

信号制御による道路交通騒音の防止効果と 交通損失に関する研究

EVALUATIONS OF TRAFFIC PERFORMANCE AND REDUCTION OF
TRAFFIC NOISE BY SIGNAL CONTROL ON ARTERIAL STREETS

荻野 弘*・河上省吾**・青島縮次郎***
By Hiroshi OGINO, Shogo KAWAKAMI and Naojiro AOSHIMA

1. まえがき

わが国においては、昭和 30 年代以降、人口および産業活動の都市地域への集中とそれに並行したモータリゼーションの急激な進展に伴い、道路周辺地域、とりわけ幹線道路に面した地域において深刻な道路交通騒音による被害が続出している。なかでも、東京都の環状 7 号線、名古屋市の名四国道、神戸市の国道 43 号線、岡崎市の国道 1 号線などは早くから道路交通騒音の被害が指摘され、多くの防止対策がとられている。

都道府県が道路に面する地域の自動車騒音の実態を把握するために昭和 52 年中に実測¹⁾した全国 3 307 測定点のうち、騒音の環境基準を満足する測定点は 494 点（全測定点の 14.9%）、要請基準を超えない測定点は 2 603 点（同じく 78.7%）であり、騒音防止のための基準が定められているにもかかわらず多くの地点で道路交通騒音が基準を超えており、騒音の防止対策を必要としていることがわかる。また、これらの測定点のうち 4 時間帯（朝方、昼間、夕方、夜間）とも測定された 2 802 測定点²⁾についてみると、夜間に環境基準を超えるものが約 52% あることがわかる。上記で述べた環状 7 号線、名四国道あるいは国道 43 号線、国道 1 号線で起こっている被害も夜間に多く、とりあえずは夜間における道路交通騒音の防止対策を早急に実施する必要がある。

道路交通騒音を防止するための対策としては、発生源対策、道路構造の改善、沿道対策などがある。これらの対策を効果的に実施するために今日まで多くの研究^{3), 4)}がなされてきた。

発生源対策のうちで比較的容易に実施できる対策としては交通管制があり、具体例としては、走行速度の低下

による音響パワーの低減や車種規制などによる交通量削減の方法がある。この方面に関する従来の研究は、主として走行速度と音響パワーの関係、車種混入率の違いと道路交通騒音の関係^{5)~7)}、交通流を確率モデルとして扱って騒音レベルの統計量 L_5 , L_{50} , L_{eq} などを予測する方法^{8)~10)}、道路交通騒音の被害意識の分析^{11)~13)}などに重点が置かれており、信号制御による走行挙動の変化と道路交通騒音の関係についての研究はほとんどなされていない。騒音にかかる問題の多くが幹線道路沿線で発生しており、これらの幹線道路の交通流のほとんどがなんらかの形で信号の制御を受けていることから、信号制御と道路交通騒音の関係を明らかにすることは重要なことであるといえよう。

従来の信号制御の評価基準^{14)~17)}は、走行車両の停止時間、停止回数、旅行時間、交通量といった車両の側の損失を採用しており、沿道交通環境に関する評価基準については、排出ガス¹⁸⁾を除いてほとんど考慮されていない。わずかに、信号制御と道路交通騒音の関係を交通流と住民意識との対応で調査研究している例^{19), 20)}があるのみである。

そこで本研究では、信号交差点の容量を超える需要がある場合は民家の少ない交差点で渋滞させ、騒音防止対策を必要とする区間においては信号交差点の容量を超えないこととして、道路交通流にとってマイナス要因として働くと考えられる道路交通騒音低下のための信号制御が交通流に与える影響を調査し、交通制御と道路交通騒音の関係を明らかにするとともに、道路交通騒音が住民意識に与えている影響も調査分析する。また、この調査結果を基礎データとしてシミュレーションを実施し、騒音防止と交通損失減少の両者を目的とした適正な交通制御手法を確立することを目的とする。

* 正会員 工修 豊田工業高等専門学校助教授 土木工学科

** 正会員 工博 名古屋大学教授 工学部土木工学科

*** 正会員 工博 豊橋技術科学大学助教授 建設工学系

2. 信号制御と道路交通騒音の関係

(1) 道路交通騒音とその被害の実態調査

信号制御と道路交通騒音の関係を明らかにするために、現に騒音防止のための信号制御が実施されている愛知県岡崎市内国道1号線沿線を調査地域として選定した。

a) 調査地域の概要

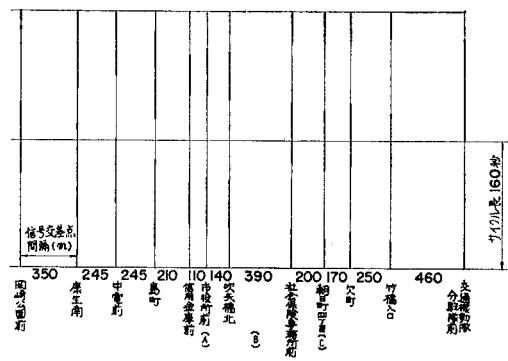
調査対象地域は、図-1に示される国道1号線岡崎市内市街地通過区間 5.9 km の区間である。東名高速道路岡崎インターチェンジは国道1号線から東名高速道路へ直接アクセスできる数少ないインターチェンジの1つであり、高速道路料金節約の目的で岡崎インターチェンジ以西を国道1号線、名四国道、名阪国道を利用して大阪方面へ行く、あるいはその逆の経路を走行する車両が多い。上下方向の交通量は、昭和52年7月で40 600台/日、ピーク時が19時で2542台/時（大型車混入率26%）と多く、しかも大型車のピーク交通量が深夜の22時に生じ、その量は1 000台/時もあり、沿道住民に対しきわめて深刻な交通公害を与えていた。このため沿道騒音は要請基準を大きく上回っているということである。さらに市街地通過区間 5.9 km の間に信号機が27機も設置されており、頻繁に生じる車両の加減速は沿道環境をいっそう悪化させていた。これに対し愛知県警は、昭和51年7月より名四国道で先に実施し一定の効果がみられた長距離信号制御を当該地域に対しても適用している。

b) 対象路線の信号制御

国道1号線岡崎市内 5.9 km の区間における27交差点の深夜の信号制御として、昭和51年8月以降53年6月までに、おもに沿線の環境改善を図る目的で3回の信号調整が行われた。すなわち、昭和51年8月以前はサイクル長110秒、国道側の最小青現示率50%であったものが、8月にはサイクル長140秒、最小青現示率28%，さらに11月にはサイクル長160秒、最小青現示

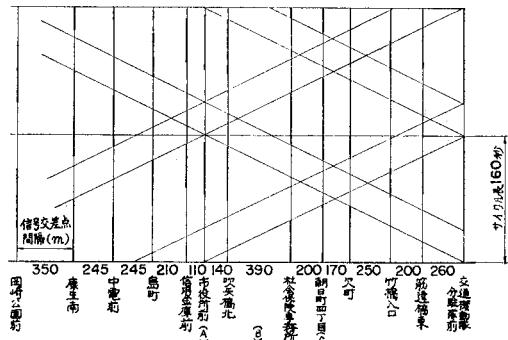


図-1 国道1号線（岡崎市内）交差点および調査地点



昭和51年11月1日

図-2 信号制御図



昭和53年6月20日

図-3 信号制御図（事後）

率26%とした特殊制御へと移行した。サイクル長を長く青現示率を短くとしたのは、車を小集団化させ住民が騒音にさらされる時間を短くするためである。また、昭和53年6月にはこの特殊制御をさらに調整し、サイクル長はそのまま160秒、最小青現示率25%（青40秒）の制御方式で、橋梁部や田畠といった人家の少ない交差点で車両を小集団化させ、効率よく車を流すように信号制御の路線系統化を図っている。交通流の車群形成パターンおよび上下流の車群の到着時間差は信号制御パラメーターにより異なり、したがって、道路交通騒音や住民の迷惑の感じ方も違うと考えられるため、住民意識調査を実施した区間の信号制御パターンのうち、昭和51年11月から53年6月までのものを図-2に、それ以後のものを図-3に、それぞれ示す。

c) 調査項目および調査方法

道路交通騒音とその被害の実態を把握するため、以下の項目について調査した。

- 1) 道路交通騒音：騒音の実測は、現在昼間に実施されている信号制御を一時的に深夜まで延長した制御（以後、事前とよぶ。これは以前に採用されていた制御によく似ている）と、騒音の中央値を低下させる目的で

現在夜間に実施されている信号制御（以後、事後とよぶ）の2種類の制御パターンについて行った。調査地点は、事後において上下交通流で形成される車群の到着時間が一致する地点（A点とよぶ、図-1 参照）と、1/2サイクルずれる地点（B点とよぶ）の2地点とした。測定方法は、A点の路側から10, 20, 40, 80mの各地点と、沿道方向にA点より前後80mの地点に合計6台の騒音計を設置して6点同時測定を行い、B点についてもまったく同様の測定を行った。測定は、JIS Z 8731による方法で実施した。評価は、主として中央値（ L_{50} ）と等価騒音レベル（ L_{eq} ）によっている。

ii) 交通量、地点速度および車頭時間：道路交通騒音が車種構成、車線利用分布、速度分布および車頭時間分布により影響を受けることを考え、交通量は車種別車線別交通量を、地点速度分布および車頭時間分布は車種別車線別に、それぞれ求めた。

車種区分は、① 大型貨物、② 普通貨物、③ 小型貨物、④ 普通乗用車の4区分とした。

交通量の集計時間については、信号サイクル長が事前140秒、事後160秒と異なるため、両者の最小公倍数1120秒に近い19分間（1140秒）とした。

iii) 住民意識調査：住民意識調査は、A、B両地点を含む信用金庫前交差点から欠町交差点までの1000mの区間で、国道から200m以内の地域における全世帯について行った。調査票は世帯票と個人票に分かれており、個人票は中学生以上の全員を対象に配布した。質問項目は表-1に示すが、調査時点ですでに実施されていた騒音防止のための特殊制御について、道路からの距離および車群到着時間のずれと住民の意識との対比ができるように、特に調査地区を選んだ。

d) 調査日時

騒音、交通量関係および走行調査については、事前の制御方式に関する調査を信号制御方式を一時的に変更して昭和53年11月6日に、事後の制御方式に関する調査を同年10月30日（いずれも月曜日）に、それぞれ実施した。

測定時間はいずれも17時より翌日2時までであるが、本研究では、主として騒音防止のための特殊制御が実施される22時以後のデータについて考察する。

表-1 住民意識調査項目一覧

世帯票	個人票
世帯人員	年令、性別、職業
住宅建設時期	就寝、起床の時刻
居住歴	日常生活のパターン
家屋の所有者、形態、部屋数等	自由になる車の有無
対象道路の振動による家屋の被害の有無	健康状態
対象道路の騒音のための防音工事等の有無	対象道路からの騒音による被害の状況
	対象道路の振動による被害の状況
	特殊制御による被害状況の変化

住民意識調査については、昭和53年10月7日から10月16日にかけて調査票の配布回収を行った。

(2) 信号制御が道路交通騒音に与える影響

ここでは、上下交通流で形成される車群の到着時間差が L_{eq} , L_{50} といった騒音値にどのような影響を及ぼしているかを、実測結果をもとに分析する。

図-4は、事後に車群の到着の一一致がみられ、事前において1/4ずれるA点での事前事後比較であるが、青現示がそれぞれ75秒、40秒と異なっており、青現示が短く車群の一一致がみられる事後が事前に比べ、 L_{50} で18dB(A)の低下をもたらしている。このときの19分間交通量の差は、全車種で35台事後が、大型車では2台事前がそれぞれ多くなっているが、交通量と騒音値（ L_{50} , L_{eq} ）の関係を示す図-5より、この程度の交通量の差は騒音値にはほとんど影響を及ぼさないことがわかるので、事前、事後の騒音値の差は信号制御方式の違いによると考えられる。

図-6は、事前に車群の到着が一致し、事後において1/2ずれるB点での比較であり、19分間交通量の差が全車種で73台、大型車で29台、それぞれ事前が多いにもかかわらず、騒音値では事後がいずれの指標でも高くなっているが、車群の到着時間の一一致は騒音値を低下させていることがわかる。また、事後におけるA、B両地点の路側の騒音

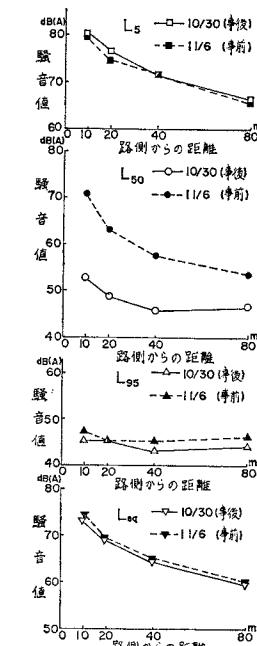


図-4 A点における騒音値の距離減衰（事後の制御において車群が一致）

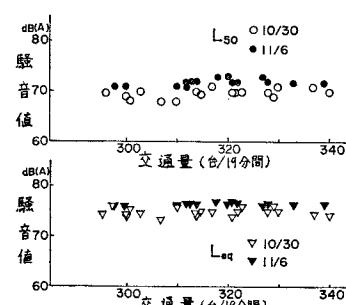


図-5 1140秒間（19分間）の騒音値（ L_{50} , L_{eq} ）と交通量の関係

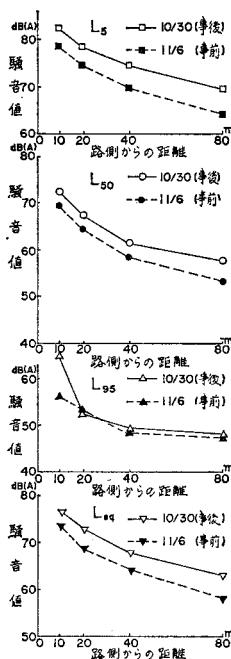


図-6 B点における騒音値の距離減衰（事後の制御において車群が1/2周期ずれる）

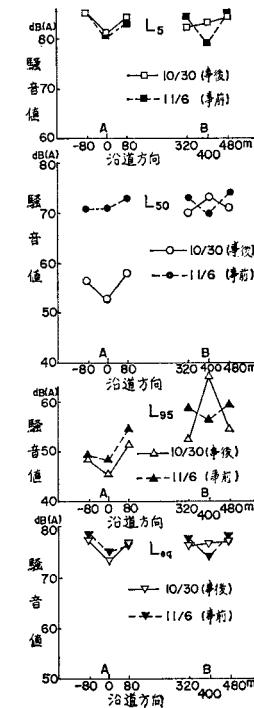


図-7 騒音値の沿道方向の変動（測定期間 A点：0時00分～0時19分、B点：22時30分～22時49分）

値の差にも、その効果が表われている。

この結果をさらにはっきりさせるために、A、B両地点の前後80mの地点を含めた路側方向の騒音値の変化をみると、図-7より、A点付近では事前事後ともA点が最低でその前後で高くなっている、B点付近では事前にB点が最高でその前後で低くなっている。また、事前ではB点が最低でその前後で高くなっている、A点の場合と同じ傾向を示している。このことは、車群の到着が一致する地点では騒音値は最低を示しその前後で高くなり、逆に、車群の到着が1/2ずれる地点では騒音値は最高を示しその前後で低くなることを示している。すなわち、車群の一一致は騒音値の各指標を低下させることができることである。特に、 L_{eq} においても車群の一一致の効果が認められており、これは、両方向の車群が一致することにより手前車線の車が向こう側車線の車騒音に対し防音壁の役目を果たしているためと考えられ、注目すべき点である。

以上、信号制御と道路交通騒音の関係をみてきた結果、上下方向の車群の到着時間差が騒音の評価値を変化させることができた。特に、上下方向の車群の到着が一致する地点で、しかも全車両がスルーバンドに乗って走行する場合は、その地点での騒音値(L_{50})を著しく低下させ、 L_{eq} をも低下させることができた。この傾向

は名四国道で実施した調査¹⁹⁾でも明らかであり、したがって、人口密集地において車群を一致させる信号制御方式の実施は騒音被害を受ける人口を減らすことができ、環境改善の効果が期待できる。

(3) 道路交通騒音と住民意識との対応

ここでは、前項a)で述べた住民意識調査項目(表一1)のうち、信号制御方式の違いと住民意識の対応関係を分析する。また、沿道方向で、上下交通流すなわち車群の到着時間差による道路交通騒音の変化が住民にどのような影響をもたらしているか、についても述べる。したがって、対象地域を、道路に直角方向には国道1号線をはさんで50mまでは10m間隔、50mを超える地点からは20m間隔に区分し、沿道方向には事後の信号制御により上下方向の車群が一致する地点を基準として50m間隔に区切った。この50m間隔に区切られたゾーンを車群ゾーンとよぶ。

対象地域総世帯数700世帯に世帯票を、中学生以上の全員に個人票をそれぞれ配布したが、回収数は434世帯で、回収率62%であった。また、回収世帯における個人票はすべて回収した結果、有効な個人票数は1194となつた。表-2に、住民意識調査の路側からの距離別車群ゾーングループ別の回収数を示す。表-2中のグループについては後述する。回収数にばらつきがあるのは、対象地域には岡崎市役所、消防署、公園などがあり、世帯数に差があるのである。

性別、年令、職業といった個人属性についてみると、性別(図-8)では男性48.4%、女性51.6%と女性がいくぶん多く、年令は20代から50代まではほぼ同じで17~18%となっている。職業については、表-3より、有職者57%、無職43%となっており、無職の大半は主婦となっている。

表-2 住民意識調査の路側からの距離別車群ゾーングループ別回収数

車群ゾーン グループ 路側から の距離(m)	Aグル ープ	Bグル ープ	Cグル ープ	その他	計
0 ~ 50	44(125)	18(55)	50(135)	63(164)	175(479)
~ 90	17(39)	1(1)	25(62)	30(84)	73(186)
~ 130	11(25)	4(18)	19(71)	21(69)	55(183)
~ 170	21(55)	5(18)	12(38)	35(90)	73(201)
~ 200	15(34)	11(20)	12(41)	20(50)	58(145)
計	108(278)	39(112)	118(347)	169(457)	434(1194)

注) () 内は個人票数

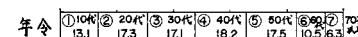
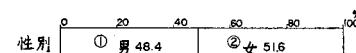


図-8 個人属性

表-3 職業の有無

職種	有							無							合計
	事務	専門技術職	労務	小売・サービス	管理職	自由業	その他	主婦	各大學生	高校生・中學生	その他	回答	計		
	職	職	職	業	職	他	計	婦	学・短大生	生	他	計	合計		
人 数	123	103	104	128	55	69	85	667	289	46	116	52	503	27	1197
%	10.5	8.8	8.9	10.9	4.7	5.9	7.3	57.0	24.7	3.9	9.9	4.4	43.0		

国道1号線による車騒音の被害状況を図-9に示す。図は、横軸に路側からの距離を、縦軸に被害率の累積比率をとっており、国道からの車騒音に対し「いつも感じる」と答えた人は、路側から20mを超えると急激に減少し、30mを超えてからはなだらかな減少傾向を示す。また、「しばしば感じる」と答えた人は40~50mで最高の24.6%を示し、以下10%内外と少ない。

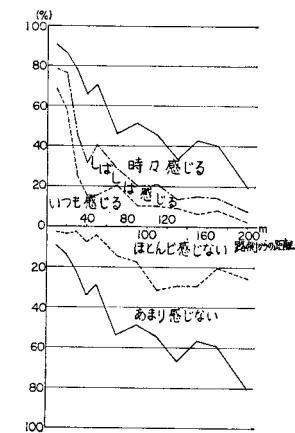


図-9 国道1号線による車騒音の被害と路側からの距離の関係

次に、国道からの被害を明確に示す範囲については、「いつも感じる」+「しばしば感じる」+「時々感じる」という国道からのなんらかの迷惑あるいは被害を訴える被害率が、図より、50mを超えると約50%以下となり、また、「ほとんど感じない」+「あまり感じない」と答えた人は50mを超えると50%を超えるようになっており、被害が明確に現われる範囲は路側から50mまでと考えられる。

騒音を低下させる目的で愛知県警が実施している信号調整、速度規制といった対策についての住民の認識状態を図-10に示す。図より、「まったく知らなかった」と答えた人は9.6%と少なく、ほとんどの住民は騒音低下のための各種の対策について知っており、国道騒音についての関心が高いことがわかる。

信号制御によって生じる車群の到着時間差の影響については、図-9より、被害が明確に現われる範囲が50mまでと考えられることから、路側から50mまで木造



図-10 騒音低下のための各種の対策（安眠ゾーン等）についての住民の認識状態

2階建て以下に居住している住民について集計分析を行った。また、騒音防止の目的で実施された制御は昭和51年11月の制御（図-2）からであるが、「安眠ゾーンの対策」として住民にPRしたのは図-3の昭和53年6月以降である。

質問形式は、「安眠ゾーン等の対策が実施されていますが、この対策が実施される以前と以後について以下の質問にお答え下さい」となっている。したがって、住民は、図-3の制御図すなわち昭和53年6月以降を事後、図-2以前に実施されていた制御を事前、ととらえていると思われることから、次の3つのグループについて以下の分析を行う。

グループA：事後の制後において上下方向の車群が一致するA点の前後100mの区間。事前ににおいては車群の到着が1/4ずれていた。

グループB：事後の制後において上下方向の車群の到着が1/2ずれるB点の前後100mの区間。事前ににおいては車群の到着が1/4ずれていた。

グループC：A点から800m東京方向へずれたC点の前後100mの区間。事前事後の車群到着状況はA点と同じ。

図-11は、事前、事後の信号制御の違いによる騒音、振動の感じ方のパターンの変化を示したものである。AグループとCグループは800m離れているがよく似た結果を示しており、制御の条件が同じならば住民の評価も同じ傾向を示すことがわかる。全体に「変化なし」が多いが、制御の変化がほとんどないBグループと1/4サイクル(40秒)の車群の到着のずれが生じているA、C両グループを比較すると、「間けつ的になる」と答えたものが、Bグループで11.9%であるのに対しA、C両グループはそれぞれ18.8%，19.6%と高い値を示している。一方、「いつも感じるようになる」は、A、B、C

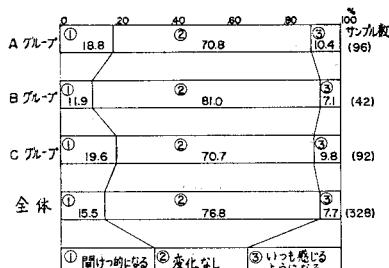


図-11 信号制御による騒音、振動の感じ方のパターンの変化（路側より50m以内のもの）

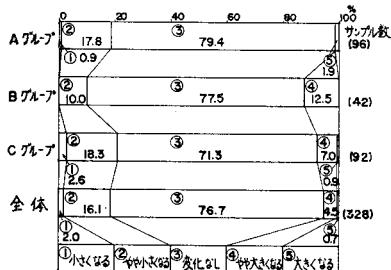


図-12 信号制御による騒音被害の程度の変化
(路側より 50 m 以内のもの)

各グループの値がそれぞれ 10.4, 7.1, 9.8% であり、「間け目的になる」に比べグループ間の差は小さくなっている。また、「変化なし」についてみると、B グループは A, C 両グループに比べ 10% 多くなっていることがわかる。以上のことから、住民は、制御パターンの微妙な違いをある程度的確に把握していることがわかる。

次に、信号制御による騒音被害の程度の変化をみると(図-12)、「小さくなる」+「やや小さくなる」といったプラスの評価が、A, C 両グループではそれぞれ 18.7, 20.9% であるのに対し B グループでは 10% となっている。A グループの中心と B グループの中心での騒音の事前事後の実測結果(図-7)において、A 点の L_{50} が B 点のそれに比べ大きく低下していることを考えると、住民は、制御による騒音の変化をかなり的確にとらえているといえる。そして、「大きくなる」+「やや大きくなる」といったマイナスの評価が、A, C 両グループではそれぞれ 1.9, 7.0% であるのに対し B グループでは 12.5% となっている。また B グループと C グループでプラスの評価をした比率の検定では、有意水準約 10% で意見の差があることがわかった。一方、各グループにおける個人属性の違いはあるが、A, C グループの反応が酷似していることから、個人属性の違いによる影響は大きくなないといえる。以上の結果、現状では多くの住民が、40 秒間の騒音の後 120 秒間の静寂を繰り返すパターンがよいとしているが、なかには連続的に騒音が聞こえるのを良しとする住民もあり、今後、信号制御の方法を考えていこう上でこれら住民の扱いも考慮しなければならない。

3. 信号制御の交通流に与える影響

(1) 実測方法

信号制御の交通流に与える影響を調査するために、2. で述べた調査項目のほかに試験車による走行調査を実施した。調査は、2 台の走行試験車を交通流に乗って走行する形態を行った。

調査方法としては、走行試験車のスピードメーターか

ら車輪の回転を検出する方法によって連続的に車両速度を把握する一方、信号交差点の停止線を通過した時間をハンドマークにより記録する方法を用い、両者をデータレコーダーに記録し解析した。解析はマイクロコンピュータを利用し、交差点ごとの停止回数、停止時間を、また、各交差点間の所要時間および走行速度を、それぞれ求めた。

(2) 交通損失からみた信号制御の評価

a) 旅行時間

図-13 に、調査区間 5.9 km を交通流に乗って走行した場合の旅行時間と停止回数を出発時刻別に示す。

事前事後での旅行時間比を比較すると、事前では旅行時間が 9 分程度で停止回数は 2~4 回であるのが、事後では旅行時間が 14 分から 9 分とばらつきが大きく、停止回数も 3~5 回となっている。事後の制御パターンはサイクル長 160 秒、スルーバンド 40 秒であり、バンドからはずれる

と 2 分の信号待ちを強いられ 図-13 走行調査結果(自由走行の状態)

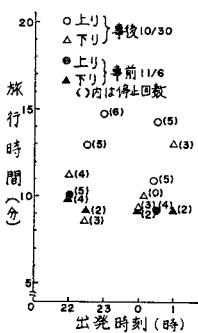
とことになり、このため旅行時間がばらつくものと思われる。一方、事前の制御パターンは同時式であり、サイクル長は 140 秒で青時間は最低が 75 秒となっていることから、5.9 km の区間内では旅行時間の変動が小さくなるものと思われる。

b) 地点速度および車頭時間

図-1 の地点 B における全車種の地点速度分布および車頭時間分布を 図-14, 15 に、それぞれ示す。集計時間帯は、騒音防止を目的とした信号制御が実施されている深夜 23 時~24 時の 1 時間である。

地点速度分布(図-14)でみると、事前事後では事前が、上下方向では事前事後とも下り方向が、それぞれ速度が高くなっている。事前事後の速度分布の違いは、事前の交通量が多いにもかかわらず速度が高いことを考えると青時間長の差によるものと考えられる。また、上下方向の速度分布は、下り方向が高くなっている。これは、地点速度測定地点が下り方向に約 2% の下り勾配となっており、しかも、上り方向は前方交差点の信号を測定地点でみることができる幾何構造になっているが、下り方向においては前方交差点の信号を見ることができないためと考えられる。

車頭時間分布(図-15)では、青時間が短い事後が事前に比べて、また、測定地点で前方交差点の信号が見えない下りが前方交差点の信号が見える上りに比べて、そ



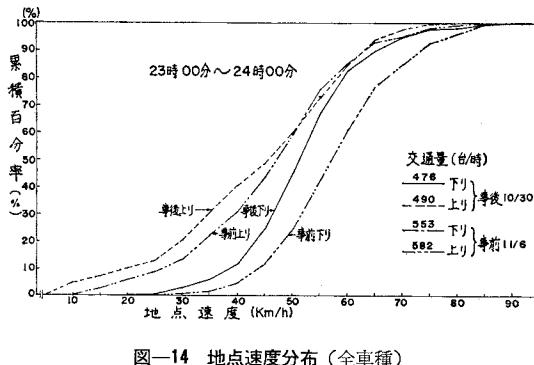


図-14 地点速度分布（全車種）

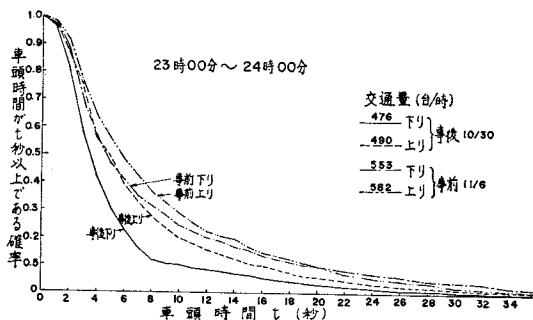


図-15 車頭時間分布（全車種）

それぞれ車頭時間が短くなっている。

以上の結果から、青時間を短くすることにより地点速度は低下し、しかも全体に車頭時間を短くとする傾向にあり、騒音対策としては効果的な面が大きいことがわかる。この理由としては、信号機制御の影響を受ける区間内では、青時間を短くすることにより交通流を拘束流の状態に近づけることができるためと考えられる。したがって、i) 交通量が同じ場合のさばく青時間帯の長さの差、ii) 先の交差点の信号が幾何構造的に見えるか否か、により地点速度は変化することになり、道路交通騒音が地点速度の影響を相当受けたことを考えると、不要な加減速を行わないような的確な情報を、速度指示を含む予備信号機などにより与えなければならないといえる。しかしながら、車頭時間のとり方が短くなるということは交通事故の危険が増すことにもなるが、この点について次に述べる。

c) 交通事故

表-4 は、調査区間をはさんで特殊信号制御実施前後6か月間の人身事故件数についてみたもので、いずれの年次も1月～6月の6か月間のものである。表より、規制前は徐々に増加の傾向にあった事故件数が昭和52年の規制実施後は減っており、青時間を短くする規制は車頭時間を短くする傾向があり危険が伴う、と b) で述べたが、地点速度が低くなるためか人身事故件数の面ではこの規制により増加が食い止められたことがわかる。

表-4 特殊信号制御実施前後6か月間の人身事故件数
(集計時刻 22時00分～6時00分)

区間	332.5	331.4	325.7	322.2				
区間距離 km	1.1		5.9		3.3		10.3	
年度	規制の有無	下り側外	規制区间	上り側外	計			
規制前	昭和49年	0(0.0)	9(1.525)	1(0.303)	10(0.971)			
	〃 50年	1(0.909)	11(1.864)	5(1.515)	17(1.650)			
	〃 51年	2(1.818)	18(3.051)	2(0.606)	22(2.136)			
規制後	昭和52年	1(0.909)	11(1.864)	3(0.909)	15(1.456)			
	〃 53年	0(0.0)	6(1.017)	3(0.909)	9(0.874)			
	〃 54年	0(0.0)	10(1.695)	4(1.212)	14(1.359)			

注) 各年次1月～6月の6か月間 () 内は km 当たりの件数

4. シミュレーションによる交通制御の効果の検討

(1) シミュレーション計算の基本的仮定

実測に基づく騒音低下と遅れ最小化を目指す信号制御の最適解の探索は、現実に即しているという点で優れているが、試行錯誤的になる場合が多く、また、実施し得る制御方式には限界がある。また、費用、労力の点で問題があり、しかも、安易な制御方式の変更は無意味な交通渋滞を引き起こしたり、交通事故を引き起こす危険がある。これに対して、実現象を適切にモデル化したトライフィックシミュレーションによる解法は、種々の入力条件のもとの交通現象を計算機内部で再現することが可能であるので、これまでに交通工学上の多くの問題をこのシミュレーションによる方法で解決してきている。したがって、数式モデルとしてランダム現象である交通流を解析することは困難であるので、本研究においても大型電子計算機を使用したシミュレーションにより、道路交通騒音防止を主たる目的とし、かつ交通損失を減少させる交通制御手法の検討を行う。

シミュレーションにあたっての基本的な考え方は次のとおりである。

i) 道路モデルとしては、図-16 に示すような交差街路を考え、幹線および交差街路に3つの信号機を設定した街路モデルを考える。これは、単一信号機の制御効果および2連続以上の信号機の制御効果を検討するためである。信号機の設置間隔はその制御効果に大きく影響するが、深夜においては交差街路の交通量はほとんどない場合が多く、したがって交差側の青時間を適当に選ぶことにより、制御上、途中の交差点はないものと考えられるので、ここでは岡崎市の例を用いることにする。すなわち、図-3において、2400m の区間でスルーバンドの確保が可能なことから、本研究では仮想的に信号機間隔が 1200 m の3連続信号機モデルを考える。

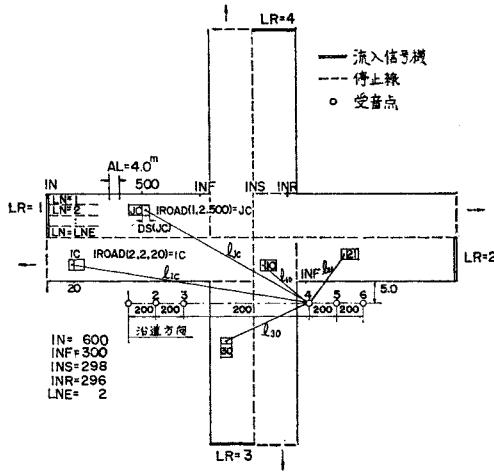


図-16 路線モデル

ii) 走行車両の信号機による停止時間、停止回数といった交通損失については、深夜の道路交通騒音防止が主目的であることから、民家のない交差点を両端にもつてきたとして、この交差点での交通損失を無視し、中央交差点の信号制御による交通損失のみ考慮する。

iii) したがって、流入交差点の信号制御パラメーターは、中間の道路交通騒音を評価基準にとり決定する。

(2) シミュレーションモデル

本研究の目的が、交通制御の効果を道路交通騒音と走行車両損失の両面から評価することにあるので、シミュレーションモデルは車を1台ごとにシミュレートする方法によった。用いたシミュレーションモデルは、次の5種類のサブモデルにより構成されている。

a) 路線モデルおよび受音点

路線モデルは、図-16に示すように十字交差道路であり、各方向片側LNE車線をもち、流入基準線より車を流入させる。各流入基準線にはそれぞれ別々の信号機が設置されており、車両はこの信号制御に従って系に流入する。本モデルでは、路線長2400m、流入交差点停止線から中央交差点の停止線までは1200m、交差点内距離は16mとしている。また、網目に区切られた道路には番号がつけてある。この路線モデルは、従来のメッシュ法の場合に生じる丸目の誤差をDS(IC)なる変数で置くことにより座標法と同じ精度を保ち、かつ、メッシュ法の利点を有しており、座標法に比べ計算時間の大幅な短縮が図れる利点がある。受音点は、図-16に示されるLR=2方向の路側より5m離れて沿道方向に200m間隔に、合計6か所設けた。

b) 信号現示

モデル内の信号現示は、表-5の5現示が可能であり、時刻Tにおける現示の判定は表のとおりである。今回

表-5 時刻と現示の関係

条件	現示	現示マーク
$0 < x \leq S_{(I,0)}$	青	MSIG=1
$S_{(I,0)} < x \leq \sum_{j=1}^2 S_{(I,j)}$	青矢	〃 =2
$\sum_{j=1}^2 S_{(I,j)} < x \leq \sum_{j=1}^3 S_{(I,j)}$	黄	〃 =3
$\sum_{j=1}^3 S_{(I,j)} < x \leq \sum_{j=1}^4 S_{(I,j)}$	赤	〃 =4
$\sum_{j=1}^4 S_{(I,j)} < x \leq \sum_{j=1}^5 S_{(I,j)}$	青矢	〃 =5
$x = (T/C - [T/C]) \cdot C$	[]:ガウス記号 T:時刻 C:サイクル長	
	$S_{(I,J)}: I$ 方向の信号のJ現示	

の計算では青、黄、赤の3現示制御としたので、 $S_2=S_5=0$ としてあり、青、黄、赤のそれぞれの現示ではMSIG=1, 3, 4となる。

c) 車両流入モデル

自動車の路線モデルへの流入については、流入基準線に設けられた信号が青現示の場合に、次式による流入車頭時間HT_{IC}間隔で系に流入させる。

$$HT_{IC} = TM - (TL - TM) \log_e R \dots\dots\dots(1)$$

ここに、

$$TM : 3600/Q_{IJ} (\text{sec})$$

Q_{IJ} : I方向J車線の青1時間当たり換算交通量(台/h)

TL: 限界車頭時間(1.4 sec)

R: 0から1の一様乱数

車種の決定は、I方向J車線のK車種比率をRAO_{I,J,K}としたとき、乱数処理により、

$$\sum_{n=1}^{K-1} RAO_{I,J,n} < R \leq \sum_{n=1}^K RAO_{I,J,n} \dots\dots\dots(2)$$

ならば、車種マークMRTY_{IC}=Kとする。本研究では、普通乗用車(K=1)、普通貨物車(K=2)、大型車(K=3)の3車種とする。

希望速度V_{IC}は、最高速度VMと最低速度VLとの間の分布が一様分布となるように乱数処理により決定する。本研究では、VM=45 km/h、VL=40 km/hとしている。

d) 走行モデル

走行状態としては、自由走行、追従走行、減速走行、加速走行および車線変更について考えることとする。

自由走行は前車の影響を受けずに希望速度で走行する場合であり、前車の走行速度が自車の希望速度より高く車頭間隔が限界車頭間隔以上の場合と、安全車頭間隔以上の場合とがある。

減速走行は、停止あるいは追従走行に移る過程である。すなわち、前車との車間距離FLが演算サイクルタイムDT時間(DT=1.0 sec)後に安全車頭間隔以下に

なる場合に、減速後の速度における安全車頭間隔を保てるように式(3)²¹⁾を満足する速度Vまで減速する。

$$0.001511 V^2 + 0.186 V = FL - (VR_{IC} + V)DT / 7200 \dots\dots\dots(3)$$

信号待ちあるいは前車が停止車の場合もFLを与えてVを求めるがVが5km/h未満になら停止車とする。

加速走行は発進時あるいは追従走行から自由走行に移る過程であり、車種別加速度は表-6に示す実測値の結果を用いた。発進遅れは、信号待ちをしている先頭車について一律2秒とした。

e) 騒音伝播モデル

図-15に示す受音点への騒音の伝播は、各車両を単音源と仮定し、次式により騒音値を求めた。

$$SPL = 10 \log_{10} \left\{ \frac{10 \left(\frac{PWL_1}{10} \right)}{l_1^2} + \frac{10 \left(\frac{PWL_2}{10} \right)}{l_2^2} + \dots + \frac{10 \left(\frac{PWL_{IC}}{10} \right)}{l_{IC}^2} \right\} - 8 \dots\dots\dots(4)$$

ここに、

SPL: 騒音レベル (dB(A))

PWL_{IC}: IC車のパワーレベル (dB(A))

l_{IC} : IC車の受音点までの距離

車種別のパワーレベルPWLの決定は、建設省の土木研究所の資料²²⁾を参考に、次の3つのパターンに分けて行った。

i) 走行速度25km/h以上の車種別PWLは、表-6の最高パワーレベルPWLMと最低パワーレベルPWLLとの間の分布が一様分布となるように、乱数処理により決定する。

ii) 走行速度25km/h以下のPWLは、上記資料より求めた回帰式を用いる。

$$PWL(V) = \begin{cases} PWL + 0.16V - 4 & 0 < V \leq 25 \text{ km/h} \\ PWL & V > 25 \text{ km/h} \end{cases} \dots\dots\dots(5)$$

iii) 停止時のPWLは、i)で求めたPWLより表-6の加速時ピークとアイドリング時の差を引いたものとする。

(3) シミュレーション結果の分析

図-15のモデル路線において、信号制御パラメーター(サイクル長、青現示、オフセット)が沿道騒音(L_{eq} , L_{so} など)および交通損失(停止時間、停止回数、区間速度)にどのような影響を及ぼすかを、表-7に示す実測値を入力データとしたシミュレーションにより分析する。また、図-16において、LR=1を下り、LR=2を上りとした上下方向を幹線側、LR=3、LR=4の方向を交差側と、それよりよぶ。なお、本モデルでは交差側の交通量を考えないので交通量を0とした。

表-7 シミュレーション入力データ(交通量台/時)
(昭和53年10月30日 23時00分~24時00分)

方向	車線	普通乗用車	普通貨物車	大型車	合計
上り	走行車線	115(39.5)	61(19.4)	139(41.1)	315(100.0)
	追越車線	68(38.8)	8(4.6)	99(56.6)	175(100.0)
	小計	183(39.4)	69(14.1)	238(46.5)	490(100.0)
下り	走行車線	81(34.1)	37(15.5)	120(50.4)	238(100.0)
	追越車線	75(31.5)	53(22.3)	110(46.2)	238(100.0)
	小計	156(32.8)	90(18.9)	230(48.3)	476(100.0)
合計		349(36.1)	159(16.5)	458(47.4)	966(100.0)

()内は車種混入率

a) シミュレーションモデルの適合性の検討

シミュレーションモデルの適合性についての検討は、シミュレーション実時間の検討、入力データと計算機内部で発生した結果との比較、および、実測条件下でのシミュレーション結果と実測値の比較について行った。

シミュレーションにおいては乱数初期値により、結果がばらつく場合があり、安定した解を得るために実時間は長くとらなければならないが計算時間が長くなり不経済となる。したがって、本研究で評価基準としている交通損失および道路交通騒音のばらつきが最大となるケースについてその解が安定するためのシミュレーション実時間を求めた。すなわち、i) サイクル長を160秒、流入交差点青現示を40秒とし、中央交差点の青現示とオフセットの組合せで16ケース(青現示は40, 75, 120, 160秒、オフセットは0/4, 1/4, 1/2, 3/4)を、実測結果の集計時間である19分間を実時間としてシミ

表-6 車種別の発進加速度および走行モード別パワーレベル

種別	車種	普通乗用車			普通貨物車			大型車		
		観測数	平均値	標準偏差	観測数	平均値	標準偏差	観測数	平均値	標準偏差
発進加速度(m/sec ²)		33	1.97	0.36	20	1.43	0.32	41	1.13	0.21
パワーレベルdB(A)	アイドリング時	10	75.0	3.2	5	82.2	3.2	17	80.3	3.0
	加速時ピーク		92.9	3.2		102.6	1.8		104.8	3.2
	差		17.9			20.4			24.5	
最高パワーレベル PWLM*		100			105			110		
最低パワーレベル PWLL*		90			95			100		

* 土木研究所資料を参考²²⁾

ュレーションを実施する。ii) 交通損失のばらつきが最大の青現示、オフセットの組合せを求める。iii) ii) で求めた条件で 19 分間の整数倍の実時間のシミュレーションを行い、いずれの評価項目においても相対誤差が 5% 以内となる実時間の最小値をもってシミュレーションの実時間とする。

以上の手順によりシミュレーション計算を実施した結果、青現示 40 秒、オフセット 0/4 の場合が交通損失、道路交通騒音のいずれもばらつきが最大となったので、この場合について実時間の計算結果への影響の比較を行った。その結果を表-8 に示す。表より、実時間 38 分と 57 分との相対誤差は最大でも 3.9% であることから、本研究では、シミュレーション実時間は 38 分とする。なお、実際のシミュレーション実時間は、初期調整の 5 分間と定常状態の 38 分間を加えた 43 分間で行っている。

入力データと計算機内部で発生させた結果の比較（表-8）では、時間換算交通量、車種混入率のいずれも 2% 以内といい適合性を示している。一方、パワーレベルについては、一様分布の仮説に対する χ^2 檢定を 10 階級区分（1 dB 単位）で行った結果（大型車、普通貨物車、普通乗用車のそれぞれの χ^2 値は、12.54, 2.91, 4.53 であり、理論値は $\chi^2_{9,0.05}=16.92$ である）、有意水準 5% で一様分布していると検定された。希望速度分布および流入車頭時間分布についても同様の結果が得られた。

騒音値については車群の到着時間が 1/2 サイクルずれる B 点でシミュレーション結果と実測値を比較した。図-7 の交通条件に対するシミュレーション結果では、 L_5 , L_{50} , L_{95} , L_{eq} はそれぞれ 82, 71, 63, 76 dB(A) となりこれらと実測値の差はいずれも 1~2 dB(A) である。

以上の結果から、本シミュレーションモデルは、実現象によく適合していることがわかった。

b) 流入交差点のサイクル長および青現示の検討

信号交差点下流の道路交通騒音が制御パラメーターによりどのような影響を受けるかを知るために、中央交差点の信号現示を全青としてシミュレーションを実施した。車群の到着時間は、系統速度 40 km/h を基準として測定している。

図-17 はサイクル長についてみたものであり、この場合の流入交差点の青現示は、そのサイクル中に到着した交通量はそのサイクル中にさばくという条件で、25% をとっている。

図より、 L_{eq} , L_5 はサイクル長および車群の到着時間差の影響を受けないことがわかる。一方、 L_{50} でみるとサイクル長が 160 秒まではサイクル長を長くするとその効果が現われるが、それ以上ではほとんど変化がないことがわかる。また、 L_{50} で環境基準の 65 dB(A) 以下の

シミュレーション*	実施時間	平均停止時間(秒)**		平均停止回数(回/台)**		平均区間速度(km/h)**		受音点 4 の騒音値dB(A)***		時間換算交通量台/時)***		車種混入率(%)***		M=200 とする CPU 時間(秒)										
		大型車	普通車	大型車	普通車	全車	大型車	普通車	全車	大型車	普通車	全車	大型車	普通車										
19 分間集計	9.94	6.92	9.06	9.13	1.52	1.23	1.30	1.40	27.7	28.4	28.1	81	75	67	487	166	357	1011	48.2	16.4	35.3	100.0	68.43	
相対誤差(%)	9.1	10.1	17.1	10.1	0.8	1.3	1.2	0.9	0.0	1.4	0.0	1.3	1.4	1.5	1.3	6.3	4.4	2.3	4.7	1.7	0.6	2.2		
38 分間集計	10.93	6.28	10.93	10.16	1.51	1.25	1.28	1.38	27.7	28.8	27.7	80	74	66	457	160	345	975	46.9	16.5	35.4	100.0	132.87	
相対誤差(%)	1.5	0.4	3.9	0.9	2.1	1.9	0.4	1.2	0.0	1.4	0.0	1.3	0.0	1.5	0.0	0.2	0.6	1.1	0.9	1.1	0.0	1.9		
57 分間集計	10.77	6.26	11.37	10.26	1.48	1.22	1.29	1.37	27.7	28.4	27.7	81	74	67	449	158	360	967	46.5	16.3	37.2	100.0	198.20	
相対誤差(%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.0	0.6	3.2	0.1	1.9	0.12	3.0		

* シミュレーション結果の集計時間と示す（シミュレーション実時間は 5 分間の初期調整時間と加えたものになる）。

** 相対誤差は、入力データ（表-7）との比較。

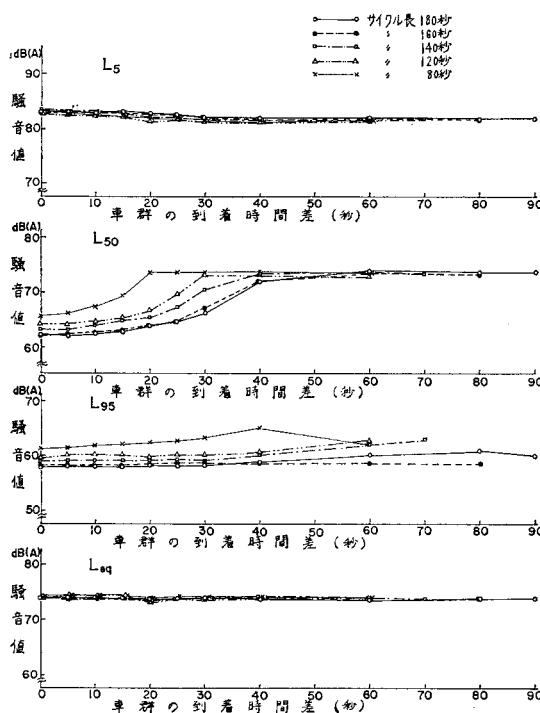


図-17 シミュレーションによる車群の到着時間差と騒音値の関係

範囲は、車群の到着が一致する地点の前後 25 秒以内であり、距離に換算しておよそ 250 m 前後まで車群の一致の効果が現われることがわかる。なお、サイクル長を 180 秒以上にすることは実用上問題があるので、ここでは 180 秒を超えるものについては計算を行わなかった。

図-18 は流入交差点の青現示についてみたものであり、この場合のサイクル長は 160 秒としている。青現示 160 秒は全青であり、交通量がポアソン分布している場合である。図より、 L_{eq} , L_5 は、青現示の長さおよび上下方向の車群の到着時間差に関係なくほぼ一定の値を示しているのに対し、 L_{50} は、青現示 80 秒を境とし、それ以下では上下方向の車群の到着時間差の影響を受けることがわかる。すなわち、道路交通騒音防止という見地からみると、青現示を短くとった信号制御は効果的であるといえる。

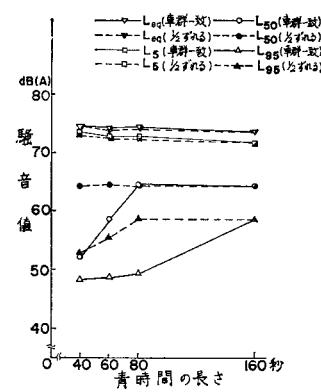


図-18 シミュレーションによる青時間の長さと騒音値の関係

以上の結果と住民意識調査の結果をもとに、流入交差点の制御パラメーターを沿道環境の面で最も条件のよいサイクル長 160 秒、青現示 40 秒として、中央交差点の制御パラメーターを決定するためのシミュレーションを行う。

c) 中央交差点の青現示およびオフセットの検討

青現示は 40 秒を最低に 20 秒間隔に 60, 80, 100, 120 秒までとり、それに全青の 160 秒を加え、6 通りを選んだ。最適オフセットの探索方法は、系統速度 40 km/h で流入交差点と中央交差点との区間を走行したときの所要時間 108 秒を基準とし、まず、サイクル長の 0/4, 1/4, 1/2, 3/4 の 4 通りのオフセットで計算し、次に、交通損失および騒音値の最小をはさんで前後の 1/8 のオフセットで計算し、交通損失および騒音値の最小を示すオフセットを求め、これを近似的に最適解とする方法によった。

表-9 は、走行車両の損失および騒音値についてのシミュレーション結果である。平均停止時間についてみると、中央交差点の青現示が 100 秒以下ではオフセットによる変動が大きく、しかも、青現示が短くなるにつれてオフセットの微少変化が平均停止時間を大きく変化させることになる。また、大きい交通損失を示すオフセットの場合において車種によるばらつきが大きくなっていることがわかる。平均停止回数についてみると、全青の場合を除き各青現示における最大は 1.37~1.39 回/台であり、青現示の長さに関係なく一定の平均停止回数となることがわかる。オフセットの変化による平均停止回数の変動も、平均停止時間の場合と同様に、青現示が短くなるとその変化は急激となる。平均区間速度についても、系統速度 40 km/h でこの区間を走行したときの旅行時間が 216 秒であり、停止時間の旅行時間に占める割合が最大でも 5% 程度であり、オフセットの違いが平均停止時間や平均停止回数ほど顕著に現われていないが、区間長が短い場合にはオフセットが区間速度に大きな影響を及ぼすことになる。一方、受音点 4 における青現示およびオフセットの違いによる騒音値の変化をみると、中央交差点の青現示が 120 秒以下では受音点 4 におけるオフセットの違いによる L_{50} のばらつきが大きく、その差は 8~15 dB(A) もあり、通常の青現示の範囲ではオフセットの選び方に十分な注意が必要であることがわかる。また、青現示が 60 秒以上では、交通損失を最小にするオフセットは中央交差点における騒音値 (L_{eq} , L_{50} など) を最小にすることがわかる。

表-10 は、交通損失を最小にする場合の騒音値についての結果である。中央交差点が全青の場合（表-10 で青現示 160 秒）をみると、 L_{eq} は受音点間にばらつきが見受けられるが、 L_{50} は受音点 1 から徐々に低下し、車群

表-9 シミュレーション結果

青現示 (秒)	オフセット **	平均停止時間(秒/台)				平均区間速度(km/h)				騒音値 L_{eq} (dB(A))				騒音被害面積(dB(A)·km)					
		全車種		車種間の差		オフセッタ ト間の差		オフセッタ ト間の差		受音点4 オフセッタ ト間の差		受音点4 オフセッタ ト間の差		オフセッタ ト間の差		オフセッタ ト間の差			
		平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差		
40	0	10.16	4.64	1.38	0.27	28.1	1.1	75	3	74	10	71	8	73.2	6.4	66.4			
	1/4	9.71	6.66	0.88	0.34	36.0	0.7	74	5	65*	4	65*	4	73.5	6.0	66.0			
	3/8	2.21*	1.54	0.77*	0.06	38.9*	0.4	10.8	76	5	65*	4	74.3	1.5	64.7*	1.7			
	1/2	3.85	2.75	1.35	0.39	0.61	0.0	73*	3	66	8	73.0	8	72.8*	5.5	65.5			
	5/8	5.42	1.49	1.34	0.23	33.8	0.4	75	4	66	8	73.3	15	73.3	5.1	65.1			
	3/4	7.41	4.40	1.37	0.15	31.7	0.4	73*	3	73	12	73.1	12	73.8	2.2	64.7	2.1		
60	0	8.58	3.14	1.04	0.16	32.0	0.0	75	3	73	15	65	8	73.5	9	63.9*			
	1/8	7.60	3.41	0.67	0.34	37.4	1.1	74	3	58*	9	58*	9	72.4*	2.2	64.5			
	1/4	0.69*	0.80	0.20*	0.09	1.17	0.4	8.6	76	7	66	7	74.6	15	64.2				
	3/8	1.32	0.68	0.72	0.01	39.2	0.4	71*	2	5	62	4	73.4	15	73.3	5.1			
	1/2	3.56	1.75	1.32	0.32	36.7	0.4	73	3	73	15	73.3	15	73.3	5.1	65.1			
	3/4	7.41	4.40	1.37	0.15	31.7	0.4	73	3	73	15	73.3	15	73.3	5.1	65.1			
80	0	6.22	6.24	0.76	0.44	37.8	1.1	73	1	70	5	65	15	73.2	15	64.7			
	1/8	0.67	0.88	0.20	0.10	40.3	0.4	74	4	58*	9	58*	9	73.8	15	63.9*			
	1/4	0.54*	0.93	0.18*	0.10	40.3*	0.0	8.6	76	5	66	7	72.4*	2.2	64.5				
	3/8	1.18	0.96	0.71	0.06	1.19	0.4	39.6	0.4	73	3	62	4	74.6	15	64.5	2.5		
	1/2	3.56	1.75	1.32	0.32	36.7	0.4	73	3	73	15	73.4	15	73.3	5.1	64.2			
	3/4	7.41	4.40	1.37	0.15	31.7	0.4	73	3	73	15	73.3	15	73.3	5.1	65.1			
100	0	0.64	0.83	0.22	0.10	40.3	0.0	72	3	58*	9	58*	9	73.0	10	64.4			
	1/8	0.56	0.96	0.21	0.12	40.3	0.7	73	4	66	10	66	10	73.7	10	64.7			
	1/4	0.55*	0.93	0.19*	0.11	40.3*	0.0	5.4	73	3	2	2	2	13	1.1	63.9*			
	3/8	1.19	0.96	0.70	0.07	1.13	0.4	39.6	0.4	73	6	65	7	72.6*	1.1	64.3	1.9		
	1/2	3.59	1.53	1.32	0.31	36.7	0.4	73	3	62	4	73.7	10	73.6	1.2	64.2			
	3/4	5.72	2.21	1.24	0.37	34.9	0.4	73	4	71	10	73.7	10	73.7	5.1	65.8			
120	0	0.36	0.18	0.18	0.02	41.0	0.4	72	3	58*	9	58*	9	72.6	1.2	64.4			
	1/8	0.36	0.20	0.19	0.03	41.0*	0.0	40.7	0.4	3.9	71	2	2	9	72.4*	1.2	63.8*		
	1/4	0.35*	0.17	0.17*	0.01	1.22	0.22	40.0	0.0	3.9	73	6	65	8	73.6	1.2	63.9	1.5	
	3/8	0.87	0.12	3.01	0.64	0.22	1.39	0.47	37.1	0.4	73	4	62	3	73.0	1.2	64.2		
	1/2	3.36	1.52	2.15	0.79	0.34	39.6	0.4	73	5	67	3	67	3	73.0	1.2	65.3		
	3/4	2.98	2.15	0.94	0.02	0.02	0.01	41.5	0.0	71*	4	2	2	2	0	72.6*	0.6	64.4	
160	0	0.04	0.02	0.04	0.02	41.5	0.0	41.5	0.0	0.0	71*	3	2	2	0	72.6*	0.6	64.0	
	1/2	0.04	0.02	0.01	0.01	41.5	0.0	41.5	0.0	0.0	72	4	58	9	73.2	0.6	64.2	0.7	
	3/4	0.03*	0.03	0.03*	0.03	41.5	0.0	41.5	0.0	0.0	73	4	58	9	72.8	0.7	63.7*		

* 最適値を示す。

** 系統速度 40 km/h の場合の最適オフセット 108 秒を基準。

表-10 シミュレーションによる交通損失を最小とするオフセットにおける騒音値 (dB(A))

受音点		1	2	3	4	5	6	受音点間の差	1	2	3	4	5	6	受音点間の差	
音現示 (秒)	オフセット L _{ed}	トオフ 間のセ 差ツ	トオフ 間のセ 差ツ	トオフ 間のセ 差ツ	トオフ 間のセ 差ツ	トオフ 間のセ 差ツ	トオフ 間のセ 差ツ	L ₅₀	トオフ 間のセ 差ツ							
40	3/8	74	3	72	3	76	4	76	3	74	2	71	4	5	65	8
60	1/4	72	3	73	3	73	4	71	5	73	2	72	4	2	66	9
80	1/4	72	3	73	2	73	3	71	5	73	2	72	4	2	66	10
100	1/4	72	3	74	2	73	4	71	2	73	2	72	4	3	66	7
120	1/4	72	4	73	4	73	4	71	2	73	2	72	4	2	67	3
160	3/4	71	4	71	2	75	3	73	2	72	2	75	3	4	67	0

* 系統速度 40 km/h とした場合の最適オフセットを基準としている。

の一一致する受音点4を最低に再び高くなつており、中央交差点の青現示を適当に選べば車群を一致させることにより L_{50} を 9 dB(A) 程度確実に低下させることができることを示し、この結果は実測値とよく合っている。

(4) 信号制御の効果の評価方法の提案

(2)においてシミュレーションの結果より、沿道騒音と交通制御パラメーターの関係、交通損失と交通制御パラメーターの関係が、それぞれ明らかにされた。表-9より、特に、交通損失を最小にするオフセットは、中央交差点における騒音値 (L_{eq} , L_{50} など) を最小にすることがわかった。しかしながら、現実の道路においては沿道方向にある居住密度をもって住民が住んでおり、ある特定点だけ騒音値が低下しただけでは問題は解決しない。本研究では、図-16において、各受音点の騒音値と沿道方向の距離との積で求まる騒音被害面積と交通損失との関係から、信号制御の効果の評価を試みる。表-9に、各青現示ごとの最小の騒音被害面積を示すオフセットとその値を示す。騒音被害面積を最小にするオフセットは、青現示が 40 秒では L_{eq} による場合と L_{50} による場合で異なっているが、青現示 160 秒、すなわち信号制御を行わない場合を除いて、60 秒以上では両者によるものは一致している。このことは、青現示が 40 秒では評価基準に L_{eq} をとるか、 L_{50} をとるかによって最適解が異なり、60 秒以上では L_{eq} , L_{50} のいずれを評価基準にしてもよいことがわかる。一方、表-10 より、特に交通損失を最小にするオフセットと騒音被害面積を最小にするオフセットとの関係をみると、青現示が 60 秒以上では、 L_{eq} および L_{50} による騒音被害面積最小のオフセットは交通損失も最小のものに一致している。すなわち、青現示 60 秒以上では、騒音被害面積を最小にするオフセットは交通損失をも最小にしていることがわかる。以上、騒音被害面積最小という評価基準について述べたが、現実には住民は道路をはさんで両側にある居住密度で分布しており、騒音面積という評価基準は、次式による騒音被害人口をとる必要がある。

$$\text{NOISA} = \iint_A \rho(x, y) \{L_a(x, y) - L_a\} \\ \cdot U(L_a(x, y) - L_a) dx dy \dots \dots \dots (6)$$

۱۰۳

NOISA：騒音被害人

$\rho(x, y)$: (x, y) 地点の居住地人口密度 (人/m²)

$L_a(x, y)$: (x, y) 地点の騒音値 (L_{eq} , L_{sp} など)

L_a : 騒音の環境基準値 (L_{eq} , L_{sa} など)

$$J(L_\alpha(x, y) - L_\alpha)$$

$L_\alpha(x, v) = L_\alpha \geq 0$ ならば $U \equiv 1$

$L_\sigma(x, y) = L_\sigma \leq 0$ ならば $U=0$

A：対象地域

先に求めた騒音被害面積は、式(6)で、 $\rho(x, y)=1$, $U=1$, $L=0$, $dy=1$ とし、 x を200m間隔に離散的に1000mまでをとって求めたものである。

5. 結論

国道1号線で深夜に実施されているサイクル長160秒、幹線側の最小青現示40秒で路線系統化された信号の特殊制御を、騒音実測、交通流実測および住民意識調査により評価した結果、以下のようなことが明らかになった。

騒音については、

(1) 上り、下り両方向の車群の到着時間差は、道路交通騒音に影響を及ぼす。特に、特殊制御の場合において車群が一致する地点と $1/2$ ずれる地点で騒音値をみると、一致する地点が L_{50} で 18 dB(A) の低下をもたらす。一方、沿道方向については、車群が一致する地点での L_{eq} 、 L_{50} は最低を示し、その 80 m 前後の地点で $3 \sim 5 \text{ dB(A)}$ 高くなる。この理由としては、手前の車線の自動車が対向車線の騒音源に対して防音壁の役目を果たすためと看えられる。

交通損失については、

(2) 事後の制御は、サイクル長が長く青現示が短いためか、事前の制御に比べて旅行時間や停止回数のばらつきが大きく、走行車両にとって不利である。

交通流の面からは、

(3) 車頭時間が短くなる傾向があるが、そのために地点速度が低下し騒音の面で有利となる。人身事故については、特殊制御実施後は減っており問題はない。

住民意識調査の結果、

(4) 国道からの騒音振動の被害が明確に現われる範囲は路側から 50 m まであり、これらの地域において住民は、事前事後の信号制御の違いにより生ずる交通の流れ方のパターンの変化による騒音の変化を、ある程度的確に把握していることがわかった。一方、この信号制御の違いによる騒音の程度の変化を、車群の到着が事前ににおいてそれ事後において一致する地域の住民についてみると、20% が「小さくなる」+「やや小さくなる」とプラスに評価しており、騒音実測の結果とよく一致している。

一方、シミュレーションによる信号制御と道路交通騒音および交通損失の関係では、

(5) 青現示率を 25% と固定してサイクル長を変化させると、サイクル長が長くなるにつれて車群が一致する地点の前後の L_{50} が低下するが、サイクル長が 160 秒を超えると顕著な効果はみられない。また、サイクル長を 160 秒として青現示を変化させると、青現示が 80 秒以上でその効果はなくなる。

また、中央にサイクル長 160 秒の信号交差点を置いた場合は、

(6) 中央交差点の青現示が 120 秒以下では、沿道方向の L_{50} はオフセットによって大きく変化することがわかった。同様に、停止時間、停止回数といった交通損失も、青現示 100 秒以下ではオフセットのとり方に大きく左右されることがわかった。

式(6)で定義した騒音被害面積と交通損失の関係では、

(7) L_{eq} および L_{50} により求めた騒音被害面積最小を示すオフセットは、本研究で実施したシミュレーションケースのうち交通損失を最小にするオフセットに一致しており、このオフセットは、上下方向の車群が一致する受音点の L_{eq} , L_{50} をも最小にすることがわかった。

以上の結果から、交通環境改善策を交通制御に求める場合おのずと限界があるが、現状では、 L_{50} を低下させる信号制御は、最小の交通損失を与える場合の制御に一致し、しかも住民意識調査からも L_{50} の低下を評価する結果が得られており、妥当と考えられる。

本研究を実施するにあたり、データの収集、整理などに関して東洋情報システムの渡辺健司、新潟鉄工の鈴木秀和の両氏にいろいろと協力していただき、また、愛知県警察本部交通管制課、交通規制課、交通企画課の各位に資料提供などでご援助をいただいたことを付記し、謝

意を表する。また、本研究の一部は、文部省科学研究費の補助を受けて実施したものである。なお、本研究の計算にあたり、名古屋大学大型計算機センター M 200 を、豊田工業高等専門学校に設置された端末機 (FACOM 230-25) により使用した。

参考文献

- 1) 環境庁：環境白書昭和 54 年版, pp. 236, 1979.6.
- 2) 環境庁：環境白書昭和 54 年版, pp. 238, 1979.6.
- 3) たとえば、金安公造：自動車騒音とタイヤ騒音、道路, pp. 62~87, 1973.9.
- 4) 金泉 昭：舗装表面と自動車走行騒音、舗装, Vol. 6, No. 7, pp. 3~7, 1971.7.
- 5) Galloway, W.J. et al. : Highway Noise-Measurement, Simulation, and Mixed Reaction, Highway Research Board, 1969.
- 6) 日本国音響学会：道路交通騒音に関する調査研究報告書, 1969.3.
- 7) 日本国音響学会：道路交通騒音調査報告書, 1970.3.
- 8) 日本国音響学会：道路交通騒音の予測における数学的モデルと評価量について, 1975.2.
- 9) 庄司 光・山本剛夫・中村隆一・橋本和平・片山 徹：モンテカルロ法による交通騒音の推定、土木学会論文集, 第 154 号, pp. 34~39, 1968.6.
- 10) 高木興一・平松幸三・山本剛夫・橋本和平：指數分布モデルに基づく道路交通騒音の研究、日本音響学会, 33 卷 6 号, pp. 325~331, 1977.
- 11) 青島縮次郎・河上省吾：幹線道路周辺における騒音被害の要因分析、土木学会論文報告集, 第 219 号, pp. 75~82, 1973.11.
- 12) 中村英夫・内山久雄：道路騒音の被害意識の実験的分析、土木学会論文報告集, 第 244 号, pp. 107~116, 1975.12.
- 13) 青島縮次郎・河上省吾・片平和夫：幹線道路周辺の環境総合評価における各因子の重みづけについて、土木学会論文報告集, 第 263 号, pp. 97~105, 1977.7.
- 14) 毛利正光・本多義明・荻野 弘・増田典行：広域交通制御に関する基礎的研究、土木学会論文報告集, 第 190 号, pp. 89~97, 1971.6.
- 15) 高田 弘・栗本 讓：系統信号方式による街路交通制御に関する一考察、土木学会論文集, 第 124 号, pp. 11~20, 1965.12.
- 16) 奥谷 巍：動的計画法による街路網における交通信号オフセットの最適化、土木学会論文報告集, 第 221 号, pp. 59~71, 1974.
- 17) Gartner, N.H., J.D.C. Little and H. Gabbay : MIT-ROP, a computer program for simultaneous optimisation of offset, splits and cycle time Traffic Engineering and Control., pp. 355~359, 1976-August/September.
- 18) 越 正毅・大蔵 泉・茨木康男：自動車排出ガスにおける交通制御の影響について、土木学会論文報告集, 第 240 号, pp. 71~79, 1975.9.
- 19) 河上省吾・青島縮次郎・荻野 弘・渡辺健司：夜間の長距離信号制御による騒音防止効果について、交通工学, Vol. 13, No. 4, pp. 3~10, 1978.7.
- 20) 河上省吾・荻野 弘・青島縮次郎・丹羽尚樹：騒音防止のための夜間長距離信号制御が交通流におよぼす影響について、交通工学, Vol. 14, No. 3, pp. 3~13, 1979.5.
- 21) 米谷栄二・渡辺新三・毛利正光：交通工学、国民科学社, pp. 120, 1965.
- 22) 建設省土木研究所：試験調査（交通騒音）報告、土木研究所資料, 第 763 号, 1972.6.

(1980.6.2・受付)