

移動が限られた都市における沿道土地利用を 考慮した道路渋滞解消の一提案

小内, 遼 / ONAI, Ryo

(出版者 / Publisher)

法政大学大学院理工学・工学研究科

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

法政大学大学院紀要. 理工学・工学研究科編 / 法政大学大学院紀要. 理工学・工学研究科編

(巻 / Volume)

55

(開始ページ / Start Page)

1

(終了ページ / End Page)

4

(発行年 / Year)

2014-03-24

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00010349>

移動が限られた都市における 沿道土地利用を考慮した道路渋滞解消の一提案

A PROPOSAL FOR SOLVING THE TRAFFIC CONGESTION IN A CITY WHERE THE MOVE IS LIMITED CONSIDERING THE LAND-USE OF ROADSIDES

小内遼

Ryo ONAI

指導教員 五島洋行

法政大学大学院工学研究科システム工学(経営系)工学専攻修士課程

In this research, we propose to reduce the time loss by traffic congestion in a city where the move is limited by a railway. In the city near the metropolitan area, our inquiry clarified that the traffic congestion becomes worse around the roads near the railroad-crossings during morning commuting hours, when the peaks of the number of trains and cars are overlapped. Thus, we consider a case in which only one railroad-crossing can be replaced with an underpass or overpass to solve the traffic congestions around these hours. Since the traffic volume may depend on the land-use around the roads, it is possible to carry out a realistic simulation if we consider the land-use around the roads. From several experiments, we achieved to propose the reduction of approximately 0.4% of the total travel time in the city. If we aim to reduce the time loss by traffic congestion owing to railroad-crossings with a smaller cost, this research would be useful.

Key Words :traffic congestion, land-use, road network, urban planning, railroad-crossing

1. 研究背景

近年、首都圏やその近郊都市では通勤や通学のために電車を利用する人が多く、その利用客の多さのため朝や夕方のピークとなる時間帯には電車の本数が多く設定されている。特に首都圏近郊では、通勤や通学、それに伴う送迎などの理由から電車と同様の時間帯で車の台数が増えるのではないかと仮定の元に JR 時刻表[1]、道路交通センサス[2]、のデータを調べたところ首都圏近郊の一つである神奈川県相模原市では午前 7~8 時に両方のピークが発生することが分かった。

これらの結果から踏切付近の渋滞が最もひどくなると考えられる午前 7~8 時の時間を対象として、神奈川県相模原市内における踏切について、踏切遮断による渋滞解消を目的として、既存の踏切を一つだけ立体交差に替える場合に、どの踏切を立体交差に替えることが交通渋滞による損失時間を最も減らすことができるかについての提案を行う。

2. 先行研究

道路のネットワーク構造の分析、評価は、交通工学や都市計画、オペレーションズリサーチなどの分野で研究されている。その中でも移動が限られた都市の道路ネットワークの問題について分析した先行研究として栗原[3]は、河川により地域移動が困難な特殊地形都市における道路ネッ

トワーク構造において、移動が困難な理想都市（道路ネットワークの構造が格子状に接続している都市）のモデルを作成し、最大道路混雑度の増減で評価を行い、特殊地形都市の道路ネットワークの改善案として新たな橋を作る提案をしている。

しかし、本研究では河川に架かる橋のようにどんな時刻においても期待される移動時間が不変ではなく、踏切といった時刻により待ち時間が変化し、移動時間が変わるような特殊地形都市における道路ネットワーク構造の評価、渋滞解消につながる提案を行う。

また、本研究では、土地利用と道路の交通量には相関があると考え、交通密度と細密数値地図 5000 から推計を行っている福智[4]の研究の推計方法を参考に土地利用分類ごとの道路に補正値を掛けて渋滞解消案の評価を行った。

3. 予備知識

本研究内容の以降の説明で必要となる知識について簡単に述べる。

3. 1 数値地図 2500(空間データ基盤)

数値地図 2500 は日本の地理を 2500 分の 1 の大きさで表す数値地図データであり国土地理院が発行している。データはベクター形式であり、交差点、道路が曲がっている場合の中間点などの座標、道路の起点、終点の番号を主に用いた。

表 1. 土地利用分類と分類番号

分類番号	大	中	小
1	山林・農地等	山林・荒地等	
2		農	田
3		地	畑・その他の農地
4	造成地	造成中地	
5		空地	
6	宅地	工業用地	
7		住	一般低層住宅地
8		宅	密集低層住宅地
9		地	中高層住宅地
10		商業・業務用地	
11	公共公益施設用地	道路用地	
12		公園・緑地等	
13		用地	
14		河川・湖沼等	
15		その他	
16		海	
17		対象地域外	

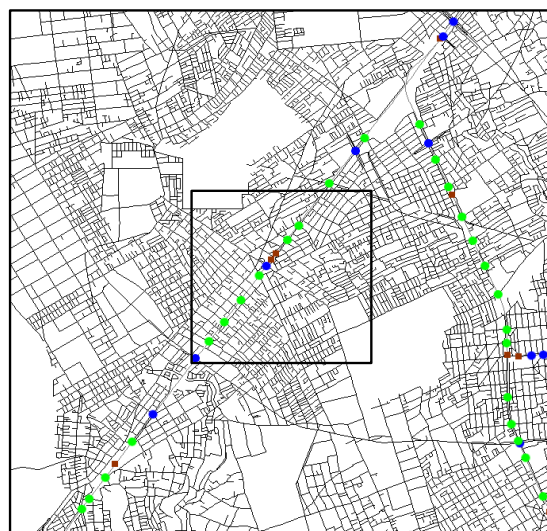


図 1. 小田急相模原駅を中心とした対象地域・エリア 0

3. 2 細密数値地図 5000(10m メッシュ土地利用)

細密数値地図 5000 は日本の土地がどのように使われているかを示したデータであり、国土地理院が発行している。データはラスター形式であり、10×10m のメッシュがどのような用途で使われているかを 17 個に分類しており、分類内容と分類番号については表 1 に示す。表 1 は大中小の分類に分けられている。この分類の用途により道路混雑度の補正を行い、対象エリアの仮想消費時間の算出に用いた。

3. 3 道路交通センサス

道路交通センサスとは、5 年ごとに国土交通省が行っている交通量調査の総称で、地方道路整備局が調査を行っている。交通量のピークとなる時間帯の調査、踏切の待ち時間による損失距離、対象エリアの仮想消費時間を算出に用いた。

3. 4 最短経路問題

最短経路問題とはグラフ理論の問題で、ノード（点）の集合を N 、ノードから伸びる長さを持つリンク（枝）の集合を B として、有向グラフ $G = \{N \cup B\}$ において起点と終点が与えられたとき、二点間を結ぶ経路に含まれる各点間の辺の長さの総和を最小にする経路を求める問題である。本研究では各ノードを道路の交差点、各リンクを交差点間を結ぶ道路、辺の長さは移動距離として、各対象地域内のすべての交差点間の距離を求める全頂点最短経路問題を解く。問題を解くアルゴリズムとして、ダイクストラ法を用いる。なお、ダイクストラ法のアルゴリズムについては文献[5]を参考にした。

3. 5 道路混雑度

ある地域内の交差点を点、交差点から延びる道路を枝として、すべての点から点への最短経路問題を解き、個々の枝が最短経路で使われた回数を数え、最短経路問題を解き終った時にその数字が道路混雑度になる。これは、車や人が地域内の出発地点から目的地点に行く場合に、最短経路を使用すると考えられるためである。仮想消費時間を算出することに用いる。

4. 実験・分析

4. 1 対象都市・対象地域、エリア

本研究で対象としたのは神奈川県相模原市である。小田急線小田急相模原駅を中心の 4.5×4.5km の範囲を対象地域 0 とし、その中心である 1.5×1.5km を対象エリア 0 とした。対象エリア 0 の外側に対象地域 0 を設ける理由として、対象エリア外からの通過交通を考慮するためである。この対象地域、エリア 0 の数値地図情報を数値地図 2500 から抽出したものを図 1 に示す。図 1 で表わされる全体が対象地域 0 であり、内側の四角で囲まれた部分が対象エリア 0 となる。塗りつぶされた四角点は駅、色の濃い丸点は立体交差などで踏切と交差するが電車の通過待ち時間を考慮する必要がない道路である。また、色の薄い丸点は踏切を表している。丸点・四角点の並びのとおりに延びているのが線路であり、途中で二股に分かれ、左下へ向かうのが小田原線、右下へ向かうのが江ノ島線である。

4. 2 対象都市・対象地域、エリアの踏切

本研究の対象地域 0 にある踏切は全部で 26 個であった。それぞれの踏切に小田原線の北にあるものから順番に 1 から番号を振っていき、次に途中で分岐する江ノ島線の踏切に対しても同様に番号を振った。小田原線には踏切 1～12、江ノ島線には踏切 13～26 があり、対象エリア 0 に含まれる踏切は踏切 3～8 であった。また、本研究の提案の確証性を検証するためにこの対象エリア 0 内において中心となる点を踏切 3～8 に移動させた対象地域、エリアでもそれぞれ実験を行うことにした。この移動させた対象地域とエリアを踏切 3, 4, 5, 6, 7, 8 それぞれを中心とする対象地域、エリアを対象地域 3～8、対象エリア 3～8 と呼ぶこととする。

次に、対象地域内における踏切待ち時間を考慮するにあたり、小田急線時刻表[6]より表定速度を用いて、すべての踏切に対して午前 7 時から 8 時の各踏切の道路における踏切の遮断による損失距離を算出した。

踏切が遮断された時刻(遮断開始時刻)から通行可能になる時刻(遮断終了時刻)の間の踏切待ち時間は次の三つの合

計時間で構成される。一つ目に遮断開始時刻から電車が到着するまでの待ち時間、二つ目に電車の踏切通過時間、三つ目に電車が踏切を通過してから遮断終了時刻までの待ち時間があり、一つ目は法律で遮断機が下がってから電車の到着は最低 15 秒後でなければならないと定められている。また、三つ目は計測した結果約 2 秒であることが分かった。

二つ目の時間は踏切で電車が道路を横切る長さであり、電車の速度、車両数により変化する。本研究では一つ目を 15 秒、三つ目を 2 秒に設定し、二つ目の時間を構成する電車速度は表定速度と道路ネットワークデータ、小田急時刻表を用いて算出した。また、踏切付近で電車が上下線で重なる場合の遮断終了時刻は後から踏切へ進入する電車の遮断終了時刻に修正されることになるため、その考慮が必要となる。

踏切を通行することによる損失距離の算出の流れを以下に示す。

- ① 時刻表から電車の車種(特別急行、急行、各駅停車など)の表定速度を算出する。
- ② 時刻表と表定速度を用いて午前 7 時から 8 時に各対象地域内の踏切を通過するすべての電車の時刻を算出する。
- ③ 電車が上下線で重なる場合の遮断時刻を修正したのちに踏切待ち時間を算出し、1 時間内の踏切総待ち時間を算出する。
- ④ 1 時間内の総待ち時間から、踏切の道路利用者が踏切待ちに遭遇する確率、平均待ち時間を乗算し、期待踏切待ち時間を算出する。
- ⑤ 期待踏切待ち時間と踏切を交差する道路における主要土地利用の旅行速度管理表(表 2)から導出した速度を乗算し、踏切による損失距離を算出する。

次に、主要土地利用について説明する。主要土地利用とは、道路の沿道の土地利用で数が最も多い土地利用分類をその道路の主要土地利用とする。この主要土地利用ごとの旅行速度を、道路交通センサス[2]の旅行速度管理表の一般道路計から相模原市における昼間混雑時間帯の旅行速度を抽出し、道路種別ごとに分類した旅行速度管理表の項目、旅行速度、項目ごとの土地利用分類番号に振り分けた内容を表 2 に示す。表 2 の DID とは人口集中地区(Densely Inhabited District)を指す。上記①～⑤の手順により算出された踏切の損失距離で、対象エリア 0 内の 6 個の踏切を抽出したものを表 3 に示す。

表 2. 相模原市の旅行速度管理表、土地利用分類番号

道路種別	速度(km/h)	土地利用分類番号
DID(商業地域)	16.7	10
DID(商業地域を除く)	19.7	6,7,8,9
その他市街部	29.1	11,12,13
平地部	41.3	2,3,4,5,14,15,16
山地部	33.8	1

表 3. 対象地域 0 内の各踏切における損失距離

路線	踏切番号	損失距離(m)
小田原線	3	107.3
	4	37.3
	5	41.7
	6	102.3
	7	43.1
	8	78.1

4. 3 道路混雑度の算出

各対象地域、エリアに対して道路混雑度を算出した。算出の流れは、抽出した各対象地域、エリアの数値地図データに踏切損失時間を加味し、改変された数値地図データのすべての交差点について最短経路問題を解き、道路混雑度を算出する。

4. 4 細密数値地図 5000 による補正

算出した道路混雑度に福智[4]の研究の自動車の存在台数の算出式をもとに沿道土地利用数から各道路ごとのウェイトを求め、道路混雑度に掛ける補正值を決める。

補正の流れは以下のとおりである。なお、沿道土地利用数とは、道路中心線の左右の土地利用をカウントし、その分類番号ごとのデータ数を指す。

ある対象エリア内の道路の集合を L とするとき y_i を道路の存在台数とし、 $x_1, \dots, x_{16}$ をそれぞれの土地利用番号の説明変数として沿道土地利用数を与え、説明変数の係数を $a_1, \dots, a_{16}$ として道路 i の存在台数 y_i の算出式を以下に示す。

$$y_i = a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_{16}x_{16} \quad (i \in L) \quad (1)$$

福智[4]の研究では、大きなゾーン内の自動車の存在台数の算出を行い、ゾーン内の各道路の沿道土地利用数の総和を説明変数として算出していた。しかし、本研究で福智の算出式を規模の小さい各道路に対して用いた結果、存在台数は微小になってしまったが、存在台数の分布は維持されるものと考え、道路ごとの存在台数の分布を比率として補正值に変換することにした。存在台数から補正值への変換と道路混雑度への補正の流れは以下のとおりである。

- ① 道路ごとの比率を求めるために、存在台数の分布の上下 1～10%を誤差として、外れた値を両端の値に合わせ、0～1 の間に調整する。
- ② 補正值と道路混雑度を乗算する。

推計値の道路数上下 1, 5, 10%の 3 パターンの整え方として、境界線の数値を統一することにした。

4. 5 評価方法

本研究の評価方法としては、道路の主要土地利用ごとの旅行速度、細密数値地図5000により補正された道路混雑度、道路の長さ対象エリア0, 3, 4, 5, 6, 7, 8の仮想消費時間を用いて評価を行う。仮想消費時間とは、対象エリア内の道路混雑度をエリア内を走る車の交通量と仮定し、その交通量の総消費時間を指し、仮想消費時間の変化量により評価を行う。

仮想消費時間の対象エリア内の道路の総数を n 、対象エリアの任意の道路を j として、算出式を以下に示す。

$$\text{仮想消費時間} = \sum_{j=1}^n \frac{\text{道路の長さ}j \times \text{道路混雑度}j}{\text{旅行速度}j} \quad (2)$$

また、仮想消費時間は自動車の偏りを考慮していることから、対象エリア内の交通量から算出される全自動車の移動時間の減少率と仮想消費時間の減少率は同様であるとも考えられる。

4. 6 実験結果、分析

第1節から5節までの手順を経て、踏切3～8をそれぞれを待ち時間の無い立体交差に替えた場合の仮想消費時間を算出し、踏切の損失距離を加算した道路ネットワークデータを元データとして、それぞれの踏切を待ち時間の無い道路にした場合の元データからの減少率について算出した。対象エリア0について、補正値を算出する際の自動車存在台数の誤差を両端1, 5, 10%で区切った場合の減少率を表4に示す。

表4内の値は、どの踏切も立体交差に替えなかった場合と替えた場合とを比較し、仮想消費時間がどの程度削減されたかを減少率で表している。また、値が太字になっているものはそれぞれ1, 5, 10%の場合で踏切を変更したケースで最も減少率が高いものである。網掛けとなっているものは、対象エリア0と3～8の減少率の平均が最も高くなったケースである。1%区切りでは踏切5が、5, 10%の場合では踏切7が平均で最も仮想消費時間を削減していることが分かった。対象エリア0を中心に考えた場合では、1%では踏切4が、5%, 10%では踏切7が最も仮想消費時間を削減していることが分かる。

表4 対象エリア0における仮想消費時間減少率(%)

誤差区切り 踏切変更	1%	5%	10%
踏切3	0.127	0.232	0.518
踏切4	-0.146	-0.074	0.214
踏切5	-0.011	-0.002	0.004
踏切6	0.256	0.331	0.571
踏切7	-0.124	-0.206	-0.432
踏切8	0.381	0.390	0.333

5. おわりに

実験結果から、小田急相模原駅を中心とした対象地域0、対象エリア0を中心とするならば、踏切4か7を立体交差へ変更することが地域内の渋滞損失時間を削減するには望ましいと考えられる。踏切4と踏切7の損失距離は他の踏切と比べると比較的小さいため仮想消費時間の削減効果は薄いと考えていたが、踏切3や6といった損失距離の大きい踏切は立体交差に替えた場合でもあまり効果が見られなかった。これらのことから、踏切の損失距離よりもその踏切の使用頻度やその踏切を代替する道路の有無など、道路の使われ方により削減効果が変動すると考えられる。

自動車存在台数の分布は1, 5, 10%のパターンを用いたが、10%では分布が大きく削られ、道路の沿道土地利用による補正は道路ごとの混み具合の特徴が失われてしまった可能性がある。逆に1%では存在台数の算出式に大きく依存しており、算出式の正当性があれば誤差として上下を削る必要なく補正値を決定することができると考える。

なお、中心点どうしが最も遠い対象エリア3から8との直線距離は約1.2kmであり、この長さを変化させても仮想消費時間の減少率が大きい踏切5や7といった踏切があることから、対象としたエリアの中心ほど渋滞解消効果が高いわけでは無いことが分かる。また本研究では、先行研究のスケールの違う自動車存在台数の算出式を用いたことから、その値について誤差が発生するものとして扱い、算出式の確証性をいくつかの場合に分けて提案した。そのため、提案内容は曖昧なものとなってしまった。これらのことから、各道路の自動車存在台数の算出式、存在台数から補正値への変換、補正値と道路混雑度の乗算、仮想消費時間という指標には、妥当性の検証の余地があると考えられる。

参考文献

- [1]JR 東日本、駅の時刻表、<http://www.jreast-timetable.jp/>、2014年2月14日確認
- [2]道路交通センサス、平成22年度道路交通センサス、<http://www.mlit.go.jp/road/census/h22-1/index.html>、2014年2月14日確認
- [3]栗原弘昌：地域内移動が困難な都市における道路ネットワークの構造評価、長岡技術大学工学部課題研究論文、2011
- [4]福智一正：土地利用情報を用いた交通量の推計、中央大学理工学部課題研究論文、2004
- [5]古林隆：ネットワーク計画法、培風館、1984
- [6]小田急電鉄、各駅時刻表、<http://www.odakyu.jp/station/timetable/>、2014年2月14日確認