

# ゼリープリンター

大和田 茂

我々は、形状をゼリーの内部にプリントするゼリープリンターを提案する。このプリンターでは、出力形状が柔らかいゼリーであるために、加工が非常に容易であることが大きな利点としてあげられる。これにより、コンピュータの内部の情報を実世界に取り出し、変形したり加工したり食用にすることが可能となる。さらに、三次元の標高データを出力することもできるので、自由に切ってその断面をみることも可能である。

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.

## 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。最も広く使われているのはもちろん 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、これらの手法の特徴および限界は次のようになる。

- 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。
- 表示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ものの出来るもの [4]、三次元物体をそのまま表示できるもの [2] [3] [5] [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。しかしながら、既存の三次元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、最終目標に向けた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。
- 立体物を表示できる
- 味覚提示できる

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、ハイトフィールド（標高データ）を出力できる。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、積層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

Jell-o Printer.

Shigeru OWADA, ソニーコンピュータサイエンス研究所, Sony Computer Science Laboratories, Inc.

コンピュータソフトウェア, Vol.0, No.0 (2006), pp.0-0.

□ xxxx 年 yy 月 zz 日受付.

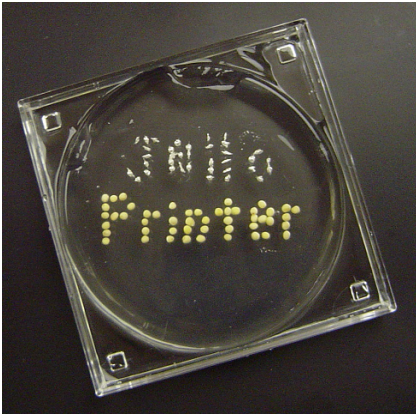


図 1 出力例：透明のゼリーの中に、アラザン（一行目の文字：ケーキのデコレーションによく使われる銀色の粒子）、マスタード粒子（二行目）が埋めこまれている。

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（粒マスタードなど）を挿入していくアプローチを採用した。この手法の利点は、一度セットした粒子の位置が以後の操作で移動しにくいという点があげられる。

### 2.1 ゼリープリンターの外観

我々のシステム（図 2）は、水平面上を動くステージと垂直方向に動くヘッド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。これらは制御回路を介し、シリアルケーブルでコンピュータと接続されている。

三次元プロッタの可動部分は二つのイメージスキャナと一つのプリンタのヘッド部分を再利用したものであり、それぞれ分解能が異なっている（X, Y, Z 方向の 1 ステップのサイズはそれぞれ 0.085mm, 0.17mm, 0.85mm）。しかし、我々の実験ではプリントに使う粒子のサイズが 1~3mm と大きいので、この違いは特に

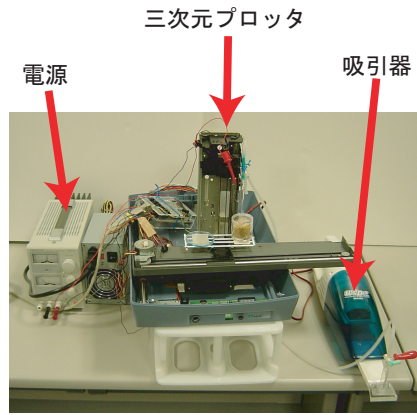


図 2 本システムはプロッタ、吸引器の二つのモジュールからなる。

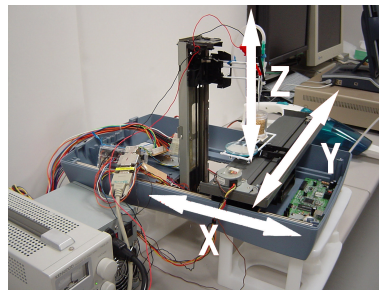


図 3 三次元プロッタ部分。ステージは水平面上を動き、ヘッドは垂直方向（この図では Z 方向）に動く。

問題とはならない。なお、ヘッドの動ける範囲は XY 平面内では約 12cm 四方、Z 軸方向には 20cm 程度である。

吸引装置の電源もコンピュータから制御できる。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三方コックとゴム風船が装着されている。三方コックは、ヘッドに連結するのを吸引装置にするかゴム風船にするかを切り替えることができる。コックはゴムチューブを介してヘッド（先の細いガラス管）に連結されている。

### 2.2 ゼリープリンタの動作

吸引を行っている状態でヘッドを粒子の入っ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 5）。

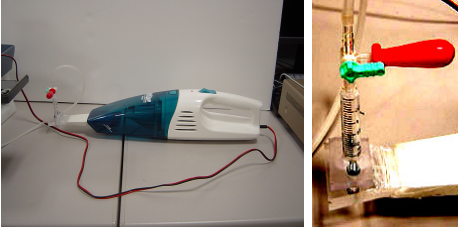


図4 吸引装置部分. 市販の卓上掃除機(左)に, 三方コックを介して気圧を伝達するためのチューブが繋がっている(右).

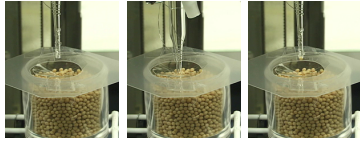


図5 ヘッドの動き(粒子の吸引). ガラスでできたヘッドが粒子のたくさん入った入れ物に挿入され, 気圧によって粒子を吸いあげる構造になっている.

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6). 一連の動作にかかる時間はおよそ30秒程度である. 時々ヘッドの中にゼリーの破片が残ってしまい吸引力が低下するので, その時には三方コックを使ってゴム風船をヘッドに連結し, 風船を圧縮する勢いでヘッド内部のゼリーを除去する.

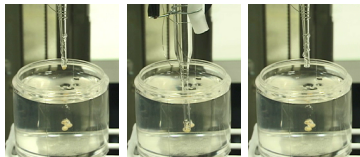


図6 ヘッドの動き(粒子の挿入). 透明なゼリーの中に, 粒子を吸引しているヘッドが挿入され, 所望の深さまで粒子を押しこんだ所で吸引をやめ, ヘッドを戻せばゼリーの内部に粒子が取り残されることになる.

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, 粒マスタード, および, ケーキのデコレーション等に用いられるアラザンを用いた(図8).

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10のイルカのデータには図7が使われている.



図7 イルカのプリントに用いたデータ

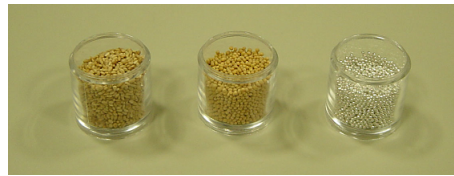


図8 粒子の種類. 左からゴマ, 粒マスタード, アラザン.

### 3 結果

本システムを用いた出力例が図9~図11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9, 手でデフォーメーションを行うことができる図10, 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11, 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, 試食が容易にできることを示した. しかしながら, 食物のボリュウムデータを表示するという目標達成のためにはヘッドのクリーニングの自動化, 精度の向上, 実

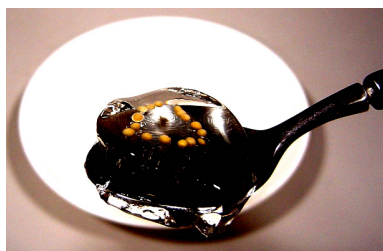


図9 結果1: マスタード粒子をハート型に出力したものの

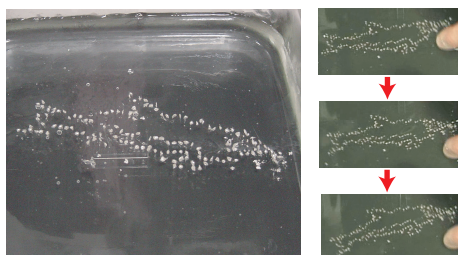


図10 結果2: イルカの形状. 手を使って直感的な変形を行うことができる.



図11 結果3: 富士山標高データの切断. 右下は入力三次元データ.

行時間の短縮(現状ではイルカのデータ(図10)のプリントに1.5時間以上かかっている)など、多くの解決すべき問題がある。

また、ボリュームデータの表示には、ヘッドをゼリーに挿入した時にゼリーの形状が破壊されるという問題を解決することが必要である。ゼリーが破壊されると、同じ箇所に別の粒子を精度よく配置することが難しくなるからである。これを解決するために、一層づつ画像をプリントする手法を試みている。まず試したのは容器をペルチェ素子で冷却し、一層づつ固まらせていくというものだが、ゼリーが固まるまでには数十

分かかるため、意味のあるボリュームデータのプリントは実用的な時間内には不可能であった。現在はあらかじめ固まったゼリーのシートを作り、画像を挟みこんでいく手法を試みている。

その他の拡張の方向性としては、階調を持ったデータの出力があげられる。そのためには、液体をゼリーに挿入するアプローチが有効であると考えている。液体を用いることにより半透明表示も可能になり、このシステムの有効性がさらに高まるはずである。実験の結果、液体が水性の場合には時間が経つとゼリーの内部に拡散してしまい、滲んだ映像になってしまうという事が判明した。そのため、油性の液体(ラー油など)を用いた手法を試している。また、液体の挿入にはコンピュータ制御の注射器を用いているが、ゼリーの中に液体を挿入するには大きな圧力が必要で、その結果挿入量のコントロールが非常に困難であるという事が判明している。

#### 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/>)
- [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