

# 都市流域における街区ポリゴンの自動構築手法に関する研究

田内 裕人<sup>1)</sup> 天口 英雄<sup>1)</sup> 河村 明<sup>1)</sup> 古賀 達也<sup>2)</sup> 萩原 陽一<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> 首都大学東京大学院 都市環境科学研究科  
(〒192-0397 東京都八王子市南大沢1-1)

<sup>2)</sup> (株)建設技術研究所  
(〒103-0397 東京都中央区日本橋浜町3-21-1)

高精度の街区ポリゴンデータは、都市流域において洪水流出・氾濫解析モデルを構築する際の基礎的データとして用いられている。本研究では、入手が容易で分断箇所を有するポリライン型道路線データを入力とし、街区形状が複雑な都市流域においても高精度な街区ポリゴンデータを自動生成する手法を提案した。本手法では、まず接触する複数の道路線を接合し道路線データを構成する点の順序を街区内側が右側となるように形状特性を用いて並び替える。次に道路線の分断箇所に補完線を加え、道路線と補完線で囲まれた領域を街区として出力している。本手法を都市流域である神田川上流域に適用し検証を行った結果、99%以上の街区を自動的に構築することができた。この結果より、本研究で提案した街区ポリゴンデータの自動生成手法は形状が複雑な都市流域においても高精度な街区を構築可能であると考えられる。

キーワード：モデル構築法, GIS, ポリゴン型街区, 都市流域, 氾濫解析

## I. はじめに

都市流域を対象とした洪水流出・氾濫解析では、都市流域が持つ特徴として街区および道路の形状や分布による影響を考慮したモデルが数多く用いられている。氾濫解析モデルとしては、街区および道路の影響を考慮できる非構造格子モデルや街路ネットワークモデルが提案されており、従来のグリッド型と比較して市街地における氾濫水の挙動を予測するのに有効であることが示されている(川池ら, 2002)。内田ら(2007)では、モデル構築の容易さに着目し、実務で多用されているグリッド型の氾濫解析モデルに対し、グリッド内部やグリッド境界線に建物や道路・街区に関する情報をパラメータとして与える手法を提案している。また洪水流出解析モデルとしては、直接流出に関係する浸透・不浸透域の分布について、都市計画上の用途区分や地籍境界の情報により作成した土地利用データから抽出し、解析に用いる手法などが提案されている(Sample *et al.* 2001, Rodriguez *et al.* 2008)。さらに著者らは、道路、河道、建物、駐車場、畑など、都市を構成す

る様々な地物を的確に表現できる多角形(ポリゴン)型の土地利用データについて、街区、建物および河道ポリゴンと航空写真などの土地利用情報を用いることにより手作業で作成し、これを用いた都市洪水流出解析モデルの開発を行っている(天口ら, 2007, Amaguchi *et al.* 2012)。このように街区ポリゴンは、都市流域での洪水流出・氾濫解析モデル構築において基本的なデータとなりつつある。

街区ポリゴンを含む最も高精度・高品質なGIS(地理情報システム)データとしては、国土地理院が2013年から提供を開始した「数値地図(国土基本情報)」(国土交通省国土地理院)がある。数値地図(国土基本情報)は地図情報レベル2500の精度を有するポリゴン型の電子地形図であり、幅員3m以上の車道で囲まれた領域を街区ポリゴンとして定義している。しかし都市流域においては徒歩道や公園内道路・幅員3m未満の3項道路などが多く、こうした小幅員道路が氾濫流の挙動に影響を与える可能性があることから、都市流域の洪水流出・氾濫解析モデルのモデルデータとしては小幅員道路を考慮した

形状の街区ポリゴンを用いることが望ましい。しかし小幅員道路を含む既存のGISデータとしては、たとえば国土地理院が日本全国の都市計画区域に整備する地図情報レベル2500相当の「基盤地図情報」(国土交通省国土地理院)などがあるものの、そのフォーマットは分断箇所をもつポリラインである。以上の背景からポリライン型の電子地形図を入力とする街区ポリゴンの自動構築システムが開発されれば、任意の地域で洪水流出・氾濫解析モデルに適した街区ポリゴンの構築が可能となり、都市を対象とした高精度な洪水流出・氾濫解析モデルの普及に資すると思われるが、こうしたシステムの開発に関する研究は著者らの知る限り見当たらない。

本研究では、入手が容易であるポリライン型道路線データを入力とし、街区ポリゴンデータを自動構築する手法を提案する。次いで本手法を都市流域である神田川上流域に適用し街区ポリゴンを自動構築するとともに、道路線と航空写真から手作業で作成した街区ポリゴンデータと比較することにより、本手法の妥当性を検討する。

## II. 道路線と街区ポリゴンの形状特性

本研究では入力となる道路線データとして、基盤地図情報と同等の精度を有する東京都縮尺1/2500地形図標準データファイルに格納されているすべての車道および幅員1 m以上の歩道を対象とした真幅道路の境界線データを用いることとする(東京都都市整備局)。本地形図は東京都が都市計画図の作成を目的とし、DM(Digital Mapping)標準フォーマットに準拠し配備した電子地形図である。道路線データにより表現される街区は図-1 a)に示すように、視覚的に道路と街区の境界を表現することを目的に作成されているため、街路における袋小路奥の道路線が分断され、街区外周は複数の道路線により構成されている。図-1 b)は同図a)の領域を街区ポリゴンデータとして作成した例を示している。ポリゴンとは複数の連続した線分(以下、ポリラインとする)による閉領域として定義した多角形の面であり、ポリラインの始点と終点は一致するとともに、始点から終点までの方向はポリゴン内部を右側とする時計回りである。また外周が反時計回りの場合には、面積が負のポリゴンとして抽出することが可能である。図-1 c)は同図a)の道路線について、単純に最短距離にある道路線の端点を結ぶことで閉

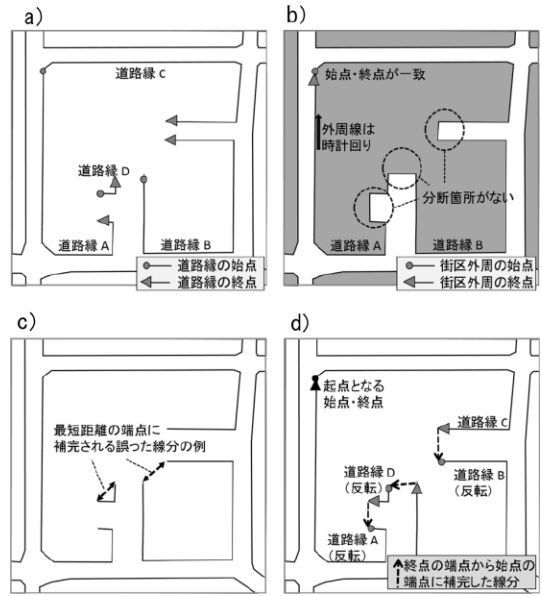


図-1 a) 道路線の一部、b) 街区ポリゴンの条件、c) 最短距離の端点間に線分を発生させた際に発生する誤った補完線およびd)本手法で生成される線分

Fig. 1 a) Example of road boundary lines, b) conditions of polygonal blocks, c) inadequate lines created by simple algorithm and d) lines interpolated by proposed algorithm.

領域の作成を試みた一例である。この事例では2つの端点の間に不適切な線分が発生するため、閉領域を正しく構築することができない。また図-1 d)は同図a)の道路線について、道路線の方向を同図b)の街区ポリゴンとそろえるとともに、各道路線の終点から始点に向けて線分を補完することにより、道路線と線分による閉路を作成した一例である。作成した閉路の形状が街区ポリゴンの外周と一致することから、街区ポリゴンの自動構築手法の精度は、時計回りで始点と終点一致するというポリゴンの特性を反映させることにより向上すると期待できる。そこで本研究では、まず道路線の方向を街区ポリゴンと一致させ、次いで閉路が構築可能となるように道路線の終点と始点の間に線分を補完し、街区ポリゴンを自動生成する手法を提案する。

## III. 道路線結合アルゴリズム

### 1. 道路線の結合と方向の統一

街区は道路で囲まれた領域として定義すれば、道

路縁には一般的に街区の内側に向かって回り込む形状特性がみられる。本研究では道路縁の方向を統一する際にこの形状特性を用いることとする。まず図-1 a) の始点もしくは終点を共有する道路縁Aと道路縁Cのように、明らかに連続した複数の道路縁を結合する。次いで図-2 a) のように、結合した各道路縁について終点から始点に向かう線分を補完することにより閉路を作成し、この閉路が反時計回りとなり、閉路から計算される閉領域の面積が負となる場合には道路縁の方向を逆転させる(図-2 b) )。なお道路縁が直線となり、閉領域の面積が0となるため方向の判別ができない場合には、両方の方向をもつ道路縁として扱うこととする。また本手法で閉領域を作成すると、図-3 a) のような自己交差するポリゴンが発生する場合があるが、自己交差ポリゴンにおいては図-3 b) のように、時計回りのA領域の面積から反時計回りのB領域の面積を引くことで得られた面積について、正負の判別を行うこととする。

2. 分断箇所の補完と街区ポリゴンの作成

図-4 は、方向統一後の道路縁の分断箇所を補完

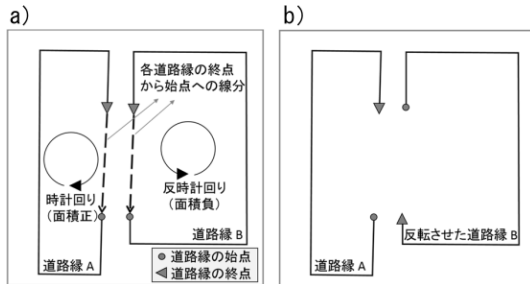


図-2 a) 道路縁の閉路の方向およびb) 方向統一後の道路縁

Fig. 2 a) Directions of closed paths from road boundary line and b) aligned road boundary lines.

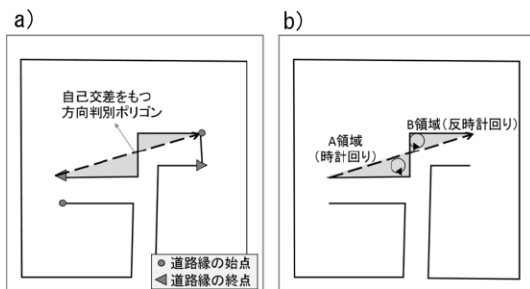


図-3 自己交差ポリゴンにおける面積計算法

Fig. 3 Area calculation method of self-crossing polygon.

し、街区ポリゴンとして抽出する流れを示している。本手法ではまず図-4 a) のように、方向統一後の道路縁 $P_0$ を1つ抽出する。ここで $P_0$ の始点を $P_{s0}$ 、終点 $P_{e0}$ をそれぞれ取得しておく。次いで図-4 b) に示すように、 $P_{e0}$ から検索距離 $L_{max}$ の範囲を計算し、他の方向統一道路縁の始点を検索する。検索によって $P_{s1}$ のような他の方向統一道路縁の始点が見つかる場合には、 $P_{e0}$ と $P_{s1}$ 間の線分を仮補完線として保持するとともに(図-4 c) )、ポリライン [ $P_0$ -仮補完線- $P_1$ ] を $P_0$ に置き換える。すなわち $P_{e0}$ は図-4 d) のように終点 $P_{e1}$ に置き換えられる。また置き換えられた $P_{e0}$ から再度ほかの方向統一後の道路縁の始点を検索する。本処理の繰り返しにより、図-4 e) のように $P_{e0}$ から検索された始点があもとの方向統一後の道路縁の始点 $P_{s0}$ となった場合には、作成し保持しておいたすべての仮補完線を本補完線として採用するとともに、方向統一後の道路縁と本補完線を結合し、街区ポリゴンを得る(図-4 f) )。

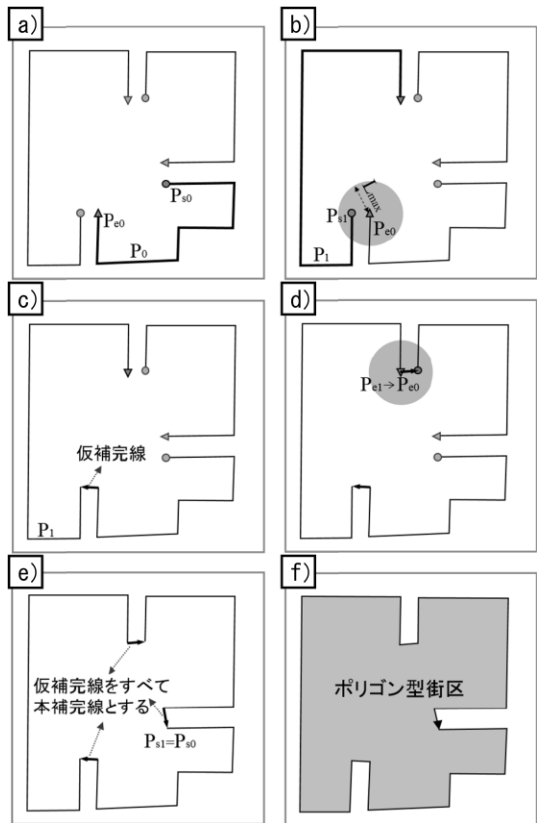


図-4 街区ポリゴンの自動構築アルゴリズム

Fig. 4 Algorithm of automated construction method of polygonal blocks.

#### IV. 実流域への適用と検証

図-5に本研究で対象領域とした神田川上流域の概要を示す。神田川は東京都三鷹市井の頭恩賜公園の井の頭池にその源を発し、隅田川に合流する一級河川であり、同図の小領域に示すような街区形状が複雑な流域をもつ河川となっている。本研究では井の頭池から善福寺川合流点までの上流域約11.5 km<sup>2</sup>を対象領域に設定し、街区ポリゴンの自動構築を行った。本手法の実装と適用は、CPUにIntel (R) XEON (R) CPU 5520 (2.27 GHz) を用いた環境下で、GISソフトのArcGIS Ver.9に付随する共通基盤コンポーネントであるArcObjectsのVisual Basic for applications

(VBA) を用いて行い、神田川上流域においては街区ポリゴンの自動構築に1時間程度を要した。なお、分断箇所への補完に必要なパラメータ  $L_{max}$  としては、主な分断箇所となる袋小路が狭い生活道路(伊吹ほか, 1994)に多いと考え、一般的な生活道路の最大道路幅10 mを採用した。

図-6は神田川上流域および小領域における街区ポリゴンの自動構築結果を示している。同図より、分断箇所のない街区に加え、袋小路部が分断箇所となっている街区においても街区ポリゴンが作成されていることが見て取れ、本手法が街区構築に有効であることが示されている。表-1は神田川上流域における道路縁の総数、街区総数、分断箇所をもつ街

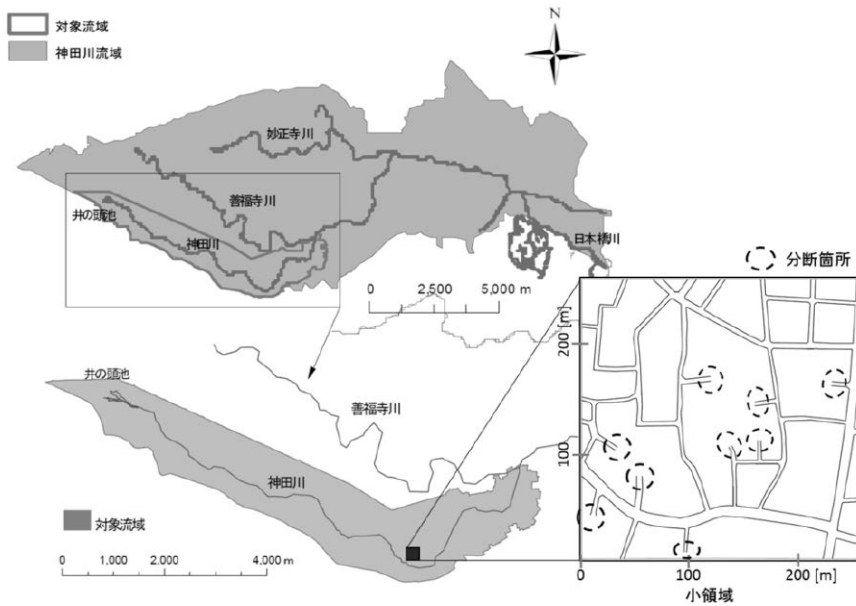


図-5 神田川上流域と小領域  
Fig. 5 Upper Kanda River Basin and test area.

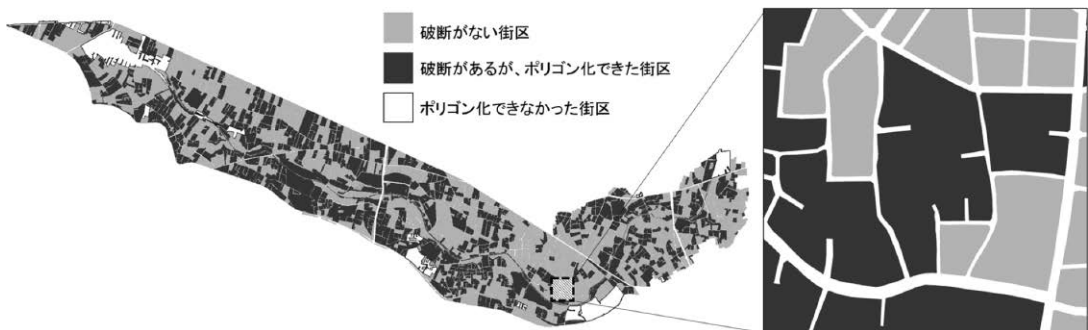


図-6 街区ポリゴンの自動構築結果  
Fig. 6 Results of automated construction of polygonal blocks.

表-1 神田川上流域の道路縁数, 街区数, 分断箇所をもつ街区数および自動構築結果.

Table 1 Number of road boundary lines and blocks. Result of automated construction of blocks in upper Kanda Basin.

道路縁数	24214
全街区数	1977
分断箇所をもつ街区数	519
分断が閉じられた街区数	501
未構築の街区数 (要因A/B)	18(10/8)

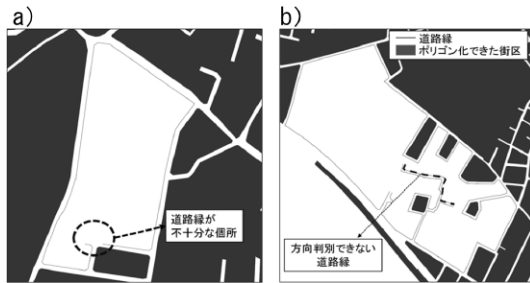


図-7 ポリゴン化できなかった街区の例

Fig. 7 Areas with no constructed polygonal blocks.

区数, 分断箇所をもつ街区のうち本手法で分断が閉じられ自動構築された街区数および未構築の街区総数・要因別の未構築街区数を示している. この表より, 全街区数1977のうち, 袋小路等の分断箇所があるため直接ポリゴン化できない街区数が519個あるが, 本手法を用いることで, このうち501個の街区を新たにポリゴン化できた. また本研究ではさらに, 街区ポリゴンが作成されなかった18の街区を精査し原因を考察した. その結果, まず, 図-7 a)のように, 入力データである道路縁が街区境界を正しく表現しておらず, 袋小路以外で分断している場合が10事例見受けられ (表-1の要因A), 本手法を適用する前処理として入力データの精査が必要であることが示唆された. また, 道路縁が的確に道路と街区の境界をなしているにもかかわらず, 街区ポリゴンが生成できなかった場合が8事例みられた (表-1の要因B). これは, たとえば図-7 b)のように道路縁の一つが他の道路縁と異なり街区の内側に反った形状となっており, 本研究で提案した方向判別手法を適用した結果, 道路縁の方向が街区ポリゴンと反対となるのが要因となっている. これについては道路縁の方向統一手法の改善などで対処可能であるものの, 事例数の少なさから, 航空写真などを参照し手作業で分断箇所に線を補完するなどの修正で十

分に対処できるものと考えられる. これらの検証と考察により, 本手法は実用的な街区ポリゴンの自動構築手法であるという結論が得られた.

## V. むすび

本研究では, 入手が容易なポリライン型の道路縁データを入力とし, 道路縁における分断箇所の補完と方向統一手法を用いた, 新たな街区ポリゴンの自動構築手法を提案した. 本手法を実流域である神田川上流域に適用して検討を行った結果, 分断箇所をもつ519の街区のうち501個で街区をポリゴン化することができた. この結果より, 本研究で提案した手法は実用的な街区ポリゴンの自動生成手法であると考えられる. 今後の課題としては, 東京都縮尺1/2500地形図 構造化データファイルなどの市販の街区ポリゴンデータと比較を行うことにより, 本手法の検証をさらに進めることが重要と考えられる.

## 謝辞

本研究を遂行するにあたって科学研究費 (基盤研究 (C)), 代表: 天口英雄, 課題番号: 5420530) の補助を受けました. ここに記して深謝申し上げます.

## 引用文献

天口英雄・河村 明・高崎忠勝 2007. 地物データGISを用いた新たな地物指向型都市洪水流出解析モデルの提案. 土木学会論文集 B63: 206-223.

Amaguchi, H., Kawamura, A., Olsson, J. and Takasaki, T. 2012. Development and testing of a distributed urban storm runoff event model with a vector-based catchment delineation. *Journal of Hydrology* 420-421: 205-215. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2011.12.003.

伊吹山四朗・多田宏行・栗本典彦 1994. わかり易い土木講座12 新訂版 道路, 彰国社:272.

川池健司・井上和也・林 秀樹・戸田圭一 2002. 都市域の氾濫解析モデルの開発. 土木学会論文集698: 1-10.

国土交通省国土地理院 2015. “基盤地図情報”, 基盤地図情報とは, <http://www.gsi.go.jp/kiban/towa.html>. (参照: 2015/5/15).

国土交通省国土地理院 2015. “数値地図 (国土基本情報)”, 数値地図 (国土基本情報), <http://www.gsi.go.jp/kibanjoho/kibanjoho40027.html>. (参照: 2015/5/28).

Rodriguez, F., Andrieu, H., Morena, F. 2008. A distributed hydrological model for urbanized areas - model development and application to case studies. *Journal of Hydrology* 351: 268-287. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2007.12.007.

Sample, D.J., Heaney J.P., Write, L.T., Koustas, R. 2001. Geographic information systems, decision support systems, and urban storm-water management. *Journal of Water Resources Planning and Management* 127: 155-161. DOI: 10.1061/(ASCE)0733-9496 (2001) 127:3 (155).

東京都都市整備局 2011. "東京都縮尺1/2500 地形図", 東京都縮尺1/2500地形図の利用について[http://www.toshiseibi.metro.tokyo.jp/kiban/map\\_user/](http://www.toshiseibi.metro.tokyo.jp/kiban/map_user/). (参照:2011/9/13).  
内田龍彦・河原能久・木梨行宏・伊藤 康 2007. デカルト座標系を用いた市街地氾濫シミュレータの構築と竹原市の高潮氾濫への適用. 水工学論文集51:517-522.

(受付:2014年12月10日, 受理:2015年8月6日)  
この論文への討議・コメントを, 2016年5月末日まで受け付けます.

## Automated Construction Method of Polygonal Blocks for an Urban Watershed

Hiroto TANOUCHI <sup>1)</sup> Hideo AMAGUCHI <sup>1)</sup> Akira KAWAMURA <sup>1)</sup>  
Tatsuya KOGA <sup>2)</sup> Youichi HAGIWARA <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Tokyo Metropolitan University  
(1-1 Minami-Osawa Hachioji-shi, Tokyo, Japan 192-0397)

<sup>2)</sup> CTI Engineering Co., Ltd.  
(3-21-1 Nihonbashi Hama-cho Chuo-ku, Tokyo, Japan 103-8430)

This study developed a new automated construction method of polygonal blocks using road boundary lines with gaps. Polygonal block data are often used in studies of numerical simulation models for rainfall-runoff and flood inundation analysis. In the developed method, connected boundary lines of a street are first merged into boundary polylines. Secondly, directions of boundary polylines are aligned in a clockwise rotation. Next, gaps of boundary polylines are complemented recursively with straight lines. Finally, the areas enclosed by boundary polylines and complemented lines are output as polygonal blocks. This method was applied for the Kanda catchment. Then the shapes of polygonal blocks were validated. Results show that polygonal blocks can be created using the method outlined herein with few failures.

**Key words** : model construction method, GIS, polygonal block, urban watershed, flood inundation analysis