことがわかりました（新鮮な空気に対しても、交換された空気に対しても）。さらに、換気サービスは外部に委託されることが多いため、モニタリングにも課題があります。換気問題をより効果的にモニタリングし、システムの改善点を見出すためには、施設の技術部門がこれらの分野を引き継ぐことが重要であると考えられます。

機械換気された部屋でも、されていない部屋でも、CO<sub>2</sub> 濃度の測定は、強制換気（機械）か自然換気（ドア/ 窓の開放）にかかわらず、換気システムの効率と、交換された空気の戻りを評価するための良い指標となります。

CO<sub>2</sub> センサーによってエアロゾルの濃度を直接測定することはできませんが、CO<sub>2</sub> の濃度に応じて、エアロゾルによる空気感染のリスクを個別の保護具（マスク）等の使用で軽減することができます。

本シミュレーションによると、通常の機械換気を行っている音楽院の部屋は、ANSES（フランス国立衛生安全庁）の推奨事項に一致し、フルゲージで 1500ppm の基準を満たしています<sup>1</sup>（訳注：日本の学校保健法により定められた学校環境衛生基準も 1500ppm）。従って、CO<sub>2</sub> 濃度警告の閾値は 800ppm ではなく、1500ppm に設定すべきです。この積極的かつ現実的な対策により、教育者や舞台芸術の専門家は、CO<sub>2</sub> を介して、個人レッスン室、グループ練習室、発表会用ホールの空気再生の質を定期的に測定できるようになります。

機械式換気システムを備えたグループ練習室についてシミュレーションを行った結果、汚染のリスクについては安心できる結論が得られましたが、一般的な原則として、グループ練習には汚染のリスクがないと断言することはできません。

ソーシャルディスタンスの確保、（可能な限りの）マスク着用、継続的な換気等の対策を組み合わせることは、汚染リスクを可能な限り抑えるための有効な手段です。

なお、リスク要因は、ウイルスの活発な循環（発生率、ワクチン接種者数など）に大きく依存していることを忘れてはなりません。

<sup>1</sup> フランスの施設での換気基準の一つとなる室内空気中 CO<sub>2</sub> 濃度は、規制値が 1000~1500ppm の間で現在変動している。この数値は、学校の建物、住宅、オフィスなどに適用され、室内空気として健康に影響のないレベルと定義づけられている。（ANSES 下記 WEB ページより）

参考文献：

ANDHEO 研究所 技術レポート [Rapport technique du laboratoire ANDHEO 25 mai 2021](#)

室内空気中の二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>) に関する資料 ANSES [Fiche Dioxyde de carbone \(CO<sub>2</sub>\) dans l'air intérieur ANSES](#)

問い合わせ

フランス楽器製造組合会議所、CFFI CORALINE BAROUX DESVIGNES : [csfinstrumentale@gmail.com](mailto:csfinstrumentale@gmail.com)

フランス演奏家組合、Les Forces Musicales NICOLAS DROIN : [ndroin@ocparis.com](mailto:ndroin@ocparis.com)

CAMILLE DELMAS : [delmas.camille@gmail.com](mailto:delmas.camille@gmail.com)