

競技かるた時の飛沫評価実験 報告書

2021年7月20日

一般社団法人全日本かるた協会

監修：石塚洋一（帝京大学医学部耳鼻咽喉科名誉教授・元日本医用エアロゾル研究会運営委員・元日本耳鼻咽喉科感染症研究会運営委員）

1. 実験概要	
(1) 調査概要	… 2
(2) 評価項目	… 3
(3) 評価のための使用文言	… 4
(4) 機材配置と実験手順	… 5
(5) 実験パラメータ	… 6
2. 飛沫可視化 到達距離	
1) 取り手	… 7
2) 読手	…11
3. エアロゾル計数	
(1) 総積算計数値	
① 取り手	…16
② 読手	…17
(2) 積算値	
① 取り手	…18
② 読手	…20
4. 実験結果	…23
5. 考察	…25
6. まとめ	…26

1. 実験概要 (1) 調査概要

1. はじめに

競技かるたは、小倉百人一首を読手が朗詠し取り手が下の句札を取り合う競技である。競技中に取り手や読手が発出する飛沫について、新型コロナウイルス感染下にも安全な競技かるたのあり方を検証するための実験をおこなう。

2. 目的

競技かるたの際の取り手ならびに読手が発声時に発出する飛沫について微粒子可視化システムを用いて評価する。

3. 実験場所

新日本空調株式会社 本社 8階 可視化専用実験室(クリーンルーム)

4. 実験日時

7月4日(日) 13:00~16:30 微粒子可視化調査(試演)

5. 被験者

取り手 前田 秀彦 八段
読手 稲葉 修至 七段 専任読手

6. 立会い

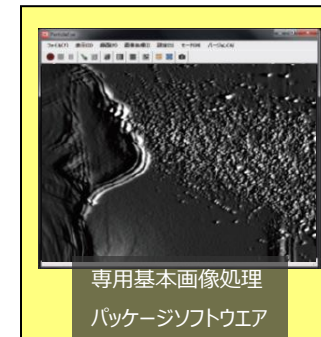
一般社団法人 全日本かるた協会
会長 松川 英夫
総務部 副部長 鶴谷 智子
総務部 片山 珠美

7. 実験協力

新日本空調株式会社 ビジュアルソリューション事業部 岡本 隆太様
高橋 幸三様

8. 使用設備

照明 : 微粒子可視化専用LED光源「パラレルアイD」
カメラ : 微粒子可視化専用高感度カメラ「アイスコープ」
画像処理 : 基本画像処理パッケージソフトウェア
粒子計数 : ポータブル微粒子可視化システム「Type-S」
その他 : 三脚などの撮影補助機材



1. 実験概要 (2) 評価項目

評価項目その1：可視化映像による飛沫評価

微粒子可視化システムType-Dにより、クリーンルームを運転後、一旦停止し、清浄な状態を維持し、静穏な状態で下記を撮影し映像から評価する。

- (1) 飛沫*1の発生状況：可視化動画では、飛沫の発生状況を可視化映像で確認し、定性的な比較を行う。
- (2) 飛沫の飛距離の比較：明らかに飛沫（放物線状の軌跡で飛散落下するもの）の発生が認められるケースについて、口元正面方向の飛沫の軌跡の最遠端を到達距離として画像計測する。

評価項目その2：計数による浮遊微粒子（エアロゾル）評価

微粒子可視化システムType-Sにより、クリーンルームを運転後、一旦停止し、清浄な状態を維持し、静穏な状態で、

取り手の場合：口元から水平距離10cm(最も接近した場合を想定)と70cm（姿勢を正して相手と対面した時の距離を想定）

読手の場合：口元から水平距離10cmと2m（競技時の読手と競技者との距離を想定）

の各々2箇所、Type-Sの計測エリア（20cm×4cm）の通過粒子数（0.5μm以上）のエアロゾル計数値を積算し比較評価する。*2

さらに、総積算計数値を比較検討する。

計測時間は30秒間である。ただし、取り手の呼気計測のみマスクなしで20秒間、不織布マスク着用で16秒間である。

* 1：評価項目1の「飛沫」は口内から慣性を持って勢いよく噴出する比較的大きい粒子（5μm以上）を対象とする。一般的な対策は、マスクや距離とされる

* 2：評価項目2では、浮遊微粒子とは慣性を失い失速後、しばらく浮遊するより小さい微粒子（0.5μm）を指す。一般的な対策は、換気による希釈とされる。

ただし、評価項目2では評価項目1の「飛沫」も含まれる

（新日本空調(株)の見解）

1. 実験概要 (3) 評価のための使用文言

使用した文言について

- (1) 取り手の発言：試合中に使われる言葉として選んだ。

挨拶 「よろしくおねがいします」

クレーム 「だめだめいまのはわたしがとりました」「おまちください」

(「だめだめ」はマナーに反しているが、飛沫が多く飛ぶ文言として選択した。)

札探し 「138ばんのたかさごありませんか」

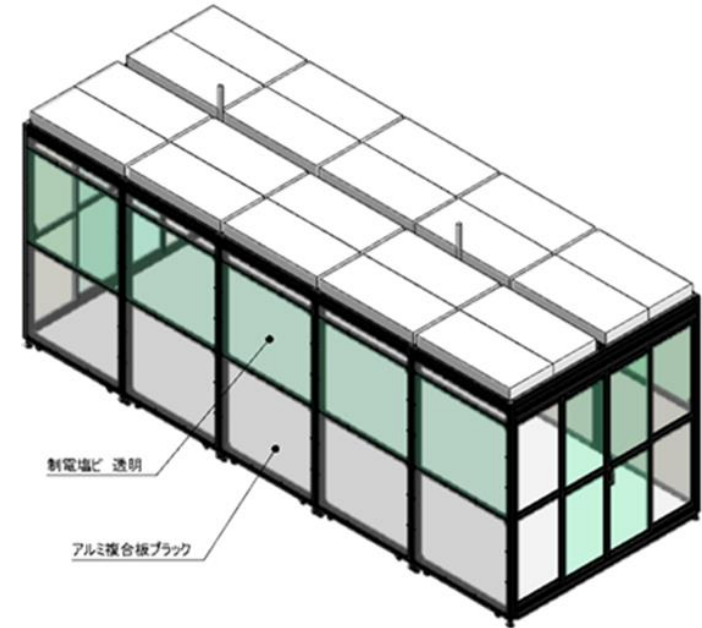
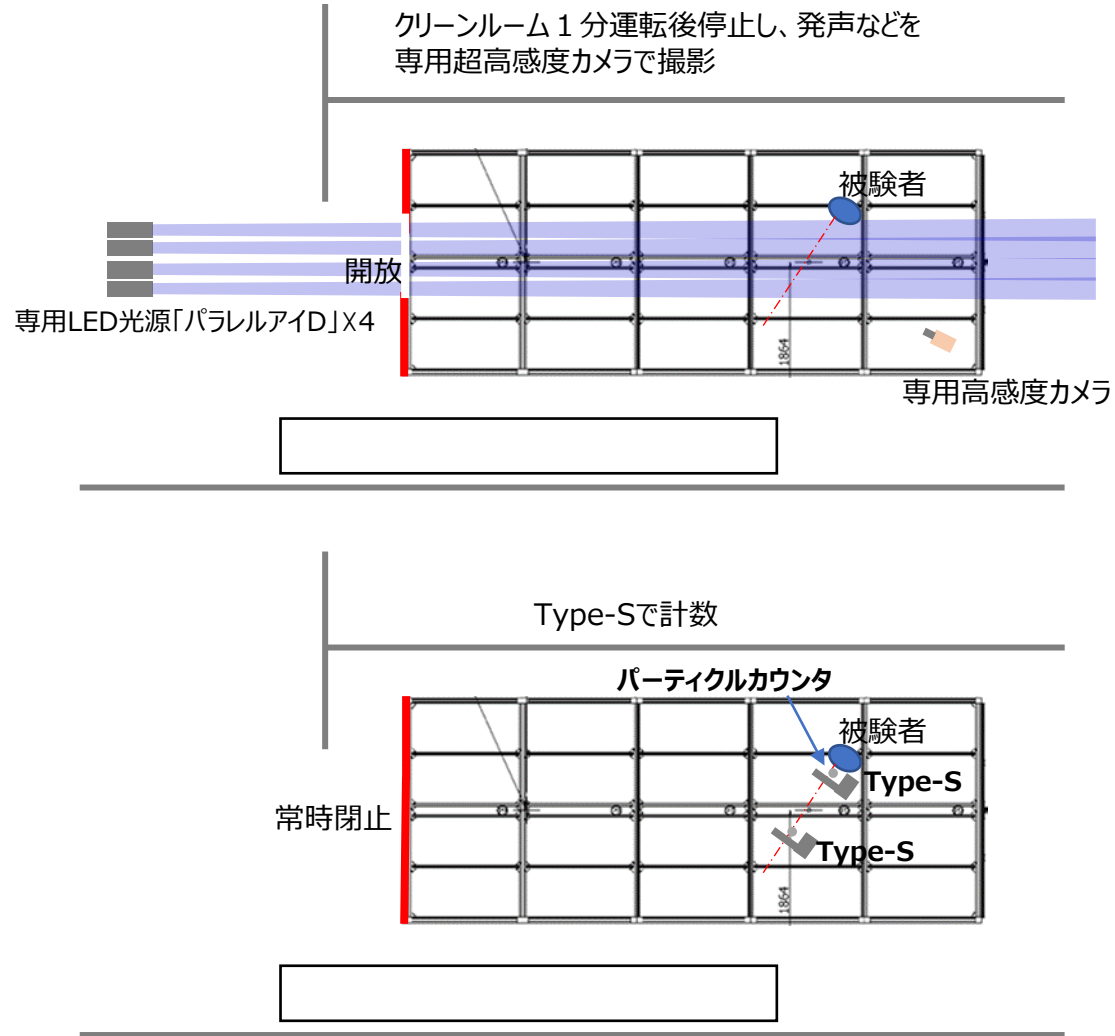
- (2) 歌を選んだ基準：

競技かるたの読み方に即して「下の句 次の札上の句」で読むことにした。

発音時に強い気流を必要とする歯茎破擦音「つ」が句頭にある札、同様に歯茎破裂音「た」が句頭にある札を飛沫が飛びやすいもの、母音や鼻音・弾音が多く含まれる札を飛沫が飛びにくいものと考え、次の3パターンとした。

- i) パターンA (飛沫が飛びやすい) : 「たつたのかわのにしきなりけり つくばねのみねよりおつるみなのがわ」
- ii) パターンB (飛沫が飛びやすい) : 「こひぞつもりてふちとなりぬる たきのおとはたえてひさしくなりぬれど」
- iii) パターンC (飛沫が飛びにくい) : 「よをおもふゆえにものおもふみは あらざらむこのよのほかのおもひでに」

1. 実験概要 (4) 機材配置と実験手順



1. 実験概要 (5) 実験パラメータ

試験番号	被験者	実験内容	対策	対応ページ
1-1-1	取り手	呼気 (息を吐く)	無し	p7 P16 p18
1-1-2	取り手		不織布マスク	p7 P16 p18
1-2-1	取り手	挨拶「よろしくおねがいします」 クレーン「だめだめいまのはわたしがとりました」「おまちください」 札探し「138ばんのたかさごありませんか」	無し	p8 p16 p19
1-2-2	取り手		不織布マスク	p9 p16 p19
1-2-3	取り手		布マスク	p10 p16 p19
2-1-1	読手	パターンA (飛沫が飛びやすい) : 「たつたのかわのにしきなりけり つくばねのみねよりおつるみなのがわ」	無し	p11 p17 p20
2-1-2-a	読手		不織布マスク(立体型)	p12 p17 p20
2-1-2-b	読手		不織布マスク(一般)	p17 p20
2-1-3	読手		マウスシールド	p13 p17 p20
2-1-4	読手		ポップガード	p14 p17 p20
2-1-5	読手	無し+アクリル板※	p15 p17 p20	
2-2-1	読手	パターンB (飛沫が飛びやすい) : 「こひぞつもりてふちとなりぬる たきのおとはたえてひさしくなりぬれど」	無し	p11 p17 p21
2-2-2-a	読手		不織布マスク(立体型)	p12 p17 p21
2-2-2-b	読手		不織布マスク(一般)	p17 p21
2-2-3	読手		マウスシールド	p13 p17 p21
2-2-4	読手		ポップガード	p14 p17 p21
2-2-5	読手	無し+アクリル板※	p15 p17 p21	
2-3-1	読手	パターンC (飛沫が飛びにくい) : 「よをおもふゆえにものおもふみは あらざらむこのよのほかのおもひでに」	無し	p11 p17 p22
2-3-2-a	読手		不織布マスク(立体型)	p12 p17 p22
2-3-2-b	読手		不織布マスク(一般)	p17 p22
2-3-3	読手		マウスシールド	p13 p17 p22
2-3-4	読手		ポップガード	p14 p17 p22
2-3-5	読手	無し+アクリル板※	p15 p17 p22	



不織布マスク (立体型)



ポップガード



不織布マスク(一般)



マウスシールド

※アクリル板は読手から50cmのところに設置した

2. 飛沫可視化 到達距離 1-1-1、1-1-2) 【取り手】「呼気」 ☆マスクの有無



マスク無し



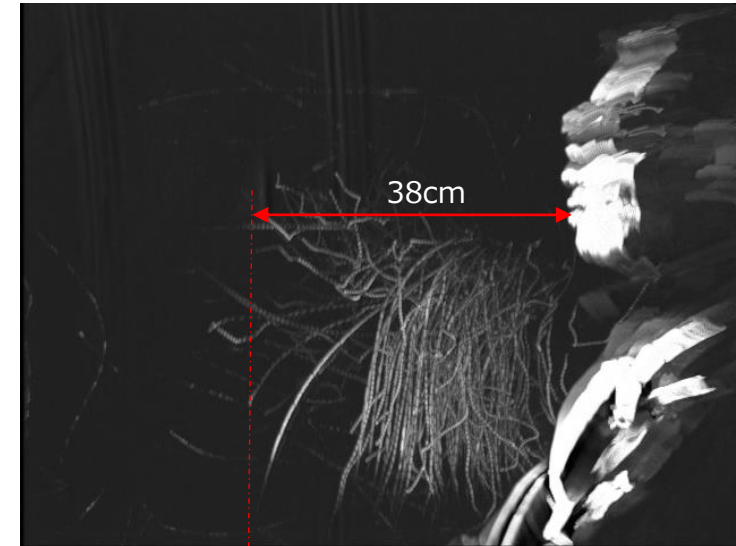
不織布マスク

注) 競技かるたでは、取り手は畳に座って取るのが通例ではあるが、計測機器の都合上椅子に座って計測している

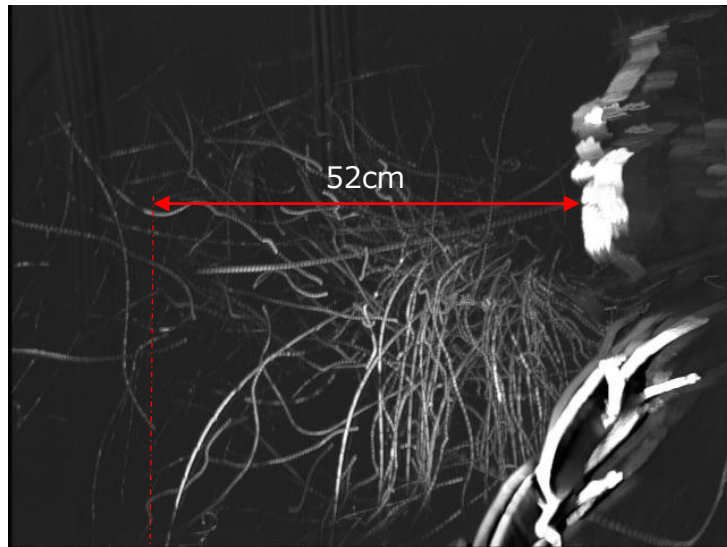
2. 飛沫可視化 到達距離 1-2-1) 【取り手】「挨拶」「クレーム」「札探し」 ☆マスク無し



「よろしくおねがいします」



「だめだめいまはわたしがとりました」「おまちください」



「138ばんのたかさごありませんか」

注) 競技かるたでは、取り手は畳に座って取るのが通例ではあるが、計測機器の都合上椅子に座って発声している

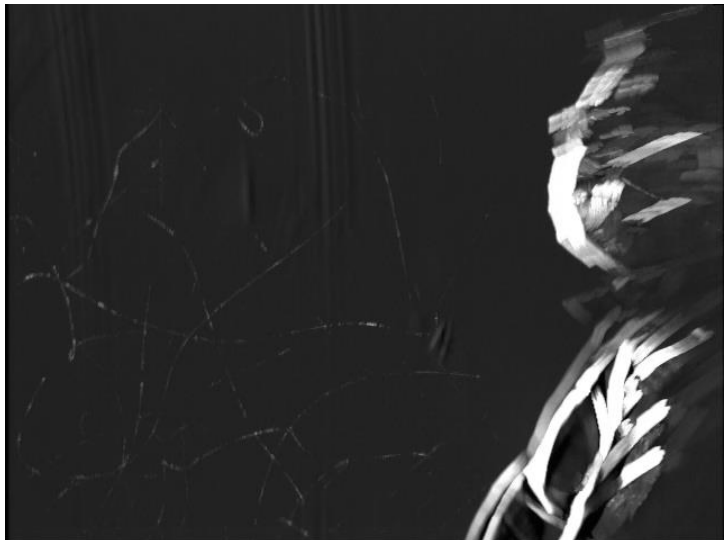
2. 飛沫可視化 到達距離 1-2-2) 【取り手】「挨拶」「クレーム」「札探し」 ☆不織布マスク



「よろしくおねがいします」



「だめだめいまのはわたしがとりました」「おまちください」



「138ばんのたかさがありませんか」

注) 競技かるたでは、取り手は畳に座って取るのが通例ではあるが、計測機器の都合上椅子に座って発声している

2. 飛沫可視化 到達距離 1-2-3) 【取り手】「挨拶」「クレーム」「札探し」 ☆布マスク



「よろしくおねがいします」



繊維くずの移動ライン

「だめだめいまはわたしがとりました」～「おまちください」



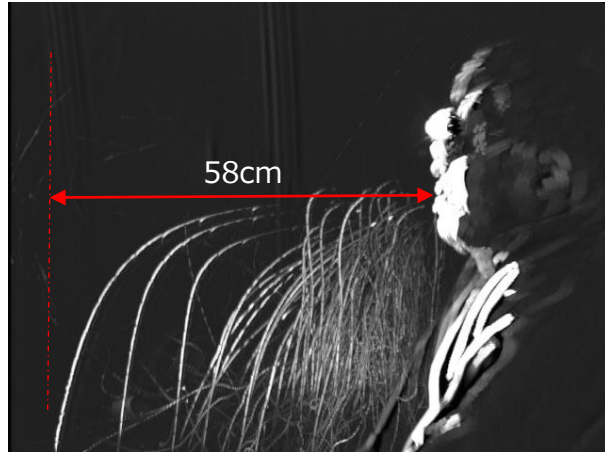
繊維くずの移動ライン

「138ばんのたかさがありませんか」

注) 競技かるたでは、取り手は畳に座って取るのが通例ではあるが、計測機器の都合上椅子に座って発声している

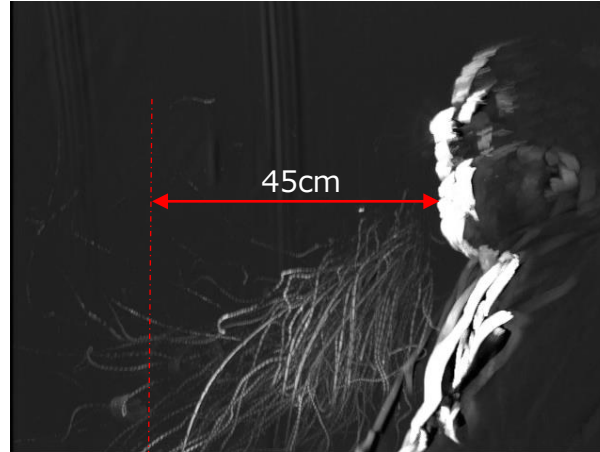
2. 飛沫可視化 到達距離 2-1-1、2-2-1、2-3-1) 【読手】 ☆マスク無し

パターンA (飛沫が飛びやすい)



「たつたのかわのにしきなりけり」

パターンB (飛沫が飛びやすい)

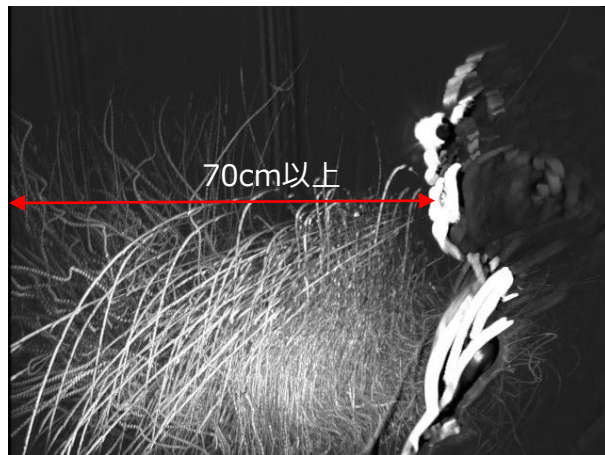


「こひぞつもりてふちとなりぬる」

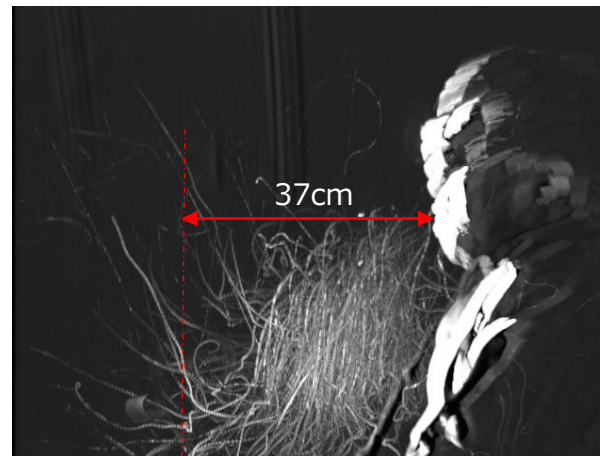
パターンC (飛沫が飛びにくい)



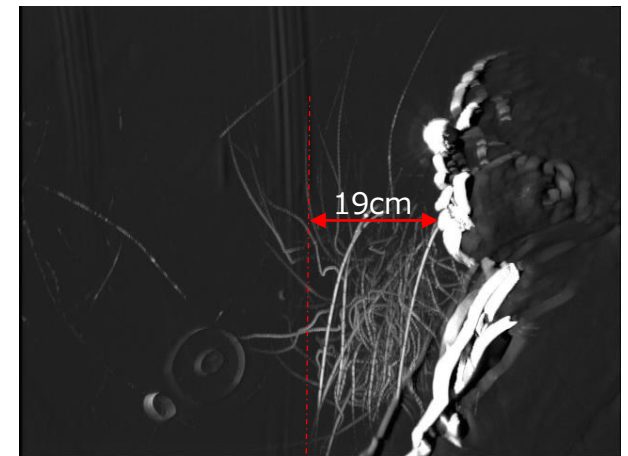
「よをおもふゆえにものおもふみは」



「つくばねのみねよりおつるみなのがわ」



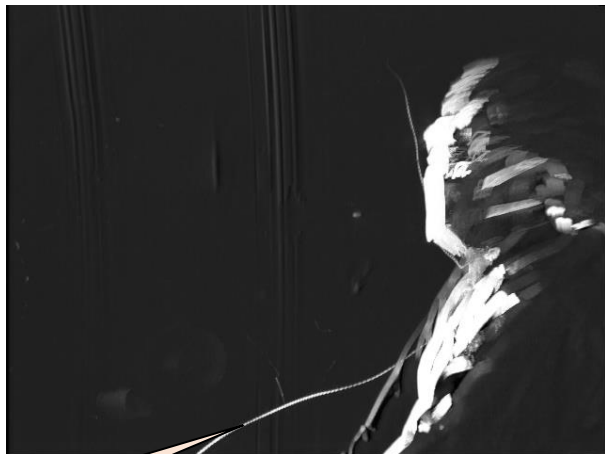
「たきのおとはたえてひさしくなりぬれど」



「あらざらむこのよのほかのおもひでに」

2. 飛沫可視化 到達距離 2-1-2-a、2-2-2-a、2-3-2-a) 【読手】 ☆不織布マスク（立体型）

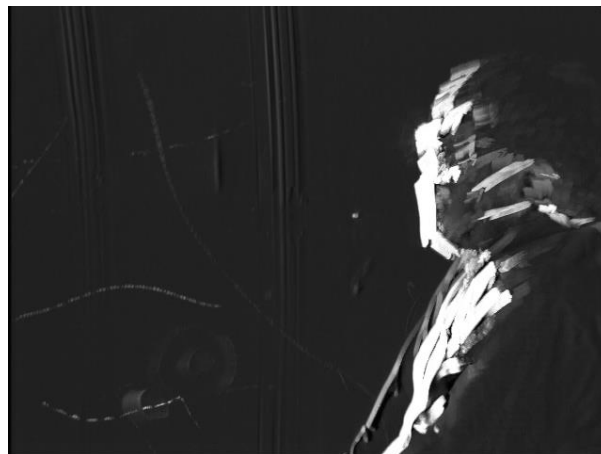
パターンA（飛沫が飛びやすい）



繊維くずの
移動ライン

「たつたのかわのにしきなりけり」

パターンB（飛沫が飛びやすい）

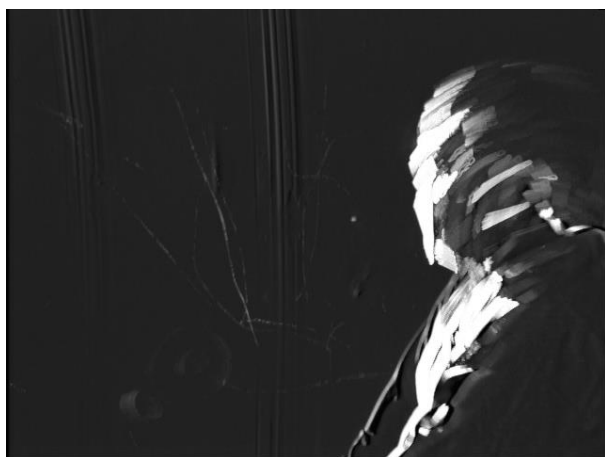


「こひぞつもりてふちとなりぬる」

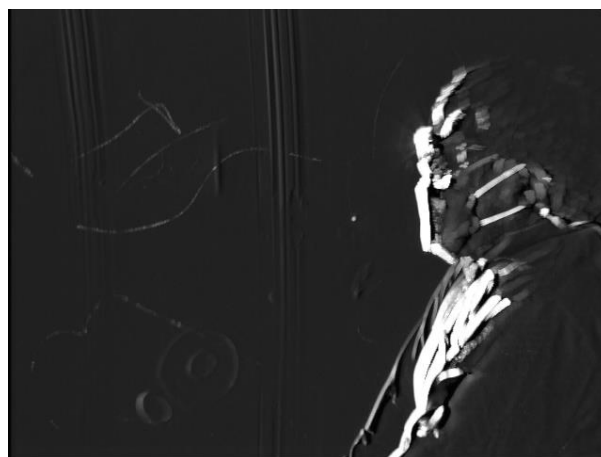
パターンC（飛沫が飛びにくい）



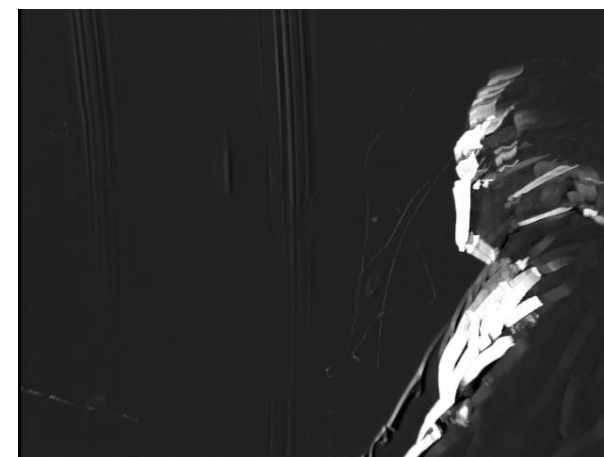
「よをおもふゆえにものおもふみは」



「つくばねのみねよりおつるみなのがわ」



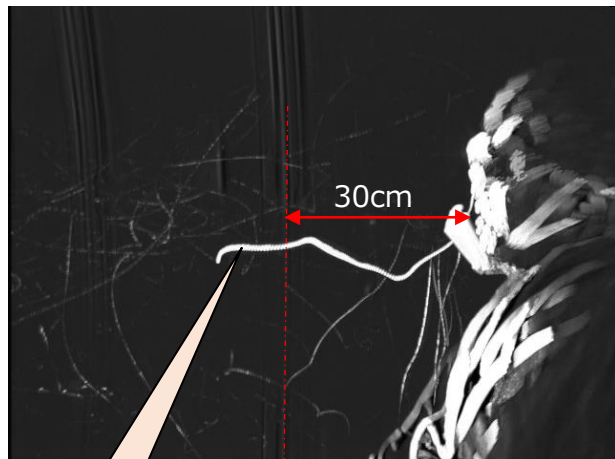
「たきのおとはたえてひさしくなりぬれど」



「あらざらむこのよのほかのおもひでに」

2. 飛沫可視化 到達距離 2-1-3,2-2-3,2-3-3) 【読手】 ☆マウスシールド

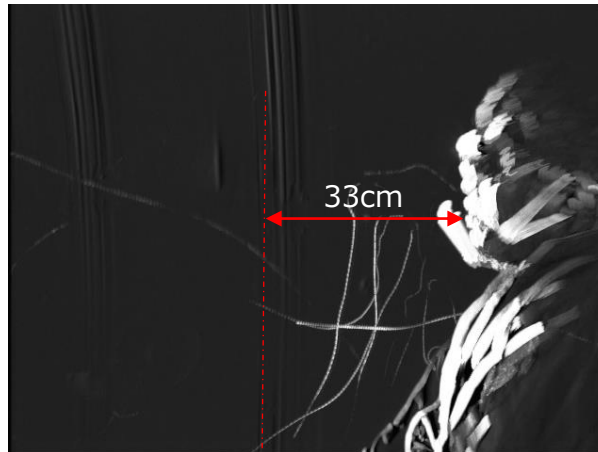
パターンA (飛沫が飛びやすい)



繊維くずの
移動ライン

「たつたのかわのにしきなりけり」

パターンB (飛沫が飛びやすい)



「こひぞつもりてふちとなりぬる」

パターンC (飛沫が飛びにくい)

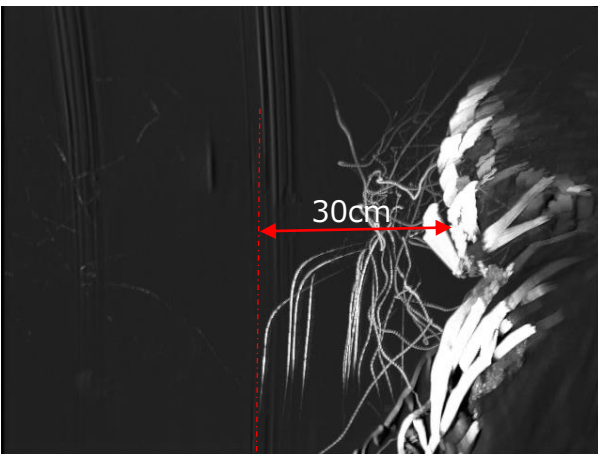


「よをおもふゆえにものおもふみは」



繊維くずの
移動ライン

「つくばねのみねよりおつるみなのがわ」



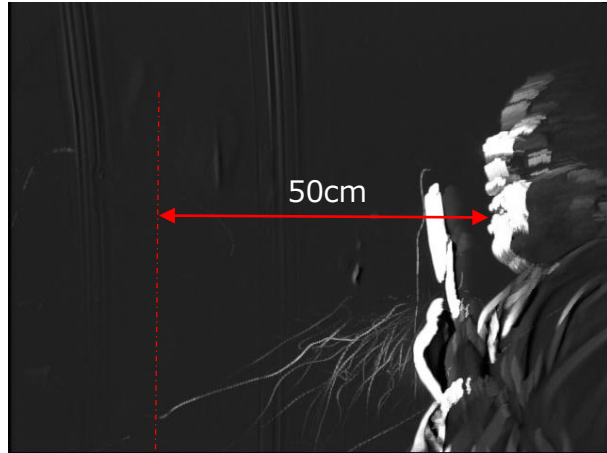
「たきのおとはたえてひさしくなりぬれど」



「あらざらむこのよのほかのおもひでに」

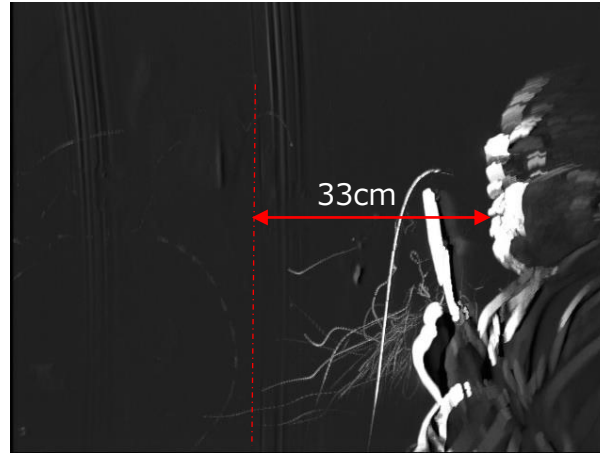
2. 飛沫可視化 到達距離 2-1-4,2-2-4,2-3-4) 【読手】 ☆ポップガード

パターンA (飛沫が飛びやすい)



「たつたのかわのにしきなりけり」

パターンB (飛沫が飛びやすい)

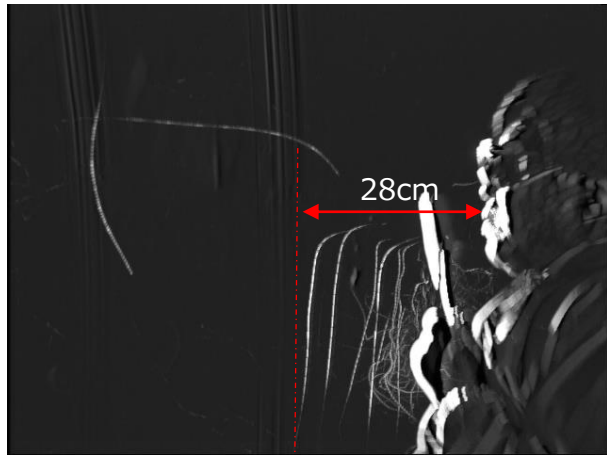


「こひぞつもりてふちとなりぬる」

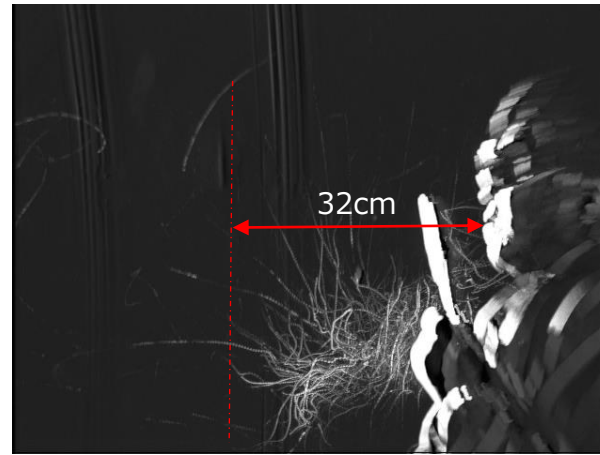
パターンC (飛沫が飛びにくい)



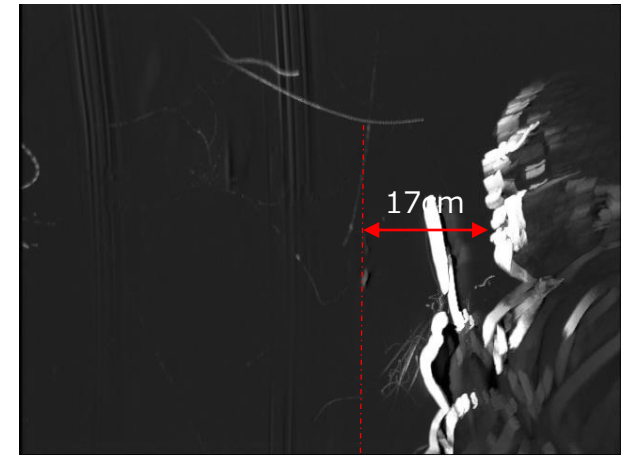
「よをおもふゆえにもものおもふみは」



「つくばねのみねよりおつるみなのがわ」



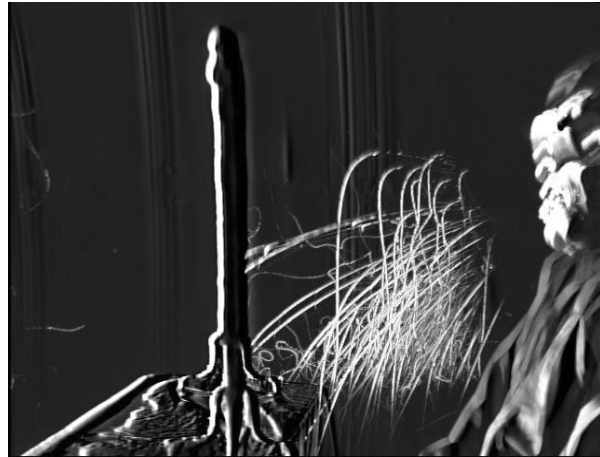
「たきのおとはたえてひさしくなりぬれど」



「あらざらむこのよのほかのおもひでに」

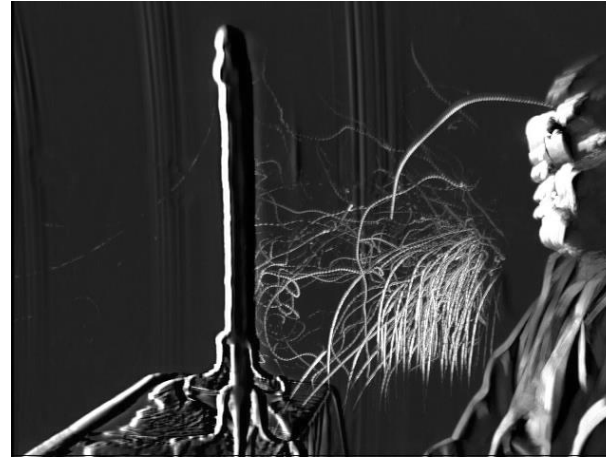
2. 飛沫可視化 到達距離 2-1-5,2-2-5,2-3-5) 【読手】 ☆アクリル板+マスク無し

パターンA (飛沫が飛びやすい)



「たつたのかわのにしきなりけり」

パターンB (飛沫が飛びやすい)



「こひぞつもりてふちとなりぬる」

パターンC (飛沫が飛びにくい)



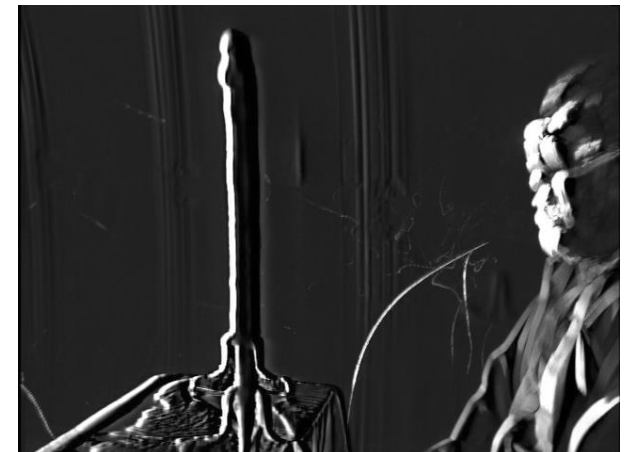
「よをおもふゆえにものおもふみは」



「つくばねのみねよりおつるみなのがわ」



「たきのおとはたえてひさしくなりぬれど」



「あらざらむこのよのほかのおもひでに」

3. エアゾール計数 (1) 総積算計数値 1) 取り手

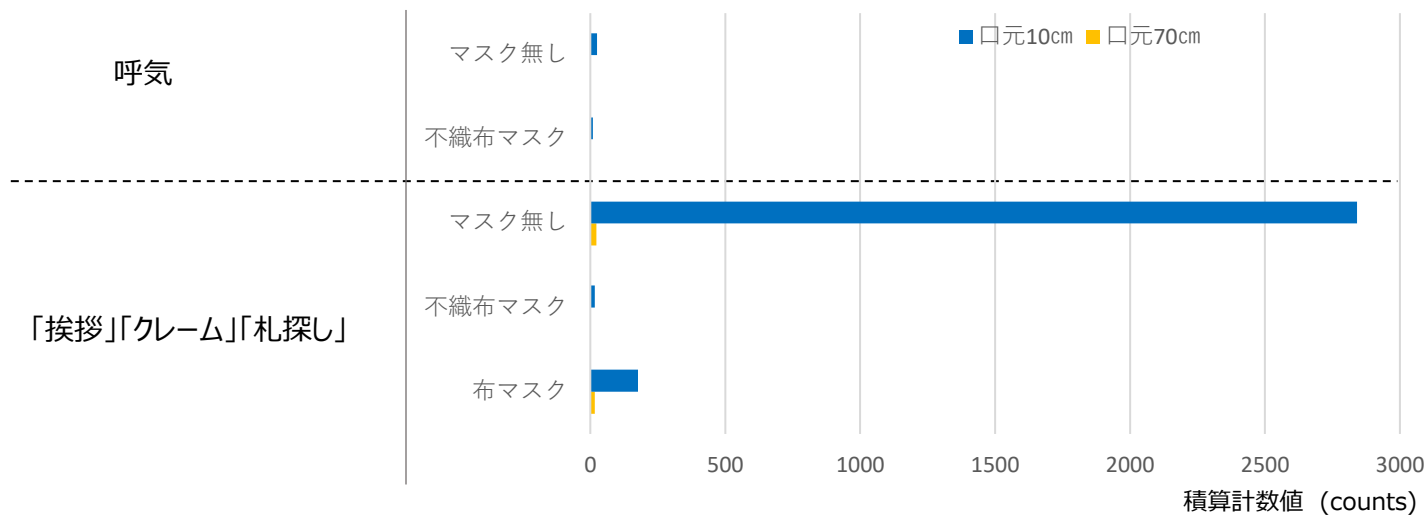
口元10cmと口元70cm※における総積算計数値の比較

被験者	実験内容	飛沫対策	積算時間(sec)	口元10cm	口元70cm	口元10cmの残存率(%)
取り手	呼気	マスク無し	20	25	2	—
		不織布マスク	16	9	1	36.0%
	「挨拶」「クレーム」「札探し」	マスク無し	30	2841	22	—
		不織布マスク	30	17	0	0.6%
		布マスク	30	176	17	6.2%

注) 布マスクは、飛沫以外の繊維くずの発生が想定されるため、計数値は飛沫に起因する粒子だけでは無い

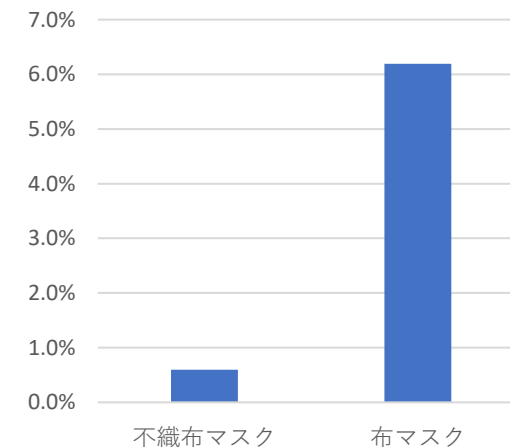
※口元70cmは、姿勢を正して相手と対面した時の距離を想定している

取り手の口元10cmと口元70cmにおける総積算計数値の比較



※ 呼気の口元70cm ■における総積算計数値は、軸に対し少量であるためほとんどグラフには表れない

発語時の口元10cmの各対策での粒子残存率

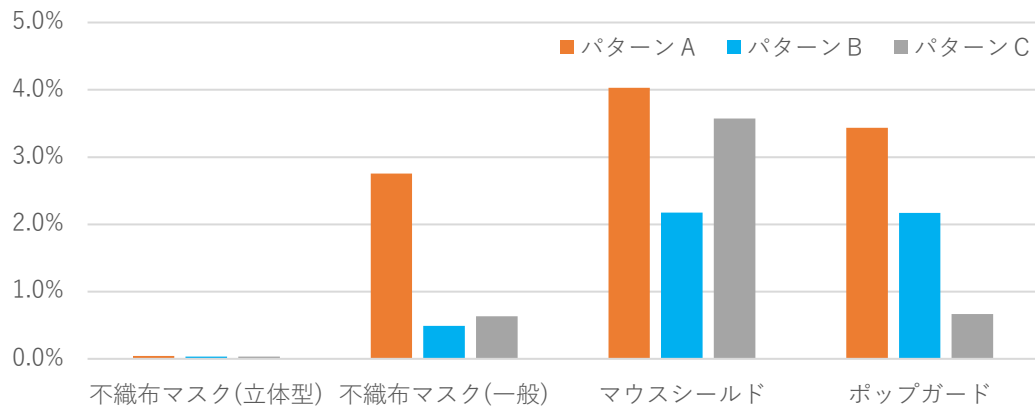


3. エアゾール計数 (1) 総積算計数値 2) 読手

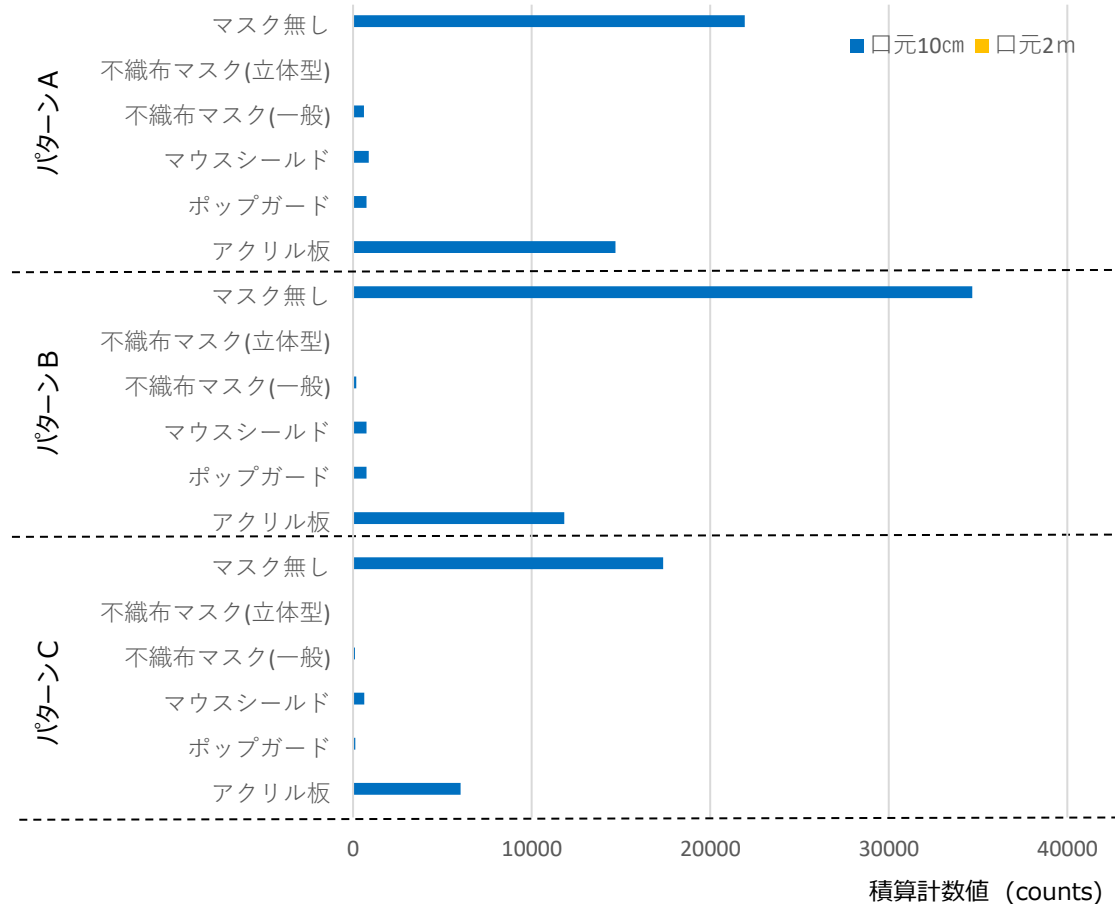
口元10cmと口元2mにおける総積算計数値の比較

被験者	実験内容	飛沫対策	積算時間 (sec)	口元10cm	口元2m	口元10cmの残存率(%)
読手	パターンA	マスク無し	30	21934	1	-
		不織布マスク(立体型)	30	10	1	0.0%
		不織布マスク(一般)	30	604	1	2.8%
		マウスシールド	30	884	0	4.0%
		ポップガード	30	754	2	3.4%
		アクリル板	30	14688	2	67.0%
	パターンB	マスク無し	30	34682	4	-
		不織布マスク(立体型)	30	12	0	0.0%
		不織布マスク(一般)	30	171	0	0.5%
		マウスシールド	30	754	0	2.2%
		ポップガード	30	753	0	2.2%
		アクリル板	30	11833	8	34.1%
	パターンC	マスク無し	30	17371	1	-
		不織布マスク(立体型)	30	6	0	0.0%
		不織布マスク(一般)	30	110	4	0.6%
		マウスシールド	30	621	0	3.6%
		ポップガード	30	116	0	0.7%
		アクリル板	30	6016	0	34.6%

読みパターンA,B,Cの口元10cmの各対策の粒子残存率比較

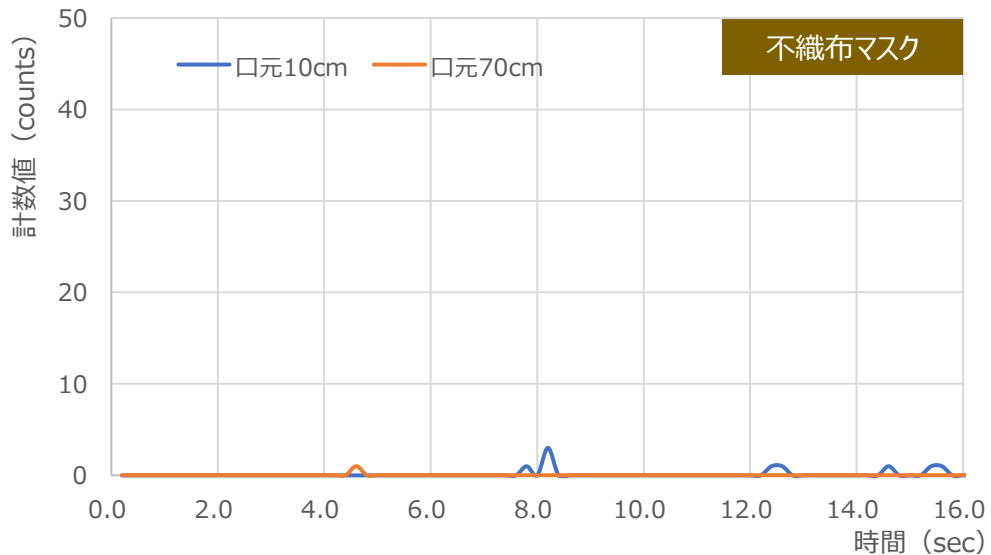
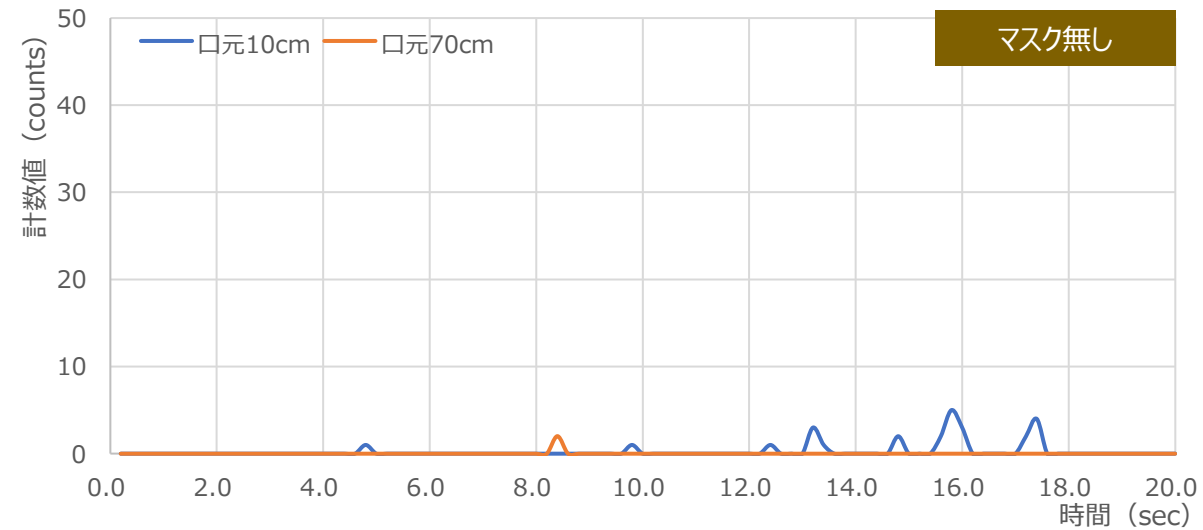


読手の口元10cmと口元2mにおける総積算計数値の比較



※ 口元2mにおける総積算計数値は、軸に対し少量であるためほとんどグラフに表われない

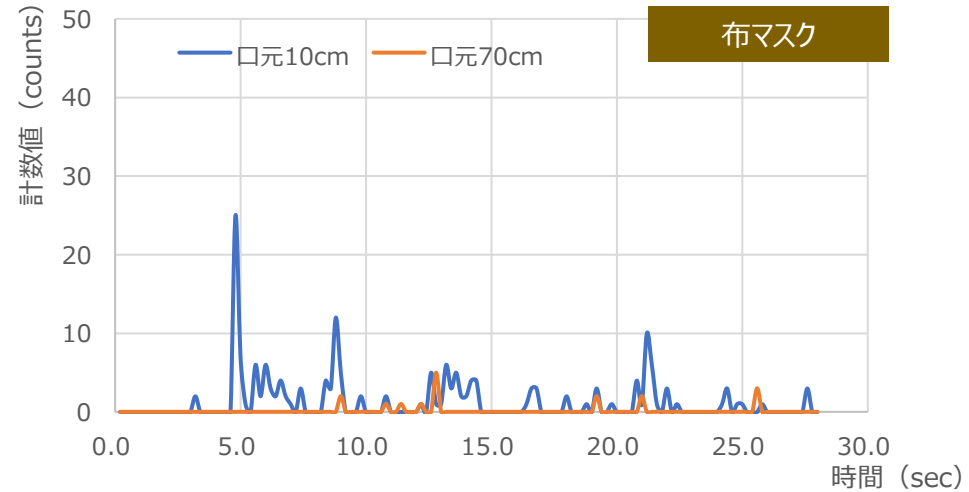
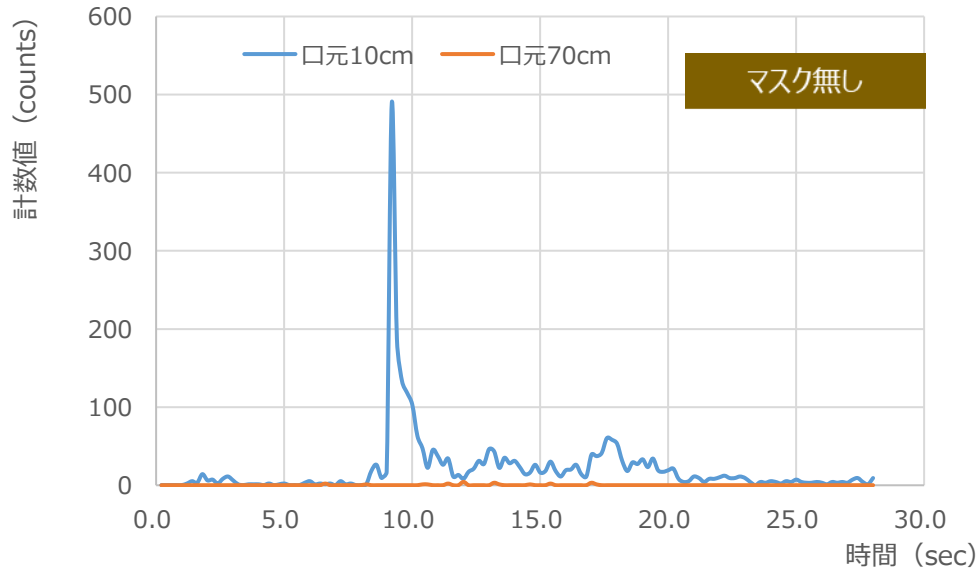
3. エアロゾル計数 (2) 積算値 1-1) 【取り手】「呼気時の計測 (息を吐く)」



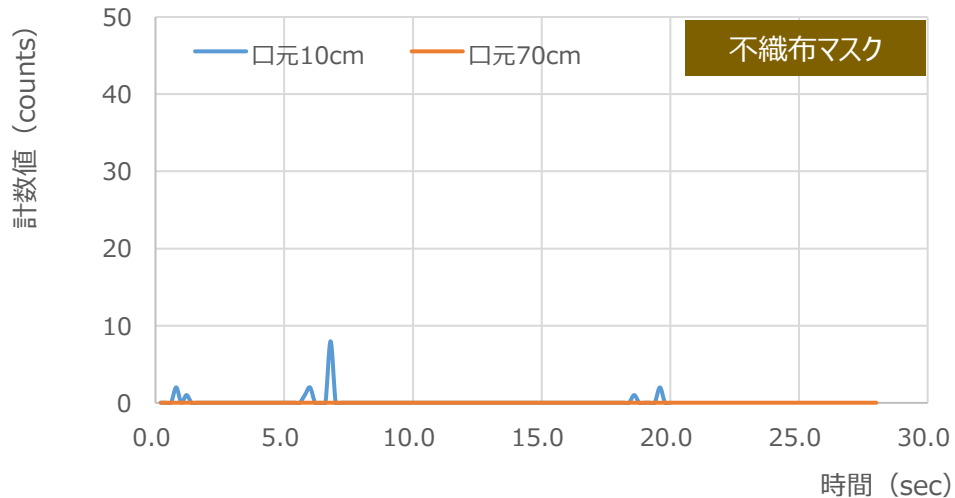
注1) 競技かるたでは、取り手は畳に座って取るのが通例ではあるが、計測機器の都合上椅子に座って計測している

注2) グラフの説明：計測器（微粒子可視化システム「Type-S」）で1/30秒毎に計数エリア（幅20cm×高さ4cm）を通過する0.5 μ m以上の粒子数が計数され、これを0.2秒毎に積算して時系列グラフとした。縦軸が異なるので注意されたい。

3. エアロゾル計数 (2) 積算値 1-2) 【取り手】「挨拶」「クレーム」「札探し」



注) 布マスクは、飛沫以外の繊維くずの発生が想定されるため、計数値は飛沫に起因する粒子だけでは無い

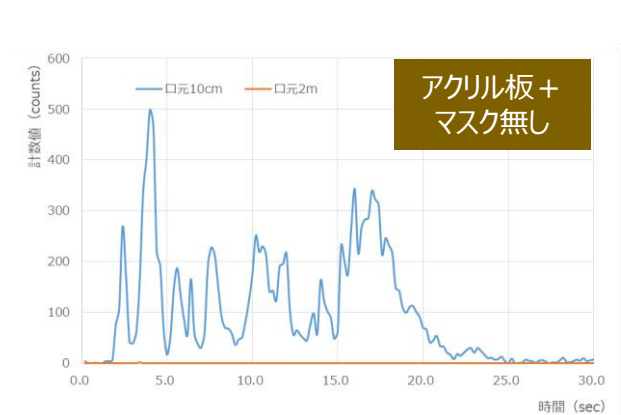
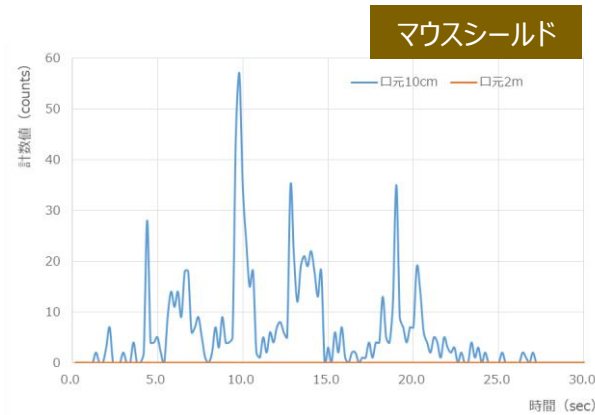
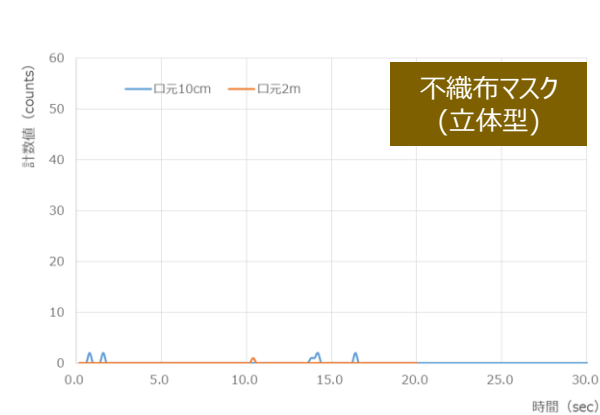
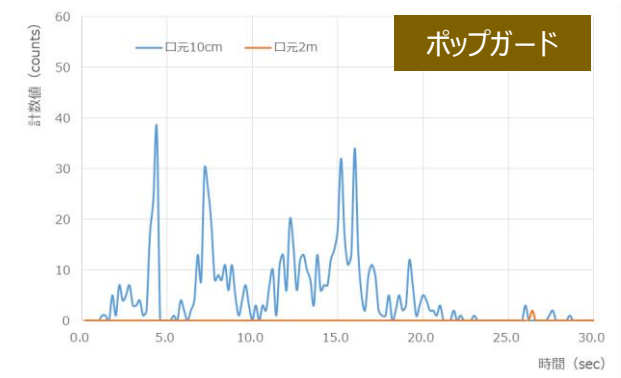
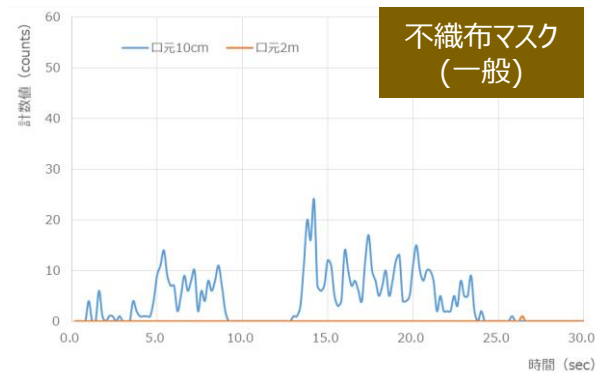


※計測風景

注) 競技かるたでは、取り手は畳に座って取るのが通例ではあるが、計測機器の都合上椅子に座って計測している

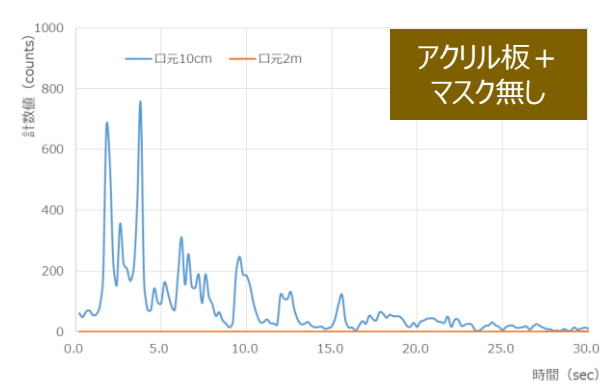
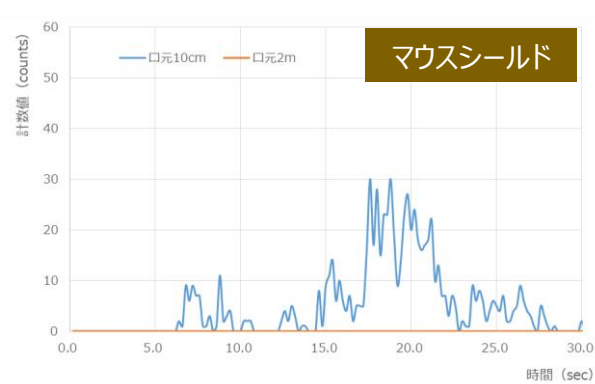
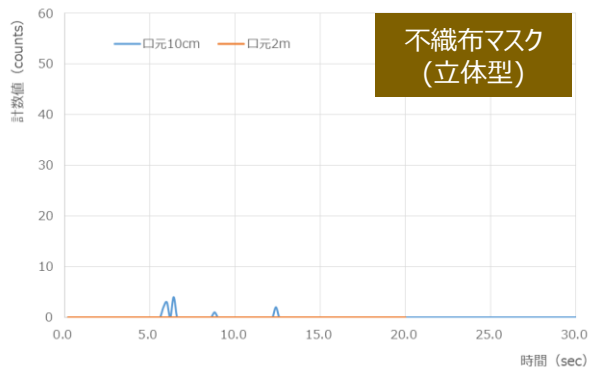
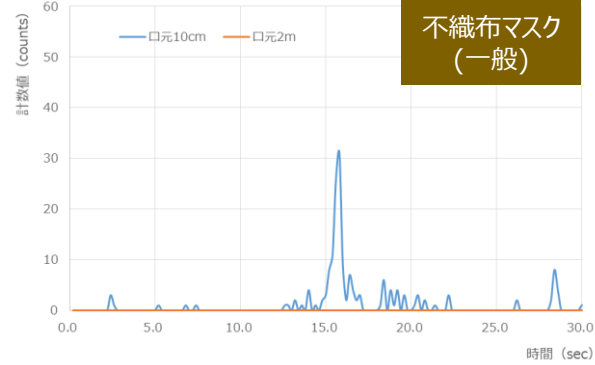
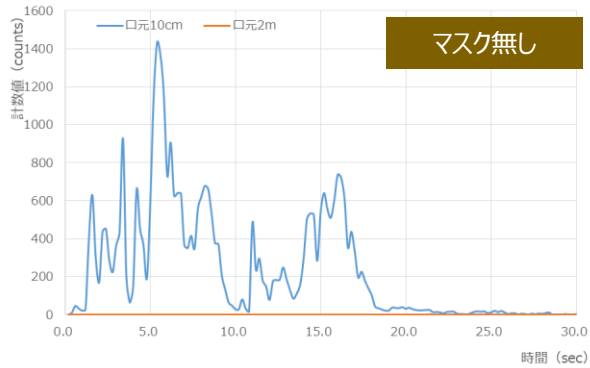
注) グラフの説明：計測器（微粒子可視化システム「Type-S」）で1/30秒毎に計数エリア（幅20cm×高さ4cm）を通過する0.5μm以上の粒子数が計数され、これを0.2秒毎に積算して時系列グラフとした。縦軸が異なるので注意されたい。

3. エアロゾル計数 (2) 積算値 2-1) 読手 パターンA (たつたのかわのにしきなりけり つくばねのみねよりおつるみなのがわ)



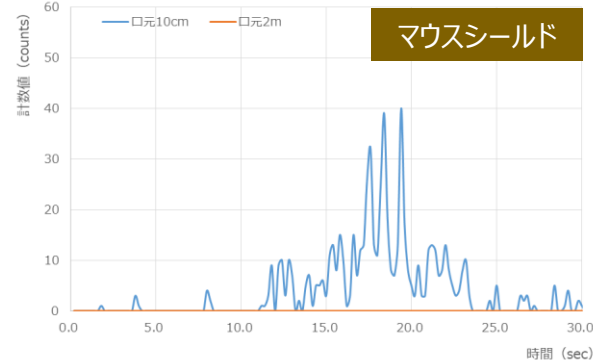
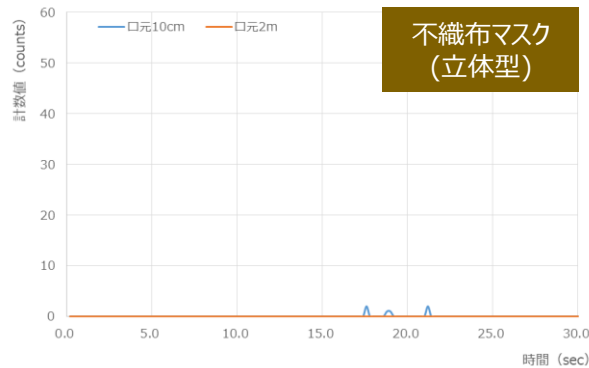
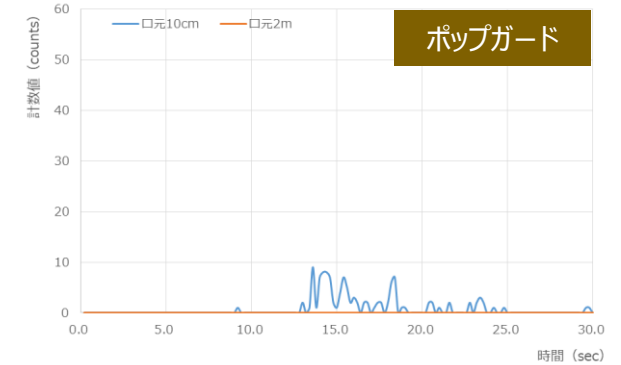
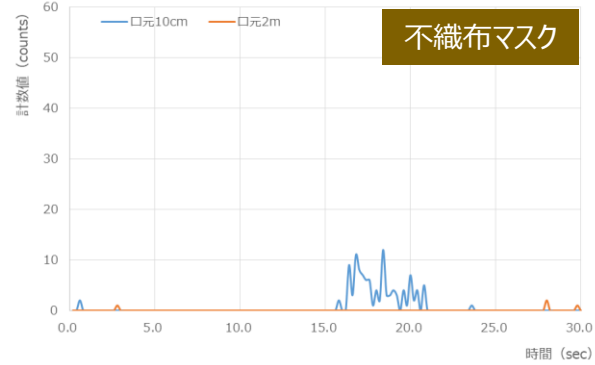
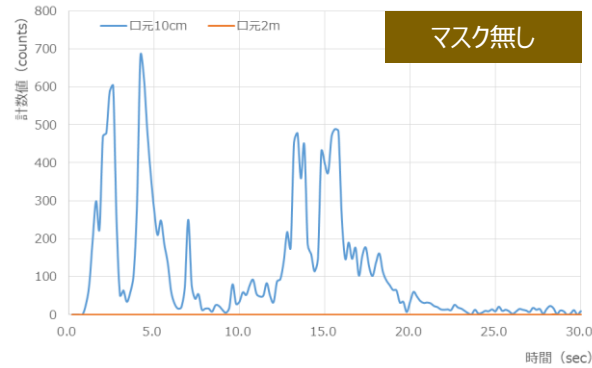
注) グラフの説明: 計測器 (微粒子可視化システム「Type-S」) で1/30秒毎に計数エリア (幅20cm×高さ4cm) を通過する0.5 μ m以上の粒子数が計数され、これを0.2秒毎に積算して時系列グラフとした。縦軸が異なるので注意されたい。

3. エアロゾル計数 (2) 積算値 2-2) 読手 パターンB (こひぞつもりてふちとなりぬる たきのおとはたえてひさしくなりぬれど)



注) グラフの説明: 計測器 (微粒子可視化システム「Type-S」) で1/30秒毎に計数エリア (幅20cm×高さ4cm) を通過する0.5 μ m以上の粒子数が計数され、これを0.2秒毎に積算して時系列グラフとした。縦軸が異なるので注意されたい。

3. エアロゾル計数 (2) 積算値 2-3) 読手 パターンC (よをおもふゆえにものおもふみは あらざらむこのよのほかのおもひでに)



注) グラフの説明：計測器（微粒子可視化システム「Type-S」）で1/30秒毎に計数エリア（幅20cm×高さ4cm）を通過する0.5 μ m以上の粒子数が計数され、これを0.2秒毎に積算して時系列グラフとした。縦軸が異なるので注意されたい。

4. 実験結果 (1) 可視化飛沫距離計測結果

(1) 可視化飛沫距離計測結果

1) 取り手

- ① 競技開始時の呼吸での飛沫の発生は見られなかった。
- ② 競技中の発する語句では、マスク無しの場合多くの飛沫の発生が見られた。挨拶「よろしくおねがいます」では飛沫は見られなかったが、クレーム「だめだめいまのはわたしがとりました」や札探し「138ぼんのたかさごありませんか」の時には、50cmを超える飛沫が見られた。
- ③ マスク着用時には飛沫の発出は認められなかった。

2) 読手

読手については、次の3パターンの各朗詠中の飛沫を調べた。

- i) パターンA (飛沫が飛びやすい) : 「たつたのかわのにしきなりけり つくばねのみねよりおつるみなのがわ」
- ii) パターンB (飛沫が飛びやすい) : 「こひぞつもりてふちとなりぬる たきのおとはたえてひさしくなりぬれど」
- iii) パターンC (飛沫が飛びにくい) : 「よをおもふゆえにもものおもふみは あらざらむこのよのほかのおもひでに」

- ① マスク無しの場合、パターンA、B、Cとも飛沫の発生が見られた。パターンAでは、到達距離は70cmを超えるものもあった。
- ② 不織布マスク(一般形)・マウスシールド・ポップガードでは、飛沫の発生は見られるが、各々に飛沫の到達距離を抑制する効果が見られた。
不織布マスク(立体型)では、明らかな飛沫の漏洩は見られず、十分な飛沫抑制効果が認められた。
- ③ アクリル板設置では、飛沫の遮蔽効果が見られた。

4. 実験結果 (2) エアロゾル計測結果

(2) エアロゾル計測結果

1) 取り手

- ① マスク無しの場合、発言する語句によりエアロゾルの発生量に違いがあった。
- ② 挨拶「よろしくおねがいします」 クレーム「だめだめいまのはわたしがとりました」「おまちください」札探し「138ばんのたかさごありませんか」
いずれの場合も口元10cmでは、多数のエアロゾルの発生が見られたが、エアロゾル発生値は、不織布マスク着用で1%以下まで減少した。
- ③ 口元10cmで計数されたエアロゾルに比べ、口元から70cm離れると、エアロゾルはごくわずかしか計数されなかった。

2) 読手

- ① マスク無しの場合、パターンによりエアロゾルの発生量に差異は見られるが、口元10cmでは、いずれの場合も取り手の場合より、多数のエアロゾルの発生が見られた。アクリル板使用時では、若干の減少が見られた。
- ② 各対策の口元10cmにおいては、エアロゾル計数値は対策なしに比べ、ポップガードとマウスシールドで数%、不織布マスクでは1%前後まで減少した。
- ③ 口元から2 m離れた位置では、エアロゾルはほとんど計測されなかった。

5. 考察

新型コロナウイルス感染が収まらない中、競技かるたのあり方を検証するために、取り手並びに読手が発声時に発出する飛沫について微粒子可視化システムを用いて科学的に実証した。

取り手では、通常の呼吸時には飛沫は見られなかった。発語時のマスク無し時には、口元10cmで飛沫が見られたが、マスク（とくに不織布マスク）着用時には飛沫はほとんど認められなかった。

読手では、口元10cmで取り手よりも多数のエアロゾル発生が見られた。口元から2m離れた場所ではエアロゾルはほとんど計測されなかった。マスク無し時には、読む歌（札）によっては飛沫が70cmを超えることもあったが、マスク着用時には、飛沫距離及びエアロゾル計測ともに抑制効果が認められた。とくに立体型不織布マスク着用時には、飛沫距離およびエアロゾル計測ともに著しい抑制効果が認められた。アクリル板使用時には、飛沫の若干の抑制効果が見られた。

6. まとめ

長時間におよぶ競技かるたにおいては、飛沫・エアロゾルの発生の可能性の観点からも、競技開始後の競技者間の距離を考慮し、マスクの着用は必須と思われる。

今回の実験結果から、取り手には不織布マスクが推奨される。読手には、立体型の不織布マスクが推奨される。読手の立つ位置は、競技者から2m以上の距離をおくことは適正であると判断される。

マスク（特に不織布マスク）着用により、エアロゾルの発生は著明に抑制されるが、空中に浮遊するエアロゾルは皆無ではない。競技者の周囲の空間にエアロゾルの蓄積がないように、また、飛沫やエアロゾル等落下物の畳への堆積を減らすためにも、適切な換気や清拭を心掛け競技への影響をできるだけ少なくすることが必要である。