

ティーポット・コレクション

東京大学新領域創成科学研究科 西田 友是

このコーヒブレイクでは、海外出張や滞在関連の話が多いようである。表題のティーポット・コレクションといってもお茶が好きというのではない。コンピュータグラフィックスの研究とティーポットとは関連があるというお話を海外出張の経験と合わせて書きたいと思う。

CGの標準データとしてのティーポット

コンピュータグラフィックスの分野ではUtah teapotが有名である。これは曲面を含む代表的な形状モデルで、Newell teapotとも呼ばれ、殆どのCG教科書でこのモデルを利用したCG画像が紹介されている。

本稿では、このティーポットが標準モデルとなった経緯を紹介し、そのモデルになったティーポットの実物(ユタティーポット)を探す著者の30年近い旅を振り返ってみたいと思う。

ユタ大学において、英国からの留学生Martin Newellは、1974年に曲面形状をBezier*曲面の集合としてティーポットをモデル化した。この形状モデルは円筒状の構造をしており、穴があり、サドルポイント、曲面の交差も含む都合のいいモデルである。この形状モデルを作成するために使われた本物のティーポットがある。これはNewellの奥さんがソルトレークシティのZCMIというデパートで購入したものである。以後本稿では、形状データを**ユタティーポット**、そのデータの測定に利用されたものを**本物のティーポット**と称す。最初、この形状モデルはCatmull*が隠面消去法の一つのZバッファ法の表示例として使用した。他に、ワイヤフレーム表示、スムーズシェーディング、テクスチャマッピング、バンプマッピング、半透明表示、毛状のものなど様々な技法の効果を表示する標準形状モデルとなった。このモデルを利用してバンプマッピングの例を示したJim Blinn*によると、実際の形状よりやや低くするようにデータが縮小(1/1.3)されたそうだ。CG研究者なら、一度はユタティーポットの表示を経験しているといえる。このようにCG研究者にとってティーポットは不可欠なベンチマークモデルとして確立された。また、多くのグラフィックスAPI(Application Program Interface), すなわちOpenGLやDirect3D、さらにAutoCAD, Houdini, Lightwave 3D,

POV-Ray, 3D Studio Maxなどの商用CGソフトでユタティーポットが標準装備されているのには興味深い。

なお、ユタティーポットはWikipedia(英語版)にも経緯が紹介されているので参照されたい。

CG分野で、類似した標準モデルとしては照明効果を実験するためのコーネルボックス(コーネル大学のD. Greenberg*教授の研究室で作成)や、多角形メッシュ形状データの代表的なStanford Bunnyが挙げられる。



図1. 本物のユタティーポットとそれをモデルにしたCG画像
現在Computer History Museum 所蔵(上)および
1990年まで展示されていたBoston Computer Museum (下)。

ティーポットとの出会い

当初本物のティーポットはユタ大学にあったが、1984年からBoston Computer Museumに展示された。しかし、このComputer Museumが破産したため、1990年からカリフォルニア・シリコンバレー(Mountain View)にあるComputer History Museumに移動され展示されている(図1左)。

次に、著者自身のティーポットへのかかわりを紹介したい。

1963年のI.E. Sutherland*のMITでの研究がCGの始まりであり、彼がユタ大学に移り、この大学がCG研究の創成期を担ったため、ユタ大学はCG研究のメッカと称されていた。それで、当時はCG研究者としてはこのメッカを訪ねるのが夢で、私も1986年にユタ大学を訪問する機会を

得た。しかし本物のティーポットは博物館に既に移動されたのを知らずに訪問し、その際は、本物のティーポットを見ることができなかったが、廊下にはユタティーポットのCG作品が多数展示してあった。1987年にボストンで国際会議SIGGRAPHが開催された際に、Boston Computer Museumでついに対面が実現できた。その際はユタティーポットのCG作品数点やモニターに表示されたユタティーポットと共に並べられていた(図1右参照:筆者がまだ30代後半)。その後1988年、ユタ州プロボのブリガムヤング大学に1年間滞在した際、共同研究者のT. Sederberg*教授からユタティーポットのデータセットを頂き、Bezier曲面で構成されたティーポットを、多角形に分割しないでレイトレーシング法で高精度表示する方法(Bezier Clipping法と命名)を開発した。帰国後にまとめこれをSIGGRAPHで発表した[1](図2)。続いて、レイトレーシングのみでなく、線画表示の隠線消去、スキャンライン法にも拡張し、さらに曲面のラジオシティ法の論文も書き、これらの論文にもユタティーポットを使用した。このBezier Clipping法のおかげで20件近くの論文を書くことができた。その後も、共同研究者との論文で、形状変形、物体間相互反射光、コースティック(集光効果)、NPR(Non Photorealistic Rendering)画像(ペンアンドインク風、油絵風)、大気散乱光の遮蔽物体、散乱・拡散効果(表面下多重散乱)などの多くの計算例にユタティーポットを使用した(図3参照;(a)は相互反射光、(b)は油絵風、(c)は屈折による集光効果、(d)は水中の光跡とコースティック)。このようにユタティーポットが著者の研究論文に多大に貢献してくれたと言える。

2006年での国際会議SIGGRAPHはボストンでの開催であったので、再度Computer Museumの本物のティーポットを見たいと思い、インターンとしてボストンの研究機関に滞在していた著者の研究室の学生に調査してもらおうと既にそこにはティーポットは無く、カリフォルニアに移動されていることが分かった。

著者の所属する研究科は10年前に新設されたが、幸いサバティカル制度(7年勤務すると1年他大学に滞在可能)が採用された。東京大学に着任して丁度7年経過したこともあり、応募したら何と所属研究科の第1号としてサバティカルが許可され、2006年に世界各地6大学(米国2箇所、スイス、英国、シンガポール、タイ)での滞在機会を得た。それで、カリフォルニア大学デービス校のNelson Max*教授(5年前著者の研究室に半年滞在)のところに滞在中に、車で3時間かけてシリコンバレー

のComputer History Museumを訪問した。受付係には変わった人と思われたかも知れないが、日本からわざわざティーポットを捜し求めて来たことを説明し、展示場所を教わり、ユタティーポットの撮影が実現できた(図1上)。そこには、I. Sutherland*が1960年代に開発したヘッドマウントディスプレイや、今ではトイストーリーなどの映像製作で有名なPixar社(前出のCatmull*が創立)のピクセルマシン(初期のグラフィックス専用計算機)と共に展示されていた(図1上)。ボストンのComputer Museum以来20年ぶりの本物のユタティーポットとの再会で感激した次第である。



図2. ユタティーポットを用いたレイトレーシングの計算例(1990年)[1].

1989年以後ティーポットのCG画像生成は多く行っていたが、1995年に中国の教授(中国からの初めてのSIGGRAPH発表者)を我が家に招いた際、頂いた奇妙な形のティーポットが著者のティーポット収集の始まりである。このコレクションは今では、著者らによるCG作品30点以上、お土産(この数年学会で尋ねた都市で購入)のティーポット40個以上、贈り物のティーポット15個などにのぼり、ホームページで紹介している[2]。

そこで、35年前に本物が購入されたお店にあるティーポット(勿論同じものではないが)もコレクションの対象にしようと考えた。2009年ユタ州で共同研究者のSederberg*教授に会った後、ソルトレークシティを訪ねたので本物のティーポットが購入されたデパートZCMIを探したが2年前に倒産しており(google mapにはまだ表示されていたが)、残念ながら同じ店でのティーポット

購入の夢は叶わなかった。20年前の留学中にこのZCMIを利用していただけだったので、その際に購入しておけばよかったと後悔した次第である。

国際会議とティーポット

1989年には国際会議SIGGRAPHの学会ロゴにユタティーポットが採用された。Pixar社は、何度かwalking teapot（ティーポットに足を付けてぜんまい仕掛けで歩く）を製作しSIGGRAPHの展示会会場で配布した。勿論著者も長蛇の列に並んで入手した。当学会のVC研究会現委員長の斎藤隆文先生が、1990年のSIGGRAPHでの論文発表（G-buffer法と呼ばれる）で、NCマシンによる金属性のユタティーポット作成例を紹介されたのも印象に残っている。また2005年のSIGGRAPHではユタティーポットの作品のコンテストも開催された。

実は、この記事を書いているのは国際会議 Pacific Graphics の会場である。丁度本稿を書いている直前、カメラなどの物体のカバーのインタラクティブ・デザインシステムを東京大学の五十嵐*准教授の奥さんの悠紀さん（博士課程学生）が発表した。この発表において、彼ら夫婦の結婚祝いに著者が贈ったティーポットをスキャンした3Dモデルのカバー設計を計算例とされていたのも何かの縁かもしれない。

さて、Newell氏は2007年に英国からNational Academy of Engineeringに選ばれたそうである。著者はACM SIGGRAPHからアジアで初めてクーンズ賞（CG分野での最高峰の賞で、長年のCG界への貢献者に贈られる）を受賞したが[3]、その受賞パーティの際（画像電子学会で会場手配）に、あるグループからティーポットを記念に頂いた。他にも著者のティーポット・コレクションを知ってか、様々な場面でティーポットを頂いた。本稿で名前を挙げたCatmullを始め”*”をつけたCG研究者は世界を代表する人で、皆なACM SIGGRAPHから何らかの賞を受賞されているほどである。このようにユタティーポットはCGコミュニティを結びつけ、無理やり関連づけているかも知れないが、ユタティーポットに関わることは何かいいこと（成果を得る）があると信じている次第で、目標を叶えてくれる「神器」といえるのではないかな。

著者は米国36回を含み80回以上の海外出張をしているが、その何割かは広い意味でティーポット（世界20カ所以上でのティーポット収集）を探し求めた旅と言えるかもしれない。

参考文献

- [1] T. Nishita, T. Sederberg, M. Kakimoto, "Ray Tracing Trimmed Rational Surface Patches," Computer Graphics, Vol.24, No.4, 1990, pp.337-345
- [2] <http://nis-lab.is.s.u-tokyo.ac.jp/~nis/ourworks/tpot/tpot.htm>
- [3] 近藤邦雄, “東京大学教授のACM SIGGRAPH Steven A. Coons Awardの受章を祝して” 画像電子学会誌, 第34巻、第5号、pp.488-491, 2005



(a)



(b)



(c)



(d)

図2. ユタティーポットを用いたCG画像の計算例：相互反射(a), 油絵風(b), 集光効果(c)および水中の光跡とコースティック(d)