

IV-25

バス運行データを用いた路線特性に関する研究

北海道大学 学生員 鹿野島秀行
 北海道大学 正員 高野伸栄
 北海道大学 正員 佐藤馨一

1 はじめに

札幌市は人口170万人以上を抱える都市でありながら、かつ積雪寒冷という気象的条件を併せもつ世界でも特異な都市であると言われる。発展を続けるこの都市ではその外延化に伴い、バス交通が唯一の公共交通機関となる地域も増えている。そのような中、先に述べたとおり厳しい気象的条件に関連して、著しい遅延の発生などの冬期のバス交通が社会問題化してきている。しかしこの問題に関してはあまり調査がなされておらず、実際の数字に基づいた客観的な議論ができない状態にある。

一方札幌市の広範なエリアでバス事業を営む札幌市交通局では業務の効率化、適切な運行管理を目的として、各種センサーで運行上の基礎的なデータを自動収集するシステムを導入している。ところで時代の要請としてバス交通に関してはよりミクロな路線レベルでの計画が課題になりつつあり、より詳細なデータが必要とされつつある。先の運行管理データはミクロなデータを把握しており、これを計画データとして活用することは時代の要請に応える一つの有効な手段になり得る。

この研究は業務データであるバス運行データを計画データとして活用する有用性を、冬期のバス交通の実態解明を例に示すものである。

2 バス運行データについて

2.1 バス運行データの概要

バス運行データの源は車両に搭載されている車載記録器にある。この機器は札幌市交通局保有車両の8割強に搭載されている。各車両は特定の路線に偏らず運用されるため、全路線でのデータが自動収集されている。ただし故障などにより稼働率は65%程度である。

データの項目は基本的にバス停留所での出発時刻

(ドア閉信号と内部時計による)と乗車・降車人数(センサーによる)である。

2.2 バス運行データの信頼性

分析をする前にこの運行データの信頼性を確認しておく必要がある。

今回は札幌市交通局が独自に行った調査結果値の提供を受けたので、これを利用した。方法はある車両に着目し、実際に乗車して先の項目(ドア閉時刻=出発時刻、及び乗降人数)を実測するというものである。

ここでは時刻について記すが、その誤差は最大でも2分程度であり、そうした大きな誤差の割合も数%である。このように精度は良好であり、十分実用に耐え得るものである。

2.3 分析路線の抽出

札幌市交通局は全市で70数系統を運行している。しかし今回、全系統について分析することは時間的に非現実的・非効率的と判断し、バスの運行動態に影響を及ぼす可能性のある項目を数個考え、その条件を満たす系統を数個選んだ(図1)。地域的な偏りが出ないように配慮をした。時期は季節による違いを明確にするため平成6年9月および平成7年2月とし、曜日は平日のみとした。

今回札幌市交通局から提供を受けたバス運行データの項目は便毎の起点出発時刻、終点到着時刻、起終点間所要時分等である。

なおこの後時間帯区分という語が頻繁に出てくるが、ここでは札幌市交通局の区分に基づき次のように定める。

朝ラッシュ時	7:31~8:45
日中	8:46~16:30
夕ラッシュ時	16:31~19:00

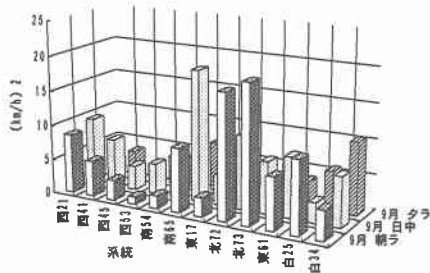


図5 速度の分散 9月

4 異常値の検出

一般的にバスの所要時間は周囲の道路状況などの影響を受けるため変動する。この変動がバスの定時性を欠く大きな要素になっているが、都市部でこれを取り除くことは将来的にも不可能と思われる。そこでこの変動を把握することが重要になる。乗客にとってはその変動にも許容できる限度があるはずである。

そこで本研究では主に工業製品の品質管理に用いられている管理図法に着目した。

4.1 管理図法の概要

管理図法とは工程の過去の状況を基準に、現在の状況が正常か異常かを客観的に判断するための手法である。そのためにある特性値を平均値、不良率あるいは欠点数などの値で打点し、一種のグラフを書き、さらに管理限界線（中心線から $\pm 3\sigma$ のところにある）という二つの限界線を引く。管理限界線の内側に打点され、連や傾向など点の並び方に癖がなければ工程は管理状態と判断する。このとき打点された点は管理限界線の内側でばらつくが、これは許容範囲内で生じているもので、これを偶然変動によるばらつきという。逆にもしこの管理限界線の外に点がプロットされたならば、何らかの異常が工程に発生したと判断する。¹⁾

なお 3σ の意味であるが、昔から商品の故障発生率は 3σ 以内に抑えれば、市場で問題にされることはまずないといわれてきたことにある。

4.2 バスの所要時間の分布

管理図法を適用するにあたり、その分布は正規分布である必要がある。そこで今回の対象系統で最も便数

の多い系統にて正規分布への適合可能性を検討した。図6は2月朝ラッシュ時の所要時間の度数分布をとったものである。これにカイ2乗検定を行ったところ、危険率5%で正規分布への適合は棄却できないという結果が得られた。このことで管理図法の適用の前提条件を満たしたことになる。

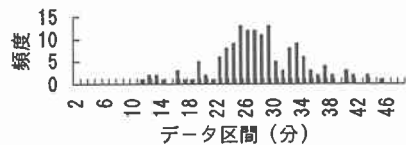


図6 バス所要時間の分布(北73系統 2月 朝ラッシュ時)

4.3 考察

図7に \bar{x} 管理図を、図8にR管理図をそれぞれ示す。この場合も含め、一般に平均値 \bar{x} については変動は比較的小さく、範囲Rの変動は大きい。つまり日で集計する(\bar{x})と安定しているが、その内容(変動の幅, R)は日によって大きく異なる。これはすなわちバスの定時性の悪さを意味するのだが、所要時間分布が均一で

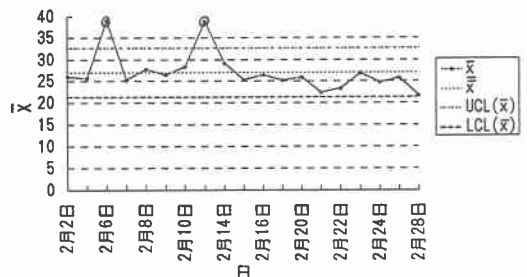


図7 \bar{x} 管理図(北73系統 2月 朝ラッシュ時)

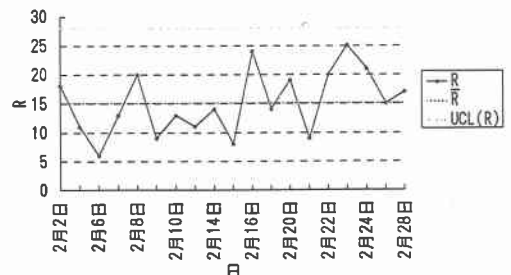


図8 R管理図(北73系統 2月 朝ラッシュ時)

はない以上その解決は難しい。そこで管理限界の考えを用いる。つまり管理限界線の外にプロットされた日は偶然ではない異常事態が発生した特殊な日と考える

表2 系統別特異日

(2月 朝ラッシュ時)

系統番号	\bar{x} 特異日
西 21	-
西 41	2/13, 17, 23
西 45	2/10
西 53	2/7, 23
南 54	2/3, 17, 23
南 65	2/16, 2/23
東 17	2/23
北 72	2/13, 23
北 73	2/6, 13
東 61	-
白 25	2/9, 16, 17, 27, 28
白 34	2/20

のである。R 管理図で異常値をとる日はある数便だけ所要時間が突出した日と考えられる。これに対し \bar{x} 管理図で異常値をとる日は全体的に所要時間が伸びている日であり、その日自体が特異的な日であったといえる。今後は \bar{x} 管理図で管理アウトだった点を特異日と呼ぶことにする。なお 2 月朝ラッシュ時の系統毎の特異日を表 2 に示す。

5 気象との関係

バスの所要時間による日の区分(特異日・平常日)と気象との関係を調べた。

用いた気象データは札幌総合情報センター株式会社提供のマルチセンサーデータである。今回はバスの運行に関わる項目として気温、降雪強度(その時点での雪の降り方が1時間続くと仮定したときに積もる雪の量を示し、単位は cm/h)、積雪深に注目した。図 9 は気温の分布を、図 10 は降雪強度の分布(いずれも朝ラッシュ時)を日区分別に示したものである。特異日と平常日の日数が異なるので、各区分全日数に占める割合にて示してある。

気温において特徴的なのは特異日は 0°C を若干下回る領域に集中していることである。この領域は氷と水の境界であり、道路路面が滑りやすく、道路交通全体が混雑していることがあると考えられる。それに対して平常日はこの領域以外の分布が多い。

降雪強度はあまり傾向は強くないものの、降雪強度が大きい日には特異日が多い。

なお、積雪深についてはまったく関係は見られなかった。道路の積雪量は除雪の状態に大きく依存しており、公園などの空き地で観測されている今回のデータとはあまり関係ないことが原因と考えられる。

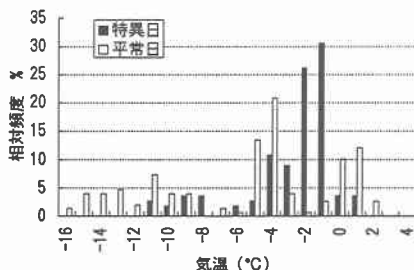


図9 気温の分布(日区分別)

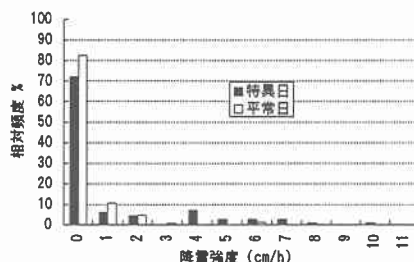


図10 降雪強度の分布(日区分別)

6 おわりに

この研究ではバス運行データを冬期のバスの運行動態、系統の特性を把握する目的で使用し、今まで常識とされていたことも含め数値として把握することができた。これでバス運行データの有効性を示すことができたと考え、運行データは所要時間のほか乗降人数なども把握しており、更に別の角度からのアプローチも可能と思われる。

近年各地でバス運行管理システムが導入されつつあり、バス運行データの自動収集は同時に実施されることが多い。これは今までとらえられなかったきめ細かいデータが効率的に収集される機会が増えることを意味する。今後はこれらのデータの計画データとしての幅広い活用およびその手法の確立が期待される。

最後に今回のバス運行データの提供にあたり、札幌市交通局自動車部の大中氏ほか職員の皆様にお世話になった。この場を借りて感謝の意を記す。

参考文献¹⁾ 中村達男:「管理図の作り方と活用」, QC 入門講座第2版7, 財団法人日本規格協会