

# ベッド上で使用できる身体洗浄装置の研究

## Design and development of body washing device used on a bed

○宮内雄平(横浜国立大学) 高田一(横浜国立大学)

小林一正(コバヤシ精密工業) 岡林光志(よこはまティーエルオー)

Yuhei Miyauchi, Yokohama National University  
Hajime Takada, Yokohama National University  
Kazumasa Kobayashi, Kobayashi Precision Industry  
Terushi Okabayashi, Yokohama TLO

**Abstract:** In the present study, in order to clean the body, shower device used on a bed has been developed. Elderly people aged 65 and over will be about 24% now, and will be 30% in ten years. Especially, bathing is heavy labor, because care worker should lift and move the body. So, it is 2 times per week that bedridden elderly people take a bath. In our laboratory devices for bedridden elderly people have been developed. The concept of the device is to wash the whole body, and simple, and easy-to-use. Moreover, there is no need to wipe the body after washing. The device consists of a shower head and suction device. The water that gushes from the water injection system washes patient's skin. And impure water is sucked in without spilling water in surroundings. Thereby the device can be used on the bed.

**Key Words:** bedridden people body washing without spilling water

### 1 研究背景および目的

日本では高齢化に伴い、寝たきりの老人の数は増加傾向にあり、介護現場での負担を大きくしている。特に、入浴は身体を持ち上げて移動させなければならないことから重労働となる。そのため入浴またはシャワーを浴びることが困難な場合が多く、現状では入浴は介護施設では週に2,3回、在宅介護では週に1回と少ない。

ベッド上で皮膚を傷めることなく身体を容易に洗浄することができれば、身体を常に清潔に保つことができ、また介護者の負担軽減にも繋がると考えられる。そこで、本研究ではベッド上での身体洗浄を可能とし、さらに寝たままシャワーと同等の洗浄感、爽快感を被介護者に提供することを目的とする。

### 2 洗浄ヘッド I

洗浄ヘッドはお椀を伏せたような形状に成型されており、お椀の淵の約半周部分には洗浄液噴射口が設けられ、お椀形状の中心部分には廃液回収口が設けられている。噴射口から皮膚面に噴射された洗浄液は皮膚面に触れてから減圧されている廃液回収口に吸い込まれ排除される設計になっている。洗浄ヘッドの3DCAD図を Fig.1 に示す。

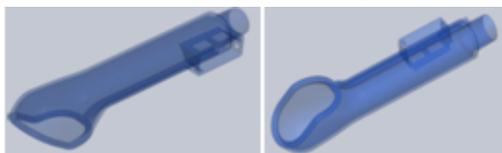


Fig.1 Washing shower head I

### 3 洗浄能力評価

#### 3-1 実験装置

高速度カメラを用いた実験装置の構成図を Fig.2 に、実際の実験装置の画像を Fig.3 に示す。洗浄面がカメラと平行になるように洗浄ヘッドを設置し、ハロゲンランプを洗浄面の前方と後方から照射する。

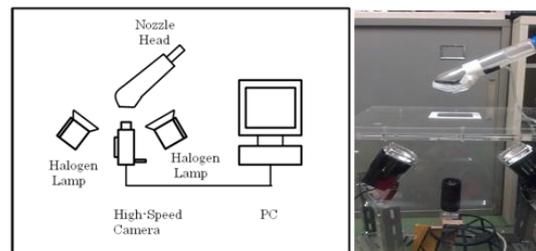


Fig.2 Experiment System Fig.3 Experiment Device

#### 3-2 画像処理による汚れの判定

洗浄ヘッド部に疑似的な汚れ(絵具)を付着させた板を密着させ、洗浄の様子を高速度カメラで撮影し、時間がたつにつれてどの程度汚れが落ちるのかを判定する。撮影箇所(3cm×3cm)を画像処理ソフト(DIPP-Macro)で二値化し、白い箇所の面積を時間を追って計算する。Fig.4 に二値化画像、Fig.5 に白い箇所の減少の様子をグラフにしたものを示す。

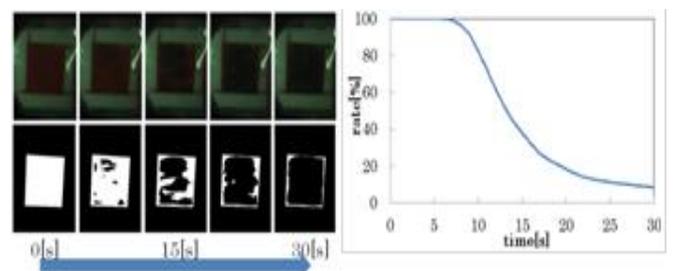


Fig.4 Binarization

Fig.5 Washing ratio

#### 3-3 評価パラメータ

今回の実験で評価するパラメータは空気流入面積  $A[\text{cm}^2]$ 、水噴出流速  $V[\text{m/s}]$ 、吸引時負圧  $P[\text{kPa}]$  の3つである。それぞれ予備実験及びシミュレーションにより使用できる条件の範囲が  $A=5\sim 8\text{cm}^2$ 、 $V=1.3\sim 2.1\text{m/s}$ 、 $P=-1.7\sim -2.2\text{kPa}$  となった。実験はそれぞれこの値の範囲内で変化させて行った。

#### 3-4 実験結果

評価パラメータ3つをそれぞれの範囲内で変化させ、実験を行った。すべての実験の結果を汚れの残りが30%以下になる時間で分類し、各パラメータとの関係を3次元表示したものをFig.6に示す。

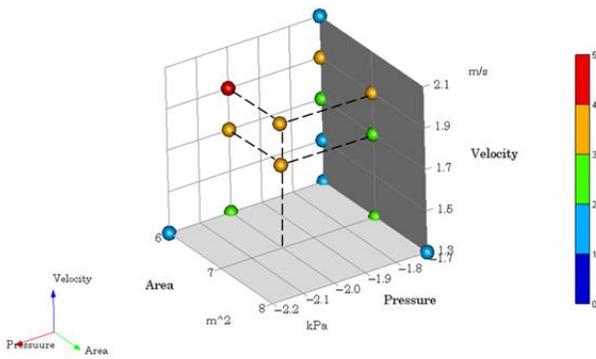


Fig.6 Parameter 3-D view (30%)

Fig.6の結果最も効率の良いパラメータの組み合わせは  $A=6\text{cm}^2$ ,  $V=1.9\text{m/s}$ ,  $P=-2.0\text{kPa}$  であることが分かった。また、すべての実験より、各パラメータに次のことが言える。面積は大きいと洗浄力が落ち、小さいと水がこぼれる。速度は遅いと洗浄力が落ち、速すぎると空気流れの影響を受けず、洗浄面に当たらなくなる。圧力は小さいと洗浄力が落ち、大きいと洗浄面に水が当たる前に吸い込んでしまう。これらすべてのバランスがとれ、洗浄の効率が最も良いのが Fig.6 において赤くなっているポイントである。

4 官能評価

最大負圧を3段階(実験①-2.4kPa, 実験②-2.0kPa, 実験③-1.7kPa)変化させて爽快感, 洗浄感について各5段階で主観評価を行った。各実験中に流速を1.3m/s~2.1m/sで変化させる。また空気流入面積は6cm<sup>2</sup>で固定した。その実験結果を下に示す。

1	~	5
爽快でない		爽快である

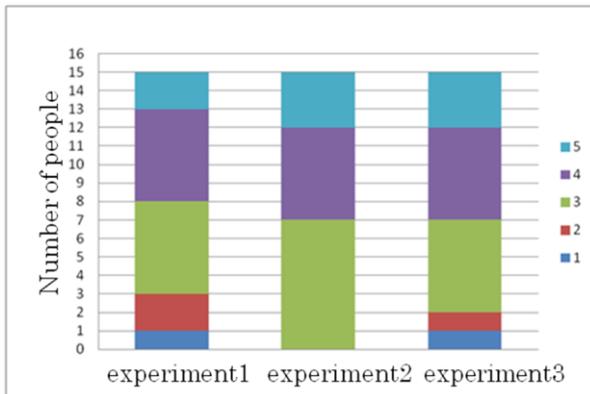


Fig.7 Refreshment

1	~	5
洗浄されている感じが無い		洗浄されている感じがある

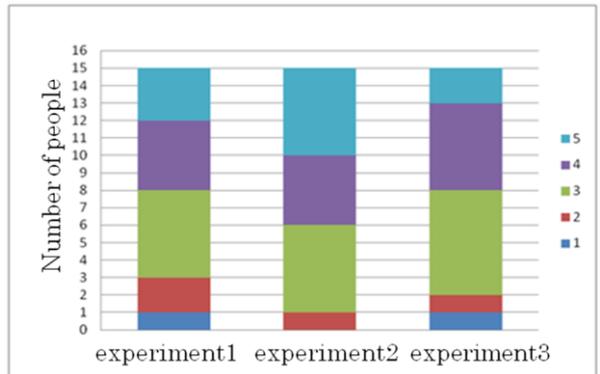


Fig.8 Feeling washed

実験①~③の結果より、洗浄感、爽快感を少しでも感じている人はそれぞれ約半数であった。つまり半数の人は爽快感や洗浄感に物足りなさを感じていることになる。

また水流速に関しても流速の違いで変化を感じないという被験者が半数以上いた。水流速の変化も爽快感、洗浄感に違いを生み出さない。

約半数の人が爽快感, 洗浄感に不満が残る結果となった。しかし、吸い込み力や水流速の変化では爽快感, 洗浄感を向上させるのには限界があることが実験から分かっており、改善には至らない。よってこれは洗浄ヘッドを変えることで水, 空気の流れそのものを見直す必要があると考えられる。

5 洗浄ヘッドII

洗浄ヘッドIIでは水噴出に角度を設けた。洗浄ヘッドIは水をヘッド内側に向け噴射し、空気の渦流れにより水を皮膚面へと運んでいた。しかし、ほとんどの水は皮膚面に当たらずに吸引されてしまい洗浄感に問題が生じたと考えられる。そこで洗浄ヘッドIIは水の噴射を外側へ向け、水を直接皮膚面に噴射する設計とした。これにより水の当たる量は以前より増加するため洗浄感に良い影響を及ぼすと予想される。だがその一方で漏水の可能性が大きくなると考えられ、対策を講じなければいけない。

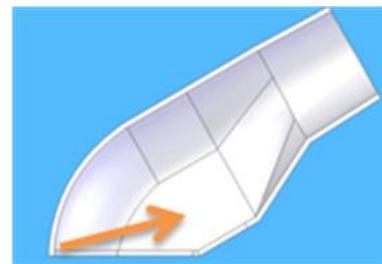


Fig.9 Water injection direction (Washing shower head I)

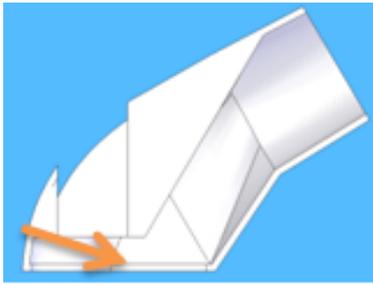


Fig.10 Water injection direction  
(Washing shower head II)

洗浄ヘッドIIは皮膚面の上から空気が流れこむようにヘッドを設計している。ここで洗浄ヘッドI, IIそれぞれの空気一相流シミュレーションを行った結果を次に示す。解析条件は空気流入口を大気圧とし、空気流出口は大気圧との差圧を-2.0kPaにした。

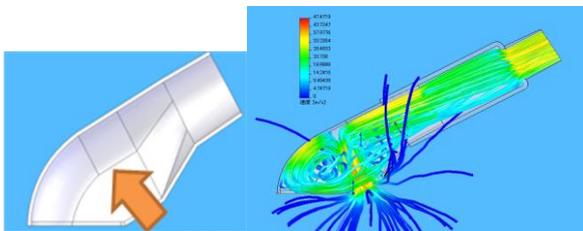


Fig.11 Air simulation (Washing shower head I)

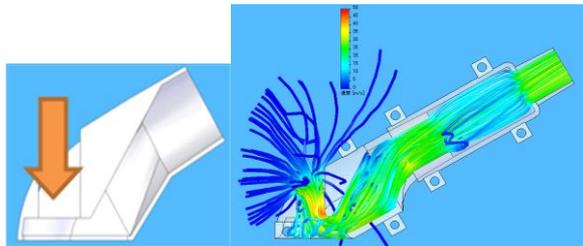


Fig.12 Air simulation (Washing shower head II)

空気流入口を変えたことで、ヘッド内部の空気流れが大きく変わった。各ヘッドの空気流れシミュレーションで確認できるが、洗浄ヘッドIIの方が同じ負圧設定でありながら吸引口付近の流速が遅く、空気が分散せずまとまって流れ込んでいることが分かる。よって無駄な渦の発生などが少なく効率良く吸い込むことができている。また洗浄ヘッドIIの方が洗浄面付近の流速が速く、皮膚面に付着する水を吹き飛ばす役割をより効率良く行える。

下に改善後の洗浄ヘッド設計を3DCADで示す。洗浄面上方に空気流入面がある。

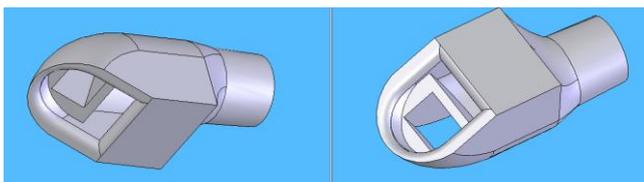


Fig.13 Washing shower head II

## 6 水噴射自動 ON/OFF システム

水噴射に角度を設けたことにより、発生する漏水の対策として、水噴射を自動で ON/OFF する制御を取り付けた。これは洗浄面付近に被洗浄物(人体)が近付いた時に自動で水が噴射され始め、離れていくと自動で OFF に切り替わる仕組みとなっている。被洗浄物がヘッド洗浄面に近づくると負圧が上昇し、また離れていくと負圧は減少することから負圧値によって水噴射を制御する方法を適用した。しかし漏水が起こらない負圧の状態のみ、スイッチが ON になるように負圧設定値を検討する必要がある。またポンプ、圧力センサそれぞれに各電源がある。

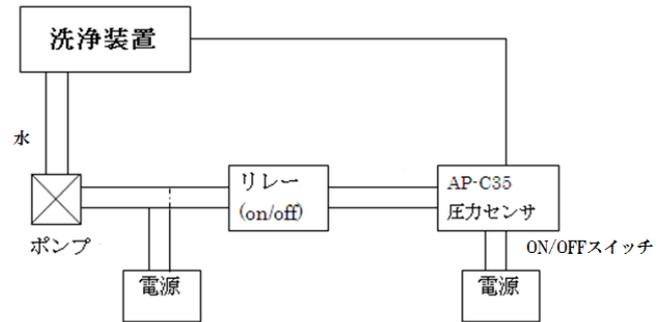


Fig.14 Control unit

## 7 実験

### 7-1 実験条件, 評価パラメータ

水噴射が ON 状態ではどの位置に被洗浄物があっても漏水が発生してはならない。Fig.15 で水噴射角度  $\theta=10, 20, 30^\circ$  被洗浄物位置 ( $X=0, 2, 4, 6, 8, 10\text{mm}$ ,  $Y$  は負圧変化が大きいく所) で  $0.2\text{mm}$ , それ以外では  $1\text{mm}$  ずつ移動) のパラメータを変化させ、各組み合わせにおいて漏水が発生しない負圧値を明らかにする。また水流速は  $1.9\text{m/s}$ , 被洗浄物の形状は前腕の細い部分(尺骨の茎状突起付近)を計測し、結果から製作した物を用いる。

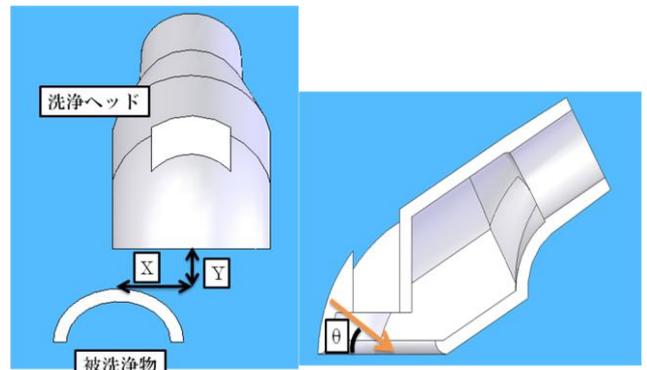


Fig.15 Evaluation parameters

### 7-2 実験手順, 実験方法

各パラメータ ( $X, Y, \theta$ ) を固定した後、水を噴射させる。その際に負圧(吸い込み力)を上昇させ、漏水が発生しなくなる境界値を模索する。負圧値が  $-2.5\text{kPa}$  以上で吸い込めないと判断できる場合はその時点で吸水が不可能として扱い実験を終える。実験方法は Fig.16 に示したように洗浄ヘッドを固定した状態で行う。スライドガイドを使用し、被洗浄物を洗浄面から  $1\text{mm}$  ずつ離していく。また支え板を動かすことで  $X$  方向に移動させる。水噴射角度は洗浄ヘッドにピンの差し込む穴をあけることで、自由な角度での実験が可能となっている。

被洗浄物には人工皮膚としてバイオスキンプレートを使用した。この素材は人肌に近い表面形状、弾力性を持っている。

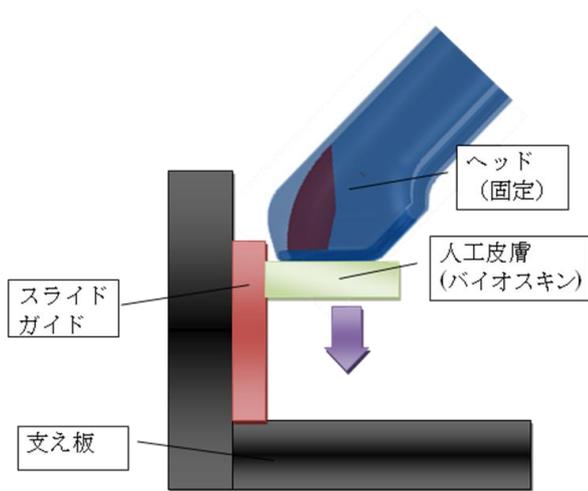


Fig.16 Laboratory equipment

### 7-3 実験結果

X軸を中心軸のずれX, Y軸を洗浄面からの距離Yとして各噴射角度 $\theta$ で漏水の発生が起らなくなる負圧境界値をグラフにて示す。負圧境界値については0~3.0kPaを20段階で色分けし、被洗浄物の位置によってどの程度の負圧が必要かを判別できるようになっている。

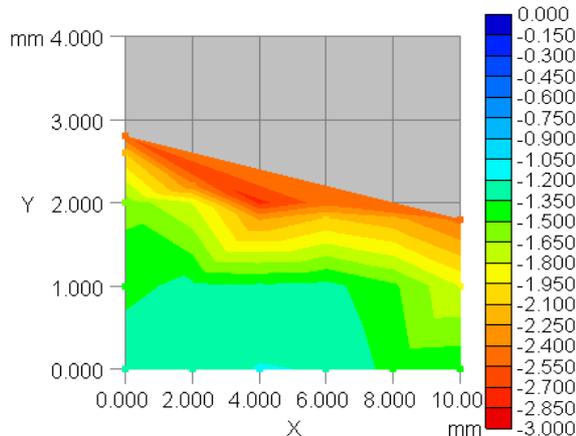


Fig.17 Leakage boundary value (Water injection angle  $10^\circ$ )

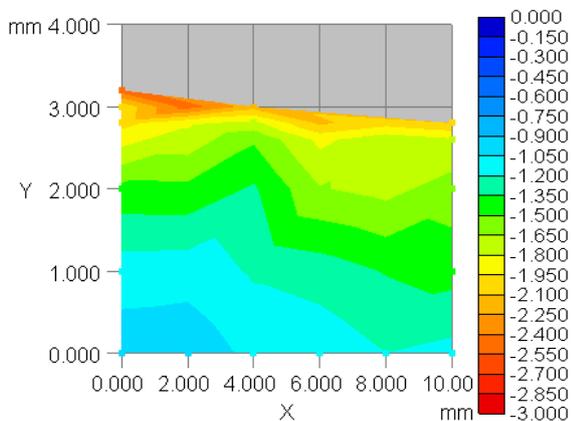


Fig.18 Leakage boundary value (Water injection angle  $20^\circ$ )

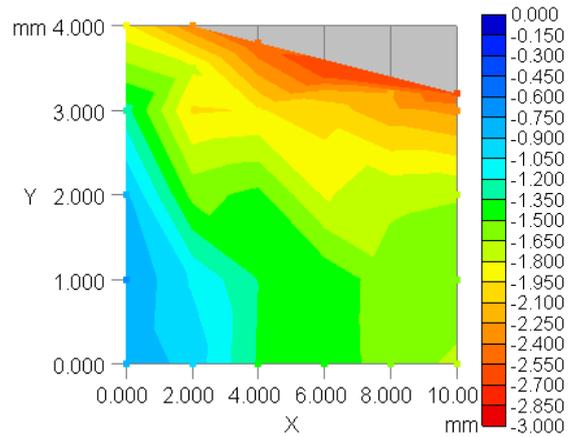


Fig.19 Leakage boundary value (Water injection angle  $30^\circ$ )

実験結果より、水噴射角度 $20^\circ$ の時がX, Yの変化の影響を最も受けにくいことが分かった。つまり被洗浄物がある程度離れていても、漏水が発生する危険性は低いと実験結果から考えられる。

水噴射角度 $10^\circ$ と小さすぎると被洗浄物が洗浄面から離れる距離Yの影響を強く受ける。これは角度が小さいことで水が被洗浄物に当たる位置は中心より後方に位置してしまうことが原因であると考えられる。被洗浄物が離れると水が当たる位置はさらに後方になり、吸引機により発生する吸い込みの空気流れの影響を受けない位置に水が到達しやすいと考えられるからである。よってFig. 17の結果からも分かるように水噴射角度 $20^\circ$ ,  $30^\circ$ と比べ、洗浄面と被洗浄物が近い距離にある段階で水を吸い込めなくなっている。

水噴射角度 $30^\circ$ は角度が大きいためY=0(洗浄中)でXを変化させた際に漏れやすい。これは角度が大きいため横漏れの可能性が高くなったことが挙げられる。また水は被洗浄物の中心付近に当たるため、吸い込み力を上げれば洗浄ヘッド後方への漏れはないが、被洗浄物と洗浄ヘッドを離していくと大きな吸い込み力が必要となる。

各水噴射角度の結果を比較し、角度が小さくなりすぎても、大きくなりすぎても漏水が発生しやすくなると分かった。よって水噴射角度 $20^\circ$ が最も適切であると言える。

### 8 まとめ

- 洗浄感、爽快感の提供を目的として、洗浄ヘッドIで官能評価を行った結果以下のことが分かった。
  - (1) 洗浄感、爽快感に満足できる人は約半数であり、不満の残る結果となった。
  - (2) パラメータとして水流速、吸い込み力を変化させても洗浄感、爽快感の向上には限界があり、洗浄ヘッドの設計を見直し、空気や水の流れそのものを変える必要がある。
- ベッド上での使用を目的として、洗浄ヘッドIIで漏水実験を行った結果以下のことが分かった。
  - (1) 水噴射角度 $20^\circ$ の時が最もX, Yの変化の影響を受けず、水のスイッチをONにできる範囲が広い。
  - (2) 噴射角度が大きいと横漏れがしやすく、角度が小さいと後方から水が飛び出しやすくなってしまう。

### 参考文献

公開特許公報(A)特許出願公開番号 2010-273945