

次世代型吸入器向けフォトリフレクタを用いた吸入タイミング簡易測定システムの検討

Low-cost system to measure timing of inhalation with photo reflector for next-generation pressurized metered-dose inhalers (pMDI)

○滝島翔太¹, 村下陽², 戸田健³, 中川一人⁴, 伊藤玲子⁵, 丸岡秀一郎⁵, 肥田不二夫⁶, 権寧博⁵

*Shota Takihata¹, Hikaru Murashita², Takeshi Toda³, Kazuhito Nakagawa⁴,
Reiko Ito⁵, Shuhiro Maruoka⁵, Fujio Koeda⁶, Yasuhiro Gon⁵

Abstract: Inhalation timing in using pressurized metered-dose inhalers (pMDI) is essential problem for inhalation treatment, because of uncertainty whether fine MDI particles are inhaled and reached to lung, instead of commonly used oral dosing. In this paper, measuring method of inhalation timing in use of the pMDI is presented. Particle Image Velocimetry measurement is generally used to measure velocity of plume of the fine MDI particles released from inhaler, however it is too much expensive. Thus in this research, a simple and low-cost system to measure the inhalation timing was investigated. Two reflection-type of photoelectric sensors were placed with an interval in a clear container attached to the inhaler. When a canister of the inhaler was pushed once, the photoelectric light output from the photoelectric sensor, reflected in one-puffed medicine particle group. The reflected light then was detected in the photoelectric sensor receipt part. From time difference between the two reflected light detected in the sensor #1 and #2, maximum velocity of a puff of inhaler was measured with 16.2 % error. Maximum velocity of a puff of inhaler with user inhalation also was measured with 16.5% error.

1. はじめに

本研究の対象疾患は、気管支喘息と慢閉塞性肺疾患 (Chronic Obstructive Pulmonary Disease ; COPD)である。気管支喘息は、世界で 3 億人の患者がいると言われており、わが国では全人口の 3~6%の有病率であることが報告されている⁽¹⁾。COPD は、日本人の 40 歳以上で 8.6%、患者数は 530 万人と推定されており、WHO は 2020 年には COPD が世界の死因の第 3 位になると予測している⁽²⁾。喘息や COPD は、その高い有病率と慢性的な症状から、社会に及ぼすインパクトは大きく、その対策は社会的に見ても重要な課題である。

気管支喘息や COPD の治療の基本は吸入療法である。吸入療法は、薬剤が吸入器により気管支や肺などの患部に直接作用することから、経口薬に比べ薬効が確実で早く、薬量が少量でかつ短期間で済む⁽³⁾。また全身への副作用も少ない。しかし、そのためには患者の正しい吸入方法の修得が必要であり、吸入器の操作方法や吸い方等の吸入指導が欠かせない⁽⁴⁾⁽⁵⁾。特に吸入器を初めて使用する患者や肺活量の少ない小児患者・高齢者は正しく吸入器を使用できない傾向が強い。

本研究では、加圧式定量噴霧吸入器 (pressurized metered-dose inhaler ; pMDI)の問題点である噴霧薬剤と吸気のタイミングを同調するために吸入タイミングの当否を判定する低コストかつ省スペースな流速測定システムの試作した⁽⁸⁾。

2. システム要件

pMDI は、喘息や COPD 吸入療法を中心に、世界で数億人が使用している医療器具である。しかし、呼吸との同調が難しい問題があるため、第三者によって吸入タイミングの当否を判定するシステムを導入することで吸入支援を行う必要がある。このシステムを導入するためには、1)吸入タイミングの定量的な測定を可能にしなければならない。また、次世代型吸入器アダプターの開発のためには、2)吸入タイミングの測定は吸入器内部で行う必要がある。

上記に従ったシステム要求は以下のようになる。

- (ア) 吸入タイミングを定量的に測定する。
- (イ) 薬剤検出時に薬剤の噴霧を妨げない。
- (ウ) 吸入器内部で薬剤の噴霧を検出する。

3. 測定方法

吸入タイミングの当否を判定するシステムとして、吸入器から噴霧された薬剤の流速に着目した。2章で示した機能要件に従い、吸入器から噴射される薬剤の速度を測定するシステムの開発を行う。3cm に到達した際の噴霧薬剤の瞬間速度は粒子画像流速測定法 (Particle Image Velocimetry, PIV)により 20.3m / s⁽⁶⁾、In-Check Dial(diskus 用のアダプター)を用いた測定により成人男性の平均吸気速度は 5.55 m / s⁽⁷⁾と判明している。そのため、吸入時の薬剤速度は 25.8m / s とした。

本システム(図 1 参照)では、制御システムとして Arduino due を使用し、5mm 間隔(sensor1 : 2.7cm, sensor2 : 3.2cm)で設置したフォトリフレクタの噴霧薬剤の検知時間差により、噴霧薬剤の速度を測定する。センサーが最大電圧を測定した薬剤粒子に注目し、噴霧薬剤の速度計測を行う。

4. 結果・考察

3章で構築したシステムのもと、噴霧薬剤の流速及び吸入時の噴霧薬剤を測定した結果を図 2~5 に示す。本システムで計測した噴霧薬剤のみの時間差は 293 μ s(17.0 m / s)、噴霧薬剤の吸入時での時間差は 232 μ s(21.6 m / s)であった。PIV では噴霧薬剤のような粒径が小さい場合でも高感度ハイスピードカメラによって検出し速度計測することができる。一方フォトリフレクタでは、粒径が小さく半透明であるため、光の反射率が低く検出率が悪くなっている。そのため、理論値と比べ 16%の誤差が生じたと考えられる。また、フォトリフレクタの設置誤差も含まれる。

5. まとめと今後

本研究では、pMDI での吸入タイミングの当否を判定するために低コストかつ省スペースな流速測定シス

1: 日大理工・(院)前・電気 2: 日大理工・学部・電気 3: 日大理工・教員・電気 4: 日大生産工・教員・創生デザイン
5: 日大医・教員・内科学系 6: 日大芸術・教員・デザイン

テムを試作した. 本システムで測定した 3cm 時の薬剤瞬間速度及び吸入時の薬剤速度は理論値と比べ, 16% の誤差が生じた. しかし, 吸入時の薬剤速度は噴霧薬剤のみの速度と比べ 4.6 m/s 速いため, 本システムにより吸入による薬剤の加速を観測することができた.

今後は, 本システムを用いた実証実験を行い, 測定結果から吸入支援を行うシステム開発をする予定である.

謝辞

本研究の一部は, 日本大学学術研究助成金(No. 社 18-006)「吸入療法支援のためのクラウド型在宅医療連携モデルに関する研究」によるものである. ここに記して謝意を表す.

5. 参考文献

[1] The Global Strategy for Asthma Management and Prevention, Global Initiative for Asthma (GINA) 2012. Available from: <http://www.ginasthma.org/>.

[2] A.D.Lopez, K.Shibuya, C.Rao, C.D.Mathers, A.L.Hensell, L.S.Held, V.Schmid, S.Buist, “Chronic obstructive pulmonary disease: current burden and future projections”, Eur Respir J, 27 (2006), pp. 397-412.

[3] 山田真之亮, 他, “外来喘息教室における吸入指導後の症状・アドヒアランス及び患者満足度の評価”, YAKUGAKU ZASSHI, Vol.131 (2011), No. 11, P.1629-1638

[4] 永井智子, 他, “薬剤師外来における吸入指導:服薬アドヒアランスに影響を与える要因”, 医療薬学, Vol. 40, No. 7, pp. 375-382 (2014)

[5] 吉村千恵, 他, “吸入療法における病診・病薬連携の現状:全国病院調査から”, アレルギー Vol. 63, No. 2, pp. 178-186 (2014).

[6] Johal Baljinder, et. al., “Plume characteristics of fluticasone propionate/formoterol pMDI compared with fluticasone,propionate/salmeterol pMDI”,P4132, European Respiratory Society Annual Congress 2013

[7] Ayako Ohwaki, et. al., “SURVEY OF PEAK INSPIRATORY FLOW AND ITS PREDICTOR AMONG PATIENTS WITH ASTHMA”, P610-615, 2011

[8] Shota Takihata, et. al., “A basic study of simple and low-cost system to measure timing of breath-puff timing in using pressurized metered-dose inhalers (pMDI)”, accepted in 24th International Conference on Electrical Engineering (ICEE2018), Seoul, Korea, June 2018



Figure1. Inhaler and measurement system of spray velocity

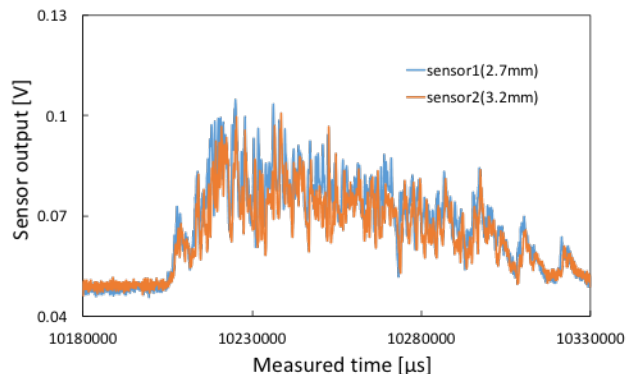


Figure2. Output of sensors (with only spray)

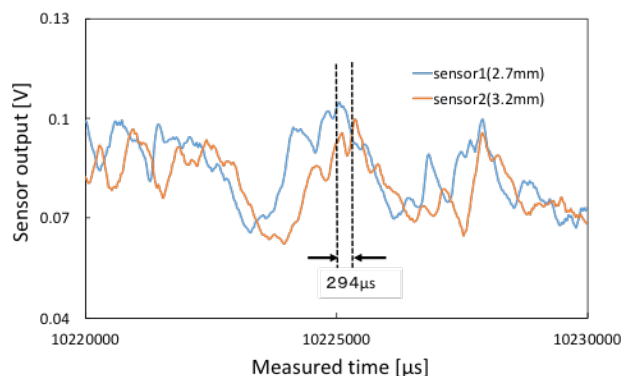


Figure3. 10msec-window opened focusing on maximum value of sensor 1 output (with only spray)

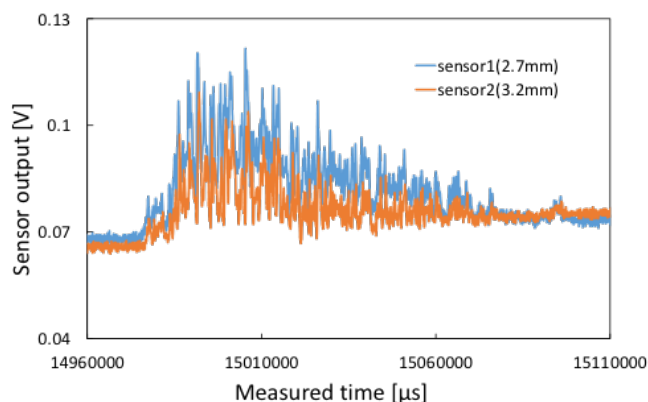


Figure4. Output of sensors (with both inhalation and spray)

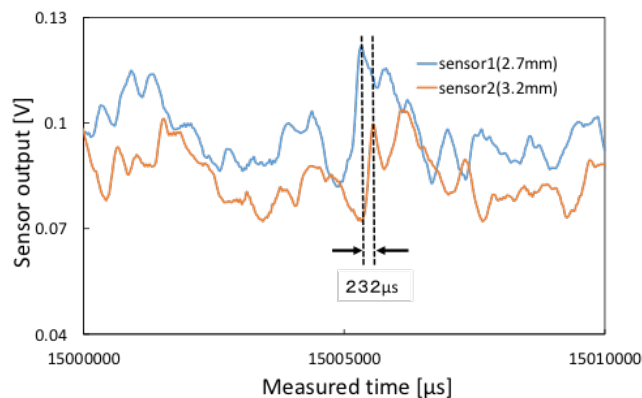


Figure5. 10msec-window opened focusing on maximum value of sensor 1 output (with both inhalation and spray)