

【目的】

本研究の目的は声楽家による発声課題時に飛沫量を定量的に測定すること、ならびにマスク装着による飛沫量に与える影響について検討することとした。

【方法】

対象は東京混声合唱団所属団員 19 名で男性 11 名、女性 8 名であった。対象者の背景因子は平均年齢 46.5 才、平均身長 165.3 cm、平均体重 67.5 kg であり、パートはテノール 6 名、バス 5 名、ソプラノ 2 名、アルト 6 名で構成された。なお、本研究はクラシック音楽公演運営推進協議会が策定した「クラシック音楽公演における新型コロナウイルス感染拡大予防ガイドライン」に基づき事前に問診票にて発熱や呼吸器症状の有無を確認し、実験中にはマスク装着の義務や 3 密を作らないように配慮した。

飛沫量の計測にはパーティクルカウンタ（リオン株式会社：KC-52）を使用した。研究対象者は以下に示すマスク装着条件（N95 マスク、マスクなし、歌えるマスク、）とパーティクルカウンタまでの距離（0.5m、2m）を合わせて 6 条件にて飛沫量計測を行った（図 1）。装着するマスクは N95 マスク（San Huei 社製：SH2950V）ならびに歌えるマスク（東京混声合唱団製）を使用した。各条件の試行順番は乱数表を用いて無作為化（ランダム化）した。

○パーティクルカウンタからの距離 0.5m

- 条件 1：マスク装着有（N95）・発声課題無
- 条件 2：マスク装着有（歌えるマスク）・発声課題有
- 条件 3：マスク装着無・発声課題有

○パーティクルカウンタからの距離 2m

- 条件 4：マスク装着有（N95）・発声課題無
- 条件 5：マスク装着有（歌えるマスク）・発声課題有
- 条件 6：マスク装着無・発声課題有



図 1 飛沫量の測定風景
条件 2 を測定中



図2：実験手順

飛沫測定には室温ならびに湿度の測定を行った。実験環境は研究対象者ならびに実験装置に直接空調設備の送風があたらないようにし、測定開始時には人の移動による室内空気の乱流が生じないように配慮した。

パーティクルカウンタによる測定は、10秒間のサンプリングを連続10回試行した(図2)。発声課題を与えた条件(2、3、5、6)では、採集1~4まで無発声とし、採集5において10秒間発声課題を実施した。その後、採集6~10まで再び無発声とした。発声課題はベートーベン交響曲第九番第4楽章とした。

【結果】

実験環境は平均室温 26.0 度、平均湿度 51.2%であった。パーティクルカウンタに示された粒子数は吸引流量から濃度(個/1)を算出した。各条件下で採取した粒子濃度を図3に示す。条件3(マスク装着無・発声課題あり・距離0.5m)が常に最も高値を示し、発声課題のある採集5において最高値を示した。この最高値を示した採集5の値は、条件4(N95マスク装着有・発声課題無・距離2m)の採集5の粒子濃度と比較して統計学的に有意差を認めた。条件1,2,3ではN95マスク装着時と歌えるマスク装着時においてマスク装着無よりも低い濃度となった。ただし、マスク装着無においても距離が2m(条件6)となることで粒子濃度は低下を示した。

また、無発声となる採集1~3において、条件3(マスク装着無・発声課題有・距離0.5m)と条件4(N95マスク装着有・発声課題無・距離2m)の粒子濃度に有意差を認めた。

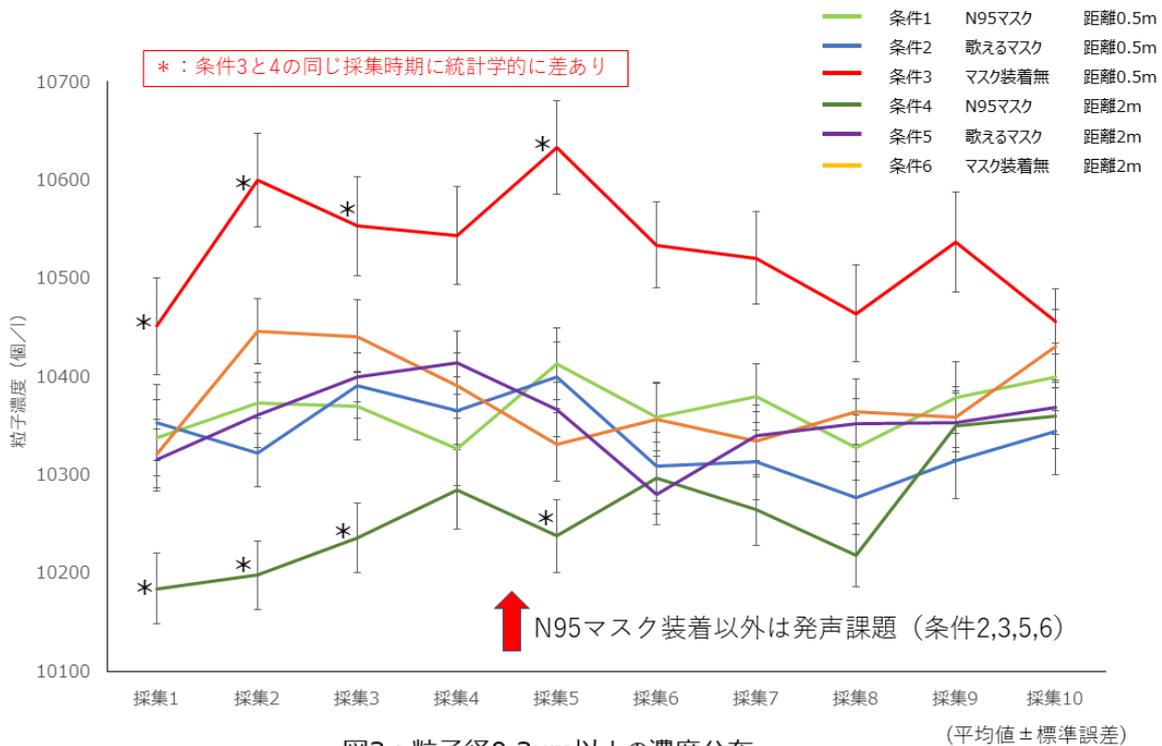


図3：粒子径0.3µm以上の濃度分布

【考察】

今回計測した一般環境下では飛沫以外に浮遊する粒子が存在する。パーティクルカウンタはこれらの粒子を飛沫とともにサンプリングし集計するため、飛沫の存在を打ち消す条件(発声課題がなく、呼気からの発生を遮断：条件1、4)を設定した。その結果、条件3(マスク装着無・発声課題あり・距離

0.5m) が最も高値を示し、条件 4 (N95 マスク装着有・発声課題無・距離 2m) と統計学的に有意差を認めた。

ヒトから発生する飛沫量は発声により増大することが報告されており、本研究における発声課題によっても増大することが示された¹⁾。また、パーティクルカウンタからの距離 0.5m では N95 マスクと歌えるマスクは、マスク装着無と比較して統計学的に有意差を認めなかったが、全 10 回の採集結果を観察する限り、どちらのマスクも装着による飛沫量の低減効果が考えられた。これは神戸大学、理化学研究所の報告に示されているとおり、マスクの種類により効果は異なるものの、一定の飛沫拡散を防止することと合致する²⁾。

また、条件 3 (マスク装着無・発声課題あり・距離 0.5m) と条件 4 (N95 マスク装着有・発声課題無・距離 2m) の採集 1~3 に統計学的に有意差を認めた。この採集 1~3 はすべての条件で発声課題がない。発声課題のない採集は他に 4、6~10 があるが、採集 6~10 は採集 5 の発声課題の持ち越し効果を受けている可能性がある。このため、採集 1~3 に認められた結果は、発声課題を与えなくとも呼気から飛沫が拡散していることが考えられた。

以上より、マスク装着ならびに対象との距離を離すことは、飛沫による曝露を回避する上で有効であると考えられた。

最後に本研究は一般環境下における種々の条件下による飛沫動態の測定であり、感染リスクを示す調査ではないことに留意する必要がある。

【参考文献】

- 1) Anderson EL, Turnham P, Griffin JR, Clarke CC. Consideration of the Aerosol Transmission for COVID-19 and Public Health. Risk Anal. 2020;40(5):902-7.
- 2) 坪倉 誠. 室内環境におけるウイルス飛沫感染の予測とその対策. 2020-10-13. <https://www.rccs.riken.jp/wp-content/uploads/2020/08/20200824tsubokura.pdf>.