







## 5.2 モデルを使用した設計補助機能の検証

式(8)と式(9)を基に設計補助機能を実装し、その提示データを基に Smart Hair を作成し、その動作を検証した。今回使用した各パラメータは以下の通りである。

- ・アクチュエータ部分の全長  $l = 59.1[\text{mm}]$
- ・動作角度限界  $\theta_{Max} = 1.5[\text{deg/mm}]$
- ・SEA の半径  $0.2[\text{mm}]$

この  $l$  と  $\theta_{Max}$  は、完全に屈曲した状態で 5.1 項の実験で使用した Smart Hair と同じ屈曲位置となる値になっており、5.1 の結果と比較することで、検証を行うことができる。このパラメータから必要な SMA の実行力を提示したところ、式(10)に示す値が必要であることがわかった。

$$F > 175.5 [\text{gf}] \quad (10)$$

この値を満たす SMA としてトキ・コーポレーションの BMF75(  $F_{Max} = 35[\text{gf}]$  ) を 1 本と、BMF150(  $F_{Max} = 150[\text{gf}]$  ) を 1 本、計 2 本を使用した。そして実際に Smart Hair を作成し屈曲位置の測定を行った結果、屈曲位置については表 2 の結果が得られた。

表 2 作成した Smart Hair の動作結果

使用 SMA	X 座標[mm]	Y 座標[mm]
BMF75,150	39	36

5.1 項の実験と同様に理論地に近い値が得られており、図 10 の偏差の幅にも収まっていることから、Smart Hair 単体の動作としては想定通りの結果が得られている。

図 11 は SEA の太さに応じた Smart Hair の保持力の比較である。表 2 の実験で使用した Smart Hair は従来のものと比べて保持力が上がっている。図 11 は 4[g] の折り紙を頂点に載せた際の様子である。(a) が従来のもの、(b) が表 2 の結果を示したものである。(a) は動作すらできなかったが、(b) は表 2 と同じ動作を行いながら、元の直立状態へ復帰可能であった。

このように SEA を変更した場合でも、必要とする条件を満たす Smart Hair を制作することができた。試作したシミュレータを利用し、仕様に応じた Smart Hair の開発を行うにあたり指標となる条件を導くことが可能となった。



SEA  $\varnothing 0.2[\text{mm}]$       SEA  $\varnothing 0.4[\text{mm}]$   
図 11 SEA の太さによる保持力の違い

## 6. おわりに

本研究では Hairlytop Interface のアクチュエータ位置と力のモデルからその挙動を推定するシミュレータと、使用する SEA の太さ、長さおよび動作角度から SMA の実行力を求めるシミュレータの開発を行った。シミュレーション結果を実際のアクチュエータ動作と比較し、今回作成したモデルやシミュレータの有効性を示すことができた。

実際に設計補助シミュレータとしての使用を考慮すると、動作速度や復帰速度といったダイナミクス、出力可能トルクの提示など、より細かな情報提示が必要となる。今後はこれらの機能を追加し改良を続け、アプリケーションの開発を引き続き行っていく。

### 参考文献

- [1] Shuhei Umezu, Masaru Ohkubo, Yoshihiro Ooide, Takuya Nojima : Hairlytop Interface: A Basic Tool for Active Interfacing, Procs of UIST, pp. 95-96, 2014.
- [2] 平居 あづさ, 梅津 周平, 大久保 賢, 野嶋 琢也 : 女子児童を対象とした初期技術教育のための基本ツール開発, 日本感性工学 かわいい人工物研究会 5 周年記念シンポジウム, p29-32, 2015/6/6.
- [3] Guoping Wang, Mohsen Shahinpoor : Design, prototyping and computer simulations of a novel large bending actuator made with a shape memory alloy contractile wire, Journal of Smart Materials and Structures vol.6, p214-221, 1997/4.
- [4] Jennifer C Hannen, John H. Crews, and Gregory D. Buckner. "Indirect intelligent sliding mode control of a shape memory alloy actuated flexible beam using hysteretic recurrent neural networks." *Smart Materials and Structures* 21.8 (2012): 085015.
- [5] 大塚 尚武, Windows PC による材料力学, 晃洋書房, pp.144-145, 2008/2/9,
- [6] トキ・コーポレーション, バイオメタル・ファイバー, <http://www.toki.co.jp/biometal/products/bmf/bmf.php>, [visited 2015/7/7].