

CG 史におけるユタ時代を回想する

山口 富士夫

早稲田大学 理工学部

コンピュータグラフィックスの歴史において、輝かしい光彩を放った、ユタ時代を回想する。一地方都市にある州立大学が、突如として最先端分野の研究で世界的に注目されるようになり、優れた研究が続々成し遂げられた。このユタの奇跡は何故起こったのだろうか？

Looking back to the Period of Utah in the History of Computer Graphics

Fujio YAMAGUCHI

School of Science and Engineering, Waseda University

The author looks back to the period of Utah which gave off brilliant shine in the history of computer graphics. A local state-aided university attracted a great deal of world-wide attention in a forefront research field, where excellent researches were performed successively. Why was the Utah's miracle created ?

1 まえがき

ユタ大学のあるソルトレークシティーは、州都とはいえ 1960 年代末当時の人口は約 20 万人程の小さな地方都市で、その過半数がモルモン教徒。米国西部のこのような、静かな田舎町がある時突然に短日月のうちに世界の注目を浴びるようなコンピュータグラフィックス研究のメッカと言われる場所になるのである。

筆者は、1970 年 9 月から 1 年半、ユタ大学 CS 学科に客員研究員としてサザランド教授に師事し、また 1978 年 9 月から 1 年間、同学科で客員準教授としてコンピュータグラフィックスを教えた経験を持つ。

本稿では、コンピュータグラフィックスの歴史において、輝かしい光彩を放った、ユタ大学 CS 学科におけるサザランドを中心とした研究を振り返り、ユタの奇跡はどのようなきっかけで、どのようにしてなされたのかを考えてみたい。

まず、ユタ時代に先行する MIT 時代について簡単に触れることから始める。

2 MIT 時代

2.1 NC 自動プログラミング

そもそもコンピュータによる図形・形状の処理という意味での歴史の発端は、第 2 次大戦後出現したデジタルコンピュータの応用としての NC 加工に遡ることができよう。

1951 年に MIT において世界で初めて、数値制御 (numerical control) によるフライス盤が完成した。この工作機械は、人の操作により制御するのではなく、工具の通路に関する座標値データがさん孔されている紙テープ (NC テープ) の指令により自動的に制御され、自動的に加工を行える工作機械であった。熟練した加工技能者は必要としないうが、いかにしてこの NC テープを容易に作り出すかという新しい問題が生じた。これが NC 工作機械のプログラミングである。

1956 年に、MIT のロス (D. Ross) が中心となり、APT (Automatically Programmed Tools) プロジェクトが設けられ、組織的に NC 自動プログラミングの研究開発が行われた。米国の主要航空機会社より集められた優秀なプログラマー達により、55 人・年をかけて、1961 年に 3 次元曲面加工の行える APT III が一応出来上がった。

2.2 スケッチパッドシステム

APT システムの開発が一段落した頃から MIT では、コンピュータを単に加工の自動化だけに応用するのではなく、もっと広範囲に、設計者による最初の着想から始まり、設計が行われ、最終的に製品となる一連のプロセスに、コンピュータをより直接的に、より強力な役割を与えて導入する可能性が論じられた。

そのような CAD への期待の高まりにおいて登場したのが、博士課程の学生アイヴァン サザランド (Ivan E. Sutherland) により提出されたスケッチパッド (sketchpad) システムに関する学位論文であった [1]。スケッチパッドシステムは、人とコンピュータとが対話的に、ライトペンを使得ってディスプレイ上で、非常に一般的な図形処理を行うことを可能とするシステムであった¹⁾。

¹⁾ サザランドがスケッチパッドシステムを開発していたのはその頃、筆者は大学の卒業研究で、楽器のトライアングルの振動解析を行っていた。その頃の日本の大学で、一般的に利用できる計算装置は、腕力で計算を行う機械式のタイガー計算器か電動式の計算器くらいであった。友人と二人で 2 ヶ月間タイガー計算器をまわし続けた。そのとき指導教授の先生が「米国の MIT にはコンピュータがあり、この問題を依頼すると、プログラムしてコンピュータで解いてもらえるそうだよ」と云われたことがあった。

サザランドが使っていたコンピュータ TX-2 は、コアメモリ 70kW (1W=36 ビット)、64 個のインデックスレジスタを装備する。当時としては最大級のものであった。

当時の日米の技術格差は大変なものだということとともに、それにしてもサザランドの行ったことが、当時のレベルをはるかに超えた画期的な技術成果であったということが推測されよう。

それ以前のコンピュータの使われ方は、コンピュータに手紙を書いて処理の依頼をし、その返事の手紙を待つようなものだった。しかしサザランドのシステムにより、コンピュータに、ペンを用いて直接に図を指示し、対話的に処理の指図をすることができるようになったのである。彼のシステムは、工学、工業分野に携わる人々をまさに驚愕させた、と当時の米国の新聞は報じた。

ここで注目すべき点は、サザランドの学位論文審査会の重要メンバーであったクーンズ (Steven Coons) が、サザランドの研究業績の重要性を見抜き、コンピュータグラフィックスの将来に対する可能性を国内外に講演し、啓蒙的な活動に尽力した点である。

2.3 CGの基本的、基礎的研究

サザランドの研究により、新しい学問分野としてコンピュータグラフィックスが誕生した。当時世界の工学分野の最先端を走っていた米国東部の大学 (MIT, ハーバード大学) の研究者達により学問としての基本的、基礎的な研究が始まった。

ロバーツ (L. G. Roberts), クーンズによる、同次座標を用いての変換処理の体系化、クーンズの著名な自由曲面の数学的記述の研究、ロバーツによる3次元図形の表示において問題となる隠れ線消去処理の研究などがある。

ロバーツやクーンズがコンピュータグラフィックスの歴史における最初の時点において、同次座標を用いていたことは、著者の立場からは²⁾、彼等の慧眼さに驚かざるを得ない。ロバーツは円錐曲線を同次座標表現し、クーンズも有理曲線を同次座標表現により簡潔に表している。またロバーツ、クーンズは、変換を同次座標により簡潔で美しい体系に纏めあげているし、更にロバーツは隠れ線消去問題において無限遠点を同次座標で表現している。

この当時のディスプレイは、ランダムスキャン方式であり、線画の表示に限られていた。表示のための基本的な技術 (DDA による線分、円弧の表示技術、クリッピング等) が研究された。またディスプレイは、表示図形が少し複雑になると画面がちらついてしまうという難点もあった。ちらつきを抑えようとする、線分の描画速度を高めねばならず、これは機器の高価格化につながる。

ハーバード大学に移ったサザランドは、ずっと後になって仮想現実 (virtual reality) を実現する機器として脚光を浴びることになる、ヘッドマウントディスプレイ (head-mounted display, 略して HMD) の研究を開始する [3]。この研究は、ユタ時代における表示プロセスの体系化、それに基づく LDS ディスプレイシステム (3.2.6 項参照) の製品化、更にはそのチップ化に対する影響の面からも意義を有する。

総じて MIT 時代はそれ以後に続く大きな発展のための、主として2次元表示技術を中心とした準備的、基本的、基礎的な技術、理論が研究された時期と言えよう。

しかしながら注目すべき事柄として、この最初の時期に工学の巨人達が出現し、先を見通し、コンピュータグラフィックスにおける本質的に重要なことを一気にやってしまった事実がある。サザランドの高度な内容を持つスケッチパッドシステムを初めとして、ロバーツ、クーンズによる同次座標を用いた変換の体系化、クーンズの和曲面、サザランドの HMD などがこれに相当する。MIT 時代は天才達が活躍した時代であった。

端的に言えば MIT 時代は、サザランドとクーンズの時代と言えるかもしれない。サザランドはクーンズを大変尊敬していた。クーンズはサザランドの良き理解者であった。

3 ユタ時代

3.1 ユタ大 CS 学科と E & S 社の設立

エヴァンス (David Evans) は、有力なモルモン教徒の家に生まれ、ユタ大学で電気工学を学び、物理学で学位を取得後、ベンディックス社 (Bendix Corp.) に入社し、G15, G20 という二つのコンピュータ開発のプロジェクトマネージャを務めた。その後カリフォルニア大学バークレイ校の CS 学科に移り、仮想記憶の研究を行ったことで知られる。1965 年エヴァンスは、当時ユタ大学の学長であったフレッチャー (James Fletcher) に、CS 学科創設を依頼されるのである。

エヴァンスは、一つの学科が何もかもできるものではないと認識し、一つの分野をとことんやろうとし選んだのがグラフィックスであった。そしてサザランドを迎えることになる (1968 年)。

1968 年、彼ら二人はコンサルティングの仕事でフェニックスに行ったことがあった。二人で大学勤務の傍ら E & S 社 (Evans and Sutherland Computer Corp.) を始めようという話が出たのは、そのときのディナーの会話の中であったようだ。直ちに E & S 社は、ユタ大学のキャンパス内にバラック状の簡易的な建物としてスタートした。E & S 社では、サザランドがユタに来る前にハーバード大学で行っていた HMD 研究の成果をもとに、高精細強力グラフィックシステムや航空機のフライトシミュレーション装置などを製造することになった。

米国では、人の流動が実にダイナミックに行われる。サザランドがユタに来るとは、彼一人のみならず、ハーバードで HMD を一緒に研究していたグループの研究者の何人かがユタに来て、CS 学科の教員に (Chuck Seitz など)、または E & S 社で働くことになる。Principles of Interactive Computer Graphics の著者として著名なニューマン (William Newman) もその一人だ。また CS 学科には、コンピュータグラフィックスに近い分野として、信号処理の研究で知られているストックハム (Thomas Stockham) のグループが MIT から、エヴァンスに惹かれて集まっていた。

教授陣だけでなく、以後多くの若き俊秀達がエヴァンスやサザランドの下で学ぶために米国各地や外国から集まり、エヴァンスとサザランドのいるユタ大 CS 学科は、短日月のうちに世界のコンピュータグラフィックス研究のセンターとなったのである。

²⁾ 著者は、同次座標を用いての“完全4次元処理”に基づく“4次元CAD”を提唱している [2]。

3.2 研究の概観

研究の主体は、図形または画像の表示に関するものであった。

3.2.1 表示プロセスの体系化

まず3次元図形(画像)表示プロセス理論の体系化であった。サザランドは、HMDの研究において、眼から見える透視図形を極めて高速に発生させる必要があった。そのためにはハードウェアの助けが必要となり、決定版となるような表示プロセス理論が研究された。

MIT時代にクーンス等により完成されていた同次変換の理論が採用された。4×4行列により表された視野変換行列、透視変換行列、ビューポート変換行列をそれぞれ、 T_v, T_p, T_s とすると、同次座標点を対象とする次式

$$T_v T_p T_s \quad (1)$$

により単純に変換を連結でき、無限遠点を含めた一般の点に関して、統一的な4×4行列の形式で表示のための射影変換を行うことができる。このようなメリットは、ユークリッド点を対象とする変換理論では実現し得ない。

実際の表示プロセスでは、更にクリッピング処理を含めなければならない。ごく自然に思いつく処理は、視点ピラミッドに対するクリッピング処理である。可視でない対象線分をわざわざ変換しても無駄であるから、前以て早い段階で可視線分を選別し、選ばれた線分のみを以後の変換処理の対象とすればよいと考えられるからである。

この場合の変換処理のプロセスは

$$T_v < Clipping > T_p T_s \quad (2)$$

となる。

しかしながら(2)の場合、クリッピング処理により、連続した変換の流れがいったん中断する。このため視点ピラミッド内にある線分の端点に関しては、クリッピングの前後で、(クリッピング後の変換を連結したとして)合計2回の4×4行列の乗算が必要となる。そこでクリッピングも4次元同次座標で行うという前提のもとに

$$T_v T_p T_s < Clipping > \quad (3)$$

とする。この場合、(クリッピング前の変換を連結しておけば)線分が視点ピラミッドの内部にあるか否かにかかわらず、唯一回だけの4×4行列の乗算を施すことで済ませることができる。

3.2.2 同次クリッピングアルゴリズム

前項で述べたように、同次クリッピングが可能となれば表示プロセスにおける変換処理を簡単化できる。

ところでクリッピングにおいては、別の問題として特異線分(外側線分と半直線)を如何に扱うかという問題がある。線分が一般的な射影変換を受けたり、または有理曲線、曲面を線分で近似する場合にこのような特異線分の発生することがある。具体的には、例えばフライトシミュレータにおいて、視点平面³⁾を通過する線分をクリッピングす

³⁾ 視点平面とは、視点を含み、視線に垂直な平面である。

る場合である⁴⁾。(フライトシミュレータにおいては、このような場合は当たり前が生じる。)単純な通常座標によるクリッピングでは、これらの特異な線分への対応が困難である。

また有理曲線、曲面を線分で近似する場合には、1本の入力線分に対し2本の出力線分の発生することもある。

サザランドやブリン(J. F. Blinn)は、従来の単純な手法と基本的には同様な方法により、すべての種類の線分に対して適用可能な、非常に一般的な同次クリッピングの手法を提案した[8],[9]。

クリッピングを行う時点の問題と特異線分の問題が共に、同次座標の導入により見事に解決している点に注目すべきである。

4×4行列乗算による同次変換及び同次クリッピングという、表示プロセスの理論が完成した。

3.2.3 ラスターディスプレイの可能性

当時コンピュータグラフィックスの研究は、線分発生器を有する線図形表示のディスプレイを使って行うのが普通であった。しかしユタ大学CS学科では最初から、多量なフレームバッファメモリを有する高画質の面画像表示のディスプレイ(1000×1000ピクセル)を用い、3次元立体のハーフトーン画像創成の研究が先進的に行われた。1971年6月のScientific American誌において、サザランドは近い将来にはフレームバッファ形式のラスタディスプレイが広く利用されるようになることを予言している[4]。

線図形表示ディスプレイは極めて高価であった⁵⁾。一方フレームバッファディスプレイは膨大な量のメモリを必要とする。当時メモリは磁気コアで作られており非常に高価なものであったから、フレームバッファディスプレイは線図形表示ディスプレイ以上に途方も無く高価である。エヴァンス、サザランド等の著名教授陣を擁したユタ大学CS学科ではそれを設置する程の潤沢な研究資金のもとに、コンピュータによるリアルな画像生成という先駆的な研究が次々に成されていくことになった。

3.2.4 可視面決定アルゴリズム

当時のコンピュータは現在のものに比べ、比較にならない程低速であったため、3次元グラフィックスを行うためには、如何にして能率的に可視な面分部分を決定するかは非常に重要な問題とされた⁶⁾。

1. ワイリー等のアルゴリズム(1967年)[10]

これは3次元対象形状のハーフトーン画像を作り出すために、可視面決定処理を本格的に扱った最初のものである[10]。また可視面決定処理を3次元スクリーン座標系で行った最初の試みでもあった。特別なバケットソート

⁴⁾ 文献[7]のpp.363-364参照。

⁵⁾ 一例として日立製 HITAC 8811 ディスプレイシステムの価格は、コンピュータ(主記憶は1ワード16ビットで16kワード)と付属の補助ディスク装置を含めて、当時の価格で約1億円を要した(1968年)。

⁶⁾ 線画表示の場合は隠れ線消去問題、また面画表示の場合は可視面決定問題と言われることが多い。

(bucket sort) を用いることにより、面相互の比較回数を大幅に減少させることに成功している。演算時間は、スクリーンの精度、可視部分の図形の大きさ、および隠れ面の数にほぼ比例するとみなせる。本アルゴリズムは、面分が三角形に分割されていることを前提としている。

ユタ大で以後に提案された可視面決定処理はすべて、3次元スクリーン座標系で行っている。

2. ウォーノックのアルゴリズム (1969 年) [11]
これは、サザランドがクリッピングで用いた分割征服法の考えに基づいている。すなわちシーンを [LOOKER] が見て調べる。そのデータをもとにして [THINKER] が考え、容易に処理できるほど簡単な場合には直ちに処理してしまう。しかし [THINKER] の能力を超える程複雑なシーンの場合には、より簡単ないくつかのシーンに分割して、それぞれに対して同じ処理を行う。これを繰り返すのである。ウォーノックは、スクリーンを分割の対象とした。この場合、クリッピング処理が繰り返されることになるから、クリッピングディバイダのようなハードウェアが利用できる場合高速処理が可能となる。

3. ワトキンスのアルゴリズム (1970 年) [12]
ワトキンスのアルゴリズムも、ウォーノックの場合と同様分割征服法に基づくが、分割の対象はスキャンラインである。最も能率的に分割点を決める稜線が、ある範囲のスキャンラインにおいて継続するというスキャンラインコヒーレンス (scan line coherence) の性質を使って処理の能率化が図られている。このアルゴリズムは、E & S 社のフライトシミュレータに実用化された。

ウォーノックとワトキンスのアルゴリズムの演算時間は、対象シーンの複雑さそのものではなく、その可視図形の複雑さに依存してのみ増加するという優れた性質を有する。

3.2.5 スムーズシェーディング

曲面の滑らかな陰影付け (smooth shading) の研究も行われた。曲面を表示するには、それを多数の小さな多角形が接続するものとして近似表示する。しかし近似のレベルを上げ、より多くのより小さな多角形により表示しても、得られる画像は自然な滑らかさを持たないのである。その理由は多角形の稜線において法線の方向が不連続になるため、そこでマッハバンド効果 (Mach band effect) が生じ、輝度差が強調されて見えるからである。

1. グローの方法 [13]

グローは、多角形の陰影付けにおける明るさの不連続性を解消し、線形補間することにより滑らかさを表現しようとした。

2. フォンの方法⁷⁾ [14]

⁷⁾ “フォン” という名前は実はファーストネームである。彼がベトナム人であったためか、誤まってセカンドネームであるかの如く “Phong shading” と呼ばれるのが慣例となっている。

フォンは、グローシェーディングの問題点を解決するための方法として、明るさではなく、法線ベクトルを線形補間して最後に明るさを算出する方式を提案した。

3.2.6 LDS ディスプレイシステム

E & S 社では、高級型ディスプレイシステム LDS-1, LDS-2⁸⁾ を発表した (LDS-2 は 1971 年) [15]。

LDS は、4×4 行列乗算器とクリッピングディバイダーを持ち、ディスプレイパイプラインの処理として使えるだけでなく、それらの出力をメモリーにフィードバックして処理の対象とすることが出来る。

このディスプレイシステムは、当時のコンピュータグラフィックスのレベルにおける、ディスプレイシステムのあるべき理想の姿を提示していると解釈できる。

3.3 いくつかの個人的な思い出

3.3.1 1 年日数の整数化

小生が最初 1 年半滞在したときは客員研究員としてであったから、自由に行動できた。サザランドが主としてドクターコースの数人の学生を対象として行っていたエンジニアリングアナリシスというセミナーをとったことがあった。

これはサザランドが対象分野を限定せず自由に問題を提起し、受講者は 1 週間後にそれに対する論文を提出し、皆で議論をするというスタイルで行われた。テーマは、ブランコの振れを大きくするための、からの運動の仕方というパラメータ励振の問題、スノーモビルの設計問題、線表示ディスプレイのための積分回路の問題点に関する事柄など様々な分野の問題に及んだ。

その一つに「一年の日数が 365... であるのは気持ちがよくない。整数化する方法はあるだろうか？ また現在の地球のエネルギー生産量からそれは可能か？」という課題があった。小生はこの問題に大変驚いた。「我々東洋人は、宇宙の絶妙なバランスに対して従順になれと教えられ、躡けられている。宇宙のバランスを取って変えようなどという大胆な発想はとても考えられない。大変驚いている。」と言った。サザランドは「Fujio が驚いたと感じたことに驚いている」と答えている。米国人の開拓者魂を見た思いであった。何年後、サザランドから手紙を頂いたその末尾に「今のところ、1 年は 365... 日」と書かれてあった。サザランドは、小生が驚いたことに驚いて、そのことを記憶していたのであった。

サザランドは、あらゆる事柄に強い好奇心を示す人である。「コンピュータグラフィックス」という限定された学問の講義だけでは惜しく、「エンジ

⁸⁾ 前者は大型コンピュータを、後者は小型コンピュータを対象としている。

LDS とは、もちろん Line Drawing System の頭文字を表す。E & S 社の社長エヴァンスは、筆者に向かって Latter-day Saint も意味すると言ってウインクした。エヴァンス家は代々モルモン教会 (ユタ州ソルトレークシティに総本山がある) の重要なメンバーであった。末日聖徒 (Latter-day Saint) はモルモン教徒の正式の名である。

ニアリングアナリシス」のような、テーマを限定されないセミナーによってこそサザランドの幅広い学識、豊かな才能をより十分にうかがい知ることができるといった。

3.3.2 創造の問題

先に述べたように、今では想像しにくいことではあるが当時の研究上の大問題の一つは隠れ線・面消去問題の能率化であった。筆者は最初のユタ大学滞在を終えた翌年の1973年にサザランドを日本に呼んだが、そのときの講演が隠れ線・面消去問題に関してであった。彼はそれまで発表された様々な手法を系統樹を使って分かりやすく解説した。講演後の食事のとき、小生は「隠れ線・面消去問題はいずれサザランドの名前が付いた論文が出版されてピリオドが打たれるだろう」と半ば冗談で言った。

その1ヶ月後、米国で会ったときサザランドは開口一番、「自分は隠れ線・面消去アルゴリズムで、taxonomyの手法を用いて二つのアイデアを得て特許を申請した。」「お前はtaxonomyの意味が分かるか」と言い、taxonomyが“分類学”を意味することを教えてくれた。

スブラウル(R.F. Sproull)とシューマッカー(R.A. Schumacker)とサザランド3人が集まって、それまでに発表された様々な手法を系統的に分類した結果、未だ誰も研究していなかった手法の存在が分かり、それを検討した結果大変有望であることが分かった。もう一つのアルゴリズムは、既知の優れた手法を組み合わせで得られたとのことであった。この検討結果は1974年、大論文として出版され、ほぼ隠れ線・面消去問題は終止符が打たれた感がある[17]。私の予言が当たったことにもなった。またサザランドが開口一番に隠れ線・面消去問題のことを口にしたことは、日本での講演終了後の会食時に小生がちょっと口に出したことをちゃんと記憶してしてくれたことになる。

実はこの時のtaxonomyという言葉が、それ以後ずっと強烈な意味を持つ語として記憶に残り、小生の研究の仕方に決定的な影響を与えた。創造活動はインスピレーションが生まれてからスタートする、すなわち受動的なものであると思っていた。しかしサザランドは、インスピレーションに必ずしも頼ることなく創造活動を推し進めるための方法論を持っている、すなわち創造活動を能動的に行っているように思えたのである。

ヴァン・ファンジェは、創造という行為について次のように味わい深い定義を示している[16]：

1. 創造者とは、既存の要素から、彼にとっては新しい組み合わせを達成する人である。
2. 創造とは、この新しい組み合わせである。
3. 創造することとは、既存の要素を新しく組み合わせることにすぎない。

この定義は、実に簡潔な表現で、すなわち“既存の要素”と“組み合わせ”により、創造の本質を表していると思われる。創造は必ず既に存在している既知の要素から導かれるものであるという事。しかし乱雑に存在する要素の中から、有用な組み合わせを見つけることは大変なことである。このための積極的なアプローチとして、既知の要素を適切な方法で整理、分類することは、すなわちtaxonomy

の手法を用いることは(サザランドは隠れ線・面消去問題に対して系統樹による分類を行った。図1参照)、有用な組み合わせを求める際に有効であることが理解できる。

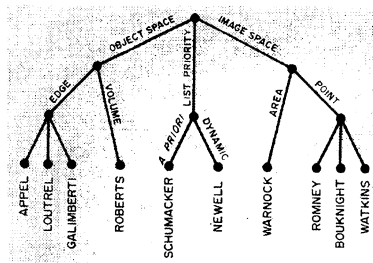


図1: 隠れ線・面消去アルゴリズムの分類。

3.4 ユタ大CS学科が輩出した人物群

エヴァンスが指導した初期の頃の卒業生にアランケイ(Alan Kay)がいる。彼は、後年ゼロックスのパロアルト研究所において研究グループのリーダーとして、現代のパーソナルコンピュータ分野における多くの基本的なアイデアを提起したことでも知られる。

隠れ線・面消去アルゴリズムで有名なジョン・ウォーノック(John Warnock)はアドビー社(Adobe Systems Inc.)を共同創設した。彼の印刷ソフトはデスクトップパブリッシングの分野で貢献している。

アラン・アシュトン(Alan Ashton)はワードパーフェクト社(Wordperfect Corp.)を共同創設した。

グローシェーディングのオリジナルグループはフランスからの留学生でサザランドの下で研究した。

ジム・クラーク(Jim Clark)は、サザランドの下でHMDの研究を行った。高度なワークステーションのメーカーであるシリコングラフィックス社(Silicon Graphics Inc.)と最初に商業的に成功したインターネットのブラウザのネットスケープ(Netscape Communications Corp.)社の創設者として有名である。

エドウィン・キャットマル(Edwin Catmull)はコンピュータグラフィックス分野における開拓者の一人であり、またコンピュータアニメーションスタジオであるピクサー社(Pixar)を共同創設した。

BSP可視面決定アルゴリズムの開発者ヘンリー・フックスはノースカロライナ大学の教授だった。

クラーク、キャットマル、フックスは小生と同じクラスでサザランドからコンピュータグラフィックスの講義を受けた。

フォン・シェーディングで知られるフォン・ベトナムからの留学生だった。小生がユタ大を訪問したときに、自分のアルゴリズムがグローシェーディングの問題点を改善できることを熱心に説明してくれたことが思い出される。彼は研究成果を日米コンピュータ会議で発表することになっていたが、癌で死亡したためクラークが代わりに来日して発表した。

3.5 ユタの奇跡は何故起きたか？

ソルトレークシティは、米国西部の小さな一地方都市。そこにある州立大学が、突如として最先端分野の研究で世界的に注目されるようになり、世界各地から多くの俊秀が集まり、優れた研究が次々成し遂げられた。これは奇跡に近いように思える。ユタの奇跡は何故実現したのだろうか？

まず、他ならぬサザランドがユタ大 CS 学科に存在したことが一番大きな理由である。既に記述したように彼は学位論文でコンピュータグラフィックス分野を創始するという画期的研究を行って、世界を驚愕させ、以後 HMD の研究でこの分野をリードし続けていた。彼の名声を慕って多くの学生や研究者が集まったのである。

それでは何故サザランドは、一地方大学に移ったのだろうか。

サザランドは、ユタに来る前は MIT からハーバード大学に移っていた。いずれもボストンで、世界の工学研究の中心であった。1960 年末頃から、東部から南部や西部への人の移動現象が見られるようになった。また米国社会そのものが、わが国に比べたら格段に人のダイナミックな移動が容易、ということもあるだろう。

小生はサザランドに「何故ユタに来たのですか」と聞いたことがある。「Because Dave (Evans) is here.」との返答であった。これがすべてであると小生には思える。

既に述べたようにエヴァンスは、ユタ大の CS 学科創設をまかされ、グラフィックス研究を中心とした特色ある学科にしようと熱意を持っていた。

エヴァンスは、コンピュータによりハーフトーン画像を発生させる構想を持っていた。サザランドは、小生に話してくれたことがある。「自分は、コンピュータによりハーフトーン画像が作り出せるなどとは思っていなかった。しかしその構想をエヴァンスから聞かされて感動を受け、また彼の人柄に惹かれてユタに来たのだ」と。エヴァンスは、グラフィックスに対するしっかりした技術の構想も持っていたのである。

今はディズニー社の研究者であるケイは、「今日コンピュータ産業を見て、どこからそのアイデアが出て来たかを調べてみれば、そのうちの優れたものの多くはデーブ (Dave) から出ている」とエヴァンスの才能を述べ、また、「われわれのすべてが社会に順応困難な人間であったり、おくてだった」と云う。「しかしエヴァンスはわれわれのレジメに一寸でも魅力的なところがあると、受け入れてくれ、2 年間は面倒を見てくれる」と、彼の大らかな人柄を語っている [5]。

コンピュータグラフィックスの歴史におけるユタ時代は、極言すればサザランドとエヴァンスの時代とも言えると思える。

4 あとがき

コンピュータグラフィックスという新しい学問分野を自ら開拓し、以来 MIT 時代、ユタ時代を一貫して研究の最先端にあって世界をリードしてきたサザランドは、1974 年この分野から身を退くのである。

その後のある時、彼の運転するフォルクスワーゲンの助手席で「どうしてグラフィックスの分野から去ったのですか」と聞いたことがある。「周期律表が埋まったから」とのことであった。彼はユタで研究する事柄を体系として持っていて、それらをやり遂げたと感じたのだろうか。

かれは LSI 分野の研究に身を投じ、しばらくするとその分野の学会の基調講演を依頼されるようになる。また趣味として行っていた六本足ロボットの研究では、Scientific American 誌の表紙を飾った。

その後、サンマイクロ社の副社長に転じている。彼の幅広い興味を満足させるにはコンピュータグラフィックスだけでは、あまりに狭すぎるのだろうか。

技術の巨人サザランドのもとで、普通には体験できない様々な貴重なことを学べたのは、小生にとって誠に幸運であった。

参考文献

- [1] Sutherland, I.E. Sketchpad: A Man-Machine Graphical Communication System. Ph. D. dissertation, MIT, January 1963.
- [2] Yamaguchi, F. Computer-Aided Geometric Design—A Totally Four-Dimensional Approach—. Springer-Verlag, 2002.
- [3] Sutherland, I.E. A Head-Mounted Three Dimensional Display. 1968 FJCC, Thompson Books, Washington, DC, 757-764.
- [4] Sutherland, I.E. Computer Displays. Scientific American, June 1971.
- [5] "David Evans, 74, Pioneer in Computer Graphics", New York Times, Oct. 12, 1998.
- [6] "About E and S—History", E and S www home page.
- [7] Newman, W. and R. Sproull. Principles of Interactive Computer Graphics, 2nd ed., McGraw-Hill, New York, 1979.
- [8] Sutherland, I.E. and G.W. Hodgman. Reentrant Polygon Clipping. CACM, Vol.17, No.1, Jan. 1974.
- [9] Blinn, J.F. and M.E. Newell. Clipping Using Homogeneous Coordinates, SIGGRAPH 78, 245-251.
- [10] Wylie, C., G.W. Romney, D.C. Evans and A.C. Erdahl. Halftone Perspective Drawings by Computer. AFIPS Conference Proceedings, 31, 1967.
- [11] Warnock, J.E. A Hidden-Surface Algorithm for Computer Generated Halftone Pictures. Univ. Utah Comput. Sci. Dept., TR 4-15, 1969.
- [12] Watkins, G.S. A Real-Time Visible Surface Algorithm. Univ. Utah Comput. Sci. Dept., UTEC-CSC-70-101, June 1970.
- [13] Gouraud, H. Continuous Shading of Curved Surfaces. IEEE Trans. on Computers, C-20(6), June 1971.
- [14] Bui-Tuong, P. Illumination for Computer Generated Pictures, CACM, 18(6), June 1975.
- [15] Evans & Sutherland Computer Corp. Line Drawing System Model 2. Evans & Sutherland Computer Corp., Salt Lake City, Utah, August 1971.
- [16] 北郷薫. 設計工学基礎. 設計工学シリーズ. 丸善株式会社, 1972.
- [17] Sutherland, I.E., R.F. Sproull and R.A. Schumacker. A Characterization of Ten Hidden-Surface Algorithms. ACM Computing Surveys, 6(1), March 1974, 1-55.