

# 赤外線式ソープディスペンサーの液垂れ低減に関する研究

*A Study on the Dripping Reduction of Soap Dispenser by Infrared Sensor*

上西園武良<sup>1\*</sup>・相賀成美<sup>2\*</sup>

## 要旨：

手をかざすだけで洗剤液が供給される手洗い用のソープディスペンサーが広く普及している。しかし、手を引いた直後に洗剤液の液垂れが起こる場合があり、洗面台を汚す要因となっている。本報ではこの問題を取り上げ、液垂れの要因究明と対策案の提案について述べる。被験者実験の結果、液垂れの要因としては、ソープディスペンサー内部の電氣的・機械的な反応速度だけでなく、吐出終了後の洗剤液の落下時間が大きく関与していることが判明した。これらに基づき、具体的な改良案として、センサ設置位置の変更および吐出停止スイッチの追加を提案する。

**キーワード：**手洗い、ソープディスペンサー、液垂れ、センサ反応速度、人間工学

## 1. はじめに

赤外線式ソープディスペンサーとは、手をかざせば赤外線が手を検知して洗剤液が吐出し、手を引けば吐出が停止するという便利なものである。これは現在広く普及しており家庭で使用している人も多い。しかし、実際に使用した際、手を引いた直後に洗剤液が垂れてしまうという問題がある。そこで、本研究ではこの液垂れについて取り上げ、液垂れ要因の解明と改善案の提案を行うこととする。

手を引いた直後の液垂れについて過去の研究事例の調査を行った。インターネットサイトには、誤って赤外線の検知範囲に手が入ってしまい不要な時に吐出する<sup>1)</sup>、本体を持つと吐出する<sup>2)</sup>、などといった問題が指摘されている。また、液垂れ防止に関する研究事例としては、製造現場で用いる工業用ディスペンサーについての研究事例<sup>3),4),5)</sup>がある。しかし、家庭用ソープディスペンサーの液垂れについての研究事例は見つからなかった。

本論文の目的は、赤外線式ソープディスペンサーの液垂れ要因を解明し、これに基づいた改良提案を行うことである。

## 2. 赤外線式ソープディスペンサー

本研究で使用する赤外線式ソープディスペンサー（ドリテック製、SD-903）を図1に示す。この機種は比較的安価であり一般に普及している可能性が高いため選定した。本体下部に赤外線発光部、本体上部の吐出口近くに受光部が設置されており、この間に手をかざせば発光部からの赤外線が遮断され、洗剤液が吐出される。さらに、赤外線の検知範囲外まで手を引けば受光が再開し、吐出が停止する。なお、下部の発光部と上部の吐出口の高さの違いは120mmである。赤外線としては近赤外線が使用されている。また、手をかざし続けても内蔵のタイマーによって3秒で吐出が停止するようになっている。

<sup>1</sup>KAMINISHIZONO, Takeyoshi [ 情報システム学科 ]

<sup>2</sup>SOGA, Narumi [ 情報システム学科学生 ]

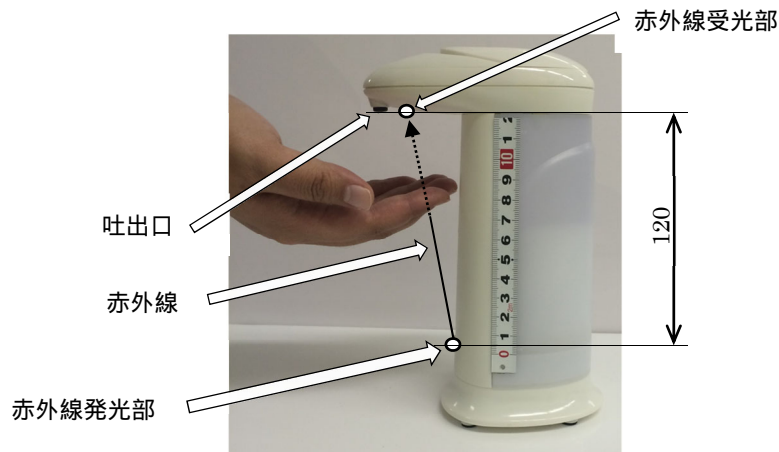


図1 使用したソーブディスペンサー

### 3. 液垂れ実態調査実験

#### 3.1 実験目的

手を引いた直後の液垂れがどのような場合に発生するかを見出すために実態調査実験を行った。被験者によるソーブディスペンサー使用状況を詳細に観察し、液垂れ発生時の特徴から液垂れの要因を見出すこととした。

#### 3.2 実験装置

実験は新潟国際情報大学のトイレの洗面台で行った。この洗面台を選んだ理由は図2に示すように洗面台と同じ高さにはソーブディスペンサーを置くことができ、日常的な使用を再現できるためである。ビデオ撮影した画像上で赤外線経路を視覚化するため、ソーブディスペンサーの後方に赤外線経路を示す線を描いた板を配置した。また、被験者がかざした手の高さを測定するために、ソーブディスペンサーの側面にテープメジャーを貼り付けた。撮影に使用したビデオカメラは、スローモーション撮影が可能な Panasonic 製デジタルムービーカメラ HX-WA30 である。



図2 実験装置

#### 3.3 被験者

被験者は新潟国際情報大学の学生31名（男性10名、女性21名、年齢19～22歳）である。いずれ

も日常的に手洗いをを行うことの多い学生である。参加した被験者には、あらかじめ実験内容を説明し、取得したデータは実験目的以外に使用しない旨を伝えた上で、実験参加の同意を得ている。

### 3.4 実験手順

まず被験者に赤外線式ソープディスペンサーの使用方法を説明した後に、水で手を濡らしてもらい、その後ソープディスペンサーを使用して手を洗ってもらった。この動作を各被験者に3回行ってもらった。同時に、使用状況をビデオカメラで撮影した。なお、被験者には普段通りに手を洗うこと、自分の好きな位置で手をかざして、自分の好きなタイミングで手を引いてもよい、と指示した。

### 3.5 ビデオ画像の解析

手の高さの測定方法

撮影したビデオ画像中のテープメジャーを用いて被験者の手の高さを測定した。高さの起点は図1に示す赤外線発光部の高さである。例えば、図1の場合、被験者の手の高さは90mmである。

「手を引く時間」の計測方法

図3に示すように、「手を引く時間： $\Delta t$ 」とは、手を引く時に「 $t_1$ ：手の端が赤外線検知範囲を離れた瞬間」から「 $t_2$ ：手の端が吐出口の真下にくる瞬間」までの時間と定義する。つまり、この時間以内に、吐出が停止しかつ吐出された洗剤液が全て手の上に落下していない場合は液垂れが起こることとなる。

$$\Delta t = t_2 - t_1$$

この時間 $\Delta t$ は、ビデオ撮影の「 $t_1$ の画像」と「 $t_2$ の画像」の間のコマ数をカウントすることによって測定した。ビデオ撮影は240fps（毎秒240コマ、スローモーションモード）で実施したので、隣接画像間の間隔、すなわち測定の分解能は $1/240$ 秒=4.2msである。

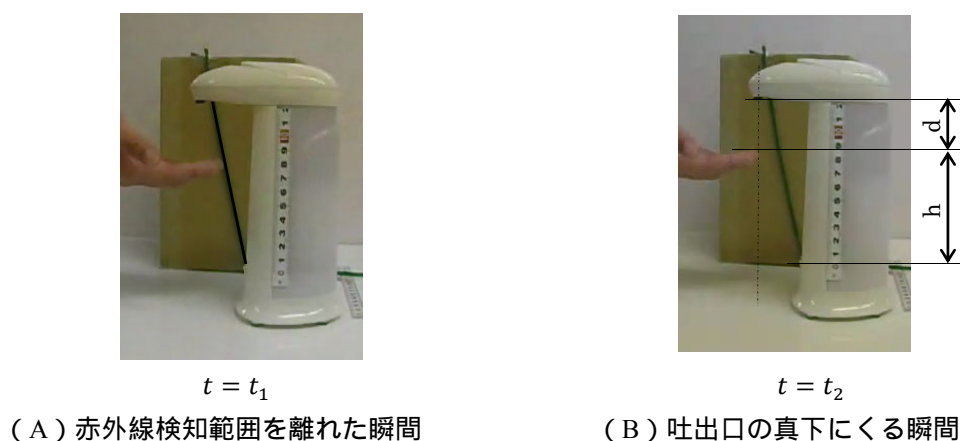


図3 手を引く時間の測定

## 4. 実験結果

図4は被験者のかざした「手の高さ： $h$ 」（図3（B）、基準は赤外線発光部の高さ）と「手を引く時間： $\Delta t$ 」を散布図にした実験結果である。黒丸は手を引いた直後に液垂れし、白丸は液垂れし

なかったことを表す。

被験者31人が各3回(31×3=93回)手洗いをを行い、液垂れが確認されたのは79回、確認されなかったのは14回である。手の高さに関しては、最大119mm、最小50mm、平均86.4mm、標準偏差12.5mmであった。傾向としては、赤外線発光部から吐出口までの半分の高さ(約60mm)よりも高い位置の70mm~100mm付近で手をかざす被験者が多かった。また、手を引く時間に関しては、最長0.871秒、最短0.029秒、平均0.142秒、標準偏差0.116秒であった。

実験結果より、液垂れの傾向としては、手を引く時間( $\Delta t$ )が0.2秒より短い人は液垂れしている。また、手をかざす高さによって垂れるかどうかには違いはほぼ見られなかった。現状では、垂れない場合15%(14回)、垂れる場合85%(79回)と圧倒的に垂れる場合が多いので、改善が必要である。

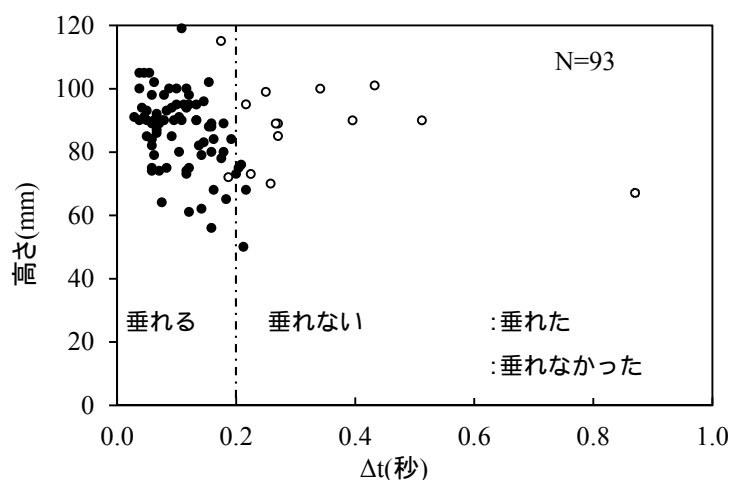


図4 高さと手を引く時間の散布図

## 5. 考察

### 5.1 液垂れ要因の考察

液垂れに関しては、前述の「手を引く時間： $\Delta t$ 」、「センサ反応時間： $t_s$ 」および「洗剤液落下時間： $t_g(d)$ 」が関係する。ここで言うセンサ反応時間とは、手の端が赤外線検知範囲を離れた瞬間から実際に吐出が停止するまでの時間である。この時間には、電子回路の反応時間および洗剤液ポンプの停止所要時間などが含まれ、被験者の手の高さにかかわらず一定である。一方、洗剤液落下時間とは、吐出が停止した瞬間から全ての洗剤液が被験者の手の高さ到達する時間である。これを $t_g(d)$ と記載したのは、吐出口と被験者の手までの距離 $d$ (図3(B))によって異なるためである。

液垂れが起こらない条件は、以下のように表すことができる。

$$\Delta t > t_s + t_g(d)$$

右辺は、吐出が停止( $t_s$ )し、かつ吐出された洗剤液が全て手の上に落下する( $t_g(d)$ )までの時間であり、左辺の手を引く時間( $\Delta t$ )がこれより長ければ液垂れが起こらないことを示している。

## 5.2 洗剤液落下時間の解析

洗剤液落下時間は、吐出停止時の洗剤液の最上部が手の高さ到達する時間である。洗剤液の供給ポンプは単に電流遮断によって停止するので、この最上部の吐出時の初速は小さいと考えられる。従って、自由落下するため、洗剤液落下時間は以下のように表すことができる。

$$t_g(d) = \sqrt{\frac{2d}{g}}$$

ただし、 $g$ は重力加速度である。横軸を落下時間（秒）、縦軸を手の高さ $h$ （mm）とすれば、図5のように表される。ただし、 $h = 120 - d$  である。

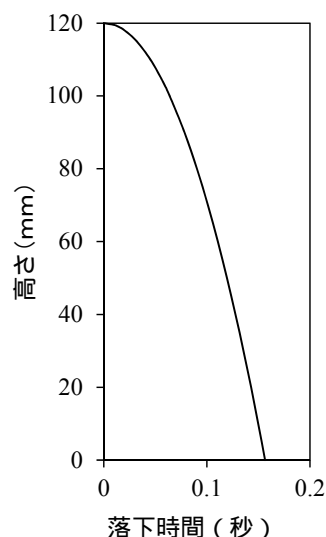


図5 洗剤液落下時間

## 5.3 センサ反応時間の推定

図4上に洗剤液落下時間の曲線（図5）を描きさらに右へ0.12秒平行移動した曲線を描いたものが図6である。この曲線が、ちょうど液垂れが起こるか起こらないかの限界線となっている。これからセンサ反応時間として、0.12秒と推定することができる。

また、図6から分かることは、洗剤液落下時間は無視できるものではなく、センサ反応時間と同程度の長さの時間であることが判明した。

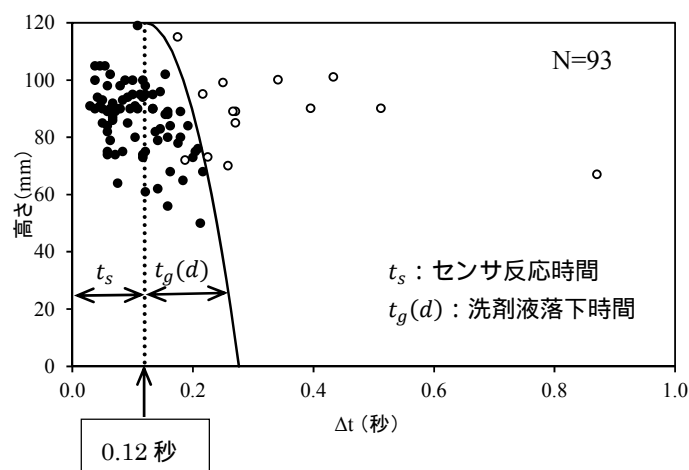


図6 センサ反応時間の推定

## 6 . 改善案の提案

### 6.1 改善案の前提: センサ反応時間

本研究では上述のようにセンサ反応時間を0.12秒と推定した。この時間の短縮によって液垂れの改善は可能であるが、現状ではどこまで短縮できるかは不明である。従って、改善案の検討に当たっては、センサ反応時間として0.12秒を前提とし、この短縮は考慮外とする。

## 6.2 簡易案: 赤外線受光部の位置変更

比較的容易に行える改善は、赤外線受光部を本体側に移動させ、実質的に $\Delta t$ （手を引く時間）を増加させることである。現状では本体側面から受光部まで34mm（図7）である。これを短縮することによって、受光部から吐出口までの距離が長くなり、 $\Delta t$ が増加する。より短くすれば $\Delta t$ もより増加させることができるが、あまりに本体に近づけると使用しにくくなるため、1/2程度が限界と考えられる。そこで、34mmから1/2の17mmとした場合の推定結果を図8に示す。すなわち、 $\Delta t$ が増加し限界線の右側に移動した被験者は液垂れしないとした。ただし、推定に当たっては、受光部の位置が変わっても各被験者が手を引く速さは変わらず、距離の増加分に比例して手を引く時間も長くなる、と仮定した。また、センサ反応時間及び洗剤液落下時間は変わらないとした。この図より、液垂れしない割合は現状の15%から44%に向上すると推定される。

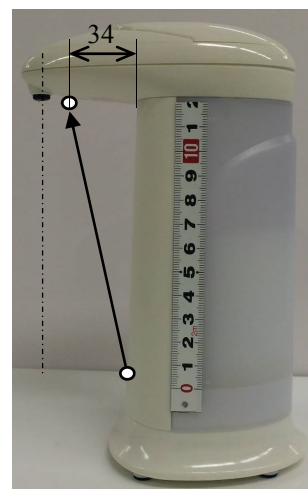


図7 受光部の位置

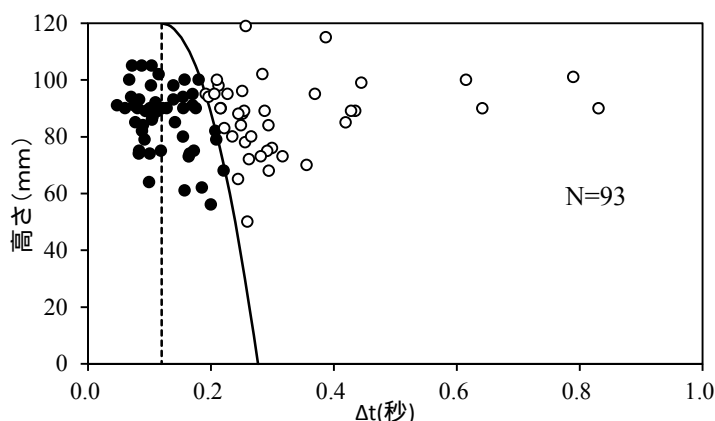


図8 簡易案の推定結果

## 6.3 最良候補案: 吐出停止スイッチの追加

上記の簡易案だけでは十分な改善とは言えないため、原理的に液垂れを100%防止できる最良候補案を提案する。この案では、図9に示すようにソーブディスペンサー本体の下部に吐出停止スイッチを取り付ける。吐出は現状のまま赤外線遮断によって開始させるが、手の甲でスイッチを押すことにより吐出を停止させる。これにより止めたい時に自由に止められ、吐出完了後に手を引くことになり、液垂れが起こらないと予測される。また、吐出停止スイッチ下部を洗剤液のタンクの一部として使用できるのでタンク容量が増加し、同時に本体の重量バランスを良好に保つことができる。

## 7. まとめ

本研究では赤外線式ソーブディスペンサーの使用直後の液垂れに着目し、その要因を解明し、

改善案の提案までを行った。さらに、改善案の効果を予想した結果、簡易案では44%、最良候補案ではほぼ100%まで液垂れを防ぐことができると推定した。しかし、最終的にそれぞれの改善案を実際に作成し液垂れ低減の効果を検証する必要がある。

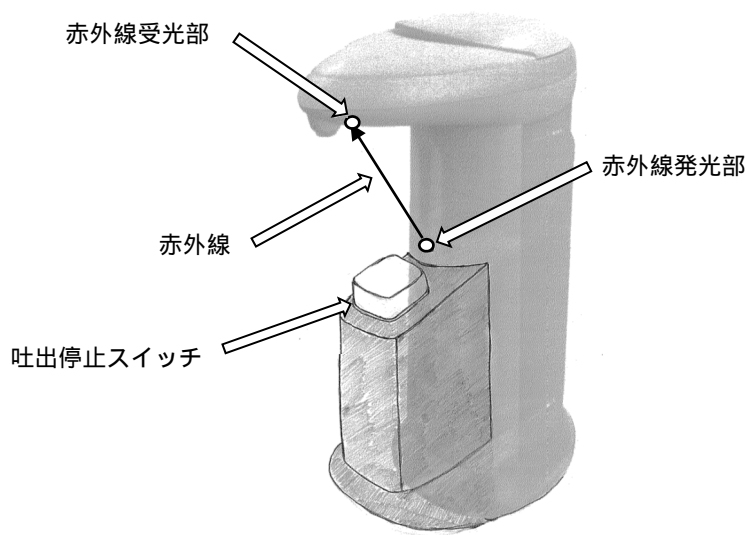


図9 最良候補案

#### 【参考文献】

- 1) 寿司陽子: ハンドソープ自動ディスペンサー, Retrieved October 15, 2014, available from <http://sushiswiss.exblog.jp/tags/>
- 2) くまおのチル日記: ミューズ ノータッチ泡ハンドソープ自動ディスペンサー, Retrieved October 15, 2014, available from <http://kumao.blog.shinobi.jp/health/>
- 3) 富山和輝. ディスペンサーにみる最新技術動向; エレクトロニクス実装 学会誌, 2004, vol.7 No.6, p.501-505.
- 4) 殿谷保雄, 山本克美ほか. プロット型自動植毛装置の開発; 東京都立産業技術研究所研究報告 第7号, 2004, p.17-20.
- 5) 島野一郎. 高密度実装に求められるディスペンス技術; 電子部品・実装技術基礎講座「続・導電性接着剤」第6回, 2008, p.451-455.
- 6) 鳥越実, 山内康嗣. リバースロール塗布における液垂れの解析; 化学工学会 研究発表講演要旨集, 2009, p.803.
- 7) 新井浩一, 鈴木敏光, 久光久. ダブルカートリッジ型シリコンゴム印象材用オートミキサーの開発; 一般社団法人日本歯科理工学会 歯科材料・器械, 1999, vol. 18, No.2, p.89-94.
- 8) 武蔵エンジニアリング株式会社: エアパルス方式ディスペンサー, Retrieved November 5, 2014, available from [http://www.musashi-engineering.co.jp/products/category\\_099.html](http://www.musashi-engineering.co.jp/products/category_099.html)