

信号交差点におけるクリアランス損失時間と発進損失時間の実測*

Measurement of Clearance Lost Time and Start-Up Lost Time at a Signalized Intersection*

森 健二**・三井達郎***

By Kenji MORI**・Tatsuro MITSUI***

1. はじめに

信号交差点では通行権の切り替え時に交差点内の車両を一掃するために、運用上での流入部にも通行権を与えない時間を設けている。この時間はクリアランス時間と呼ばれ、その長さは信号の黄と全赤時間を足した値である。一方、通行権の切り替え時に実際に車両が捌け得ない時間はクリアランス損失時間と呼ばれ、その長さは一般にクリアランス時間より短い。この理由は、黄信号に直面しても交差点に進入する車両が存在するため、黄時間の一部は車両が捌けているためである。

クリアランス損失時間は、信号交差点の交通容量解析上の重要な要素となっている。クリアランス損失時間と発進損失時間の合計値はクリアランス時間（黄+全赤）と同じか1秒短いとされている¹⁾。しかし、クリアランス損失時間の実測例は少なく、実データによってその値の大きさや、発進損失時間との関係が明らかにされていない。

本稿では、標準2現示で制御されている十字型の信号交差点を対象として、クリアランス損失時間とそれに続いて生じる発進損失時間を調査した結果について述べる。

2. クリアランス損失時間の定義

クリアランス損失時間は、青信号終了時まで継続的に車が捌けている状態で観測できるとされ、その長さは通過最後尾車が停止線を通過してから次現示の青開始までの時間と定義される²⁾。図-1はその定義を描いた例である。この図は、青信号中に車両が途切れることなく到着した流入部において、交差点に流入する車両の累加台数と時間との関係を示しており、クリアランス損失時間は L_2 で示される。

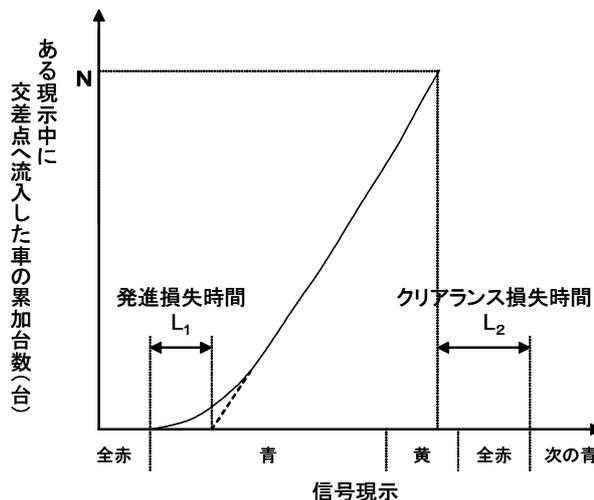


図-1 損失時間

3. 調査の概要

(1) 調査対象交差点の選定

クリアランス損失時間およびそれに続いて発生する発進損失時間を効率良く観測するために、全流入部に十分な交通需要があり、かつ流出部に先詰まりが発生しない時間帯がある交差点を選定する必要があった。

選定にあたっては、まず千葉県柏市およびその周辺の幹線道路や市街地内道路を中心に、車両感知器のデータを元に場所とおよその時間帯について絞り込みを行った。そして現地踏査を行い、高所からの俯瞰撮影が可能なこと、交差点形状が正十字であること、大型車混入率や右左折率が比較的低い、という条件でさらに候補を絞り込んだ。その結果、柏市街（柏3丁目先）の交差点を選定した。この交差点のクリアランス時間は、黄3秒、全赤3秒で固定されていた。

(2) ビデオによる交通流の撮影

交通状況の撮影にあたっては4台のカメラを用いた。このうち1台は高所からの全景撮影に用いた。写真-1にその画像を示す。各流入部から交差点に進入する車両挙動のほとんどはこのカメラによる映像から読み取った。残りの3台のカメラは流出部の先詰まり状況や信号現示を捉えるために用いた。図-2には各画角の位置を示す。

撮影日は平成17年2月22日(火)、撮影時間は10~18時

*キーワード：交通流、交通容量

**正員，工修，科学警察研究所交通科学第一研究室

***正員，博（工），科学警察研究所交通科学第一研究室

（千葉県柏市柏の葉6-3-1，TEL 04-7135-8001

E-mail mori@nrips.go.jp）

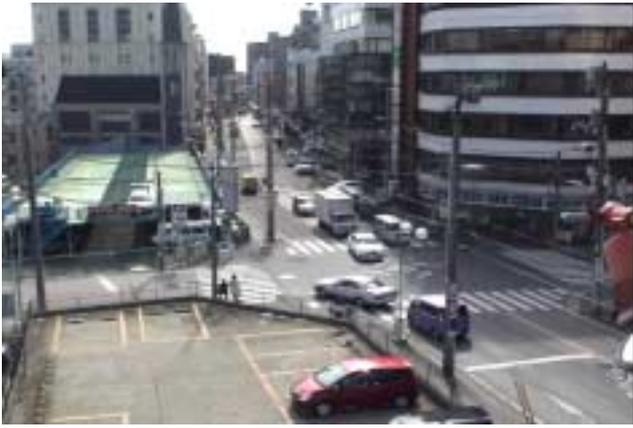


写真-1 高所からの画像(図-2のAからみた様子)

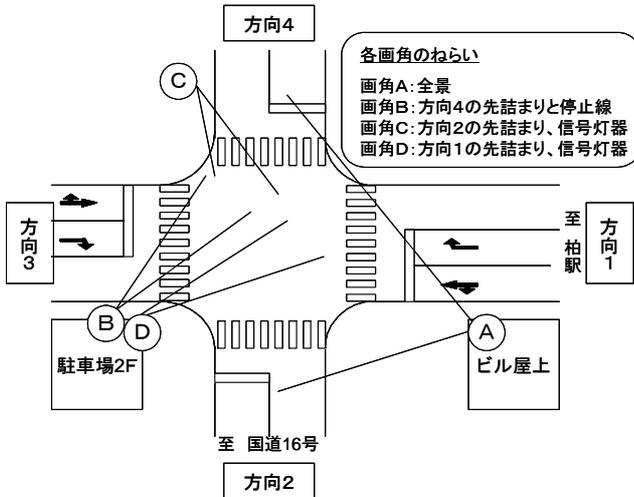
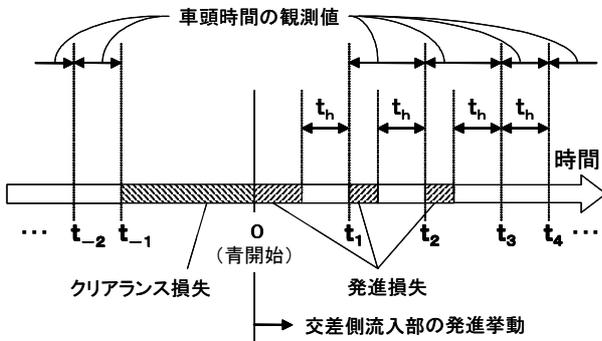


図-2 画角位置

とした。当日の天候は晴れであった。撮影と同時に目視により各流入部の駐車状況や、流出部の先詰まり状況をチェックした。

(3) 車両挙動の読み取りとデータの整理

今回は16~18時の2時間のデータを処理した。映像から読み取ったデータは、停止線を車両の前端が通過し



t_k : 車順 k 番目の停止線通過時刻
 $k < 0$: 前の現示で最後に交差点に進入した車がいた流入部の値
 $k > 0$: 交差側から最初に交差点に進入した車の流入部の値
 t_h : 飽和車頭時間

図-3 読み取った情報と損失時間の関係

た時刻、車両の進行方向と車種、信号現示である。

読み取り対象車両は、信号の黄開始後に交差点に進入した車両と、交差側の青開始時に発進待ちをしていた停止線通過順位5番目までの車両である。

これらの情報と損失時間との関係を図-3に示す。同じ現示で通行権が与えられている流入部が2つあるので、損失時間の計算には、黄開始後の交差点進入については最後尾車の進入タイミングが遅い流入部のデータを使い、交差側青開始後の発進については先頭車の交差点進入タイミングが早い流入部のデータを使う。

なお、図-3は、発進損失時間が3台目まで発生するように描いているが、実際は4台目以降のデータからも判断する必要がある。また、先頭車の発進損失時間は、停止線をまたいで停止していた場合には青開始から車両が動き出すまでに要した時間とする。

4. 損失時間の解析結果

(1) クリアランス損失時間

図-4に最後尾車が普通車であった場合を対象に、その進行方向別にクリアランス損失時間の頻度分布を示す。クリアランス損失時間は直進車で4.68秒である。左折車はそれより短いという特徴がある。これは直進よりも左折の方が信号の切り替わり目で強引に交差点に進入する可能性があることを意味している。

なお、今回のデータ処理では通過最後尾車の停止線通過タイミングが黄開始前であった場合を対象としていないために、クリアランス損失時間の観測値が6秒(黄3秒+全赤3秒)を越えることはない。

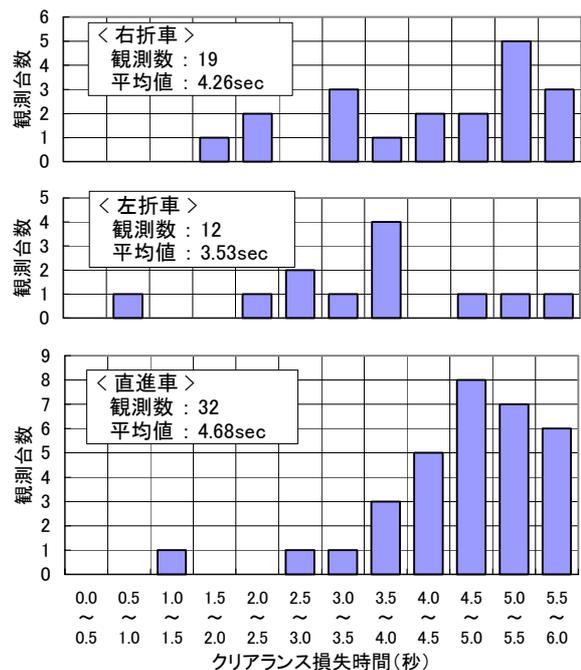


図-4 クリアランス損失時間の分布 (最後尾車の進行方向別)

(2) 交差側先頭車の発進損失時間

図-5に先頭車が普通車の場合を対象に、その進行方向別に先頭車の発進損失時間の頻度分布を示す。ここで発進損失時間とは、先頭車が停止線より下がって停止していた場合を除いて、青開始から車両が動き出すまでの時間である。したがって、青開始前に車両が動く、いわゆるフライングの場合にはマイナスの値となる。

図-5をみると、先頭車の発進損失時間は直進車の場合1.35秒である。左折車はそれより遅いのが特徴である。この理由については、左折先の横断歩道上の歩行者に進行が妨げられることを運転者が発進前から認識していることが関係していると思われる。

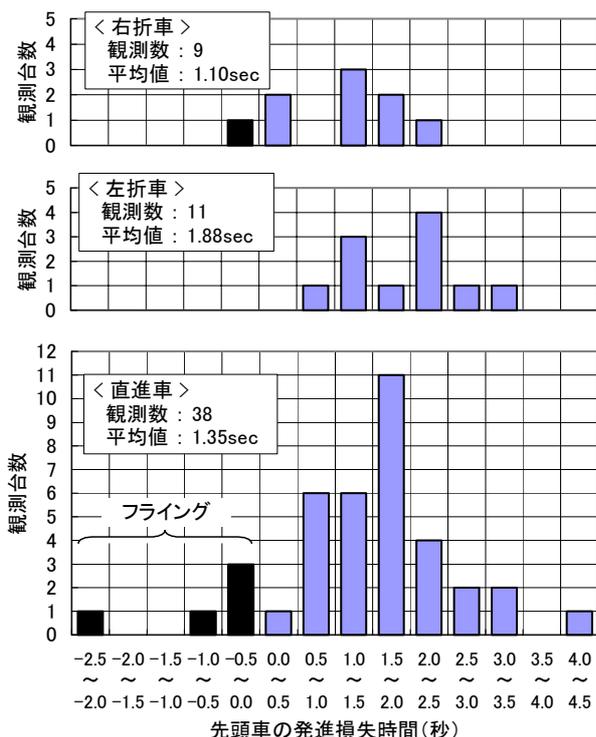


図-5 先頭車の発進損失時間の分布 (先頭車の進行方向別)

(3) クリアランス損失時間と次現示における交差側先頭車の発進損失時間との関係

クリアランス損失時間が短いことは、その分だけ黄開始後の交差点進入タイミングが遅いことを意味している。その結果、交差点を出て行くタイミングが遅くなり、次現示の発進を遅らせる可能性がある。この点を検証するために、クリアランス損失時間と交差側の先頭車の発進損失時間の関係を見ることとした。その結果を図-6に示す。対象は最後尾車と発進先頭車が共に普通車であったケースである。

図-6の全データでみると、クリアランス損失時間と発進損失時間には関係がみられない。この散布図は、車種分類こそ普通車に限っているが、車の進行方向や異なる4つの流入部のデータが混在しているために結果がばらついた可能性が否めない。データ数が限られているの

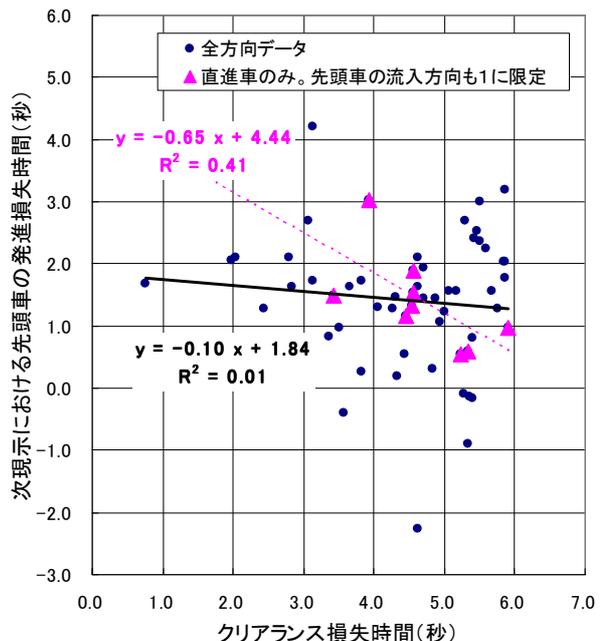


図-6 クリアランス損失時間と次現示における先頭車の発進損失時間の関係

で、進行方向や流入部の組み合わせ別に細かく分析することは避けるが、比較的データ数の多かった、直進最後尾車と交差側流入部が方向1 (図-2参照)の直進先頭車の組み合わせに限り、図-6中に別の印()で示す。これをみると、クリアランス損失時間と先頭車の発進損失時間との間には負の相関が認められる。すなわち、黄開始後の交差点進入が遅いことが、次現示における交差側先頭車両の発進遅れにつながる事がわかる。

(4) クリアランス損失時間と発進損失時間の比較

図-7は黄+全赤表示を挟んだ車頭時間を車順別に描いたものである。表-1にはその元となるデータを示す。対象としたのは普通車かつ直進車によって構成された車頭時間のみである。

まず、通過2台前~最後尾車の車頭時間とは、黄開始後に2台以上の車両が停止線を通じた場合に観測された車頭時間である。データ数は少ないが平均値は1.86秒とこの分類の中では最も短い値となっている。

次に、最後尾車~交差側先頭車の車頭時間とは、黄表示最後に停止線を通じた車両の停止線通過から、次の青現示で交差側から最初に発進した車の停止線通過までに要した時間である。この時間はクリアランス損失時間と先頭車の発進損失時間に分けられ、表-1にはそれぞれの値を示している。先に示した図-4では直進車のクリアランス損失時間は、データ数32で4.68秒であったが、ここでは直後の交差側の発進先頭車が直進普通車のケースに絞っているため、データ数は16と少なくクリアランス損失時間も図-4とは異なり、平均値で5.01秒となっている。

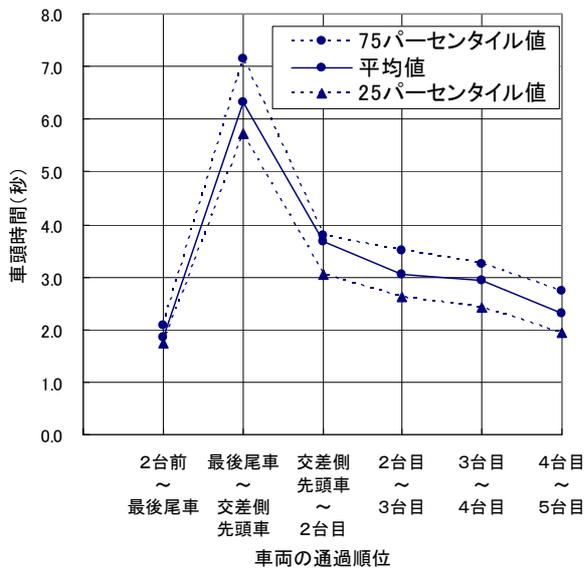


図-7 車順別の車頭時間

表-1 停止線における車順別車頭時間

車順	データ数	平均値	パーセンタイル値		
			75%	50%	25%
通過2台前～最後尾車	5	1.86	2.07	2.00	1.73
最後尾車～交差側先頭車	16	6.33	7.13	6.28	5.73
クリアランス損失分		5.01	5.56	5.15	4.56
交差側先頭車発進損失分		1.33	1.93	1.52	0.88
交差側先頭車～2台目	30	3.66	3.79	3.47	3.04
2台目～3台目	19	3.05	3.50	2.83	2.62
3台目～4台目	14	2.93	3.25	2.67	2.43
4台目～5台目	12	2.31	2.73	2.25	1.95

*1) 前車・後車とも直進普通車によって構成される車頭時間
 *2) 通過側の車頭時間は交差点進入が遅かった車両の流入部が対象
 *3) 交差側発進車の車頭時間は交差点進入が早かった車両の流入部が対象

そして、交差側先頭車～2台目の車頭時間から先のカテゴリは先頭車と同一流入部から順番に停止線を通過する際の車頭時間で、途中に大型車や右左折車がいた場合はその車順の前までを集計の対象としている。交差側発進時の車頭時間は当該現示で最初に停止線を通過した車両の流入部における値を集計しているので、表-1 (図-7) の値には4流入部のデータが混在している。値のばらつきについては4分位値で示したとおりである。

図-7から発進損失時間を求めることは車順6台目以降のデータがないためにややためらわれたが、ここでは4～5台目の車頭時間の平均値2.31秒を、この交差点の4流入部の平均的な飽和車頭時間と仮定して発進損失を求める。なお、2.31秒という飽和車頭時間は大きめであるが、この交差点は市街地に位置し目視ではあるが各流入部の実勢速度も低く、交通容量は基本値より低いと感じられた。また、黄開始後の駆け込み時の車頭時間は1.86秒と短く、この値を飽和車頭時間とすべきとの議論もあるが、駆け込みという特別な状況であるので採用しないこととした。

図-8に発進損失とクリアランス損失、さらにクリアランス時間を比較した。これより、まずクリアランス損失時間は約5秒で黄+全赤の6秒より約1秒短い。この

差分(1秒)は現示切り替え時の余裕であるが、この余裕分は発進損失時間の合計値約4秒よりも短く、相殺されるどころか3秒足りない。つまり、損失時間の合計値は約9秒であり、クリアランス時間の6秒よりも3秒長い結果となった。

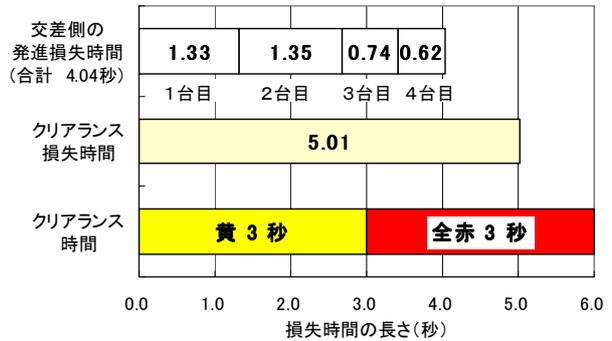


図-8 クリアランス損失と発進損失の比較

5. おわりに

本研究では標準2現示で制御される信号交差点において、現示の切り替わり時の損失時間を実測し、クリアランス損失時間とそれに続いて発生する発進損失時間を比較した。損失時間とクリアランス時間の関係は一般には、

$$L_1 + L_2 = CL - 0 \text{ または } 1 \text{ 秒}$$

ここに、 L_1 : 発進損失時間(秒)

L_2 : クリアランス損失時間(秒)

CL : クリアランス時間(秒)

とみられている。それに対し今回の実測結果は、

$$L_1 + L_2 = CL + 3 \text{ 秒}$$

であり損失時間が大きくなっていった。この理由は、今回対象とした交差点が市街地の交通容量が低い路線同士が交わる場所であったためと考えられる。

今後の課題としては、同様のデータを蓄積し、損失時間を実証的に明らかにすることが必要と考える。そのため試みとしては、以下が考えられる。

クリアランス損失と発進損失の時間的な連続性に拘らずに、4つの流入部ごとにデータを分けて損失時間を求め、流入部による違いをみる。

他の信号交差点流入部との比較を行う。

また、今回はデータ数が不足して詳細な分析ができなかったが、黄表示後の駆け込み車両の交通流率の特殊性については別途データを収集し検証すべきと考える。

参考文献

- 1) 交通工学研究会、「改訂、平面交差の計画と設計、基礎編」、p.111、2002.
- 2) 例えば、Roger P.R., Elena S.P. and William R. M.: TRAFFIC ENGINEERING Third Edition, Prentice Hall, p.475, 2004.