

幹線道路における無信号交差点の 出入りによる旅行速度低下の実態把握

青山 恵里¹・茂田 健吾²・西岡 健太³・田中 良寛⁴・横地 和彦⁵

¹正会員 国土交通省 国土技術政策総合研究所 道路研究室(〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地)
E-mail: aoyama-e92ta@mlit.go.jp

²非会員 国土交通省 国土技術政策総合研究所 道路研究室(〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地)
E-mail: shigeta-k924a@mlit.go.jp

³非会員 国土交通省 国土技術政策総合研究所 道路研究室(〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地)
E-mail: nishioka-k92wp@mlit.go.jp

⁴正会員 国土交通省 国土技術政策総合研究所 道路研究室(〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地)
E-mail: tanaka-y92gf@mlit.go.jp

⁵正会員 国土交通省 国土技術政策総合研究所 道路研究室(〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地)
E-mail: yokochi-k8810@mlit.go.jp

一般道路の旅行速度には沿道施設からの出入りや中央帯の有無、信号交差点間隔が影響することが明らかになっている。沿道施設や無信号交差点の出入りに着目すると、主道路の直進交通には従道路から流入する車両に起因する遅れは発生しないとされているが、実際は従道路からの流入車両によって主道路の速度低下が生じ、遅れ時間が発生することにより旅行速度が低下することが考えられる。

本研究は、道路ネットワークの適切な階層化を実現するための交通実態を反映した道路の設計手法の構築に資する知見を得ることを念頭に、幹線道路にとりつく無信号交差点に着目し、従道路への流出だけでなく従道路から流入する車両による主道路の速度低下および遅れ時間の実態を明らかにし、それらの結果から無信号交差点の出入りによる旅行速度に与える影響を検討した。

Key Words : road hierarchy, travel speed, delay, unsignalized intersection

1. はじめに

我が国の道路ネットワークは、一般道路における旅行速度が道路種別に関係なく低水準に留まっており、高速道路との間を構成する中間的な旅行速度を確保する道路が少なく、担うべきトリップ特性を適切に処理できるような道路ネットワークの適切な階層化が構築されていない。これにより、トリップ長に見合った道路階層の利用が実現できていないことが懸念される。

一般道路の旅行速度には、沿道からの出入りや中央帯の有無、信号交差点間隔等が影響することが明らかになっている。無信号交差点や沿道施設からの出入りに着目すると、主道路から従道路に流入する車両による遅れ時間に着目した研究はあるものの、国内および諸外国においても主道路の直進交通には従道路から流入する車両に起因する遅れ時間は発生しないとされ、これに関する検討は少ない。しかし、実際には従道路からの流入車両が短いギャップを利用することも考えられ、その場合には

主道路の速度低下が生じ、遅れ時間が発生していることが考えられる。

旅行速度と道路間隔および遅れ時間の関係について、階層 i が、単路部では自由走行速度 v_{fi} で走行でき、同一階層 i との交差点では $r_{(i,i)}$ 、1つ下位の階層 $(i-1)$ との交差点では遅れ $r_{(i,i-1)}$ を被るものとする、理論上は旅行速度 v_i は式(1)で計算できる¹⁾。

$$v_i = \frac{1}{\frac{1}{v_{fi}} + \frac{r_{(i,i)}}{3600s_{(i,i)}} + \frac{r_{(i,i-1)}}{3600s_{(i,i-1)}}} \quad (1)$$

ここに、 v_i : 旅行速度(km/h)、 v_{fi} : 単路部における自由走行速度(km/h)、 $r_{(i,i)}$: 同階層との交差点で生じる遅れ時間(秒)、 $s_{(i,i)}$: 道路間隔(km)、 $r_{(i,i-1)}$: 1つ下位の階層との交差点で生じる遅れ時間(秒)、 $s_{(i,i-1)}$: 1つ下位の階層との接続間隔(km)。

無信号交差点において遅れ時間が生じている場合、下位の階層を無信号交差点と捉え、無信号交差点において遅れ時間 $r_{(i,i-1)}$ を被ることになると仮説を設けることで、式(1)で表されるモデルに無信号交差点における遅れを

適用でき、より精緻に旅行速度を推定できると考えられる。

そこで本研究では、幹線道路にとりつく無信号交差点に着目し、従道路に流出する車両に起因するものだけでなく、従道路から流入する車両による主道路の速度低下の実態およびそれにより生じる遅れ時間を把握し、旅行速度への影響を検討する。これにより、適切な道路ネットワークの階層化と、交通実態を反映した道路の設計手法の構築に資する知見を得るものである。

2. 既存文献の整理と本研究の位置づけ

一般道路の旅行速度について既存文献では、沿道出入りや中央帯、信号交差点間隔等の影響が明らかになっている^{例えは2)3)}。無信号交差点や沿道施設からの出入りが本線の旅行速度に与える影響については、齊藤ら⁴⁾は、沿道施設への出入りのし易さを道路上から沿道施設への入庫に要する所要時間により評価しており、入庫所要時間には歩道幅員と歩行者平均交通量が影響を及ぼすこと、また沿道入庫速度は道路の階層的特性を問わずどの道路でもほとんど変わらないことを示している。また、早河ら⁵⁾は沿道アクセスの程度に応じて実現する交通状況をマイクロシミュレータにより再現し、旅行速度の解析を行っている。その結果、アクセス口数や1アクセス口あたりのアクセス車両数が増え、全体としてのアクセス需要が大きくなると旅行速度は低下すること、最小入庫車頭時間が小さくなりスムーズに入庫が行われるようになると旅行速度は改善することを示している。

米国のHighway Capacity Manual 6th edition⁶⁾では、無信号交差点の流出車両による本線車両の遅れ時間を表-1のように示しているが、流入車両によって生じる遅れについては言及されていない。

以上のように、沿道施設や無信号交差点から主道路に流入する車両については、「流出車両」に関する知見はあるものの、「流入車両」に起因する遅れ時間や旅行速度の変化の実態を明らかにした知見はない。

また、後藤ら⁷⁾の研究においては、ネットワークにおける交差形式の変更や交通静穏化対策が、機能的階層化の実現やネットワークの性能に及ぼす影響について定量

表-1 無信号交差点（アクセスポイント）の遅れ時間⁶⁾

1車線あたりの交通量 (台/時/車線)	本線直進車両の遅れ時間(秒/台/ポイント)		
	片側1車線	片側2車線	片側3車線
200	0.04	0.04	0.05
300	0.08	0.08	0.09
400	0.12	0.15	0.15
500	0.18	0.25	0.15
600	0.27	0.41	0.15
700	0.39	0.72	0.15

的評価を行っているが、従方向一時停止交差点(TWSC)においては右左折による遅れは考慮せず、主方向であれば遅れは発生しないものとしている。これらの研究に対しても無信号交差点等の出入りによって遅れが生じていることが明らかとなれば、より実態に即した評価ができると考えられる。

本研究では、幹線道路における無信号交差点の出入りによる旅行速度低下の実態を、図-1に示す①主道路（幹線道路）から従道路へ流出する車両によるもの、②従道路から主道路（幹線道路）に流入する車両によるものを対象に速度の変化およびそれにより生じる遅れ時間を実観測により把握し、無信号交差点における出入りを考慮した旅行速度のモデル化を試みる。なお、本研究では、主道路から従道路へ流出する車両を「流出車両」、従道路から主道路へ流入してくる車両を「流入車両」としている。

3. 調査・分析概要

(1) 調査概要

流出車両による主道路に生じる遅れの影響を把握するために、図-2に示すように、主道路上に、無信号交差点の流出口部、無信号交差点の上流側・下流側それぞれ100~200m程度に観測断面を設け、その断面が映るようビデオカメラを設置した。また、無信号交差点の流出口の様子も併せて捉えた。ビデオカメラの画角は大型・小型の別が判断できるように設定している。

なお、観測にあたり、無信号交差点で流入する交通に影響する歩行者や自転車についてもビデオカメラの画角に映るよう設定しており、影響があると判断される場合は分析から除外している。

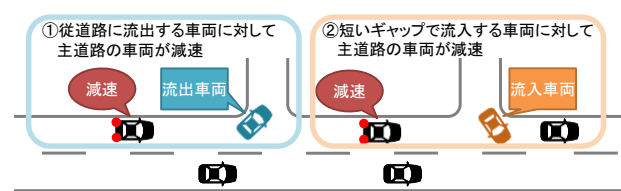


図-1 対象とする現象

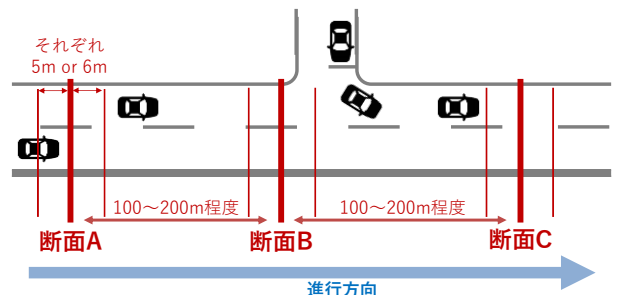


図-2 観測断面

(2) 調査地点

調査は国道17号に接続する無信号交差点で、表-2に示す4地点において各地点8時間観測を実施した。いずれの地点も片側2車線で無信号交差点の上流側および下流側の直近に信号交差点はない。いずれの地点においても流入車両および流出車両を観測している。

(3) 分析項目

ビデオカメラの観測映像より、それぞれの断面の通過時刻を取得する。また、速度を取得するために、断面前後それぞれ5mもしくは6mの位置に速度読み取り線を設け、その通過時間差から各断面の通過速度を算出する。無信号交差点において出入車両が発生した際に、断面Bから断面Aより10m上流までの間にいた出入り車両の後続車両を、主道路において無信号交差点の出入りによる影響を受けた車両として抽出する。

表-2に流出車両および流入車両のサンプル数を示しているが、これは実際に流出入した車両の数ではなく、流出入車両に対して主道路における後続車両の各断面の速度および遅れ時間が算出できたサンプル数を示している。

分析対象車両は主道路を走行する車両については小型車に限定し、大型車は分析対象外としている。流出入車両については大型車も含まれるが、サンプル数の確保のために今回は除外していない。また、下記の条件にあてはまるものは除外した。

- ・B断面で従道路の流出入車両が原因で主道路に滞留が発生した場合を除き、A、B、C断面のいずれかで滞留が発生した場合
- ・調査地点の近傍に信号交差点がある場合、信号を黄・赤表示時間で通行した車両や、AからC断面を通過する途中で右左折により連続して通過していない車両
- ・その他分析対象外となる特異事象が発生した場合

なお、遅れ時間は自由流速度に対し、断面Bの速度が低いサンプルに限って算出しているため、速度のサンプル数よりも少なくなっている。また、無信号交差点の流出入部からの距離との関係を見るために、流出入があった瞬間（流出：流出車両の左前輪が本線に入った瞬間、流入：流入車両の右前輪が本線に入った瞬間）に、無信号交差点の中心位置から主道路を走行する後続車両の車頭までの距離を、10m間隔で取得した。これらの車両以外で、無信号交差点の出入りによる影響を受けていない車両についても各断面の通過時刻と速度を取得した。

表-2 調査地点

地点No.	所在地	方向	調査日	断面間		サンプル数			
				距離(m)		流出車両		流入車両	
				A-B	B-C	速度	遅れ時間	速度	遅れ時間
1	埼玉県鴻巣市箕田	上り	2021年8月5日(木)	90	120	22	11	4	0
2	埼玉県行田市野	下り	2021年8月5日(木)	90	180	22	14	6	2
3	群馬県伊勢崎市三和町	下り	2021年8月3日(火)	120	170	8	6	11	8
4	群馬県渋川市中村	上り	2021年8月2日(月)	138	96	24	15	4	0

4. 無信号交差点の出入りによる速度低下の実態

主道路において従道路に流出する車両が、左折のために速度を低下させ、後続車両の速度が低下することは自明である。一方で、従道路から流入する車両は本線車両の走行を妨げないように流入すべきであるが、流入してきた車両に対し、適切な車間距離を確保するために主道路を走行する車両に速度低下が生じている可能性がある。本章では、実観測データより流出および流入による速度低下の実態を明らかにする。

無信号交差点において流出入をした車両の主道路における後続車両について、断面A、断面B、断面Cにおける速度を取得し、地点No.3を例に図-3に示している。「流出」は流出車両の後続車の速度、「流入」は前方で流入車両があった主道路の車両の速度を示す。「流出」についてはほとんどのサンプルにおいて流出入部直近の断面Bにおいて速度の低下が見られる。一方、「流入」においては速度の低下が見られないサンプルもあるものの、速度の低下が生じているものも確認できる。他の地点では流入車両のサンプルが少ないものの、同様に速度の低下の実態がみられた。

次に、主道路における後続車両と流出入車両との位置関係と、断面Bの速度の関係を地点3を例に図-4に示す。これより、流出入車両からの位置に近いほど、断面Bにおける速度が低くなる傾向にあることがわかる。これには流出と流入の間に違いは見られない。

これらのことから、流出だけでなく、流入車両によっても主道路側の車両が遅れを被る可能性があることが示唆される。

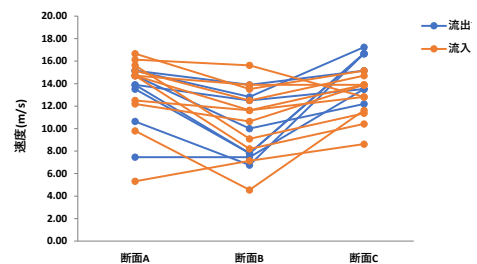


図-3 無信号交差点の出入りによる速度低下(地点No.3)

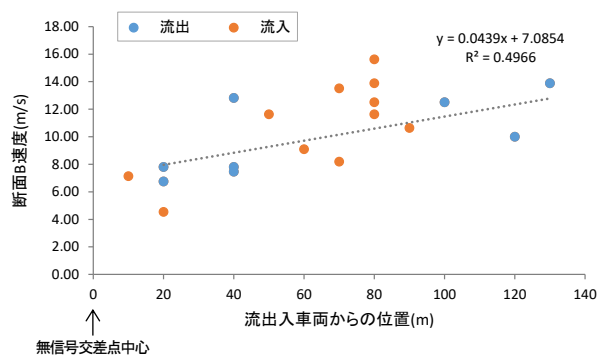


図-4 流出入車両からの位置と速度の関係(地点No.3)

5. 無信号交差点における遅れ時間

日本だけでなく諸外国においても、沿道施設からの出入りも含め、従道路から主道路へ流入する車両の優先順位は最も低く、従道路側の車両に遅れ時間が発生すると考えられ、無信号交差点の遅れ時間の推定式は主道路側の走行車両の遅れ時間が発生することは想定していないモデルとなっている。しかし、前章において、流入車両によって速度が低下している実態が明らかとなり、遅れ時間が発生している可能性が示唆されたため、主道路からの流出と、従道路からの流入それぞれのケースにおける主道路の遅れ時間を算出した。

(1) 遅れ時間の算出方法

まず、各地点において、断面Aから断面Cを通過するまでに無信号交差点における出入りがなく、またそれ以外に速度を低下させるような事象が起きていない車両の、断面A、断面B、断面Cにおける速度を平均したものを自由流速度とし、この自由流速度と断面Aから断面Cまでの距離から自由流旅行時間を求める。それに対し、断面Aから断面Bを通過する間に前方に無信号交差点の流出入車両が生じた車両の中で、断面Aおよび断面Cと比べて断面Bの速度が低下している車両を対象に、断面Aから断面Cまでの通過時間差を算出する。これを実旅行時間とし、自由流旅行時間との差分を遅れ時間とした。

(2) 遅れ時間の算出結果

図-5に各地点における遅れ時間の分布を示している。地点No.1とNo.4においては流入車両のサンプルがなく、分布を示すことができなかったが、今回の観測結果では流出および流入のどちらにおいても遅れ時間が発生していることが確認できた。一方で、地点によって遅れ時間の大きさはばらついている傾向にあり、また、20秒程度の遅れ時間が発生しているサンプルが存在している。

そこで、遅れ時間に複合的に影響を与える各種影響要因やその影響度を検討するために、遅れ時間を目的変数として重回帰分析を行う。説明変数には「自由流速度(m/s)」、 「無信号交差点出入り時の本線車両の位置(m)」、 「本線交通量(pcu/10分・車線)」、 「流出・流入ダミー」を選定し、変数増減法により選択した。

その結果を表-3に示す。自由度調整済決定係数は0.138となり、有意とは言えない結果となったが、最も影響が強いといえるのは、「無信号交差点出入り時の本線車両の位置」である。係数が負であることから、無信号交差点出入りから距離が大きくなるほど遅れ時間は小さくなる傾向にあることがわかる。また、「本線交通量」も影響が強く、「本線交通量」増えると遅れ時間が大きくなる傾向にあることがわかる。

今回の分析ではサンプル数も限られているため、サンプル数を増やすとともに、遅れ時間に与える他の影響要因についても検討する必要がある。

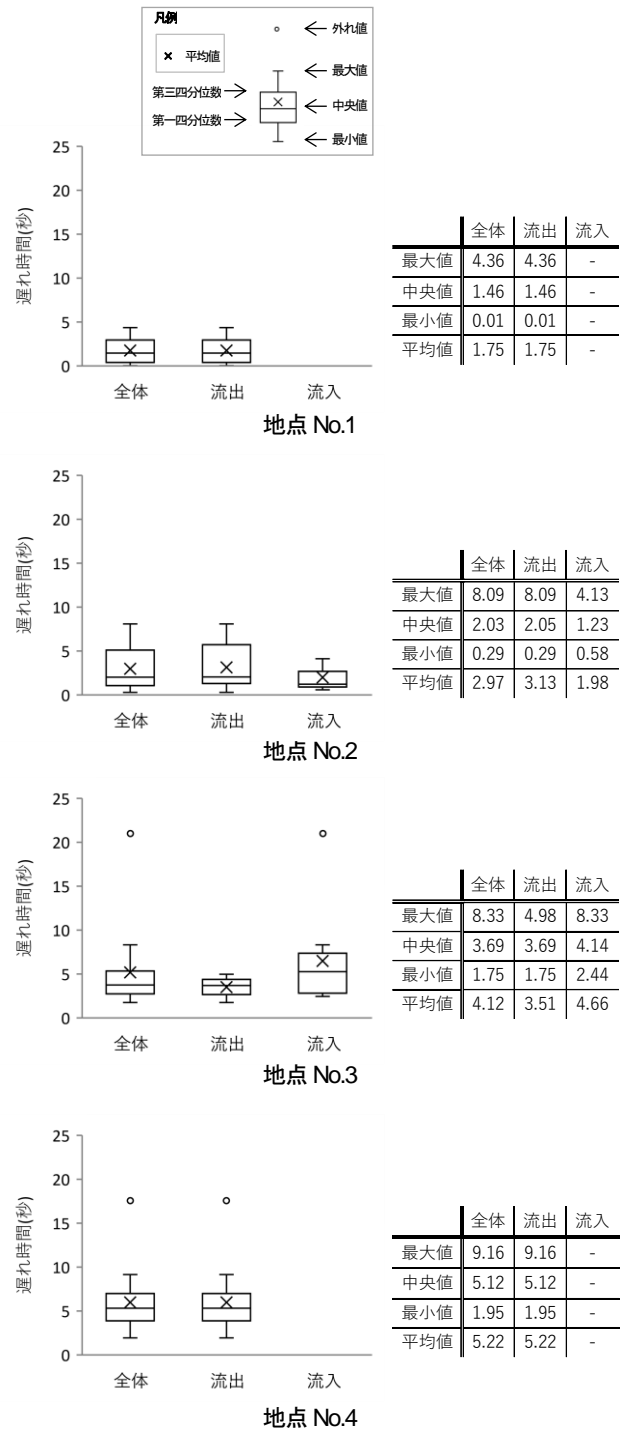


図-5 各地点の遅れ時間の分布

表-3 重回帰分析結果 (遅れ時間)

変数名	偏回帰係数	標準偏回帰係数	t値
自由流速度(m/s)	0.983	0.238	1.708
出入時の本線車両の位置(m)	-0.061	-0.456	-2.489 *
本線交通量(pcu/10分・車線)	0.047	0.425	2.190 *
定数項(秒)	-12.452		-1.473
自由度調整済決定係数		0.138	
サンプル数		56	

** : P<0.01, * : P<0.05

6. 無信号交差点における遅れ時間を考慮した旅行速度のモデルの検討

断面AからCを通過する間に、前方に無信号交差点における車両の出入りが生じた車両に対して、断面Aから断面Cまでの距離を断面Aから断面Cを通過するまでに要した時間で除した値を算出し、これを無信号交差点における遅れを被った旅行速度とし、これを目的変数とした重回帰分析を行った。説明変数には、遅れ時間、自由流速度、無信号交差点出入り時の本線車両の位置、本線交通量、流出・流入ダミーを選定し、変数増減法により選択した。

その結果を表-4に示す。自由度調整済決定係数は0.915となり有意である。選択された説明変数のうち、標準偏回帰係数から最も影響が強いと考えられるのは「遅れ時間」であり、有意である。「遅れ時間」が大きくなるにつれて旅行速度が低下する傾向となっており、旅行速度を推定するには無信号交差点における遅れ時間を考慮する必要があると考えられる。また、「自由流速度」の影響も大きく、自由流速度が高いと旅行速度も高くなることが確認された。「流出入ダミー」も変数として選択されているが、流出により旅行速度が低下することとなっている。

表-4 重回帰分析結果 (旅行速度)

変数名	偏回帰係数	標準偏回帰係数	t値
遅れ時間 (秒)	-0.478	-0.993	-24.100 **
自由流速度 (m/s)	0.784	0.395	9.168 **
流出入ダミー(0:流出・1:流入)	0.459	0.096	2.288 *
定数項 (m/s)	2.394	-	1.857
自由度調整済決定係数	0.915		
サンプル数	56		

** : P<0.01, * : P<0.05

7. 結論

本研究では幹線道路にとりつく無信号交差点に着目し、従道路に流出する車両に起因する主道路の遅れ時間だけでなく、従道路から流入する車両による主道路の速度低下の実態およびそれにより生じる遅れ時間を把握し、旅行速度への影響を検討した。その結果、流出だけでなく流入車両によっても主道路を走行する車両に速度低下の実態が見られ、それにより遅れ時間が発生していること

が明らかとなった。無信号交差点における遅れ時間に影響を与える要因についても検討したが、今回の分析データだけでは明確な要因の特定には至らなかったため、今後データを追加し、改めて検証する必要がある。また、遅れを被った車両の旅行速度を目的変数とした重回帰分析を行ったところ、遅れ時間、自由流速度、流出入ダミーが影響していることがわかり、無信号交差点における出入りによって旅行速度が低下する可能性が示された。

無信号交差点等の出入りによる主道路の遅れ時間に関する知見は国内外問わず少なく、本研究の知見は重要であると考えられる。一方で、サンプル数が限られているため、より多くのサンプルを取得し、他の影響等についても検討することが求められる。特に流入車両のサンプルを充実させることが必要である。また、今回は小型車のみを対象としており、大型車を対象とした分析も必要であり、さらには流出入車両を小型車と大型車に分類した場合も検討する必要がある。

参考文献

- 1) 一般社団法人 交通工学研究会：平成 24～26 年度 機関研究 道路の交通容量とサービスの質に関する研究 最終成果報告書，2015。
- 2) 橋本雄太，小林寛，山本彰，中野達也，高宮進：信号交差点密度等の道路状況と旅行時間の関係についての実態分析，土木計画学研究・講演集，Vol.47，論文番号 62，2013 年 6 月。
- 3) 下川澄雄，小山田直弥，吉岡慶祐，森田紳之：中間速度を実現するための道路構造条件の分析，交通工学論文集，Vol.4，No.1（特集号 A），pp.A_55-A_63。2018 年 2 月
- 4) 齊藤裕子，中村英樹，内海泰輔，馬淵太樹：ランドアクセスからみた道路のサービス水準の定量化に関する研究，土木計画学研究・講演集，Vol.34，論文番号 260，2006。
- 5) 早河辰郎，中村英樹：幹線街路における沿道アクセス機能に応じた旅行速度性能曲線の定式化，土木計画学研究・講演集，Vol.39，論文番号 76，2009。
- 6) Transportation Research Board: Highway Capacity Manual 6th edition, 2016.
- 7) 後藤梓，中村英樹，浅野美帆：交差形式を考慮した機能的階層型道路ネットワークの評価，土木学会論文集 D3, Vol.68, No.5, pp.I_751-I_764, 2012.

(???? ?? ?? 受付)

A STUDY ON DECLINING IN TRAVEL SPEED BY UNSIGNALIZED INTERSECTIONS ACCES ON ARTERIAL STREETS

Eri AOYAMA, Kengo SHIGETA, Kenta NISHIOKA, Yoshihiro TANAKA and Kazuhiko YOKOCHI