特集　バスと新交通システム

バス専用レーン設置による バスの運行改善

銭　谷　善　信

近年の都市交通では，とくに朝方の通勤通学のかぎられた時間帯の，いわゆる“ラッシュアワー”にみられる電車やバスの車内混雑，および路面における交通渋滞とそれにともなうバスの表定速度の低下などによって，市民は都市生活における種々の不便・弊害を受けている．

これに対する解決策には種々のものが検討されている．その内容は，現在ある各種交通機関の改良・増強，その運行システムの改善やいわゆる新交通システムまで広範囲におよんでいる．

交通問題解決に対する基本的方針は，公共交通機関の整備によりマイカーなどの個別的交通手段を削減し，都市内のかぎられた交通空間の効率的利用をはかろうとするものであり，これにもとづいて地下鉄やバス，各種の新交通システムを重視していこうとする傾向にある．このうち新交通システムは都市空間および費用の面からそくざに実用化は困難であり，またその効果をそくざに期待することはできない．また地下鉄網は大都市の幹線的交通手段として適していても，きめの細かい面的なサービスには不向きである．

これに対して，バスは施設建設費がほとんど不要であり，運行回数や系統を必要に応じて変更でき，片道1車線の専用レーンがあれば1時間あたり数千人を輸送することも可能である．とくに都市内では大量の人と物の移動する道路空間にはかぎりがあり，現在の道路をいかに効率よく利用するかも大きな課題である．このことからも都市内のバス交通の重要性は今後とも増大するものと考えられる．また公害発生の観点から，今後ますますマイカー規制が強化される状況にあり，この点からもバス運行の効率化，バス運行の改善を行ない，利用しやすく便利な交通機関にする必要がある．

1.　バスの運行改善策について

(1)　種々の改善策[1)]

バス運行の改善を目的として，すでに通産省，運輸省，建設省，警察庁など関係省庁をはじめ，地方自治体の関係部局やバス会社などによって種々検討され，具体化がはかられている．その内容は，たとえばつぎのとおりである．

(a)　施設・車両の改善
　①　低床バス
　②　広い扉のバス
　③　幹線用大型バスの開発
　④　バスストップの施設改善
　⑤　道路構造の改良

(b)　料金支払の方法・制度の改善

(c)　マイカーの規制
　①　路上駐車禁止の励行
　②　軌道敷内通行禁止
　③　マイカーからバスへの転換の奨励

(d)　補助制度と賦課金
　①　バス運行に対する補助制度
　②　マイカーに対する課税負担の増加

© 日本オペレーションズ・リサーチ学会．無断複写・複製・転載を禁ず．

(e) バス系統とダイヤ改善

① バス路線系統の合理化

② 運行回数の増加

③ 終車時間の延長

④ バス系統に関する広報

(f) バス優先走行システムの実施

① バス専用レーンの設置

② バス優先レーンの設置

③ バス優先信号システムの開発

(g) 運行システムの改善

① バスロケーションシステムの開発

② デマンドバスシステムの開発

③ ゾーンバス（ミニバス）の運行

④ 運行管理の強化

ところで，都市内バス輸送の現状から判断して，表定速度の向上と定時性の確保が，バス運行の改善にとってもっとも基本的な課題であると考えられる．そこでバス運行改善のためには上記の施策のうち，つぎの4つの対策が考えられる．

① バス専用レーン，バス優先信号の設置により，走行速度を向上させる．

② 乗降ドア幅の拡大，バスの低床化により，乗降時間を短縮する．

③ だんご運転時に後続車が走行車を追い越して，だんご運転を解消する．なお，だんご運転とは，前のバスが乗降サービス中に後続バスが到着する状態である．

④ バス停の整理，急行バスの運転やバスコントロールシステムの導入をはかる．

以上の改善策に着目して，発車間隔の乱れのおよぼす影響を調べる研究[2]，バス運行の乱れに関する要因分析の研究[3]，一般車からバスへの利用者の転換を考慮して都市全体としてバスレーン設置の影響とバス運行改善効果を解析した研究[4]，実際のバス路線で特定のバス停のバス発車間隔の調整を行ない，その影響を調べる研究[5]などがある．

またバス優先レーンや専用レーンの効果に関する調査には，大阪府警察本部交通部や石川県警察本部交通部の調査[6]，京都府警察本部交通部のバス優先対策のための調査分析[7]があり，バス優先信号システムの調査に関しては愛知県警察本部交通管制課の実験報告[8]がある．

(2) バスレーン設置とバスの運行改善

バスレーンを設置すると，図1に示すようにバスの表定速度向上と一般車の速度低下によって，一般利用者の一部がバス利用へと転換し，バス利用者数の増大と一般車の交通量減少をもたらす．一方バスの速度増大によって，バスの運行所要時間が短縮されるために，バス利用者の増大によるバス配車台数を増加せねばならないにもかかわらず，実際の運行に必要なバス台数あるいは運行に必要な乗務員数は逆に減少する．また総所要人時間が減少するとともに，自動車の総走行距離の減少による排気ガスの減少が期待される[9]．

以上のものは，バスレーン設置にともなう都市全体的にみた効果であるが，バス運行の面でも，

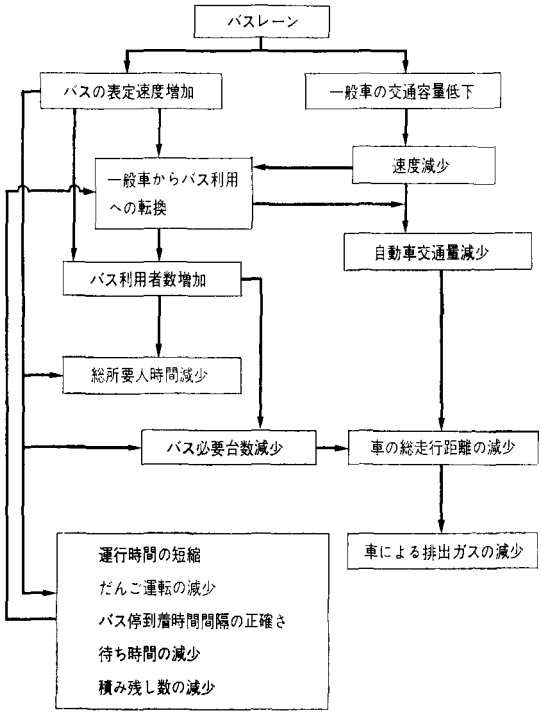

図 1 バスレーン設置の影響

© 日本オペレーションズ・リサーチ学会．無断複写・複製・転載を禁ず．

つぎの事項の改善が期待される．

① 運行所要時間の短縮

② バス停への到着時間間隔の正確さ

③ だんご運転回数の減少

④ 積み残し乗客数の減少

⑤ 乗客のバス停での平均待ち時間の減少

本稿では，バス専用レーンによるバス運行改善に関する上記5つの項目について考察することとするが，バスレーン以外の方策，たとえば乗降ドア幅の拡大や，だんご運転時の運行方法の変更による運行改善効果との比較検討を行なう．そのために次節では，バス運行の挙動を解析し，上記指標を定量的に把握するシミュレーションモデルを用いて，バス運行挙動およびバス乗客へのサービス指標（乗客1人あたり平均待ち時間，積み残し数）の解析を行ない，その結果について考察する．

2. バス運行シミュレーションモデル

バスの運行挙動の解析や運行システム解析のためのシミュレーションモデルは国内外で数多く発表されている[10),11),12),13)]．これらは内容的にほぼ類似のものである．以下に本モデルの概略について述べる．

このモデルは，1つのバス系統の各バス停での乗降人数と各バス停間の自動車交通量が与えられたとき，各バス停および各バスごとの乗客へのサービス状態およびバスの運行挙動を解析するものである．なお各バス停の乗降人数とバス停間の自動車交通量は，基本通勤通学トリップODをもとに，都市全体の街路網のシミュレーションモデルから求められる[14),15)]．

なおモデルの前提条件および仮定はつぎのとおりである．

① 都市内部を往復運行する1つのバス系統を対象とし，各バスは始発バス停を等時間間隔で発車し，もとのバス停にバスが戻った時点で解析を終了する．② バス停への乗客の到着分布は，各バス停ごとに1分間あたり平均到着人数を平均値とするポアソン分布にしたがう．また各バス停の降車人数は，各バス停ごとの平均降車人数のまわりに正規分布する．③ 乗降時間は乗降客数と乗降ドア幅のみの影響を受け，乗降ドア幅の大小別に乗降客数の1次関数で示される．また停車時間は乗車時間と降車時間のうちの長いほうであらわされる．ただし，だんご運転の場合と中間バス停の折り返しでは，降車後乗車のため，乗車時間，降車時間，バスの移動時間の総和となる．④ だんご運転時の乗降は，バス同士の追い越しを認めない場合，まず降車サービスを行ない，前のバスが発車後乗車を開始する．バス同士の追い越しを認める場合，降車サービス完了時，前のバスがまだ停車していれば，乗車サービスを行なわずに前のバスを追い越して発車する．⑤ バス停間の走行時間は自動車交通量のみの影響を受ける．

3. バス運行改善策の効果

モデル化した街路網にバス系統網とバス専用レーンを設定し，京都市を参考にして交通需要を与えたときの都市全体における解析から得られる結果を利用する．その中の1つのバス系統に注目して，バス運行の改善策がバスのサービス指標と運行挙動におよぼす影響の解析を行なった．実験は，簡単な街路網を設定し（図2），バスレーンのない

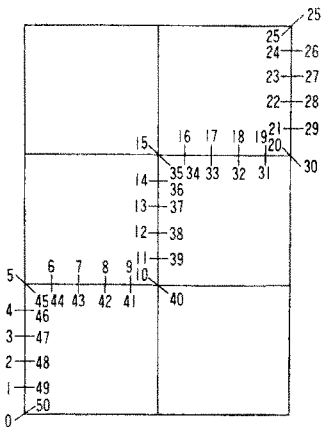

図 2 簡単な街路網

© 日本オペレーションズ・リサーチ学会．無断複写・複製・転載を禁ず．

表 1　バス停到着人数と運転間隔の組み合せ

1分間にバス停に到着する人数	運転間隔（分）	最混雑区間の平均乗車効率
m_j	2	100%
$m_j/2$	2	50%
$m_j/4$	2	25%
$m_j/2$	4	100%
$m_j/4$	4	50%
$m_j/4$	8	100%

ケースと全区間にバスレーンを設置するケースについて，ドア幅の大小，バス同士の追い越しの有無に，乗客数とバス発車間隔の変動による組み合せ(もとの乗客数をm_jとすると，$m_j/2$，$m_j/4$の場合；もとの発車間隔a分とすると，$2a$分，$4a$分の場合；あわせて6種類の組み合せ，表1)をつくり，合計48ケースについて各8回の実験を行なった．また，京都市と同規模の街路網に対して(図3)，バスレーンの設置案6種，乗降ドア幅の大小の2種，バス同士の追い越しを認めるかどうかの2種について，24ケースの組み合せをつくり，同様に8回の計算を行ない，その平均をとった．

前者の場合の結果は以下のとおりである．

平均運行時間の結果図からつぎのことがわかる．

① バスレーン設置により，どの場合でも運行時間は40%程度減少する．

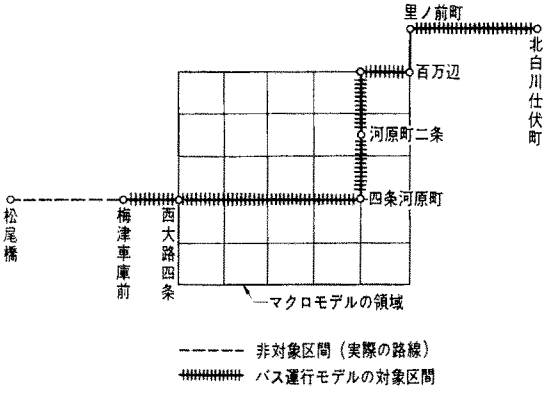

図 3　街路網と1つのバス系統

② 運転間隔が短かいほど，ドア幅の拡大による運行時間の短縮効果が大きい．

③ 追い越しを認めると運行時間は減少する傾向にあるが，その割合は0.5%前後である．

図5に運転間隔と待ち時間の運転間隔に対する比の関係を，また図6に乗客数と待ち時間の関係を示した．これからつぎのことがわかる．

① ドア幅の拡大により，待ち時間は30.6%ないし7%程度短縮され，運転間隔が短かいほど，また乗客が少ないほど，ドア幅拡大による効果は大きくなる．

② バスレーン設置による待ち時間の短縮割合は最高23.5%，最低約10%であり，バスの運転間隔が大きくなっても，また乗客数が少なくなっても効果は薄れない．

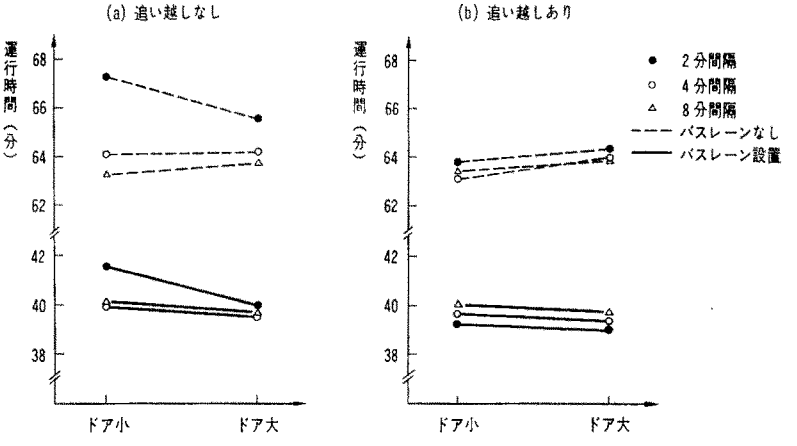

図 4　運 行 時 間

© 日本オペレーションズ・リサーチ学会．無断複写・複製・転載を禁ず．

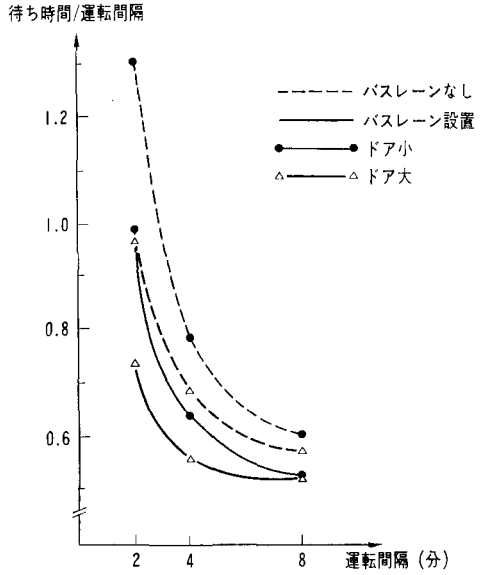

図 5　待ち時間／運転間隔と運転間隔の関係

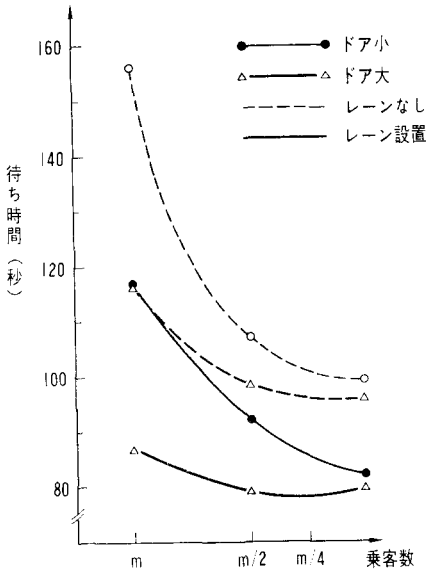

図 6　待ち時間と乗客数の関係

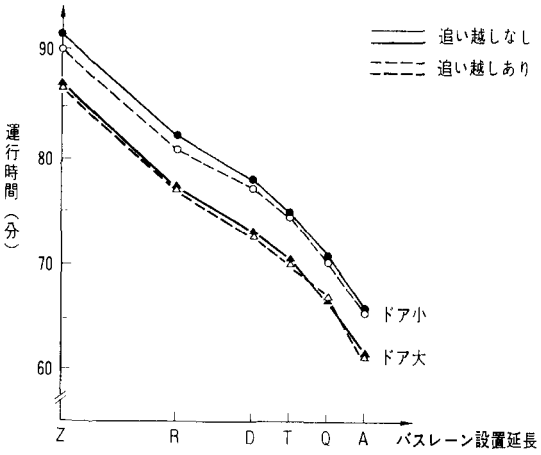

図 7　バスレーン設置延長と運行時間

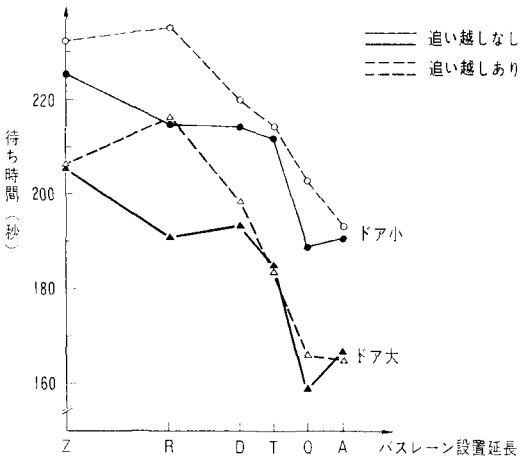

図 8　待ち時間とバスレーン設置延長

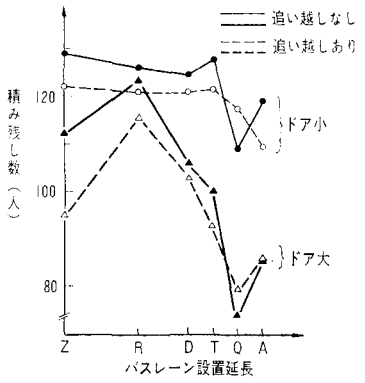

図 9　積み残し数

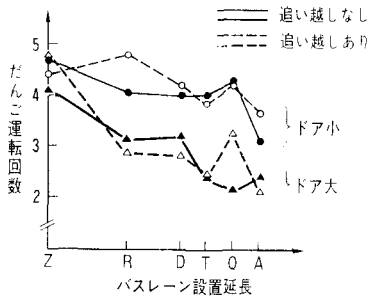

図10　だんご運転生起回数

© 日本オペレーションズ・リサーチ学会．無断複写・複製・転載を禁ず．

つぎに，京都市規模の街路網におけるバスレーン設置延長の違い，乗降ドア幅の大小，バス同士の追い越しを認めるかどうかの違いによるバス運行改善効果について述べる．

横軸にレーン設置延長をとり，運行時間，待ち時間，積み残し数，だんご回数との関係をそれぞれ図7，8，9，10に示す．これからつぎのことがわかる．

① 運行時間の減少率は，追い越しを認める場合0.2～1.4%，ドア幅の拡大の場合は3.9～6.6%，バスレーン設置の場合は10.3～29.5%である．バスレーンを設置するのが運行時間の短縮に対する効果がいちばん大きい．

② 乗客の平均待ち時間は，追い越しを認めると増加する傾向にあるが，ドア幅の拡大の場合は9.0～18%，バスレーン設置の場合は4.7～20.4%，それぞれ短縮される．またバスレーンを設置せずに乗降ドア幅を拡大するほうが，比較的短距離のバスレーン設置(R.D.T)よりも，待ち時間の短縮効果は大きい．

③ 積み残し数に関しては，バス同士の追い越しを認めたり，バスレーンを設置するよりも，乗降ドア幅を拡大するほうが効果は大きい．

④ だんご運転回数の減少に関しては，バスレーンを設置しない状態でバスの乗降ドア幅を拡大する場合，バスレーンを設置する場合，ともに効果は同程度である(ただしケースAは除く)．

むすび

前節の考察から，バス専用レーンの設置は，乗降ドア幅の拡大やバス同士の追い越しなどの改善策に比較してバスの運転間隔や1分間あたりバス停到着人数の多少にかかわらず，運行時間や待ち時間の短縮に対する安定した方策であることがわかる．またドア幅の拡大は，運転間隔の大きいバスや乗降人数の少ないバスではとくに必要はないと言える．なお積み残し数やだんご運転回数の減少に関しては，バスレーン設置とドア幅拡大の効果はほぼ同程度であるが，朝夕の通勤通学時の目的地までの速達性を考慮すると，バスレーン設置のほうが有効であると言える．このようなバス運行改善に対する効果から考えて，今後とも，通勤時というかぎられた時間帯ではあるけれども，都市におけるバス専用レーンの増設が望まれる．

参考文献

1) 関西情報センター，システム科学研究所；コンピュータによるバス運行管理システムの研究・研究報告書 p 3～4，昭和51年3月．

2) 天野，柏谷，古川；通勤交通機関の時間確実性の指標に関する研究，昭和46年度土木学会関西支部年次学術講演概要，昭和46年5月．

3) 高岸，戸松；バス運行挙動に関する2，3の考察，土木学会論文報告集第199号，昭和47年3月．

4) 天野，銭谷，高野；バスレーン網の設置効果と総合評価に関する一研究，土木学会論文報告集第240号，昭和50年8月．

5) 日本自動車輸送技術協会ほか；バスロケーションシステム実験報告書，昭和49年5月．

6) 月刊交通，第5巻第6号，p69，p90～105，法制出版，昭和49年6月．

7) バス優先対策のための調査分析，京都府警察本部交通部，昭和50年3月．

8) 同上 6) p106～112.

9) 同上 4) p86～87.

10) Jenkins, I. A.; A comparison of several techniques for simulating bus routes, Transport Operations Research Group, Working Paper No. 14, Univ. of Newcastle upon Jyne, Jan., 1976.

11) 同上 2).

12) 天野，銭谷，西野；バス系統1路線のバスレーン設置シミュレーションモデル，昭和50年度土木学会関西支部年次学術講演概要，昭和50年4月．

13) 同上 1)，p 61～82.

14) 同上 4).

15) 同上 1)，p 7～60.

ぜにたに・よしのぶ 1948年生

京都大学助手 工学部交通土木工学教室

© 日本オペレーションズ・リサーチ学会．無断複写・複製・転載を禁ず．