

I-13 絵地図を用いた町並みの効率的 3D モデリング手法の開発

～大正時代の八戸市を例として～

DEVELOPMENT OF EFFICIENT CITY MODELING USING PICTORIAL MAP

江島裕司¹・近津博文²

Ejima Yuji・Chikatsu Hirofumi

抄録： 日本各地に存在する数多くの古地図や絵地図は都市計画や土木、建築学上において、重要な情報源となっている。また、これら古地図の利用方法の1つとして、古地図から当時の町並みの3Dモデルを作成し、直接的に当時の社会・文化・生活等を体験するVR(Virtual Reality)が注目されている。しかし、VRの構築において町並みの3Dモデリングには膨大な時間と労力が必要でありモデリングの効率化が課題となっている。

このような背景より著者らは1900年代初頭の八戸市を例に採り、建物モデルの自動変形・自動配置を可能とする町並みの効率的3Dモデリング手法について開発を行った。

Abstract: There are many antique maps and pictorial maps in Japan. These maps, which show the distribution of land use in those days can often give important information for studying the history of city planning, civil engineering or architecture. In particular, visualization of reconstructed the past city model or landscape, enables us to understand those days more efficiently. In these circumstances, reconstruction of the past city model from antique or pictorial maps have recently received more attention.

However, a huge amount of labor and time are required for reliable object modeling, the acquisition of geometric and attribute information for each object and the geometric correction of deformed maps.

With this motive, this paper will investigate efficient city modeling and demonstrate early 20th century Hachinohe city, located in Aomori prefecture in Japan, using 3D Computer Graphics.

キーワード： 絵地図, 幾何データ, 属性データ, 3Dモデリング, 景観シミュレーション

Keywords : Pictorial Maps, 3D Reconstruction, Virtual Reality, Computer Graphics

1. はじめに

日本各地には、数多くの古地図や絵地図が存在し、これらの地図からは当時の土地利用や生活の様子などを知ることができるため、古地図や絵地図は都市史、土木史、建築史、土地計画史などの分野において、研究資料として重要な地位を占めている。また、これらの地図の利用方法の1つとして、古地図から当時の町並みの3Dモデルを作成し、直接的に当時の文化・芸術・風俗等の疑似体験を可能とするVR(Virtual Reality)への応用も注目されている。これは老朽化、劣化あるいは散逸して失われていくであろう歴史的構造物や文化財の保存というデジタルアーカイブのコンテンツとも共通する。しかし、VR及びデジタルアーカイブにおいて町並みの3Dモデリングには膨大な労力、

時間及び費用が必要であり、モデリング作業の効率化が課題となっている。

このような背景から、これまでに近津らは土地利用状況が示されている町割り図や土地区画が描かれている町絵図などを用いて江戸時代の妻籠宿や城下町川越を対象に当時の町並みの効率的3Dモデリング手法の開発を行ってきた¹⁾²⁾が、町並みを構成する旅籠、商家、武家屋敷などの各建物モデルには江戸時代の一般的なモデルが使用され、より現実感のある町並みモデルの構築のためには各建物の正確なモデリングが課題であった。

ところで、鳥瞰図や絵地図は町並みの3Dモデリングを行う際に、何処に、どのような建物がどのように存在していたかを知る上で貴重な資料となるが、町全体の建物が詳細に描かれているものは少なく、

1：学生会員 東京電機大学大学院 理工学研究科建設工学専攻

(〒350-0394 埼玉県比企郡鳩山町石坂, Tel :049-296-2911, E-mail : yuji@chikatsu-lab.g.dendai.ac.jp)

2：正会員 工学博士 東京電機大学 教授 理工学部建設環境工学科

一般的にはその地域の代表的な建造物あるいは神社・仏閣等が大きく描かれ、その他の建物は簡単に小さく描かれているものがほとんどである³⁾。今回研究に使用した大正9年(1920)に発行された「青森縣八戸町案内俯瞰図」(図-1)も町全体の全ての建物が描かれているわけではないが、多くの建物(75軒)が地図中にどのように配置されていたかが描かれているだけでなく、その詳細な外観も欄外に描かれている他、町並みのモデリングに必要な街区も描かれている。大正初期の八戸の土地区画を描いた地図としては「大日本職業別明細図之内」(大正14年 東京交通社 発行)があるが、職業別明細図からはどのような建物が、どのように配置されていたかを知ることはできないため、本俯瞰図は町並みの3Dモデリングには貴重な資料となっている。

したがって、本研究では八戸町案内俯瞰図を使用して、各建物モデルの変形、配置が自動的に行われ、より現実感のある町並みの効率的モデリング手法について検討を行った。

2. 八戸市の概要

人口約25万人の八戸市は東北地方でも屈指の産業都市であり、その産業基盤は江戸時代より次第に整えられ、明治・大正期の産業の発展を経て、現在に至っている⁴⁾。また、八戸の街づくりは17世紀初頭に始まり、八戸藩が誕生した17世紀後半には城下町として街の骨格が完成されたとされている⁵⁾。現在、八戸の市街地には当時を偲ぶ建造物はほとんど残されていないが、「青森縣八戸町案内俯瞰図」(図-1)に描かれたその町割り、現在もほぼ変わることなく存続されている。図-2、3は十三日町における現在と大正時代の写真である。

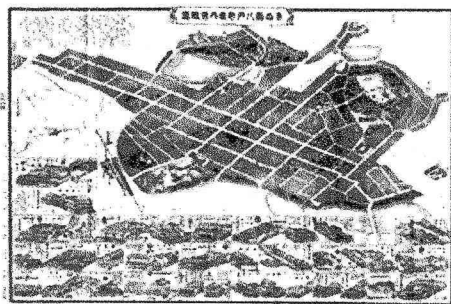


図-1 青森縣八戸町案内俯瞰図

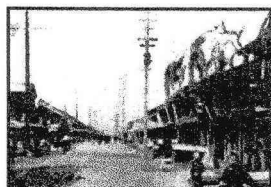
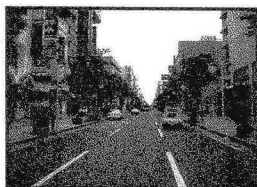


図-2 現在の八戸市街地 図-3 大正時代の八戸市街地

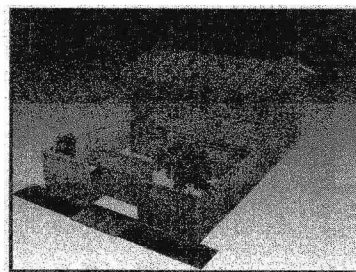
3. 町並みのモデリング

本研究では、青森縣八戸町案内俯瞰図を利用して各土地区画の中心座標、寸法、傾き、縦横比等の幾何データの取得し、さらに当時の土地利用状況を示す町割り図より得られる各土地区画に対する属性データを用いて、青森縣八戸町案内俯瞰図および資料に基づき予め作成された建物モデルを自動変形・自動配置し、町並みを効率的にモデリングしようとするものである。以下に、詳しい手順を示す。

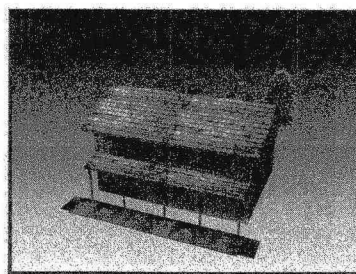
(1) 建物モデルの作成

大正時代の八戸町は戸数約3000軒、人口約2万人の町であり、今回町並みの3Dモデリングを行なう「青森縣八戸町案内俯瞰図」に記された対象地区は、商家が軒を列ねる八戸町の商業の中心地区であった⁶⁾。そのため、本研究では俯瞰図に示された建物の外観以外に大正時代における八戸町の建物情報が記された史料⁶⁾⁷⁾に基づき基本的な建物モデルとして、商家モデルを12種類、町屋モデルを2種類、寺及び神社のモデルを各1種類作成することとした。

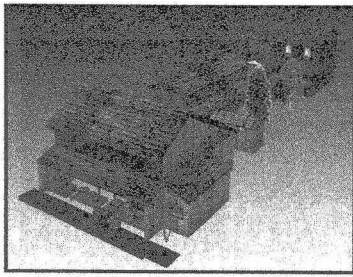
また、上記の建物モデルのほかに、当時の八戸町の代表的な建物であった八戸高等小学校、八戸尋常小学校、八戸工業徒弟学校が集まっていた学園地区、八戸警察署、劇場、消防屯所及び製造所を伴う商家(酒屋、油屋)の合計6種類の代表的建物モデルを作成した。なお、これらの建物は上述の文献の他、古写真等⁶⁾⁷⁾を参考に別途作成し、自動構築された町並みに手動にて配置することとした。作成した基本的な建物モデルの一例を図-4に示す。



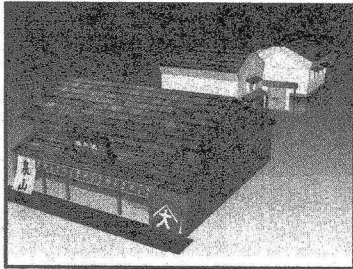
1) 町屋モデル



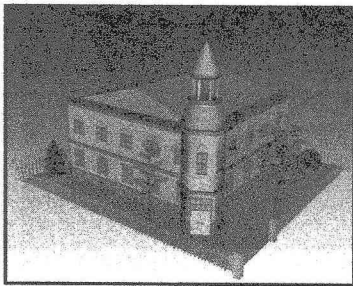
2) 町屋モデル



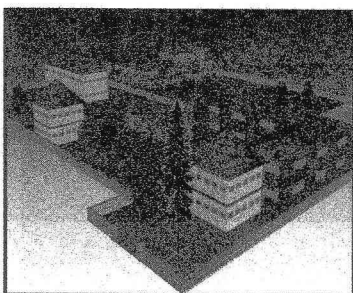
3) 商家モデル



4) 商家モデル



5) 八戸警察署



6) 学校

図-4 建物モデル

(2) 幾何補正

本研究で使用した絵地図は斜めから町を眺める俯瞰図として作成されているため、現代地図との併用を考えた場合には絵地図の幾何補正を行なう必要がある。このような特性を持つ絵地図の幾何補正として、本研究では位相及び直線性が保持される変換手法として清水らにより提案されたTIN(Triangulated Irregular Network)とアフィン変換を組み合わせた手法⁸⁾により絵地図の歪みを補正することとした。

具体的には、絵地図と現代地図との間で相互に一致させたい共通な基準点を選定し、これらの基準点を用

いて絵地図と現代地図のそれぞれにおいて最小角最大原理に基づいてTINの作成を行ない⁹⁾、さらに絵地図と現代地図との間で対応する各TINに対してアフィン変換を施し、座標変換を行なうものである。

しかし、絵地図は俯瞰図として描かれているため、絵地図と現代地図それぞれに対して作成したTINにおいて、これらが同相関係とならない場合が生じる。そこで、本研究では各TINを絵地図と現代地図との間で共通に付けられた基準点番号による位相構造で表し、同相関係でないTINを自動検索し、同相関係が維持されていないTINに関しては手動にてTINの組み直しを行った。

図-5、図-6は絵地図、現代地図における交差点の角を両地図における共通な基準点として、それぞれにTINを形成させたものであり、図-7は幾何補正された絵地図である。

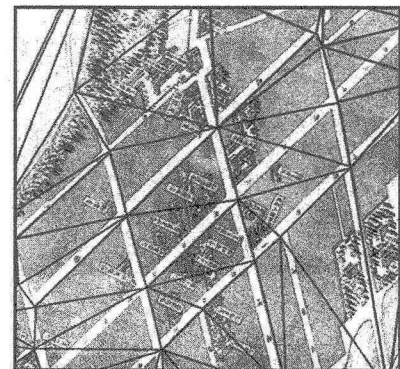


図-5 絵地図

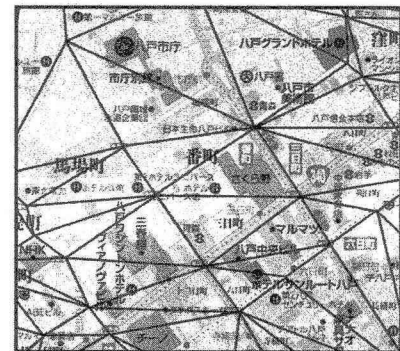


図-6 現代地図

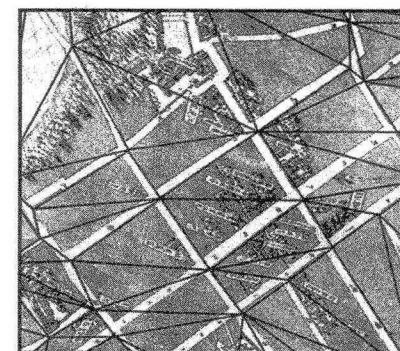


図-7 幾何補正された絵地図

(3) 幾何データ

各建物モデルの自動変形，自動配置を行なうためには建物モデルが配置される土地区画の中心座標，寸法，角度データなどの幾何データの取得が必要となる。

近津らの以前の研究では土地区画の中心座標，幅及び奥行きは古地図に記された各土地区画より画像処理により取得していたが，本研究では各土地区画が記載されていない絵地図を使用しているため，各街区のコーナー座標を用いて，各土地区画に対する幾何データの取得を行なうこととした。以下に幾何データの取得方法を示す。

a) エッジ画像の取得

各街区のコーナー座標の算出を行なうために幾何補正された絵地図からエッジ画像の取得を行なう。すなわち，幾何補正された絵地図に対し，二値化処理，ノイズ除去を行った後，Canny オペレータにより各街区のエッジ抽出を行なう。次に，エッジ端点の抽出を行い，注目する端点に最も近隣するエッジ端点を検索し，それぞれの端点を含む線分の交点を算出しコーナーの画面座標とする。図-8 に幾何補正された絵地図に対してノイズ除去，二値化処理を施した画像を，図-9 にエッジ抽出を行なった画像を示す。

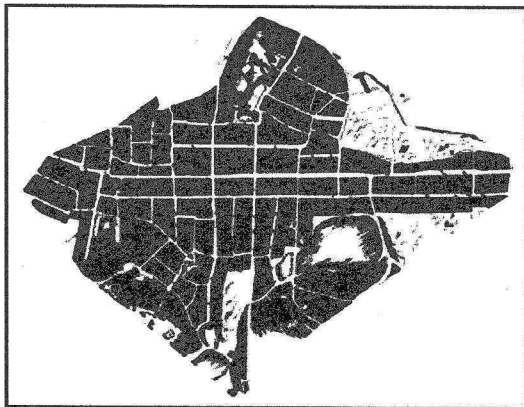


図-8 ノイズ除去，二値化処理

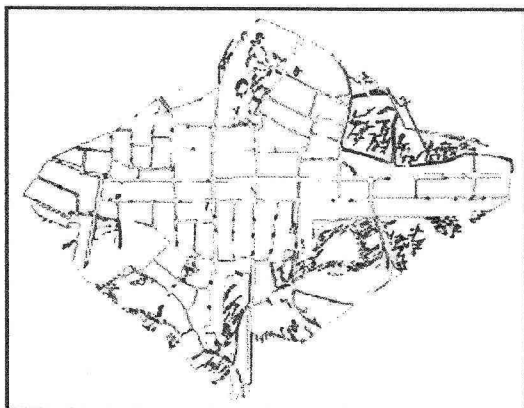
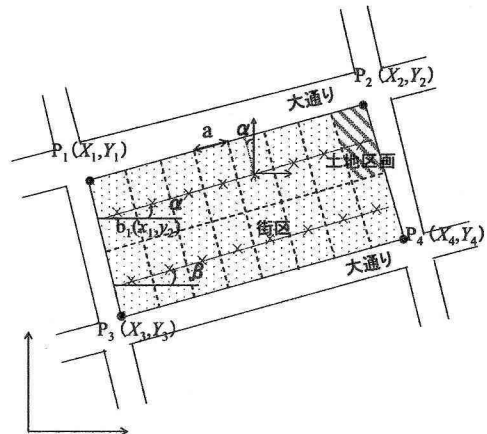


図-9 エッジ抽出



P_1, P_2, P_3, P_4 : 街区のコーナー座標
 a : 文献により参考にした土地区画の幅
 b : 土地区画の中心座標
 α, β : 長辺の傾き

図-10 幾何データの取得

b) 幾何データの取得

幾何補正後のエッジ画像上において座標原点を任意に設定したのち，原点から各コーナーに対する x, y 軸方向の画面距離を持ってその点の座標とし，さらに現代地図の地図縮尺を用いて各コーナー一点座標を地上座標に変換し，各街区の大きさを求める。

例えば，図-10 において， P_1, P_2, P_3, P_4 は抽出された街区のコーナーであり，これらの点に対して上記により算出される地上座標の値 (X_i, Y_i) により街区の大きさを算出し，長辺の長さを文献に記載された当時の建物の幅で分割することにより街区内の土地区画を定め，さらに各土地区画の四隅の地上座標より各土地区画の中心座標 (x_i, y_i) の算出を行なった。

なお，上記で示した方法は街区形状が四角形の場合にのみ適用できるものである。そこで，本研究では街区形状が六角形，八角形などの不整形街区に対しては，まず不整形街区を四角形で構成される街区に分割を行った後，上記の方法を適用した。すなわち，不整形街区を構成するコーナー座標を用いて，その不整形街区に TIN を作成し，隣り合った TIN どうしを組み合わせて四角形街区の作成を行った。

一方，当時の八戸町は大通り沿いに商店街が栄えており，さらに図-1 から明らかなように各街区の長辺が大通りに面していることより，本研究では建物モデルの正面が大通りに面するように建物の向きを決定する事とした。具体的には，各土地区画の中心座標を結んだ線分の傾き α, β を算出し，建物モデルと土地区画の中心を一致させ，建物モデルを Y 軸に平行に配置させた後，各建物モデルの間口に対する垂直二等分線を α だけ回転させるものである (β についても同様)。

(4) 属性データの取得

大正初期の八戸町はそれぞれの街区ごとに商店の特徴があったため、当時の町割りの資料に基づき⁷⁾作成した町割り図が図-11であり、図-11において各街区に施された色は建物の特徴を示すことになる。したがって、各土地区画の中心座標における色情報を属性データとすると、図-9と図-11のオーバーレイより配置されるべき建物の種類が自動取得されることになる。

4. 建物モデルの自動選択、自動配置

本研究で開発したシステムでは、各土地区画に対する幾何データ及び属性データを 3DCG ソフト上に読み込むことで、あらかじめ作成・登録された基本的な建物モデルが属性データに基づき自動的に選択され、さらに幾何データに基づき自動的に変形、配置される。すなわち、属性データに基づき各街区に対する町割り状況が自動分類され、街区内の各土地区画に対して発生されるランダム数により建物モデルが自動決定され、さらに土地区画の縦横比、傾きの幾何データに基づき選択された建物モデルが自動変形・配置されるものである。図-12に建物モデルの自動変形概念を示す。

なお、本研究では基本的な建物モデルがすでに配置された後の町並みに対して、6種類の代表的建物モデルを手動にて配置を行った。すなわち、代表的建物モデルが配置されるべき場所に、すでに配置されている建物モデルを取り除き、代表的建物モデルを手動で配置を行うが、その際にその街区内の土地区画サイズの再調整が行われ、再調整に伴ってすでに配置されている建物サイズも調整されることになる。

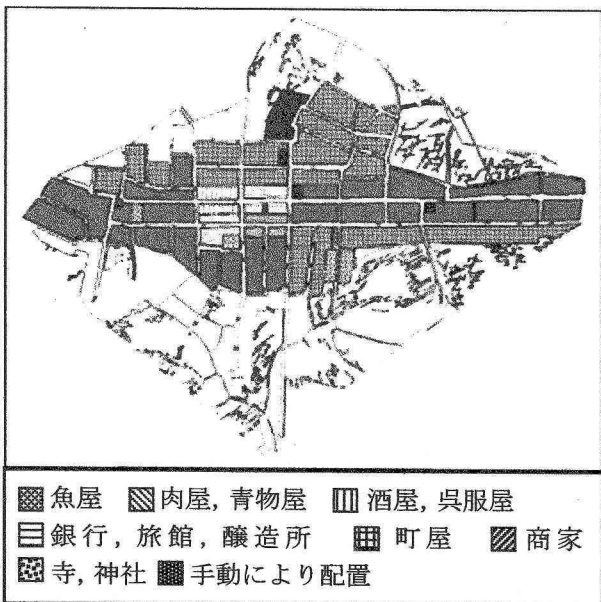
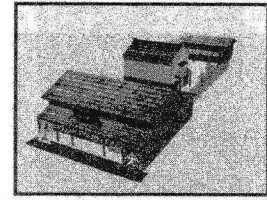
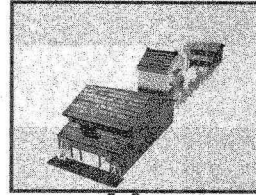


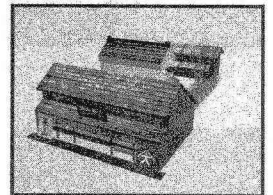
図-11 町割り図



5:5



5:3



3:5

図-12 縦横比による建物モデルの自動変形



図-13 自動配置された町並みモデル

また、本研究では電柱に関しても、電柱が配置されるべき幾何データをあらかじめ与えておくことにより電柱の自動配置を行った。自動配置された町並みモデルを図-13に示す。

なお、本研究のような 3DCG の作業時間はパーソナルコンピュータに大きく依存するが、今回使用したパーソナルコンピュータの CPU は Intel Pentium4 2.80GHz である。

5. 景観シミュレーション

本システムでは多くの種類の建物モデルの自動変形・自動配置に対応しており、あらかじめ各町割りの特徴を考慮した建物モデルを作成することにより、詳細な景観シミュレーションを行うことが可能となった。図-14は自動配置された町並みの 3Dモデルの一部であるが、図-15は図-14と同じ地域に対する現在の町並みである。この地域は江戸時代より肴町とも呼ばれていた地域であり、当時魚商が軒を列ねていた⁸⁾。現在その町並みの面影は失われてしまったが、本研究の手法により、当時の町並みの様子をシミュレーションにより擬似体験することが可能となった。

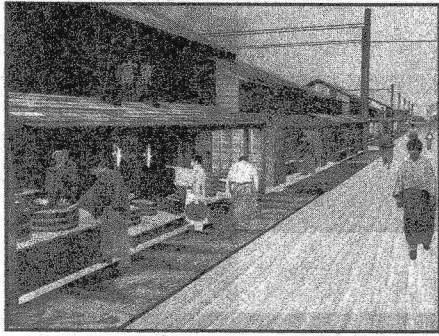


図-14 景観シミュレーション

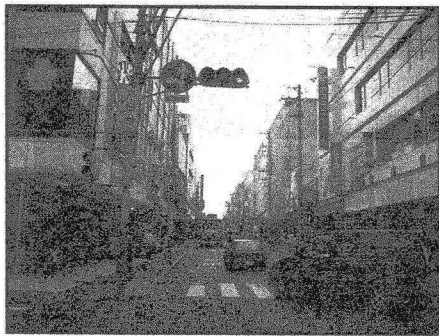


図-15 現代の町並み

また、今回作成した景観シミュレーションでは、当時の町並みの商店街における人々の活気を表現するため人物モデルの配置及び環境音を使用した。なお、本研究で作成された大正初期の八戸町の景観シミュレーションは近津研究室のホームページ (<http://www.chikatsu-lab.g.dendai.ac.jp/movies/index.html>) にて公開されている。

6. 結論

従来、3DCG を用いて町並みの作成を行なう際には、多大の労力と時間をかけて各土地区画に応じた大きさの建物を一軒ずつ作成し、所定の位置に配置しているのが現状である。しかし本研究で用いた手法によれば、予め作成した建物モデルが、得られた幾何データ及び属性データにより自動選択・自動配置され、町並みの3Dモデルが自動的に作成されるため町並みモデルを構築する際の負担は大幅に軽減されることになる。

例えば、本研究ではあらかじめ作成された6種類の代表的建物モデルと16種類の基本建物モデル約460戸を使用し、代表的建物モデルは手動で1戸あたり約15分程かけて各土地区画に適した形状へ変形させて配置を行っているが、約460戸の基本建物モデルはすべて自動で配置されている。したがって、本研究で示したモデリング手法は建物の自動変形・自動配置に対して有効であり、特に本研究で町並みのモデリングに対象とした範囲は東西約2km、南北約0.8kmであった

が、この範囲が大きいほど本研究で示した手法の有効性が示されるものと期待される。

なお、今後の課題として土地の利用状況や土地の所有者名が各土地区画の中に境界線にまたがって記入されているような絵地図に対して土地区画のみに対するエッジの自動抽出手法が挙げられる。

謝辞: 本研究で使用した「青森縣八戸町案内俯瞰図」など多くの貴重な歴史資料を頂きました元八戸市建設部長小瀧勇様およびアニメーション作成において使用させて頂いた楽曲の提供を頂きました TAM Music Factory 様、及び Takashi Nagura 様に謝意を表す次第です。

参考文献

- 1) 鈴木沙耶佳, 近津博文, 歴史的町並み(妻籠宿)の効率的3Dモデリングと景観シミュレーションに関する研究, 日本写真測量学会平成13年度秋季学術講演会発表論文集, pp213-216, 2001.
- 2) 鈴木沙耶佳, 近津博文, 歴史的町並み(川越)の効率的3Dモデリングと景観シミュレーションに関する研究, 日本写真測量学会平成14年度秋季学術講演会発表論文集, pp267-270, 2002.
- 3) 例えば, 松阪市を中心とする名所交通鳥瞰図, 松阪市役所発行, <http://www.asocie.jp/map/oldmap/mie/image/ha0018.jpg> (最終アクセス日:2005年8月6日).
- 4) 例えば, 八戸市役所HPより (最終アクセス日:2005年5月2日).
- 5) 例えば, 八戸藩~大名の江戸と国元, 八戸市立博物館発行 pp25, 2001.
- 6) 八戸市立図書館資市史編纂室, 明治・大正の八戸市街地と三戸郡史, 八戸市発行, pp408-pp475, 2002.
- 7) 例えば, 目で見ると見る八戸・三戸の100年, 郷土出版社, 2000.
- 8) 清水英範, 布施孝志, 森地茂, 古地図の幾何補正に関する研究, 土木学会論文集, IV-44, No625, pp89-98, 1999.
- 9) 岸本一男, 領域の最適三角形群への分割アルゴリズム, 情報処理, Vol.19, No.3, pp.211-218, 1978.