

I-004

## 立体視テーブルトップを用いた銅板レリーフのシミュレーション Simulation for Copper Relief by using a Stereoscopic Tabletop

大竹 杏奈† Anna Otake 浦 正広‡ Masahiro Ura 山田 雅之† Masashi Yamada 遠藤 守† Mamoru Endo 宮崎 慎也† Shinya Miyazaki 安田 孝美‡ Takami Yasuda

### 1. はじめに

アート作品をコンピュータでシミュレートする試みは様々あるが、それらは作品としての出力結果に重点を置くものと、結果のみでなく製作過程の再現にも重点を置くものに大別される。後者の目的には、ユーザーが手軽に実際と同じような制作工程をシミュレートでき、またアート作品の練習環境を提供できることがある。制作過程の再現のためには、実際の制作環境や技法のメタファに基づいて個々の技法を表現できることが求められる。また、アーティストの感性を反映できるインターフェースを提供することが重要となる。

直感的な入力を可能とするインターフェースとしてテーブルトップが挙げられる。アート作品には平面的な環境で制作されるものも多く、筆者らはこれまでにテーブルトップを用いた平面的なアートのシミュレーションを行っている[1]。しかしながら、アート作品には立体的な造形物を制作するものもあり、これらは凹凸が作品の出来に直結する。このことから、そのシミュレーションにおいては、制作中の制作物の形状が確認可能となる、立体視表示が有効であると考えられる。

そこで本研究では、立体視テーブルトップをインターフェースに用いることで、立体的な造形を行うアートである銅板レリーフのシミュレーションを行う。実際の制作環境とシミュレーションとで作品制作を行うことで、提案手法の有効性と再現性を確認する。

### 2. 銅板レリーフとは

銅板レリーフとは、板状の銅版に凹凸をつけて制作する作品のことである。いくつかの技法があるが、本研究では「へら出し」という、へらにより薄い銅版に凹凸をつける技法を用いた銅板レリーフをシミュレートの対象とする。へら出しによる銅板レリーフの制作の手順を示す。まず、輪郭線からなる下絵を作成する。つぎに図1のように、衝撃を吸収する柔らかい素材の上に銅版を置き、その上に下絵を置いて、それを鉄筆やボールペンのような先の細いものでなぞることで、下絵と同様の形の溝を銅板につける。この時、オイルなどのような油を塗って滑りをよくすることで作業がしやすくなる。ついで図2左のように、へらなどの広い部分で押さえつけるようにすることで、図2右のように絵を立体的に浮き出させる。立体形状が完成したら、洗浄や着色などの過程を経て作品が完成する。

以上の工程において、シミュレーションの対象となる描画を構成する要素は、銅板に細い溝をつけること、へらなどの面積があるもので広い範囲を浮き立たせることの2つが挙げられる。

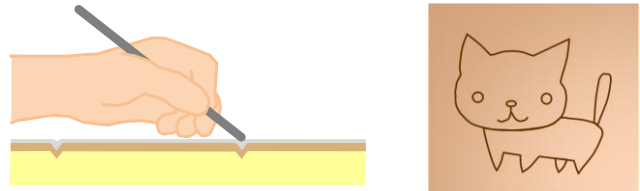


図1 下絵の銅板への転写



図2 へら出しによる銅板の浮き彫り

### 3. 銅板レリーフのシミュレーション

立体視テーブルトップを用いて、銅板レリーフのシミュレーションを行う。

#### 3.1 インタフェース

前章で述べた描画の構成要素より、銅板レリーフのシミュレーションの要件として、入力形状および圧力の取得が挙げられる。また、銅板レリーフはその性質上凹凸が作品の出来を左右するため、シミュレーション時に立体形状が認識できることが望ましい。以上より、入力形状と圧力の取得、および、立体視が可能なテーブルトップをシミュレーションのインターフェースとする。

テーブルトップは FTIR 方式を採用し[2]、テーブルに薄いシリコンを貼ることで、入力の圧力を濃淡とするクレーンスケール画像として取り扱う[3]。また、テーブルトップで立体視を行う方法は様々提案されているが[4]、本研究では、2台の PC プロジェクタと偏光板を用いる手法により立体視を実現する。この方式では、2台のプロジェクタそれぞれのレンズに方向の異なる偏光板を貼り、それを方向の異なる偏光板を左右のレンズとする眼鏡により閲覧する。これにより、偏光板により光が遮られ、左右のそれぞれの目に対して、その目用の映像のみが投影される仕組みとなっている。図3にシミュレーションに用いるインターフェースの構成を示す。

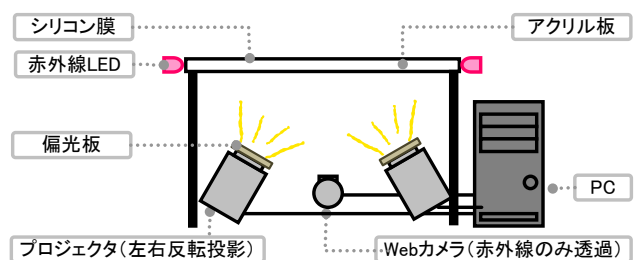


図3 インタフェース構成

†中京大学情報理工学部, Chukyo University

‡名古屋大学大学院情報科学研究科, Nagoya University

### 3.2 シミュレーション手法

銅板レリーフをシミュレートするにあたり、銅板につけられた細かな凹凸の情報を保持する必要がある。そこで、ハイトフィールドにより銅板の凹凸を扱う。銅板レリーフでは、銅板は強い力が加わると、力の加わった周囲の箇所も影響を受ける。しかしながら、これは描画に影響を及ぼすほどのものではない。また、下絵の転写の際に輪郭線となる細い溝が描画されるが、へら出しによりこの溝の含まれる領域を浮き出さす場合には、へらにより広く力がかかり、凹凸を保ったまま全体的に浮き出される。以上より、入力圧力をそのままハイトフィールドの値に加算することで、銅板レリーフにおける銅板の振る舞いを再現する。

また、立体視表示のためには、左右の目に対応した視差のある二枚の画像が必要となる。ハイトフィールドの各セルを頂点としたポリゴンによる表示では、精細な凹凸を表現しようとするポリゴン数が増加し、処理の多くが描画処理に費やされるためリアルタイム性が損なわれる。銅板レリーフでは生成される凹凸が数ミリ程度であるために、本研究ではバンプマッピングにより凹凸を表現することにより、視差のある二枚の画像を表現する。ハイトフィールドをテクスチャとして、入力に応じて動的なバンプマッピングを行うことにより、リアルタイム性のある描画を実現する。

### 4. 実行例

同一の下絵から、実際の銅板レリーフとシミュレーションにより作品制作を行うことで、その制作過程および制作結果の再現性を確認する。実験は被験者 10 名を対象とし、銅板は 0.3mm のものを用い、また、シミュレーションは表 1 に示す環境により実施する。

表 1 実験環境

OS	Windows Vista Business
CPU	Intel Core2 Duo E6400 2.13GHz
Memory	4GB
Graphic Card	ATI Radeon HD 4800 (RV770)
Camera Resolution	640x480pixel

図 4 に作品制作の基となる下絵、および、その下絵を用いて制作された実際の銅板とシミュレーション双方による作品例を示す。図が示すように、実際の環境とシミュレーションとで同一の作品が制作できていることが確認できる。つぎに制作過程をみてみると、いずれの被験者も実際の銅板とシミュレーションとで、同一の手法により作品制作を行っていることが確認された。これは、2 章で述べたように、制作工程において描画が 2 つという少ない技法の組み合わせにより構成されているということもあるが、シミュレーションがそれを再現する要素を備えているためであるとも考えられる。また、シミュレーション時において、入力圧力が描画へ反映されるまでに要した時間は平均して 500ms であった。これは、インタフェースにおいて Web カメラが画像を取得する時間と同等であることから、処理落ちのないシミュレーションが実現できているといえる。立体視表示についても結果は良好であった。

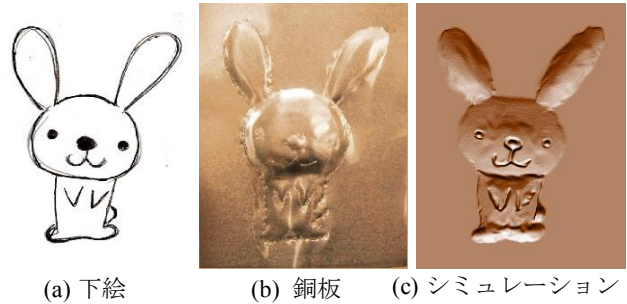


図 4 下絵と作品例

一方で、実環境とシミュレーションにおいて相違点も挙げられた。実際の銅板レリーフにおいては、へらを使って絵を浮き出させるときに、下絵をなぞって生成した溝が堤防のようになり、輪郭からはみ出しの抑止力となる。しかしながら、シミュレーションにおいては力覚によるフィードバックがないために、目視での確認が必要になる。

### 5. おわりに

本研究では立体視テーブルトップを用いて銅板レリーフのシミュレーションを行った。へら出しによる銅板レリーフにおいて、その制作技法からシミュレーションに求められる要件を定義し、立体視テーブルトップ上でその振る舞いを実装した。また、実際の銅板とシミュレーション双方により作品を制作し、提案手法の有効性と再現性を確認した。

4 章で述べたように、銅板レリーフの制作時には力覚フィードバックが得られるケースがあるが、現状のインタフェースでは対応できない。そのため、今後はシミュレーションにおいて当該ケースが発生した際に画面を振動させるなど、力覚的なフィードバックを得られるようにインタフェースの改善を行っていきたい。

### 謝辞

本研究の一部は文部科学省科学研究費補助金、財団法人榎森情報科学振興財団研究助成、財団法人人工知能研究振興財団研究助成、財団法人堀情報科学振興財団研究助成による。

### 参考文献

- [1] Masahiro Ura, Masashi Yamada, Mamoru Endo, Shinya Miyazaki, Takami Yasuda, A Framework of FTIR Table Pressure Sensing for Simulation of Art Performances, Proc. of NICOGRAPH International 2010, S6-4, pp.118-123, Jun.2010.
- [2] Jefferson Y. Han, Low-Cost Multi-Touch Sensing through Frustrated Total Internal Reflection, Proceedings of the 18th annual ACM symposium on User interface software and technology, pp. 115-118, Oct.2005.
- [3] J.David Smith, T.C.Nicholas Graham, David Holman, Jan Borchers, "Low-Cost Malleable Surfaces with Multi-Touch Pressure Sensitivity", Proceedings of 2nd IEEE Tabletop Workshop, pp.205-208, Oct.2007.
- [4] Tovi Grossman, Daniel Wigdor, Going Deeper: a Taxonomy of 3D on the Tabletop, Proceedings of 2nd IEEE Tabletop Workshop, pp.137-144, Oct.2007.