

街路網における交通流障害の影響評価

東北大学 学生員 ○永山 達也
 東北大学 学生員 堀井 雅史
 東北大学 正 員 福田 正

1. はじめに

ネットワークを構成する街路網において、その一部のリンクが工事などで障害を受けた場合、街路網全体の交通流に及ぼす影響を予測することは大切である。本研究は道路条件や交通規制などの変更が容易に行うことができ、交通流障害が生じた場合の交通状態を予測することが可能なネットワークシミュレーションモデルを作成し、現在、地下鉄工事が行なわれている仙台市中心部の街路網に適用して、モデルの妥当性及び工事が交通に及ぼす影響評価を行なったものである。

2. ネットワークシミュレーションモデル

2-1 メインプログラム

本モデルは信号その他の交通規制によって制御される街路網の車の流れ全体を表現するネットワークシミュレーションモデルである。このモデルは特に街路網に工事が導入された場合に生じる閉塞区間や道路条件・交通規制の変更などが交通流に及ぼす影響をネットワーク全体として評価できる点に特徴がある。

プログラムは待ち行列型のシステムに有効なシミュレーション言語であるGPS S V-6 (General Purpose Simulation System / V-6) ³⁾ を使用し、全ステートメント数約460である。道路・交通条件として使用した配列は15個である。GPS S

システムでは標準的な出力を自動的に出力するため、出力情報のための配列はまったく必要ない。図1にGPS Sにおけるシミュレーションアルゴリズムに従って示したメインプログラムのフローチャートを示す。

2-2 サブプログラム

(1) 車両の発生機構

流入交通流は乱されない交通流と仮定し、入力データに基づく1クロック当りに到着する確率を用い、 $[0, 1]$ の一樣擬似乱数と比較することにより行なう。

(2) 基本ブロック内の移動処理

ネットワークを構成するリンクは車線ごとの基本ブロックから成っている。基本ブロック長は40 [Km/hr.]の車が2秒間で通過することができる22 mとし、容量は有効車長5 mの乗用車に換算して4台とした。基本ブロック内の車両の挙動は等速走行するものと仮定し、与えられた速度で基本ブロックを通過する。

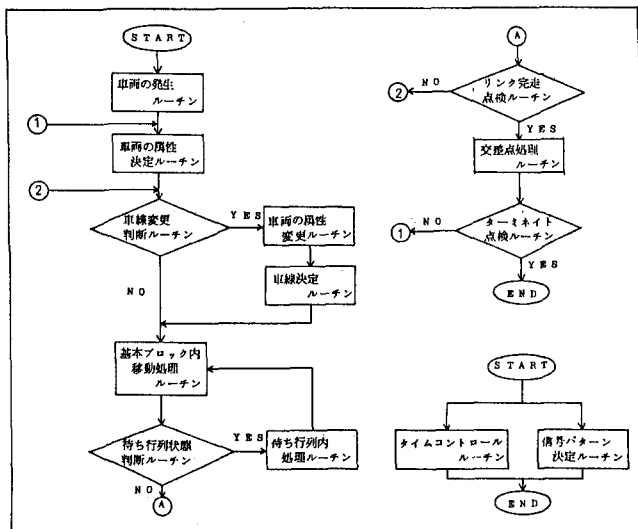


図1 メインプログラムのフローチャート

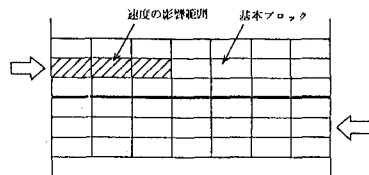


図2 速度の影響範囲

走行速度は速度が影響を受ける範囲を前方3ブロックとし、その影響範囲内の存在台数の関数として求めた。新しいブロックに進入するごとに速度の影響範囲の存在台数によって速度が更新されるため、前方に待ち行列がある場合には徐々に速度が低下していく現象が再現される。

前方3ブロック内の存在台数によって速度が決定されるとすれば、図3のA、B、Cの場合、同じ速度が与えられることになる。そこで、速度決定のための修正存在台数を次式から求めた。なお、E(1)、E(2)、E(3)は図3のブロック1、2、3内の存在台数である。

$$E' = 1.5 \times E(1) + 1.0 \times E(2) + 0.5 \times E(3)$$

(3) 車線変更の処理

本モデルは閉塞区間・車線数・専用レーンなどの道路条件や待ち行列状態など、車の進行に従って変化する外的要因によって各車が利用車線を選択する機能を有している。そのような機能を加えることによって、外的要因が交通流に及ぼす影響を直接的にモデルに反映させることができる。図4に車線変更判断のフローチャートを示す。

車線変更1とは専用レーンの区別とは無関係に行なわれる車線変更で、最初のブロックに進入する時と閉塞区間が変化した場合に行なわれる。車線変更2は各車線に割り当てられた専用レーンに基づいた選択対象から車線を選択するもので、車線変更3は右折車が右折専用レーンに進入する時のものである。

車線変更の基準は速度の影響範囲内の存在台数が最も小さい車線とする。これは最も早く走行することのできる車線を選択することに対応する。存在台数が等しい場合、それぞれの車線を等確率で選択する。ただし、直進車が車線変更2を行なう場合、左折車と混合する車線の存在台数は重み係数2を、右折車と混合する車線の存在台数は重み係数3を乗じる。図5に車線変更位置と各車が選択しえる車線を示す。

(4) 車両の属性変更の処理

一般に交通流シミュレーションモデルにおいて、各リンクに配分される交通量は発生交通量と交差点での右左折率によって支配される。したがって、将来の交通状態を予測するためには、モデルの精度をよくするだけでなく、インプットデータとして必要な発生交通量や右左折率を正確に予測しなければならぬ。しかし、街路網に交通流障害が生じた時の発生交通量や右左折率の変化を予測することは非常にむずかしい。そこで、本モデルにおいては、次のような考え方に基いて予測の精度を上げを試みた。

1) 現在の交差点での右左折率はネットワーク内におけるリンクの特性を示すものと考えられる

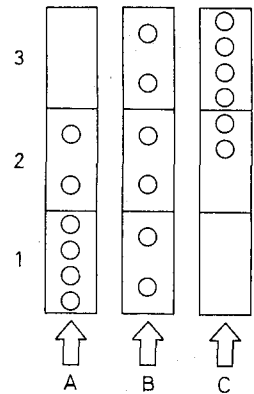


図3 ブロック内存在台数の比較

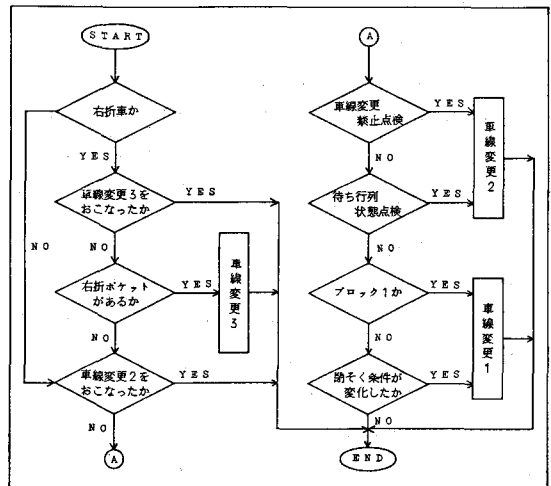


図4 車線変更判断のフローチャート

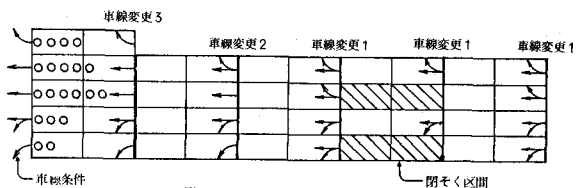


図5 車線変更位置と選択車線

ので、これを基本とする。

2) 交通流障害が生じ、リンク容量が減少して、混雑度が異常に増加した場合、そのリンクに進入しようとした車はこれを避け、混雑度の低いリンクを選択する。

図6はリンクの平均占有率と平均区間速度及び交通量の関係について、図中に示したようなリンクを設定し、シミュレーションを行なった結果である。インプットデータとして使用した右左折率は、右折：15%、左折：25%、直進：60%と一定にし、1番及び2番交差点の信号現示はともに青時間60秒、赤時間60秒、全赤時間7秒とした。また、平均占有率は次式より求めた。

$$\text{リンクの平均占有率} = \frac{\{\sum (\text{リンクの通過時間}) \times (\text{単位数})\}}{\text{シミュレーション時間}} \div \text{リンクの容量}$$

これによると、平均占有率15%から速度の低下が始まり、平均占有率が40%に達すると交通量がほぼ一定となり、最大値すなわち交通容量に達すると考えられる。そこで本モデルにおいては、占有率40%を車両の属性変更の判定基準とした。

(5) 待ち行列内の処理

進入ブロックが待ち行列状態にセットされている場合、待ち行列内処理に移る。待ち行列の先頭車は進行方向の信号、進入リンクの容量、交差点内の容量の点検を行ない、先頭車の発進遅れ時間を費やした後、交差点内処理に移る。待ち行列内の2番目以降の車両は前車が発進してから待ち行列内の間数である発進遅れ時間を費やした後、次のブロック処理または交差点内処理に移る。

(6) 交差点内処理

直進車と左折車はブロック通過時間と交差点幅によって与えられる交差点通過時間を費やした後、次のリンク間処理に移る。右折車はさらに対向直進車の妨害点検を行なう。なお、右左折車の挙動に影響をあたえる横断歩行者の妨害は考慮しなかった。

3 車の到着パターンの検証

モデル内における車の到着パターンを検証するため、簡単な街路網を設定し、調査を行なった。対象とした街路網は仙台市内立町小学校脇の街路で、その構造を図7に示す。地点1、2、3において車の到着時間間隔を測定し、車頭時間分布として集計した。また、街路交通流の特徴である周期変動に従う到着パターンを検証するため、6秒間交通量変動のパワースペクトルを求め、モデルの再現性を検討した。

地点2、第2車線での車頭時間分布の超

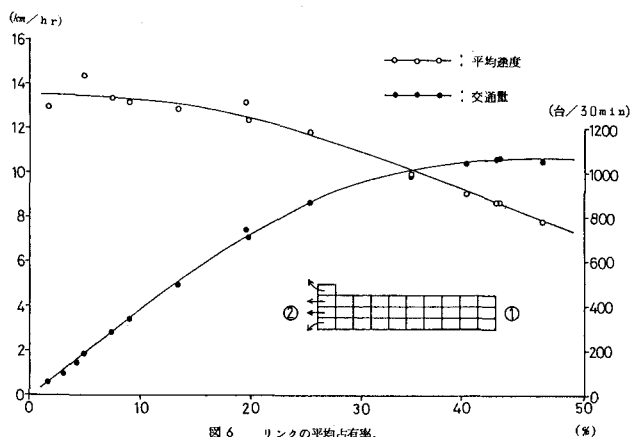


図6 リンクの平均占有率、平均区間速度及び交通量の関係

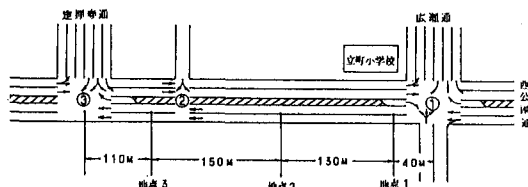


図7 車の到着パターン検証のためのネットワーク

過疎率について実測値とシミュレーション値を例示すると図8のようになる。地点2における総交通量と第2車線交通量は実測値が475[台/30分]、247[台/30分]、シミュレーション値が478[台/30分]、235[台/30分]であった。車頭時間6秒以下においては、実測値とシミュレーション値はほぼ一致しているが、それ以上の範囲においてややシミュレーション値が大きい値を示している。これは実際の街路部においては車頭時間の最大値が限られており、しかも、運転者の中には、シミュレーションで設定した自由走行速度40[km/h]以上の速度によって車頭時間を短くしようとする挙動をとると考えられるためである。

図9は実測及びシミュレーションによる6秒間交通量変動のパワースペクトルである。モードと周期長との関係は、モードを m とすると、 $T = 1380/m$ [秒]となっている。パワースペクトルは、その値が大きいほど、その周期の変動が全変動に占める割合が大きいことを示す。①交差点の信号周期長は137秒となっ

ており、これを T で表わすと、実測、シミュレーションともパワースペクトルの値は、ほぼ T 、 $T/2$ 、 $T/3$ 、 $T/4$ の周期長で卓越している。このことより、実測及びシミュレーションによる交通流がともに上流側の信号とほぼ同周期の変動をしていることが分かる。しかしながら、2つのパワースペクトルを比較すると、シミュレーションの方が卓越周期成分の変動が全体に占める割合が大きい。これは、実際の走行挙動がシミュレーションに比べ複雑であり、実測による交通量変動はさまざまな変動成分が合成された形となっているためである。

4 仙台の街路網への適用例

本モデルの妥当性の評価の第2段として、仙台市中心部の街路網に適用し調査を行なった。さらに工事が及ぼす影響をネットワーク全体として評価するためのシミュレーションを行なった。

対象とした街路網は、東西方向に走る青葉通、広瀬通、定禅寺通と南北方向に走る東五番丁通、東二番丁通によって構成されるものである。いずれの路線も仙台市の重要路線で、交通混雑が重要な問題となる街路網である。対象ネットワークの構成を図10に示す。また、図10の右側に示してあるのは、対象街路網における昭和57年9月7日(火)現在の地下鉄工事区間である。

まず、対象とした街路網における交通の実態を把握するため、工事が実施される前の昭和57年7月8日(木)

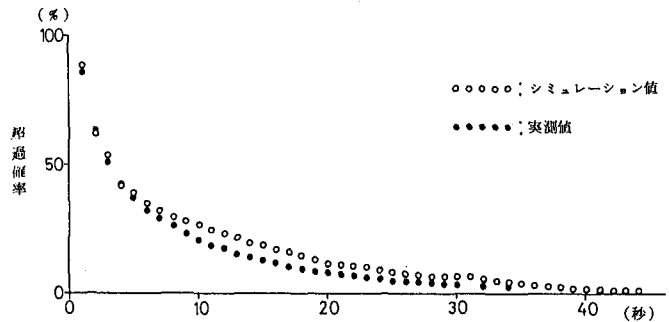


図8 地点2、第2車線における車頭時間超過確率

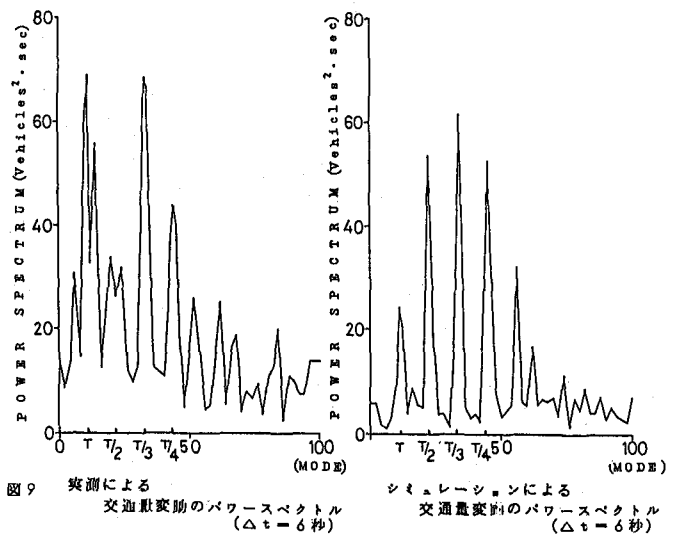


図9 実測による交通量変動のパワースペクトル ($\Delta t = 6$ 秒)

シミュレーションによる交通量変動のパワースペクトル ($\Delta t = 6$ 秒)

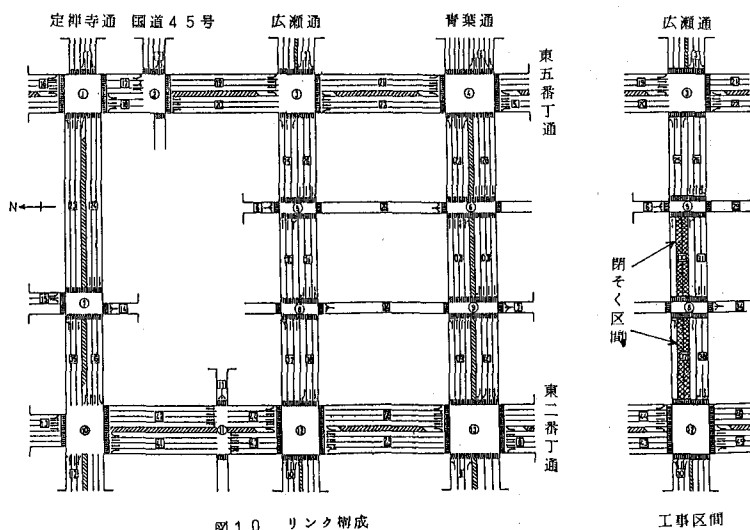


図10 リンク形成

工事区間

と小規模な工事が実施中の昭和57年10月19日(火)に仙台市が行なった交通量調査をもとに、混雑度を求めたものが図11である。工事区間は図10に示したものと同一区間である。混雑度は、交通量/交通容量として求めた。また、インプットリンクにおける工事前と工事中の総発生交通量はほぼ等しく、交通量の曜日変動による混雑度の差はあまりないと考えられる。

工事前、工事中とも時間帯による混雑度の変化はあまり見られない。これは仙台市中心部の街路であり、業務交通が中心で、通勤交通による方向性があるためである。工事前と工事中を比較すると、工事が小規模であるため、混雑度の増加はあまりみられないが、次の路線において混雑度の増加がみられる。

1) 広瀬通：東行き、西行き

工事による閉塞区間によって交通容量が減少しているためである。

2) 青葉通：東行き

広瀬通を回避しようとした車が代替路線として青葉通を選ぶことが考えられるためである。

3) 東二番丁通：南行き

図10には示されているが、東五番丁通の5番リンク方面で工事が実施されており、これを回避しようとした車が代替路線として東二番丁通を選ぶことが考えられるためである。

次に、モデルの再現性を検証するため、昭和57年6月18日(金)に交通量と平均速度及びインプットデータとして必要な右左折率の実測を行い、シミュレーションと比較した結果が図12である。実測による平均速度は試験走行法により、直進、左折、右折それぞれ6回の走行によって得られるリンク通過時間の平均値より算出した。また、シミュレーションは初期状態における影響を少なくするため、あらかじめ

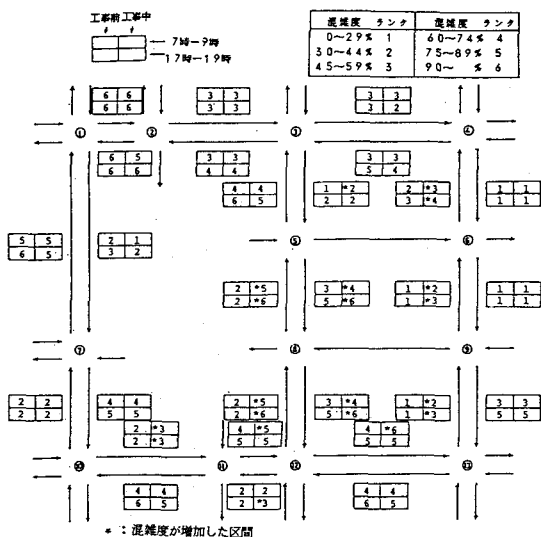


図11 工事前・工事中の混雑度の変化

じめ予備シミュレーションを15分間実行し、その後10分毎に出力を打ち出し、これを30分間続けたものである。

交通量については、実測値に対するシミュレーション値の平均誤差が5%程度にすぎず、かなりモデルの再現性はよいものと思われる。平均速度についてもある程度の再現性はみられるが、リンク⑬、⑭、⑲、⑳、㉓において差がみられる。これはシミュレーションにおける速度の影響範囲内の存在台数と基本ブロック通過時間の関係にもよるが、特にリンク⑬、⑲については、①交差点が変則的な現示となっているため、これをモデルに適用できる形に表現しなおしたことによる影響が大きいと考えられる。また、それ以外のリンクについては、試験走行法における各リンクへの流入経路にかたよりがあったため、ある特定のパター

ンでリンクを通過し、実測の平均速度が過大評価されたことも1つの原因と考えられる。

工事区間を設けた場合について、昭和57年9月7日(火)に同様の調査を行ない検証を行なった結果、交通量の実測値に対するシミュレーション値の平均誤差が約6%で、工事前とはほぼ同程度の再現性が実証された。

以上、述べたように、実測に基づくインプットデータを使用し、その状態をシミュレートすることについてはほぼネットワークの状態をよく再現し得るモデルと言える。しかしながら、工事などによる交通流障害が生じた時の交通状態を予測する場合、平常時と異なる発生交通量や右左折率の正確な予測が必要となり、それらが予測精度に大きな影響を及ぼすと考えられる。そこで、本モデルでは、交通流障害が生じた区間を混雑状況に応じて回避する現象を再現するために、前述の車両の属性判断の処理機能を付け加えた。これによって交通流障害が生じた場合の交通流の変化をある程度再現できると考えられる。

図13に工事前のインプットデータを使用し、道路条件を工事中にした場合のシミュレーション値と工事中の実測値を示す。交通量の实測値に対するシミュレーション値の平均誤差は約10%で、工事中のインプットデータを使用した時に比べ約4%再現精度は落ちるが、実用性に耐え得る精度であると思われる。工事区間である広瀬通に関しては、実測による交通量が東行き、西行きとも工事により28%減少しているのに対し、シミュレーションでは東行き、18%、西行

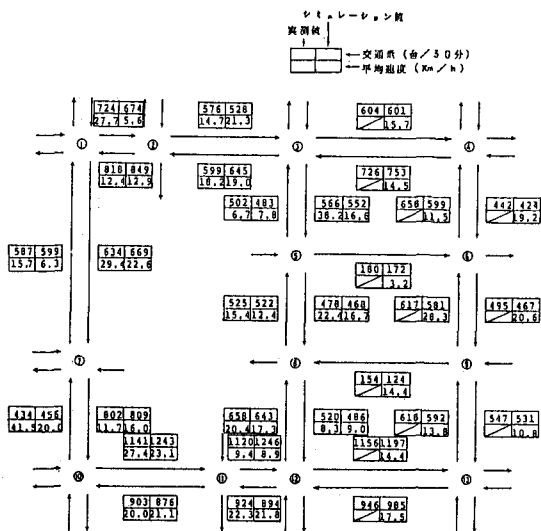


図12 シミュレーション値と実測値との比較 (工事前)

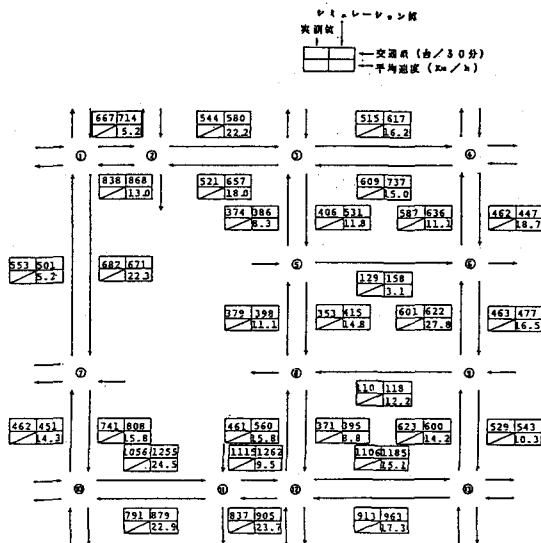


図13 シミュレーションによる予測値と実測値との比較 (工事中)

さ11%の減少となっている。これは車両の属性変更判断の基準をリンク占有率40%としていること、さらには、閉塞区間の回避現象を単純化したモデルによって表現していることによるものであると考えられる。

4 おわりに

本研究では、街路網に交通流障害が生じた場合の交通状態を予測することができネットワークシミュレーションモデルを作成し、地下鉄工車の行なわれている仙台市の街路網に適用して、モデルの妥当性を検証した。本研究において得られた成果を要約して以下に示す。

- 1) 道路条件や交通規制などの変更を容易に行なうことができ、閉塞区間などを設定することができる。
- 2) 速度の影響範囲の車両の存在台数によって速度を更新しているため、従来のネットワークシミュレーションモデルに比べ、微視的な走行挙動を解析することができる。
- 3) 車線変更は、リンク内の交通状態によって決定されるため、インプットデータとして車線利用率を必要とせず、さらに、閉塞区間により途中で道路条件が変化した場合にも対応できる。
- 4) リンクの占有率が40%を越える時には、混雑の状況に応じ、車両の属性を変更する機能があるため、交通流障害が存在するリンクを回避する現象が再現される。
- 5) 本モデルを仙台市の中心部の街路網に適用した結果、かなりの精度で実際の交通流を再現することができた。
- 6) 工事によって閉塞区間が生じた場合の交通流を本モデルを用いることによって予測可能であることを示した。また、本モデルは種々の交通流障害に対して適用可能であると考えられる。

最後に、本研究をまとめるに当たって御協力を賜った仙台市交通局及び資料の整理に当たった東北大学大学生、遠藤昭人君に感謝いたします。

参考文献

- 1) 日本電気株式会社：ACOS-6 離散型シミュレーション言語説明書(GPSS/V-6) 1980