

ウランバートル市の信号交差点における交通容量の分析

日本工業大学 学生員

○バタバートル ボムエルデネ

日本工業大学 正会員

鈴木 宏典

1. はじめに

近年、モンゴル国のウランバートル市において急速に人口が増え、自動車交通量の増大による交通渋滞が深刻化している。2005年度の「ウランバートル市の道路交通改良プロジェクト」⁽¹⁾ 調査によると、道路整備の遅れが交通混雑の一因となっていることに加え、交差点でのドライバーや歩行者の無秩序な行動が道路交通容量の低下を招いていることも観測されている。例えば、交差点の停止線直前での車両の割り込み、赤信号で進入する車両、横断歩道を見逃す横断者などが交差点の交通容量を顕著に低下させる事例が目立っている。これまでに、ウランバートル市と同様な交通状態である発展途上国の首都での交通実態を把握、もしくは改善を目的とした研究がいくつか報告されている。まず、森地らは⁽²⁾ 東京、ソウル、マニラ市において飽和交通流率、発進損失時間の比較分析を行い、比較分析によるマニラ市の交通混雑、特に交通容量に与える影響を定量的に示している。中辻らは⁽³⁾ バンコク市とハノイ市の交差点での、二輪車の混入が交通容量に及ぼす影響を、二輪車の乗用車換算係数を求めた上で定量的に示している。本研究では、上記の発展途上国に関して行われた調査を基に、モンゴル国のウランバートル市の信号交差点における交通容量低下の原因を定量的に明らかにすることを目的とする。具体的には、ウランバートル市の代表的な信号交差点での無秩序な行動が発進損失時間に及ぼす影響を定量的に評価することとする。

2. 既存研究の整理

2.1 ウランバートル交通調査¹⁾

この交通調査では従来、ウランバートル市の道路交通に応用されていた道路構造基準は数年間の都市人口増加により適用できなくなったことから、ウランバートル市の道路交通改良プロジェクトとして改めて道路交通分野に使われている基準、規格に基づき、冬季の状況に合わせた道路の滑り抵抗、路面の耐久力、幾何学的分類、道路交通のイルミネーションなどのデータを収集した。また、交通混雑の顕著な観察の交差点での交通容量についての調査を行った。この結果、道路の滑り抵抗、路面の耐久力は762地点での内、93.1%の地点で不十分である結果となり、道路の凍結している条件と関係があると考察された。また交差点での交通容量の低下に及ぼす影響として交差点での車線変更が多い、車の割り込み、信号を見逃す行動などが挙げられた。

2.2 道路の交通流に関する国際比較分析²⁾

発展途上国であるフィリピン（マニラ市）では独自の交通特性があり、その交通特性の問題点を把握することなく先進国の道路構造基準を元に交通整備を行っているが、マニラ市では経済成長による交通マナーの改善がされておらず先進国との交通特性が大きく異なることが考えられるため、この問題点の現状を把握するために、森地ら²⁾は先進国と発展途上国の交差点での交通流の比較分析を行った。具体的には、マニラ市、東京都、ソウル市の3都市の代表的な交差点における交通容量の定量的に比較した。この結果、ソウル市と東京では、飽和車頭時間、飽和交通流率、発進損失時間の平均的の値はほぼ同じであることが示された。また、マニラ市の場合は、他の二つの都市と比べて明らかに交通容量が小さく、発進損失時間が大きいことを明らかにした。これらの原因として、赤現時変化後も交差点内へ進入する車両が多いこと、そして歩行者の横断歩道上の残留などを指摘し、さらにマニラ市の交通流に存在するジプニーは、交通容量の低下に及ぼす影響が非常に大きいことを示した。

2.3 二輪車が信号交差点の交通容量に及ぼす影響³⁾

東南アジアの大都市の移動手段として二輪車が用いられることが多いものの、二輪車が交通容量に与える影響に関する研究は多くされていないことから、中辻らは³⁾ 二輪車の混入率が30%を超えるバンコク市とハノイ市の代表的な交差点における二輪車が交通容量に及ぼす影響の調査を行った。中辻らは、まず、調査対象交差点における

キーワード：ウランバートル、発進損失時間、飽和交通流率、交差点。

連絡先：〒 345-8501 埼玉県南埼玉郡宮代町学園台 4-1 日本工業大学 Tel 0480-33-7734 E-mail : b-bum@nit-trlab.net

ビデオ撮影を行い、アメリカの道路交通容量方式を基にして二輪車が信号交差点の交通容量に及ぼす影響を定量化するために、車頭時間の計測を行った。飽和交通流率に関しては二輪車の相対位置を、また、発進遅れに関しては停止線後の二輪車車群数を説明変数とする回帰式を作成して補正係数を求め、二輪車が発進損失時間と飽和交通流率に及ぼす影響の分析を行った。この結果、二輪車の相対位置に応じて飽和交通流率に 10–40%の減少が見られることを示した。さらに、二輪車の特定の相対位置に対する飽和交通流率の補正係数から二輪車の乗用車換算係数が求まることを明らかにするとともに、両都市のデータからその係数がおよそ 0.6 であることを示した。

3. 対象交差点の評価方法及び分析方法

3.1 ウランバートル市における交差点の交通容量の評価方法

本研究では、モンゴル国のウランバートル市の代表的な信号交差点であるゾースゴヨル交差点（以下、評価対象交差点）を評価対象とした。図 1 に、評価対象交差点の概要を示す。当該交差点付近の建物の屋上にカメラを設置し、2009 年 3 月 23 日（月）の 17:30-18:10 に図 1 に示すリンク 603、602、604 での交通状態を撮影し、また、2009 年 4 月 1 日（水）の 17:30-18:10 に図 1 に示すリンク 601 での交通状態の撮影をした。評価対象交差点は、モンゴル国のウランバートル市の都心中央部に位置し、交差点に接続する道路沿道に多くの大学のキャンパスが存在しており、交通需要が比較的大きい交差点である。

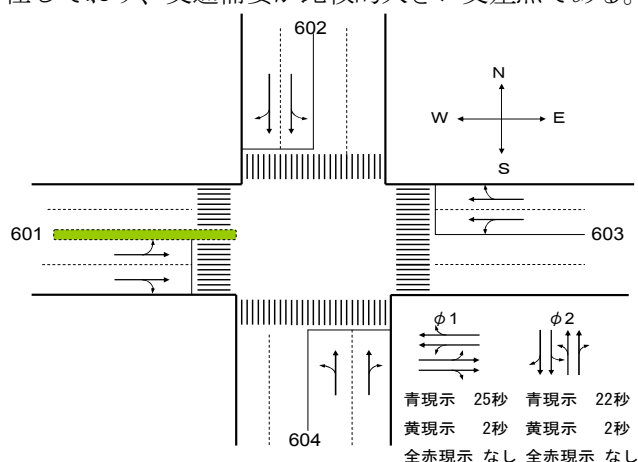


図 1. 評価対象交差点

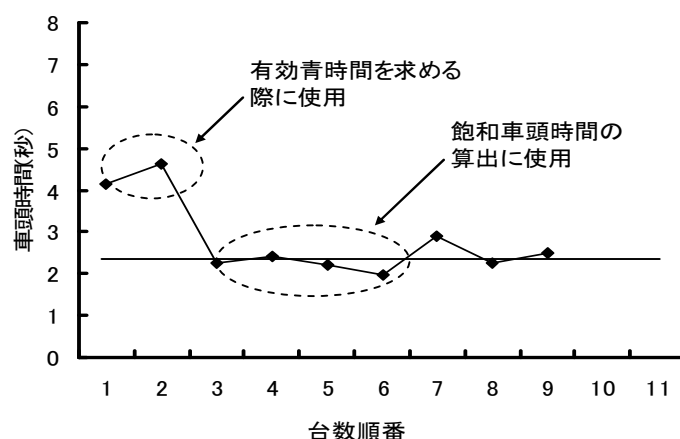


図 2. 評価対象交差点における車頭時間の一例

3.2 評価対象交差点における交通流の現状把握方法

評価対象交差点において撮影した交通状態のビデオ映像から、交差点の各リンクのサイクル毎の車頭時間を観測した。車頭時間は交差点の停止線を車両のフロントバンパーが通過する時点で測定することとした。そして、森地ら²⁾の既存研究を参考に、観測した車頭時間から飽和車頭時間（秒）、発進損失時間（秒）、飽和交通流率（台/青 1 時間 / 車線）を求めた。発進損失時間は、図 2 に示すように車頭時間が安定するまでの車両の車頭時間から飽和車頭時間を差し引いた値の和として計算した。

3.3 発進損失時間に与える影響の分析方法

評価対象交差点での交通状態を把握する際に、発進損失時間に与える影響が大きいと考えられるドライバーや歩行者の無秩序な行動を、表 1 に示したパターン 1 からパターン 4 の 4 種類に分類し、発進損失時間に及ぼす影響を定量的に評価することとする。パターン p0 は、無秩序な行動の観測されていないパターンであり、比較のために用いることとした。評価に際しては、中辻ら³⁾の既存研究を参考にした。具体的には、まず、対象交差点の 4 つのリンクの各サイクルに対して、表 1 のどのパターンの無秩序な行動が生じたのかをビデオから判断する。次に、1 つのサイクルにおいて、発進損失時間に影響を与えるパターンが生じたときの車頭時間と飽和車頭時間の差を発進損失時間として計測し、さらに、これを全てのリンクと全サイクルについて行う。そして、表 1 に示した 5 つのパターンに対して、発進損失時間の平均値と標準偏差を計算し、これを観測値（Measured）とする。データのバラツキを最小限するために、平均値から標準偏差を超えるデータを除外した場合の発進損失時間の平均値と標準偏差も併せて計算し、これをフィルター値（Filtered）とする。この計算方法を全てのリンクに対して行い、最終的に、表 1 に示すパターン 1 からパターン 4 が、パターン 0 に比べて発進損失時間の平均値に統計的な有意差があるかどうかを t 検定を用いて評価することとした。

表 1. 発進損失時間に影響を与える各パターンとその説明

各パターン	説明
パターン：0 通常の場合（p0）	観測対象リンクの交通流に外的な影響がない場合
パターン：1 左折突っ込み（p1）	観測対象リンクの交通流に対して、対向方向からの左折の影響が 起こった場合
パターン：2 横断歩行者（p2）	観測対象リンクにおいて歩行者が信号を無視して横断歩道上を渡り交通流 に影響を与える場合
パターン：3 直進車の突っ込み（p3）	観測対象リンクの交通流が走り出す時に左右方向からの直進車が 交差点 内に残留し、交通流に影響を与える場合
パターン：4歩行者と 直進車突っ込み（p4）	観測対象リンクにおいて p2 と p3 が同時に起こり交通流に影響を 与える 場合

4. 発進損失時間の評価結果

4.1 各リンクの飽和車頭時間、発進損失時間及び飽和交通流率の算出結果

評価対象交差点における各リンクの飽和車頭時間、発進損失時間及び飽和交通流率を表 2 に示す。リンク 604 の飽和車頭時間の値は 2.57 秒となった。各リンクでの発進損失時間の最大値はリンク 603 で 7.51 秒と計算された。各リンクの中に 602 の飽和交通流率は 863 台 / 青 1 時間 / 車線となった。当該交差点は発進損失時間が比較的大きく、飽和交通流率は比較的に低い交差点であることが理解できる。

表 2. 各リンクの評価結果

各リンク	飽和車頭時間 (秒)	発進損失時間 (秒)	飽和交通流率 (台/青1時間/車線)	データ サンプル数
601	2.2	7.2	857	36
603	2.5	7.5	822	9
602	2.3	6.0	863	21
604	2.6	5.1	692	17

4.2 ドライバー及び歩行者の無秩序な行動が発進損失時間に及ぼす評価（リンク 601）

ドライバーや歩行者の無秩序な行動が、発進損失時間に与える影響を評価した結果を、まずリンク 601 について表 3 及び図 3 に示す。図 3 は、表 3 における発進損失時間のフィルター値を棒グラフで図示したものである。表 3 及び図 3 より、表 1 に記述したドライバーや歩行者の無秩序な行動（パターン 1（p1）～4（p4）が生じた場合には、外的な影響の無いパターン p0 と比較

して、全てのパターンで発進損失時間が増大していることが理解できる。また、発進損失時間の平均値について、パターン 1～4 と、パターン 0 とをそれぞれ有意水準 95% で統計的な有意差の検定を行った結果、パターン 1 とパターン 0 の間には有意差は認められなかったが、パターン 2～4 のそれぞれとパターン 0 の間には有意差が認められた。これらの結果から、当該交差点においては、横断歩行者の信号無視、右左方向からの直進車両の存在は、顕著に発進損失時間の増大を引き起こしていることが理解できる。パターン 1 については、パターン 0 との比較において統計的な有意差は認められなかったものの、発進損失時間の平均値の比較から、対向方向からの左折の影響は少なくないと推察される。

表 3. リンク 601 の各パターンの発進損失時間平均値

観測値(Measured)		p0	p1	p2	p3	p4
	平均値	2.60	2.80	4.70	4.70	13.20
	標準偏差	1.3	2.0	2.7	2.2	0.3
	データ数	19	4	23	14	2
フィルター値(Filtered)		p0	p1	p2	p3	p4
	平均値	2.60	2.10	4.60	4.50	13.20
	標準偏差	0.8	1.1	1.7	1.1	0.3
	データ数	12	3	18	10	2

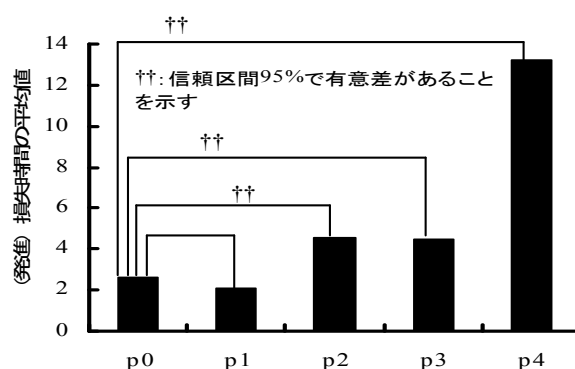


図 3. リンク 601 の発進損失時間の平均値及び t 検定結果

4.3 ドライバー及び歩行者の無秩序な行動が発進損失時間に及ぼす評価（全4リンク集約）

当該交差点の、4つのリンク（リンク601～604）を全てまとめ、4.2節と同様の解析を行った結果を、表4および図4に示す。リンク601の結果と同様、交差点内におけるドライバーや歩行者の無秩序な行動は、これらの行動が生じていない場合と比べ、発進損失時間の平均値は増大していることが理解できる。同様に、発進損失時間の平均値についての統計的な比較検定結果からも、パターン2～4のそれぞれは、パターン0に比べて統計的に有意に発進損失時間が大きいことが示された。以上の結果から、リンク601だけでなく、当該交差点全体においてドライバーや歩行者の無秩序な行動は、発進損失時間の増大に顕著な影響を及ぼしていることが理解できた。

表4. 全リンクの各パターンの発進損失時間の平均値

観測値(Measured)		p0	p1	p2	p3	p4
	平均値	2.60	2.80	4.40	4.20	6.50
	標準偏差	1.6	1.2	2.4	2.2	3.7
	データ数	44	12	49	24	11
フィルター値(Filtered)		p0	p1	p2	p3	p4
	平均値	2.20	2.70	4.50	4.30	5.50
	標準偏差	0.8	0.5	1.5	1.1	1.5
	データ数	29	7	33	16	8

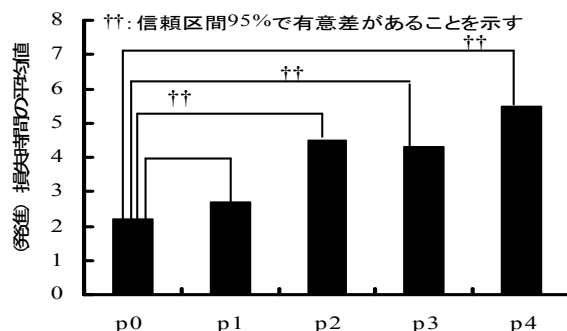


図4. 全リンクの発進損失時間の平均値及び t 検定結果

5. 考察

森地ら²⁾の既存研究では、東京都、ソウル市、マニラ市の各主要都市の代表的な交差点における飽和交通流率が2010台～1560台 / 青1時間 / 車線となることが示されており、これらと比較すると、本研究の評価対象交差点の飽和交通流率が顕著に小さいことが分かる。この原因として、発進損失時間の平均値の差の結果から、発進損失時間が他の無秩序な行動より大きい、歩行者の無秩序な行動の発生回数が一番多いことから、交差点の裁ける能力が低くなっていることが考えられる。また、評価対象交差点の信号制御は、信号現示に全赤現示が設定されていないため、赤信号を無視して交差点へ進入する車両が常に起こっていることも飽和交通流率の低下の原因の一つとして考えられる。さらに、パターンp4の発進損失時間の平均値が大きい値になる理由としてパターンp4が発生した時に車両は交差点と道路を安全的に通過する状態になるまで待つことになり、その時間が長くなっていると考えられる。パターンp1の場合は対向方向から下流に先つまりが無い時に発進損失時間に与える影響が低いと考えられる。

6. おわりに

今回、交通渋滞が激しくなっているモンゴル・ウランバートル市の代表的な交差点を対象に、一般的な交通状態を、飽和車頭時間、発進損失時間、飽和交通流率の観点から定量的に把握する試みを行った。また、当該交差点で顕著なドライバーや歩行者の無秩序な行動が、発進損失時間に与える影響も併せて理解した。

この結果、飽和交通流率は、交通工学分野で一般に基準とされている値や、他の先進国及び発展途上国の大都市における数値と比較して顕著に小さい値であることが把握された。また、発進損失時間についても、ドライバーや歩行者の無秩序な行動が、顕著に発進損失時間を増大させる原因となっていることを明らかにした。

今後は、同様の解析を他の代表的な交差点についても実施し、ウランバートル市の交通状態の把握を行うと同時に、頻繁に生じる無秩序な行動を抑制させるような交通施策、交差点对策等を、信号制御や運転者教育も視野に入れながら検討する必要がある。

参考文献

- 1) ウランバートル市道路交通省：ウランバートル市の道路交通改良プロジェクト，2005.
- 2) 渡名喜 重, 森地 茂, 小川 圭一:道路の交通容量に関する国際比較分析,土木学会年次学術講演会講演概要集第4部,Vol.49,pp.732-733,1994.
- 3) Takashi Nakatsuji, Nguen Giang Hai:Effects of Motorcycle Capacity on of Signalized Intersection,土木計画学研究・論文集,Vol.18 No.5, pp.935-942, 2001.