

都市流域の道路形状に着目した微小道路要素の自動構築手法について

首都大学東京 都市環境コース 学生会員 ○ 解 洋子
 首都大学東京 都市環境科学研究科 正会員 天口 英雄
 首都大学東京 都市環境科学研究科 正会員 河村 明
 首都大学東京 都市環境科学研究科 学生会員 田内 裕人

1. はじめに

近年集中豪雨により、内水と外水の氾濫が多発している。都市流域における道路は、流域に占める面積割合が15%以上を占める¹⁾など、直接流出量への寄与が高いだけでなく、洪水時には河道への流路として機能するため洪水到達時間を早めることも考えられる。著者らは、道路が洪水流出特性に与える影響を考慮するため、都市流域の複雑な道路形状を忠実に再現できる高度な地物データ GIS を用いた TSR(Tokyo Storm Runoff)モデルを提案している²⁾。現在、高度な地物データ GIS の構築作業には手作業の部分が多く、他の都市流域へ容易に適応できる状況とはなっていないので、著者らは一連作業の自動化を進めている³⁾。本研究では、都市流域の洪水流出現象に特に大きな影響を与える道路に着目し、ベクトル型の連続した道路ポリゴンから微小道路要素の自動構築手法について評価・検討を行う。

2. 微小道路要素の自動構築手法

(1) 道路形状の特性

道路を幅員別に分類したものを表-1のように示す。道路には、国道や地方幹線道路など4車線以上で歩道が整備された幅員12m以上の高規格道路、最低幅員4mで整備された区画道路、さらには最低幅員が2.7mの3項道路および歩道などがある。都市域では図-1 a)に示すように、これらの道路が互いに交差点により接続し、巨大なネットワークを形成している。交差点の種類は道路の枝数、交差角度および導流路の有無により、丁字路、十字路など比較的単純なものから、食い違い交差点、拡幅交差点など様々であり、さらに隅切りを持つ交差点と持たない交差点が混在しているため、交差点の形状は多岐にわたっている。また交差点以外の道路でも、中央帯により車道の往復方向が分離されている高規格道路や、垂直に近い角度で道路が折れ曲がる屈曲部などが存在し、複雑な形状をなしている。図-1 b)は、都市域の複雑形状な道路において、洪水流出解析を目的とし、手作業で作成した理想的な微小道路要素を示している。本研究では水の主流方向を考慮し、道路進行方向と横

表-1 道路の種類と道路幅員

区分		参考幅員[m]	車線数(中央帯有無)
高規格道路	主要幹線道路	30~50	4.6(あり)
	幹線道路	20~40	4.6(あり)
	補助幹線道路	12~20	4(一部あり)
生活道路	主要生活道路	8~12	2.4(なし)
	主要区画道路	6~8	1.2(なし)
	区画道路	4~6	1(-)
	3項道路	2.7~4	1(-)
	歩道等	2.7以下	-

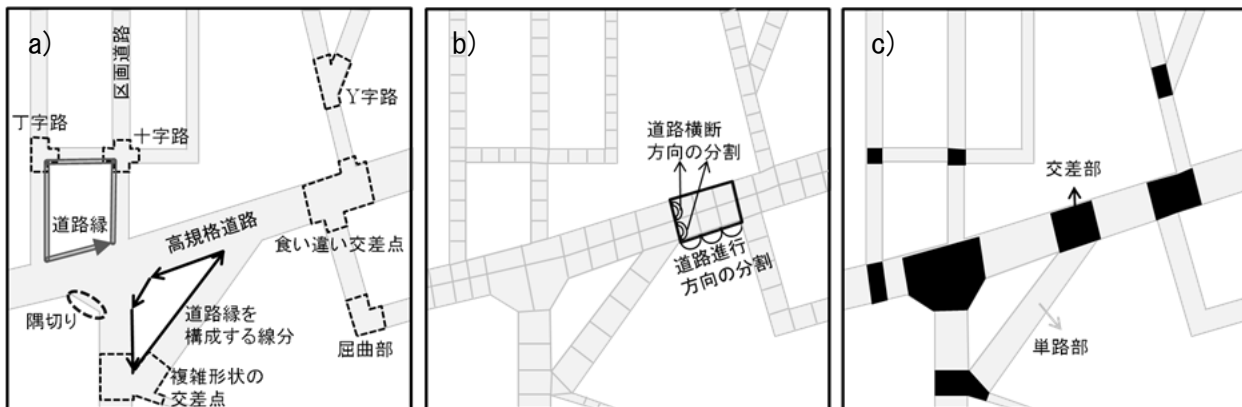


図-1 a) 都市域における道路形状と道路線の例, b) 洪水流出解析モデルの微小道路要素および c) 交差点部と単路部の分離による道路要素単純化

断方向に道路要素を分割して微小道路要素を自動分割する。

(2) 構築手順の概要

図-2 は本研究における微小道路要素の自動構築手法を示すフローチャートである。本手法ではまず、道路要素を読み込み、複雑形状の道路を、図-1 c)に示すように交差部とそれ以外の単路部とに分離する。道路要素から精度良く交差部を分離することができれば、残る単路部は単純形状となるためである。次いで、単路部については、道路進行方向と横断方向に、正方形に近い単純形状となるように分割して単路部の微小道路要素を作成する。次に、交差部については、隣接する単路部が道路横断方向に分割されている場合、その交差部をさらに単路部にあわせて道路横断方向に分割することで、交差部の微小道路要素を作成する。最後に、単路部と交差部の微小道路要素を出力する。

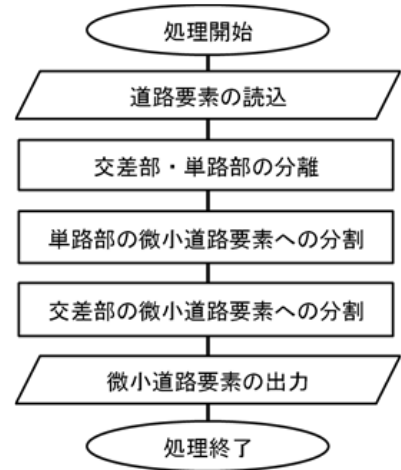


図-2 微小道路要素の構築手順

3. 交差部・単路部の分離と分割

(1) 凹点の抽出

図-3 a)には、交差部付近において、道路縁を構成する線分と点を持つ特性を示している。道路要素は、進行方向右側が道路側となる複数の道路縁で構成されており、個々の道路縁はさらに線分と点に分解できるので、道路縁を構成する線分・点に対して屈曲角度や線分を方向を定義することが可能である。図-3 a)において、交差部付近には屈曲角の大きい凹点 (○印) が集中し、隅切りの端となる凹点 ($P_s \cdot P_e$) や隅切りを持たない単独の凹点 (P_{se}) は、交差部と単路部の境界の一部となるため、本研究では凹点と隅切りを基に交差部・単路部を分離することとする。

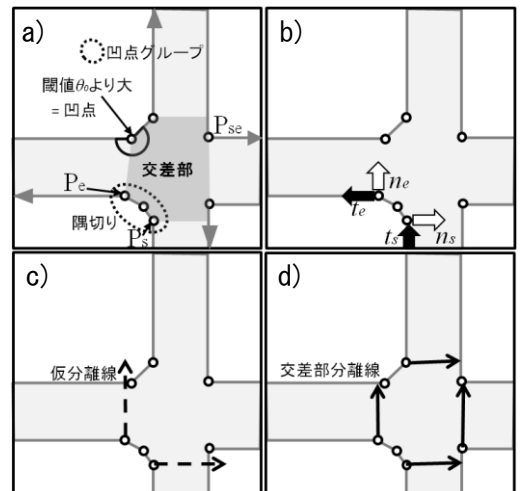


図-3 交差部・単路部の分離

交差部・単路部の分離は、まず隅切り凹点のグループ化を行い、次いで隅切りの情報をもとに単路部と交差部を分離する線 (交差部分離線) を発生させる。また、分離した単路部に短冊状のものが存在する場合には修正を行う。

(2) 隅切り凹点のグループ化

道路縁上の点のうち角度が 180 度以上となるものを凹点として抽出する。次いで同じ道路縁上の凹点について凹点間の距離を計算し、これが最大凹点間距離 L_0 よりも小さい場合には、同じ隅切りを構成する凹点としてグループ化するとともに、各凹点グループ内の始点・終点となる凹点を特定する。隅切り部分が無い P_{se} のような場合は、この凹点を 1 点で構成される凹点グループの始点かつ終点として取り扱うこととする。

(3) 交差部仮分離線を作成

交差部分離線の作成するため、まず分離線の基となる仮分離線を発生させ、次いで仮分離線同士が交差する場合に修正することとする。図-3 b), c)は、仮分離線を発生させる例を示している。凹点グループの始点から n_s 方向、終点から n_e 方向にそれぞれ線分を発生させると、この線分は交差部と単路部の境界

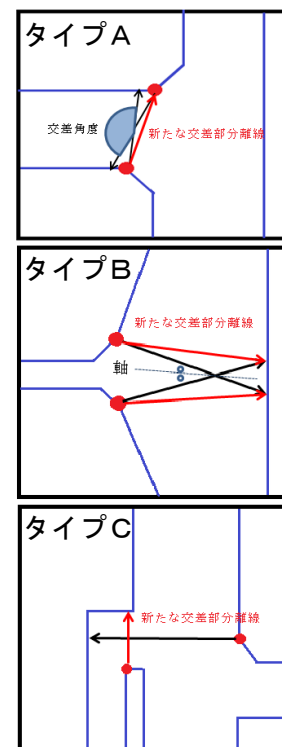


図-4 交差する仮分離線の修正

となるため仮分離線として用いることができると考えられる。

(4) 仮分離線の修正

交差部と単路部の分離線の作成では、まず分離線の基となる仮分離線を発生させ、次いで仮分離線同士が交差する場合に修正することとする。図-4のように仮分離線が交差する場合のタイプと具体的な修正手法を示している。仮分離線が互いに交差する場合、仮分離線の交差角度に基づきタイプ A,B,C に分類する。交差角度が 150 度より大きいタイプ A では、発生させた仮分離線分の始点である凹点同士を結び交差部分離線を作成する。交差角度が 30 度より小さいタイプ B では、発生させた二つの仮分離線の二等分線を軸とし、仮分離線を軸と平成になるように仮分離線の始点で回転することで、それぞれ二つの交差部分離線を作成する。交差角度が 30 度と 150 度の間のタイプ C においては、二つの仮分離線のうち短い方を交差部分離線として用いる。

交差部分離線により交差部と単路部を分離すると、図-5 a) のように、隣接する交差部の形状とは大きく異なる短冊状の単路部が発生する場合がある。本研究では、単純形状で概ね均一な面積の微小道路要素作成を目指しているため、このような短冊状単路部が発生した場合は分割して隣接する交差部等に組み込むこととする。すなわち、まず、得られた単路部について、図-5 a) のように、単路部中心線の長さ L_c と単路部面積 A を用いて、平均的な道路幅を式(1)で計算する。

$$L_w = A / L_c \tag{1}$$

次いで、単路部の縦方向長さ L_c と横方向長さ L_w から単路部縦横比 R を計算し (式(2)), 求めた R が 1 以下の許容値 R_{Dmin} よりも小さい単路部を短冊状単路部と設定する。

$$R = L_c / L_w \tag{2}$$

ここで R_{Dmin} としては 0.5 を設定することとした。短冊状単路部では図-5 b) のように途中で分割し、隣接する交差部や単路部に組み込む処理を行う。

(5) 単路部・交差部の分割

図-6 は、単路部を進行方向と横断方向へ等分割して微小道路要素を作成する流れを示している。まず図-6 a) のような単路部について、進行方向に主要生活道路の幅を基準とし分割間隔が 8m から 12m となるように等分割し (図-6 b)), 横断方向については、道路の幅員が 12m 以上の場合 2 分割, 24m 上の場合 4 分割することで図-6 c) d) のような微小道路要素を作成する。

単路部と交差部分離する際、分離された多くの交差部は面積が小さく単純形状となるので、そのまま微小道路要素とする。一方で、道路横断方向に分割された単路部が隣接する交差部については、さらに交差部を分割し、微小道路要素を作成することとする。

図-7 は、交差部の微小道路要素への具体的な分割手順を示している。まず、図-7 a) のように、横断分割単路部と隣接する交差部を要分割交差部として抽出し、図-7 b) のように、交差部分離線の中点をむすぶ線分を作成する。交差部を直進する道路では、作成した線分と交差部分離線とがなす角度 θ_{c1} および θ_{c2} が垂直に近くなる。そこで、両角が $90 \pm \theta_c$ 度以内となる場合に 2 つの交差部分離線をペアとし、図-7 c) のように、横断分

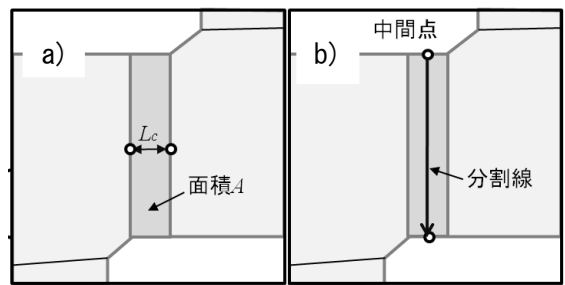


図-5 短冊状単路部の分割と組み込み

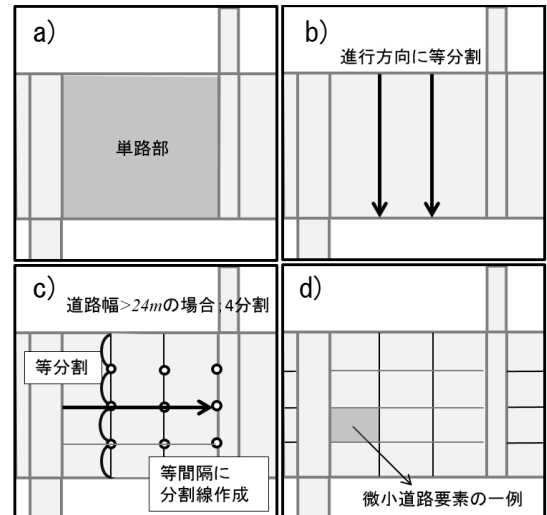


図-6 単路部の分割手順

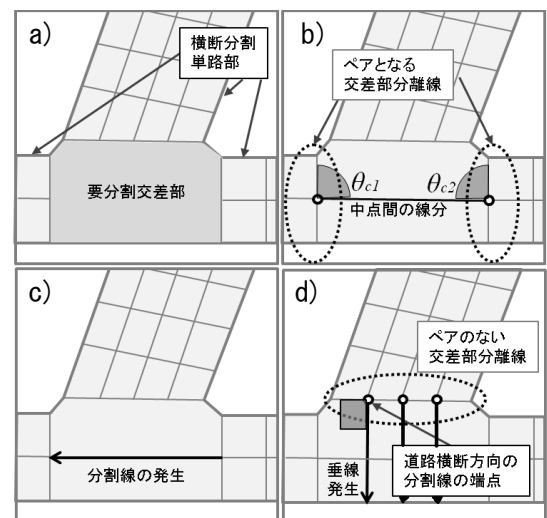


図-7 交差部の分割手順

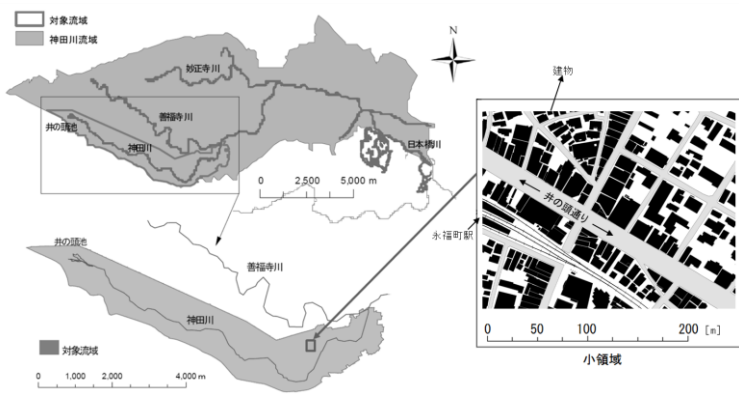


図-8 都市流域における道路の例と検証とした小領域

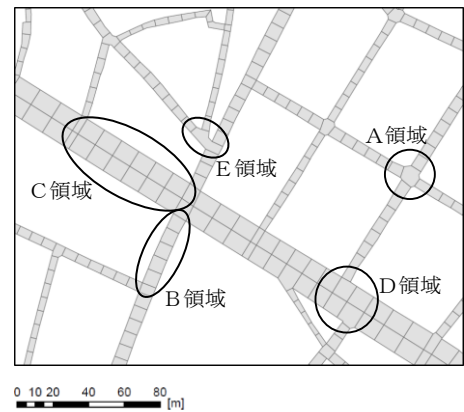


図-9 微小道路分割の結果

割単路部にあわせて線分を発生させ、交差部を分割する．図-7 d)のように、ペアが見つからない場合、横断分割単路部にあわせて、交差部分離線から垂線を発生させ、交差部を分割し、微小道路要素とする．

4. 実流域への適用と検証

本研究で対象領域とした神田川上流域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、杉並区南部を東に流れ、中野区の区境付近で善福寺池を水源とする善福寺川と合流し新宿区に流入する一級河川である(図-8)．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 11.5km² (うち道路面積は 1.79 km²)、流路延長 9km を対象領域に設定し、数値地図 2500『基盤地図情報』の道路縁・道路構成線から作成したポリゴン型の道路要素から、微小道路要素の分割を行った．本研究で自動構築した小領域の微小道路要素を図-9 に示す．まず A 領域に注目すると、単路部の進行方向に対して垂直な分離線により交差部と単路部が分離されているのが見て取れる．次いで B 領域では、単路部の微小道路要素が道路幅程度を 1 辺の長さとする単純形状になっている．また道路幅の大きな C 領域では、単路部が道路中心線によって分割され、微小道路要素の大きさが制御されているのがわかる．これらの結果から、本研究で提案した手法により単路部を任意の大きさで分割し、洪水流出解析が可能な微小道路要素を作成できると考えられる．次いで D と E 領域に注目すると、広幅員道路の食い違い交差 (D 領域) では単純形状の要素であるが、2 重の Y 字交差である E 領域では周囲の単路部と比較し微小道路要素が大きい．神田川上流域においては、このような微小道路要素として分割が不十分となった交差部数は 50 程度あるものの、全交差部数 5,351 のうち 99.1%の交差部は十分に分割がなされていた．

5. むすび

本研究では、これまで手作業により構築していた都市域の洪水流出解析モデルへの入力データである微小道路要素を、ポリゴン型の道路要素から自動構築する手法について検討を行った．本手法を神田川上流域に適用し、目視での検証を行った結果、都市域の洪水流出解析に適した微小道路要素を作成できることが示された．今後は本手法を多数の都市流域へ適用することにより改善点を検討する予定である．

参考文献

- 古賀達也, 河村明, 天口英雄: 神田川上流域における高度な地物データ GIS を用いた 10m メッシュ土地利用区分の浸透面積率に関する研究, 土木学会論文集 B1 (水工学), Vol. 68, No. 4, pp. I_505-I_510, 2012.
- 天口英雄, 河村明, 高崎忠勝: 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 B, Vol. 63, No3, pp. 206-223, 2007.
- 田内裕人, 天口英雄, 河村明, 中川直子: 1/2500 地形図標準データファイルを用いた高度な地物データ GIS の自動構築に関する研究, 土木学会論文集 B1 (水工学), Vol. 69, No. 4, pp. I_523-I_528, 2013.
- 田内裕人, 天口英雄, 河村明, 中川直子, 古賀達也: 都市域における洪水流出解析を目的とした微小道路要素の自動構築手法に関する研究, Theory and Applications of GIS, 2014, Vol. 22, No2, pp. 25-34
- 伊吹山四朗, 多田宏行, 栗本典彦: わかり易い土木講座12 新訂版 道路, 彰国社, 1994.
- 福田正, 松野三郎: 土木工学ライブラリ 9 道路工学, 朝倉書店, 1987.