マルチモーダル均衡配分モデルに基づく歩行者専用道路の最適配置計画

芝浦工業大学大学　　正会員　○村上　颯一朗
芝浦工業大学大学　　正会員　　　大山　雄己

1. 背景・目的

都市再生において，自動車から歩行者が主体の都市空間の創出が重要視され，道路整備の見直しや街路空間再配分の動きがみられる. 2016年にバルセロナで試験的に導入されたSuper Block Projectでは環境改善などの効果が現れたものの，歩行者空間導入に交通量などによる最適化は行われていない（Mueller et al.（2020）[1]）．Wu et al.（2005）[2]は歩行者専用道路の最適な導入をマルチモーダルネットワーク配分を基に定式化したが，香港の1つの通り（5個の街路）のみにとどまった．本研究では，市街地単位（約1200個の街路）のネットワークを想定し，歩行者専用道路の創出を検討する. その際, 自動車交通量が歩行者へ与える（非対称な）影響を明示的に考慮し，最適なネットワークを提示する．観光主要街路において歩行者と車両の接触の危険性が以前から指摘されている埼玉県川越市の市街地でケーススタディを行う.

2. データ概要

ネットワークデータは，表1に記した場所から取得及び参考に作成を行う．ODデータの移動手段は，①徒歩のみ, ②自動車のみ, ③自動車から駐車場で徒歩に切替えるものの3種類に設定した.

表１.ネットワークデータの概要

	車道	歩道	駐車場
ノード	Open Street Map		
リンク			Google Map
道路長			
幅員	川越市HP道路台帳		
容量	平成27年度全国道路・街路情勢調査		各運営会社HP
料金			
OD	平成27年度全国道路・街路情勢調査、令和元年度観光アンケート調査		

3. 歩行者街路網の設計問題

本研究は，マルチモーダルネットワークを用いた利用者均衡配分を下位問題とし，歩行者専用道路の決定問題を二段階最適化問題として解く．したがって，本研究はマルチモーダルネットワークデザイン問題(MMNDP)に位置づけられる(Wu et al.（2005）[2]).

3. 1. マルチモーダル均衡配分

一般化費用はそれぞれ，自動車リンクには所要時間，歩行者リンクには所要時間，直接・間接干渉交通量[3]，歩道の有無，駐車場リンクには所要時間と駐車料金が含まれる．自動車と駐車場リンクの所要時間は交通量の関数であり, 容量制約をもつ. 直接干渉交通量と間接干渉交通量はそれぞれ，歩車分離されていない路上での自動車交通量，歩車分離されている路上での自動車交通量を意味する．歩行者一般化費用の直接・間接干渉交通量により自動車と歩行者のリンク間に非対称な相互作用が生じるため, 直接・間接干渉交通量を固定して得られる緩和問題（式(1)）をFrank Wolfe法を用いて解く（土木学会（1998）[4]）.

$$\min. Z(x) = \sum_{m}\sum_{a}\int_{0}^{x_a} C_a^m(x_1, \dots, x_{a-1}, \omega, x_{a+1}, \dots)d\omega$$

$$\text{subject to } x \in \Omega_p \qquad (1)$$

C_a^mはモードm，リンクaの一般化費用であり，Ω_pはフロー保存条件を満たしたリンク交通量パターンの集合である.

3. 2. 上位問題

目的関数は, ①総旅行時間, ②自動車総走行距離, ③緑地の増加量（歩行者専用道路化する道路面積の10%を緑地化すると定義）の3つを円換算した合計とする。以下の方法で目的関数の算出を行う.

①総旅行時間[円]
=総旅行時間×時間価値

②自動車総走行距離[円]
=自動車総走行距離の現状ネットワークとの差
×自動車CO_2排出量×CO_2原単位

③緑地の増加量評価[円]
=緑地面積×緑地のCO_2吸収量×CO_2原単位

キーワード　マルチモーダル均衡配分，歩行者優先政策，川越，街路再配分

連絡先：〒135-8548 東京都江東区豊洲3-7-5 09L32 芝浦工業大学 都市環境設計研究室 TEL：03-5859-9560

© Japan Society of Civil Engineers

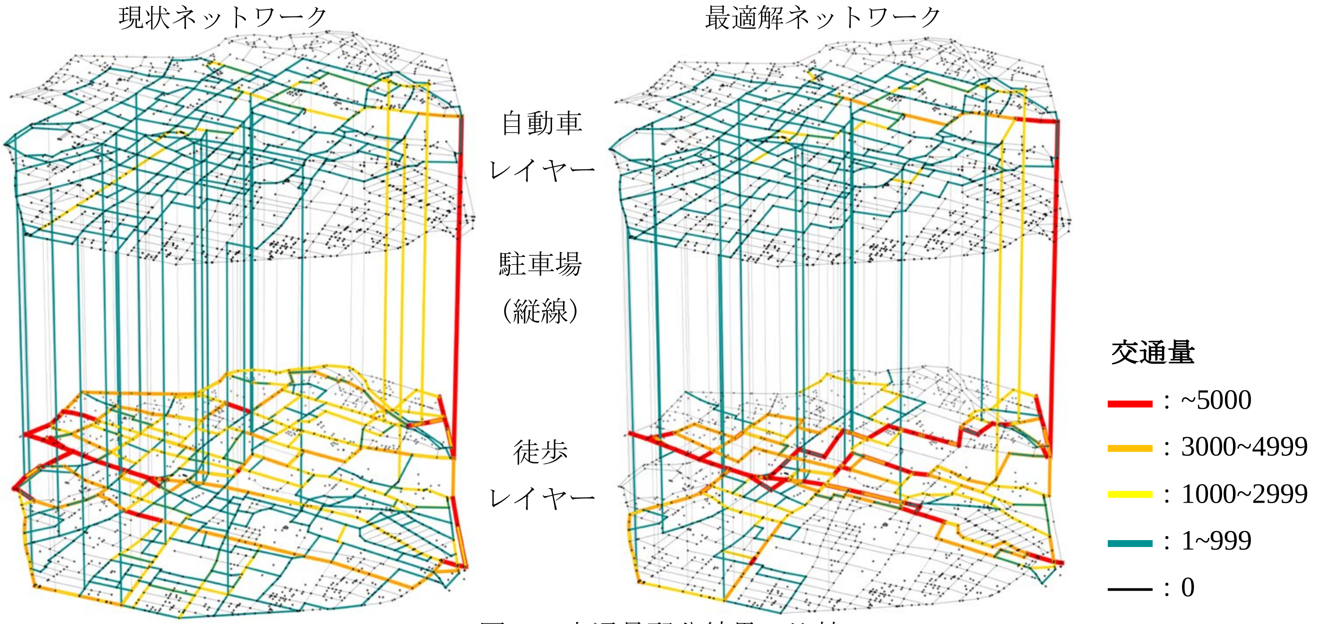

図１．交通量配分結果の比較

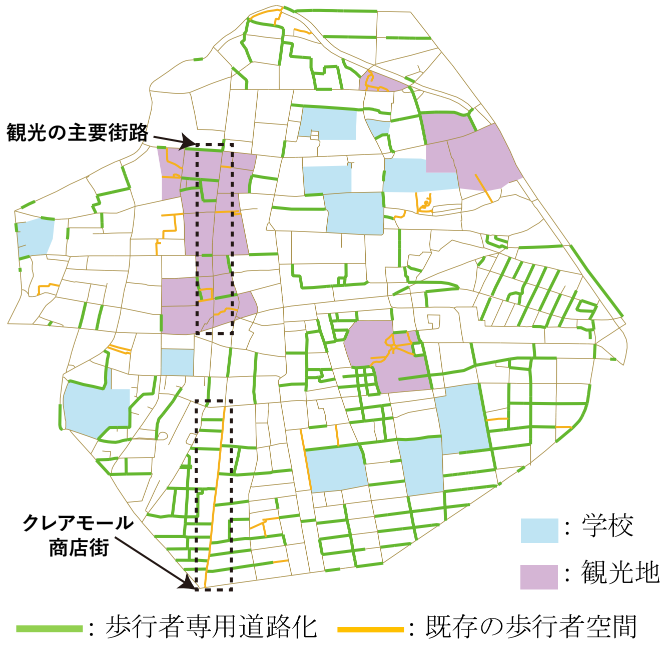

図2. 最適な歩行者専用道路の導入結果

3. 3. 遺伝的アルゴリズム(GA)

ネットワークデザイン問題(NDP)の解法アルゴリズムは遺伝的アルゴリズム(GA)と焼きなまし法が主流である(Reza et al.(2013)[5])．GAは多点探索アルゴリズムのため関数の連続性の影響を受けにくいため，本研究ではGAを採用した．決定変数ηは，歩行者専用道路にする・しない(=1・0)を車道ごとに設定する．GAのフローは次のステップで行う．

Step1. 決定変数ηの初期集団の作成

Step2. 均衡配分モデルによる交通量の算出

Step3. 目的関数の算出

Step4. 決定変数ηの交叉・突然変異

Step2~4を繰り返し，目的関数が最大となる解を探索

表2. 目的関数の比較

	現在のネットワーク	最適解	差(最適解-現在)
総旅行時間[万円]	-6.09×10^{6}	-4.06×10^{6}	2.03×10^{6}
自動車総走行距離[km]	1.54×10^{5}	1.58×10^{5}	0.02×10^{5}
緑地化[万円]		53.61	53.61
目的関数(合計)[万円]	-6.09×10^{6}	-5.84×10^{6}	0.25×10^{6}

4. 分析結果・考察

交通量均衡配分の結果は図1，歩行者専用道路の最適配置結果は図2となった．目的関数の比較を表2に示す．図1から自動車交通量は，現状ネットワークでは分散しているが，最適解ネットワークでは容量が大きい街路の集中した．図2から，学校や観光地周辺の街路が歩行者専用道路化が行われやすい傾向になった．これは，学校や観光地周辺の街路の交通量が少ないことが要因と考えられる．既存の歩行者専用道路で商店街となっているクレアモール商店街から広がるように歩行者専用道路化が行われ，歩行者空間化が創出された．表2から，自動車総走行距離は増加しているが，総旅行時間が最適解の方が小さくなった．政策に応じた目的関数を設定することで，その政策に最適なネットワークを取得可能となる．

参考文献

1) Mueller et al, 2020, Changing the urban design of cities for health : The superblock model, Environment International 134, 105132

2) Wu et al., 2005, Multi-modal Network Design : selection of pedestrianization location, Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies 6, 951-956

3) 吉永ら、2001，路上条件を考慮した歩行者の経路選択モデルに関する研究，土木計画学研究・論文18(3)

4) 土木学会，1998，交通ネットワークの均衡配分−最新の理論と解放

5) Reza et al., 2013, A review of urban transportation network design problems, European Journal of Operational Research 229, 281-302

© Japan Society of Civil Engineers