

利用者挙動から見た交差点コンパクト化の影響分析*

Analysis on the influence of downsizing intersection from the standpoint of users' behaviors

山口大輔**・鈴木弘司***・藤田素弘****

By Daisuke Yamaguchi・Koji Suzuki・Motohiro Fujita

1. はじめに

わが国の多車線交差点では、これまで隅角部半径が大きく、交差点から離れた位置に横断歩道が設置される構造が多く採用されてきた。このような構造では、右左折車両の進入速度が高くなりやすく、その結果、横断者巻き込みなどの重大な事故が発生する懸念がある。そのため近年、横断歩道の前進、隅角部半径の縮小・前進させて交差点面積を小さくする(以後、コンパクト化)動きが出てきている。その効果として、佐藤ら¹⁾は右左折時の減速や導入前後の事故件数の減少を確認しているものの、横断者の視点からコンパクト化の効果を詳細に分析した事例は少ない。

そこで本研究では、観測調査を通じてコンパクト化前(以後、事前)、コンパクト化後(以後、事後)の横断者及び車両の挙動から分析を行い、利用者挙動から見たコンパクト化の効果を検証する。

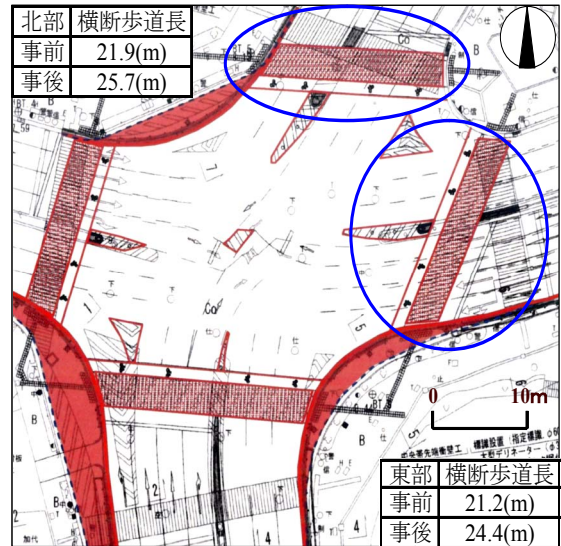


図-1 千郷町交差点の構造²⁾

2. 調査交差点概要

本研究では、2007年3月にコンパクト化された名古屋市中区千郷町交差点(図-1)を分析対象とする。事前は2004年9月28日(火)10時30分~13時30分、事後は2008年9月24日(水)10時30分~13時30分の計6時間の映像を取得し、分析に用いている。信号現示階梯図を図-2に示し、また、現示配分を事前、事後別に表-1、表-2に示す。なお、本研究では取得映像の制約から東部横断歩道(以後、東部)、北部横断歩道(以後、北部)に着目する。

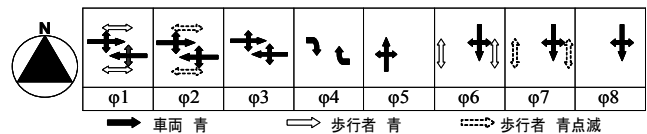


図-2 信号現示階梯図

表-1 事前(2004年9月28日10:30~13:30)信号現示配分

ARI	φ1	φ2	φ3	Y1	φ4	Y2	AR2	φ5	Y3	AR3	φ6	φ7	φ8	Y4	サイクル長
5	33	10	2	4	8	2	6	24	4	5	21	10	2	4	140

[単位: 秒]

表-2 事後(2008年9月24日10:30~13:30)信号現示配分

ARI	φ1	φ2	φ3	Y1	φ4	Y2	AR2	φ5	Y3	AR3	φ6	φ7	φ8	Y4	サイクル長
5	30	10	2	4	6	2	5	20	3	7	21	9	2	4	130

[単位: 秒]

表-3 事象発生数(カッコ内の数字は全横断者に対する比率)

	東部		北部	
	2004(事前)	2008(事後)	2004(事前)	2008(事後)
赤以降残留	33(0.11)	46(0.14)	20(0.12)	12(0.08)
フライング	5(0.02)	10(0.03)	11(0.06)	6(0.04)
点滅開始後横断	67(0.23)	20(0.06)	14(0.08)	8(0.06)
全横断者数	296	320	170	142

3. 横断者の危険行動に関する分析

まず、交錯事象の発生要因となり得る横断者の行動(青開始前横断(フライング)、横断者赤以降の交差点内残留(赤以降残留)、点滅以降の横断開始(点滅開始後横断))に着目する。表-3に東部、北部別に上記事象発生数を示し比較、検討する。

これより、北部では、全事象について事後減少している事がわかる。一方、東部では、点滅開始後横断数は減少しているものの、赤以降残留数とフライング数の減少は確認できなかった。これは、点滅時間(φ7)の短縮と青(φ6)開始前の全赤時間(AR2)の増加が影響したものと推察される。

* キーワード: コンパクト化, 交通安全, 交錯リスク, 信号交差点

** 学生員, 名古屋工業大学大学院工学研究科

(E-mail: ciq13574@stn.nitech.ac.jp)

愛知県名古屋市中区昭和区御器所町, TEL052-735-7962)

*** 正員, 博(工), 名古屋工業大学大学院

**** 正員, 工博, 名古屋工業大学大学院

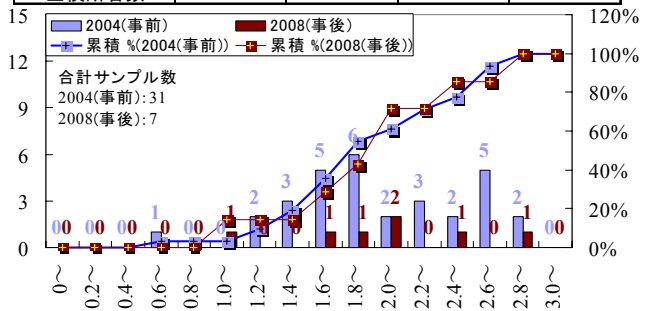


図-3 対右折PET度数分布(東部)

4. PET指標による交錯可能性分析

次に、交錯を起こす二者が、交錯地点を通過する時刻差として定義されるPET指標³⁾を用いて、横断者と車両の交錯可

能性を分析する。なお、交錯地点までの通過時間を考慮し、3秒以内のPET値を交錯事象として捉える。右左折車両別、東部北部別の度数分布を図-3~6に示す。

図-3, 図-4より東部では、対右折の交錯は、合計サンプル数が事後大きく減少しており、かつ累積分布が同形状である。また対左折の交錯は、1秒以内のより危険な状況の事象数も減少し、合計サンプル数が事後減少している。

図-5, 図-6より北部では、対右折の交錯は、事前、事後共に事象数が少なく、両者に差は見られない。一方、対左折の交錯は、合計サンプル数が事後大きく減少している。

以上より、対右折については一部違いの見られない横断歩道はあるものの、コンパクト化により横断者の安全性が高まったと推察される。

5. 交錯リスクによる危険性評価

次に、各横断歩道における横断者と車両の交錯危険性の変化を、リスク指標により分析する。

ここで、交錯リスク R_i (以後、 R_i)は、あるサイクルにおける t 秒後の右左折車両の進入確率と横断者の進入確率、そのときの交錯強度を確率変数とした同時生起確率の期待値であるリスク値 r_i (以後、 r_i)の和によって求められると定義する。

$$R_i = \sum_{t=1}^n r_i(t) \quad \dots (1)$$

$$r_i = \sum_{j=1}^2 \left(\frac{\sum_{c=1}^m N_{j,c,veh}(t)}{N_{j,veh:all}} \times \frac{\sum_{c=1}^m N_{c,ped}(t)}{N_{ped:all}} \times I_{con}(t) \right) \quad \dots (2)$$

ここで、 R_i : i 部横断歩道の交錯リスク [s^{-1}]、 r_i : i 部横断歩道のあるサイクル開始から t 秒後のリスク値 [s^{-1}]、 $N_{j,veh}(t)$: あるサイクル開始から t 秒後の進入車両台数、 $N_{j,veh:all}$: 一時間当りの車両台数、 j : 車両の進入方向(1: 右折, 2: 左折)、 $N_{c,ped}(t)$: あるサイクル開始から t 秒後の横断者数、 $N_{ped:all}$: 一時間当りの横断者数、 I_{con} : t 秒後の交錯強度(PETの逆数)の和の平均、 n : サイクル長、 m : 一時間当りのサイクル数である。

各横断歩道の r_i 算定に用いる変数の時間的な推移を図-7~10に、 r_i の時間的な推移を図-11, 図-12に示す。

図-7, 図-8より東部では、横断者進入確率は、青($\phi 6$)開始直後にピークとなり、その後低下傾向にある。一方、車両進入確率から、右折車両が青($\phi 6$)時間中も進入しており、左折車両は横断者進入確率の減少増加に伴い、増加減少していることがわかる。また、コンパクト化前後では、横断者、車両ともに進入タイミングが早くなっている。これは、横断者は青($\phi 6$)開始前の全赤時間(AR2)の増加、車両はカーブ長の短縮が影響していると推測される。さらに、第2軸の交錯強度の最大値が事後に約50分の1に減少しており、また、交錯が起りやすい時間帯が少なくなっていることが読み取れる。

一方、図-9, 図-10より北部では、横断者の進入確率、車両の進入確率ともに事前、事後であまり変化していないことがわかる。さらに交錯強度は、東部ほどの減少効果は確認できなかったが、北部でも事後に約2分の1に減少し

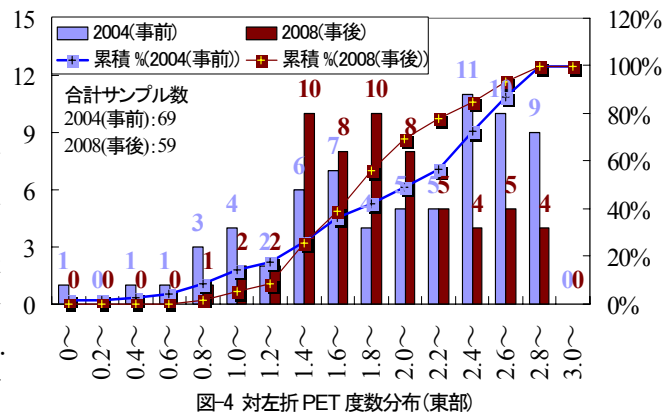


図-4 対左折PET度数分布(東部)

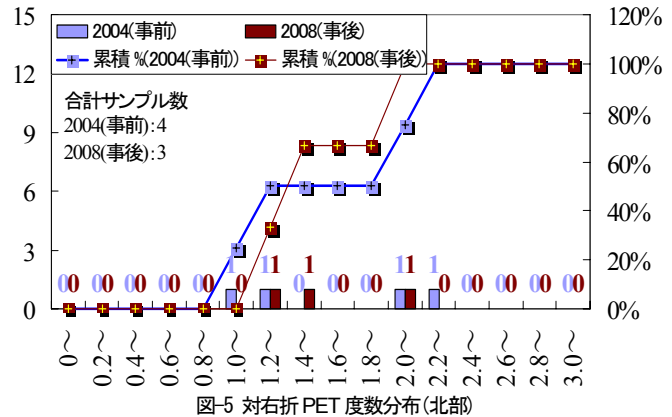


図-5 対右折PET度数分布(北部)

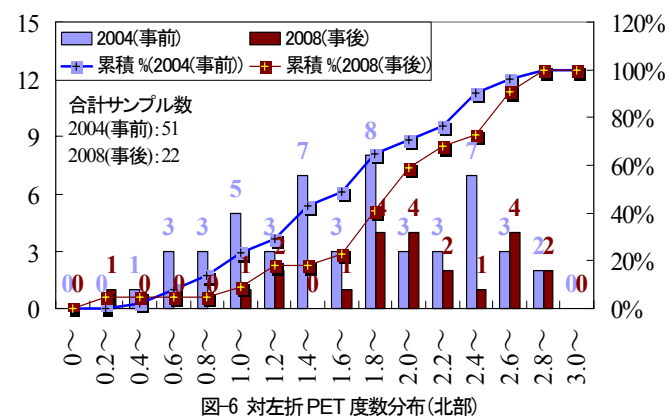


図-6 対左折PET度数分布(北部)

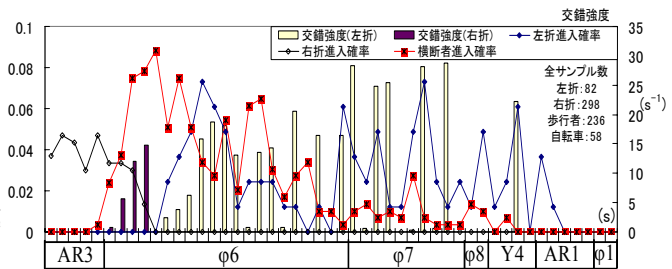


図-7 r_i 算出変数の時間的推移(東部・事前)

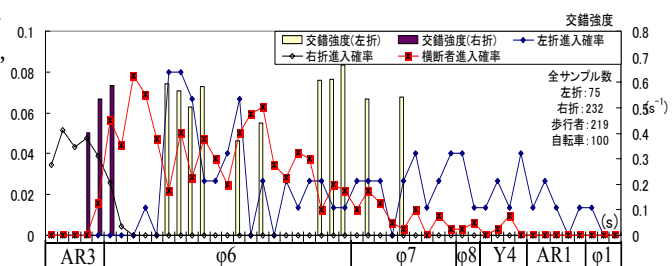


図-8 r_i 算出変数の時間的推移(東部・事後)

ていることがわかる。

図-11より東部では、事前は青(φ6)開始直後、中盤に r_i が高い状態となり、点滅(φ7)時間中にも r_i が計測されているが、事後はほとんどの時間帯で $r_i=0$ の状態での推移している。よって、各時間での r_i が大きく減少しているといえる。一方、図-12より北部では、各時間での r_i は東部ほど大きな減少効果は見られないが、交錯発生タイミングが事後に早くなっていることが確認できる。

さらに、東部、北部別に交錯リスク R_i を求めた結果を図-13、図-14に示す。

図-13、図-14より、東部、北部ともに R_i が減少していることがわかる。また、北部に関しては、分析時間帯の横断者数が少ないため、東部と比べると R_i が小さくなっている。

6. 回帰分析による危険事象遭遇率のモデル化

ここでは、ロジスティック回帰分析を行うことで、特に危険な交錯事象に遭遇する確率（以下、危険事象遭遇率）及び危険事象に関連する要因を明らかにする。ここでは、目的変数を1.5秒以内のPET値を取得した車両を1、1.5~3秒のPET値を取得した車両を0として分析を行う。

$$\log \frac{p}{1-p} = \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \dots + \beta_n x_n + \beta_0 \quad (3)$$

ここで、 p : 目的変数が1となる確率、 $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$: 説明変数、 n : 説明変数の個数、 $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \dots, \beta_n$: パラメータ、 β_0 : 定数項である。

なお、特に危険な事象を推計するため、横断者が危険を感じやすい横断者先行の交錯事象に着目して分析を行う。

分析結果を表-4に示す。ここで、説明変数の『進行方向距離』、『退出車線までの距離』とは、図-15に示す位置を表す。つまり、『進行方向距離』は隅角部端線から横断歩道を9分割し、交錯が起こったゾーンまでの距離 $Y(\text{cm})$ と定義する。また、『退出車線までの距離』は横断歩道端から交錯車両が退出した車線までの距離 $X(\text{cm})$ と定義する。さらに、車両の横断歩道進入断面をA-A'、横断者の横断歩道進入断面をB-B'及びC-C'と定義し、また、車両が横断歩道に進入する直前に横断歩道に進入した横断者を前横断者、直後に進入した横断者を後横断者とそれぞれ定義し、到着時間に関する変数を設定している。

表-4より、東部の決定係数が若干低いものの、有意確率、的中率については東部、北部ともに高く、これらより説明力の高いモデルが構築できたといえる。また、各説明変数について考察すると、東部、北部ともに『進行方向距離』が有意な結果である。この変数のパラメータが正であることから、この値が大きくなるほど交錯が起こりやすくなる。つまり、横断歩道が交差点から離れた位置にあるほど危険な交錯が起こるといえる。よって、横断歩道を前進させるコンパクト化は特に危険な交錯事象数を減少させる効果があると考えられる。また、『車両が横断歩道に到着した時間』及び『退出車線までの距離』のパラメータの符号が東部と北部で逆転している。『車両が横断歩道に到

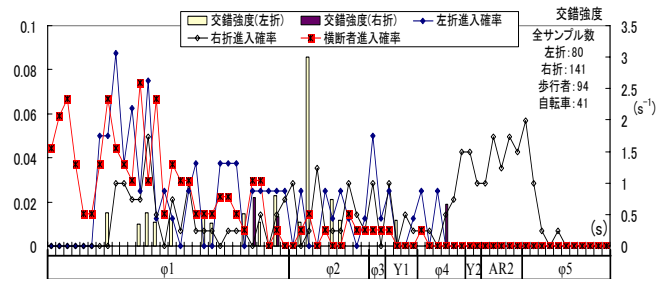


図-9 r_i 算出変数の時間的推移(東部・事前)

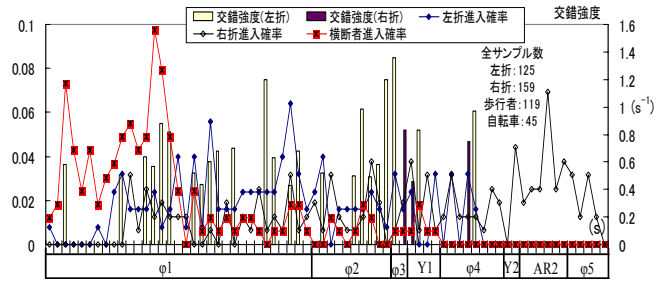


図-10 r_i 算出変数の時間的推移(北部・事前)

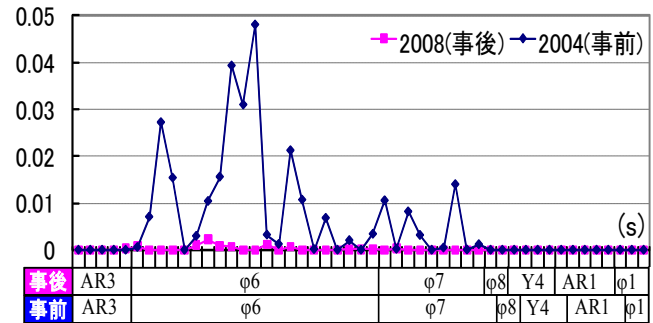


図-11 r_i の推移(東部)

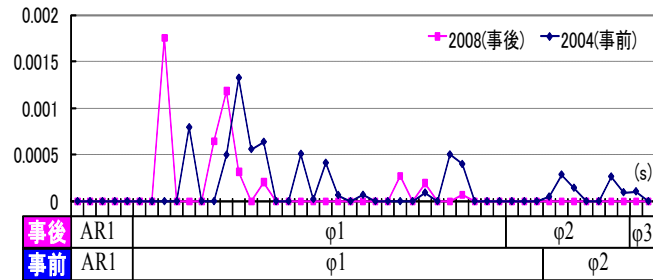


図-12 r_i の推移(北部)

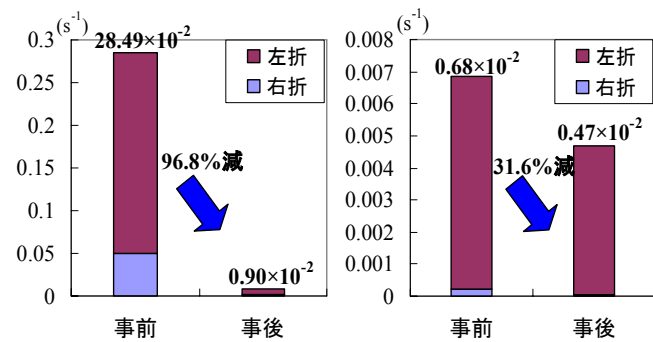


図-13 R_i 比較(東部)

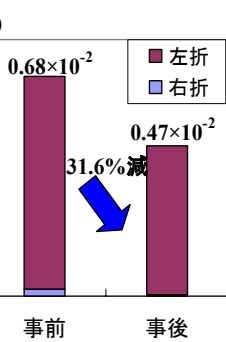


図-14 R_i 比較(北部)

着した時間』については、交錯発生時間分布形状が異なっているため、『退出車線までの距離』については、現示の違いや構造面の違いによるものと推測される。

次に北部でのみ有意な変数について考察する。『前横断

者の横断歩道進入時間と車両の横断歩道進入時間の差』のパラメータが負になっている。この変数は、横断歩道に進入するタイミングの差であり、値が小さくなると危険な交錯が起りやすくなることとなる。また、『後横断者 東進 自転車 ダミー』のパラメータが正になっている。これは、後横断者が東進の場合、特に左折車両の死角から進入することとなり、さらに自転車であることと速度が高いことから危険な交錯事象が多く発生したと考えられる。さらに、『車両進入現示ダミー($\phi=1$, その他=0)』のパラメータが正になっている。これは、青(ϕ)時間中に横断者の優先通行権を無視して車両が通過したことにより発生した危険な交錯が多かったことによるものと推察される。

7. 危険事象遭遇率推計モデルによる感度分析

7.1 実事象の推計

前章で構築したモデルを用いて感度分析を行う。ここでは、表-4の『進行方向距離』について、今回当交差点で事象が発生した位置の平均距離(東部では事前918(cm), 事後798(cm), 北部では事前1157(cm), 事後633(cm)の値)を代入したときの交錯事象数を比較する。図-16, 図-17に感度分析の結果を示す。

図-16, 図-17より、東部、北部ともに交錯事象数が減少することがわかる。また減少率は、東部では50%減、北部では75%減と北部の方が減少していることがわかる。

7.2 コンパクト化による交錯事象減少数の推計

次に、コンパクト化による構造変更が交錯事象数減少に与える影響を評価する。ここでは、表-4の『進行方向距離』を、今回実測した『進行方向距離』の最大値及び最小値を考慮して600(cm)から1300(cm)の間で変化させた場合の交錯事象数を東部、北部別に推計する。図-18に感度分析の結果を示す。

図-18より、『進行方向距離』が900(cm)を超えた値であると事象数が増加傾向にあり、800(cm)で交錯事象数がおおよそ収束していることがわかる。ここで、当交差点の『進行方向距離』は事後、東部では798(cm), 北部では633(cm)であるため、横断歩道及び停止線の前進距離は交錯事象数の観点では妥当な設定といえる。

8. おわりに

本稿では、コンパクト化前後の観測データを用いて、横断者視点での挙動分析を行い、交差点コンパクト化による安全性への影響を検証した。その結果、横断者の危険行動減少効果、交錯事象数の減少効果、交錯リスクの低減効果が明らかになった。また、ロジスティック回帰分析より、危険遭遇率の減少要因が明らかとし、さらにモデルの感度分析より、横断歩道の前進による安全性向上効果を確認した。今後は様々な交差点を分析することによって、コンパクト化による適切な横断歩道及び隅角部の前進距離を、円滑性、安全性の観点から明らかにする。

表-4 危険事象遭遇率推計モデルのパラメータ推定結果

	東部		北部	
	B	Exp(B)	B	Exp(B)
Nagelkerke R ²	0.361		0.685	
有意確率	0.905		0.534	
的中率	83.6		86.0	
サンプル数	73		57	
説明変数	B	Exp(B)	B	Exp(B)
(定数)	-10.380	0.000	-19.133	0.000
車両が横断歩道(A-A'断面)に到着した時間(s)	-0.191	0.826	0.359	1.432
Y(進行方向距離)(cm)	0.008	1.008	0.007	1.007
X(退出車線までの距離)(cm)	0.009	1.009	-0.009	0.991
前横断者の横断歩道進入時間(B-B'断面 or C-C'断面)と車両の横断歩道到着時間(A-A'断面)の差(s)	-	-	-0.854	0.426
後横断者 東進 自転車 ダミー	-	-	5.018	151.070
車両進入現示ダミー($\phi=1$, その他=0)	-	-	8.658	5755.491

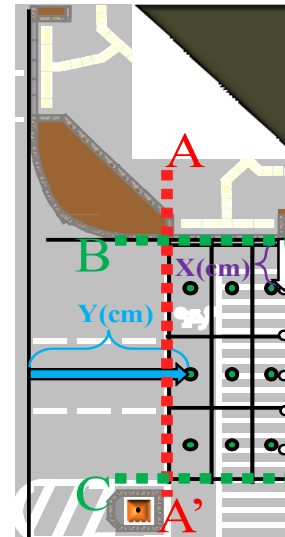


図-15 各説明変数の定義

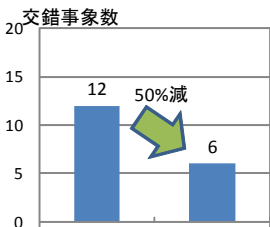


図-16 感度分析 (東部)

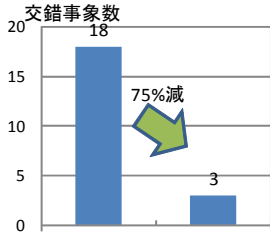


図-17 感度分析 (北部)

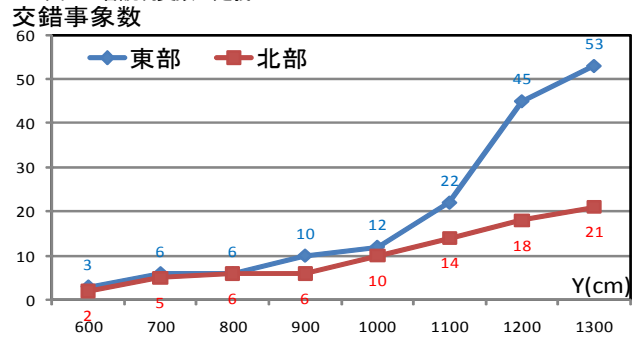


図-18 『進行方向距離』変更による感度分析結果

参考文献

- 1) 佐藤大士, 鈴木弘司, 藤田素弘, 伊藤太一: 交差点コンパクト化の影響に関する事象分析, 第39回土木計画学研究発表会, 講演集, 2009(no. 39)
- 2)名古屋役所ホームページ
<http://www.city.nagoya.jp/kurashi/seikatsu/dourokawa/jji/kotsu/nagoya00048342.html>
- 3) Allen, B. L. Shin, B. T. and Cooper, D. J: Analysis of traffic conflicts and collision, Transportation Research Record, 677, 67-74. , 1978.