

「畳織り」金網のろ過性能算出ツールの提案

小林嵩史[†] 三谷純[‡] 福井幸男[‡] 金森由博[‡]

[†]筑波大学情報学群情報科学類 [‡]筑波大学大学院システム情報工学研究科

1. はじめに

日常生活において水、空気や医療、食品分野で扱うものは異物を除去し清澄化する必要がある、このろ過作業にはフィルタが良く用いられる。その中でも金網フィルタは耐久性や耐熱性に優れ、様々な分野で広く使われている。

ところで、フィルタの性能指標のひとつにろ過性能というものがあるが、金網フィルタの種類によって測定法が異なる。その中でも、「畳織り」構造を持つ金網は構造の複雑さから光学的測定が不可能に近く、測定にはバブルポイント法(図1)が採用されている。しかし、この手法は専用機器が必要な上、時間を要する。また、この測定値も各企業によって統一されていない。

そこで本研究は石川金網(株)と共同で「畳織り」構造をもつ金網のろ過性能を計算機上で算出するためのシステム開発を行った。まず、コンピュータ上で対象の金網3Dモデルを生成し、その後、金網モデルと不純物を模したか総合体球を用いた物理シミュレーションを行うことで金網のろ過性能を評価する。

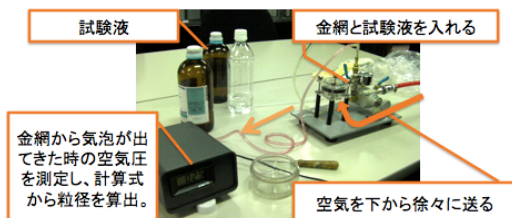


図1：簡易バブルポイント法による測定

2. 金網の構造

金網フィルタの中で、「平織り」や「綾織り」構造をもつ金網は比較的構造が単純ゆえ粒子が通る穴を容易に確認でき、光学的測定で算出できるが(図2左上)、「畳織り」構造をもつ金網は横線が相接しているため粒子が通る穴が金網の上からでは確認できない(図2右上)。「畳織り」金網は織り方に対して2種類に分類できる。一つは横線が縦線に交互に交わる織り方で「平織り」と呼ばれ、もう一方は横線が

Proposal of a filtration performance calculation tool for Dutch Weave.

Takafumi KOBAYASHI[†] Jun MITANI[‡] Yukio HUKUI[‡] Yoshihiro KANAMORI[‡]

[†]College of Information Sciences, University of Tsukuba

[‡]Department of Computer Science, University of Tsukuba

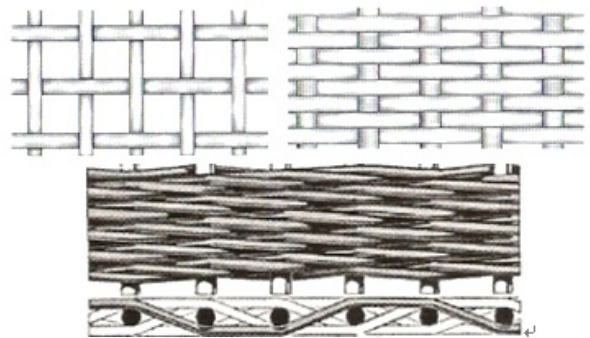


図2：「平織り」構造(左上)と、「綾織り」構造(右上)「綾畳織り」構造(下) 出典) [5](上)、[1](下)

縦線に2本ずつ交わる織り方で「綾畳織り」と呼ばれる(図2下)。両者はさらに幾何学的特性の違いから複数の種類に分類できるが、本研究ではそのうちの主な7種類を対象とした。

3. 関連研究

提案手法は金網のモデリングとろ過シミュレーションの2つの過程をもつ。

前者の既存手法としては、まず線の交差点情報を算出し、金網の線1本ずつを線の中心線と線の断面形状を生成することで作成し、それを全ての線で行うことで金網をモデリングする手法がJiangらによって示されている[2]。この手法では金網にかかる力などを考慮し、スプライン曲線を用いるが、金網の穴を正確に表現できないため、本手法はそれを無視して理想的な形で生成する。また断面形状の生成は文献[4]が挙げられる。この手法は中心線の各点の接線ベクトルTに垂直な2つのベクトルN、Bを座標軸とする平面を作成し、各軸の単位ベクトルを用いて平面上に断面形状を描くものである。しかし、この手法は座標軸ベクトルのひとつをグローバル座標系のZ軸に固定するという条件下で行っているため、正確に断面形状を生成できない。そこで本手法はこの手法を改良し、どの方向に対しても断面形状を生成可能にする(図3右)。

ろ過シミュレーションはNazarbolandらが布生地に対して行った研究がある[3]。ろ過現象をモデル化し、流体中の粒子などを考慮に入れてろ過プロセスを予測している。しかしこの手法は生地の変形なども考慮しているが、本手法は金

網や粒子である球を剛体として扱うため、この手法を改良し、また石川金網(株)が提案したモデルで行うこととする。

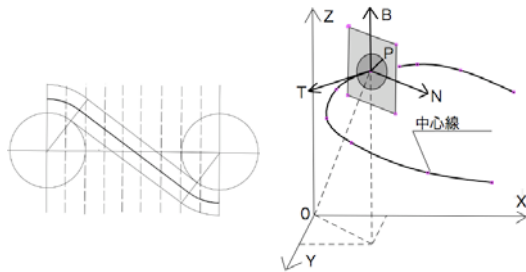


図3：線の中心線理想モデル（左）と線の断面形状の生成過程（右）

4. 提案手法

金網のモデリングは金網の種類によって生成法が異なるが、Jiangらの手法^[2]を基にまず縦線と横線の交差点の3次元位置を全点で算出し、各要素を3次元ベクトルとした2次元行列を作成する。その後、横線に関しては任意の交差点から次の交差点までの間に中心線をあてはめるが、中心線は理想的な構造がすでに古くから提唱されているため、それを再現することで生成する。理想的な構造とは図3左に示すとおり、直線上の円柱とその接線方向で接続された2つの曲線状の円柱で表現されたものであり、図3左に対し縦方向に分割線を引いたときの、中心線と各分割線との交差点を取得することで再現する。ただし、綾畳織り構造はこれに直線状の円柱も中心線として追加する必要がある。一方、縦方向の線は構造が直線状の円柱であるため、中心線を生成する必要はない。最後に、中心線の各点から文献[4]の手法を単純化して断面形状を生成しあてはめる。断面形状の生成手法は文献[4]の手法を基に、まず中心線の各点とその前後点から接線ベクトルTを作成し、それを金網平面上に正射影したベクトルとその平面で垂直なベクトルNを作成する。ベクトルTとNとの外積を取ることでベクトルBを作成し、断面形状を生成する。

ろ過プロセスに関しては、まず金網や粒子と見立てた球を剛体と仮定し、金網を仮想空間上に設置する。その後、球を上から落下させ、金網を揺らしながら通過の有無を判定する。通過した球の最大直径を設置した金網のろ過性能とし、石川金網(株)から提供された既存値と比較し、評価する。ろ過プロセスのシミュレーションおよび可視化には物理エンジン PhysX を用いた。

5. 結果と考察

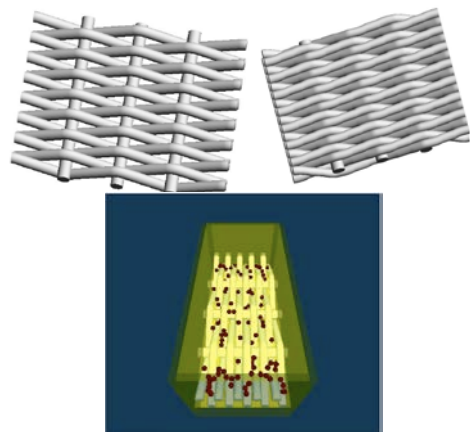


図4：平畳織り（左上）と綾畳織り（右上）シミュレーションインターフェース（下）

金網モデルの生成結果を図4上に示す。

ろ過シミュレーションは、今回開発したシステム(図4下)を用いて測定し、既存値と比較した。ただし、既存値自体の信頼性は製造時のばらつきなどのため、確かではない。測定の結果、既存値との誤差は存在するが、誤差の程度は各金網存在する目の粗さにかかわらずほぼ一定と言え、傾向も既存値同様細かい目程小さくなるため、理想的な形状での値としては良い結果が得られていると考えられる。既存値と誤差は平均で $10\mu\text{m}$ 程度存在するが、これは金網にかかる力や変形、実在の金網に存在する製造時の誤差などを無視した結果と考えられる。また、測定も5分以内で終了でき、既存手法よりも短かったことから、専用機器を必要とせずに短時間で性能を評価可能であると判断できる。

6. まとめ

本研究では金網フィルタのろ過性能を簡単にかつ短時間で評価可能なツールを提案、作成した。今後は正確な金網モデルの生成と、変形などを考慮したろ過プロセスのモデル化を行う。

参考文献

- [1] Haver & Boecker, <http://www.weavingideas.com/en/>
- [2] Jiang, Y. and Chen, X. 'Geometric and algebraic algorithms for modelling yarn in woven fabrics', Journal of the Textile Institute, 96: 4, 237 – 245, 2005
- [3] M.A. Nazarboland, X. Chen and J.W.S. Hearle, "Modelling and simulation of filtration through woven media", International Journal of Clothing Science and Technology Vol.20 No.3, pp.150-160, 2008
- [4] Sabit Adanur and Tianyi Liao, "3D modeling of textile composite performs", Composites Part B 29B, 787 – 793, 1998
- [5] 「ユーザーのためのフィルタガイドブック」2007年