

# 周辺状況の違いに着目した車両の信号交差点 進入挙動の差異に関する分析

大島 達哉<sup>1</sup>・松本 幸正<sup>2</sup>

<sup>1</sup>学生員 名城大学大学院理工学研究科建設システム工学専攻  
(〒468-8502 愛知県名古屋市天白区塩釜口1-501)  
E-mail: ooshima@trans.meijo-u.ac.jp

<sup>2</sup>正会員 名城大学理工学部建社会基盤デザイン工学科  
(〒468-8502 愛知県名古屋市天白区塩釜口1-501)  
E-mail: matumoto@meijo-u.ac.jp

信号交差点部における無駄な車両挙動から発生している環境負荷の増大に対し、ドライバーに何らかの情報提供を行うことで環境負荷軽減につなげることができると考えられる。現実の車両挙動の把握と、ドライバーにとって情報提供となり得る歩行者用信号の点滅の影響を捉えるため、歩行者用信号の有無や時間帯の違いに着目して交差点付近の車両挙動の比較分析を行った。その結果、歩行者用信号の有無によって信号に接近する車両の動きに違いが見られ、150mから200mの部分で歩行者用信号の点滅を見た車両が加速挙動を行っているなど危険につながる挙動も見られた。また、朝の時間帯においては混雑が激しいため、情報提供のみで環境負荷の軽減へ繋げることは難しいと考えられ、他の情報提供などと組み合わせる必要があることもわかった。

**Key Words :** *Vehicle movement, information provision, signalized intersection.*

## 1. はじめに

信号交差点部においては、信号待ちによるアイドリングや停発車時の急加減速などといった無駄な車両走行挙動が発生している可能性があり、環境負荷の増大につながっている場合もあると考えられる。これらの車両に対して、事前に信号の切り替わりに関する情報を提供することができれば、無駄な車両走行挙動を減少させ、環境負荷の軽減につなげることが可能であると思われる。

無駄のない車両走行挙動を実現するために、近年では、ITS 技術を用いてドライバーへ信号の切り替わり情報や推奨走行速度といった情報を提供する研究が進められている。例えば、シミュレーションソフト上で、信号交差点に接近中の車両がそのまま進行すると停車しなければならないと判断された場合に、ドライバーに減速指示を行うというシステムを構築し、このシステムを道路で運用した場合の効果を試算する研究<sup>1)</sup>がなされている。結果として、最大で 7%の CO<sub>2</sub> 排出量削減効果が得られるという結果が導き出されている。信号に関する情報提供は、環境負荷軽減につながると言える。

現実の信号交差点において歩行者用信号がある場合、

その青点滅は、車両用信号が黄に切り替わる事前情報になり得る。したがって、歩行者用信号がある信号交差点部における車両の走行挙動と、歩行者用信号がない信号交差点部における車両の走行挙動を比較することによって、信号切り替わりに関する事前情報を受け取った場合の車両の走行挙動をある程度予見することができると思われる。

車両の走行挙動に関する研究はこれまで数多く行われている。歩行者用信号の切り替わり時における車両挙動の変化に関する研究<sup>2)</sup>、信号の現示切り替わり時における車両速度の差に関する研究などが行われており<sup>3)</sup>、様々な条件下においての車両挙動が実際に観測・研究されてきている。しかしこれらの研究の多くは、交差点付近や交差点内における車両挙動についての研究が中心で、交差点から離れた位置での車両挙動の観測や、ドライバーに対する情報提供を考慮した車両挙動の観測はあまり行われていない。

そこで本研究では、交差点からある程度離れた場所から信号交差点までを観測し、信号交差点へ進入する車両の走行挙動を捉える。歩行者用信号の青点滅を信号切り替わりの事前情報提供と仮定し、歩行者用信号の有無に

よって車両の走行挙動を比較することで、事前情報がある場合に車両挙動にどのような差異が生じているか、また、危険な車両挙動が発生していないかについて基本的な分析を行う。さらに、周辺状況の違いによる車両挙動の変化をとらえるため、同じ交差点を朝・昼・夕で観測し、時間帯による交差点周辺の車両挙動の差異を捉え、信号切り替わりに関する事前情報提供を行うに際しての考慮すべき点を明らかにする。

## 2. 観測調査の概要

### (1) 調査交差点の選定

信号交差点付近における車両挙動を把握するために、ビデオカメラを複数台用いて実際の交差点においてビデオ観測調査を行った。観測を行う交差点を選定する際の条件を以下のように設定した。

#### ① 交差点前後の線形

観測区間内に曲線等が無い、直線の道路であることを1つ目の条件とした。この理由としては、曲線部分がある交差点では減速が発生し、車両挙動に変化が生じてしまう可能性があるからである。

#### ② 観測区間周辺の見通し

信号交差点周辺の見通しが良いことを2つ目の条件とした。走行車両は、前方に見通せる信号機の状態によって車両挙動を変化させることがあると考えられることから、信号交差点より十分手前から信号機が見通せることを条件とした。

#### ③ 観測区間側方の見通し

直線区間を走行する車両を連続的に観測するためには、対象となる道路の側方にビデオカメラを設置して、1台のビデオカメラでなるべく広範囲を撮影し、観測を行う必要がある。そのため、信号交差点付近に大きな構造物が立地しておらず、観測区間の側方から見通しが良いことを条件とした。

#### ④ 歩行者用信号の視認性

歩行者用信号がある交差点においては、車両から歩行者用信号が視認可能であることを条件とした。歩行者用信号が視認できない交差点では、歩行者用信号は信号の事前切り替わり情報にはなり得ないからである。

以上の条件にあてはまる交差点として、歩行者用信号のない交差点は愛知県日進市にある西浦交差点の県道219号に交差する側の道路、歩行者用信号ありの交差点は愛知県日進市の市役所東交差点の県道57号に交差する側の道路を対象とした。観測区間については既存研究<sup>2)</sup>より300m前後から信号状態による車両挙動の変化が確認されているため、交差点から400m離れた位置から観測を行った。

信号や時間帯以外の影響を受けていないデータを得るために、前方との車頭時間が3秒以上の車両のみを分析対象のサンプルとし、それ以下の車頭時間の車両は追従挙動を行っているとして分析対象サンプルから除外した。車頭時間が3秒以上という条件に関しては、既存研究<sup>2)</sup>において自由走行を行っている車両と定義された値を参考とした。また、交差点までの道路において流入・流出を行っていない普通車のみを対象とし、これら全ての条件を満たす車両のみを分析対象サンプルとした。

### (2) 西浦交差点（歩行者信号無し）における調査

歩行者用信号の無い西浦交差点では2回の観測調査を実施した。西浦交差点では停止線を基準として観測区間を設定し、観測区間の側方に合計6台のビデオカメラを用いて、西浦交差点に向かって走行する車両を観測した。1回目の観測調査では停止線から300mまでの区間を、2回目の観測調査では停止線から330mまでの区間を撮影した。この区間における制限速度は40km/hである。

この交差点の観測側の信号サイクルは青信号24秒、黄信号3秒、赤信号53秒の合計80秒となっている。交差側の交通に比べて観測側の青時間が短く、赤時間が長くなっている。また、この交差点では16時以降に信号サイクルが90秒に変化するため、今回の分析では16時以降のデータは除外して分析を行った。

### (3) 市役所東交差点（歩行者信号あり）における調査

歩行者用信号のある市役所東交差点においても、6台のビデオカメラを用いて停止線から400m離れた地点と停止線を端とした区間を観測した。また、この交差点では3つの異なる時間帯における調査も行った。各時間帯の調査時間は、朝の観測調査は2012年10月15日の7時30分から約2時間半、昼の観測調査は2012年6月23日の10時から2時間、夕方の観測調査として2012年の11月22日の15時から約3時間である。この道路の規制速度は40km/hとなっている。

この交差点の観測側の車両用信号のサイクルは、青信号33秒、黄信号4秒、赤信号83秒の合計120秒サイクルとなっており、観測方向の青時間は交差側と比較して短いことが分かる。また、市役所東交差点に向かって走行する車両が見ることができる歩行者用信号の信号サイクルは、青信号23秒、青点滅8秒、赤信号89秒となっている。歩行者用信号の点滅が23秒で始まり、車両用信号が37秒で赤信号に変化することから、ドライバーは最大で14秒前から車両用信号の変化を感知することが可能になることがわかる。

## 3. 歩行者用信号の有無による車両挙動の変化

歩行者用信号の有無による車両挙動の分析では、西浦

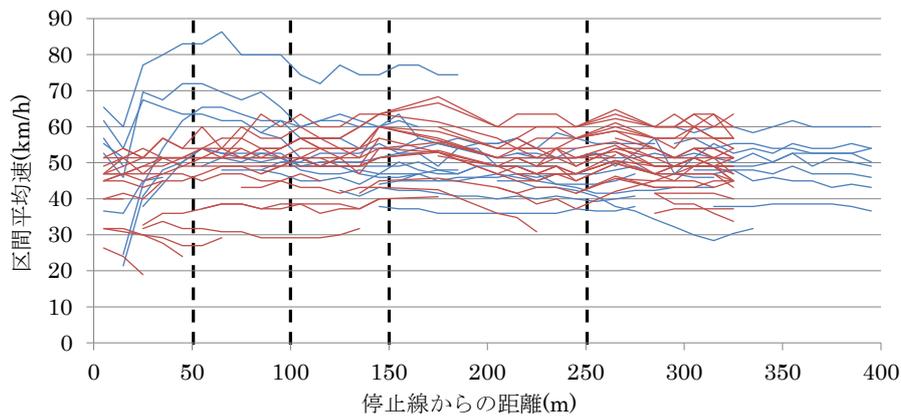


図1 歩行者用信号の有無に着目した個々の車両挙動の軌跡

表1 歩行者用信号の有無に着目した区間別の車両速度による平均値の差の検定結果

分割区間	0m - 50m		50m - 100m		100m - 150m		150m - 250m		250m 以降	
	有	無	有	無	有	無	有	無	有	無
サンプル数	35	80	43	81	55	87	116	114	150	163
平均速度	54.14	43.95	59.53	48.03	53.34	50.36	49.00	51.18	50.24	50.99
平均速度の差	10.19 **		11.5 **		2.98		-2.17 *		-0.75	
分散	189.93	82.41	113.88	66.55	81.25	68.26	62.54	46.42	72.97	45.25

交差点における観測結果と市役所東交差点での10時から1時間分の観測結果を用いて比較を行う。歩行者用信号の有無による違いは、信号サイクル上では歩行者用信号の点滅から車両用信号が変化するまでの時間と考えられるため、その部分に着目して分析を行う。具体的には、市役所東交差点の信号サイクル上における23秒から37秒の間の14秒間の車両挙動と、西浦交差点における13秒から27秒までの14秒間における車両挙動をそれぞれ比較することで、歩行者用信号の影響を明確にする。

図1の青い線は歩行者用信号無しでの14秒間の車両挙動を示しており、赤い線は歩行者用信号ありでの14秒間の車両挙動を示している。300m付近の車両挙動では全体的に違いが見受けられないが、150mから200mの間ではわずかに赤い線が青い線の上に集中している様子が見て取れる。しかし、停止線に近づくにつれ、青い線が赤い線の上に来るといった傾向が見て取れる。歩行者用信号ありの車両挙動では停止線に近づくほど、加速している傾向が見て取れ、反対に歩行者用信号が無い車両挙動では、近づくにつれ減少傾向があることが見て取れる。

車両挙動を詳細に見るため、両交差点の観測区間を0mから50m、50mから100m、100mから150m、150mから250m、250m以降の5つの区間に分割し、その区間内の車両速度の平均値の差を検定した結果が表1である。この結果から、0mから100mの近距離では1%有意で差が存在し、歩行者用信号がある交差点での速度が高いという結果が得られた。ここから、歩行者用信号点滅時に停止線から100m以内にいるドライバーは加速する傾向があり、交差点を早く通りぬけようとしていることがわかる。そのため、交差点付近のドライバーへの情報提供は加速

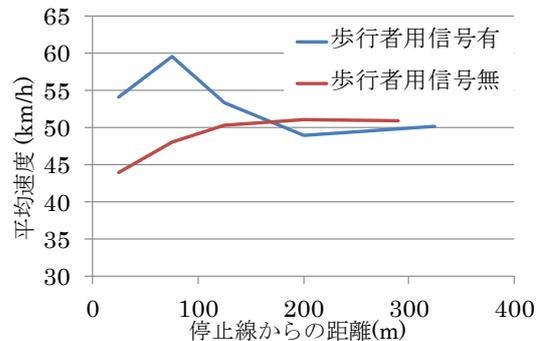


図2 表1における平均速度のプロット結果

挙動を誘発する可能性があり、危険につながると考えられる。

他方、150mから250mの区間では5%有意で差が存在し、歩行者用信号がある場合の車両速度が遅くなるという結果が得られた。ここから、停止線から離れた位置で歩行者用信号の点滅を見たドライバーは交差点での通過をあきらめて減速をする傾向があると考えられる。そのため、交差点から離れた場所にいるドライバーに情報提供を行うことで緩やかな車両挙動になると共に、アイドリング時間の減少などにもつながると考えられるため、情報提供が有効な領域であると考えられる。

分散の値に注目すると、すべての区間において歩行者用信号ありの値のほうが大きい。ここから、速度のばらつきは全体的に歩行者用信号ありの交差点のほうが大きいことが見て取れる。これは、歩行者用信号の点滅に対して加速、減速、速度維持という反応がドライバーによって異なっているためではないかと考えられる。

図2は表1の平均速度をそれぞれプロットしたものである。歩行者用信号無しの場合は停止線に対してゆっくり

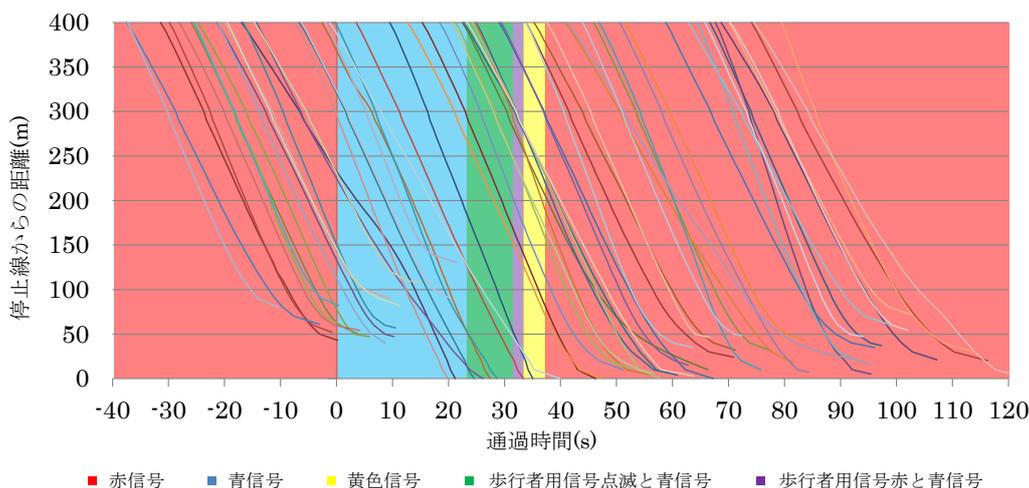


図3 市役所東交差点の朝における車両の通過時間と停止線からの距離のグラフ

りと減速傾向があることが見て取れる。それに対して、歩行者用信号ありの場合は150mから200mの区間を境に速度が逆転していることが見て取れる。150mから200mという距離は、ちょうど40km/hから50km/hで14秒間進行した時の距離に相当するため、この区間の車両はドライバーの判断や車両の現在速度によっては加速して通過を選択するドライバーや、減速して停止に備えるドライバーとが分かれる可能性がある。2台の車両が連なって進行している時を考えた場合、情報提供を受けた前方のドライバーは減速、後方のドライバーは加速をするような場合もあり、事故につながる危険性があることがわかる。

#### 4. 各時間帯の車両挙動の分析

時間帯別の分析では、市役所東交差点の車両挙動のみをそれぞれ比較する。用いるデータはそれぞれ、朝の観測データは7時30分からの30分間、昼の観測データは10時からの1時間、夕方の観測データは17時からの30分間の合計2時間分のデータとする。分析方法はビデオカメラの画像を目視し、10m間隔を通過する時間を算出し、10m通過するのにかかった時間から速度をそれぞれ算出するという方法で行った。

それぞれの観測における有効サンプル数は朝の調査で61台、昼の調査で101台、夕方の調査で63台となった。

##### (1) 朝の車両挙動

図3は縦軸には停止線からの位置を、横軸には1サイクルを基準とした経過時間を示し、それぞれの線は車両の軌跡を示している。このグラフの車両挙動プロットの方法について以下に述べる。例えば、調査開始後の最初の青信号が点灯してから200秒経過した後に観測区間端に流入してきた車両を仮定する。市役所東交差点の信号サイクルは120秒であるため、この横軸の時間では1サイク

ル経過した後、2サイクル目の80秒の地点で流入したということになる。そのため、この車両は横軸80秒、縦軸は400mの位置に最初の点をプロットするということになる。このような方法で、通過時間における車両位置をそれぞれプロットしたものが図3である。ただし、赤信号から青信号の切り替わり時における車両挙動をより明確にするために、青信号が点灯する40秒前までに観測区間に流入した車両は基準点となる青点灯時の左側へプロットを行っている。そのため、グラフ左上には車両が存在しない領域があるように感じられるが、80秒以降に観測区間に流入した車両はグラフ左側へプロットを移した結果である。また、図の背景色は信号状態を示しており、それぞれの信号状態が時間経過と共に移り変わっていく様子が見て取れる。

図3より、今回の調査では青信号になって20秒経過するまでに、自由走行を行った上で交差点に進入できた車両は存在しなかった。これは、朝の時間帯のため通勤利用などで道路が混雑し、滞留車両が多くなってしまい、自由走行を行って通過することが難しくなっているからではないかと考えられる。

ここから、朝の通勤時などにおいては、青信号に変わった後に通過できるような推奨速度情報をドライバーに提供したとしても、滞留車両の影響などを受けて、通過できない可能性が高いと考えられる。そのため、交通自体を変化させた後に情報提供を行う、信号制御との連動等の必要があると考えられる。

##### (2) 昼の車両挙動

図4は図3同様のグラフを、昼時間帯の調査結果をもとにプロットしたものである。図3とは異なり、どの信号タイミングであっても自由走行を行って停止線まで到達している車両があることが見て取れる。通勤のピーク時間が過ぎて道路の混雑が緩やかになったため、滞留車両が少ない状態での走行ができるようになったためだと

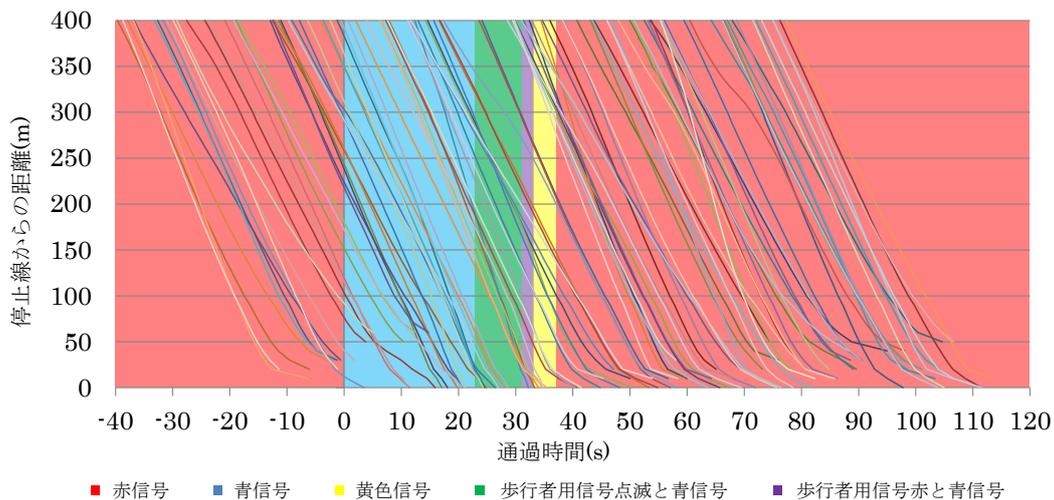


図4 市役所東交差点の昼における車両の通過時間と停止線からの距離のグラフ

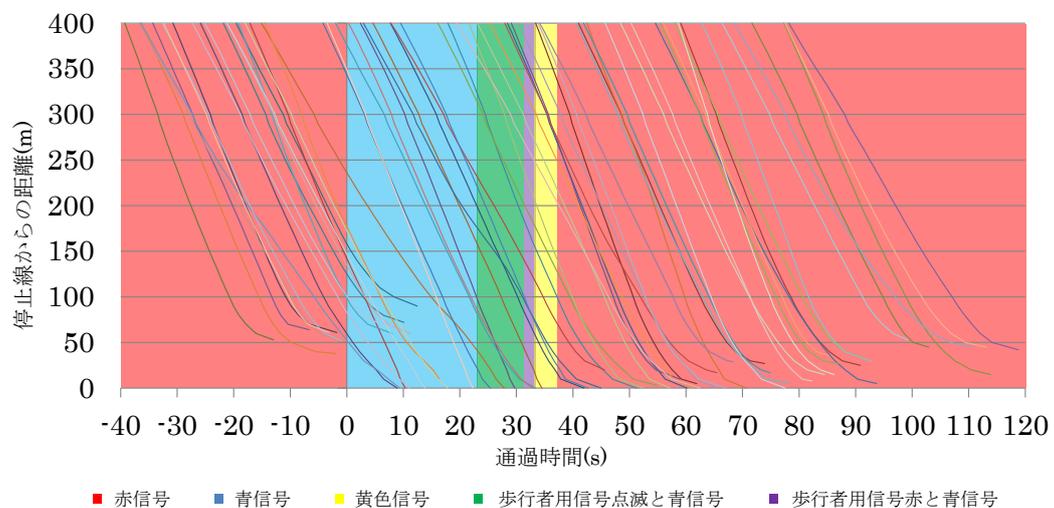


図5 市役所東交差点の夕方における車両の通過時間と停止線からの距離のグラフ

考えられる。ここから、昼の時間帯においては信号が青に変化した直後に通過できるような推奨速度情報を提供することも可能であり、情報提供がより有効に活用できる時間帯であると考えられる。

### (3) 夕方の車両挙動

図5は図4、3同様のグラフを夕方の観測調査データをもとにプロットしたものである。グラフから、青信号に変化する前後における車両の停車位置が50m前後になっていることから、帰宅するドライバーによって朝同様の混雑が発生していることが見て取れる。しかしながら、青信号になってから自由走行を行っている車両が通過するタイミングは朝とは異なっており、一部の車両は青信号に変化して10秒前後に通過していることが見て取れる。この車両挙動を見ると、調査区間に流入してからほかの車両よりもゆっくりと進んでいることが、車両挙動プロットの傾きから見て取れる。これは、夕では朝昼と比較して歩行者用信号がはっきりと確認できるようになるため、歩行者用信号の状態を見て走行しているのではない

かと考えられる。このように、情報提供を行っていても、情報提供を行った時のような低速走行、信号交差点の無停止通過という進入行動をしているドライバーが存在する可能性が示唆されている。情報提供システムを運用することで、このような車両挙動を増やすことが可能になると考えられる。

### (4) 時間帯別車両挙動の比較

それぞれの時間帯における車両挙動を比較するために、それぞれの時間帯の青信号の変化直後、歩行者用信号の点滅開始直後、歩行者用信号の点滅終了直後、黄色信号の変化直後、赤信号変化直後という5つの信号状態の変化直後における個々の車両速度を用いて、一元配置分散分析を用いて主効果の有無を検定した結果を表2にまとめる。この結果から、有意な差異が表れたのは青信号の変化直後のみという結果であった。これは、朝、夕方の混雑度合いによっては、青信号に変化した直後に交差点付近で車列が形成されており、速度に影響を及ぼしたのではないかと考えられる。分析結果から有意な違いは見

られないものの、全体的に昼時間帯での平均速度が高い傾向が見て取れる。また、黄信号変化直後では、全ての時間帯で同等の速度が算出されている。青信号変化直後において、時間帯別でばらついていた速度が徐々に自由走行を行う速度に収束している様子が見て取れ、その収束速度は50km/h程度になると考えられる。ここから、情報提供を行う際は、朝と夕に見られる速度低下や、交差点部での車列形成を考慮して、前方への注意を喚起する必要があると考えられる。また、黄信号の変化直後の速度が最も早くなるということから、交差点から近い距離で加速している場合は、交差点部への駆け込み挙動の恐れが、交差点から遠い距離から加速している場合はアイドリング時間の増加につながる恐れもあるため、これらの挙動を抑制するような情報提供を構築する必要があると考えられる。

## 5. まとめ

本研究では歩行者用信号の有無及び異なる時間帯での交差点周辺の車両挙動を観測し、その交差点への接近及び進入行動に着目して分析を行うことで、情報提供システム構築に際して考慮すべき点の考察を行った。

歩行者用信号の有無による車両挙動の比較結果から、事前に赤信号へ変化するという情報を交差点から近い距離にいるドライバーへ提供した場合は加速挙動へと繋がりが、危険が生じる可能性があることがわかった。また、150mから200m程度の位置にいる車両に対しては、加速するか減速するか判断がドライバーに任されてしまうことから、異なる判断が下された際は事故につながる危険性が考えられる。対して、200m以降に存在している車両は減速挙動を行う傾向が見られたため、アイドリング時間の減少や緩やかな車両挙動へつながる可能性があることがわかった。

時間帯別の車両挙動を見た結果、朝の時間帯では通勤利用者等の関係から道路が混雑するため、青信号に変化した直後に通過できるような情報提供を行ったとしても、通過できない可能性が高いと考えられる。そのため、推奨速度情報のみだけでなく、信号制御や経路選択等と組み合わせる必要があると考えられる。昼の時間帯では自由走行を行ったうえで青信号に変化した直後に交差点を通過する車両も見られることから、交通量の少なくなっ

表2 時間帯別の信号状態の変化直後の速度比較

	平均速度(km/h)			P値
	朝	昼	夕	
青変化直後	32.67	43.30	39.90	0.03**
歩行者用信号点滅開始直後	44.07	48.05	44.94	0.27
歩行者用信号点滅終了直後	46.09	49.28	44.46	0.30
黄変化直後	48.60	48.58	48.66	1.00
赤変化直後	47.29	45.09	46.11	0.81

\*\* 1%有意      \* 5%有意

ている時間帯では情報提供が有効になる可能性が高いと考えられる。夜の時間帯では、朝同様の混雑が少し見られたため、交通状況を考慮した情報提供を構築する必要があると考えられる。この時間帯では低速走行を行い、交差点を無停止で通過するという情報提供を行った時の走行に近い運転がみられた。情報提供を行うことでそのような車両挙動が増加する可能性があると考えられる。

時間帯別の車両挙動を比較した結果、青信号変化直後の車両速度に有意な差異がみられ、平均値から、朝と夕の速度が遅く算出された。ここから、時間帯によっては混雑する道路もあると考えられるため、推奨速度の提供のみでなく、前方車両に注意するなどの情報提供を行う必要があると考えられる。

今後は、さらにデータを分析してサンプル数を増加させて分析を行うことで、時間帯別の交差点進入挙動や接近挙動をより明確にし、状況別の情報提供を考案する必要があると考えられる。

謝辞：本研究は、平成24年科学研究費補助金・基盤研究(C) (課題番号：24560650)を受けた研究成果の一部である。ここに記して、謝意を表す。

## 参考文献

- 1) Iwata, Y., Otake, H. and Takagi, M. (2012). Results from Simulation Evaluation of Green Wave Advisory System. Proceeding of 19th ITS World Congress, Austria, CD-ROM.
- 2) 宮田健治・吉井稔雄：信号現示切り替り時における車両加速挙動の分析，土木計画学研究発表会・講演集 No.24, pp.329-330, 2001
- 3) 小出啓明・大口敬・鹿田成則・小根山裕之：歩行者信号に着目した車両挙動分析，交通工学研究会発表論文集No.31, pp.8-10, 2011

# ANALYSIS OF VEHICLE APPROACHING BEHAVIOR AT SIGNALIZED INTERSECTION BETWEEN DIFFERENT PERIPHERAL CONDITIONS

Tatsuya OSHIMA, Yukimasa MATSUMOTO