

角質層への浸透促進技術を搭載したメンズシェーバーの開発

Development of a Men's Shaver with Technology to Promote Penetration into the Stratum Corneum

金森 芳 彰
Yoshiaki Kanamori

成 田 憲 二
Kenji Narita

近 藤 美 咲
Misaki Kondo

清 水 宏 明
Hiroaki Shimizu

西 村 真 司
Shinji Nishimura

立 田 茂
Shigeru Tatsuta

要 旨

シェービングによる乾燥から肌を守り、肌を健やかな状態に保つことを目指した。シェービングしながら電気浸透流を流し、化粧水などに含まれる保湿効果の高い成分であるグリセリンやセラミドを、肌へより浸透することで肌の滑らかさやうるおい力を向上する「スキンケア効果を狙ったメンズシェーバー」を考案した。この浸透促進技術をシェーバーに搭載するため、印加電極による肌にかかる摩擦力の増加の問題に対しては、当社独自のスムーズローラーのサイズと位置を適正化することで解決した。また、使用満足度を高めるためのヒータの搭載も、リニアモーターとヒータのダブル制御技術によってバッテリーの大きさを変えずに可能となり、これらの技術でシェーバー本来のスムーズな剃（そ）り心地と、肌質の改善を両立した。

Abstract

In order to protect the skin from the dryness caused by shaving and also to keep the skin healthy, we employed electroosmotic flow into "A men's shaver for skin care", in which glycerin and ceramide penetrated better into the skin, resulting in an improvement in skin smoothness and moisture. However, the electrode device required for electroosmotic flow was found to increase friction between the shaver and the skin during shaving. To overcome such friction issues, a smooth roller with optimized size and height clearance was integrated right next to the electrode device. Through reciprocal operation of the blade's linear motor and a heating device, it became possible to mount the heater for improving user satisfaction in turn achieving both smooth shaving and skin moisturization without changing the battery size.

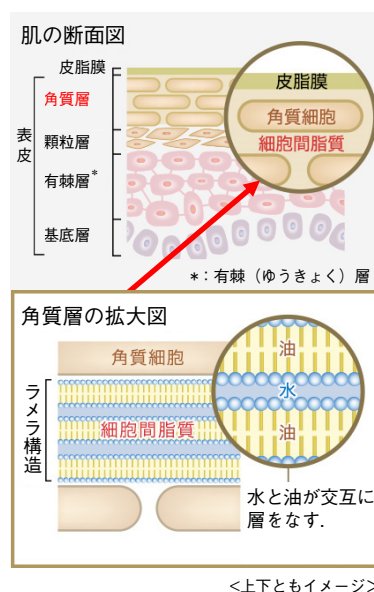
1. はじめに

日本人男性25歳～44歳までの各年代の50%が、洗顔やヒゲ剃り後の肌の乾燥の悩みをもっているというアンケート結果がある[1]。さらに、近年男性の肌意識が高くなり、スキンケアへのニーズが高まっている。乾燥肌への対応として、化粧水などに含まれるグリセリンによる角質層の柔軟化および水分量増加による保湿効果や、セラミドによるバリア機能のサポートで、肌への保湿が行われている。しかし、その行為自体を面倒と感じているユーザーも多い。このようなユーザーのニーズに応えるため、乾燥肌への対応として、化粧水などを塗布してからシェービングすることで、シェービングしながらスキンケアができるメンズシェーバー（以下、シェーバー）の開発を行った。シェービングにより、グリセリンやセラミドなどの保湿成分を肌へ効果的に浸透させ、肌の状態を健やかに保つことを狙った。

2. 角質層への浸透促進技術

乾燥肌の原因として、①角質層の水分保持成分であるアミノ酸由来の天然保湿因子の減少による水分の保持機

能の低下、②角質層のバリア機能成分である細胞間脂質（第1図）の減少による、肌からの水分の蒸散が挙げられる。①の対応として、角質層の保水力を高めるため、



<上下ともイメージ>

第1図 肌の断面構造と角質層のラメラ構造
Fig. 1 Cross-sectional structure of the skin and lamellar structure of the stratum corneum

グリセリンが効果的であることはよく知られている[2].

②の対応として、「細胞間脂質」の主成分であるセラミドやコレステロール[3]を補うことが重要である。本稿では水分保持やバリア機能に重要な役割を果たすグリセリンとセラミドに着目し、これらの角質層への浸透を狙う。グリセリンとセラミドは化粧品にも含まれており、角質層に浸透させる技術として、電気浸透流を利用した浸透促進技術が知られている[4][5]。当社においても、化粧品の保湿成分を肌の角質層へ浸透促進させる商品を女性向けのスキンケア商品として実用化している。この技術をシェーバーに応用することで、シェービングしながら乾燥肌対策を行うことを目指した。

3. 浸透促進技術のシェーバーへの応用

3.1 グリセリン浸透評価

シェーバーへ浸透促進機能を搭載した場合、シェービング時間のうちに角質層への浸透を行う必要があり、肌の単位面積当たりの施術時間が限られる。また、シェービングはシェーバーをある速度で移動する行為のため、シェーバーを動かす速度の制約もある。こういった短時間の施術で、角質層への浸透率の向上が可能か確認するため試験を実施した。なお、試験部位は紫外線による外乱を受けづらいことから、化粧品業界にならって、顔ではなく、前腕の内側とした。

(1) 試験方法

- ① 市販のグリセリンを含むローション溶液を一定量、前腕の内側に滴下する。
- ② シェーバー実験機で指定範囲を20秒間5往復施術する。通電なしをコントロールとする。
- ③ 各条件にて施術部の角質層をストリッピングテープで剥離し、ガスクロマトグラフィー分析をしてグリセリン検出量を比較する。

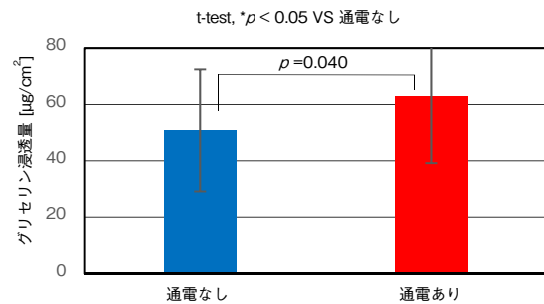
【水準】 おのおの、N=10

A=施術20秒間5往復、2分40秒放置

B=Aの通電なし

(2) 試験結果

結果を第2図に示す。通常のシェービングを想定した条件において、通電なしと比較し、通電ありで有意に約1.3倍のグリセリンの浸透が認められた。以上より、シェービングの短い施術時間でも、浸透効果を期待できることが示された。



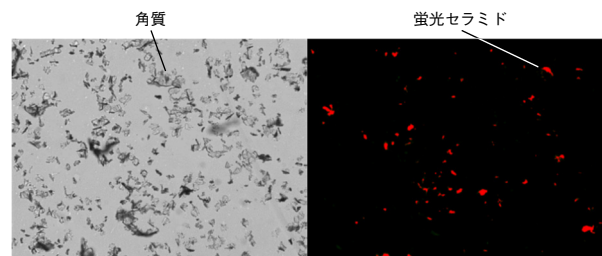
第2図 肌面積当たりのグリセリン検出量

Fig. 2 Amount of glycerin detected per skin area

3.2 セラミド浸透評価

セラミドの角質層への浸透を評価するため、肌が元から保有しているセラミドと区別するため蛍光ラベル化したセラミドを用いて、蛍光顕微鏡で皮膚の断面を観察している文献[6]を参考に以下の評価方法を確立した。

- 供試セラミド：蛍光セラミド（分子量：601.62）
- 検出器：共焦点レーザー顕微鏡
- 検証方法：テープストリッピング法で採取した角質細胞を光学顕微鏡で観察し、①角質細胞面積を計測。引き続き、共焦点レーザー顕微鏡で観察し、②蛍光セラミド面積を計測。各データを単位角質細胞当たりの蛍光セラミド面積率（②/①×100）とし、セラミド浸透率の指標とする（第3図参照）。



第3図 テープストリッピングで採取した角質と共焦点レーザー顕微鏡で観察した蛍光セラミド

Fig. 3 Stratum corneum collected by tape stripping and fluorescent ceramide observed by confocal laser microscopy

(1) 試験方法

- ① 蛍光セラミド溶液を一定量、前腕の内側に滴下する。
- ② シェーバー実験機で指定範囲を20秒間5往復。通電なしをコントロールとする。
- ③ 各条件にて施術部の角質層をストリッピングテープで剥離し、共焦点レーザー顕微鏡分析によりセラミド検出量を比較する。

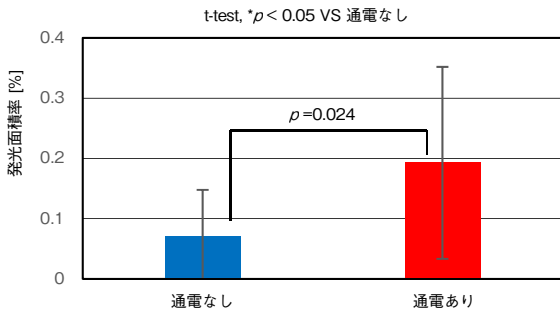
【水準】 おのおの、N=10

A=施術20秒間5往復、2分40秒放置

B=Aの通電なし

(2) 試験結果

結果を第4図に示す。通電なしと比較し、通電ありで有意に約2.5倍のセラミドの浸透が認められた。この試験により、セラミドにおいても浸透効果があることがわかった。



第4図 蛍光セラミド発光面積率
Fig. 4 Ratio of fluorescent ceramide emission area

4. シェーバーヘッド部の開発

第5図にシェーバーヘッド部の構造を示す。図中のパッドは、化粧水などの保湿成分を浸透促進させる通電部である。



第5図 シェーバーのヘッド部
Fig. 5 Head of the shaver

化粧水を塗布してシェービングするこの商品では、①化粧水塗布後シェービング（化粧水剃り）時と②DRY剃り時でそれぞれ「パッドを当てながらスムーズに剃れる」「パッドが邪魔にならずに剃れる」の条件をクリアする必要があった。

この課題に対して、パッドの摩擦抵抗を小さくするために摩擦力の小さいローラーを設置することにした。第6図に示すように、ローラーなしの刃にかかる垂直抗力を N_1 、パッドにかかる垂直抗力を N_2 、ローラーありの刃

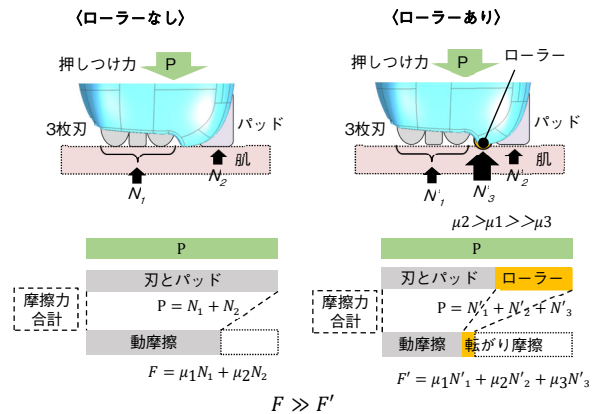
にかかる垂直抗力を N'_1 、パッドにかかる垂直抗力を N'_2 、ローラーにかかる垂直抗力を N'_3 とする。また、刃にかかる摩擦係数を μ_1 、パッドにかかる摩擦係数を μ_2 、ローラーにかかる摩擦係数を μ_3 とする。摩擦係数の大きさは、 $\mu_2 > \mu_1 \gg \mu_3$ となる。よって摩擦力 ($F = \mu N$) は下記のようになる。

ローラーなしの場合： $F = \mu_1 N_1 + \mu_2 N_2$

ローラーありの場合： $F' = \mu_1 N'_1 + \mu_2 N'_2 + \mu_3 N'_3$

押しつけ力Pは一定であるため、ローラーありの場合の摩擦力が低くなる。

以上のことより、ローラー部への押しつけ力の割合を大きくし3枚刃とパッドへの押しつけ力の割合を小さくすると、ヘッド全体の摩擦力が小さくなる。



第6図 摩擦力低減原理
Fig. 6 Principle of friction force reduction

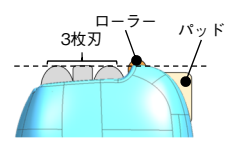
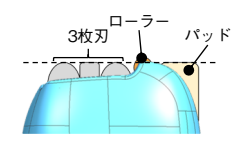
さらに、パッドを当てながらスムーズに剃るために、ローラーとパッドの高さに関していくつかの水準を検討し、そのなかで、剃り性能を満足させながら肌との摩擦を抑える仕様を設定した。今回は、いくつかの水準のなかから、パッドが明らかに低い位置にある仕様は、「当てながら剃れる」をクリアできないと推察し、ローラーが高すぎても刃が当たらない、ローラーが低いとローラーにかかる負荷が小さくなり滑り性が改善できないと見込み、第1表に示す2つの仕様で官能評価を行った。評価は7名で実施し、±2の5段階比較評価とした。

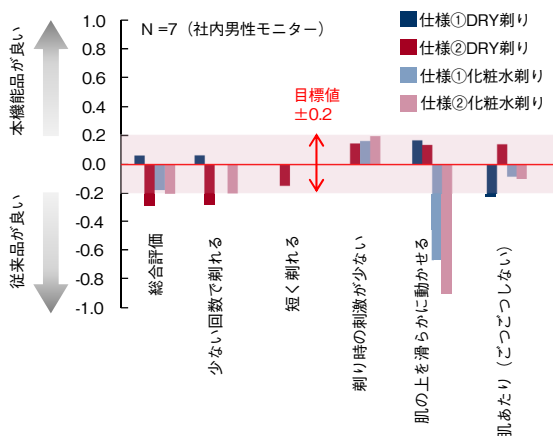
2つの仕様でモニター評価を行った結果を第7図に示す。「化粧水剃りとDRY剃りの両方で剃り性能が従来の3枚刃シェーバーと同等」の目標に対して、両仕様でも化粧水剃り／DRY剃りにおいて、「少ない回数で剃れる」と「短く剃れる」という性能に大きな問題はなかったが、化粧水剃りにおいて、肌の上での滑りが悪い結果となった。

そこで、ローラーの肌への沈み込み量を減らし、ローラーの転がりトルクを上げることで滑り性を向上させる

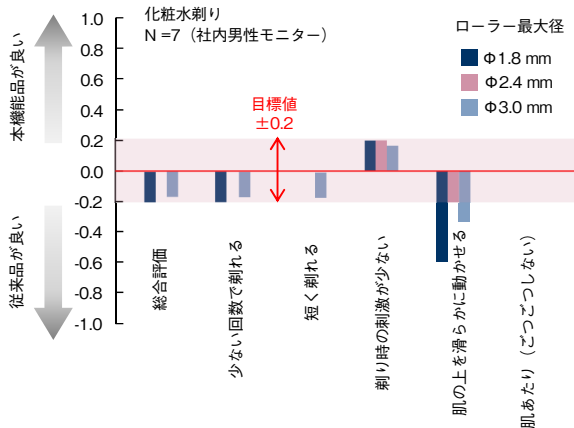
ために、現行のローラー（φ1.8 mm）からφ0.6 mmずつローラーの径を大きくし、評価を行った。その結果を第8図に示す。

第1表 高さ関係水準
Table 1 Level of height

仕様①	仕様②
	
ローラー：3枚刃から+0.3 mm パッド：3枚刃から-0.3 mm	ローラー：3枚刃から+0.3 mm パッド：3枚刃と同面



第7図 剃り性能モニター評価結果
Fig. 7 Evaluation results of the shaving performance monitor



第8図 滑り性モニター評価結果
Fig. 8 Evaluation results of the sliding performance monitor

ローラーの径を大きくすることで、滑り性が改善し、従来品と同等の満足度（目標値±0.2）を得ることができ

た。今回は、3枚刃とパッドの間にローラーを設置する構成を採用するため、ヘッドサイズが大きくなりすぎないφ2.4 mmを採用した。

5. ダブル制御の開発

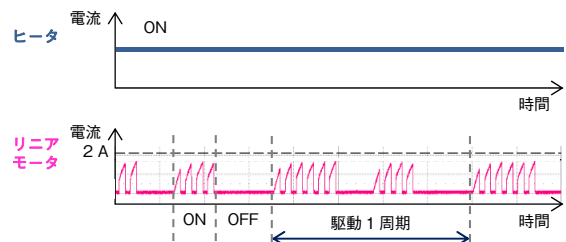
当社の美顔器開発時に、パッドの温度を高くすると、肌が温かくなり使用満足度が高くなることを確認している。本稿のシェーバーでも、パッドにヒータを内蔵し使用満足度を高めることを狙った。シェーバーに温感機能を搭載するためには、下記の2つの課題がある。

- ① リチウムイオン電池（LIB）で駆動できる。
- ② シェーバーを駆動させるリニア駆動部と、浸透促進機能のヒータ部とパッド部を効率よく同時に動作させる。

これまでは、リニア駆動と浸透促進機能を同時に動作させる商品はなく、それぞれの商品がその動作中の時間をほとんど使って出力信号を出していた。つまり、LIBをフルに使用して動作させて2つの機器を1つのLIBで動作させ、それぞれの機器の性能を出すことが重要である。

まずLIBで動作させる制約として、連続駆動時の最大放電電流がある。シェーバーを駆動させるリニア駆動部とヒータ部と浸透促進機能のパッド部を効率よく同時に動作させるための最大放電電流は、従来と同じ2 Aを上限としなければならない。

第9図に従来のリニアモータ駆動部の消費電流とヒータ部の消費電流を示す。リニアモータ部の駆動周波数は約216 Hzで、1周期を半分に分けた半周期ごとに駆動出力を繰り返している。ヒータ部は常時電流を消費し続けている。リニアモータ駆動部の消費電流は最大で約1.6 Aであり、ヒータ部の消費電流は最大で約1.9 Aである。そのため、単純に同時に動作させるとリニアモータ駆動部とヒータ部の消費電流が重なるところで上限の2 Aを超えてしまう。ちなみに、パッド部の消費電流は微少なため放電電流への影響は無視できる。

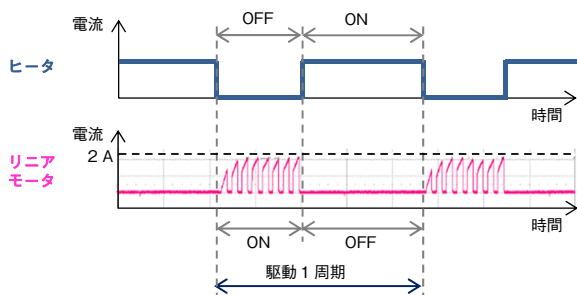


第9図 リニアモータ部とヒータ部の出力（従来）
Fig. 9 Output of the linear motor and heater (conventional)

本稿のシェーバーは、リニアモータ駆動部とヒータ部の入力電流のタイミングをずらすことで上限の2Aを超えない動作を実現する。

まず、リニアモータ駆動部の入力電流について説明する。従来、入力電流を駆動の1周期全体で行っていたものを半周期だけの入力電流とし、残りの半周期は電流を入力しない。この場合、単に入力電流を半分にしただけではリニアモータの特性は悪くなる。入力電流のタイミングを半周期のみにしてもリニアモータの特性を維持できるように、リニアモータ駆動部の最大入力電流を大きくする。また、1回の電流の入力時間を長くする。ただし、最大消費電流は2Aを超えないように入力電流を調整する必要がある。

第10図に示すように、ヒータ部の入力リニア部の入力を休止している半周期の間に行う。ヒータ温度の立ち上がりに時間を要するようになるが、所定の温度になればその動作には問題はない。



第10図 リニア部とヒータ部の出力（新技術）

Fig. 10 Output of the linear motor and heater (new technology)

第10図のような駆動方式でシェーバーと温感機能のある今回のシェーバーを1つの電池で同時に動作させて官能評価を実施した。顔の半分を従来シェーバーで剃ってもらい、もう半分を今回のシェーバーで剃ってもらう比較評価とした。温感での気持ちよさは絶対評価の満足度とした。

結果は、剃り性能は同等の評価を得られ、温感機能搭載での気持ちよさの満足度は、5段階評価での目標値が3.5以上に対して満足度3.7を得ることができた。13人中9人が普通に剃るよりも気持ちいいとコメントしている。この結果より、リニアモータ部とヒータ部のダブル制御は目標を達成した。

6. 製品での有効性確認

本稿で述べた角質層への浸透促進技術をシェーバーに

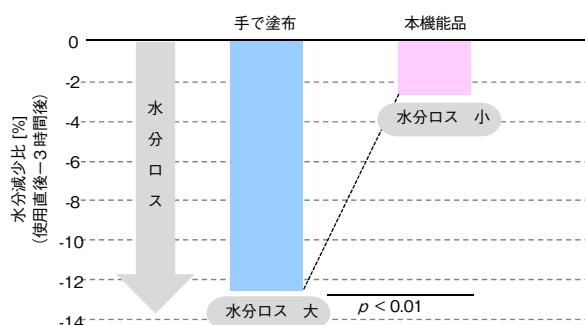
組み込み（以下「本機能品」と記す）、その効果を確認した。

(1) 試験方法

- ① 半顔を従来の3枚刃シェーバーでシェービングし、市販の化粧水を手で塗布する。
- ② もう一方を、市販の化粧水を手で塗布後、本機能品でシェービングする。
- ③ シェービングから15分後と3時間後の肌水分をコルネオメータで測定し、肌水分減少量をおのおのN=10で比較する。

(2) 試験結果

結果を第11図に示す。本機能品でシェービングした方が、3時間経過後も肌水分量の変化が小さく、肌の保湿効果が確認できた。



第11図 肌水分減少量比較（化粧水塗布一定時間後）

Fig. 11 Comparison of skin moisture loss

7. まとめ

シェーバーに、角質層への浸透促進技術を搭載することで、化粧水などを塗布しシェービングするという新しいスタイルをお客様に提供し、シェービングしながら乾燥肌への対応を実現した。

今後も、新しい技術の開発に取り組み、お客様に新しい価値を提供し、お客様の生活を便利で快適なものにして行きたい。

参考文献

- [1] (株) マンダム, 現代日本人男性のスキンケアに関する意識と肌の実態に関する調査, <https://www.mandom.co.jp/release/pdf/2006022701.pdf>, 参照 May 7 2020.
- [2] 前田憲寿, “皮膚と化学 - 内と外の境界 -,” 化学と教育, 65巻, 2号, pp.84-85, 2017.
- [3] 坂本一民, “角層細胞間脂質のバリア機能,” オレオサイエンス, 第17巻, 第11号, pp.539-548, 2017.

- [4] Vinod Dhote, "Iontophoresis: A Potential Emergence of a Transdermal Drug Delivery System," *Scientia Pharmaceutica*, vol. 80, issue 1, pp.1-28, 2012.
- [5] 秋本真喜雄, "薬物の経皮吸収促進法におけるイオントフォーレーシスの最適条件の検討," 第60回自動制御連合後援会, 2017年11月10日~12日.
- [6] 後藤雅宏, "S/O[®]技術を利用した経皮薬物送達システム," *オレオサイエンス*, 第12巻, 第8号, pp. 327-331, 2012.

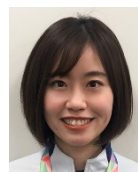
執筆者紹介



金森 芳彰 Yoshiaki Kanamori
 アプライアンス社 技術本部
 Engineering Div., Appliances Company



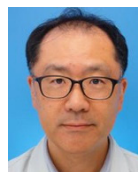
成田 憲二 Kenji Narita
 アプライアンス社 技術本部
 Engineering Div., Appliances Company



近藤 美咲 Misaki Kondo
 アプライアンス社
 ビューティ・パーソナルケア事業部
 Beauty and Personal Care Business Div., Appliances Company



清水 宏明 Hiroaki Shimizu
 アプライアンス社
 ビューティ・パーソナルケア事業部
 Beauty and Personal Care Business Div., Appliances Company



西村 真司 Shinji Nishimura
 アプライアンス社
 ビューティ・パーソナルケア事業部
 Beauty and Personal Care Business Div., Appliances Company



立田 茂 Shigeru Tatsuta
 アプライアンス社
 ビューティ・パーソナルケア事業部
 Beauty and Personal Care Business Div., Appliances Company