

# HAiDryer：髪の熱ダメージを防ぐドライヤー技術支援システム

榎本 哲也<sup>1,a)</sup> 元川 錦<sup>2,b)</sup> 横窪 安奈<sup>2,c)</sup> ロペズ ギヨーム<sup>2,d)</sup>

**概要：**昨今の新型コロナウイルス感染症（COVID-19）感染拡大より、見た目への意識や髪に対する意識変化が起きている。COVID-19 流行後からは、目元や髪への注目度がより高まっている一方で、ヘアケアの重要度が下がり、髪質が悪化した人が増加したため、ヘアケアの改善が必要不可欠である。本研究では、ヘアドライヤーの熱ダメージの軽減に着目し、髪への熱ダメージを防ぐドライヤー技術支援システム「HAiDryer」を開発した。「HAiDryer」はユーザがヘアドライヤー時、髪にダメージを与える時間の短縮を支援するためのヘアドライヤー装着式システムである。HAiDryerの有無による効果検証結果を比較したところ、10人中8人が55℃を超えるドライ時間の割合が減少した。また、SUSを用いたアンケート結果では、被験者のSUS平均スコアは87点であり、HAiDryerは髪のダメージを防ぐヘアドライ支援が可能であり、ユーザにとって利用しやすいシステムである。

## 1. はじめに

昨今の新型コロナウイルス感染症（COVID-19）感染拡大より、見た目への意識や髪に対する意識変化が起きている。毛髪・美容・健康を対象としたウェルネス産業の1つである株式会社アデランスは、全国の20代から60代の男女4888人を対象に、COVID-19流行後による生活環境の変化を要因として、見た目への意識や髪のケア（以下、ヘアケア）に関するインターネット調査を実施した。その結果、女性の約半数（49.5%）が美容室に行く頻度が減少したと回答している [7]。また、COVID-19流行前と比較して、男女ともに「目元」と「髪」に注目するようになったと回答している。これはマスクの着用により、口元が隠れているため、目元と髪に目がいくようになったと推察できる。パナソニック社は、1日10分以上ヘアケアを行っている在宅勤務経験者の女性586名に対し、在宅時間増加に伴うヘアケアの意識調査を実施した。その結果、COVID-19流行前と比較して髪質が悪化したと回答した人は84.2%であった [5]。そのため、COVID-19流行後からは、マスク着用により、目元や髪への注目度がより高まっている一方で、

ヘアケアの重要度が下がり、髪質が悪化した人が増加したため、ヘアケアの改善が必要不可欠である。また、時代の流れに推移して、ヘアドライヤーの種類や付加価値が多様化しており、複数機能が搭載されているヘアドライヤーが販売されている。マイボイスコム株式会社が実施した、男性5667名女性5063名の合わせて10,730名、年齢層は20代4%、30代13%、40代27%、50代以上55%を対象としたインターネット調査によると、ヘアドライヤーの利用者は約7割である。その中でヘアドライヤーに期待する効果は「短時間で乾く」が利用者の7割、「髪にやさしい」、「頭皮にやさしい」、「髪のダメージを防ぐ」が各3割という結果になった [10]。しかし「髪のダメージを防ぐ」を期待する一方で「短時間で乾く」は誤った操作をすると髪へのダメージに繋がってしまう。短時間で髪を乾かすために、ヘアドライヤーと髪との距離を近づけて髪の温度が60℃以上となると髪のキューティクル破壊の原因となり得る [2]。以上から、既存のドライヤーでは、「熱ダメージ」を意識しながら操作するのが難しいのが現状である。

## 2. 関連研究

### 2.1 毛髪構成と熱ダメージの研究

髪は研究により構造が明らかになっている。髪は外側からキューティクル層、コルテックス層、メデュラ層の3層で構成されており、髪の内部の85%から90%を占めるコルテックス層は水分を保持している。また、髪の最表面は「キューティクル」で出来ており、CMC（細胞膜複合体）

<sup>1</sup> 青山学院大学 理工学部  
Aoyama Gakuin University, Kanagawa, Japan

<sup>2</sup> 青山学院大学大学院 理工学研究科  
Aoyama Gakuin University, Kanagawa, Japan

a) tenomoto@wil-aoyama.jp

b) nmotokawa@wil-aoyama.jp

c) yokokubo@it.aoyama.ac.jp

d) guillaume@it.aoyama.ac.jp

によってキューティクル同士を接着している。このキューティクルは髪の艶や手触りに影響し、髪の内部構造を保護する役割を持ち [9]、キューティクルを守ることがヘアケアにおいて最重要である。

Yoonhee らは、ヘアドライヤーにより、髪をさまざまな温度 (47 °C, 61 °C 及び 95 °C) で繰り返し乾燥させた後の髪の構造、形態、水分含有量、及び色の変化を評価した [3]。結果は髪の表面において温度が上がるにつれて損傷が大きくなる傾向にある一方で、自然乾燥させた髪は細胞膜複合体に損傷が見られたため、自然乾燥よりも表面の損傷はおおきくなるが、15cm の距離で連続してヘアドライヤーを使用することで、髪の損傷を最も抑えることができることが確認された。

## 2.2 美容技能支援に関する研究

藤田らは温度センサなどを搭載したヘアドライヤーと液晶ディスプレイにハーフミラーを貼り付けた鏡を使用することで、鏡像に重ね合わせた温度提示を行うシステムを開発した [15]。システムは、ヘアドライ中の髪の温度を視覚化することで、ユーザの適切なヘアドライを支援する。課題として、温度表示位置の改善、距離情報による適切な支援及び数値表示以外のインタラクティブなコンテンツ作成が挙げられる。中川らは肌ストレスの管理と肌状態の記録の管理を総合的に行い、美容の専門家がその情報に基づいて適切なスキンケア方法を提案する美肌支援システム「電脳美肌台」を開発した [14]。この研究では適切なスキンケア方法を誰でも行うことができるが、フィードバック要素が専門家であることから利用できるタイミングに制限ある。Yu-Chen Chang らは幼稚園児が適切で徹底的なブラッシングスキルを習得するように親と教師を支援するためのシステムを提案した [1]。システムは圧力センサによりブラッシング動作を開始したことを検知すると 2 分間音楽が流れる。また、正面ディスプレイに歯とそれに付着するプラークを表すイラストを提示して、ブラッシング動作に応じて汚れを落とすゲーム性を取り入れた。

## 2.3 既存の多機能搭載ヘアドライヤー

ヘアドライヤーは多くの企業で開発され、様々な機能を持ち合わせたヘアドライヤーが普及している。ReFa BEAUTECH DRYER PRO [11] は吹出口に非接触温度センサが搭載されており、頭皮と毛先の温度を感知し、温風と冷風を自動で切り替えることで頭皮は約 50 °C、毛先は約 60 °C 以下をキープできる。ヘアードライヤー ナノケア EH-NA0G [12] は温冷風を自動で交互に切り替える機能や、室温に合わせて温風の温度をコントロールする機能、60 °C の風を送り続ける機能などがあり、ユーザの目的に応じて機能を切り替えることができる。IB-WX2 [8] はドライヤーに距離センサを搭載しており、距離に合わせて風の温度を

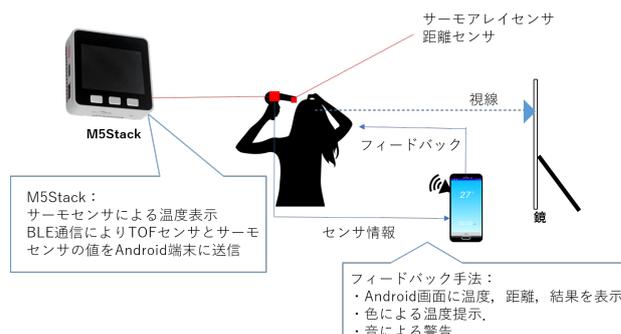


図1 「HAiDryer」の構成図

コントロール機能がある。Bluetooth 搭載のため、好きな「温度」と「時間」の組み合わせでカスタムできる美容アプリに対応している。

## 3. HAiDryer

### 3.1 HAiDryer の概要

「HAiDryer」はユーザがヘアドライヤー時、髪にダメージを与える時間の短縮を支援するためのヘアドライヤー装着式システムである。HAiDryer は、髪の「Hair」と援助するの「Aid」、ドライヤーの「Dryer」を組み合わせた名称である。HAiDryer はヘアドライヤー中のユーザの髪の「温度」、髪とヘアドライヤーとの「距離」の二点を支援対象とした。ヘアドライヤー動作中に温度と距離に対し直感的かつ効果的なフィードバックを与えることで、適切なヘアドライヤー技術の支援になることを目的とする。

「HAiDryer」の構成図を図1に、デバイスを図2にそれぞれ示す。使用するヘアドライヤー側部に面ファスナーを用いて M5Stack [4] を装着し、jumper ワイヤにより M5Stack と各種センサを繋ぐ。M5Stack とサーモアレイセンサは直接つなぐことが出来ないため、M5Stack 用サーモアレイセンサ Conta-AMG8833 変換基板 [6] を用いて接続した。取得した温度データと距離データをスマートフォンに送信、リアルタイムで髪の表面温度と、髪とヘアドライヤーの距離をアプリケーション内に表示する。また、その値をもとにフィードバック内容が決定される。なお、今回 M5Stack からスマートフォンへのデータ送信は BLE 通信を用いている。

### 3.2 髪とヘアドライヤーの適切な距離の検討

熱ダメージを軽減するための髪とヘアドライヤーの適切な距離を決定するために、距離判定実験を行った。実験の概要は以下の通りである。

- 被験者：20 代大学生 1 人
- 実験内容：「HAiDryer」を利用し、濡れた髪にヘアードライヤーの風を当ててもらい、25cm、20cm、15cm の位置からヘアードライヤーを固定してそれぞれ髪に 15



図 2 HAI dryer のデバイス

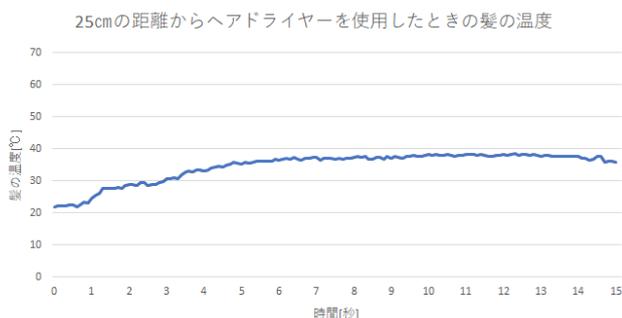


図 3 25cm の距離からヘアドライヤーを使用したときの髪の毛の温度

秒間ヘアドライヤーの熱を与え続ける。

- 評価方法：サーモアレイセンサにより温度を計測，実験後にグラフに表し 60 °C を超える距離を決定する。

図 3～図 5 に結果を示す。図 3～図 5 よりヘアドライヤーと髪の毛の距離を近づけると、髪の毛の温度も高い状態になることが分かる。さらに、図 3 より 25cm の距離からヘアドライヤーの温風を当て続けると、徐々に髪の毛の温度が上昇するが 40 °C に満たない結果となった。図 4 より、20cm の距離からヘアドライヤーの温風を当て続けると、4～5 秒ほどで最高温度に達し 45 °C～47 °C で停滞する。図 5 より、15cm の距離からヘアドライヤーの温風を当て続けると、1 秒ほどで急激に髪の毛の温度が上昇してその後 60 °C を超えることが分かる。2.1 節で述べた通り濡れた状態の髪は 60 °C を超えると熱変性を初めて損傷する。以上から、HAI dryer では、ヘアドライヤーとユーザーの髪が 15cm の距離より離れている場合を熱ダメージを受けない適切な距離と判断した。

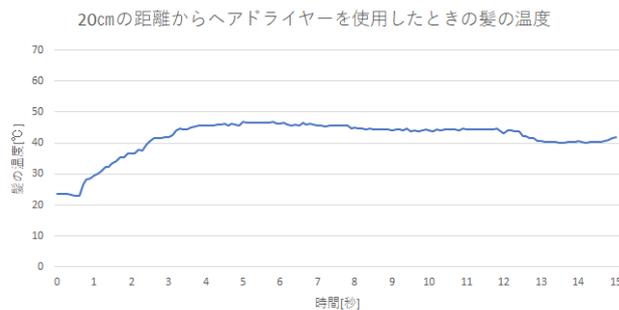


図 4 20cm の距離からヘアドライヤーを使用したときの髪の毛の温度



図 5 15cm の距離からヘアドライヤーを使用したときの髪の毛の温度

### 3.3 フィードバック方法

HAI dryer ではヘアドライ中の「髪とヘアドライヤーとの距離」に対する警告音によるフィードバック、「ユーザーの髪の毛の温度」に対する色の変化によるフィードバック、及びヘアドライ動作に対する結果表示の 3 種類用意した。

#### 3.3.1 警告音によるフィードバック

3.2 節で述べた通り、ヘアドライヤーとユーザーの髪の毛の理想的な距離は、濡れた髪が熱変性を始める温度である 60 °C に満たない距離 15cm であるためこの値を閾値とする。本研究では ToF センサから取得した、ヘアドライヤーとユーザーの髪の毛との距離が 15cm 以内になると警告音が鳴り続ける仕組みとなっている。警告音の音量はユーザーが設定でき、ヘアドライ中でも十分認識できる大きさと音の高さがあるものを使用した。

#### 3.3.2 画面色の切り替えによるフィードバック

2.1 節で述べた通り、人間の髪は 80%～90%タンパク質で形成されているため熱変性が起こる。髪が濡れている状態だと 60 °C で熱変性が起きる可能性がある。このことから、髪を乾かす際には一か所に集中して当てたりせず適度に冷風を当てるなどして切り替える工夫が必要となる。しかし、髪には神経が通っていないため 60 °C を超えたことを正確に感じ取れないためヘアドライヤーと髪の毛との距離を音により警告する以外に、色でのフィードバックを行った。ユーザーに音が聞こえない場合を想定して距離の値が 15cm より小さくなると赤色に変化する。温度は髪が傷む根本的



図 6 温度と距離に応じた画面表示の様子

な原因となる。ユーザにとってより注意を集めるため画面背景の色からフィードバックを行う。60°Cを超えてからは髪が傷んでしまうため HAI dryer は 55°C を超えると画面背景が水色からオレンジ色に変化する仕組みとした。文字による温度表示だけでなく色によるフィードバックを行うのは、ユーザが温度を理解するためである。

画面中央に文字としてのフィードバックも用意した。15cmより近づくと「遠ざけて」、55°Cを超えると「熱いです」と表示する仕組みとなっている。なお設定した条件に対応するフィードバック画面は図 6 に示す。

### 3.3.3 結果参照画面によるフィードバック

HAI dryer におけるヘアドライ後に、ヘアドライ動作の適切さを確認するため結果参照画面のグラフによるフィードバックについて説明する。なお、本システムにおけるヘアドライ動作の適切さとは「髪の温度が 55°C を超えないように髪を乾かすこと」とする。画面上部にはサーモレイセンサから取得した値を棒グラフとして提示する。縦軸は温度を、横軸は取得データ数を表している。データは 100 ミリ秒ごとに取得している。55°C を超えていないデータは水色、超えると赤色にすることにより直感的に熱さと冷たさを表した。画面中央と下の円グラフはヘアドライ動作の開始から終了までの総時間に対する 55°C を超えていた時間割合を表している。HAI dryer は適切なヘアドライヤー技術支援を目的としているため、日常的にこのシステムを使うことを考えている。そのため画面中央の円グラフは今回行ったヘアドライヤー動作に対するフィードバック、画面下部の円グラフは前回行ったヘアドライヤー動作に対するを表示し、ユーザが自身のヘアドライ動作の適切さを確認できるようにした。フィードバックに統一性を持たせるため、円グラフの色は上部の棒グラフと色の持つ意味は同じである。図 7 に結果参照によるフィードバック画面を示す。

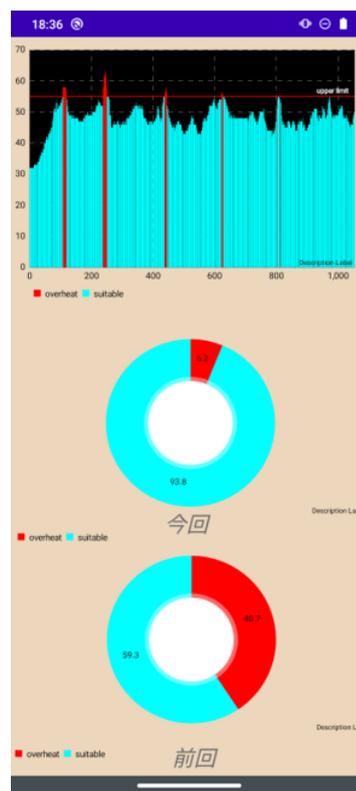


図 7 結果参照画面

## 4. HAI dryer の評価実験

本研究では、以下の 3 点を検証するためにユーザビリティ検証実験を行った。

- (1) HAI dryer の有無により髪に熱ダメージを与える時間を短縮できるかの効果検証
- (2) ヘアドライに対する意識の変化の検証
- (3) HAI dryer のユーザビリティ及び印象を検証

被験者は日常的にヘアドライヤーを使用している 20 代男女 10 名で、実験の順番が実験結果に影響しないよう、被験者を以下の A 群 (5 名) と B 群 (5 名) に分けた。

- A 群 (1 回目: HAI dryer あり, 2 回目: HAI dryer なし)
- B 群 (1 回目: HAI dryer なし, 2 回目: HAI dryer あり)

実験は濡れた状態の髪をユーザ自身がヘアドライヤーで髪を乾かしてもらう。

実験に使用したヘアドライヤーは Panasonic のマイナスイオン ターボドライミニ ionity EH5212P である [13]。このヘアドライヤーには温冷風自動切換え機能や温度センサが搭載されていないため、ユーザのヘアドライ技術に注目して実験を行えると判断した。実験環境はユーザの正面に鏡を置き、その左側にフィードバック用のスマートフォンを設置した。この際、スマートフォンを注視すると普段通りのヘアドライ動作が行えず、髪を乾かしづらいと感じてしまう可能性がある。そのため、ユーザには鏡を見てヘアドライを行うよう指示し、フィードバックは直感的にわ



図 8 実験中の様子

かる音と色であるため、鏡とスマートフォンには距離を置いた。図 8 に実験風景を示す。

#### 4.1 実験手順

実験手順は以下の通りである。

- (1) 研究実施者は HAIiDryer の利用法, 説明を行う
- (2) 事前アンケートに回答する
- (3) 霧吹きで自身の髪を濡らす (1 回目と 2 回目は霧吹きをかける回数を一定にする)
- (4) HAIiDryer (有/無) で髪を乾かす
- (5) HAIiDryer (手順 4 で行わなかった方) で髪を乾かす
- (6) 事後アンケートに回答する

また, HAIiDryer 無しの場合もユーザはフィードバックが与えられないだけであり, ヘアドライヤーにシステムは付いている。これはフィードバックがない際, ユーザの髪の温度変化を計測するためである。スマートフォンからのフィードバック法の 1 つである音での警告はヘアドライヤー中でも聞こえるかを実験開始前に被験者に確認している。

#### 4.2 評価方法

HAIiDryer を使用した際に髪にダメージを与える温度に到達している時間を短縮されているかを確認するために, 髪の温度とヘアドライ時間の計測を行った。アンケートは 3 種類用意した。1 つ目のアンケートでは, 普段ヘアドライヤーを使用する場合の温度と距離感に対する意識について回答してもらった。2 つ目のアンケートでは, HAIiDryer を使用した際の温度と距離感及び, アプリケーションのフィードバックの内容の適切さ, 使用感について回答してもらった。3 つ目のアンケートでは, HAIiDryer のユーザビリティ評価するために System Usability Scale (SUS) を用いた評価を行った。

表 1 ヘアドライ中 55 °C を超えた時間割合 (%)

| 被験者番号      | 性別 | HAIiDryer 無 | HAIiDryer 有 |
|------------|----|-------------|-------------|
| 1          | 男性 | 41.8        | 16.8        |
| 2          | 男性 | 33.4        | 2.6         |
| 3          | 男性 | 13.5        | 5.7         |
| 4          | 男性 | 69.1        | 5.2         |
| 5          | 男性 | 21.4        | 2.0         |
| 6          | 女性 | 30.6        | 8.4         |
| 7          | 女性 | 2.7         | 2.9         |
| 8          | 女性 | 5.4         | 0           |
| 9          | 女性 | 5.7         | 1.0         |
| 10         | 女性 | 0           | 1.0         |
| 男性平均       |    | 35.8        | 6.5         |
| 女性平均       |    | 8.9         | 2.7         |
| 全体平均       |    | 22.4        | 4.6         |
| ダメージ意識しない人 |    | 31.6        | 6.3         |
| ダメージ意識する人  |    | 9.9         | 2.0         |

## 5. 実験結果

### 5.1 HAIiDryer の効果検証実験の結果

HAIiDryer の効果検証実験の結果を表 1 に記す。結果を見ると, HAIiDryer を使用することにより, 10 人中 8 人が髪の熱ダメージにつながる温度でのドライ時間が減少した。HAIiDryer 無の男性は平均 35.8% であるが, HAIiDryer 有では 6.4% と減少している。さらに, HAIiDryer 無の女性は平均 8.9% であるが, HAIiDryer 有では 2.7% と減少していることが示された。また, 普段のヘアドライ時髪のダメージを意識しない人は意識する人に比べて 55 °C を超えている時間割合が多いことが分かり, HAIiDryer 利用により意識する人も意識しない人もヘアドライ中 55 °C を超えた時間割合は減少する結果となった。

### 5.2 アンケート評価結果

評価実験前で行った事前アンケートと評価実験後に行った事後アンケートでは, ヘアドライヤーを使用する際の意識及びアプリケーションに内で表示されるフィードバック内容に対する影響についての評価を行った。まず, ヘアドライヤーを使用する際の髪の熱ダメージ意識についての結果を図 9 に示す。普段ヘアドライヤーを使用する場合「意識する」が 0 名, 「やや意識する」が 3 名, 「どちらとも言えない」が 2 名, 「あまり意識しない」が 3 名, 「意識しない」が 2 名という結果になり, HAIiDryer を使用した場合「意識する」が 6 名, 「やや意識する」が 6 名, 「どちらとも言えない」が 0 名, 「あまり意識しない」が 0 名, 「意識しない」が 0 名という結果になった。

次に, ヘアドライヤーを使用する際に髪が高温にならないように意識しているかの結果を図 10 に示す。普段ヘアドライヤーを使用する場合「意識する」が 0 名, 「やや意識する」が 3 名, 「どちらとも言えない」が 3 名, 「あまり意

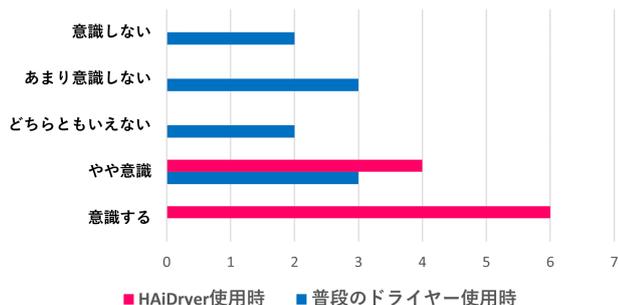


図 9 各ドライヤー使用時の髪の熱ダメージに対する意識アンケート

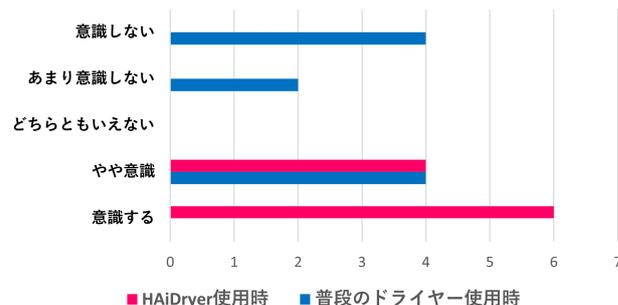


図 11 各ドライヤー使用時のドライヤーと髪の距離に対する意識アンケート

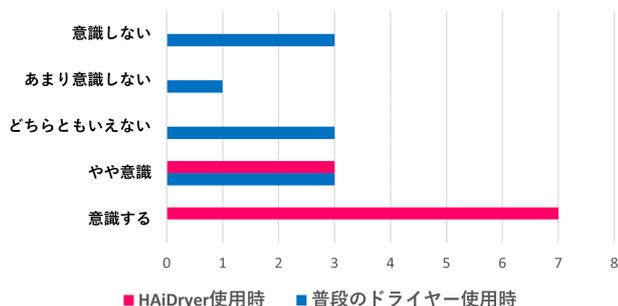


図 10 各ドライヤー使用時の髪の温度に対する意識アンケート

「意識しない」が1名、「あまり意識しない」が3名という結果になり、HAI Dryer を使用した場合「意識する」が7名、「やや意識する」が3名、「どちらとも言えない」が0名、「あまり意識しない」が0名、「意識しない」が0名という結果になった。意識するようになったユーザからは画面の色によるフィードバックにより、髪が高温である自覚を持つことが出来たという意見があった。

次に、ヘアドライヤーを使用する際に髪との距離を意識しているかの結果を図 11 に示す。普段ヘアドライヤーを使用する場合「意識する」が0名、「やや意識する」が4名、「どちらとも言えない」が0名、「あまり意識しない」が2名、「意識しない」が4名という結果になった。HAI Dryer を使用した場合「意識する」が6名、「やや意識する」が4名、「どちらとも言えない」が0名、「あまり意識しない」が0名、「意識しない」が0名という結果になった。距離を意識するようになったユーザからは髪を乾かす時、近づけてしまう癖に気がついたという意見があった。

次に、フィードバック内容のフィードバックの影響についての結果を述べる。まず、アプリケーションの画面を見て直感的に髪の温度を下げようと感じたかの結果では、「感じる」が6名、「やや感じる」が4名、「どちらとも言えない」が0名、「あまり感じない」が0名、「感じない」が0名という結果となった。

次に、システム稼働中の警告音に対して、直感的に髪とヘアドライヤーとの距離を離そうと感じたかの結果を見ると、「感じる」が8名、「やや感じる」が2名、「どちらとも

表 2 SUS スコアと平均

| 被験者番号 | 性別 | スコア  |
|-------|----|------|
| 1     | 男性 | 80   |
| 2     | 男性 | 95   |
| 3     | 男性 | 72.5 |
| 4     | 男性 | 77.5 |
| 5     | 男性 | 70   |
| 6     | 女性 | 92.5 |
| 7     | 女性 | 90   |
| 8     | 女性 | 95   |
| 9     | 女性 | 100  |
| 10    | 女性 | 97.5 |
| 男性平均  |    | 79   |
| 女性平均  |    | 95   |
| 全体平均  |    | 87   |

「言えない」が0名、「あまり感じない」が0名、「感じない」が0名という結果となった。

最後に、結果参照の分かりやすさに対する結果では、「分かりやすい」が5名、「やや分かりやすい」が5名であり、「分かりにくい」と回答した者はいなかった。

### 5.3 SUS による評価

HAI Dryer のユーザビリティ検証実験では SUS を用いたアンケートを実施した。それぞれの項目から 100 点を基準としたスコアを計算し、ユーザビリティの受け止められ方を指標化した。その結果を表 2 に記す。

結果として、被験者 10 人のうちすべての被験者で SUS の平均スコアである 68 点を超えており、10 人の平均スコアは 87 点であった。また、男性の平均スコアが 79 点、女性の平均スコアが 95 点となっている。この結果から、HAI Dryer は非常に優れたユーザビリティであることが示された。

## 6. 考察

### 6.1 効果検証実験の考察

5.1 節で述べたように、HAI Dryer を使用した場合と使用していない場合において、HAI Dryer の有無による実験結

果を比較したところ、10人中8人が55℃を超えた時間割合が減少した。男性はシステム有無の差が顕著に表れている。これは普段男性が髪に対する意識があまり高くないことから、システムを利用することで大幅にヘアドライ動作が改善されたと考えられる。55℃を超えた時間割合が減少しなかった被験者2名に関しては、システム無の状態から55℃を超えた時間割合が3%未満であることからほとんどシステムが関係していないと考えられる。

## 6.2 アンケート評価に対する考察

5.2節で述べたアンケートの結果についての考察を述べる。普段ヘアドライヤーを使用するよりHAIiDryerを使用した場合の方が「髪のダメージ」、「髪の温度」及び「髪との距離」それぞれ意識が高まるという結果が得られた。このことからスマートフォンからのフィードバックがユーザのヘアドライの意識に影響を与えていると考えられる。次にフィードバック内容についてのアンケート結果による考察を述べる。画面の色の変化によるフィードバックでは、ユーザが最もスムーズにドライヤー動作を適切な距離と温度に変更しているように見受けられた。直感的に髪の温度を下げようと感じたかのアンケート結果はすべての被験者が「感じる」、「やや感じる」と回答している。また自由記述の欄に「温度表示の画面が感覚的に分かりやすい」という意見が得られたことからこのフィードバックは適切であると考えられる。音によるフィードバック内容では、男性被験者で多く作動していた。男性は髪とヘアドライヤーの距離を15cmより近づける人がほとんどであったため、システムの音に対して煩わしさを感じているようだった。音に対して髪との距離を離そうと感じたかのアンケート結果では、「感じる」と答えた被験者が最も多かった。音が被験者に与える影響が大きいことが分かるが、鳴り続ける音が被験者の印象に残ったという可能性も考えられる。自由記述欄に「音が大きすぎて意識してしまう」という意見が得られたことから、音による影響が大きいため利用者にとってストレスのない音の種類にするとより継続して利用されるシステムになると考える。3.3.3節より自身のヘアドライ動作を見直す結果参照画面のフィードバックはサーモアレキセンサから取得した情報を棒グラフで提示し、髪を乾かす時間のうち55℃を超えた時間の割合円グラフで提示した。アンケートの自由記述欄には「システムの説明でグラフを説明されなければわからなかったと思う」という意見が得られた。この理由としてグラフの軸ラベルを明記していなかったことが考えられる。結果の分かりやすさに関するアンケートでは「分かりやすい」、「やや分かりやすい」と回答した人が全員で、これはグラフの色が持つ直感的分かりやすさが影響していると考えられる。

## 6.3 SUSによるアンケート結果の考察

5.3節で述べたSUSによるアンケート結果から、HAIiDryerのユーザビリティ評価についての考察を述べる。表2からわかるようにSUSの平均スコアが87点とSUSスコアの平均である68点を上回っていた。男性と女性を分けて考えると男性は平均79点であることにに対し、女性は平均95点と高い評価となっている。さらに、女性は皆スコア90点以上となっており、HAIiDryerは男性よりも女性の方がより優れたユーザビリティであると評価していることが示された。これは女性の方が髪のダメージに対して敏感であり、普段から髪に対して意識を向けているためだと考える。以上のことからHAIiDryerは髪のダメージを防ぐヘアドライ支援が可能であり、ユーザにとって利用しやすいシステムである。

## 7. 今後の展望

今後の展望として、スマートフォンによる熱ダメージの結果参照画面の改良やドライヤーを用いたヘアアレンジの支援、長期間HAIiDryerを使用した場合に髪質に変化が現れるかを観察し、その有用性の検証を行うことが挙げられる。結果参照画面の改良では、結果参照でユーザの動作をグラフで数値的に表しているのがユーザが楽しんで継続的に使用しないことが考えられる。そのためゲーム要素の追加や、キャラクターからユーザの乾かし方の癖を指摘する機能がヘアドライ技術向上につながると考えられる。ヘアアレンジに対するドライヤー支援は、ドライヤーを利用する目的が髪を乾かす事のみならずヘアセットにも用いられることに着目した。ユーザの理想の髪型の写真をダウンロードすることで適切なヘアセット法を指示するシステムであると使い方の幅が広がると考えられる。本研究では、HAIiDryerを1回の使用で熱ダメージとなる時間をどの程度短縮できたかを実験したが、長期的に使用した場合の髪質の変化を走査型電子顕微鏡及び透過型電子顕微鏡を用いて観察して効果を検証することで、システムの価値が高まると考える。

## 8. まとめ

本研究では、ヘアケアの中でもヘアドライヤーの熱ダメージの軽減に着目し、髪への熱ダメージを防ぐドライヤー技術支援システム「HAIiDryer」を提案し、HAIiDryerの有用性及び使用感を検証するため評価実験を実施した。HAIiDryerの有無による効果検証結果を比較したところ、10人中8人が55℃を超えるドライ時間の割合が減少した。また、SUSを用いたアンケート結果では、被験者のSUS平均スコアは87点であり、HAIiDryerは非常に優れたユーザビリティであることが確認できた。今後の展望として長期的に使用した際の髪質変化の検証やヘアアレンジに対するドライヤー支援技術の追加を行い、乾かす以外の用

途で幅広く利用されるデバイスとして改良していきたい。

## 参考文献

- [1] Chang, Y.-C., Lo, J.-L., Huang, C.-J., Hsu, N.-Y., Chu, H.-H., Wang, H.-Y., Chi, P.-Y. and Hsieh, Y.-L.: Playful toothbrush: ubicomp technology for teaching tooth brushing to kindergarten children, *Proceedings of the SIGCHI conference on human factors in computing systems*, pp. 363–372 (2008).
- [2] HAIR, S. M.: 髪に熱を加えるとどうなる？ドライヤーやヘアアイロンで起こる熱変性について, , 入手先 (<https://www.ruan.co.jp/column/touhi-kea/thermal-denaturation-caused-by-hair-dryer-and-hair-iron/>) (参照 2022-1-13).
- [3] Lee, Y., Kim, Y.-D., Hyun, H.-J., Pi, L.-q., Jin, X. and Lee, W.-S.: Hair shaft damage from heat and drying time of hair dryer, *Annals of dermatology*, Vol. 23, No. 4, pp. 455–462 (2011).
- [4] M5Stack: M5STACK, , available from (<https://m5stack.com/>) (accessed 2021-12-23).
- [5] Panasonic: 在宅時間増加に伴うヘアケア意識調査, Panasonic (オンライン), 入手先 (<https://prtimes.jp/main/html/rd/p/000000392.000024101.html>) (参照 2021-12-23).
- [6] のる LAB: のる LAB のる LAB, , 入手先 (<https://norulab.base.shop/categories/1533672>) (参照 2021-12-23).
- [7] アデランス: コロナ禍における見た目への意識やヘアケア調査, アデランス (オンライン), 入手先 (<https://www.aderans.co.jp/newsrelease/detail/20210323171218.html>) (参照 2021-12-23).
- [8] シャープ株式会社: IB-WX2, , available from (<https://jp.sharp/beauty/products/ibwx2/>) (accessed 2022-1-21)).
- [9] タカラベルモント株式会社: 毛髪の基本構造～それぞれの役割と特徴を知る～, , 入手先 (<https://www.lebel.co.jp/laboratory/column/3269/>) (参照 2022-1-21).
- [10] マイボイスコム株式会社: ドライヤーに関するアンケート調査 (第 2 回), , 入手先 (<https://www.myvoice.co.jp/biz/surveys/23107/index.html>) (参照 2021-12-23).
- [11] 株式会社 MTG プロフェッショナル: ReFa BEARTECH DRYER, , available from ([https://www.refa.net/item/refa\\_beautech\\_dryer\\_pro/](https://www.refa.net/item/refa_beautech_dryer_pro/)) (accessed 2022-1-21)).
- [12] 株式会社 Panasonic: ヘアドライヤー ナノケア EH-NA0G(5つのモード・乾かし方) (参照 2022-1-21).
- [13] 株式会社 Panasonic: マイナスイオンターボドライミニ ionity EEH5212P, , 入手先 (<https://panasonic.jp/hair/p-db/EH5212P.html>) (参照 2022/1/13)).
- [14] 中川真紀, 塚田浩二, 椎尾一郎: 電脳美肌台: ライフログを利用した美肌支援システム, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2009 論文集, Sept, pp. 81–84 (2009).
- [15] 藤田真央, 塚田浩二, 椎尾一郎ほか: 適切なヘアドライを支援するインタラクティブ・ドライヤーの提案, 第 74 回全国大会講演論文集, Vol. 2012, No. 1, pp. 799–800 (2012).