

マスクをするとなぜ苦しいのか

～高校生が発信する新型コロナウイルス対策～

鹿児島県立錦江湾高等学校 2年 今村優太郎・北山晴士・穂満夏輝・関龍篤・中菌紅麗・元脇崇達

1. はじめに

世界的な新型コロナウイルス感染症(COVID-19)の流行により、国内のみならず、全世界的に多数の感染者、死亡者が出るという深刻な状況になっている。日本では新しい生活様式としてマスク着用が呼び掛けられる中、マスクは息苦しいからしたくないとの声もあり、特に授業や部活動での運動時に息苦しいという声が多い。中国ではマスクを着用しての体育の授業中に生徒が死亡した例もある。一方では、会話や呼吸による飛沫は広い範囲に拡散することが解明されてきており、ノーベル賞受賞者で京都大学iPS細胞研究所の山中伸弥教授が運動中の「エチケットとして走る時もマスクを着用すること」を推奨する等、感染対策と安全・快適さの両立が望まれる。そこで、マスク着用による息苦しさの原因を調べ、息苦しさを軽減する方法を探りたいと考えた。

2. 目的

マスク着用時に息苦しくなる原因として、マスク内の温度や湿度の上昇、酸素濃度の低下が考えられる。そこで、マスク内に酸素濃度計や温度・湿度を測定する簡易気象観測器を設置し、息苦しい時のマスク内の状態を科学的に検証した。同時に、血中酸素飽和度も測定し、マスクの着用による血中酸素飽和度への影響を調べた。

3. 方法

政府により配布されたガーゼマスクを友人らに提供してもらい、それを着用した状態で各種の測定を行った。その模式図を Fig. 1 に示す。

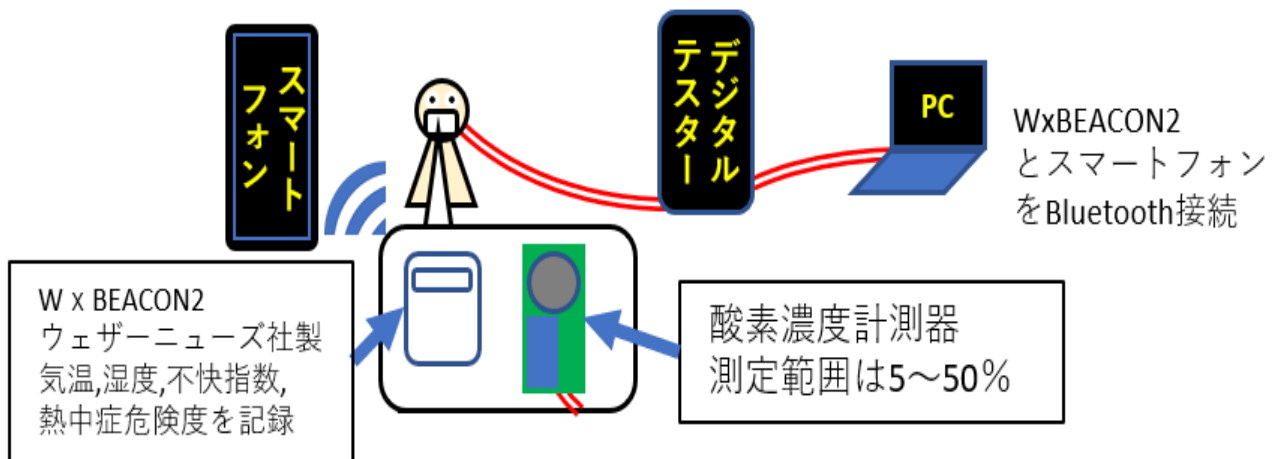


Fig.1 測定の模式図

3-1 マスク内の環境変化の測定

簡易気象観測器 (WxBEACON2、ウェザーニュース社とオムロン社の共同開発、Fig. 2) を使い、20秒間隔でマスク内の気温、湿度、暑さ指数 (Wet-Bulb Globe Temperature、WBGT) を測定し、ウェザーニュース社のアプリをインストールしたスマートフォンで記録した。



Fig. 2 気象センサ



Fig. 3 実習用酸素センサキット

3-2 マスク内の酸素濃度測定

マスク内に小型の実習用酸素センサキット（ピーパンドットコム社製、Fig.3）を設置し、被験者がマスクを着用した状態でデジタルテスターを用いて電圧値を測定し、パーソナルコンピュータで記録した。電圧値は、大気中の酸素濃度の測定値が大気中の酸素濃度となるように換算した。

3-3 実習用酸素センサキットの検証

密閉容器に使い捨てカイロの中の鉄粉、市販の酸素濃度測定器（AR8100 SMART SENSOR 社製）、実習用酸素センサキットを入れた。密閉した状態で鉄粉が酸素と反応して酸化鉄に変化すると酸素を消費するため、容器内の酸素濃度の時間変化を酸素濃度測定器と実習用酸素センサキットで同時に測定することにより、実習用酸素センサキットによる測定値の信頼性を調べた。その様子を Fig.4 に示す。

3-4 被験者の血中酸素濃度等の測定

被験者（16歳、男）の指に家庭用のパルスオキシメーター（Dofran 社製）を装着し、血中酸素濃度 SpO₂ や脈拍、心拍数などのバイタルを測定した。その様子を Fig.5 に示す。



Fig. 4 検証実験の様子



Fig. 5 血中酸素飽和度測定の様子

3-5 マスク別の血中酸素飽和度の測定

被験者（16歳、男）に政府配布ガーゼマスク、ウレタン製マスク、医療用N95マスク、不織布マスクを着用してもらい、着用後600秒間の血中酸素飽和度を測定し、マスク着用による測定値への影響の差を調べた。使用したマスクの写真を Fig.6 に示す。

3-6 被験者別の血中酸素飽和度の測定

複数名の被験者に政府配布ガーゼマスクを着用してもらい、着用後600秒間の血中酸素飽和度を測定し、個人差の有無を調べた。



Fig. 6 各マスクの写真(左上から時計回りにウレタン、不織布、ガーゼ、N95)

4. 結果

4-1-1 マスク内の温度変化

マスク内の温度は着用後の600秒間に30.0℃から32.5℃まで徐々に上昇した (Fig.7)。

4-1-2 マスク内の湿度上昇

マスク内の湿度は着用後100秒間で急激に77%から81%まで上昇し、その後は80%付近で一定になった (Fig.8)。

4-1-3 マスク内の暑さ指数の変化

暑さ指数(WBGT)とは、熱中症予防のための温熱指標不快指数であり、黒球温度の観測値 T_g、

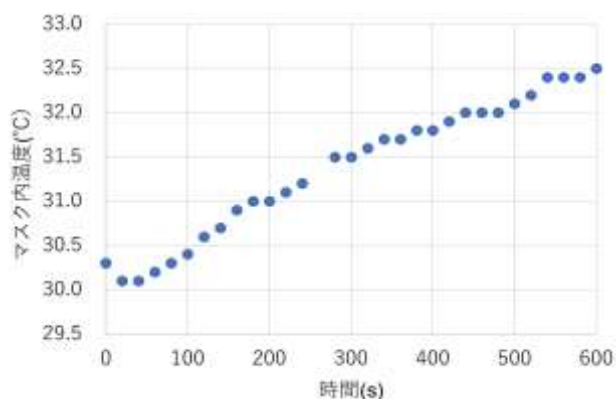


Fig. 7 マスク内の温度変化

気温を T_a 、湿球温度 T_w を用い、式 1 によって計算される¹⁾。

$$\text{暑さ指数} = 0.7 \times T_w + 0.2 \times T_g + 0.1 \times T_a \quad (\text{式 1})$$

また、暑さ指数は 31.0°C を上回ると危険とされている。マスク内の暑さ指数は測定開始時には、 29.8°C であったが、160 秒後に 31.0°C を上回り 600 秒後に 32.5°C まで上昇した (Fig. 9)。

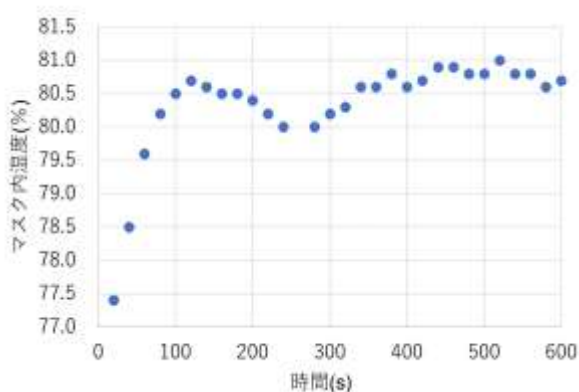


Fig. 8 マスク内の湿度変化

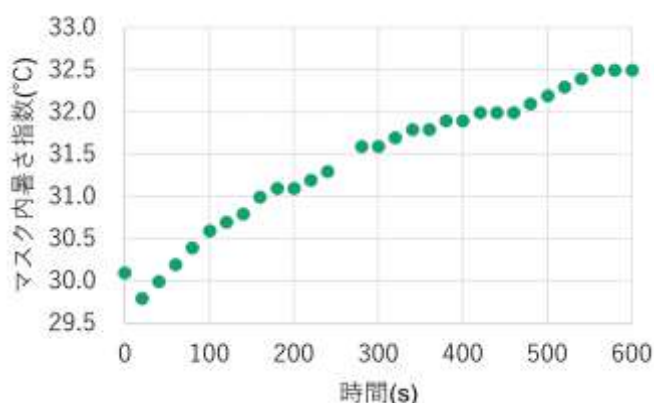


Fig. 9 マスク内の暑さ指数の変化

4-2 マスク内の酸素濃度について

実験用センサキットで測定したマスク内の酸素濃度を Fig. 10 に示す。着用後 600 秒の間では、19%-15%の間で変動は見られたものの、酸素濃度の減少は見られなかった (Fig. 10)。

4-3 実習用酸素センサキットの検証

密閉容器内でカイロの鉄粉が空気中の酸素と反応するに従い、実習用酸素センサキットと酸素濃度測定器の測定値はどちらも約 20% から 14% まで減少した。2 回実験を行い、双方の測定値を比較したところ、実習用酸素センサキットと酸素濃度測定器の測定値に差が見られたものの、変動の仕方はほぼ一致した (Fig. 11)。このことより、実習用酸素センサキットによるマスク内の酸素濃度測定値の正確さについては、さらに検討が必要だと思われるが、マスク内の酸素濃度はそれほど減少しなかったと結論付けた。

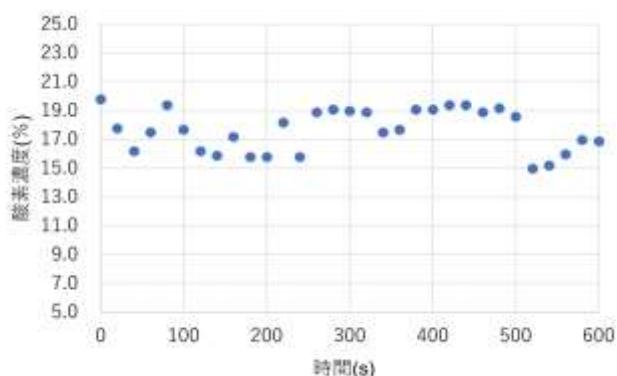


Fig. 10 マスク内の酸素濃度の変化

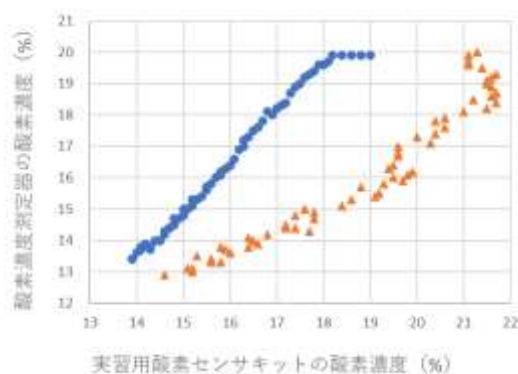


Fig. 11 実習用酸素センサキットの検証
(1 回目: ▲、2 回目: ●)

4-4 血中酸素飽和濃度について

マスク着用後 600 秒間の被験者の血中飽和酸素濃度 (SpO_2) は、ほぼ一定であった (Fig. 12)。一方、90 秒間呼吸を止めた場合には血中酸素飽和度は明らかに低下し、心拍数は上昇した (Fig. 13)。つまり、マスクを着用することで体内への酸素取り込みが妨げられてはいないと考え

られる。

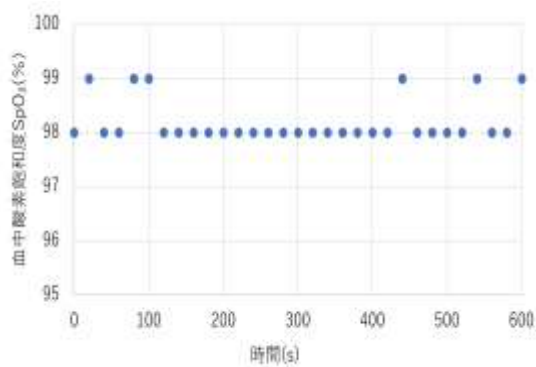


Fig. 12 血中酸素飽和濃度の変化

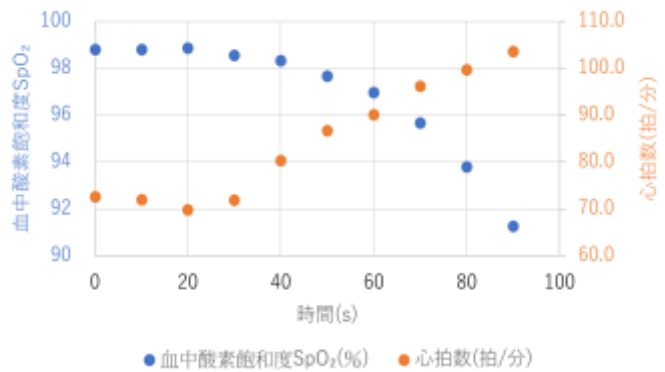


Fig. 13 90秒間呼吸を止めたときの血中酸素飽和度と心拍数

4-5 マスク別の血中酸素飽和度の変化

検討した4種類全てのマスクにおいて被験者の血中酸素飽和度はほぼ一定であった (Fig. 14)。

4-6 被験者別の血中酸素飽和度の変化

すべての被験者において血中酸素飽和度はほぼ一定であった (Fig. 15)。

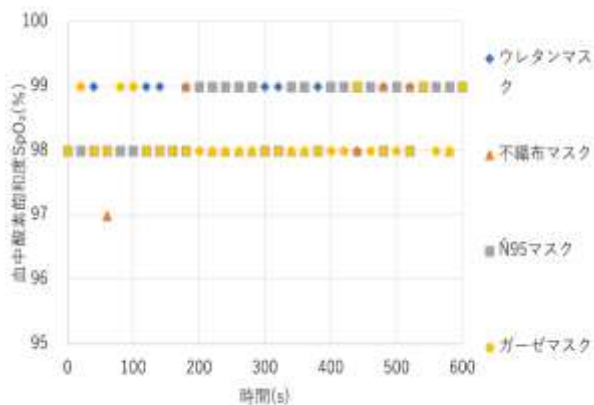


Fig. 14 マスク別の血中酸素飽和度の変化

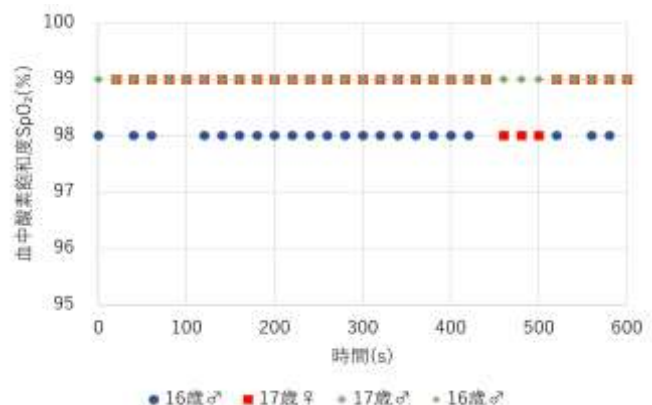


Fig. 15 被験者別の血中酸素飽和度の変化

5 考察

被験者は「マスクをしている間は息苦しかった」と言っていた。しかしながら、マスク内の酸素濃度の変化及び血中酸素飽和度の変化がほとんどないことから、マスク内の空気自体は入れ替わっていると考えられる。しかし、マスク内の温度及び湿度が上昇していることから、息苦しく感じる理由は温度及び湿度の上昇によるものであろう。特に湿度は着用後すぐに上昇しており、これが暑さ指数の上昇の原因になっていると考えられる。日常生活に関する指針²⁾における暑さ指数は 31℃以上で危険、25~28℃で嚴重警戒とされている。そのことから、マスクをすることで日常生活でも、熱中症になる危険が高まる恐れがある。また、Fig. 14、Fig. 15 から、マスクの種類による血中酸素飽和度への影響の差や個人差はなく、呼吸を止めた時の血中酸素飽和度の変化に比べるとマスク着用時の血中酸素飽和度は十分に高いとみなせる。

今後はマスクの種類によって、マスク内の環境、特に湿度の値がどう変化するかを検証し、快適にマスクを着用するための条件を明確にしたい。また、長時間マスクを着用した場合の影響についても調べていきたい。

6. まとめ

- ①マスクをすると、マスク内の温度・湿度・熱中症危険度が上昇した。特に湿度の上昇が顕著であった。
- ②マスク内の酸素濃度の減少は見られなかった
- ③マスクを着用しても血中酸素飽和度は低下しなかった。
- ④血中酸素飽和度は、個人差やマスクの種類による差は認められなかった。

7. 参考文献

- 1) 暑さ指数 (WBGT) の詳しい説明 環境省
https://www.wbgt.env.go.jp/doc_observation.php
- 2) 日本生気象学会「日常生活における熱中症予防指針 Ver.3」(2013)
- 3) 「パルスオキシメーターの低酸素血症検出に関する信頼性の検討」 日集中医誌
2014;21:175-176