

スクールバスの配車計画の改善

2006MI045 伊藤美登 2006MI086 國枝千絵

指導教員：伏見正則

1 はじめに

現在南山大学瀬戸キャンパスでは、通学時にスクールバスを使用している。特に本郷線の利用者が多く、曜日・時刻によって利用者数が集中するという現状がある。そこでこの問題を解決するために本研究では、バス利用者が集中する時間帯の時間割編成やバスの配車計画を見直すことで混雑を緩和し、利用者の満足度を高めることを考える。さらに、バスが不足した場合には他業者を雇い、バスを補充しているので、南山大学が保持しているバスのみでの円滑な運行を可能にすることを考える。ただし、本研究ではバスの混雑を緩和することを目的としているので、利用者の多い本郷線のみを考える。また、運行パターンは A・B のみを考える。

2 現状把握

2.1 データについて

本研究では、南山大学瀬戸キャンパス事務部第2課学生生活担当から頂いた2009年度各月のバス利用者数のデータを利用する。春学期(4月・5月・6月)と秋学期(9月・10月)の一日のバス利用者数の推移は以下になる。

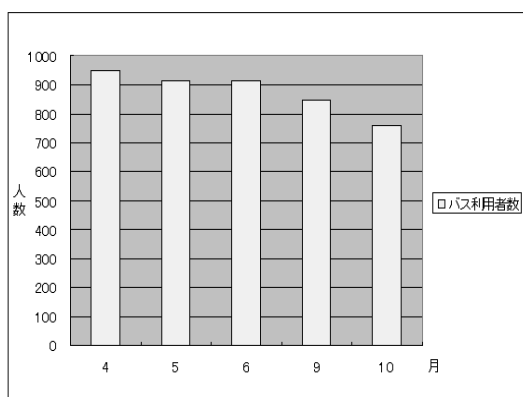


図1 バス利用者数の推移

図1より、春学期のバス利用者数は比較的安定しているが、秋学期は減少傾向にある。現在バスの配車は1年を通して同じなので、利用者の多い春学期のデータをもとに配車計画を行うことで秋学期についても賄えると考えられる。

2.2 バスの時刻について

バス利用者は本校の学生であるため、講義前・講義後に混雑が起こりやすい。そこで、本郷発瀬戸キャンパス行き、瀬戸キャンパス発本郷行きのそれぞれに1限から5限の講義に合わせた5つの区切りを設ける。

本郷発瀬戸キャンパス行きの場合は、瀬戸キャンパスまでにかかる時間30分を考慮して講義開始時刻に学校に到着出来るかどうかを基準に区切った。また、瀬戸キャンパス発本郷行きの場合は、講義終了時刻に合わせて区切った。以下、これを方法1とする。例えば、3限の終了時刻は15時30分なので、4限終了時刻までの15時50分発、16時発、16時20分発を区切り3とする。

バス利用者数のデータより、バスの混雑がピークに達するのは4限講義後の瀬戸キャンパス発本郷行きのバスである。学生は講義終了時刻に近い時刻のバスを利用するものと考え、方法1を改編した区切り方を方法2とし、表1に示す。

表1 方法2 瀬戸キャンパス発本郷行き 改編版

区切り	Aパターン	Bパターン
1	11:40	11:40
	12:30	12:30
2	13:30	13:30
	14:00	14:00
3	15:50	15:50
	16:00	—
4	17:30	—
	17:40	17:40
	17:45	—
5	19:15	19:15

2.3 バスの定員

バス利用者の安全を確保して運行できるとされるバス1台の定員は65人である。この定員を混雑しているか否かの基準とする。

一つの区切りに対する配車による定員の求め方は、

$$(\text{定員}) = (\text{使用しているバスの台数}) \times 65$$

である。また、名古屋キャンパス行きのバスは本郷行きの学生を乗車させて本郷を経由している。そこで、名古屋キャンパス行きのバスが発車する区切りでは、名古屋キャンパス行きのバスに乗車できる本郷行きの利用者の定員を考える必要がある。求め方は、

$$\begin{aligned} & (\text{名古屋キャンパス行きのバスに乗車できる} \\ & \quad \text{本郷行きの利用者の定員}) \\ & = 65 - (\text{名古屋キャンパス行きの利用者数}) \end{aligned}$$

である。ここでの名古屋キャンパス行きの利用者数とは、利用者数の平均(μ)、標準偏差(σ)から求めた $\mu + 2\sigma$ である。 $\mu + 2\sigma$ については2.4で述べる。更に、名古屋キャンパス行きが発車する区切りでは、名古屋キャンパス行きのバスに乗車できる本郷行きの利用者の定員と本郷行きの定員を併せた数を定員とする。

2.4 バス利用者数と定員

バス利用者数データには、ばらつきが出る。そこで、平均 (μ)、標準偏差 (σ) から考えられるバス利用者数 $\mu + 2\sigma$ を求める。 $\mu + 2\sigma$ をバス利用者数と考えることで、バス利用者の変動にも対応できると考える。

本研究では 2.3 で述べたように、現在各区切りで使用しているバスの台数から定員を求め、 $\mu + 2\sigma$ が定員を上回ればバスは混雑しているとみなす。

2.2 の方法 1 における火曜日の区切り 3・4、水曜日の区切り 2・3、木曜日の区切り 3、金曜日の区切り 4 で混雑がおきている。しかし、方法 2 では月曜日の区切り 3・4、火曜日の区切り 3・4・5、水曜日の区切り 2・3・4、木曜日の区切り 2・3、金曜日の区切り 4 で混雑がおきている。方法 1 と 2 を比較すると混雑状況は異なり、方法 2 はバス利用者が定員を上回る回数が多い。そのため、方法 2 の区切り方からバスの混雑を緩和することを考える。そこで、火曜日を例に挙げて方法 2 で区切った場合のバスの定員と $\mu + 2\sigma$ の関係を図 2 で示す。

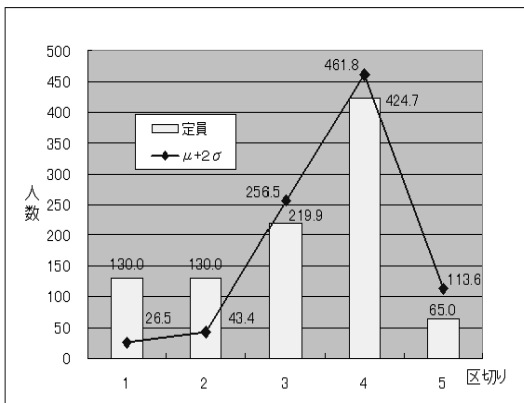


図 2 方法 2 バス利用者数と定員の現状 火曜日

注) 図 2 および図 4 において、原則として、棒の上の数値は定員、右または左の数値は $\mu + 2\sigma$ である。

図 2 より、ほとんどの学生が 4 限で帰宅するのに加え、水曜日を除いて 3 限、4 限に必修の講義数が多いため、区切り 4 では混雑が起きることが分かる。特に、火曜日・木曜日・金曜日の 3 限、4 限には数理情報・情報理工学部（英語、数学演習）と総合政策学部（総合政策プロジェクト研究）の必修科目が集中している。また、水曜日は他の曜日と比較して選択必修やテーマ科目が集中している。水曜日の区切り 3・4 にも混雑状況がみられるのは、インターンシップ研修の講義や補講、ガイダンス、サークルが関係していると考えられる。

2.5 補講・ガイダンス

補講・ガイダンスとバス利用者数の関係性について述べる。4 月から 6 月の範囲で補講・ガイダンスが行われた日と通常時（補講・ガイダンスなし）のバス利用者数 $\mu + 2\sigma$ を求める。そして、通常時から補講・ガイダンス

がある日のバスの利用人数を引き、補講・ガイダンスによるバス利用者数の増減を調べた。その結果、補講・ガイダンスがある日は通常時より利用者数が減少することが分かった。そこで、補講・ガイダンスによるバス利用者数の増減と補講の登録者数との相関係数を求めたところ、相関係数は -0.382 となり、2 つの間に相関はないという結果が得られた。

この結果から補講については、登録者の人数はバス利用者数に影響しないことが分かった。また、通常時のバス利用者数 $\mu + 2\sigma$ と補講・ガイダンスがある日のバス利用者数を曜日ごとに分類して比較した。その結果の一部が図 3 である。

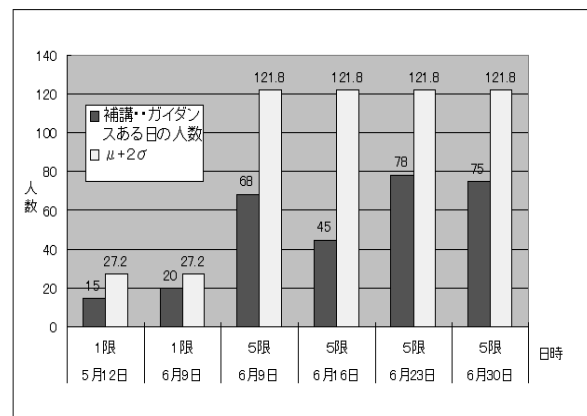


図 3 補講・ガイダンスがある日と通常時のバス利用者数の比較 火曜日

図 3 のように、他の曜日についても補講・ガイダンスがある日のバス利用者数はほぼ $\mu + 2\sigma$ （通常時）に収まった。しかし、6 月 13 日の 3 限と 6 月 26 日の 5 限では補講・ガイダンスによるバス利用者数の増減は負の値をとったが、 $\mu + 2\sigma$ に通常時の超過人数を足しても 65 には満たないため、新たにバスを追加する必要はない。

このことから登録者の人数に関わらず、補講がバス利用者数に与える影響は考慮する必要がないと考えられる。よって、春学期については、補講・ガイダンスがある日と無い日でバスの配車を変える必要はないことが分かった。

3 バス利用者数

瀬戸キャンパスの学部生 2352 人に対し、駐車許可者は 497 人である。よって、全体の 21 % が車を利用しているものと考え、残りの 79 % がバスを利用していることになる。この割合を利用して、各講義の受講者のうち、バスを利用する学生数を求める。したがって、

$$(\text{各講義のバス利用者}) = (\text{講義登録者数}) \times 0.79$$

となる。開講曜日・時限が同じ講義のバス利用者を合計し、ひとつの区切りでのバス利用者数として扱う。

4 春学期 シミュレーション

登録者数を考慮して時間割を移動させることで、バス利用者数がどのように変化するのかをシミュレーションする。そして、登録者から求めたバスの利用者数 $\mu + 2\sigma$ が各区切りの定員以内に収まるように条件を変えて時間割編成を行う。ただし、大学院や資格関連の授業は扱わないものとする。バスの運行を追加する場合、区切り5はバスの運行回数を最大12回、水曜日の区切り2, 3, 4はそれぞれ最大15回, 2回, 2回追加できる。運転手の労働時間については長時間の労働を避けるため臨時で運転手を雇っているため、追加の費用が生ずる可能性があるが、ここでは考慮しない。また、各学部・学年の必修や先生方が同一時限に割り当てられないようにする。そして、講義を移動させる際、バス利用者数に影響を与えやすい必修・選択必修を移動させ、曜日をまたがないようにする。

以上のことを考慮して3パターンのシミュレーションを行う。研究を行った結果、ここでは最善であると思われるシミュレーション3について詳しく述べる。

4.1 シミュレーション 1

バスの運行回数を追加できる5限を利用して時間割編成を行い、バスの混雑を緩和することを考える。その際に第一段階、第二段階と条件を変えてシミュレーションを行う。

4.1.1 第一段階

各曜日の区切り5、水曜日の区切り2・3・4以外は現在使用しているバスの台数での運行を考える。そこで、混雑が起きている区切りの利用者が受講すると考えられる講義を5限に移動させる（水曜日を除く）。また、1時限につき移動できる講義は1つまでとする。その結果、水曜日以外は各区切りにおいて混雑は緩和できた。水曜日は曜日内での講義の移動が困難であるため、混雑が起きている区切り2, 3, 4ではバスの運行回数を3回, 1回, 2回追加する。また火曜日の区切り5では、他の曜日のバスの運行回数が4回までであるのに対して6回と多い。そこで、第二段階で火曜日の区切り5のバスの運行回数を4回に収めることを考える。

4.1.2 第二段階

火曜日の区切り3・4の混雑を緩和し、さらに区切り5の運行回数を4回に収めるように時間割編成を行う。今回は5限以外にも講義を動かすことができることとする。その結果、3つの講義を移動させることで火曜日の区切り5の運行回数を4回に収めることができた。

4.1.3 実行結果

第一段階、第二段階ではバスを追加できる区切り5に着目し、5限を利用して講義受講者を分散させた。その結果、各区切りでバス利用者を配車からみた定員に収めることができた。

4.2 シミュレーション 2

5限への移動講義数を最小に抑え、バスの混雑を緩和することを考える。ただし、1~4限の中で講義を入れ替え、講義を5限に移動させるのは最終手段とする。1限については、本郷発瀬戸キャンパス行きの区切り1の混雑状況を考慮しながら講義を移動させる。

4.2.1 実行結果

火曜日、水曜日以外は、時間割編成によって現在の配車でバスの混雑を緩和することができた。火曜日は区切り3・4・5で混雑がおきており、時間割編成によって区切り3・4の混雑は緩和できた。しかし、区切り5の利用者数は大幅に定員を超えていたため、混雑を緩和することができなかった。よって、火曜日の区切り5では新たにバスの運行回数を2回追加する必要がある。また水曜日については4.1と同様に区切り2, 3, 4に対して運行回数を3回, 1回, 2回追加する必要がある。4.2の方法では、5限への移動講義数を最小に抑えることで、コストを抑えることができる。その反面、総移動講義数が4.1の方法に比べて多くなる。また、1限にも講義を移動させるので、朝のバスの利用者人数が現在よりも増加する可能性がある。そこで、4.3では1限への講義の移動を避けてシミュレーションを行う。

4.3 シミュレーション 3

5限では再履修の講義や補講が行われているので、5限に必修の講義を移動させることは現実的に難しい。同じ学年の再履修・補講と必修が同じ曜日の5限にくることは避けなければならない。さらに、再履修・補講は2・3年生を対象にしたものが多い。よって、本節では数理情報学部の2・3年生をなるべく避けて、5限に講義を移動させることを考える。区切り1は各曜日で利用者数が少ないが、1限終了時に帰宅する生徒は少ない。そこで本節では、1限への講義の移動を避け2・3・4限の中で講義を入れ替える。ただし、講義を5限に移動させるのは最終手段とする。具体的に、各曜日で移動させた講義の曜日・時限・講義名・移動先・学年(学部)を表2で示す。

表2 シミュレーション 3 移動した講義

曜日	時限	講義名	移動先	学年(学部)
月	3	政治・経済と人間の尊厳B	2	—
	4	日本語 (運用)1	5	1(総)
	4	日本語 (表現技術 A)1	5	1(総)
火	2	日本語 I(文法)1	3	—
	2	中国語 I3	4	—
	2	フランス語 I	4	—
	3	微積分学	5	1(情)
4	コンピュータ基礎演習 I4・I5・I6	2	—	
水	—	—	—	—
	2	総合政策外国文献講読 (英語)5	4	—
木	3	基礎体育 A5~A8	5	1(総・情)
	—	—	—	—
金	2	統計学 1	5	2(総)
	4	地域文明論H (アジア)	2	—

注) 学年(学部)については、5限に移動した講義のみ表示する。また、「総」は総合政策学部、「情」は情報理工学部である。

また、火曜日を例に挙げてシミュレーション 3 実行後のバスの定員とバス利用者数 $\mu + 2\sigma$ の関係を図 4 に示す。

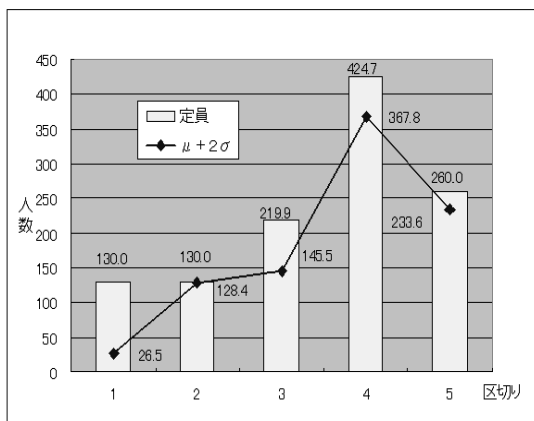


図 4 シミュレーション 3 火曜日

4.3.1 実行結果

シミュレーションにより、図 4 のようにバス利用者数 $\mu + 2\sigma$ をバスの定員に収めることができた。4.3 の方法では、4.1 と比べると区切り 5 に追加するバスの運行回数が少ないが、5 限への移動講義数が 5 つとなった。1 限への移動を避けたことによって、各曜日で 5 限への移動講義数が増加したと考えられる。その結果、区切り 5 に新たにバスの運行回数を追加する必要がでてきた。特に火曜日・木曜日・金曜日は必修科目が集中しており、5 限への移動が不可欠である。また、1 講義の登録者数が多いため、移動講義数に対して移動するバス利用者数が多い。したがって、火曜日・木曜日・金曜日に追加するバスの運行回数は多くなる傾向にある。また、金曜日は 2 年生の講義を 5 限に移動させたが、その他の曜日において 5 限に移動させたのは、1 年生の講義のみである。

4.4 秋学期

春学期と同様に 9 月、10 月のバス利用者数データから $\mu + 2\sigma$ を求めた。現在の配車から見たバスの定員と利用者数を比較すると、火曜日の区切り 5、水曜日の区切り 3・4、木曜日の区切り 2・5、金曜日の区切り 5 で混雑がおきていることが分かる。春学期の混雑状況と比較すると、春学期の方が混雑しやすい傾向にある。しかし、木曜日の区切り 5、金曜日の区切り 5 は春学期に混雑がおきていない。これらの区切りのバスの定員を超える利用者数は、木曜日の区切り 5 で 3.8 人、金曜日の区切り 5 で 1.8 人である。したがって、それぞれに定員 65 人のバスの運行を 1 回追加することは、コスト面を考えると実現し難いのが現実である。また、その他の混雑がおきている区切りにおいても定員を超えるバス利用者数は一桁と少ない。ただし、水曜日の区切り 3・4、木曜日の区切り 2 は例外である。前者はガイダンスの内容が就職活動ということもあり、出席者が非常に多いのでそれに伴い、バス利用者数が増加したと考えられる。後者は 10 月 22 日のバス利用者数がある他の木曜日の 2 倍以上であるため、 $\mu + 2\sigma$ の値が大きく

なってしまったと考えられる。よって、水曜日の区切り 3、4 でバスの運行回数をそれぞれ 1 回、2 回追加すれば、秋学期は現在の配車のままで問題ないと考えられる。春学期の配車計画を秋学期に適応させても問題はないが、春学期と秋学期の配車を変えることで利用者数に応じた配車が可能である。

5 考察

本研究では時間割編成によってスクールバスの混雑を緩和することを目的とし、様々な条件の下で 3 パターンのシミュレーションを行った。これらの結果は、シミュレーションによって影響を及ぼす移動講義数、追加運行回数で比較すると分かりやすい。4.1 では 5 限の講義を増やすことは運行回数を追加することになり、移動講義数は少ないがコストの負担が大きいという結果になった。4.2 では 5 限への移動講義数は 1 つだが、総移動講義数が多くなった。しかし、1 限の講義が増えるので、本郷発区切り 1 の混雑状況に影響が出る可能性が考えられる。4.3 では 4.1 に比べて追加運行回数も 5 限への移動講義数も減少した。

6 おわりに

いずれのシミュレーションにおいても各区切りの混雑を緩和し、南山大学が保持しているバスのみでの配車で運行が可能となった。今回私たちが用いたバス利用者数のデータは 2009 年度 4・5・6 月、9・10 月のみなので、残りの月のデータを利用するとさらに厳密に分析が行え、より現状に近い混雑状況を把握できたと考えられる。また時間割編成時に利用した、登録者数から見たバス利用者数は、瀬戸キャンパスの学生数からみたバス利用者数の一定割合を用いて求めた。よって、実際のバス利用者数との間には差があると考えられる。シミュレーションを行う際に、先生方の都合や使用教室などを条件に入れば現実の問題解決に繋がりやすいと思われる。さらに、スクールバスが抱える問題点として 2 つ挙げる。

一つ目は、本郷発瀬戸キャンパス行きの 9 時 10 分発のスクールバスである。現在 6 台、または 7 台のバスを使用しているが 6 台目に近づくにつれて乗車人数が増える。この時間のバス利用者は区切りの定員内に収まっているが、一台あたりの定員 65 人を超過するバスがあるので、6 台全てのバスを 65 人以下に出来れば学生の安全が確保できる。

二つ目は、現在 18 時 20 分以降の平針線平針行きのバスは、交流会館、山口駅、リニモ駅、本郷を経由している。平針へ直行した場合でも、片道 50 分かかるので、経由地での乗車を禁止し降車のみにするだけで、経由地で降車する利用者がいない場合、時間を短縮できると考える。

本研究で行った混雑緩和とともに、これらの問題点を解決することで利用者である学生等の利用満足度はさらに向上していくと考える。

7 参考文献

- [1] 上野 礼子:スクールバス配車計画の最適化と自動配車システムの作成, 南山大学大学院数理情報研究科数理情報専攻修士論文, 2009.