

# 自動生成する古代建物の3Dモデルによる歴史教育支援システムの開発

— Straight Skeleton 手法による多角堂の3Dモデルの自動生成 —

## The Development of the system supporting History Education by the Automatic Generation for 3D Models of Ancient Buildings

杉原 健一<sup>\*1</sup>、周 欣欣<sup>\*2</sup>、村瀬 孝宏<sup>\*3</sup>

Xinxin Zhou<sup>\*1</sup>、Kenichi Sugihara<sup>\*2</sup>、Takahiro Murase<sup>\*3</sup>

\*1 岐阜経済大学 情報メディア学科、\*2 名古屋文理大学 情報メディア学科、\*3 中京学院大学 中京短期大学部

\*1 Faculty of Business Administration、Gifu Keizai University

\*2 Faculty of Information Culture、Nagoya Bunri University

\*3 Chukyo Junior College、Chukyo Gakuin University

Email: sugihara@gifu-keizai.ac.jp

あらまし：これまでの研究成果である「GISとCGの統合化による3次元都市モデルの自動生成システム」に基づき、古代建物を復元するプログラム開発を行い、「3Dモデルによる歴史教育を支援するシステム」を提案する。本研究では、特に、非直角建物ポリゴン、例えば、多角形の建物境界線に対して多角堂(例えば、六角堂、八角堂)の自動生成について、Straight Skeleton 手法を用いて、自動生成する手法を提案する。

キーワード：歴史教育、教育支援システム、CG、3Dモデル、自動生成

### 1. はじめに

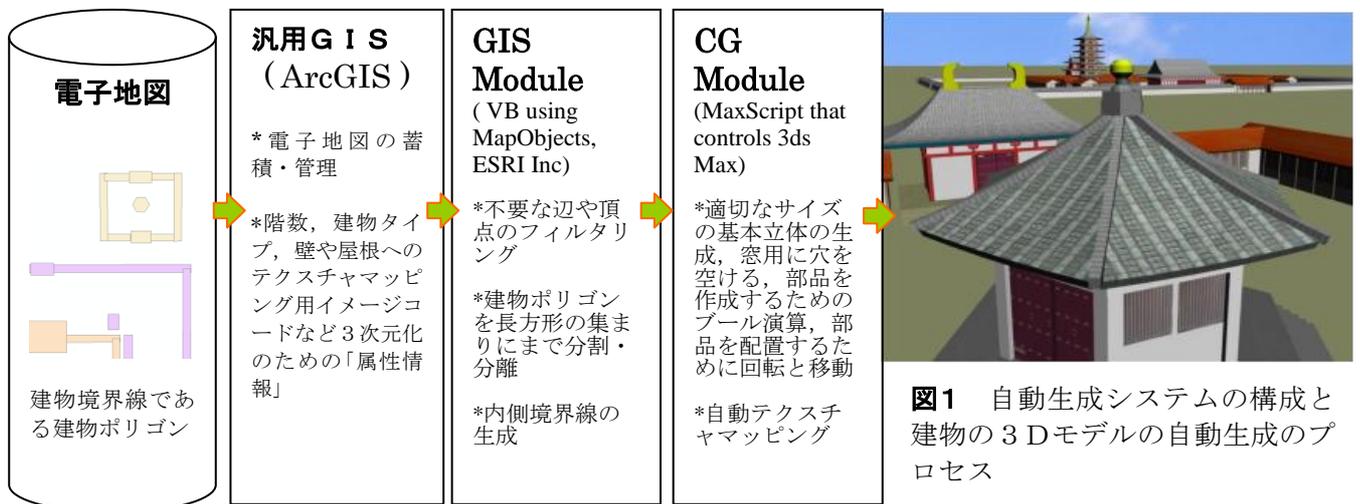
歴史教科書には、「現存する城や寺や古代の門」などの写真、また「古代の建物の復元する模型、地形を含めて遺跡を復元する模型」などの写真が、歴史教科書にはふんだんに掲載されている。ところが、「模型の写真」のみでは、地上の人々の目線からこれらの建築物をのぞむとどう見えるか、周囲とどういうつながりにあったかなど不明な点が多く、また、かつてあったであろう荘厳な古代の門や目を見張る多重塔などを想像することは難しい。そこで、3次元CGで3Dモデルを作成し、VRソフトでそれを観察する。あるいは、グーグルアース上に、例えば、美濃国分寺の3Dモデルのせて、見れば、日本のどこにあったのか、周囲はどうなっているのか、また、当時の高層ビルなどがなく、歩く人々の目線で、「多重塔」をみると、どのようにみえるのかが分かって、歴史教育に資するものとなる。しかし、現状では、この3Dモデル作成のためには、3ds MAX や SketchUp などの3次元CGソフトを用い、多くの手作業で作成を行う必要があり、多大な時間と労力を

掛けている。そこで、入手可能であれば発掘調査の地図に基づいて、往時の建物などを再現する3Dモデルをプログラムで自動生成する「歴史教育を支援するシステム」を提案する。

### 2. 自動生成システムの構成と流れ

本研究における自動生成システムの構成とプロセスを図1に示す<sup>(1)</sup>。建物の3次元モデルの情報源は、図1左端に示すような電子地図である。電子地図は、汎用GIS(ArcGISなど)によって、蓄積・管理される。電子地図上の建物ポリゴンは、GISモジュールにて、(1)直角ポリゴンを「長方形の集まり」にまで分割・分離する。(2)建物ポリゴン上の不要な頂点をフィルタリングする。(3)建物境界線よりセットバックした所にある窓やドアを配置するため内側境界線を生成する、などの「前処理」を行う。

前処理したデータを、3次元CGソフト(3ds Max)をコントロールするCGモジュール(MaxScriptでプログラム開発)が取り込み、古代建物を復元する3Dモデルを自動生成する。



### 3. Straight Skeleton 手法について

一般的に、建物の部品である窓やセットバックした1階ファサードは建物の一番外側の境界線である「外周線」から、一定距離セットバックした位置にある。この「一定距離セットバックした境界線」は、図2左に示すようにポリゴン各辺が元の辺と平行となるような仕方で、一定速度でポリゴンの縮小処理を行うことで形成される Straight Skeleton 手法<sup>(2)</sup>で生成することができる。縮小するポリゴンの各頂点は、図2に示すように、各頂点の頂角を二等分する線 (angular bisector) 上を移動する。この縮小プロセスは、次のイベントが生じるまで続く。

(1) **辺消失イベント** (Edge イベント) : 辺が縮小して消失する。消失辺の両側の辺が、以降は接することになる。

(2) **分割イベント** (Split イベント) : Reflex 頂点 (内角が 180 度以上の頂点) が辺に交差して、ポリゴンを分割する。分割されて2本になった辺と Reflex 頂点に付随する辺が、以降は接するという新たな隣接関係が生じる。

この2つのイベントの結果、ポリゴン内部にノードが生じ、ポリゴン頂点とこのノードを繋ぐことによって Straight Skeleton は形成される。Reflex 頂点を含む Concave ポリゴンでは、図2左に示すように「Split イベント」が生じ、ポリゴンは分割される。

図2右では、本システムで生成された Straight Skeleton に基づいて、自動生成した建物の3Dモデルを示す。図で示すように、本システムでは、電子地図上の建物ポリゴンが、直角ポリゴン(Orthogonal)でなくても、ポリゴンに対して、屋根を生成するこ

とができる。また、六角堂の建物ポリゴンの縮小処理では6つの辺において、Edge イベントが同時に起こり、1つのノードに集約されると考える。

### 4. 自動生成の適用事例とまとめ

ソフトピアジャパンの共同研究開発事業で補助を受けて、大垣市の文化財支援企業 (イビソク(株)) と共同研究で、この美濃国分寺を再現する研究を行った。発掘調査の成果として、電子地図を受け取り、それに基づいて、図1、図3に示すような美濃国分寺を復元する3Dモデルを自動生成した。この復元3Dモデルにおいては、奈良の薬師寺のように、本美濃国分寺の伽藍配置の南方に、多角塔を配置した。通常、発掘調査の成果として、地図や一般的には難解な文書が提出されることが多い。しかし、この地図や文書だけから、かつてあったであろう荘厳な古代の門や目を見張る七重塔などを想像することは難しい。そこで、CGで古代の建物の3Dモデルを作成して、往時の様子を再現するイメージ図を作ることが発掘調査の成果をより世に知らしめ、また、歴史教育を支援するものとなる。

#### 参考文献

- (1) Kenichi SUGIHARA: "Automatic Generation of 3-D Building Models by Straight Skeleton", ACM SIGGRAPH ASIA 2011, Technical Sketches, Visualization, 12-15 DEC, 2011.
- (2) Aichholzer, Oswin; Aurenhammer, Franz; Alberts, David; Gärtner, Bernd (1995). A novel type of skeleton for polygons, Journal of Universal Computer Science 1 (12): 752-761.

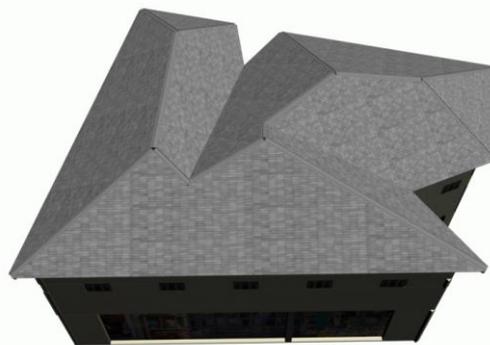
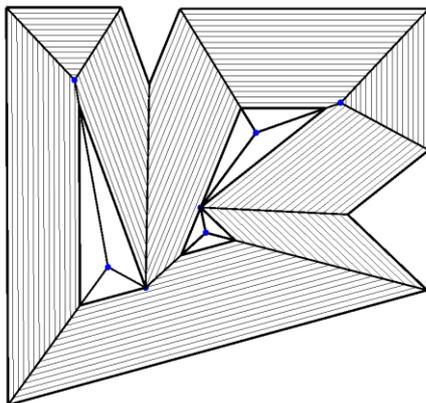


図2 Straight Skelton 手法による縮小処理 (一定速度による縮小) を実行した建物ポリゴンと縮小する各頂点の軌跡を辿ることによって Straight Skelton を生成した建物ポリゴン、それに基づいて自動生成した屋根付き建物の3Dモデル

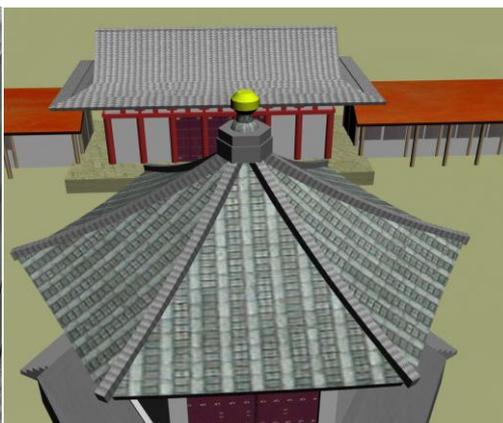


図3 六角堂の実写 (京都の頂法寺)と自動生成された六角堂の3Dモデル: 図1左端に示すような電子地図上の六角形ポリゴンに基づいて、生成。ポリゴンは正確な六角形ではないので、整形し、Straight Skelton を生成し、それに基づいて、3Dモデルを自動生成。