

3次元デジタルモデルの活用による和紙の立体漉き技法の開発

鈴木 文晃・串田 賢一・宮川 理恵・岩間 貴司・木島 一広・笠井 伸二^{*1}

Development of Japanese-Paper production with 3D Digital Model Technology

Fumiaki SUZUKI, Kenichi KUSHIDA, Rie MIYAGAWA, Takashi IWAMA and Shinji KASAI^{*1}

要 約

デザイン性の高い和紙製品開発のため、デジタルモデルの技術を活用した立体和紙の製造技法の開発を検討した。3次元 CAD でデザインしたデジタルモデルを紙漉きの型とすることによる紙漉き技法を検討し、紙漉き試験を行ったところ CAD でデザインしたとおりの立体形状を和紙で製造することができた。

1. 緒 言

西嶋和紙業界では従来からの書道用半紙の製品のほかに、照明器具などの和紙を活かした製品の開発を行っている。その中で手漉きの技術を応用し、成形したスポンジを漉き型として紙漉きを行うことで凹凸を持たせた立体和紙の製造技法を開発し、それを使用した製品の開発を行っている。しかし現状ではこのスポンジの成形は既存の形状を使用しているため、新しいデザインの開発ができない状況にある。

一方、本県の地場産業の業界においても導入が進んでいる3次元 CAD の技術では、コンピュータ上で設計・デザインした立体形状を3次元プリンター等で造形することにより、デザインしたとおりの立体モデル(=3次元デジタルモデル)を製造することができる。

そこで本研究では西嶋和紙の立体漉きに使用する漉き型の成形に、この設計の自由度の高い3次元デジタルモデルの技術を活用することにより、デザイン性の高い立体和紙を製造する技法を開発することを目的とし検討を行った。

2. 技法の開発

2-1 漉き型の作成

本研究ではデジタルモデルの技術を活用した立体和紙を製造する技法として、

- (1) 3次元 CAD で立体和紙のデザインを設計する。
- (2) その CAD データを光造型機で造形し、デジタルモデルとする。
- (3) そのデジタルモデルを紙漉きの型として使用して紙漉きを行うことにより、デザインした立体和紙の製造を行う。

という方法について検討を行うこととした。

まず漉き型となるデジタルモデルのもととなる3次元データの作成を3次元 CAD 上で行った。モデルを漉き型として使用するためには、水が透過し和紙原料が型に残る機能を持たせることが必要である。そのため図1のようにモデルに水抜きのための穴を細かく設けたモデルの設計を行った。しかしこの場合、モデルに穴を多く設定するに伴い CAD 上のデータ量が大きくなりコンピュータへの負荷が増加した。このことはデータ作成にかかる時間を長くし、効率的でないことが分かった。

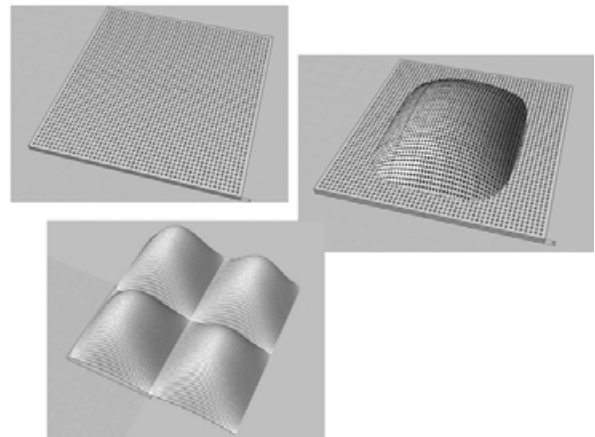


図1 3次元CADでの漉き型の設計

そこでデータ量が大きくなりすぎない程度の水抜き穴を設けたデジタルモデルに、メッシュ材を組み合わせることで、漉き型として使用する方法について検討を行うこととした。そのためにサンプルとして図2のような形状を設計し、これを光造型機で造形することにより図3のようにデジタルモデル化した。

*1 西嶋和紙工業協同組合

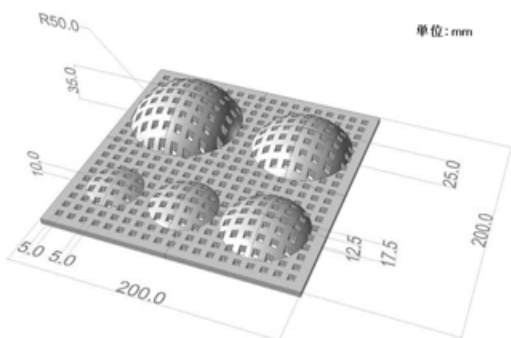


図2 CADで設計したモデル

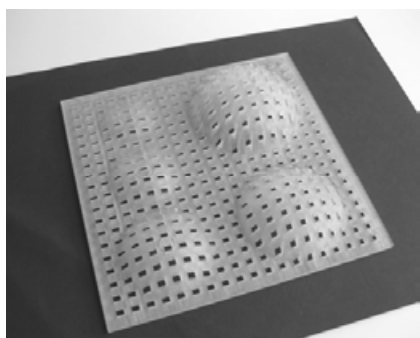


図3 造形したデジタルモデル

2-2 紙漉き試験

次に造形したデジタルモデルを使用して実際に紙漉きの試験を行った。紙漉き試験は以下のような工程で行った。

- ① デジタルモデルの表面にメッシュ材を組み合わせ、枠を取り付け漉き型とする。
- ② 枠に和紙の原料を投入し、手漉きの要領で紙を漉く。
- ③ 紙漉きを行ったものを吸引機にかけ吸引脱水する。
- ④ 乾燥機にかけて乾燥させる。

それぞれの工程の様子は図4に示すとおり。

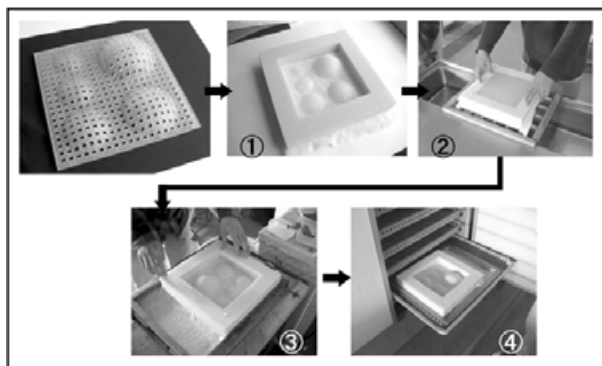


図4 紙漉き試験の工程

今回の紙漉き試験では、デジタルモデルに組み合わせるメッシュ材には、綿の織物を使用した。また乾燥機は黒田工業㈱製 SAT-30A を使用し乾燥させた。

そのように試作した和紙は図5のようになった。これを見ると良好な状態でモデル表面に和紙繊維が吸着し和紙となっており、型から外してもその形状を維持することが確認された。これより CAD 上で設計したとおりの立体的な形状の和紙を、この技法により製造することができた。

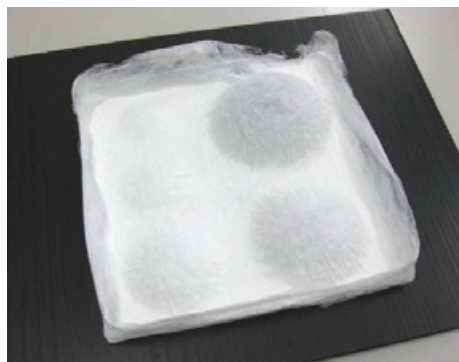


図5 試作した立体和紙

3. 実験方法

今回のデジタルモデルの技法で製造試験を行う中で、従来のスポンジ型を用いた製造方法と異なる点が発見された。そのため、その点について調査する実験を行うこととした。

実験は、図3のデジタルモデルの漉き型と同形状のスポンジ型を図6のように作成し、デジタルモデルの漉き型とスポンジによる漉き型のそれぞれで同条件での紙漉きを行い、それぞれの技法による違いについて調査を行った。



図6 スポンジによる漉き型

調査項目として、まず乾燥時間について調査した。両方の漉き型で紙漉きを行い、同時間の吸引脱水に掛けた後、同じ乾燥機で乾燥させた。90分間乾燥を行う中、一定時間ごとの型の重さを量り、それにより両者の漉き型の乾燥状態を調査した。

次の調査項目として、それぞれの漉き型による和紙の

表面状態について調査した。これについては完成した立体和紙の表面，および裏面を観察することで調査を行った。

4. 結 果

4-1 乾燥時間

乾燥時間についての実験結果を図7に示す。今回の実験によると，デジタルモデルによる漉き型は90分の乾燥時間でほぼ乾燥時の漉き型の重さに到達したのに対し，スポンジによる漉き型は乾燥時の型の重さには達しない状態であることが分かった。

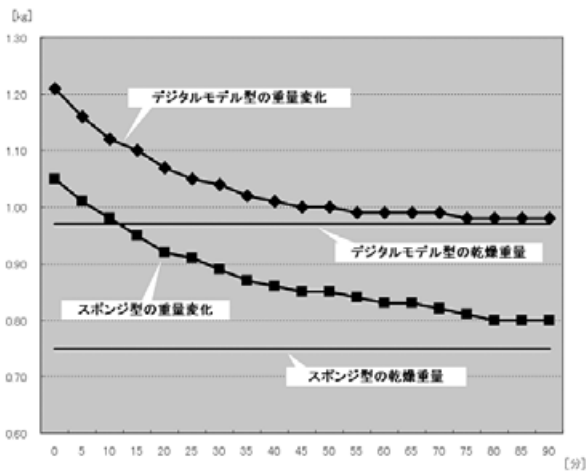


図7 乾燥時間と重量変化のグラフ

4-2 表面状態

次にスポンジを使用して製造した立体和紙と，デジタルモデルによる技法で製造したものの乾燥後の完成品の表面の様子をそれぞれ図8と図9に示す。両者を比較すると，表面に発生するシワがスポンジ型で製造したものには多いのに対し，デジタルモデルの技法で製造した和紙には少ないことが見られた。



図8 デジタルモデルの技法による和紙の表面



図9 スポンジ型を使用した和紙の表面

またデジタルモデルの技法で製造した立体和紙において，型と接する側の面の様子を図10に示す。これによると和紙に小さな凹凸が発生しているのが見られた。



図10 デジタルモデルの技法による和紙の裏面

5. 考 察

今回の実験における乾燥時間の調査で，乾燥の様子に違いが現れたのは，漉き型への含水が影響するものと考えられる。スポンジ型では内部に水を含むため，大きな立体形状の和紙を作ろうとするほど，含水は多くなり乾燥時間は長くなると考えられる。一方デジタルモデルの技法では，含水するのは表面に使用するメッシュ材なので，大きな立体形状の製造でも，その影響はスポンジ技法より小さくなると考えられる。乾燥時間の短縮は和紙の生産性に関わる要素になる。

表面に発生するシワについては，スポンジ型にこれが発生するのは，吸引脱水の工程において漉き型が変形し，これが和紙表面に影響するものによる。デジタルモデル型ではこの変形が起こらないため，シワが発生しないものと考えられる。和紙表面の状態は商品としての価値にも影響するため，そういった観点でも今回の技法は有効と考えられる。

また今回開発した技法で製造した立体和紙の型と接する側の面に見られた和紙表面に小さな凹凸については，製造過程の吸引脱水の際に，デジタルモデルの水抜き穴の形状に沿って和紙が引っ張られ発生したものである。

これは組み合わせるメッシュ材が薄いものほど吸引脱水の影響を受け、現れやすくなる。そのためこれはメッシュ材に厚いものを使用することで影響を少なくすることもできるが、上手くコントロールすることにより、立体和紙の表現として活用することもできると考えられる。具体的には設計の際にこのことを想定し、CAD の段階で水抜き穴の形状をデザインすることにより、独自の表面形状を持つ立体和紙の製造を行うこともできると考えられる。このことについては今後検討を進めることで確認していきたい。

6. 結 言

本研究で開発した技法を用いることにより、3次元CADでデザインした形状を、そのデジタルモデルを使用することにより立体和紙として成形することができることが分かった。それと併せて、検証実験の結果では、これまでの技法で発生するスポンジの含水による乾燥時間の長期化や、サクシオン時のスポンジの変形によるシワの発生を軽減するという点を解消できることが分かった。

しかし今回は単純形状の漉き型モデルを使っでの製造試験を行った段階であり、より複雑でデザイン性の高い商品開発のための立体和紙製造には、引き続き検討を行うことが必要と考えられる。

7. 謝 辞

本研究を行うにあたり、和紙製造に関する情報提供や紙漉きの機材の使用、原料の提供等でご協力頂いた西嶋和紙工業組合の笠井伸二氏、なかとみ和紙の里の望月秀一氏ほか関係する皆様に感謝を申し上げます。

参考文献

- 1) 「葬儀用和紙製義手の開発」 半田 隆志, 石田 聡, 望月 清晴, 見木 太郎: リハ工学カンファレンス講演論文集 Vol.25, p.71-72