

冬季観光交通による交通渋滞対策としてのP & B Rの適用可能性

Feasibility Study of Park and Bus-Ride System for Counterplan of Traffic Jam caused by Skiers

湯沢 昭*・須田 潔**

by Akira YUZAWA and Hiroshi SUDA

1. はじめに

高速道路や新幹線の整備により、従来は宿泊を伴うような観光地でも現在は日帰り圏域となっている。その結果、休祭日に集中する自動車交通により高速道路を始めとして、主要な観光地では交通渋滞が社会問題化している。観光交通による渋滞問題は、季節的・時間的集中が特に顕著であるため、従来の施設整備と併せて交通需要マネジメント（Transportation Demand Management:以下、TDMとする）の観点からの総合的な対策が望まれている。TDMは¹⁾、従来の交通需要を前提とした供給サイドの施策から、自動車交通発生の本源である交通需要を修正・誘導・管理する施策に革新しようとする発想から生まれたものであり、通勤時のP&R、時差出勤の導入、駐車場案内システム等に見られるように都市部での渋滞対策がその主なものである。

本研究は、冬季のスキー客による観光交通渋滞問題を取り上げ、P&BR（Park and Bus-Ride）システム導入の適用可能性について検討を行うものである。スキー客による交通渋滞の多くは、高速道路のインター付近やスキー場へのアクセス道路上で発生し、結果的にスキー客は勿論のこと、市民生活へも大きな影響を与えている。本論文で提案するP&BRシステムは、高速道路のインター付近や高速道路上に大規模な駐車場を整備することにより、一般道路上の交通量を削減し、交通渋滞の緩和を図ることを目的とするものである。

本研究では、次に示す2つの方法を組み合わせることによりP&BRの適用可能性についての検討を行う。なお、事例研究として新潟県湯沢町を取り上げる。

（1）コンジョイント分析による交通手段選択モデル（自動車とバス）作成のための効用関数の決定。

（2）自動車交通量の変化と所要時間（渋滞時間）との関係を分析するための交通流動シミュレーションモデルの作成。

2. スキーを目的とした観光交通行動の特徴

表-1は、スキー客による交通渋滞の原因と課題について整理したものであり、交通渋滞は大きく分けて2つの原因が考えられる。1つは、気象条件（降雪や積雪）による道路交通容量の低下であり、特に高速道路や一般道路においてチェーン規制（道路の積雪が一定以上になった場合、冬用のタイヤかチェーンを装着していない車両の通行が禁止される）が布かれている場合は顕著になる。2つ目は、スキー客の交通特性によるものである。スキー客の多くは日帰り行動であり、特に帰宅交通が休祭日の午後に集中することにより渋滞が発生することになる。このように雪による影響やスキー客の交通行動特性を考慮した場合、渋滞対策としては表-2に示すような3つの方法が考えられる。すなわち、交通量の分散、交通容量の上昇、それに交通量の削減である。

交通量の分散とは、交通容量を超過している部分の交通量を、その前後に振り分けることによって容量以下にしようとするものである。具体的な対策としては、交通情報の提供や時間別のリフト券の導入が考えられる。交通容量の上昇は、ボトルネックとなっている施設の交通容量を上昇させることにより、渋滞を解消させるものであり、交通規制の導入や除雪体制の強化、チェーン脱着場の整備、交差点の改良、信号制御等が考えられる。交通量の削減の方法としては、P&BRの導入、公共交通機関の利用促進、さらには観光地の情報提供を行うことにより観光客そのものを分散させることも考えられる。しかし、道路の施設整備を行うことにより、交通容量の上昇を図ることは、ボトルネックとなる箇所が複数ある場合や、今回の事例のように渋

キーワード：TDM、P&BR、コンジョイント分析、観光交通

*正会員 工博 長岡工業高等専門学校助教授 環境都市工学科
(〒940 長岡市西片貝町888 tel 0258-34-9271)

**正会員 工博 東北大学教授 大学院情報科学研究科
(〒980-77 仙台市青葉区荒巻字青葉 tel 022-217-7498)

表-1 観光客の行動特性と渋滞原因

特 性	行動特性と渋滞原因
交通特性	・休祭日に交通量が集中 ・帰宅時間の集中（午後集中） ・日帰り交通の比率大（高速道路の利用） ・シャトルタイプの行動（地域内での移動が少ない）
交通機関	・スキー場の位置による利用交通機関の特化（特定路線への交通の集中）
気象条件	・積雪によるフェン規制の発令（フェン装着車の増大） ・積雪による交通容量の低下（道路幅員の減少） ・降雪により交通量が変化
そ の 他	・交通情報の不確実性（フェンの未装着） ・地理の不案内（特定路線への集中）

表-2 TDMによる交通渋滞対策

TDMの目的	渋滞対策
交通量の分散	交通情報提供、道路案内標識改善 時間別割引券割引制度導入
交通容量の上昇	バリエーション整備、交通規制、インターチェンジ拡充 フェン着脱場拡充、除雪体制強化 交差点改良、信号制御、スリップ代装着 消雪施設整備、堆雪幅確保、防雪柵設置
交通量の削減	P&BR、公共交通機関利用促進 観光地情報提供、降雪予測システム導入

滞現象が季節的・時間的に集中するような場合には、経済的な観点から見て必ずしも得策ではない。また観光地情報（スキー場情報）を提供することにより、スキー客を各地に分散させることにより、交通量を削減させることも考えられるが、スキー客の入れ込み状況が町の経済を大きく左右しているような地域においては問題が残る。従って、如何にして自動車利用者の効用水準を上昇させながら観光客を増加させ、かつ交通渋滞問題を解決するかが課題となる。

本研究では、P&BRの導入により交通渋滞対策の可能性について検討を行うものである。P&BRの適用事例としては、都市内交通への適用が大部分であるが、観光交通への適用として金沢市の事例²⁾が挙げられる。これは実験的なものではあるが、昭和63年以降現在まで実施されている。同地域では、毎年5月の連休になると県外からのマイカー利用者が大量に流入し、それらの車両が金沢市の代表的な観光地である兼六園周辺などで駐車場を探すために迷走したり、駐車場待ちの車両により渋滞問題が生じている。そこでこのような車両を中心部に流入させないために、P&BRの導入を試験的に実施し、その効果を分析している。それによるとP&BRは、単に適正な駐車場とバス路線の設定に留まるものではなく、交通規制、駐車場案内システム、交通情報の提供、さらには交通事業者の利害関係の調整等、総合的な交通システムの整備が重要であると結論づけている。

表-3 交通機関選択モデル作成のためのプロフィール

代 替 案		駐車料金	運 賃	所要時間	発車間隔
従来通り車を利用		1,000 円	無 料	6 0分	随 時
バ ス を 利 用	バス利用 A案	1,000 円	200 円	3 0分	1 0分
	〃 B案	無 料	200 円	2 0分	2 0分
	〃 C案	2,000 円	100 円	3 0分	2 0分
	〃 D案	1,000 円	100 円	2 0分	3 0分
	〃 E案	無 料	100 円	4 0分	1 0分
	〃 F案	2,000 円	無 料	2 0分	1 0分
	〃 G案	1,000 円	無 料	4 0分	2 0分
	〃 H案	無 料	無 料	3 0分	3 0分

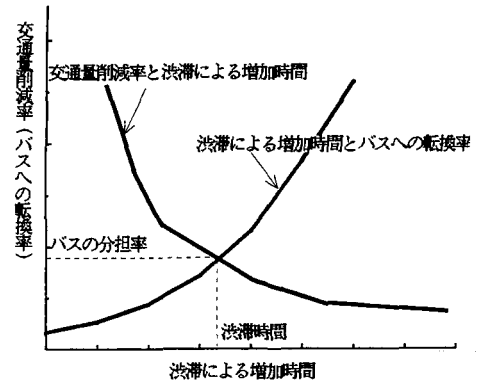


図-1 渋滞による増加時間と交通量削減率との関係

3. 交通機関選択モデルの作成

P&BRの導入可能性を検討するに当たっては、交通機関選択モデルを作成し、自動車からバスへの転換者数を求める必要がある。交通機関選択モデルの作成にはコンジョイント分析を適用し³⁾、効用関数の推定にはlogitモデルを採用する。すなわち、交通機関選択に影響を与えるであろう属性から構成されたプロフィールを利用者に提示し、利用したい順に選択肢に序列を付けてもらい、その結果にlogitモデルを適用することにより効用関数を推定する。

表-3は、本研究で採用したプロフィールの一覧を示しており、「バス利用」の場合の各属性（駐車料金、バスの運賃、所要時間、及びバスの発車間隔）はいずれも3つの水準から構成されている。従って、4属性3水準の組み合わせに対し、実験計画法を適用することにより9種類のプロフィール $[L_9(3^4)]$ が構成されることになるが、全ての属性とも最も条件の悪い（または良い）ものが1つだけ作成されるため、このプロフィールは選択肢から除外している。また、「従来通り車を利用」と言うプロフィールを加え、合計9種類の選択肢を被験者に提示する。なお、「車利用」の場合の所要時間は渋滞を考慮した結果であり、「バス利用」

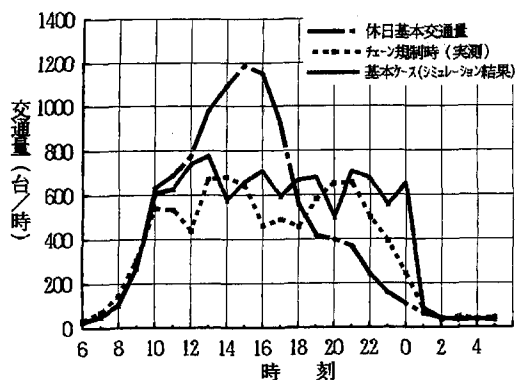


図-2 湯沢インターの冬季間の流入交通量

の場合は専用路線の設置やバス優先等の対策により、渋滞の影響を受けないものと仮定している。なお、表-3に示したプロファイルの作成においては、駐車場の位置としては高速道路のインター付近や高速道路上に整備することを想定しており、P&Bシステムを利用する場合は、その駐車場に車を駐車させ、バスにて各スキー場へ行くものと仮定している。

自動車とバス利用のための効用関数が推定されれば、各属性の値を決定することによりバス利用者（駐車場利用者）の人数を計算することができる。しかし、バスの利用者が増加すれば自動車利用が減少し、交通渋滞が緩和されることになる。その結果、自動車利用の場合の所要時間が減少し、「車利用」の分担率が増加することになることは明らかである。図-1は、このことを示したものであり、渋滞により車の所要時間が増加すればバスへの転換率が増加し（駐車料金、運賃、発車間隔は一定）、また交通量を削減すれば渋滞による車の所要時間が減少することを表している。従って、図に示すような均衡点が存在し、その点の値がバスの分担率、すなわち望ましい駐車場の規模を示すことになる。ここでの問題は、交通量の変動に伴う所要時間の推定をどのように行うかにある。本研究では、交通流動シミュレーションモデルを作成し、車の渋滞時における所要時間の推定を行う。交通流動シミュレーションモデルの作成に当たっては、シミュレーション言語としてSLAMII (Simulation Language for Alternative Modeling) を採用する。この言語の特徴としては、離散型、連続型、及び混合型のモデル化が可能であることやアニメーション機能が付加されていることであるが、詳細は参考文献4)を参照のこと。

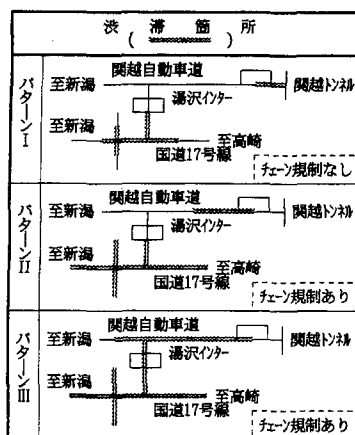


図-3 パターン別の交通渋滞箇所

4. 湯沢地域におけるP & B Rの適用の検討

(1) 交通流動の現状

「東京都湯沢町」と言われるように上越新幹線と関東自動車道の開通により、関東方面からのアクセスが向上し、その結果年間を通して多くの観光客が同地域を訪れるようになった。特にスキー客は年々増加傾向にあり、年間約800万人が訪れており、中でも関東方面からの利用客が全体の85%を占めている。また同地域の特徴としては、自動車利用による日帰りスキー客の比率が高いため、結果として自動車交通が週末や休祭日に集中し、高速道路とそれに連結する一般道路の交通渋滞が大きな社会問題化している。特に高速道路や一般道路においてチェーン規制が実施されている場合には、積雪による交通容量の低下と併せてチェーン装着車両の増加に伴い、大きな交通渋滞を招いており市民生活のみならず観光客にも多大な影響を与えている。図-2は、関東自動車道湯沢インターの冬季間（平成7年1月から3月）の日曜日の平均的な流入交通量の時間変化を表したものであり、約1万台/日の車両が観測されている。高速道路でチェーン規制が行われていない場合のピーク交通量は約1,200台/時であるが、チェーン規制時にはピーク交通量が約700台/時に低下することが分かる。すなわち、最大で500台/時程度の交通容量の低下が認められる。その結果、湯沢インターを先頭に交通渋滞が発生することになる。ただし、湯沢インターからの流出交通量（主にスキー場への交通）による渋滞は、特に時間的な集中が見られないため、現時点においては発生していない。

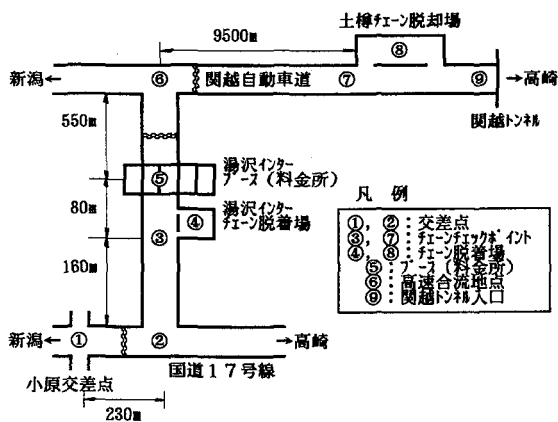


図-4 湯沢インター周辺のモデル化

図-3は、渋滞箇所とその主な原因について整理したものであり、大きく3つのパターンに分類される。

(1) パターンⅠ：関越自動車道にチェーン規制がなく、湯沢インターから国道17号線にかけて渋滞が発生する。原因としては、交差点の交通容量問題や一般道路において積雪による交通容量の低下等が考えられる。また交通容量の問題から、関越自動車道の関越トンネル入り口付近においても渋滞が発生することがある。

(2) パターンⅡ：関越自動車道にチェーン規制はではあるが、高速道路上の渋滞が湯沢インターまで到達せず、湯沢インターを先頭に国道17号線方面に渋滞がおよんでいる場合である。原因としてはパターンⅠの問題に加えて、チェーンチェック(図-4のポイント③)による影響とチェーン装着のための待ち時間の影響が考えられる(ポイント④)。

(3) パターンⅢ：条件はパターンⅡに加えて、関越自動車道の交通量が交通容量以上になった場合であり、土樽チェーン脱却場(⑧)からの渋滞が湯沢インターまで到達し、さらに国道17号線方面へと波及するケースである。

本研究では、前述したようにP&BRの可能性を検討する上で、自動車利用によるスキー場までの所要時間を算出することが目的であるため、渋滞現象としてはパターンⅡを想定する。従って、交通流動シミュレーションの範囲としては、図-4に示したポイント②から⑤の範囲とする。

(2) 効用関数の推定

交通機関選択モデルを作成するために、自動車利用者を対象としたアンケート調査を実施した。調査の内

表-4 交通機関選択モデルの効用関数

	パラメータ(値)
駐車料金(100円)	-0.145(-5.740)
運賃(100円)	-0.487(-2.327)
所要時間(10分)	-1.004(-4.629)
発車間隔(10分)	-0.575(-2.620)
車ダミー	4.967(10.306)
ρ^2 値	0.393
的中率	70.9%

容は、交通情報の利用状況や利用したスキー場の感想等を尋ねると同時に、表-3に示したプロフィールに対して「利用したい順」に序列を付けてもらった。調査は平成7年2月11日に実施した(湯沢インター入り口において調査用紙を直接配布、後日郵送回収方式を採用、4,000部配布)。その結果、520部の調査票を回収することができた。

表-4は、logitモデルにより算出された交通機関分担モデルの効用関数を表している(サンプル数402)。考慮した属性としては、プロフィール作成に用いた4つの属性(選択肢共通変数)に加えて、「車ダミー」(選択肢固有ダミー変数)を採用した。結果としては値からも明らかのように、「車ダミー」が最も重要な属性であり、このことからP&BRシステムの導入後も従来通り車利用者の多さが推定出来る。

その他の各属性の値も十分な大きな値を示しており、 ρ^2 値、的中率共満足する結果となっている。またパラメータの値から、駐車料金や所要時間の変化が交通機関選択に与える影響が特に大きいことが分かる。

表-4に示した効用関数を用いて交通機関の選択問題(バス利用者の推定)を行う訳であるが、「所要時間」を除く属性の値は政策的に決定することが可能であるが、所要時間をどのように決定するかが問題である。本研究では、各交通機関の所要時間を次のように設定した。

自動車 = (非渋滞時の目的地までの所要時間)

+ (渋滞による増加時間) (1)

バス = (非渋滞時の目的地までの所要時間)

+ (バスの発車間隔/2) (2)

本研究では線形型の効用関数を採用しているため、交通機関選択問題に必要なのは、両者の時間差である。従って、自動車利用の場合の所要時間としては、「渋滞による増加時間」だけで十分であり、またバス利用の場合は「バスの発車間隔/2」となることは明らかである。

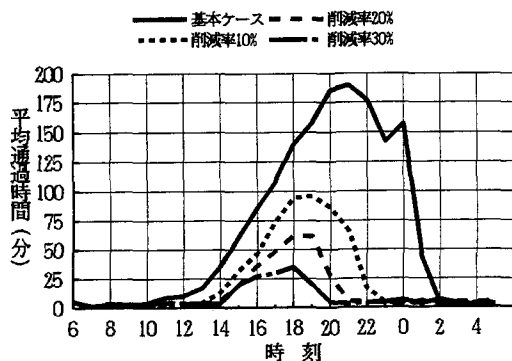


図-5 交通量削減率と渋滞による増加時間

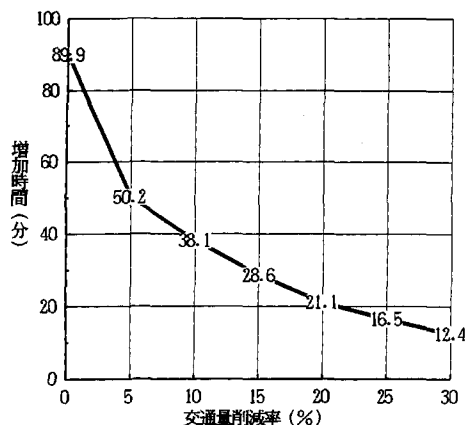


図-6 交通量の削減と時刻別の平均通過時間

(3) 交通流動シミュレーションモデルによる所要時間の推定

表-4に示した交通機関分担モデルを用いてバスの利用者(駐車場利用者)の人数を求めるためには、式(1)に示したように「渋滞による増加時間」を求める必要がある。本研究では、実際の状況を再現することを目的として交通流動シミュレーションモデルを作成した。シミュレーションの範囲は、図-4に示したようにポイント②から⑤の範囲であり、各ポイントでの交通諸元(交通量、右左折率、信号現示、ポイント間の道路距離と所要時間等)の諸データは、基本的に現地観測により得られた値を採用している。ただし、ポイント④のチェーン装着のために必要な時間は、日本道路公団の資料に基づき、アーラン分布(平均22.3分、位相4)を採用し、チェーン装着場の駐車容量は30台とした(ポイント④)。

以上のポイント②から⑤までの各地点がボトルネックであるが、中でも④のチェーン装着場の容量が問題となっている。すなわち、高速道路にチェーン規制がでている場合、チェーン非装着車は④にてチェーンを装着する必要があるが、その比率が高い場合にはチェーン装着場に入りきれない車両が本線を占有し、結果的に渋滞に拍車をかけることになる。シミュレーションモデルの作成においては、図-4に示した物理的な諸元の他にチェーン非装着率を仮定しなければならない。本研究では、できるだけ実際の渋滞状況を再現するため、チェーン非装着率を変化させ、その都度渋滞による増加時間と渋滞長、及びインターでの通過車両台数を検討した結果、チェーン非装着率を12%とした。図-2に示した「チェーン規制時交通量」は正にこのような状況における交通流動を表している。本論文では、

この値を「基本ケース」として議論を進めることにする。

図-5は、インターに流入する「交通量の削減率」と「渋滞による増加時間」の関係を表わした結果である。交通量削減率が0%の場合、すなわち図-2に示した「シミュレーション結果：基本ケース」の場合の増加時間は、約90分であるが交通量を削減すると増加時間は急激に減少することが分かる。ただし、この値は1日の平均値を表したものであり、時間帯により増加時間は大きく変化する。図-6は、基本ケースの場合の時間帯別の平均通過時間と、流入交通量を10%から30%まで削減した場合の平均通過時間の変化を表したものである(全時間帯に渡り、一律に削減)。この図から明らかなように、流入交通量を削減することにより、平均通過時間が急激に減少することが分かる。例えば、交通量を20%削減した場合には、平均最大通過時間が約190分から70分へと、120分の短縮効果が認められる。

(4) P & B Rのための必要な駐車場規模の算定

交通機関選択モデルと交通流動シミュレーションモデルにより得られた結果から、P&B&Rに必要な駐車場の規模について検討を行う。図-1に示したように両者の関係は独立ではなく、交通量削減率(バスへの転換率)と渋滞による増加時間との均衡点を求める必要があることは前述した通りである。図-7は、駐車場の使用料金とバス利用のための運賃を共に無料とし、バスの発車間隔を変化させた場合の結果を表している。図から明らかなようにバスの発車間隔を10分とした場合の均衡するバスへの転換率は15%であり、20分間隔の場合で12%となる。これは駐車台数で考えると各々

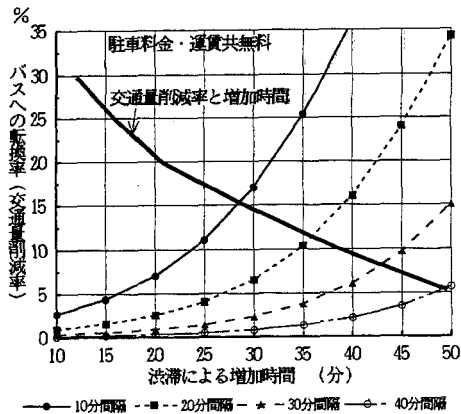


図-7 バスへの転換率と渋滞増加時間

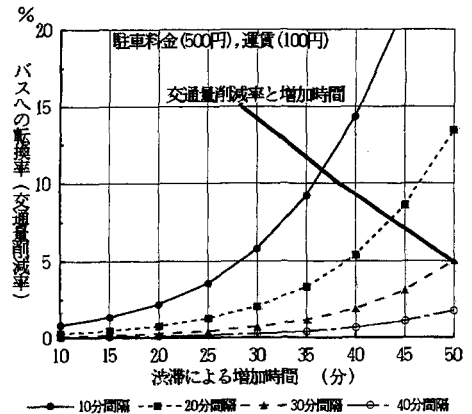


図-8 バスへの転換率と渋滞増加時間

約1,500台, 1,200台となる。すなわち、渋滞の影響を受けない場所に1,500台規模の駐車場を整備することにより、全体の交通量が1日で1,500台が削減され、結果的に渋滞による増加時間が基本ケースの90分から28分へと62分の短縮となる（時間帯別の短縮効果については、図-5を参照）。図-8は駐車料金を500円、バスの運賃を100円とした場合の結果である。発車間隔を10分とした場合の転換率は、約12%であり、20分間隔で8%となることが分かる。このようにバスのサービスレベルを低下させると（バスの発車間隔と料金）、バス利用者の比率は急激に減少し、結果的に渋滞緩和策としてのP&BRの効果は、薄れることになる。

このようにP&BRの導入により交通渋滞の緩和を図ることは可能であるが、問題はその実現可能性である。幸い湯沢地域には、高速道路のインター周辺に十分な空間があるため、駐車場の整備を図ることは可能である。しかし、西岡等²⁾の言うようにP&BRの導入は、単に駐車場の整備とバス路線の設定に留まるものではなく、総合的な交通システムの整備が不可欠である。そのためには、スキー場へのアクセスとしてのバス専用レーンの設置が不可欠であり、さらに駐車場と道路の除排雪の徹底、駐車場への案内誘導や交通情報の提供が必要とされる。

現在、長野オリンピック開催に向けて、上信越自動車道の建設が進んでおり、地域間競争がさらに激しくなることが予想される。観光産業が大きな位置を占めている湯沢町においては、今後共観光客の増加を図るためには、スキー客の効用水準を上昇させることが望まれ、そのためには本研究で議論した交通渋滞問題の解決が急務である。

6. おわりに

本研究は、冬季スキー客による交通渋滞対策として、交通需要マネジメントの観点から検討を行ったものである。中でも交通量の削減対策としてのP&BRの適用可能性についての検討を具体的な事例を通して行ったものであり、得られた主な結論は以下の通りである。

(1) スキーを目的とした観光交通による渋滞の原因としては、雪や降雪による気象条件と休祭日に集中する交通特性によるところが大きい。また、本研究で取り上げた関越自動車道湯沢インター付近では、高速道路や一般道路にチェーン規制が出されている場合には、特に顕著であることを示した。

(2) 観光交通のような非日常的交通の場合には、特定の日のある時間帯に集中する傾向があるため、渋滞対策としては、従来のように施設整備と併せて、TDMの観点からの対策が必要とされる。

(3) TDMの適用の1つとしてP&BRの検討を行うために、コンジョイント分析を用いて交通機関分担モデルを作成し、また渋滞時間の推定を行うための交通流動シミュレーションモデルの開発を行った。この2つのモデルを組み合わせることにより、P&BR導入の効果を分析し、駐車場の規模を決定する方法を提案した。

(4) その結果、駐車場の規模は必ずしも大きければよいと言うものではなく、P&BRシステムのサービス水準の組み合わせ（駐車料金、バスの運賃、所要時間、バスの発車間隔）により適切な規模があることを示した。

(5) 関越自動車道の湯沢インター付近を事例として、具体的なP&BRの導入可能性について検討を行い、必要

な駐車場の規模についての検討を行った。その結果、P&BRの導入は十分可能性があることを示した。

今後の課題としては、P&BRのみならず交通情報の提供が交通量の削減や分散化に与える影響を検討する必要がある。このことはP&BRを実現する上でも重要な課題の1つである。

本研究を遂行するに当たっては、(財)内田エネルギー科学振興財団の研究助成を得た。ここに記して謝意を表す。

参 考 文 献

- 1)松本昌二：交通需要マネジメントによる渋滞対策とその評価，道路，No.7, pp.16-21, 1994
- 2)西岡・森地・広島：観光地におけるP & B Rシステムに関する研究，交通工学，Vol.30, No.4, pp.27-39, 1995
- 3)湯沢・須田：コンジョイント分析におけるプロファイルの設定方法とその課題，土木学会論文集，No.518, pp.121-134, 1995
- 4)森戸・中野・相沢：SLAMIIによるシステム・シミュレーション入門，共立出版，1993

冬季観光交通による交通渋滞対策としてのP & B Rの適用可能性

湯沢 昭・須田 照

本研究は、観光交通の1つである冬季スキー客による交通渋滞問題を取り上げ、渋滞対策としてP & B Rの導入可能性について検討を行ったものである。P & B Rシステムの評価方法としては、コンジョイント分析による交通機関モデルの作成と交通流動シミュレーションモデルとを組み合わせることにより、具体的な評価方法を提案した。なお、事例としては、新潟県湯沢町を取り上げた。

Feasibility Study of Park and Bus-Ride System for Counterplan of Traffic Jam caused by Skiers

Akira YUZAWA and Hiroshi SUDA

In this paper, we deal with the traffic jam caused by visiting skiers, and we investigated the feasibility study of Park and Bus-Ride system. The P&BR system was evaluated by combination model which are conjoint analysis and traffic-flow simulation model. Yuzawa town in niigata prefecture took up the object of this case study.
