土木学会北海道支部　研究発表論文集　昭和45年度

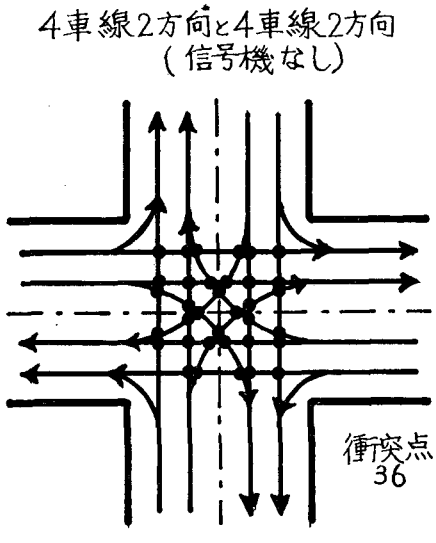
交差点における交通現象

―― 右折車両の動きについて ――

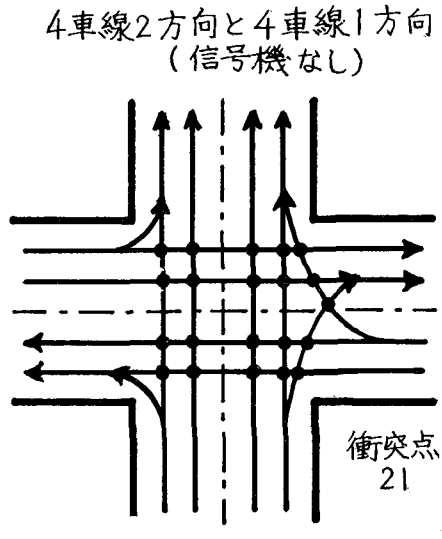
正員　板倉忠三*
正員　加来昭俊**
学生員　小笠原晋二***
学生員　○岸　憲之****

1. まえがき

街路交通流において，交差点が一つの bottle neck となり交通流の円滑な流れを妨げていることはよく見るところである。これは，交差点では各方向からの交通流が錯綜すること，また，同方向に流れている交通流でも，直進・右折・左折などの動きを伴い，これらの相互干渉が見られることなどによるためであり，これがまた，交差点における車両の動きを特徴づけている。特に交差点での交通流に大きな影響を与えるものの一つに右折車両がある。これは，(1)右折車自身が右折するための速度低下，(2)右折車両の後続車両群への影響（速度低下・交差点通過車両数の減少），(3)右折動作の際の対向車両への影響，(4)交差点に接近したときの方向変更などによるものが考えられるが，これらのうちで(2)，(3)などは交差点交通処理能力の減少をきたすものとして交差点での交通処理を考える場合，特に留意すべき点となろう。交差点における交通現象については今までも多く報告されているが，著者らは，札幌市内都心部にある交差点を対象に観測を行ない，右折車の動きに注目して，それの他車へ及ぼす影響などについて解析結果を得たのでこれをここに報告し，今後，右折車両の処理手法を検討する場合の基礎資料としたい。

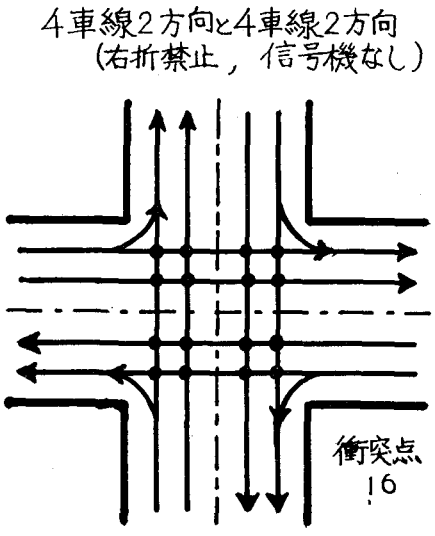


図―1(a)　潜在衝突点

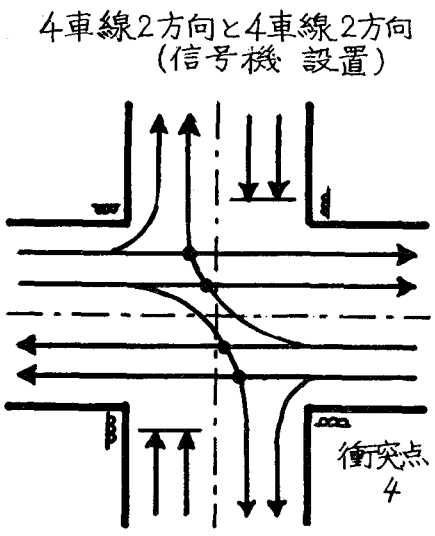


図―1(b)　潜在衝突点

*　北海道大学工学部　教授
**　北海道大学工学部　助教授
***　北海道大学大学院　工学研究科
****　北海道大学大学院　工学研究科



図—1(c) 潜 在 衝 突 点

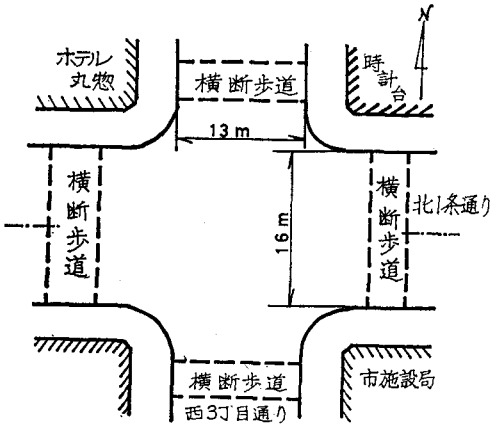


図—1(d) 潜 在 衝 突 点

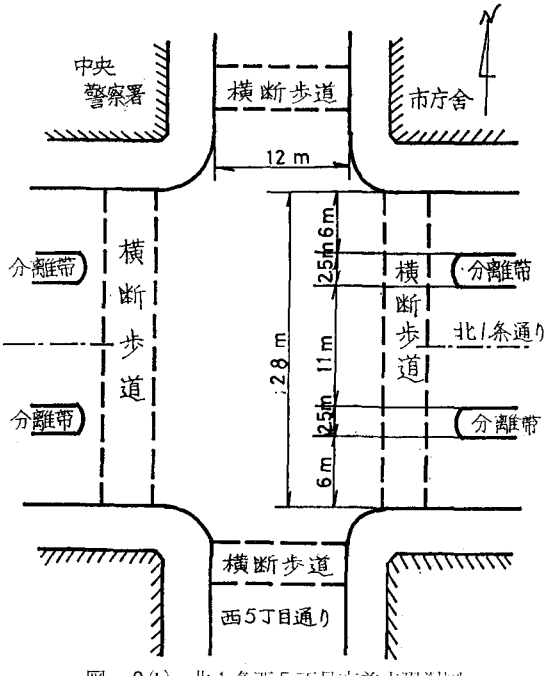
2. 潜在衝突点

交差点での交通流を特徴づけるものとして，前述のとおり各方向からの交通流の錯綜ということがあるが，これを示すものとして潜在衝突点なるものがある。これは交差点では，各方向(2方向，3方向，4方向あるいはそれ以上)からの交通流が錯綜することにより各方向の交通流線が交差する。この交差する点が潜在衝突点である。この潜在衝突点の存在が交差点における交通流の相互干渉をひき起し交通事故にも結びつくことになると考えられる。いま，この潜在衝突点について代表的な交差形式を対象に図示すると図—1(a)～図—1(d)のようになる。

これらの図から明らかなように，交差点に信号機を設置すること，一方通行規制を適用すること，あるいは右折禁止の規制を実施することは，交差点での潜在衝突点



図—2(a) 北1条西3丁目交差点現況図



図—2(b) 北1条西5丁目交差点現況図

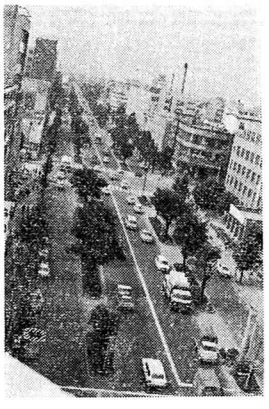
数を著しく減少させることになり，これらは交差点における交通流の円滑化策・交通事故防止策として有効なものと考えられる。なお，この潜在衝突点から見た場合も，右折車両があることは交差点における交通流に大きな影響をもっていることがわかる。

3. 観測方法および解析方法

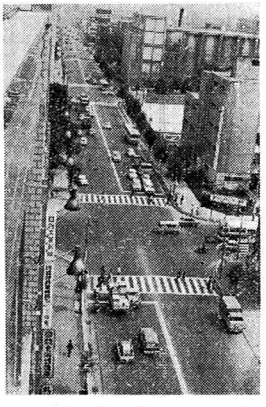
交通現象の観測方法は従来からメモモーションカメラおよびスナップカメラによる写真観測・人手による観測・

自動記録計によるものなどが採用されてきているが，観測時の交通現象を殆んどもれなく把握できること，現象の時間的な変化を追うことができること，その時の交通状態を解析時に繰返し再現できること，また路面の状態などもある程度判断出来ること，さらに観測が少人数で可能なことなどにより解析に多くの時間を要するが写真観測が最も適した方法と考えられる。著者らも以上の理由により写真測を採用した。なお写真観測に使用したカメラは16㎜パルスカメラ(NAC PSC-1602)である。

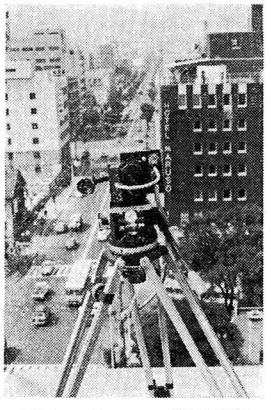
次に対象とした交差点であるが，これは札幌市内で見られる標準的な形式であること，信号交差点であること，かなりの交通量が捌かれている交差点であることなどにより選定し，さらに写真観測によるため近辺にカメラを設置するのに適当な場所があること等から，(1)北1条西3丁目交差点，(2)北1条西5丁目交差点となった。なお，交差点現況図を図—2(a),(b)に示す。写真1—(a),(b)は交差点状況写真である。この2つの交差点は形状が大きく異なる交差点であり，形状の違いの影響などもとらえることを目的としたためである。カメラ設置状態を写真—2に示す。



写真—1(a) 北1条西5丁目交差点

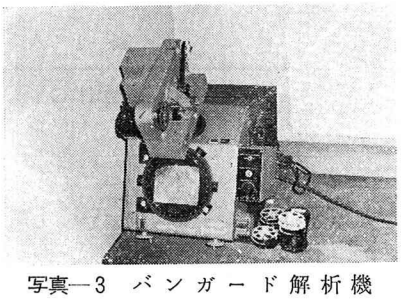


写真—1(b) 北1条西3丁目交差点

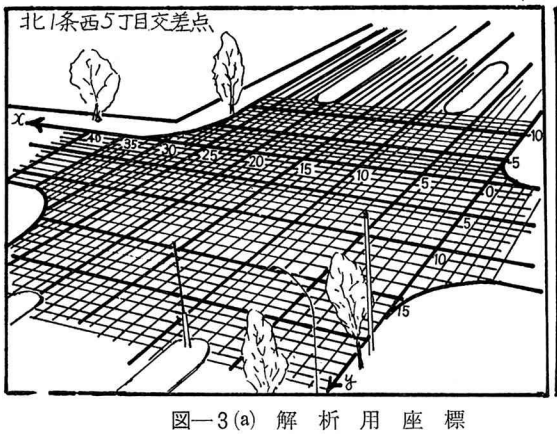


写真—2 カメラ設置状態

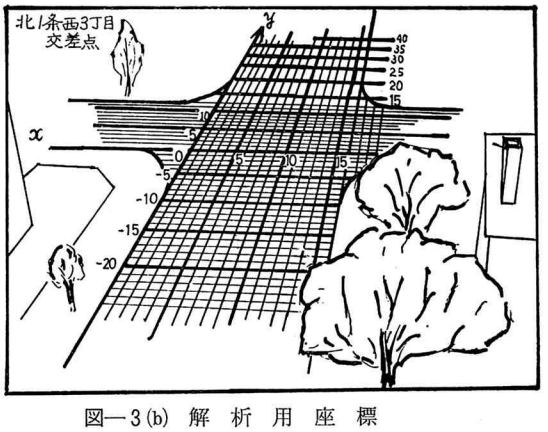
撮影したフィルムの解析はスクリーン上に交差点の座標図を作成し，これに写真を投影して行なった。この場合，座標作成の助けになるように撮影の際に予め目印となる座標板を路面上に置いてみたが，これは大いに役立ったようである。解析機はバンガード・アナライザー(M-16C)を用いた。解析に際して1駒ずつ進めて各車両の動きを繰返し追うため，この作業に多大な労力と時間が必要となった。解析結果は時間—距離曲線，および交差点$X-Y$座標に走行軌跡を示す形などで整理した。なお解析機を写真—3に示す。また，解析用座標の例を図—3(a)，(b)に示す。



写真—3 バンガード解析機



図—3(a) 解析用座標



図—3(b) 解析用座標

4. 解析結果

今回は右折車の動きを中心に解析を進めた。右折車は一方通行路から一方通行路への右折の場合を除き，一般的には，対向車線あるいは交差街路の車線を横切ることによって右折動作を完了する。このとき右折車は，対向車は対向交通流や交差交通流の間隙をぬって右折しなければならないが，これらの交通流の交通量が増すと右折可能な機会が少なくなり，次第に右折車が交差点内に滞留することが多くなってくる（信号交差点においては交差交通流との錯綜は生じてこないが）。その結果，右折車は機会があると可能な限り少ない右折時間で右折しようと試みるため走行軌跡はほぼ一定の形を示すことになる。また，道路交通法では，右折する車両は軽車両を除く自動車・原付・トロリーバスは一方通行路以外の場合を除き，できる限り道路の中央に寄り，かつ交差点の中心の直近の内側を徐行することが義務づけられている。これらのことから，交差点における右折車の動きには類似な動きがあると推測される。以下に，右折車の動き，右折車他車へ及ぼす影響などについて各項目別に解析結果を述べる。

4-1 右折車の発進位置

右折車は右折可能なギャップを対向交通流中に見つけて右折するまで交差点内のある位置に停止していなければならない。すなわち，車体の大きさ，性能などに応じて，また交差点の形状を考えて停止し発進する位置を決める。しかし，右折車が1台の場合，または右折車群の先頭車である場合は上に述べたようなことから発進位置が決ってくるが，右折車群が形成されると右折待機の後続車ほど先頭車や前に並んだ車の状態によって自ずと発進位置が決ってくる。

北1条西3丁目交差点(以下西3丁目交差点と呼ぶ)と北1条西5丁目交差点(以下西5丁目交差点と呼ぶ)の解析用座標から，車種および右折待機のため並んだ順位に分類して右折車の発進位置を求め，これを示したのが表—1である。これによると1台目の乗用車は交差道路の路側延長線上から発進し，後に並んだ車は6m位の間隔で負のy座標(図—3(a)，(b)参照)位置から発進している。しかしx座標をみると，西5丁目交差点ではセンターラインを越えた位置で待機発進しているが，西3丁目交差点ではセンターラインを越えない位置で発進している。これは交差点形状による差が大きいと考えられる。すなわち，西5丁目交差点には緩速車道や分離帯があり，道路幅員が大であることから，右折車は西3丁目交差点の場合に比べて他の交通流(対向車，後続車)に影響を与える度合が小さく余裕をもって待機できるためであろう。また右折車がバスの場合は，車体が大きいため乗用車の2～3台分に相当する面積を占有し右折時に大きな曲り方をすることから，先頭車でも狭い交差点では余裕が失われ発進位置が限定されてくることが判った。

表—1 右折車の発進位置 (単位はm)

北一条交差点＼車種	1台目の乗用車	2台目の乗用車	3台目の乗用車	バス
西3丁目	$x=6.8$ $y=-0.1$	$x=6.8$ $y=-6.4$	$x=6.8$ $y=-12.3$	$x=6.3$ $y=-7.7$
西5丁目	$x=14.4$ $y=0.0$	$x=14.4$ $y=-5.9$	$x=14.4$ $y=-8.7$	$x=15.0$ $y=-4.3$

表—2 右折車の通過位置 (数値はy座標で，単位はm)

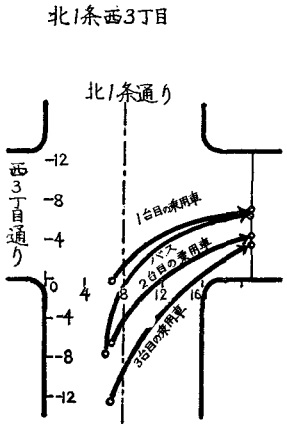
北一条交差点＼車種	1台目の乗用車	2台目の乗用車	3台目の乗用車	バス
西3丁目	7.4	4.5	3.5	6.6
西5丁目	5.2	2.6	1.8	8.7

4-2 右折車の通過位置

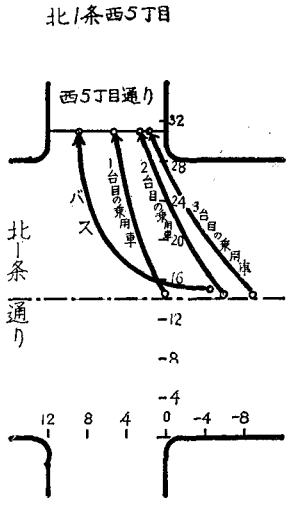
右折した車が交差道路のどの部分を通過するかは，車種・発進位置・交差点流出部の道路条件・駐停車の有無・分離帯の有無・一方通行など規制の状況・車線数等により異なってくる。右折車の通過位置は交差道路横断歩道の内側の線を基準として測定した。その結果を表—2に示す。これによると発進位置のy座標が大きい程交差道路の左側寄りを通過している。特に大きな車ほどこの

傾向が著しい。また西５丁目交差点では交差道路の左側にバス停があることも影響してバスの大きな廻り方が目につく。

一般に先頭の右折車は交差点流出部が一方通行の場合，車種によらず道路のほぼ中央を通過するが，右折車群のうしろの車ほど交差点の手前側隅角部の近くを通過する。これは発進時に停止位置のところから前車の走行軌跡をたどることなく各車の位置に応じた右折を行なうことによる。また交差点で一旦停止しないで右折できる車も交差点の手前右側隅角部の近くを通過することが解析の結果から見られる。さらに通過位置分布図（図―４(a)，(b)）を見ると，先頭車は比較的自由な走行が可能なため分布が広がっているが，右折車群のうしろの車は，前車に拘束されるために分布が小さくなっていることがわかる。右折車の発進位置と通過位置の平均値をとった走行軌跡を図―４(a)，(b)に示す。



図―４(a)　走行軌跡図(北１条西３丁目交差点)



図―４(b)　走行軌跡図(北１条西５丁目交差点)

4-3　右折所要時間

交差点で停止した右折車が発進してから右折完了までに要する時間は，車種により，また発進位置によって異なった値を示すと考えられる。右折所要時間を，発進した時から横断歩道の内側の白線を通過するまでの時間（発進位置から通過位置まで）とみなし，右折車の順位ごとにその値を表―３に示す。これによると，(1)，先頭車よりも右折車群のうしろの車ほど所要時間が長い。これは，右折車群の後の車ほど走行距離が長くなるためと考えられる。(2)，乗用車よりもバスの方が所要時間が長く，これは，バスは乗用車に比べて発進加速度が小さいこと，また車体が大きいため内外輪の転回軌跡の差が大きくなり，それだけ大廻りをすることになって走行距離が長くなるためである。なお，２つの交差点による所要時間の差は殆んど見られない。これは，西5丁目交差点の場合，右折車は比較的自由な走行が可能なことから，発進位置から通過位置までほぼ直線に近い軌跡を描くので，走行距離における順位の差はあまり大きくなく，また，右折のための距離も西３丁目の場合に比べて大差ないことによると考えられる。なお緑信号時間中に右折する場合と黄信号時間中に右折する場合の右折所要時間には殆んど差がみられない。ただ緑現示のはじめに右折した車は大半が歩行者のために５～６秒の停止を余儀なくされている。横断歩道の手前で停止した車が再び発進し加速することなどのため，歩行者がいる場合の右折所要時間は，歩行者がいない場合に比べて約２倍となっている。

表―３　右折所要時間

車種 / 北一条交差点	１台目の乗用車	２台目の乗用車	３台目の乗用車	バス
西３丁目	5.6秒	6.5秒	7.9秒	9.8秒
西５丁目	5.5秒	6.5秒	6.4秒	7.9秒
西５丁目（1969年）	5.7秒	6.5秒	6.6秒	7.9秒

4-4 右折車の他車への影響

交差点に右折車が存在することは，前述した潜在衝突点の項でも見られたように他の交通流に影響を及ぼすことになる。ここではその影響が如何なる面にどのように現われるか検討してみる。

4-4-1 右折可能なギャップ

右折車は車の能力，交差点の大きさ，交通状況に応じて右折可能なギャップを判断し右折を実行する。一般に，対向交通や交差交通が少ないときは，右折は交差点の交通流にとってそれ程大きな障害とならない。しかし，交通量が増し混雑してくると，右折可能な機会が少なくなり，右折に必要なギャップの発生確率も小さくなってくる。緑時間が直進車によってのみ利用されるようになってしまうと右折は黄時間中のみ可能となってしまうのである。

実際に右折車が右折を実行するのは，対向交通流に大きなギャップがあり右折可能と判断したときであるが，この右折可能なギャップは，解析結果より，最小3.7秒～4.0秒となっていることがわかった。ただし，この値は，対向車の後部が右折車の直近を通過したときから，その位置を次の対向車の前部が通過するまでの時間であり，右折車があるときの対向車の交差点通過速度の平均値が10.0m/sec（36km/hr）（表―4）位であるから，距離にすると約40m位である。

表―4 交差点通過速度

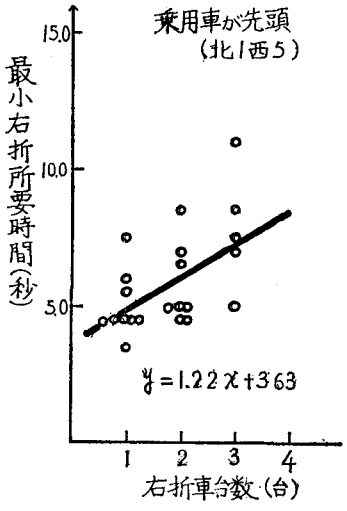
交差点	方向	右折車有り		右折車無し
北一条西五丁目	東進（後続車）	小右折車群	10.30 (37.08)	10.50 (37.80)
		大右折車群	8.21 (29.56)	
	西進（対向車）	小右折車群	10.45 (37.62)	12.38 (44.57)
		大右折車群	10.26 (36.94)	
北一条西三丁目	西進（後続車）	小右折車群	9.96 (35.86)	9.63 (34.67)
		大右折車群	9.29 (33.44)	
	東進（対向車）	小右折車群	9.46 (34.06)	9.14 (32.90)
		大右折車群	8.90 (32.04)	

注）1．単位はm/sec（　）内はkm/hに換算
2．小右折車群とは右折待機車が2台までで，3台以上またはバスが1台でも大右折車群とする。

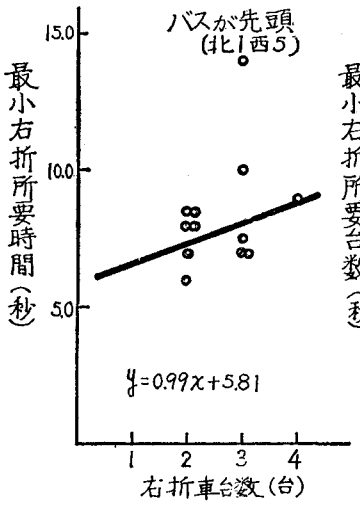
4-4-2 右折台数と最小右折所要時間

右折車は対向交通流中に右折可能なギャップを見つけて次に続く対向車に衝突することなしに右折するが，この際に要する時間を最小右折所要時間と呼ぶことにする。これは4―3で述べた右折所要時間とは異なり，右折車の後部が対向交通車線から抜けきるもので，4―3で述べた右折所要時間より1秒ほど短かい。

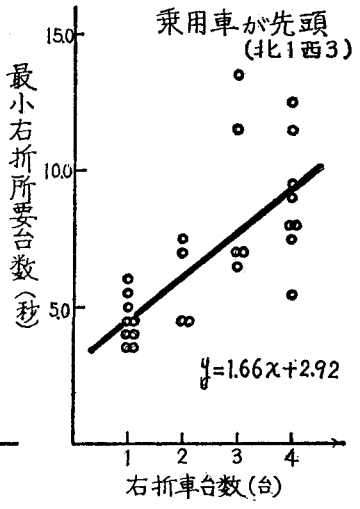
さて右折車が群を形成している場合は，先頭車が発進してから，最後の車の後部が対向交通とぶつからない点に達するまでの時間が最小右折所要時間となるわけであるが，このときの右折車の台数と所要時間の関係を，先頭車が乗用車の場合，バスの場合のものに分けて調べた結果を図―5(a),(b),(c)に示す。これによると当然のことと思われるが，先頭車がバスの場合に多くの時間を要していることがわかる。また，右折車が乗用車1台の場合，西3丁目交差点では4.5秒，西5丁目交差点では4.8秒と差がないが，右折台数が多くなると交差点が狭い西3丁目交差点の方が長くなっている。これは，4―2でもふれたように交差点形状の差が現れてきていると考えられる。ここで4.5秒あるいは4.8秒という値について，右折車は対向車のギャップ(4-4-1より3.7秒以上)を見つけて右折するが，この値は最小右折所要時間よりも小さい。これは対向車のギャップが3.7秒～4.0秒以上のときということで，所要時間は実際に右折して対向車線上を通りぬけるまでの時間であり，これには対向車線を横切るための時間と安全性を考慮した心理的な影響による時間が含まれるためである。右折台数が増すと，最小右折所要時間も増加するが，交通量が増えると緑時間中には最小右折所要時間に適うギャップの数が非常に少なくなり黄時間を利用して右折することになる。しかし黄時間は西3丁目交差点では（北1条通りに対して）6秒，西5丁目交差点では（北1条通りに対して）4秒であるから，この時間だけでは右折は不可能であり，実際には緑時間の終りと黄時間さらに赤時間のはじめの部分を利用して



図—5(a)



図—5(b)



図—5(c)

右折することになっているようである。

4-4-3　右折車両がある場合の通過車両への影響

右折車が交差点に滞留してくると，他車（対向車・後続直進車）の速度や通過台数に影響を及ぼすことになる。

ここでは速度への影響について検討してみる。いま右折車がある場合とない場合の速度の差を右折車群の滞留場所を中心に60m位の対象区間を選び，写真解析によって得られた速度—時間曲線からこの状態を調べた。結果は表—5に示す通りである。同表から右折車群が存在するときは，右折車群がない場合に比べて後続車の交差点通過速度がかなり低くなっている。特に大右折車群があるときは，速度が4 m/sec（14.4km/hr）位低くなっており，影響が大きいと考えられる。

表—5　交差点通過速度の減少度

交差点	右折車有り	
	小右折車群	大右折車群
東進（後続車）	−2.36m/sec (−8.5km/h)	−3.85m/sec (−13.86km/h)
西進（対向車）	−2.18m/sec (−7.85km/h)	−3.26m/sec (−11.74km/h)

注）右折車がないときは速度が増加するのも減少するのもあるので削除

5. まとめに

4において明らかになったことを以下に要約してみる。

1　右折車の滞留場所および発進位置は交差点形状の影響を受ける。

2　右折車の通過位置および走行軌跡は1と同様交差点形状の影響を受ける。

3　右折所要時間は，右折車群の先頭車の車種による差が生じており，また，右折可能なギャップが信号周期の中で，緑時間中に見られるか，黄時間まで待たなければならないかは交差点の交通処理能力に大きな影響をもってくる。

4　右折車の他車へ及ぼす影響について，今回の解析結果から，速度の面への影響が出ており，特に右折待機車が多くなってくると，後続直進車の速度低下が大きいことが見られた。

次に右折車両の処理手法に関して，これには

1　右折車両に対して特に処理手法を考慮しない。

2　信号現示の中に右折用信号現示を別に設定する（分離信号）。

3　右折禁止にする。

4　右折専用車線や導流車線を設置する。

5　立体交差にする。

6　1～5項目の全部あるいはいくつかの組合せ。

などが考えられるが，これは交差点の交事状況を調査し直進交通量がどの程度か，すなわち，緑信号時間の利用のされ方，右折車交通量及びそれがどの様に処理されているかを検討して適当な手法を採用すべきである。例えば，緑時間が直進車によって十分利用されているような場合，右折車は黄信号時間を利用することになるが，この場合，さらに交通量が増加してくると，右折車はなかなか右折することができなくなり，右折車を処理する必要が出てくる。この点については，現在検討を進めて

いる段階である。

6. あとがき

以上，観測結果を報告したが，これらはすべて夏期のものであり，北海道においては冬期についての同様の調査が必要となる。昭和45年1月～2月に観測した例があり，これらについては現在解析中であるので，5.に述べた右折車の処理手法との検討と共にいずれ発表したい。また交差点処理能力についての考察も進めてゆきたい。

なお，本調査の観測に際し便を計って下さった各方面の方々に謝意を表します。

参考文献

1) 米谷栄二，渡辺新三，毛利正光：「交通工学」国民科学社
2) L.E. Geoge：「Characteristics of left turning passenger vehicles」Bureau of Highway Traffic, Yale University
3) 井上広胤：「交差点」技術書院
4) 広川楡吉：「交通規制」技術書院
5) 岸　憲之：「街路交通流に関する基礎的研究」昭和45年度北海道大学土木工学科卒業論文