CAN データを活用した右折車両による円滑性・安全性低下挙動の分析

森本　清誠[1]・田中　淳[2]・立松　秀樹[3]・松井　祐樹[4]・大勝　友貴[5]

[1]非会員　トヨタ自動車株式会社（〒457-8711 愛知県名古屋市中村区名駅 4-7-1）
E-mail: kiyoaki_morimoto@mail．toyota．co．jp

[2]正会員　株式会社オリエンタルコンサルタンツ（〒151-0071 東京都渋谷区本町 3-12-1）
E-mail: tanaka-at@oriconsul．com

[3]正会員　株式会社オリエンタルコンサルタンツ（〒450-0003 愛知県名古屋市中村区名駅南 2-14-19）
E-mail: tatematsu @oriconsul．com

[4]正会員　株式会社オリエンタルコンサルタンツ（〒450-0003 愛知県名古屋市中村区名駅南 2-14-19）
E-mail: matsui-yu@oriconsul．com

[5]正会員　株式会社オリエンタルコンサルタンツ（〒450-0003 愛知県名古屋市中村区名駅南 2-14-19）
E-mail: tdaikatsu @oriconsul．com

右折滞留車両による右折車線からのはみ出しは，交通渋滞や追突事故の誘発等，道路交通課題の起因となりうる事象である．そのため，当該事象が発生している箇所の特定及び，然るべき対策の実施が道路交通課題の解決につながるといえる．これまで，本挙動の発生箇所の特定には，技術者による現地踏査，交通状況調査が行われているが，これらは人手，時間，コストを要する．一方で近年，民間プローブデータを活用することで様々な交通挙動を効率的に把握することが可能となっている．そこで本稿では，トヨタ自動車株式会社が提供している T-Connnect サービスにおいて利用許諾を得てお客様から取得している CAN データを用いて，右折滞留車両による右折車線からのはみ出しの発生メカニズムを分析し，当該事象発生箇所を特定するための基礎研究を行ったものである．

Key Words: *car probe data，can data，traffic smoothness，road safety，right-turning vehicle behavior*

1.　はじめに

わが国では，渋滞箇所が点在し一人当たり年間約 40 時間の損失を被っており，各関係機関が渋滞対策に取り組んでいる．渋滞要因は，さまざまであり，渋滞要因に適した対策の実施が必要であるといえる．

例えば，右折車両台数が多く，右折車線長が短い交差点においては，右折待ち行列が，右折車線を越え直進車線まで延伸することで後続直進車両の通行を阻害（以降，右折ブロック）することで青時間が有効に活用されず渋滞が発生することがある（**図-1**）．右折ブロックは，後続直進車が予期せぬ車両滞留であることから追突事故を誘発する可能性もあり，交通円滑性低下の観点だけでなく，交通安全性低下の要因の一つともいえる．

これまで，右折ブロック発生箇所の特定には，右折ブロック発生が想定される箇所において，現地踏査や交通状況調査を実施してきた．しかし，これらの手法では，調査のための技術力，人手，時間，費用を要することに合わせ，不特定多数の交差点を対象に調査することは非現実的である．



図-1　右折ブロック状況（春日井インター東交差点）

このような状況下で，近年，交通状況や車両挙動を把握するためにカープローブデータの利活用が進んでいる．代表的なカープローブデータとして，国土交通省の ETC2．0 プローブデータ，トヨタ自動車株式会社のトヨタドライブ統計，本田技研工業株式会社の Honda Drive Data Service 等が存在し，道路行政分野等にて活用されている．

そこで，本稿では，右折ブロックが発生している交差点を対象に，トヨタ自動車株式会社のカープローブデータを用いて右折ブロック発生メカニズムを分析し，右折ブロック発生箇所を特定するための基礎研究を行ったものである．

2.　トヨタ自動車のカープローブデータの概要

(1)　データの仕組

車両に搭載した DCM（Data Cmmunication Module）と呼ばれる通信モジュールを介して，「走行情報」や「状態情報（走，曲，止）」をトヨタ自動車のデータセンターに蓄積している（図-2）．これらのデータは，利用規約に準拠して個人を特定できない形に統計処理したうえで提供されている．

(2)　取得可能なデータ

トヨタ自動車のカープローブデータは，走行情報及び状態情報（走，曲，止）の取得が可能である．

走行情報は，GPS 単独測位情報に加え，車両に組み込まれたジャイロセンサーから，より精緻な位置情報を生成したものである．

状態情報（走，曲，止）は，通称 CAN データ（Controller Area Netwaork データ）と呼ばれ，エンジン，トランスミッション，ステアリング，アクセル，ブレーキ等の様々な ECU が，その制御のために生成している膨大なデータである．具体的には，アクセルの状態，ブレーキの状態，ハンドルの状態，ウインカーの状態等が取得可能である（図-3）．

3.　対象交差点の概要

本稿では，朝，夕ピークの時間帯において，右折ブロックが発生している交差点を対象とし分析を行った．対象交差点は以下の 2 箇所である．

・春日井インター東交差点（南側）※愛知県
・垂坂町交差点（東側）※三重県

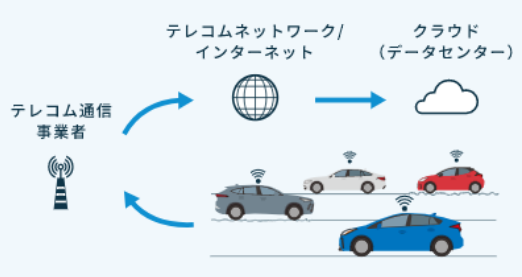


図-2　データの仕組

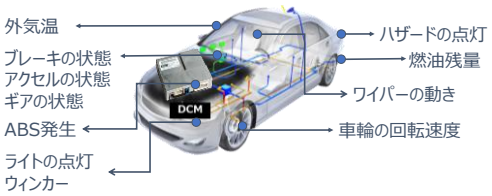


図-3　CAN データの一例



図-4　春日井インター東交差点の道路状況



図-5　垂坂町交差点の道路状況

（出典 Google Maps）

(1)　春日井インター東交差点の概要

春日井インター東交差点は，国道 19 号と国道 155 号の交差点である．本稿にて対象とする国道 19 号南側流入部は，片側 4 車線+右折付加車線であり，右折車線長約 150m である．（図-4）

(2)　垂坂町交差点の概要

垂坂町交差点は，国道 1 号北勢バイパスと市道の交差点である．本稿にて対象とする国道 1 号北勢バイパス東側流入部は，片側 1 車線+右折付加車線であり，右折車線長約 170m である．（図-5）

4. 分析方針

本稿では，マクロ，ミクロの視点から右折ブロック発生時の車両挙動を分析した．

(1) マクロ分析：車両走行履歴分析

右折ブロック発生時における右折車両及び直進車両の走行情報の変化について仮説をたて，以下の分析を実施した．

a) 通過所要時間分析

右折ブロックが発生した場合，右折車両が交差点を通過するために要する時間が増加することが想定される．そこで，非渋滞時，渋滞時における右折車両の交差点通過所要時間を比較することで右折車両の影響で発生している渋滞を検知する． (図-6)

また，直進左折車両についてもあせて検証することで検証箇所の渋滞がいずれの車両に起因して発生したのか明確化する．本分析では，停止線から右折滞留長までを対象区間とした．

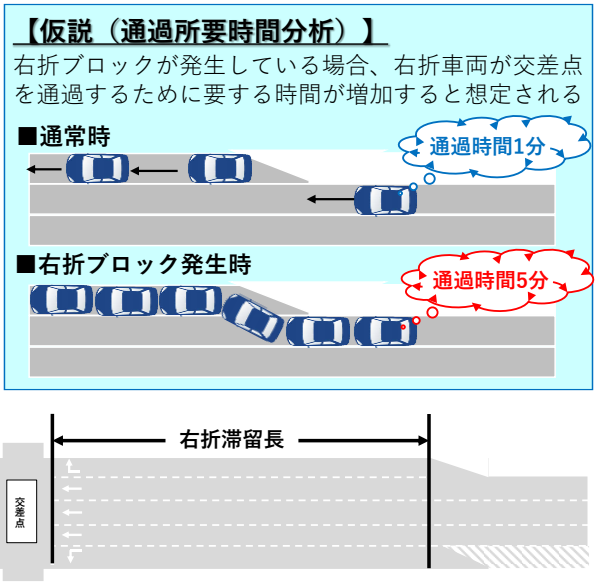


図-6 通過所要時間分析のイメージ（上段）と分析区間（下段）

b) 車両停止回数分析

右折ブロックが発生した場合，右折車両が交差点を通過するまでに停止する回数が増加することが懸念される．そこで，非渋滞時，渋滞時における右折車両の交差点を通過までの停止回数を比較することで右折車両の影響で発生している渋滞を検知する． (図-7)

また，直進左折車両についてもあせて検証することで検証箇所の渋滞がいずれの車両に起因して発生したのか明確化する．本分析では停止線から 300m 上流までを対象区間とした．

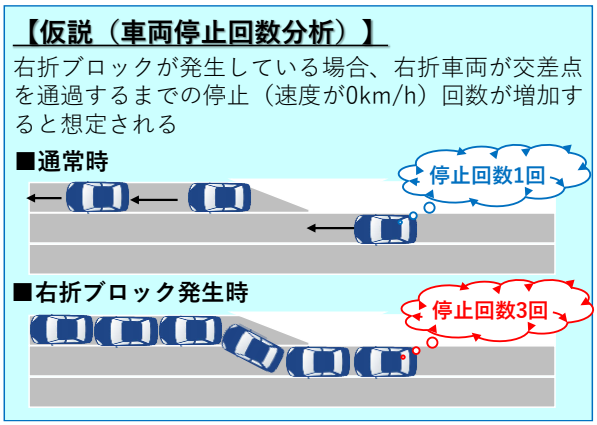


図-7 車両停止回数分析のイメージ

(2) ミクロ分析：車両状態情報分析

右折ブロック発生時における右折車両と直進車両の状態情報の変化について仮説を立て，以下の分析を実施した．

a) 右折滞留車両の後続直進車両による避走分析

右折車両が右折車線からはみでることで形成される滞留末尾位置を特定するため，直進車両を対象に右折車両の滞留末尾において後続直進車両が右折滞留車両を避けるためのハンドル操作に着目し，ハンドルを左に回す挙動の頻度を CAN データから取得し，頻度が高い箇所を右折滞留末尾として右折滞留末尾位置を特定する．(図-8)

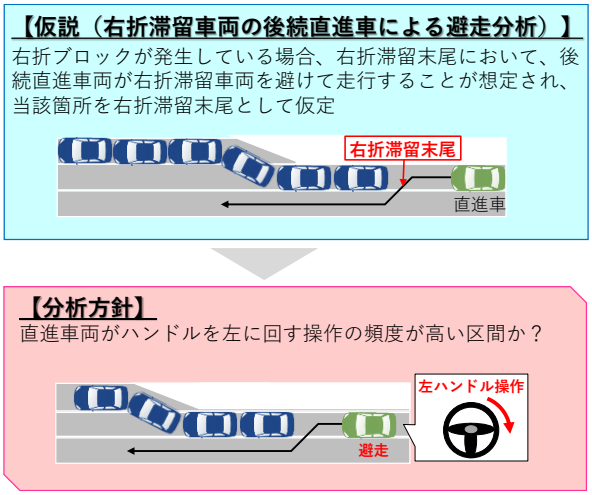


図-8 右折滞留末尾位置の特定分析のイメージ

5. 分析結果

本稿では，別途取得した交通状況調査結果を正解データとして，カープローブデータから分析した結果を検証した．

(1) 交通状況調査概要と調査結果

a) 交通状況調査概要

交通状況調査は，2023 年 6 月 1 日（木）（春日井インター東交差点），2023 年 6 月 8 日（木）（垂坂町交差点）のピーク時（7:00-9:00）及びオフピーク時（10:00-11:00）を含む計 3 時間実施した．

調査内容としては，右折ブロック発生状況を把握するため，各サイクルにおいて，調査対象流入部にける直進車両の信号現示が青に変化したタイミング及び赤に変化したタイミングにて右折ブロックの有無を取得した．

また，ビデオカメラを設置し，定点観測することで右折ブロック発生地点についても記録した．

b) 交通状況調査結果

図-9 に春日井インター東交差点，図-10 に垂坂町交差点における右折ブロック発生回数を示す．

春日井インター東交差点では，ピーク時において，7:30～8:40 に右折ブロックが発生している．また，オフピーク時においても一部の時間帯で右折ブロックが発生している．

垂坂町交差点では，ピーク時において，7:00～8:20 に右折ブロックが発生している．一方，オフピーク時においては右折ブロックの発生は見られない．

(2) マクロ分析結果

a) 通過所要時間分析

図-11 に春日井インター東交差点，図-12 に垂坂町交差点における 1 台毎の通過所要時間，1 台当たりの平均通過所要時間，直進左折通過所要時間に対する右折通過所要時間の割合を示す．

春日井インター東交差点では，8 時台，17 時台において，右折通過所要時間が特に長く分布し，直進通過所要時間よりも長い傾向にある．また，直進左折通過所要時間は，いずれの時間帯も概ね同程度の分布を示している．そのため，8 時台，17 時台において，右折通過所要時間が直進左折通過所要時間の約 4 倍程度となっている．

垂坂町交差点では，7 時台，8 時台において右折通過所要時間が特に長く分布し，直進通過所要時間よりも長い傾向にある．また，直進左折通過所要時間は，いずれの時間帯も概ね同程度の分布を示している．そのため，7 時台，8 時台において，右折通過所要時間が直進左折通過所要時間の約 2 倍程度となっている．（16 時台はサンプル数が少ないため考察から除外）

これより，交通状況調査結果にて右折ブロックが発生していた時間帯の一部について右折車両に起因した渋滞が発生していた可能性があることが本分析から示された．

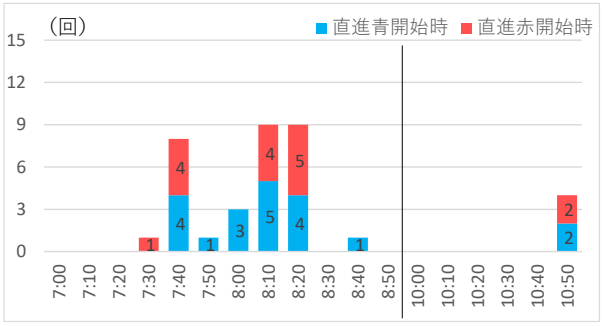


図-9 春日井インター東右折ブロック発生回数

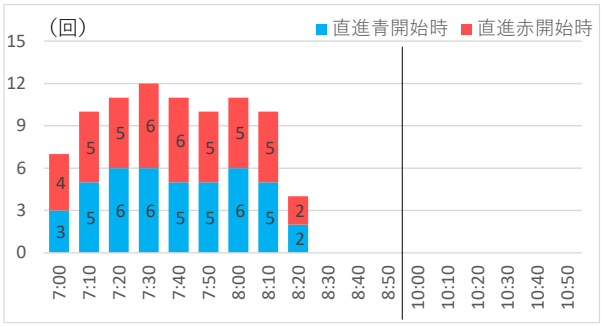


図-10 垂坂町右折ブロック発生回数

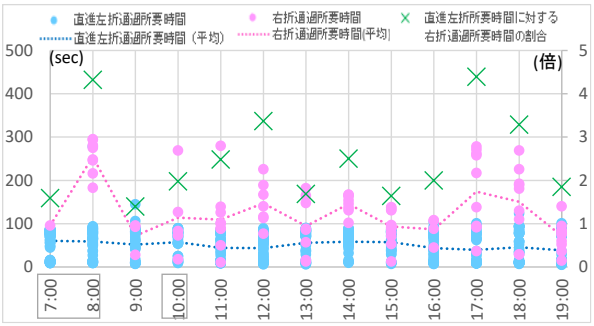


図-11 春日井インター東通過時間分析結果

（灰色枠：交通状況調査実施時間帯）

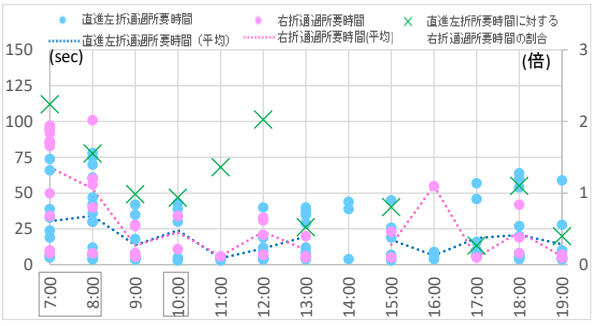


図-12 垂坂町通過時間分析結果

（灰色枠：交通状況調査実施時間帯）

※16 時台の直進左折通過所要時間に対する右折通過所要時間の割合は異常値のためグラフ外データの検証が必要

b)　停止回数分析

図-13 に春日井インター東交差点，図-14 に垂坂町交差点における 1 台毎の停止回数，1 台当たりの平均停止回数，直進左折停止回数に対する右折停止回数の割合を示す．

春日井インター東交差点では，8 時台，17 時台において，右折停止回数が特に多く，直進左折停止回数よりも多い傾向にある．また，直進左折車両については，一部の時間帯にて停止回数が多い時間帯がみられるが，概ね同程度の分布を示している．そのため，8 時台，17 時台において，右折停止回数が直進左折停止回数の約 4 倍程度となっている．

垂坂町交差点では，7 時台，8 時台において右折停止回数が特に多く，直進左折停止回数よりも多い傾向にある．また，直進左折車両については，いずれの時間も概ね同程度の分布を示している．そのため，7 時台，8 時台において，右折停止回数が直進左折停止回数の約 2～3 倍程度となっている．

これより，交通状況調査結果にて右折ブロックが発生していた時間帯の一部について右折車両に起因した渋滞が発生していた可能性があることが本分析から示された．

(3)　ミクロ分析結果

a)　右折滞留車両の後続直進車両による避走分析

図-15 に春日井インター東交差点，図-16 に垂坂町交差点における直進左折車両 1 台当たりの左ハンドル操舵発生頻度（10m ピッチ）を示す．なお，本ハンドル操舵発生頻度は，微小なハンドル操作を除くため-0～-5deg 間の操舵角を記録したものは除外し，さらに，連続して同じ操舵角を記録したものも発生頻度として計上しないこととした．

春日井インター東交差点では，右折車線長上流（160m から上流）にて，7 時台，8 時台，14 時台，17 時台，18 時台において左ハンドル操舵発生頻度が $\mu+1\sigma$ 以上の高い区間が存在する．

垂坂町交差点では，右折車線長上流（170m から上流）にて，7 時台，8 時台において左ハンドル操舵発生頻度が $\mu+1\sigma$ 以上の高い区間が存在する．

これより，交通状況調査結果にて右折ブロックが発生していた時間帯の一部について，右折滞留車両に対する後続直進車両の避走状況が確認でき，右折滞留車両によ

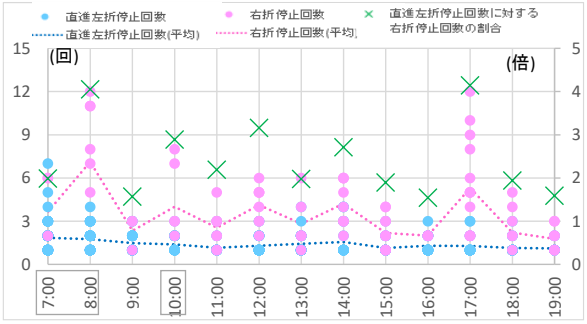


図-13　春日井インター東停止回数分析結果

（灰色枠：交通状況調査実施時間帯）

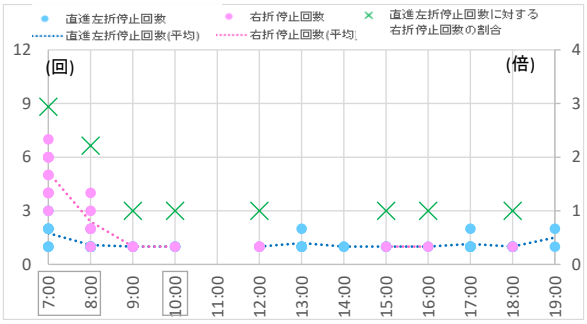
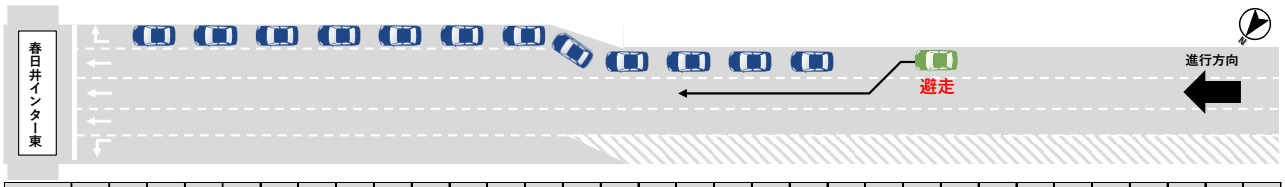


図-14　垂坂町停止回数分析結果

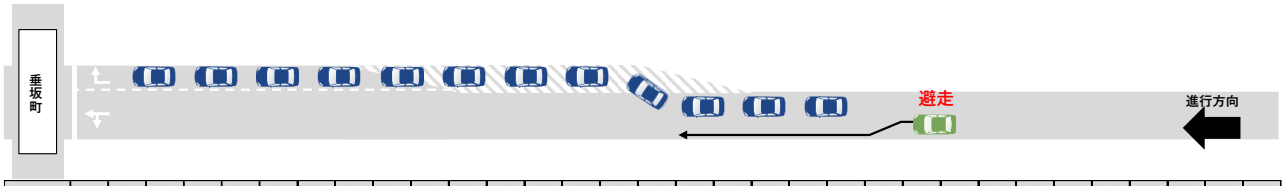
（灰色枠：交通状況調査実施時間帯）



	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300	300
7:00	0.00	0.41	0.60	0.43	0.82	0.63	0.88	0.77	0.90	0.60	1.12	0.77	1.22	1.27	1.31	0.79	0.44	0.51	0.69	0.80	0.55	1.26	0.60	0.56	0.77	0.36	0.80	0.58	0.76	0.55	0.61	0.61
8:00	0.02	0.21	0.52	0.34	0.41	0.50	0.72	0.74	0.98	0.78	1.00	1.38	1.07	1.18	1.00	1.07	0.29	0.38	1.34	1.13	1.25	1.45	1.32	0.50	0.91	0.48	0.80	1.00	0.54	0.77	0.67	0.67
9:00	0.00	1.91	0.64	0.98	0.32	0.98	0.86	0.77	0.30	0.24	0.38	0.64	0.71	0.56	0.36	0.78	0.31	0.16	0.56	0.60	0.80	0.76	0.51	0.29	0.29	0.36	0.25	0.28	0.14	0.30	0.58	0.58
10:00	0.00	0.67	0.85	3.15	1.09	0.73	1.06	0.42	0.36	0.73	0.84	0.75	0.44	0.25	0.34	0.47	0.09	0.19	0.50	0.28	0.44	0.56	0.28	0.22	0.31	0.38	0.38	0.22	0.28	0.06	0.25	0.25
11:00	0.00	0.18	0.30	0.36	0.94	0.44	0.62	0.71	0.82	0.35	0.26	0.18	0.18	0.35	0.21	0.24	0.24	0.06	0.21	0.29	0.62	0.50	0.21	0.18	0.26	0.41	0.36	0.42	0.09	0.06	0.03	0.03
12:00	0.00	0.43	0.43	0.53	0.67	0.69	1.54	0.60	0.94	0.75	0.52	0.38	0.75	0.54	0.42	0.40	0.56	0.54	0.17	0.63	0.46	0.48	0.17	0.15	0.33	0.21	0.42	0.15	0.10	0.15	0.10	0.10
13:00	0.00	1.05	0.50	0.61	0.64	0.27	0.48	0.68	0.47	0.73	0.87	0.47	0.82	0.47	0.62	0.49	0.67	0.20	0.58	0.67	0.44	0.71	0.27	0.18	0.13	0.29	0.49	0.44	0.24	0.24	0.24	0.24
14:00	0.00	0.66	0.45	0.66	0.93	0.69	1.03	0.93	0.55	0.61	0.50	1.04	0.96	1.61	1.93	0.39	2.25	0.75	0.61	0.71	0.46	0.86	1.25	0.68	0.61	0.24	0.31	0.17	0.31	0.24	0.69	0.69
15:00	0.00	0.76	0.19	0.21	0.36	0.40	0.60	0.62	0.69	0.17	0.31	0.43	0.49	0.35	0.35	0.35	0.16	0.28	0.25	0.25	0.16	0.22	0.22	0.11	0.07	0.16	0.11	0.12	0.09	0.14	0.09	0.09
16:00	0.00	0.41	1.30	0.48	0.27	0.50	0.45	0.80	0.80	1.32	0.52	0.25	0.32	0.42	0.30	0.42	0.44	0.49	0.45	0.38	0.60	0.24	0.37	0.24	0.22	0.07	0.10	0.34	0.22	0.17	0.10	0.10
17:00	0.03	0.47	0.35	0.38	0.76	0.74	0.59	0.47	0.35	0.53	0.35	5.66	0.91	1.31	0.97	0.40	0.34	1.00	0.57	0.74	0.83	0.66	0.29	0.46	0.31	0.17	0.03	0.14	0.14	0.17	0.17	0.17
18:00	0.00	0.16	0.35	0.29	0.24	0.39	0.41	0.61	0.20	0.29	0.29	0.49	0.85	0.81	0.67	0.54	0.48	0.54	0.54	1.19	0.21	0.67	0.35	0.31	0.43	0.20	0.16	0.14	0.06	0.08	0.14	0.14
19:00	0.00	0.43	0.53	0.90	0.61	0.35	0.33	0.35	0.20	0.31	0.35	0.63	0.40	0.76	0.20	0.42	0.38	0.18	0.24	0.26	0.14	0.26	0.20	0.06	0.16	0.06	0.06	0.14	0.04	0.06	0.06	0.06

図-15　春日井インター東直進左折車ハンドル操舵発生頻度※模式図は 7 時台のイメージ

（青塗：7：00～20：00 ににおけるハンドル操舵発生頻度 $\mu+1\sigma$ 以上　赤塗：$\mu+1.96\sigma$ 以上）



	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300	300
7:00	0.00	1.73	0.73	0.36	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.36	0.09	0.55	0.27	0.18	0.18	1.18	1.55	3.09	2.82	2.27	3.73	4.18	3.00	5.00	0.55	1.09	0.64	0.61
8:00	0.00	0.33	1.22	1.33	0.89	0.00	0.11	0.11	0.00	0.33	0.56	0.56	0.11	0.11	0.44	0.44	0.33	1.11	0.44	1.00	0.11	2.00	1.22	0.33	0.00	0.56	1.44	0.44	0.11	0.67	0.11	0.67
9:00	0.00	0.14	0.29	0.29	0.00	0.14	0.00	0.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.58
10:00	0.00	1.00	0.71	0.00	0.00	0.86	1.00	0.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.25
11:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03
12:00	0.00	0.00	0.25	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.17	0.08	0.00	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10
13:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24
14:00	0.00	0.00	0.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.69
15:00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09
16:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.11	0.00	0.00	0.00	0.10
17:00	0.00	0.21	0.14	0.21	0.07	0.07	0.00	0.07	0.14	0.21	0.21	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17
18:00	0.00	0.06	0.29	0.29	0.00	0.24	0.18	0.06	0.29	0.18	0.71	0.00	0.00	0.06	0.12	0.12	0.06	0.00	0.00	0.24	0.24	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14
19:00	0.00	0.00	0.00	2.86	0.57	0.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.29	0.14	0.29	0.29	0.57	1.00	0.43	0.14	0.29	0.00	0.14	0.29	0.00	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.00	0.00	0.29	0.06

図-16　垂坂町直進左折車ハンドル操舵発生頻度※模式図は 7 時台のイメージ

（青塗：7：00～20：00 ににおけるハンドル操舵発生頻度 $\mu+1\sigma$ 以上　赤塗：$\mu+1.96\sigma$ 以上）



図-17　避走状況（左：春日井インター東 210m 付近 8 時台，右：垂坂町 200m 付近 7 時台）

る右折ブロックが発生していた可能性があることが本分析から示された．

6.　まとめ

本稿では，トヨタ自動車株式会社のカープローブデータを用いて右折ブロックの発生メカニズムを分析し，右折ブロック発生箇所を特定するための基礎研究を行った．その結果以下のような知見を得ることができた．

- 通過所要時間分析では，右折ブロックが発生している時間帯において，右折車両が交差点を通過するまでに要する時間が長く分布する傾向があるとともに，直進左折車両については，いずれの時間帯も概ね同様の分布となることがわかった．これより，右折車両と直進左折車両の所要時間差が大きい傾向にあることわかり，右折車両に起因した渋滞が発生した可能性があることが示された．
- 車両停回数分析では，右折ブロックが発生している時間帯において，右折車両の停止回数が多く分布する傾向があるとともに，直進左折車両については，いずれの時間帯も概ね同様の分布となることがわかった．これより，右折車両と直進左折車両の停止回数差が大きい傾向にあることがわかり，右折車両に起因した渋滞が発生した可能性があることが示された．
- 右折滞留車両の後続直進車両による避走分析では，右折ブロックが発生している時間帯において，右折車線長上流にて直進左折車両の左ハンドル操舵発生頻度が高い区間が存在することがわかった．これより，右折滞留車両を後続直進車両が避走する挙動が発生し，右折ブロックが発生していた可能性があることが示された．

今後は，対象交差点において，交通状況調査を追加実施することで全分析時間帯のデータを蓄積し，カープローブデータとの比較分析をすることが必要がある．

また，その他の CAN データ項目を用いて，右折ブロック発生メカニズムを明確化するとともに，検証フィールド追加し，異なる幾何構造の交差点を対象に比較分析することが必要である．

さらに，本研究結果を用いて，右折ブロック発生箇所を面的に把握するためのシステム化手法を検討する必要がある．

ANALYSIS Of TRAFFIC SMOOTHNESS AND SAFETY DEGRADATION BEHAVIOR Of RIGHT‐TURNING VEHICLES USING CAN DATA

Kiyoaki MORIMOTO and Astushi TANAKA and Hideki TATEMASTU and Yuki MASTUI and Yuki DAIKASTU