

沿道出入交通が幹線道路の 旅行速度に与える影響分析

青山 恵里¹・茂田 健吾²・河本 直志³・松本 幸司⁴

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: kawamoto-n92ta@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: matsumoto-k87rc@mlit.go.jp

本研究は、幹線道路において目標旅行速度を達成するための道路設計に関する知見を得ることを念頭に、沿道からの流入交通が幹線道路の旅行速度に与える影響について検討するものである。

まず、現地調査結果から無信号交差点および沿道施設出入口における流入車両による幹線道路走行車両の速度低下と、それにより遅れ時間が発生している実態を明らかにした。次に、交通シミュレーションを用いて、流入車両による幹線道路を走行する交通流全体への影響を検討した。その結果、本研究の想定ケースにおいては、主道路走行車両全体に対する流入車両による影響は、個々の車両が受ける影響と比べるとその影響は小さなものとなった。また、主道路交通量を変化させたケースも検討した結果、主道路交通量が増えると遅れ時間が増加し、それに伴い旅行速度も低下する傾向にあることがわかった。

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実現する道路が少なく、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。交通工学研究会の基幹研究¹⁾では、道路ネットワーク計画において拠点間の目標旅行時間やこれらを連絡する道路階層の目標旅行速度（交通サービスの質）を保証する性能照査という仕組みを取り入れることが提案されるなど、我が国の道路ネットワークが概成されつつある今、道路ネットワークが発揮すべきサービス水準が注目されている。

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。沿道からの出入りに着目すると、沿道施設や駐車場からの出入りに着目した研究、無信号交差点では主道路から従道路に流出する車両による遅れ時間に着目した研究はあるものの、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、流入車両による主道路の旅行速度の低下はないとみなされている。これに対し筆者ら²⁾は、実際には従道路からの流入車両が主道路を走行する車両の短いギャップを利用することで主道路走行車両の速度低下が生じ、遅れ時間が発生していると考え、幹線道路に接続する無信号交差点においてビデオ観測を行った。その結果、流出車両だけでなく流入車両によっても主道路を走行する車両の速度が低下し、それにより遅れ時間が発生していることを示した。しかし、ここでは個々の車両への影響のみを対象としているため、幹線道路を走行する交通流全体の旅行速度に対し、無信号交差点における流入車両が与える影響については明らかになっていない。

そこで本研究では、幹線道路への流入車両が主道路（幹線道路）の旅行速度に与える影響について、主道路走行車両の速度低下および遅れ時間発生の実態を把握し、その結果を踏まえ、交通シミュレーションを用いて幹線道路を走行する交通流全体に対する影響を検討する。

2. 既存文献の整理と本研究の位置づけ

沿道施設からの出入りが主道路の旅行速度に与える影響については、齊藤ら³⁾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⁴⁾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。田部井らは、駐車場出入口の多くは構造上の問題により駐車場前面道路のボトルネック箇所となっている実態⁵⁾や、駐車場出入口において隅切り相当の余裕幅が不足している箇所においては入庫車両の走行速度が低下し、通過交通へ影響を与えていること⁶⁾を示している。これら駐車場出入口を含む沿道施設への出入の多くは、歩道を横切って走行することになり、道路交通法第17条第2項において、歩道や路側帯を横切の場合は、それらの直前で一時停止し、歩行者の通行を妨げないようにしなければならないと定められているため、駐車場出入口が接続する主道路（幹線道路）の交通流に与える影響が大きいことが考えられる。一方で、無信号交差点では歩行者等の通行を妨げなければ一時停止の義務はないためこの限りではなく、また、特に主道路への流入車両においては、主道路走行車両の走行を妨げはならないため、無信号交差点における出入車両の影響は大きな問題になってこなかったと考えられる。また、米国の Highway Capacity Manual 6th edition⁷⁾においては、無信号交差点の流出車両による主道路走行車両の遅れ時間について流出車両が考慮されているが、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。

これらに対し筆者ら²⁾は、幹線道路に接続する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速度低下だけでなく、従道路から流入する車両によって主道路走行車両の速度が低下している実態を明らかにした。また、それにより主道路走行車両に遅れ時間が発生していることを示し、主道路走行車両の旅行速度の低下が生じている可能性を示した。しかしながら、1路線のみの限られた観測結果であるため、他路線においても同様な現象が発生しているか不明であり、また、主道路を走行する交通流全体の旅行速度に対する無信号交差点における流入流出車両が与える影響については明らかになっていない。

本研究では、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（以下、流出車両）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（以下、流入車両）によるものの両方を対象に、先行研究²⁾とは別の路線において主道路走行車両の速度の変化およびそれにより生じる遅れ時間を観測により把握する。また、歩道を横切って流出入を行う沿道施設出入口においても同様の観測を行い、主道路走行車両に与える影響について無信号交差点と沿道施設出入口の違いについて検討する。さらに観測結果をもとに、交通シミュレーションを用いて無信号交差点における車両の流出入が主道路交通流に与える影響を遅れ時間と旅行速度の観点から分析する。

3. 調査・分析概要

(1) 調査概要

流出入車両による主道路走行車両への影響を把握するために、図-2に示すように、主道路上の流出入部直近、そこから流出入部上流側 50m, 100m, 150m, 下流側 150m の位置に設けた観測断面と、流出入断面（従道路接続部）が映るようビデオカメラを設置した。ビデオカメラの画角は、流出入車両および主道路走行車両の車種（大型・小型・二輪）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、流出入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。

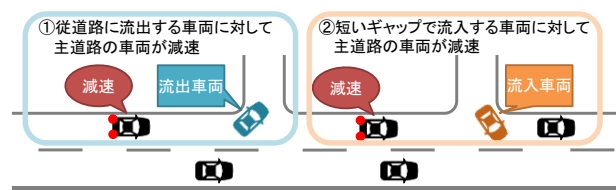


図-1 対象とする現象

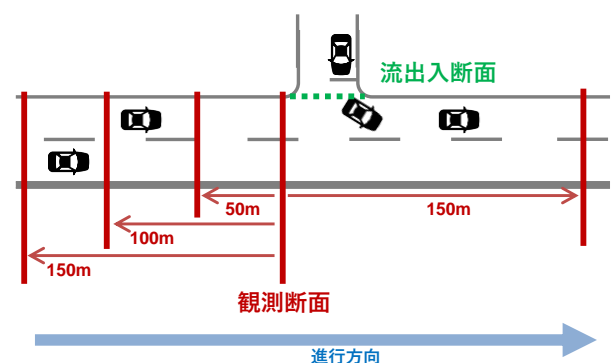


図-2 観測断面

調査地点は表-1 に示す岐阜県各務原市内の国道 21 号に接続する無信号交差点 4 箇所、歩道を横切って流入を行う沿道施設出入口 1 箇所と、北海道札幌市内の国道 274 号に接続する無信号交差点 2 箇所を対象とした。各地点において 8 時間観測を 3 日間ずつ実施し、計 24 時間の観測映像を地点毎に取得した。

いずれの地点も中央帯等により上下線が分離された片側 2 車線道路で、流入挙動は左折流入および左折流出のみであり、流入車両および流出車両を観測している。なお、流出入部の上流側および下流側の直近に信号交差点がない地点を選定している。

(2) 調査項目

本研究では、流入車両が主道路走行車両に与える影響を観測するために主道路走行車両の調査を行う。また、無信号交差点における車両の流入が主道路交通流に与える影響を、交通シミュレーションを用いて分析するにあたり、無信号交差点の流入挙動を再現するために、従道路から主道路に流入する車両挙動に関する調査も行う。

a) 主道路走行車両の調査

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 3m の位置に速度読み取り線を設け、その通過時間差と距離から各断面の通過速度を算出する。流出入車両が発生した際に、上流側 150m までの間にいた流出入車両の直後の後続車両を、主道路において流入による影響を受けた車両として抽出する。表-1 に流出入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。

分析対象車両は第 1 車線を走行する小型車とし、その中でも流出入車両が小型車のものに限定している。また、下記の条件にあてはまるものは除外した。

- ・主道路に滞留が発生した場合（流出入車両が原因であるものを除く）
- ・観測区間の途中で左折し、観測区間を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

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（観測区間内を通過する間に前方で出入がない車両）を約 300 台抽出し、これらについても各断面の通過時刻と速度を取得し、自由流旅行時間および自由流速度の算出に用いた。

b) 従道路から主道路へ流入する車両の調査

従道路から主道路へ流入する車両のギャップアクセプタンス挙動を取得するために、従道路から主道路へ流入する車両を対象に、流出入断面到着時刻および通過時刻、主道路側車両の交差点通過時刻を取得する。なお、流出入断面は図-2 に示すように主道路の縁石ラインとしている。

4. 無信号交差点の出入りが主道路走行車両に与える影響の実態把握

先行研究²⁾において、無信号交差点における流出車両および流入車両によって主道路走行車両の速度が低下する実態が明らかになっている。本章では、本研究において観測した 2 路線におけるデータについても同様の分析を行い、流出車両および流入車両による主道路走行車両の速度低下が他の路線でも生じうる現象なのか検証する。また、速度低下により生じる主道路走行車両に生じる遅れ時間を算出し、これに与える要因について検討する。

(1) 流出入車両による速度低下の実態

主道路を走行する車両の中から、前方で調査対象の無信号交差点における流出入車両が生じた車両のみを対象に、流出入部直近と、そこから上流側に 150m, 100m, 50m, 流出入部から下流側に 150m の地点における速度を取得した。

地点 No.3 を例に箱ひげ図を用いて図-3 に示している。ここで、「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である。流出・流入どちらにおいても、流出入部から上流 100m まではほぼ自由流速度と同程度の速度で走行しているが、

表-1 調査地点

| 地点 No. | 所在地 | 方向 | 調査日 | 調査時間 | サンプル数 | |
|--------|--------------------------|----|----------------------------|---------------|-------|------|
| | | | | | 流出車両 | 流入車両 |
| 1 | 各務原市那加住吉町 2 丁目地先 | 下り | 2022年7月25,26,27日 (月, 火, 水) | 各日8時間 (計24時間) | 110 | 4 |
| 2 | 各務原市那加住吉町 4 丁目地先 | 下り | 2022年7月25,26,27日 (月, 火, 水) | 各日8時間 (計24時間) | 100 | 15 |
| 3 | 各務原市那加住吉町 1 丁目 68 地先 | 下り | 2022年7月25,26,27日 (月, 火, 水) | 各日8時間 (計24時間) | 56 | 7 |
| 4 | 各務原市小佐野町 1 丁目地先 | 下り | 2022年7月25,26,27日 (月, 火, 水) | 各日8時間 (計24時間) | 194 | 49 |
| 5* | 各務原市那加桐野外 2ヶ所入会地 7-7 地先 | 下り | 2022年7月25,26,27日 (月, 火, 水) | 各日8時間 (計24時間) | 474 | 100 |
| 6 | 札幌市白石区北郷 5 条 8 丁目 3-1 地先 | 下り | 2022年7月12,13,14日 (火, 水, 木) | 各日8時間 (計24時間) | 60 | 14 |
| 7 | 札幌市東区北 30 条 東 20 丁目 7 地先 | 上り | 2022年7月15,19,20日 (金, 火, 水) | 各日8時間 (計24時間) | 357 | 28 |

※沿道施設出入口箇所（歩道を横切る流入）

上流側 50m および流出入部において速度の低下が見られ、流出入部から下流側 150m の地点ではほぼ自由流速度に回復していることが確認できる。流出の方が流出入部 (0m 地点) までの速度低下が大きい傾向にあるが、流出だけでなく、流入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。全地点における各断面の平均速度を表-2 に示すが、他の地点でも同様に流出および流入どちらにおいても速度の低下の実態がみられた。このため、先行研究²⁾において示した、流出車両および流入車両による主道路走行車両の速度低下の実態はいずれの路線においても生じうる現象であると考えられる。

沿道施設出入口である地点 No.5 における流出入車両による速度低下の実態を図-4 に示す。流出および流入のどちらにおいても流出入部直近で最も速度が低下する傾向は図-3 の無信号交差点における流出入と同様であるが、

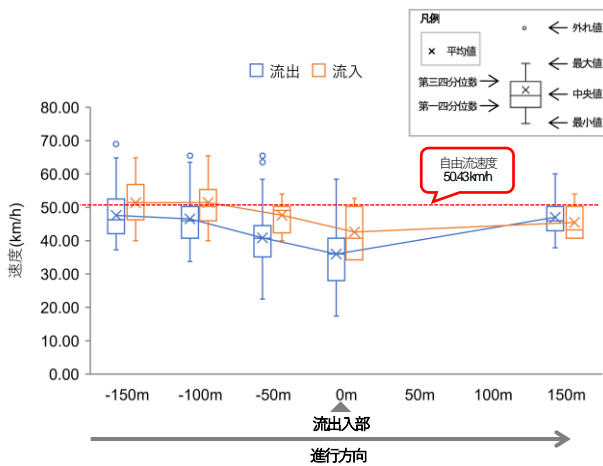


図-3 無信号交差点出入による速度低下(No.3)

表-2 各地点・各断面における平均速度

| 地点 No. | 流出(km/h) | | | | | 流入(km/h) | | | | | 自由流速度 (km/h) |
|--------|----------|-------|-------|-------|-------|----------|-------|-------|-------|-------|--------------|
| | -150m | -100m | -50m | 0m | 150m | -150m | -100m | -50m | 0m | 150m | |
| 1 | 45.36 | 45.28 | 45.33 | 38.99 | 50.48 | 46.22 | 45.78 | 46.08 | 43.72 | 42.63 | 49.64 |
| 2 | 47.39 | 47.12 | 46.61 | 38.91 | 47.80 | 50.27 | 51.08 | 51.25 | 44.69 | 48.16 | 48.01 |
| 3 | 47.59 | 46.52 | 40.84 | 36.01 | 47.00 | 51.40 | 51.46 | 47.62 | 42.60 | 45.43 | 50.43 |
| 4 | 51.17 | 51.25 | 50.91 | 43.97 | 51.19 | 53.09 | 53.40 | 53.06 | 49.15 | 51.89 | 51.77 |
| 5 | 49.44 | 47.65 | 45.10 | 36.73 | 51.10 | 52.49 | 51.29 | 51.82 | 47.26 | 48.90 | 50.47 |
| 6 | 47.60 | 47.44 | 47.45 | 40.01 | 49.13 | 48.91 | 48.92 | 48.91 | 41.65 | 45.74 | 50.47 |
| 7 | 52.32 | 52.21 | 52.00 | 47.75 | 52.66 | 54.30 | 54.56 | 54.07 | 49.97 | 51.30 | 54.78 |

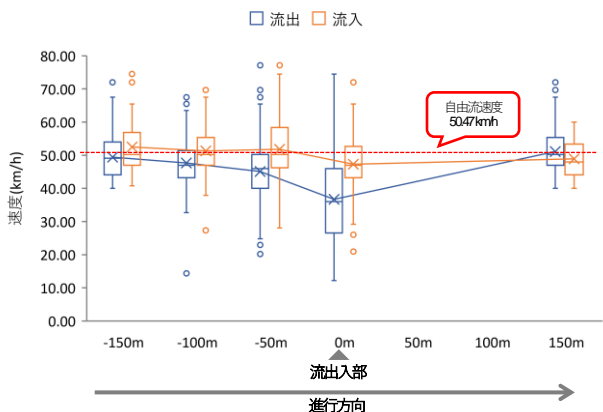


図-4 沿道施設出入による速度低下(No.5)

流出と流入による速度低下の差が大きい。今回、歩道直前で一時停止をしていたかどうかの確認はしていないが、無信号交差点と歩道を横切る流出入部では主道路走行車両に与える影響の大きさが異なる可能性が考えられる。

(2) 流出入車両により生じる遅れ時間の実態

前節において、流入車両によって主道路走行車両の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。

遅れ時間は、主道路において流出入による影響を受けたとして抽出された車両の実旅行時間と自由流旅行時間の差として求める。実旅行時間は、前方で無信号交差点の流出入車両が生じた車両を対象に、上流側 150m と下流側 150m 地点間の通過時間を算出したものとする。自由流旅行時間は、観測区間内を通過する間に前方で出入がない車両約 300 台を対象に上流側 150m と下流側 150m 地点の速度読取断面における速度を平均したものを自由流速度とし、これと観測断面区間の距離(300m)から算出する。前方で流出入車両があり流出入による影響があったと判断された車両の中で、実旅行時間が自由流旅行時間よりも小さくなった場合は遅れ時間は 0 とする。

図-5 に地点 No.3 を例に遅れ時間の分布を流出入車両全体、流出車両、流入車両それぞれについて示している。先行研究²⁾と同様に本研究の観測においても、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。算出された全遅れ時間を地点毎に平均したものを表-3 に示す。遅れ時間が地点によってばらついていることがわかる。そこで、各地点の遅れ時間の観測値に対し分散分析を行ったところ、主効果が見られた ($F=22.88, p<0.01$)。そこで、多重比較検定を行った。その結果を表-4 に示すが、いくつかの地点間において有意差があるという結果となった。沿道施設出入口である地点 No.5 は他の全ての地点との間に有意差があるわけではなく、無信号交差点と沿道施設出入口の間には必ずしも有意な差があるとは言えない。一方で、地点 No.6,7 は他の地点と路線が異なるが、他路線の地点との間に有意差がみられているものが多い。そのため、今後は地点による違いや路線による違いについても検討する必要があると考えられる。

次に、遅れ時間のばらつきに対して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。なお、無信号交差点と沿道施設出入口の間には有意な差があるとは言えない結果となったが、一時停止が速度低下の影響の大きさに違いがある可能性があることから、地点 No.5 における観測結果は含まない。

説明変数には主道路交通量 (pcu/10 分・車線), 流出・流入ダミー, 自由流速度(km/h), 各観測断面(流出入部を起点に-150m, -100m, -50m, 0m, 150m)における速度(km/h)を選定し, 変数増減法により選択した. その結果を表-5に示す.

自由度調整済決定係数は 0.430 となり, 最も影響が強いといえるのは0m位置の速度(km/h), すなわち流出入部直近の速度である. 係数が負であることから, 流入部直

近で速度が低くなるほど遅れ時間は大きくなる傾向にあることがわかる. -50m 地点の速度の影響も強いことから, 流出入部までの速度低下が遅れ時間の大きさに寄与することが考えられる. 一方で, 流出入部から下流側150m 地点の速度の影響も強いことから, 速度の回復が大きければ遅れ時間は小さくなるものと推察される. 一方で, 流出・流入ダミーは変数として選択されず, 流出・流入によって遅れ時間には違いはないという結果になったが, 流入車両のサンプルが限られているため, 流入車両のサンプルが十分に得られるような箇所において流出入による違いを検討する必要がある.

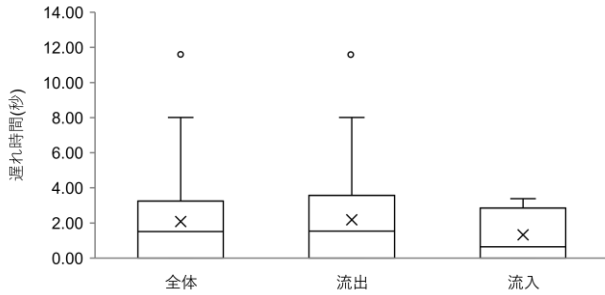


図-5 遅れ時間の分布(No.3)

表-3 各地点における平均遅れ時間

| 地点No. | | 全体 | 流出 | 流入 |
|-------|-----------|------|------|------|
| 1 | サンプル数 | 114 | 110 | 4 |
| | 平均遅れ時間(秒) | 2.16 | 2.19 | 1.44 |
| 2 | サンプル数 | 115 | 100 | 15 |
| | 平均遅れ時間(秒) | 3.10 | 3.27 | 2.01 |
| 3 | サンプル数 | 63 | 56 | 7 |
| | 平均遅れ時間(秒) | 2.09 | 2.18 | 1.33 |
| 4 | サンプル数 | 243 | 194 | 49 |
| | 平均遅れ時間(秒) | 1.74 | 1.89 | 1.17 |
| 5 | サンプル数 | 574 | 474 | 100 |
| | 平均遅れ時間(秒) | 2.57 | 2.87 | 1.18 |
| 6 | サンプル数 | 74 | 60 | 14 |
| | 平均遅れ時間(秒) | 1.73 | 1.79 | 1.48 |
| 7 | サンプル数 | 385 | 357 | 28 |
| | 平均遅れ時間(秒) | 0.97 | 0.95 | 1.19 |

表-4 平均遅れ時間の地点間比較

| | No.1 | No.2 | No.3 | No.4 | No.5 | No.6 | No.7 |
|------|------|------|------|------|------|------|------|
| No.1 | | | | | | | |
| No.2 | * | | | | | | |
| No.3 | | | | | | | |
| No.4 | | ** | | | | | |
| No.5 | | | | ** | | | |
| No.6 | | ** | | | * | | |
| No.7 | ** | ** | ** | ** | ** | | |

* : P<0.05 ** : P<0.01

表-5 重回帰分析の結果

| 変数名 | 偏回帰係数 | 標準偏回帰係数 | t値 |
|--------------------|--------|---------|------------|
| 本線交通量 (pcu/10分・車線) | 0.007 | 0.049 | 1.926 |
| 自由流速度(km/h) | -0.129 | -0.039 | -1.453 |
| -50m地点の速度(km/h) | -0.021 | -0.063 | -2.014 * |
| 0m地点の速度(km/h) | -0.127 | -0.522 | -16.507 ** |
| 150m地点の速度(km/h) | -0.042 | -0.112 | -3.705 ** |
| 定数項 | 11.585 | — | 8.039 ** |
| 自由度調整済決定係数 | 0.430 | | |
| サンプル数 | 994 | | |

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

5. 従道路から主道路に流入する車両の挙動分析

従道路から主道路に流入する車両の主道路走行車両に対するギャップアクセプタンス挙動を分析する. 本研究では, Luttinenの研究⁹⁾を参考に主道路走行車両のギャップの閾値は 11 秒に設定し, 追従ギャップについても閾値を 11 秒にした.

流出入断面到着時刻および通過時刻, 主道路側車両の交差点通過時刻から, 従道路からの主道路流入に利用された利用ギャップと, 流入を断念した棄却ギャップに分類し, 回帰分析により臨界ギャップを求める. また, 流入車両のギャップは1つのギャップ内で2台以上続けて流入した際に計測し, その平均を追従ギャップとする.

各地点における臨界ギャップと追従ギャップの値を表-6に示す. 茂田ら⁹⁾は, 先行研究²⁾と同一路線において無信号交差点の従道路側車両の主道路交通流に対する臨界ギャップと追従ギャップを取得しており, その結果, 臨界ギャップは 5.2~6.5 秒, 追従ギャップは 4.7~6.2 秒となったことを示している. 本研究で得られた結果はこれと同程度となった. なお, 我が国では, 主道路及び従道路が片側1車線の一時停止制御交差点の値として, 臨界ギャップ 9.2 秒, 追従ギャップ 5.2 秒という値が示されており, これと比べると臨界ギャップは小さく, 追従ギャップは同程度となる. 茂田ら⁹⁾の研究において我が国における知見の蓄積が必要であると指摘されているが, 本研究の結果からもその必要性が確認された.

表-6 臨界ギャップと追従ギャップの観測結果

| 地点No. | 臨界ギャップ(秒) | サンプル数 | | 追従ギャップ(秒) | サンプル数 |
|-------|-----------|-------|-----|-----------|-------|
| | | 利用 | 棄却 | | |
| 1 | 6.74 | 52 | 606 | 5.79 | 7 |
| 2 | 6.63 | 74 | 618 | 5.29 | 21 |
| 3 | 7.10 | 45 | 552 | 4.47 | 34 |
| 4 | 6.12 | 135 | 761 | 5.68 | 19 |
| 5 | 6.99 | 125 | 628 | 6.23 | 55 |
| 6 | 6.55 | 140 | 659 | 5.03 | 34 |
| 7 | 6.78 | 45 | 488 | 5.24 | 17 |

6. シミュレーションを用いた無信号交差点流出入車両による主道路の旅行速度への影響分析

実態観測により無信号交差点における流出入車両が主道路上の直後の車両の速度低下を招き、それにより遅れ時間が発生していることを明らかにした。そこで、主道路を走行する交通流全体の旅行速度に対し、無信号交差点における流出入車両が与える影響を交通シミュレーションを用いて分析する。この時、主道路交通量も影響すると考え、主道路交通量の条件を3パターン設定する。本研究において交通シミュレーションは、Simulation of Urban Mobility¹⁰⁾を用いる。ここでは、本研究において実態観測を行った調査地点 No.1,2,3 が同一路線かつ近接する無信号交差点であるため、これらの調査地点の位置関係および調査結果を参考に無信号交差点を含む道路区間を設定する。

(1) シミュレーション設定

シミュレーションにおいて構築した道路区間を図-6に示す。走行する車両の起点・終点ペアと流出/流入する無信号交差点を表-7に示す。各ペアに対し、通過する無信号交差点について地点 No.1,2,3 の流出および流入の遅れ時間、臨界ギャップおよび追従ギャップを目標値として、地点 No.1,2,3 それぞれにおいて表-8 のパラメータを調整した。これに加え、走行車両速度のばらつきに関わるパラメータを調整することにより、自由流速度の調整を行った。

本研究の観測結果は、走行車両を小型車のみに限定し、また、第1車線で行われた流出入挙動のみを対象としているため、本シミュレーションにおいても同様の条件とし、また、車線変更を行わない設定とした。目標値とシミュレーション上の実現値を表-9に示す。

これらの条件のもとで、表-7に示す3パターンの交通量を設定し、各パターンについてシミュレーションを実施する。各パターンについて10分間のウォームアップ時間を設け、その後それぞれ2時間の計測時間を対象に分析を行うものとする。

(2) 分析方法

流出入車両による主道路を走行する車両全体への影響を検討するが、まず、各無信号交差点において主道路交通量の変化によって生じる主道路走行車両の遅れ時間の变化について検討する。ここで各無信号交差点の遅れ時間は4.と同様に、前方で無信号交差点の流出入車両が生じた車両を対象に、各無信号交差点に設定した300m区間における、実際の旅行時間と自由流速度で走行した場合の旅行時間との差分で算出する。

次に、主道路を走行する車両全体への影響を検討する

ために、前方車が流出入車両でないものも含め、主道路全体を対象とした場合の遅れ時間と旅行速度を算出する。遅れ時間および旅行速度の算出対象区間は図-6に示すように、最上流の無信号交差点の上流150mの地点から最下流の無信号交差点の下流150mの地点までとしている。そのため、区間内の無信号交差点における流出入車両は区間全体を走行することにならない。そこで本研究では、

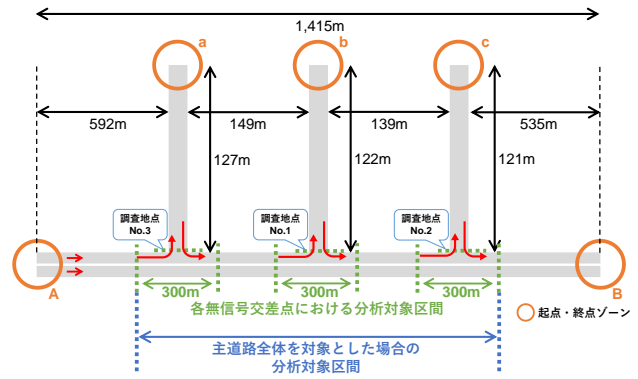


図-6 構築した道路区間のイメージ

表-7 起点・終点ペアと交通量パターン

| | 起点 | 終点 | 流出/流入 無信号交差点 | 交通量パターン (台/時/車線) | | |
|---------------------|----|----|-----------------|---------------------|-----|-----|
| | | | | ① | ② | ③ |
| 主道路のみを走行する車両 | A | B | - | 400 | 600 | 750 |
| 主道路から従道路に 流出する車両 | A | a | No.3 | 120 | 120 | 120 |
| | A | b | No.1 | 120 | 120 | 120 |
| | A | c | No.2 | 120 | 120 | 120 |
| 従道路から主道路に 流入する車両 | a | B | No.3 | 70 | 70 | 70 |
| | b | B | No.1 | 70 | 70 | 70 |
| | c | B | No.2 | 70 | 70 | 70 |

表-8 調整パラメータ

| 項目 | 単位 |
|----------------------|------------------|
| 最大加速度 | m/s ² |
| 最大減速度 | m/s ² |
| 車長 | m |
| 待ち行列の車両間の最小間隔 | m |
| 希望する最小車間距離 | 秒 |
| 車体追従性モデルパラメータ | 0~1 |
| 最高速度 | m/s |
| 優先車両の前方を通過する際の最小時間 | 秒 |
| 焦り度 | 0~1 |
| 車両が交差点に進入するまでの累積待ち時間 | 秒 |
| 緊急時減速度 | m/s ² |
| 追従モデル | - |

表-9 目標値とシミュレーション上の実現値

| 地点 No. | 項目 | 目標値 (観測値) | 実現値 | 誤差 (目標値-実現値) | |
|--------|-------------|--------------|------|-----------------|--------------|
| 3 | 臨界ギャップ(秒) | 7.10 | 6.5 | -0.63 (-9%) | |
| | 追従車頭時間(秒) | 4.47 | 4.1 | -0.41 (-9%) | |
| | 遅れ時間(秒) | 流出 | 2.18 | 2.9 | 0.71 (33%) |
| | | 流入 | 1.33 | 1.3 | -0.07 (-6%) |
| | 自由流速度(km/h) | 50.43 | 49.5 | -0.90 (-2%) | |
| 1 | 臨界ギャップ(秒) | 6.74 | 6.1 | -0.60 (-9%) | |
| | 追従車頭時間(秒) | 5.79 | 5.8 | -0.04 (-1%) | |
| | 遅れ時間(秒) | 流出 | 2.19 | 2.1 | -0.09 (-4%) |
| | | 流入 | 1.44 | 0.8 | -0.66 (-46%) |
| | 自由流速度(km/h) | 49.64 | 49.2 | -0.49 (-1%) | |
| 2 | 臨界ギャップ(秒) | 6.63 | 5.5 | -1.10 (-17%) | |
| | 追従車頭時間(秒) | 5.29 | 5.2 | -0.13 (-3%) | |
| | 遅れ時間(秒) | 流出 | 3.27 | 3.0 | -0.29 (-9%) |
| | | 流入 | 2.01 | 1.9 | -0.16 (-8%) |
| | 自由流速度(km/h) | 48.01 | 49.3 | 1.26 (3%) | |

これらの車両については、図-7に示すように主道路を走行していない区間は自由流速度で走行すると仮定し、区間全体を走行したものと遅れ時間および旅行速度を算出する。遅れ時間は、区間内の走行時間である実旅行時間と、自由流速度で走行した場合の自由流旅行時間との差分として各車両に対して算出する。旅行速度は、実旅行時間と走行距離から各車両に対して算出する。

(3) シミュレーションを用いた無信号交差点流出入車両による幹線道路の旅行速度への影響分析

まず、4.と同様に前方で無信号交差点の流出入車両が生じた車両のみを対象として、流出・流入別に遅れ時間を算出したものを図-8と図-9に示す。各無信号交差点における遅れ時間を主道路交通量パターン別に集計している。流出・流入のいずれにおいても主道路の交通量が増えるにつれて遅れ時間が増加していることがわかるが、その変化はわずかなものである。

次に、前方車が流出入車両でないものも含め、主道路全体を対象とした場合の遅れ時間を算出したものを図-10に示す。観測区間は最上流の無信号交差点から上流150m地点から、最下流の無信号交差点から下流150mまでとし、遅れ時間は全車両の旅行時間と自由流旅行時間の差の合計を走行台数で除したもので、1台あたりの遅れ時間として示している。図-8と図-9に示す前方で無信号交差点の流出入車両が生じた車両に対する遅れ時間は1~3秒程度であるが、主道路走行車両全体における1台あたりの大きさにすると、最も交通量が多い750台/時/車線でも0.65秒と1秒に満たない。一方で主道路交通量が増えるに従って遅れ時間が増加しているため、より交通量が増えれば遅れ時間が増加することが考えられる。このときの平均旅行速度を自由流速度と併せて図-11に示すが、いずれの主道路交通量パターンにおいても自由流速度よりも低下しており、約2~3km/hの低下となった。

以上のことから、主道路走行車両全体への影響として見ると、流出入車両の影響は小さい可能性が示された。

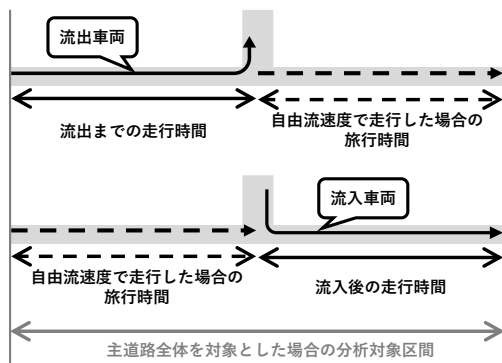


図-7 流出入車両の旅行時間の考え方
(主道路全体を対象とした場合)

しかしながら、パラメータ調整において目標値(観測値)と実現値の間に乖離が生じているなど、シミュレーションの実行において課題が残されているため、これらの改善が必要である。また、主道路交通量パターンの見直しや流出入交通量を変化させた場合の検討なども必要であると考えている。

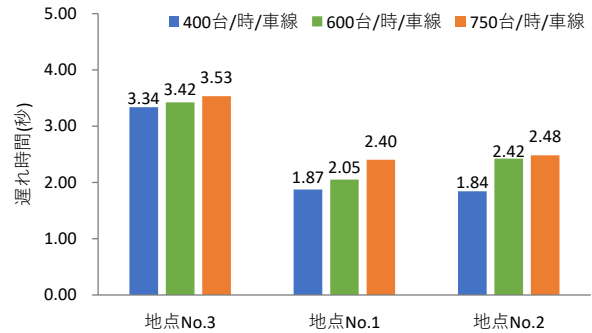


図-8 遅れ時間 (流出)

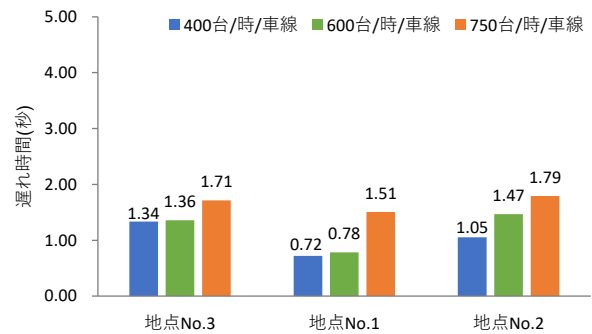


図-9 遅れ時間 (流入)

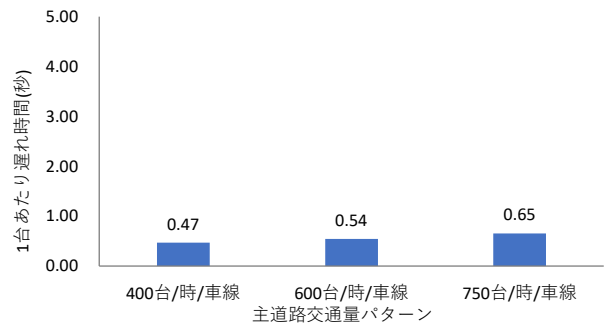


図-10 主道路走行車両全体における1台あたりの遅れ時間

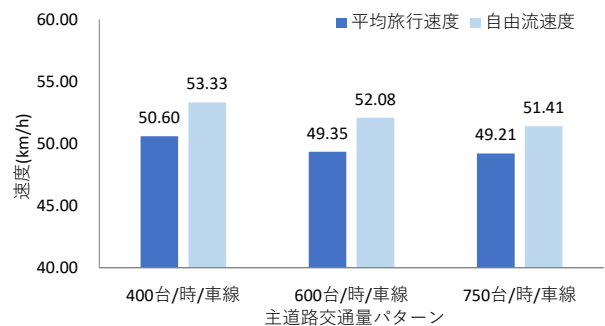


図-11 主道路走行車両全体における平均旅行速度

7. 結論

本研究では幹線道路における流出入車両に着目し、無信号交差点および沿道施設出入口において流出入する車両による主道路走行車両への影響を検討した。まず、実態観測により無信号交差点における流出入車両は主道路上の直後の車両の速度低下を招き、それにより遅れ時間が発生していることを明らかにした。流出と流入による遅れ時間の違いは無く、流出入部までの速度や流出入部通過後の速度が遅れ時間に影響を与えるものと推察された。無信号交差点と沿道施設出入口では、主道路走行車両に与える影響が異なる可能性が確認されたが、違いの定量化等には至らなかった。また、地点によるばらつきや路線による違いがある可能性があったため、他の路線等における観測を行い、これらの要因について引き続き検討する必要がある。

次に、交通シミュレーションを用いて主道路走行車両全体に対する無信号交差点流出入車両の影響を検討したところ、主道路走行車両全体でみても 1 台あたりの遅れが発生し、旅行速度の低下がみられた。しかしながら本研究のシミュレーション条件ではその影響は小さいものであった。一方で、主道路交通量の変化の影響を検討したところ、主道路交通量が増えると遅れ時間は増加する傾向にあることがわかったため、今後は、他の主道路交通量パターンに加え、流出入交通量の変化について検討する必要があると考えている。さらに、無信号交差点の箇所数や設置間隔といった道路構造要件も影響する可能性があるため、これらについても検討を行う予定である。さらには、実際には無信号交差点の上流信号交差点の信号切り替わりによる車群が形成や、下流信号交差点の信号待ちによる速度低下など、信号交差点の影響が大きいと考えられる。そのため、信号交差点も含めた主道路旅行速度の低下要因の検討や、ネットワークを対象として、従道路側車両の遅れ等に関する検討も行う必要があると考えている。最終的には目標旅行速度を達成するための

道路構造要件として信号交差点と無信号交差点の設置間隔の目安等を示すことを目指している。

参考文献

- 1) 一般社団法人 交通工学研究会：平成 24～26 年度 基幹研究課題 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) 青山恵里, 茂田健吾, 西岡健太, 田中良寛, 横地和彦：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, 土木計画学研究発表会・講演集, Vol.64, 論文番号 17-05, 2021 年 11 月.
- 3) 斉藤裕子, 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, 土木計画学研究発表会・講演集, Vol.34, 論文番号 260, 2006.
- 4) 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, 土木計画学研究発表会・講演集, Vol.39, 論文番号 76, 2009.
- 5) 田部井優也, 長田哲平, 大森宣暁：大規模小売店舗の駐車場出入口の構造が交通事故や交通流に与える影響に関する分析, 交通工学論文集, Vol.6 No.2 pp.A_260-A_269, 2020.
- 6) 田部井優也, 大森宣暁, 長田哲平：駐車場出入口の構造の違いが自動車交通流に与える影響に関する分析, 交通工学研究発表会論文集, Vol.40th Page.ROMBUNNO.53, 2020.
- 7) Transportation Research Board: Highway Capacity Manual 6th edition, 2016.
- 8) R. Tapio Luttinen.: Capacity and Level of Service at Finnish Unsignalized Intersections, Finnish Road Administration, 2004.
- 9) 茂田健吾, 青山恵里, 西岡健太, 田中良寛, 横地和彦：幹線道路に接続する従道路の交通容量と遅れ時間に関する研究, 土木計画学研究発表会・講演集, Vol.65, 2022.
- 10) Simulation of Urban Mobility : <https://www.eclipse.org/sumo/> (2022 年 9 月 13 日確認)

(???? ?? ?? 受付)

EFFECT FOR TRAVEL SPEED ON ARTERIAL ROADS BY UNSIGNALIZED INTERSECTIONS ACCES

Eri AOYAMA, Kengo SHIGETA, Naoyuki KAWAMOTO and Koji MATSUMOTO