

ゼリープリンター

Jello Printer

大和田 茂*

Summary. We present the jello printer, which enables to print shapes into jello. This is the first step to print food data in tangible and edible manner. Although the current system did not achieve this goal, our system allows the user to easily deform and cut the shape to facilitate browsing, as well as tasting it. In addition, our system is capable to represent 3D height field. This feature makes it possible to interactively specify arbitrary cross-section to explore 3D structure. We present several examples that show how our technique represents shape information into jello media.

1 はじめに

形状をいかに表示するかというのはコンピュータを用いた映像処理において中心的な課題である。無論最も広く使われているのはCRTもしくはLCDディスプレイであり、紙媒体に出力するプリンターである。一般的に言って、これらの問題点は次のようになる。

- 表示が平面的である。従って、三次元物体は投影して二次元にする必要がある。
- プリントした物体とのインタラクションのバリエーションが少ない。
- 色以外の表示が不可能である。

これらを解決するために、様々なシステムが提案されてきた。例えば、高さを提示でき、触って形状を感じることの出来るもの[4]、三次元物体をそのまま表示できるもの[3, 5, 2, 6]、直接三次元形状を作成するもの[8]、また、味覚を提示できるシステムとしては[7]、食べられるものの表示デバイスとしては[9]などがある。

我々の最終目標は、食物のボリュームデータをプリントすることである。例えば、イチゴのデータを見た目、断面、味のすべてが表示された物体を出力することである。今回その目標は達成されていないが、少なくとも既存手法ではこのような表示を行う单一のデバイスは存在しない。すなわち、ほとんどの実世界志向のプリンターでは硬い物体が出力され、出力後の物体とのインタラクションや味覚提示は考慮されていない。そこで我々は、プロトタイプとして対象物体をゼリーの中に表示する手法を提案する。この手法には、次のような利点がある。

- 柔らかいために、出力後の形状変形や切断などのインタラクションが容易である。

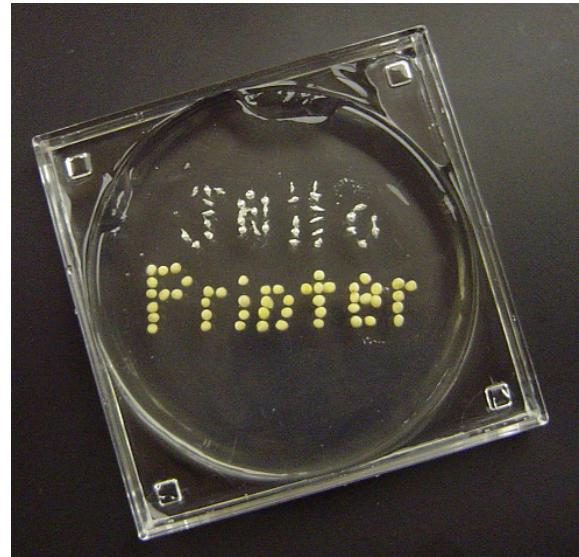


図 1. 出力例

- 立体物を表示できる

- 味覚提示できる

また、将来的には半透明表示ができる可能性もある。今回我々が作成したのは、ゼリーの内部の任意位置に粒子を出力するハードウェアである。この装置では、ハイトイールド（標高データ）を2.54mm以上のデータ間隔で出力することができる。出来上がった結果はゼリーなので、変形や切断、試食が簡単にできる。制限としては、ボリュームデータの出力が困難である（原理的には不可能ではないが、精度が著しく損なわれる）、液体の出力ができない、解像度が低い、速度が遅いなどがある。しかし、食物を出力するという目的に対するアプローチとしては適切なステップであると信じている。

2 我々のシステム

一般的に言って、ゼリーのように形が不定形で粘度の高いものを扱うハードウェアの製作は難しい。我々は最初に透明なゼリーの塊を作り、その内部に硬い粒子（粒マスターなど）を置いていくアプローチを採用した。

2.1 ゼリープリンターの外観

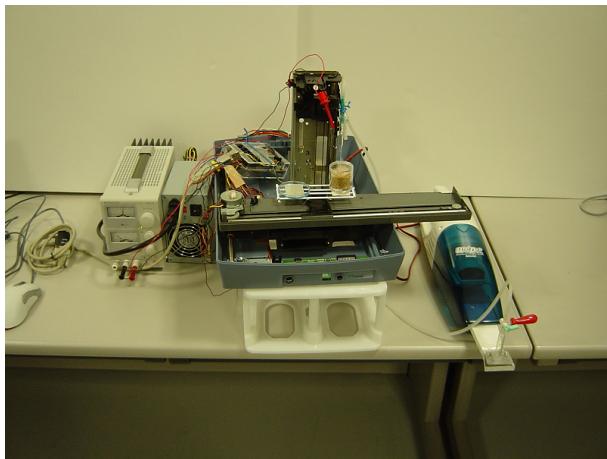


図 2. システムの外観

我々のシステム（図 2）は、XY 平面上を動くステージと垂直方向に動くヘッド部分からなる三次元プロッタ部分（図 3）と、ヘッドで粒子を吸引するための動力となる吸引装置部分（図 4 左）からなる。吸引装置の先端には、ゼリーがヘッドに詰まったときにそれを取り除くためのコックとゴム風船が装着されている。これらは制御回路（図 5）を介し、シリアルケーブルでコンピュータと接続されている。

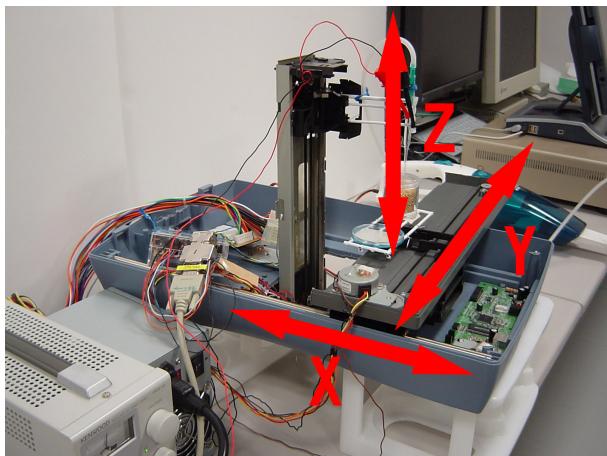


図 3. 三次元プロッタ部分

ヘッドは吸引装置に接続された先の細いガラス管である。吸引を行っている状態でヘッドを粒子の入っ

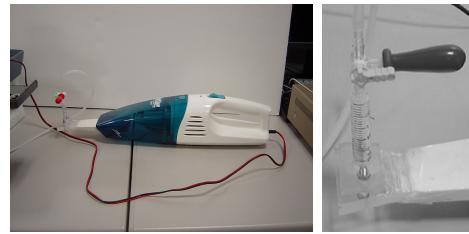


図 4. 吸引装置部分

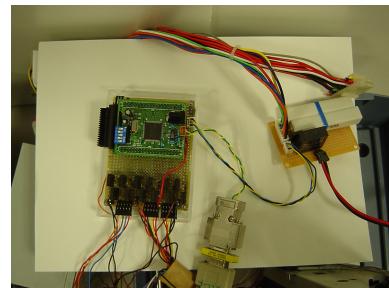


図 5. 制御回路

た容器に差し込むと、先端に粒子が一つだけ吸い寄せられるようになっている（図 6）。

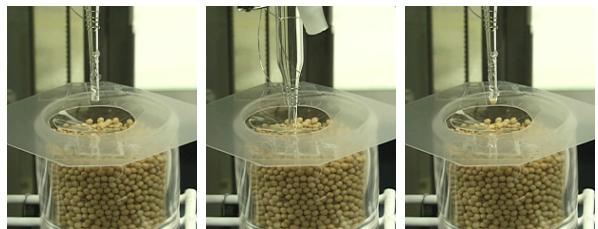


図 6. ヘッドの動き（粒子の吸引）

この状態でプロッタを動かしてゼリー内部に粒子を挿入し、吸引を止めてからヘッドを持ち上げると、粒子がゼリー内に取り残されて一粒のプロットが完了する（図 7）。

このように粒子のプロットが終わったら、最後にゼリーの入った容器に液体の（固まる前の）ゼリーを流しこみ、プロット時に荒れた表面を修復して冷蔵庫でさらに冷却すればプリントが完了する。

使用可能な粒子としては、なるべく大きさが整っていて、あまり水に溶けないものが望ましい。我々の実験ではゴマ、粒マスター、および、ケーキのデコレーション等に使われるアラザンを用いた（図 9）。

ドライブ用のソフトウェアは、二値化した画像もしくは各点の高さを表すハイトフィールド画像を入力として機器の制御を行う。例えば、図 11 のイルカのデータには図 8 が使われている。

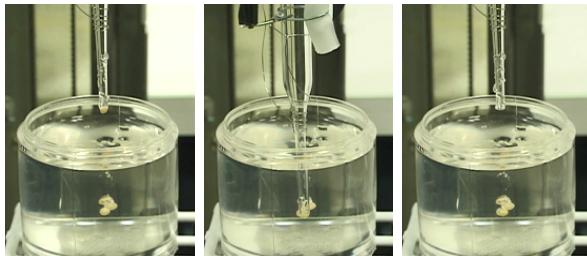


図 7. ヘッドの動き (粒子の挿入)



図 8. イルカのプリントに用いたデータ

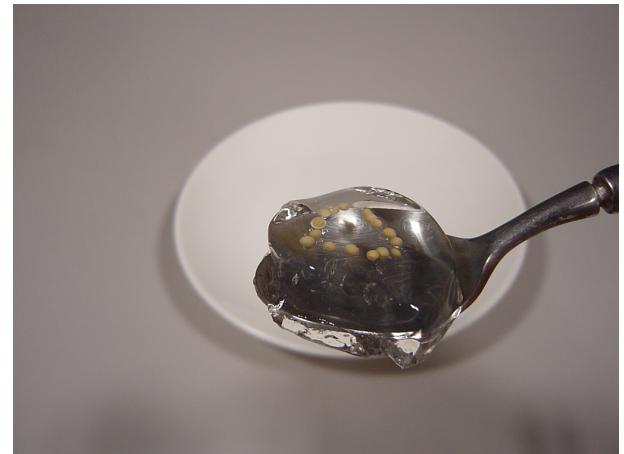


図 10. 結果 1：ハート型

3 結果

本システムを用いた出力例が図 10～図 12 である。柔らかな媒体を用いた効果で、物体をとり出して様々な角度から眺める図 10、手でデフォーメーションを行うことができる図 11、三次元物体を切断する切断面を任意に指定するのが食器で簡単にできる図 12、などの効果が得られた。

4 まとめと今後の課題

本稿では、柔らかくて食用可能なゼリーに形状を表示するシステムを提案した。その結果、変形や切断、テイスティングが容易にできることを示した。しかしながら、食物のボリュームデータを表示するという目標達成のためには多くの解決すべき問題がある。

まず早急に解決したいのは、ヘッドのクリーニングの自動化である。ヘッドをゼリー内に挿入すると、ゼリーの破片がヘッドにこびりつくことがあり、それによって再び粒子の容器にヘッドを挿入した時に外側に粒子が粘着することが頻繁に発生した。この対策のために、ヘッドにニクロム線を巻くなど対策はしているがまだ不十分である。ヘッドの表面に油を流すなどの工夫が必要かもしれない。

また、実行速度も大きな問題である。現在は例えばイルカのデータ（図 11）であれば、プリントが完了す

るまでに 1.5 時間以上かかっている。実用化のためにはこの速度の問題の解決が必須であろう。

さらに、精度を向上させることも課題である。精度を低下させる主な要因としては、ヘッドがゼリーから力を受けて場所を変えてしまう、あるいは、粒子をゼリー内に残す時に、粒子との密着性が不十分な場合に、引き抜かれるヘッドにつられて粒子の位置も変わってしまうことがある、などがある。

より長期的な課題としては、ボリュームデータの表示がある。これはそもそも当初の目的であり、現状の装置でもそれは可能だと期待されたが、ヘッドをゼリーに挿入した時にゼリーの形状がかなり破壊されるため、実際には複数層のデータをプリントするのは非常に困難であった。この理由として、ヘッドも粒子の大きさが大きすぎるということが考えられる。それなら小さい粒子を用いれば解決かというと、実はヘッドが細くなると吸引力が弱まり、粒子を捕捉しておくことが難しくなる。さらに前項でも述べた実行速度の問題も、ボリュームデータの可視化を阻んでいる。ゼリーが破壊されると言う問題に対するアプローチとして我々が試したいと考えているのは、一層づつデータを作成していくことである。破壊は、ヘッドをゼリー中に深く差し込む際に起こるため、薄く一層づつ作成していくればこの問題は解決されると思われる。なお、我々は実験として、ゼリーを一層づつ作成しながらプリントすることは試みた。ステージの上にペルチェ素子を乗せて冷却し、その上で一層プリントするごとに液体ゼリーを注入し、固まるのを待ってからさらに一層プリントする、ということを繰り返す。この手法の問題点は非常に長い時間がかかるということである。我々のセッティングでは、一層作成するのに数時間要したために断念せざるを得なかった。一層づつ作成する手法は全体的に速度が向上した際に改めて試したい。

また、液体インクを用いてプリントすることも目



図 9. 粒子の種類



図 11. 結果 2：イルカの形状。手を使って直感的な変形を行うことができる。

標として挙げられる。液体を用いるメリットは色を制御できる可能性、解像度を高くする可能性、および、粒子容器との往復時間を節約する可能性である。実際我々は当初は粒子を挿入するのではなく、ヘッドにコンピュータ制御の注射器を接続し、ラー油を注入するアプローチを試みた。しかし、注射器にはゴムが使われており、また、ヘッドとの接続にも長いゴムチューブを用いたために、注入量を正確に制御することが困難であった。なお、このプロセスで得た知識としては、油性のインクを使わないと、インクが時間とともに拡散し、ドットでなくなることがある。ラー油はその意味で都合はよかったです。



図 12. 結果 3：富士山の切断

謝辞

ソニー CSL の田島茂氏からは、ハードウェアの制作に関する様々なアドバイスを頂いた。この場にて謝意を表したい。

参考文献

- [1] R.A. Drebin, L.Carpenter and P. Hanrahan. Volume Rendering. In *Proc. Siggraph '88*, pp. 65–74, 1988.
- [2] S.J. Hart and M.N. Dalton. Display Holography for Medical Tomography. In *Proc. SPIE, Practical Holography IV*, 1212, pp. 116-135, 1990.
- [3] A.C. Traub. Stereoscopic Display Using Varifocal Mirror Oscillations. In *Applied Optics*, 6(6), pp.1085-1087, 1967.
- [4] I. Poupyrev, T. Nashida, S. Maruyama, J. Rekimoto and Y. Yamaji. Lumen: Interactive visual and shape display for calm computing. *SIGGRAPH Conference Abstracts and Applications, Emerging Technologies, 2004: ACM*
- [5] Actuality corp. Perspecta Spatial 3D
- [6] Laser Crystal Works corp. (<http://www.lasercrystalworks.com/>) Nd:Yag Lazer System.
- [7] Dan Maynes-Aminzade. Edible Bits: Seamless Interfaces between People, Data and Food. *CHI 2005*
- [8] Z Corporation, *ZPrinter systems*
- [9] Kopykake (<http://www.kopykake.com/>). Frosting Sheets and Edible Ink