

プレス発表資料

一般市民用ヘルメット型マスクの開発 ～ ロックダウンを不要化する新しい社会基盤の提案 ～

群馬大学 大学院理工学府
NPO e自警ネットワーク研究会

※報道関係者様へ：

下記の通り、7月7日(火)にプレス発表を実施いたします。

本内容の報道につきましては、プレス発表まで控えて頂きますよう、お願いいたします。

電子ファイル：

http://www.e-jikei.org/site/Press_Perfect_Mask.htm

上記URL、右記QRコードから、本資料(最新版)を入手できます。



【プレス発表】

日時：2020年7月7日(火) 13:00～14:00

場所：群馬大学 桐生キャンパス 理工学部3号館機械棟2階会議室
(〒376-8515 群馬県桐生市天神町1-5-1)

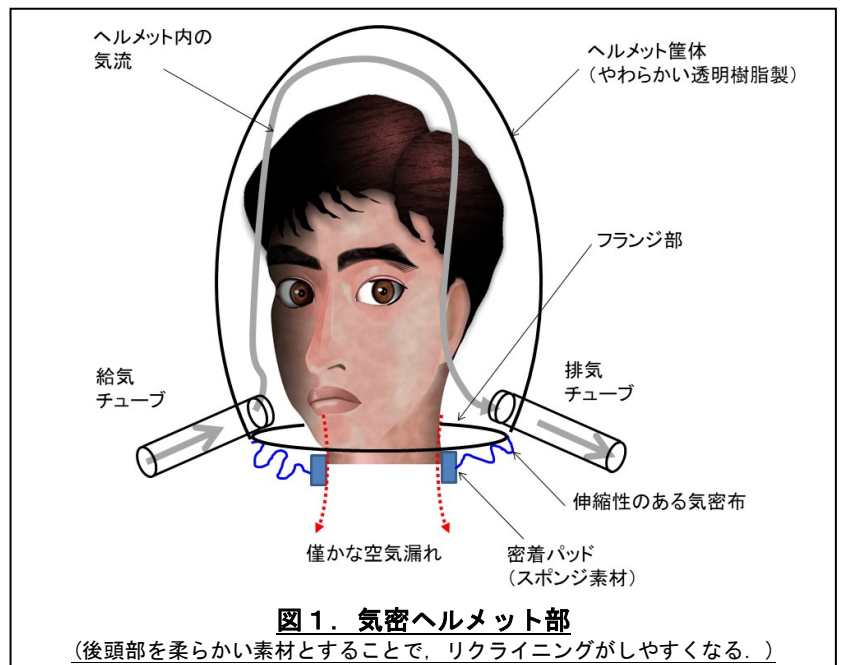
【概要】

外部からのウイルスの侵入を完全に遮断する、(また、ウイルスの排出もほぼ完全に遮断する)軽量のフルフェイスヘルメット型のマスクを発明した。当該特許(特願2020-113097)に基づくマスクの試作機を開発した。このマスクは、ヘルメット内の圧力と流量の精密制御により、①ウイルスの完全遮断、②軽量の本体、③楽な呼吸、④安価な製造コスト、の4項目を高い次元で同時に実現するフルフェイス型マスクである。本マスクの装着者は、抗体保有者と同等に、自身がウイルスに感染することもなければ、他者にウイルスを感染させることもない。本マスクを一般市民が常備し、ウイルス感染拡大の危険性が出た時に、外出時に一斉に装着することにより、感染を確実に収束に向かわせることが可能となる。本マスクを大部分の国民が保有していれば、ロックダウン、外出自粛、営業自粛などは、全く不要になる。プレス発表では、「本マスクの概要」の説明、「本マスクに利用したロックダウンを不要化する社会基盤」の説明、及び、マスク試作機による機能のデモンストレーションを行う。

【開発した“マスク”の特徴】

図1にヘルメット部の模式図を示す。図2にヘルメット部、バックパック部からなる本マスクにおける、清浄化された空気の給気、排気の仕組みを示す。本発明の特長は、以下の3点である。

- ヘルメット内を、僅かな陽圧に制御することにより、首のシール部からの外気の進入を完全に遮断することができる。また、内圧をある程度高く保つことにより、ヘルメットドーム部を軽量の透明樹脂素材で製作することができる。ウイルスの侵入は100%遮断できる。ウイルスの外部への漏洩は、首シール部の気密程度に依存するが、高いレベルで抑止できる。
- 一定流量に制御された吸排気により、ヘルメット内に、常に新鮮な空気の流れを作る。これにより、肺へ余分な負荷を加えることなく、新鮮な空気を呼吸することができる。
- バックパックに納めたポンプ・圧力バッファ・電磁制御弁による強制給気、強制排気により、流れ抵抗が非常に大きな高性能フィルタを挿入することができる。(マスク着用時のような息苦しさは一切無い状態を作ることができる。)ウイルス死滅装置(紫外線照射器、プラズマクラスター発生器など)を給気側、排気側に装備することも自由に行える。



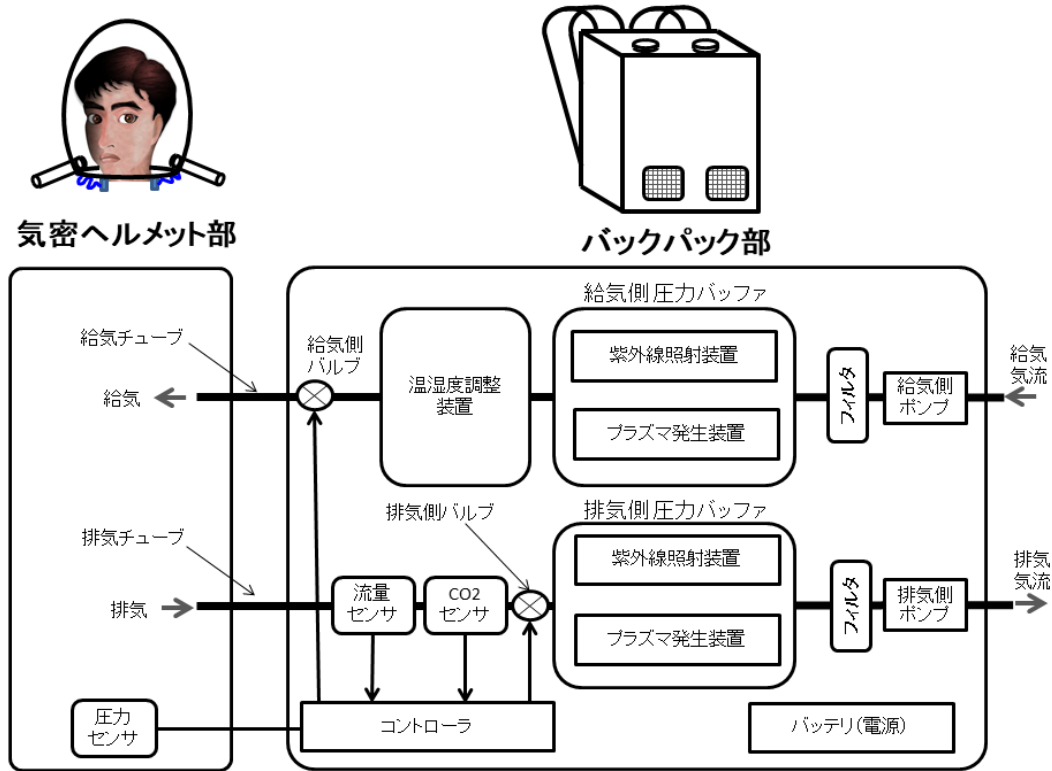


図2. 清浄化された空気の給気、排気の仕組み

(バックパック部は、ウエストポーチ型、ヘルメット一体型としても良い。)

【本発明のバリエーション】

本発明に基づく「マスク」のバリエーションとして、以下がある。

- [4] 温湿度調整装置、空気組成調整装置（酸素濃度の増大、二酸化炭素濃度の低減、など）も、給気側に装備することも自由にできる。
- [5] 気密ヘルメット部を、任意の気密空間で置き換えることで、様々な製品を作り出すことができる。例として、気密構造のベビーカー（図3）、気密構造のベッド、気密構造の服、などに置き換えることが可能である。
- [6] 気密ヘルメット部を、外部のサービス吸排気ポートに接続できるシステムを提案する（図4）。乗り物（自動車、バス、電車、航空機、など）や施設（オフィス、会議室、劇場、映画館、など）の各座席に、マスクの給排気チューブに接続するサービス給排気口が提供され、マスク内に、温湿度と成分（組成）が調整された清浄な空気が供給され、より快適で、より清潔で、より静音なマスク内環境を提供できる。
- [7] 仮想現実ディスプレイ、スマートフォン機能、ノイズキャンセリング機能などを組み込むことにより、ヘルメット部を使い勝手の良い情報端末とすることができる。
- [8] グローブボックスのように、顔を掻いたり、鼻をかんだりできるように手袋や各種フィードスルーを内蔵することもできる。バックパック部は、ウエストポーチ化や、ヘルメットとの一体化なども考えられる。

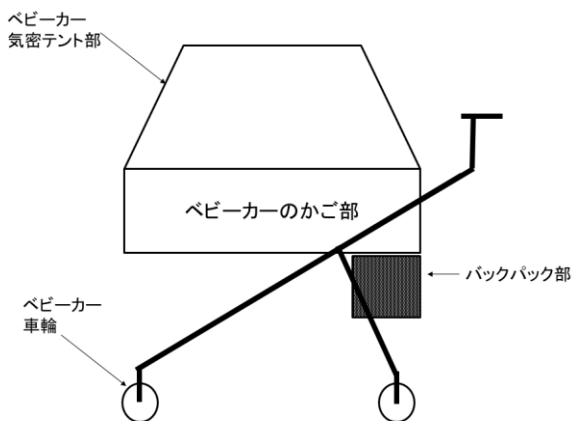


図3. ベビーカー型

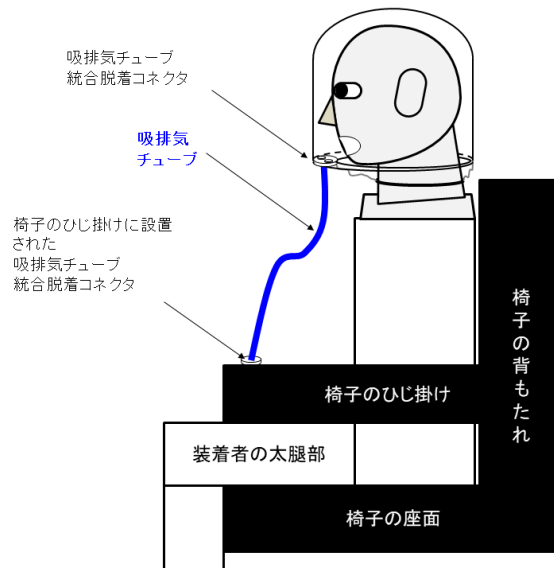


図4. 座席からのサービス給排気

【発明・開発の狙い】

新型コロナウイルスは突然変異を繰り返し、地球上に留まり続けることが予想されている。現時点のウイルスの脅威よりも、突然変異により、より強毒で、より感染力が強いウイルスが、いつ出現するか分からない状況であることが、最大の脅威である。これからの社会は、そうした突然変異による凶悪なウイルス出現に、常に、備えておくことが必要になってくる。社会的距離をとることを前提として、社会様態が変革されていくことが予想される。テレワーク、オンライン授業なども標準として普及していけようが、通勤・通学や、企業・役所での対面会議・対談、学校・大学での実験・実習など、人々の物理的な移動に対する要求も、確実に残ることが予想される。

現在、日本をはじめとして世界各地で、新型コロナウイルス（SARS CoV 2）感染対策として、ロックダウン断続状態が生じている。ロックダウン断続状態から脱却するには、次の4つのシナリオが考えられる。（ここで言う「ロックダウン」は、「感染対策として、何らかの外出規制、営業規制、行動規制が、政府から要請・命令される状態」と定義する。現在の日本は、弱いロックダウン下にある。）

【A】 国民の大部分が感染&免疫獲得済となり、集団免疫が獲得される。

国民の大部分が感染&治療済となり、免疫を獲得することで、集団免疫が獲得される。ここで、重要なポイントは、「本マスク装着者」は、自らが感染することもなければ、他者を感染させることも無いので、集団免疫の観点からは、「免疫獲得者」と同等と見做せることである。

【B】 「予防法（ワクチン）」が開発され、予防接種により、集団免疫が獲得される。

「予防法（ワクチン）」が開発されれば、インフルエンザと同様に、非感染者の大部分が予防接種をすることにより、集団免疫が獲得される。

【C】 「効果的な治療薬」が開発される。

「効果的な治療薬」が開発され、使用可能となり、感染者を簡単に治療することができるようになれば、感染拡大を恐れる必要は無くなる。

【D】 「簡単・確実な検査法」が開発される。

当たり前のことだが、体温計や血圧計のような「簡単・確実な検査法・検査器」があれば、感染者を速やかに検知し、隔離・治療すれば良い。他の人（=非感染者）は外出自粛も、ロックダウンも全く不要になる。「簡単・確実な検査法」が無いばかりに、誰が感染しているか全くわからない暗闇の中に社会全体が置かれることになり、全員一律の対応しか取れないことになっている。

上記の脱却シナリオのうち、【B】 予防法（ワクチン）、【C】 治療薬、【D】 簡単確実な検査法のいずれかが、開発されれば、問題は解決する。しかし、いずれも、直ぐに開発される用途は立っていない。（最短でも1年以上はかかるという予想もされている。）そうすると、【A】 集団免疫獲得 が唯一の現実的な解決策となる。抗体保有が全く存在しない社会（集団）において、「本マスクの装着者の割合」は、「集団免疫率」と等価となる。

集団免疫獲得に必要な集団免疫率 P_c は、基本再生産数 R_0 を用いて、次式で表せる。

$$P_c = 1 - 1/R_0$$

例： $R_0=2$ の場合、集団免疫獲得に必要な感染割合 $P_c=1-1/2=0.5$ (50%)となる。 $R_0=1.2$ であれば、 $P_c=1-1/1.2=0.17$ (17%)で済む。なお、上記の計算式では、感染拡大して集団免疫率が增大しても、個々人の移動や接触の様態は変化しないという、かなり無理がある仮定が前提となっている。

基本再生産数 R_0 は、次式で表せる。

$$R_0 = \beta \times k \times D$$

β : 一回の接触当たりの感染確率

k : 単位時間あたりに一人の人間が集団内で他者（=未感染者）と接触する平均回数

D : 平均感染期間

基本再生産数 R_0 は、感染症に感染した1人の感染者が、誰も免疫を持たない集団（社会）に加わったとき、感染期間中に直接感染させる平均人数として定義される。定義から、“周りに感染者が殆どいない状態”においては、当該集団（社会）について $R_0=1$ なら定常状態、 $R_0<1$ なら収束、 $R_0>1$ なら拡大、ということになる。 R_0 は、ウイルスの性質だけでなく、当該集団の性質（人種の体質、状態、公衆衛生の状態、各人の健康状態、など）にも依存する。公衆衛生を向上させることにより、あらゆるウイルスに対して R_0 を低減できると考えられる。

すなわち、以下が有効となる。

β の低減： 免疫力UP、マスク着用、手洗い励行。

kの低減：在宅勤務，在宅学習の導入，3密忌避，社会的距離の確保。
 β とkが低減された状態の社会様態を作ることにより， R_0 が低減され， P_c が低減される。
ロックダウン状態は， β ，kを極端に低減させた状態であるとも言える。

実効再生産数 R_t は，感染が社会にある程度拡大した段階（＝集団免疫率がある程度の大きさになった段階）で，感染症に感染した1人の感染者が，当該集団に加わったとき，感染期間中に直接感染させる平均人数として定義される。例えば，集団免疫率20%の集団の場合，（接触する人の20%が免疫を持った人となるため，）上記kは実質的に80%となり， $R_t=0.8R_0$ となる。

実効再生産数（ R_t ）は，基本再生産数（ R_0 ）と同様に，便宜的に，次式のように表すことができる。

$$R_t = \beta \times k \times D$$

β ：未感染者との接触1回当たりの感染確率

k：1人の感染者が，1日当たり，集団内で未感染者と接触する回数

D：感染日数

感染を収束させる（ $R_t < 1$ を実現する）ためには，以下が有効であろうと考えられる。

β の低減：マスク着用，手洗い励行，免疫力向上，など

kの低減：在宅勤務・在宅学習の導入，社会的距離の確保，免疫保有者の増加（集団免疫率の向上），など。

もしも，「ウイルスを完璧に遮蔽できるマスク」を全国民が着用して外出すれば，あらゆるウイルスに対して，基本再生産数（ R_0 ），および，実効再生産数（ R_t ）がゼロである社会を実現できる。ロックダウン，外出自粛などは，全く不要になる。

ウイルスの感染拡大の危険性が予測された段階で，十分に多くの割合の国民が「ウイルスを完璧に遮蔽できるマスク」を着用することにより，当該社会における基本再生産数（ R_0 ），および，実効再生産数（ R_t ）が1未満の十分に小さな値に低減され，感染を収束させることができる。

「ウイルスを完璧に遮蔽できるマスク」を装着した未感染者は，治癒済みの免疫保有者と同様に，ウイルスに感染することもなければ，他者にウイルスを感染させることもない。すなわち，「ウイルスを完璧に遮蔽できるマスク」をしている未感染者の割合が増えると，その割合で，上記kが低減される。「本発明によるマスクを装着した感染者」はウイルスを外部に出さない，あるいは，「本発明によるマスクを装着した未感染者」にはウイルスが侵入しない，ということから，「本発明によるマスクの装着者」の割合が増えることで，上記 β （未感染者との接触1回当たりの感染確率）が低減すると解釈することもできる。

「本発明によるマスクの装着者」は，回りの人に対して，「無限大の社会的距離（ソーシャル・ディスタンス）」を取るようになる。（物理的な距離に関わらず，無限大の社会的距離を取るようになる。）「本発明によるマスク」を全国民が一人一台保有し，必要に応じて外出時に装着することで，ウイルスに対して極めて強靱な国家（社会）を作ることができる。

市販の通常のマスクは，フィルタ性能が良く，空気漏れ（空気漏れ率）の少ないものほど，呼吸が困難であり，息苦しくなり，長時間の装着が困難かつ危険であるという問題があった。市販の安価な不織布マスクの多くについては，通常の装着状態では，呼気の大部分が，不織布を透過せずに，マスクと顔の間の隙間を通過しており，空気中からのウイルスの侵入を防止する効果は限定的であることを確認している。

嚴重な感染症対策が必要となる医療用として，電動ファン付き呼吸用保護具（Powered Air-purifying Respirator）が開発されているが，大きくかさ張り，マスク（フード，ヘルメット）内の騒音も酷く，また，装着における圧迫感の為に長時間の装着は精神的な苦痛を伴う。

ウイルスを完璧に遮蔽でき，かつ，呼吸が楽にでき，かつ，装着部が軽量であるマスクについては，既存の製品・技術・アイデアは見当たらなかった。

コロナ時代の社会様態は，以下のようにになると予想している。

- [1] 全国民が一人一個の「マスク（＝本発明に基づく“マスク”）」を保有する。
- [2] ウイルス感染拡大の恐れが出た場合，政府は非常事態宣言を出し，外出時のマスク着用を義務付ける。
 - 「マスク」さえ着用すれば，何の制約も無く，自由に外出できる。
 - 例えば，8割の国民が「マスク」装着して外出することは，8割の集団免疫率の達成と等価になる。
 - 例えば，全ての国民が「マスク」装着して外出し，レストラン・カラオケなどでのマスク無での接触人数を全体の2割に抑制することは，同じく，8割の集団免疫率の達成と等価になる。
- [3] ウイルス感染収束が確認された時点で，政府は非常事態宣言を解除し，外出時の「マスク」着用の義務はなくなる。

多くの国民が、「水道水」でなく「飲用水」を飲むようになってきている。特に都市部等においては、「空気」は、様々なPM2.5を始めとする様々な汚染物質を含んでいる。そのため、近い将来、空気も「自然の空気」ではなく、「浄化された空気」を呼吸したいという傾向が生まれることも予想される。すなわち、ウイルスの感染拡大の有無に拘わらず、政府による着用要請の有無に拘わらずに、多くの国民が外出時に、「マスク（＝本発明に基づく“マスク”）」を着用するようになることが予想される。

人々は、外出時には、「靴」を履く。同じ様に、外出時には、「マスク」を着用することが当たり前の世の中になること予想される。そうなると、多くの国民が、様々な種類の「靴」を所有するように、様々な種類の「マスク」を所有することになることも予想される。

最低限の機能の「マスク」は市販価格2000円くらいを想定している。高機能なものとしては、市販価格で10万円、100万円の「マスク」も市販されるようになると予想している。

本発明に基づく“マスク”，及び、その周辺システム（乗り物、施設におけるサービス給排気ポートの提供、家庭用消毒エアロックシステム、など）は、コロナ時代における、必要不可欠な社会基盤になると考えている。

【お問合せ先】 下記まで、お気軽にお問合せください。

【統括】

群馬大学 大学院 理工学府・教授 藤井雄作
(NPO e 自警ネットワーク研究会・理事長)
電話：0277-30-1756
電子メール：fujii@gunma-u.ac.jp

【制御，電子回路 担当】

群馬大学 大学院 理工学府・教授 橋本誠司
電子メール：hashimotos@gunma-u.ac.jp

【音響，機械構造 担当】

群馬大学 大学院 理工学府・教授 山口誉夫
電子メール：yamagme3@gunma-u.ac.jp

【情報通信(IoT, AR) 担当】

群馬大学 大学院 理工学府・助教 田北啓洋
電子メール：takita@gunma-u.ac.jp

【補足説明 1 : 制御, 電子回路】

本提案に関する制御系の基本構成のブロック図を図 1 に示す。気密ヘルメット内の流量と圧力を流量計と圧力計により計測し、給気用と排気用にもうけた2つのファンによりフィードバック制御を施している。これにより、気密ヘルメット内の圧力と流量を高速・高精度に制御している。

排気側圧力バッファの前にもうけた流量計の出力をその設定値に素早く追従するよう、排気側ファンの回転速度を制御している。同様に、圧力センサにより計測した気密ヘルメット内の圧力が、その設定値に追従するよう給気側ファンの回転速度を制御している。

ここでは、流量は人間の呼吸が 10L/min 程度であることを考慮し、それ以上の十分に大きな値(40L/min)として制御している。その応答性は 1s 以内と十分高速である。また、ヘルメット内の圧力は外部の気圧よりわずかに高い値(微正圧: +20Pa. 1 気圧の約 0.02%)に設定し、外気の侵入を完全に防止している。気圧の応答性も 1s 以内と十分に素早い応答である。2 つのファンの強制吸排気により、その内側(ヘルメット側)にはマスク用フィルタや分厚いフィルタを利用することができる。

また、気密ヘルメット内には、CO₂ センサを設置・モニタし、常にヘルメット内の状況 2 酸化炭素濃度を監視し、一定値以上(2000ppm に設定. 汚れた空気 の最大値)になった場合には、流量を増加させるとともに、警報音を鳴らすよう設定している。

デモ機では、わかりやすさのため2つのファンを設置しているが、本機能は1つのファンと1つのバルブでも実現可能である。また、センサ計測, ファン, 制御装置など全て1つのバッテリー(12V のリチウムイオン型)で駆動している。

また、デモンストレーションでの認識のしやすさのために、音の出る大型ファンを使用しているため本サイズのリュックを用いているが、小型化を考慮すればバレーボール大、あるいはおおきめの弁当箱ぐらいの寸法、あるいはヘルメット内蔵型に製作でき、ポータブル化も十分に可能である。

各フィードバック制御効果の検証として、例えば、排気側のチューブをつまみ、流量を低下させると、流量を増加させようとして排気側ファンの回転数が増大する。また、ヘルメット下の膨らみを押し戻し、内圧を高くすると、内圧を設定値に下げようとして給気側ファンの回転数は減少する。さらに、ヘルメット内で素早い呼吸を繰り返し、2 酸化炭素濃度を増大させると、CO₂ センサが警報音をならす。

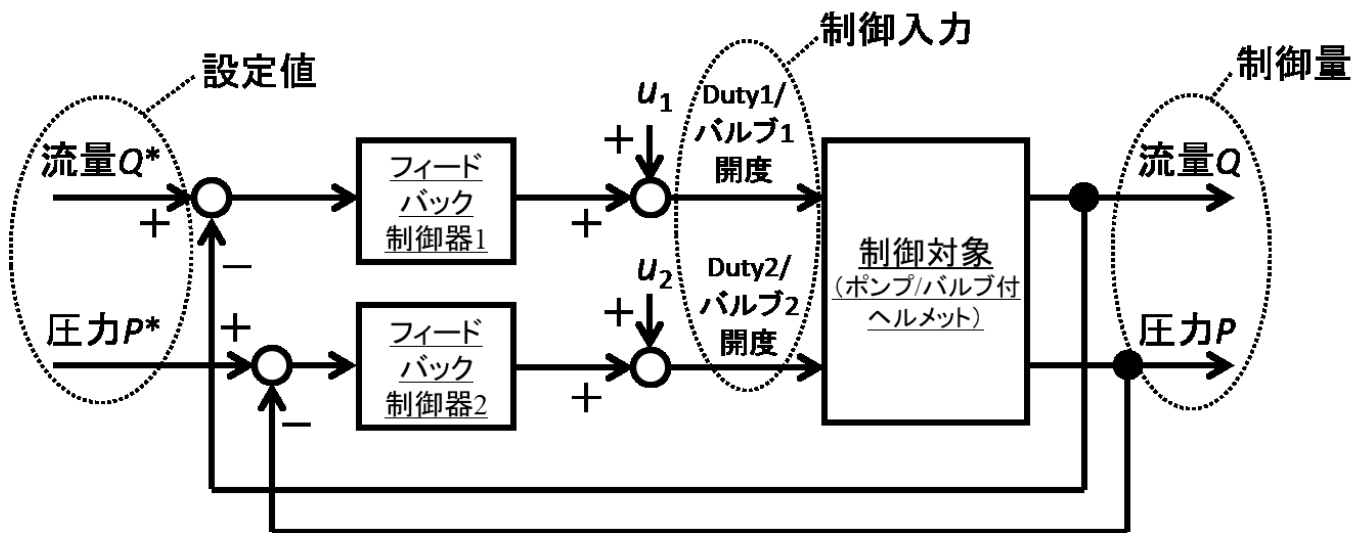


図 1 吸排気制御機能付きヘルメット型マスクの制御ブロック図

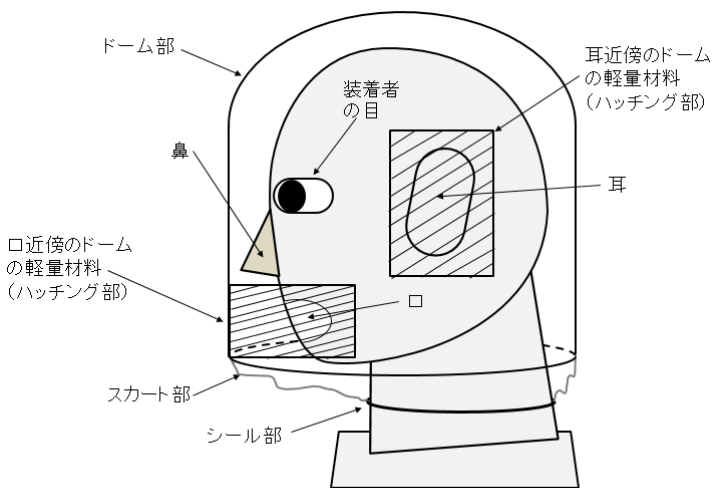
【補足説明2：音響，機械構造】

【問題点1】

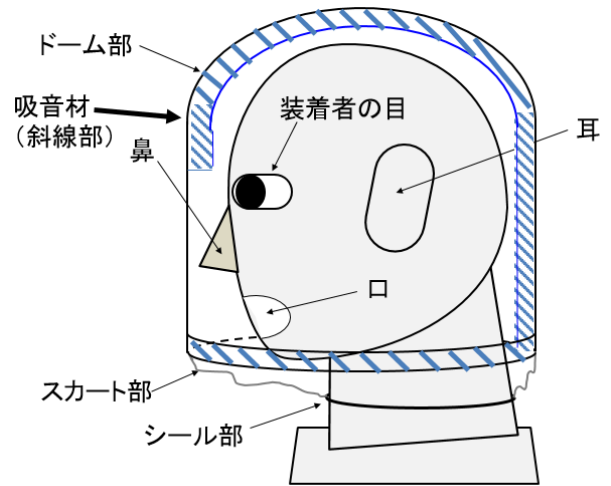
ヘルメット部を構成する壁面の材料は、通気性が無い材質である必要があり、さらに壁面には静圧(吸気圧)で破壊しない程度の強度が求められる。一方で、強度のために壁面の板厚を増し、あるいは重い材料を使用し、ヘルメット部を作製すると、遮音性能(音が壁を抜けない性能)が高くなり過ぎ壁で音が反射する。そのために外部の音が聞き取りにくくなる問題や、ヘルメットを装着している者が発する声や音が、外部に伝えにくくなる問題が発生する。さらに、発する声や音がヘルメット内で反響してしまい不快に感じる問題が発生する。

【問題点1の解決策】

通気性のない様な材質の壁面の遮音性能は、質量則に従うことが知られており、壁面が重いほど、高い周波数の音が遮断される。これを利用して自然な音環境とするために、口や耳に近い部分のヘルメット部の壁面を、軽くし、静圧(吸気圧)は壁面を抜けさせないが、音波(変動する動圧)は、軽い部分の壁の振動を介して透過させるようにするものである。これより外部の音を聞き取りやすくし、ヘルメットを装着している者が発する声や音を、外部に自然に伝えられるようにし、さらに、ヘルメット内部の不快な反響も減らすことができる。



口、耳近傍のドームの軽量材料の利用例



吸音材の設置例

【問題点2】

ヘルメットの内部で、ヘルメットを装着する者が発する声や音が反響し、不快となる問題がある。また、空気供給装置からの作動音もヘルメットの内部で、反響、共鳴、増幅し騒音になる問題がある。

【問題点2の解決策(1)】

吸音材をヘルメットの内部空間に配置し、音波の反響、共鳴、増幅を防止する。吸音材は、非常に微細な孔や隙間を多数有しており、極めて狭い孔部を音波が抜けるときの粘性抵抗(気体の粘りによる抵抗)によって、音響エネルギーが吸収される。

目、口、鼻、耳の近傍には視覚、発声、臭覚、聴覚、呼吸を妨げるために設置しない。

給気チューブや排気チューブ、バックパック部内部の流路に、同様な吸音材を設置することも考えられる。

なお、吸音材は頭部や顔面部の衝撃吸収材にもなっている。また、頭部形状とヘルメット形状の違いを、吸音材により埋め、フィットさせることにより、装着感を向上させ、疲労感を軽減させている。

【問題点2の解決策(2)】

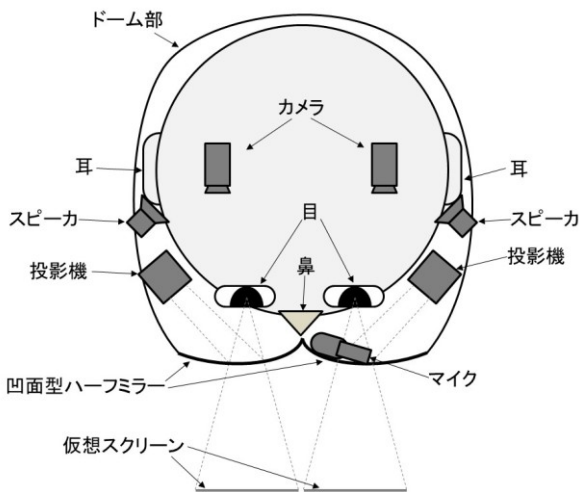
ヘルメット部、バックパック部の空気供給装置の作動音源近傍に、ノイズキャンセリング装置を組み込む。スピーカ、圧電体を用いたアクチュエータをヘルメットの耳近傍、作動音源近傍に設置する。マイクロフォンなどのセンサも、ヘルメット部、作動音源近傍に設置する。センサからの音圧信号に対して、位相を反転させた制御音圧をスピーカから出力することで作動音源やヘルメット外部のノイズをキャンセリング(+と-の和で打ち消す)する。

【補足説明3：情報通信，XR】

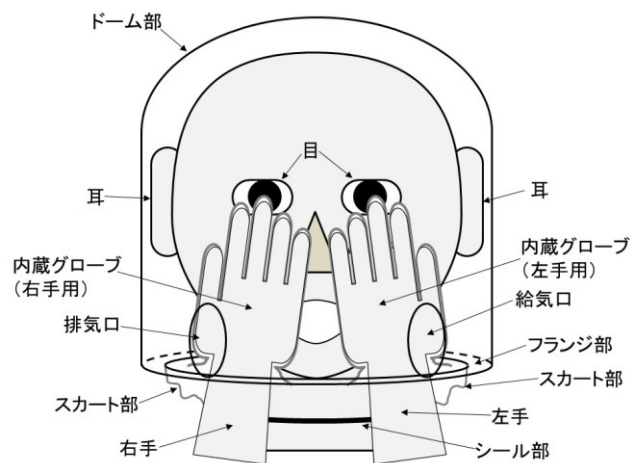
本発明に基づく“マスク”は、長時間装着されるため、着用したまま様々な作業ができることが必要である。中でも、スマートフォンのような情報通信技術、拡張現実のようなXR（VR, AR, MR の総称）技術との融合は、長時間装着するマスクの快適性、利便性を向上させる上でも重要となる。

情報通信との融合として、広く普及しているスマートフォンの機能を取り込むことが挙げられる。手始めに、マイクとスピーカをマスクに内蔵すれば、ハンズフリー通話、音声コントロールによる機器の操作が可能になる。特にAIアシスタントと連携すれば、音楽の変更や、照明の制御、ニュースの読み上げ、メールやSNSサービスのメッセージの送受信等の機能が有効になる。次に、ヘルメットにヘッドマウントディスプレイを組み込めば、映画の鑑賞やゲームなども可能となる。映像は、マスク装着者本人にしか見えず、スピーカの音漏れもマスクにより防止できるため、プライバシー対策も万全である。外の様子を見えるようにするかどうかは、映像の用途によって異なるため、液晶シャッターまたは物理的遮蔽板によって、外の光の透過、遮断を選択できることが望ましい。

図A3-1にXRスクリーン搭載型のヘルメット型マスクの例を示す。このマスクでは、ヘルメット前面に凹面型ハーフミラーを設置し、投影機により、装着者の前方数メートルの位置に仮想スクリーンがあるかのように映像を表示する。加えて、ハーフミラー裏側の液晶シャッターにより外の光の透過、遮光をコントロールする。また、2台のカメラにより、現在位置、姿勢を把握しXR映像の生成に利用する。これにより、VR（コンピュータ上に作られた仮想現実世界）、AR（撮影された画像上に合成された拡張現実世界）、MR（現実世界上にCG映像が重畳された複合現実世界）の体験が可能である。入力装置としては、音声入力や別途コントローラーを手につくほかに、カメラに自分の手を写してハンドトラッキングによりコントロールすることもできる。



図A3-1. XRスクリーンの搭載例



図A3-2. マスク内グローブの搭載例

XR対応マスクの用途としては、ゲームやアトラクションなどの体験の他に、現実世界とCGを重畳して、道案内を道路と重ねて表示するナビゲーション、作業の手順を実際に操作するレバーやボタンの近くに表示する作業補助等が考えられる。

【その他の快適装備】

【マスク内グローブ】

ヘルメット型のマスク着用時に困ることとして、汗や、かゆみの解消のため、顔を触りたくなる事が挙げられる。その解決方法として、図A3-2に示すようにマスク下部のスカーブ部に薄手のグローブを内蔵することを提案している。ヘルメットの下からグローブに手を入れて顔の前に持ってくることで、顔に触れたり、汗を拭ったりすることができる。グローブの材質にニトリルゴムやビニル樹脂を用いることで、使用しないときは折りたたんでスカーブ部に収納することができる。

【マスク内ポケット】

長時間に及ぶマスクの着用では、食料の摂取や薬の服用が必要となる。食事や服薬のためにマスクを付けたり外したりすることは、感染のリスクを高めてしまうため、マスクを付けたまま、ものを食べたり薬を飲んだりできることが求められる。その解決方法として、マスク内部にポケットを作成し、小物や食料、薬を保管する仕組みを提案している。ポケットに入れたものを取り出して使用する際には、シール部の柔軟性を利用することや、上述のマスク内グローブを用いることなどが考えられる。ポケットに入れる小物としては、ティッシュで鼻をかむ、ハンカチで汗を拭く、などが考えられる。