2023 年度　都市計画演習　1 班　スマートシティ空間　最終発表レジュメ　12 月 18 日

もう授業には遅れたくない…!!

～大学循環バスによる遅刻者を減らす取り組み～

班員：仮谷陽人（班長）　大塚大登（副班長）　村上智仁（書記）

小池裕介　佐々木亮太　鈴木拓希　牧内友哉　山田健介

目次

1.　研究の背景・目的

1.1 背景

1.2 先行研究・事例

2　現状把握

2.1 現地調査

2.2 アンケート調査

2.3 ヒアリング調査

3　解決策の提案

3.1 案 1 -1 大学循環バスルートの変更

3.2 案 1-2 一の矢方面短縮ルート

3.3 案 2 乗降時間短縮のための乗り方提案

a)　乗客の車内位置誘導

b)　IC 化

c)　前乗り後ろ降り

4　まとめ

5　今後の課題

1.　研究の背景・目的

1.1　背景

主に朝の混雑時間帯の大学循環バスにおいて、慢性的に混雑や渋滞による大幅な遅延が発生しており、乗客に不便を生じさせている。そこで、バスの遅延時間を削減する改善案を多角的に提案することを目指す。

1.2　先行研究・事例

都市計画演習 2022 年度 7 班「渋滞するのかい？しないのかい？どっちんだい！？」ではバスルートに含まれる大学病院前の信号において渋滞発生の有無、その改善案を研究していた[3]京都市の観光バスの取り組みでは統一運賃と組み合わせた前乗り後ろ降り方式が混雑緩和に一定の効果があることが分かった[4]。

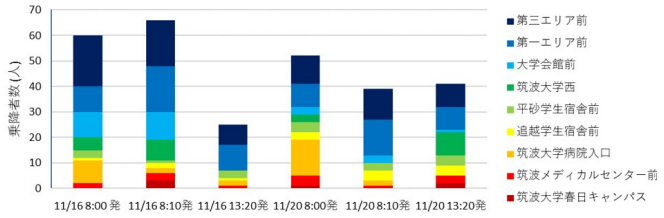

図 1 バス発車時刻ごとの乗車人数

2.　現状把握

現状把握のために①現地調査、②アンケート調査、③ヒアリングを行った。以下では分析内容を結果も踏まえて説明する。

2.1　現状分析①　現地調査

2.1.1　概要

11 月 16 日と 11 月 20 日の 8 時、8 時 20 分、13 時 20 分につくばセンターを出発するバスの調査を行った。この時刻のバスを調査した理由は、渋滞の有無の影響も踏まえた遅延時間の実態を把握するためである。各バス停で、乗降者数や停車時間、遅延時間、発着時間の計測を行った。

2.1.2　調査結果

まず、図 1 では乗降者数を調査した。グラフを見ると第一エリア、第三エリアでの乗降者が多いこと、朝の時間に利用者が多いことが分かる。

次に、遅延がどの時点で発生しているか調べるために両日の 8 時発と 13 時 20 分発のバスの、移動距離と時間の関係を図 2 に表した。斜めに伸びた線の傾きは速度を示していて、縦に伸びている線はそのバス停でどれだけの時間停車していたかを示している。図 2 より、第三エリア前バス停では約 10 分の遅延が発生していて、筑波大学附属病院前バス停に到着した時点で大きな遅延が発生していることがわかる。

次に、渋滞による遅延と乗り降りにかかる時間による遅延が全体の遅延時間に対してどの程度の割合を占めているのか調べた。そこで、11 月 16 日と 11 月 20 日の 8 時発と 13 時 20 分発のバスの発着時間を比較し、渋滞による遅延と乗り降りによる遅延時間をそれぞれ算出した。すると、11 月 16 日のバスでは渋滞による遅延が 440 秒、乗り降りによる遅延が 185 秒発生していて、11 月 20 日のバスでは渋滞による遅延が 605 秒、乗り降りによる遅延が 21 秒発生していた。

図 3 は第三エリア前バス停までかかる時間を走行時間と乗り降りによる停車時間の二つに分類して表したグラフである。図 3 を見ると渋滞による遅延が大きな割合を占めていることがわかる。しかし、11 月 16 日のデータから乗り降りによる遅延が約 3 分発生しているので、乗り降りによる遅延の改善も必要

だと考える。

最後に、混雑時か否かで違いが良く見られた 11/16 つくばセンター8:00 発と 13:20 発のバスの一人当たりの降車時間の分析結果を示す。図 1 より 8：00 発の結果を見ると、第三エリア前などの駅から離れたバス停で降車人数が多くなっているが、図 4 より 1 人あたりの降車時間を見るとメディカルセンター前で最も長くかかっており、駅から離れるほど時間がかかっている。図 5 では x 軸を降車人数、y 軸を一人当たりの降車時間と

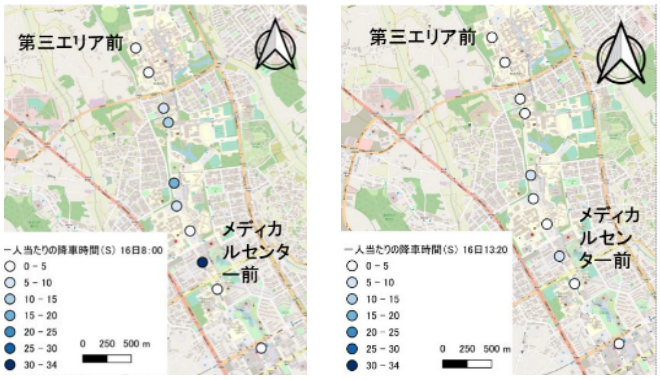

図 4 一人当たり降車時間の可視化

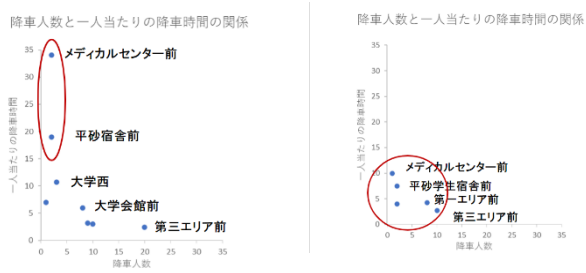

図 5 ：降車人数と一人当たり降車時間の関係

した散布図を作成した。図 5 より降車人数が同等であるメディカルセンター前と平砂学生宿舎前を比べた時に降車時間に大きな差があることが読み取れ、先に到着するバス停で降車に時間がかかっていることを示している。一方で、13：20 発ではバス停による降車時間の差が小さいことがわかる。よって、混雑時、車内の人数が多いバス停ほど降車に時間がかかっていることが推測される。

2.2 現状分析② アンケート調査

2.2.1 概要

Microsoft Forms を使用し、筑波大学の学生、関係者をターゲットとし、期間は 11 月 13 日～12 月 10 日とした。大学の主な活動場所、大学循環バスの利用頻度、大学循環バスに対する不満点とその内容、不満点を感じる時間帯、つくば駅や研究学園駅付近の利用施設までの交通手段、交通に対する満足度などを聞いた。回答者は 76 名であった。

2.2.2 結果

大学循環バスの利用頻度は「ほとんど使わない」と答える人が 53%であった。ここから、循環バスの利用者は 35 名であるとわかる。主な活動場所と循環バスの満足度の「不満」「や

や不満」（以降「不満割合」と呼ぶ）を答えた割合の関係に着目すると、第 3 エリアで活動する人たちの不満割合は 50%、第 1 エリアで活動する人たちの不満割合は 37.5%であった。全体を合わせた不満割合は 45.7%であった。次に不満点を感じる時間帯は、不満点に関係なく朝と夕方の割合が高かった。（図 3）最後に大学周辺の交通の不満割合は全体で 18%、交通手段が自転車の人の不満割合は 25%と低かった。この結果から、つくばセンター以外から大学までの新規路線（例えば研究学園駅～筑波大学）の需要は見込めない（不明である）と分かった。

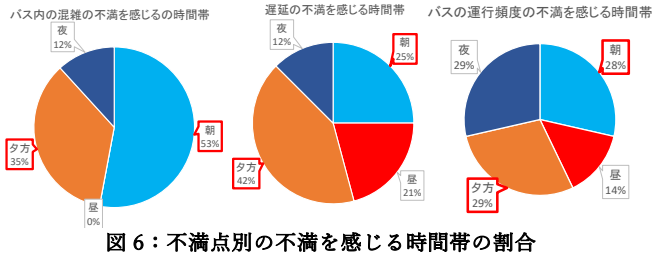

図 6：不満点別の不満を感じる時間帯の割合

2.3 現状分析③ ヒアリング調査（関東鉄道株式会社）

バスや運転手の不足から、新規ルートの増設やバスの増便を伴う対応は困難であり、また、バス車内の乗り方を改善するにあたって料金体系の変更や車内設備の見直しが必要になる場合、直ちに対応することは困難であるとのことだった。

3. 解決策の提案

以上の分析より私たちは、二つの解決策を提案する。 一つ目は、渋滞による遅延時間の割合が大きい事と現状のバスルートが現在の交通状況にあったルートではないのではないか、という事から大学循環バスのルート変更を提案する。二つ目はバスの遅延について、乗降時間による遅延時間も少な

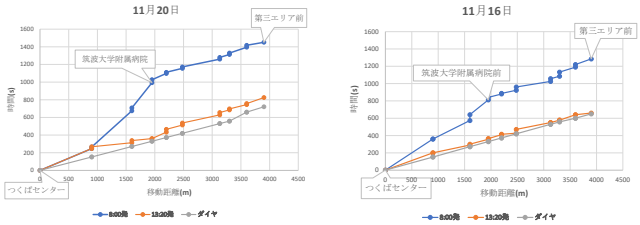

図 2 バスの移動距離と時間

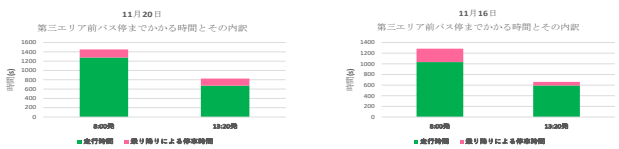

図 3 第三エリア前バス停までかかる時間の内訳

いが存在することが分かったので、バスの乗り方改善による乗降時間の短縮を提案する。

3.1 案 1-1 大学循環バスのルート変更

3.1.1 提案内容

現右回りルートの渋滞を回避し大学病院への移動需要をも満たすことができる新しい右回りのルートを提案する。

3.1.2　調査結果

まず現ルートのどこを変更するのかについて分析した。現状把握での大学病院入口での乗降人数割合は、11 月 16 日 8 時発では降車人数のうちの約 16.4%、11 月 20 日 8 時発では約 30%が降車している。このことから、つくばセンターから大学病院までの移動需要が存在していることが考えられる。また、筑波大学病院の時点で大きな遅延が発生していることが明らかになったのでつくばセンターから筑波大学病院までのルートを改善する必要がある。よって筑波大学病院までの移動需要を満たしつつ、渋滞を避けられるようなつくばセンターから筑波大学病院間の右回りのルートを変更する。

次につくばセンターと大学病院間の GPS データの分析とバスが通る交差点の交通量を把握するために図 6 を作成した。まず朝の道路の混雑状況を見る。この GPS データは 2021 年 4 月の八時台の Android ユーザーが対象となっている。この図 6 より、旧ルートよりも GPS が少ない場所を発見することができた。

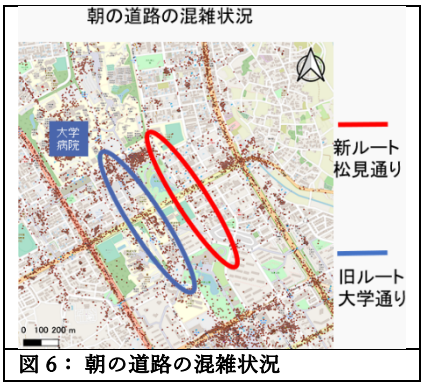

図 6： 朝の道路の混雑状況

次に 12 月 11 日、8 時台に新旧ルートでバスが通る交差点の交通量を測った。図 7 のグラフでわかるように新ルートの松見通りの交差点は断面交通量が旧ルートの大学通りの交差点よりも多く、旧ルートよりも適しているのではないかと考えられる。

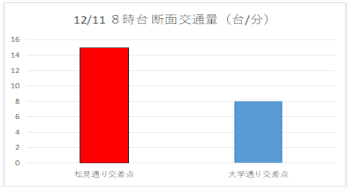

図 7： 断面交通量

そして GPS 分布や交通量把握によって渋滞が回避できそうなルートを実際に車で走った。その結果が次の図 8 である。

	通常 右	右回り(新)
走行時間	17分50秒	14分35秒
停車時間（平均）	3分55秒	3分55秒
総計	21分45秒	18分30秒 (−3分15秒)

図 8： 新ルートと旧ルートの比較

結果は右回りの新ルートの方が 3 分 15 秒早かった。（つくばセンターから第三エリア前まで　朝 8 時台を計測)。それぞれのルートでの車両の速度を図 9 の地図上に示した。通常ルートは大学通りで速度が低下し混雑していることが分かる。新ルートでも速度低下は見られるが、松見通りの二つの信号がありその信号の影響もあると考えられる。全体的にみると新ルートは旧ルートより早い場所の方が比較的多い。

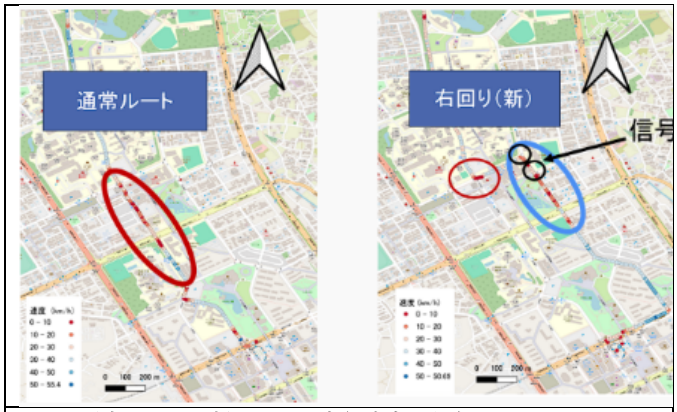

図 9：通常ルートと新ルートの走行速度の分布

3.1.3　検討

調査から、大学病院までの移動需要の存在、大学病院までの大きな遅延があることから、新しいルートを見つけ出して、走行時間が短縮されることが分かった。よって図 10 のルートを提案する。

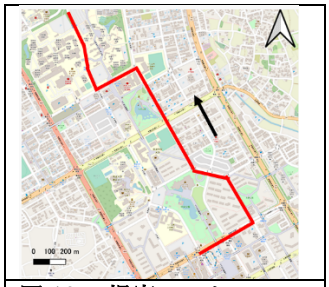

図 10： 提案ルート

3.2　案 1-2　一の矢方面短縮ルート

3.2.1　提案内容

この提案の目的は 7 時台のつくばセンター発（左回り）のバスルートの一の矢方面を短縮し、ダイヤの回転率向上で 1 限の授業に間に合うバスの本数を増やすということである。分析する内容は現地調査による乗降者数、バスの定時性である。しかし、デメリットとして虹の広場、農林技術センター、一の矢学生宿舎前、大学植物見本前の 4 つのバス停を通らない点が挙げられる。

3.2.2　現地調査・検討

つくばセンター7 時 40 発の筑波大学循環左回りのバスの、一の矢学生宿舎前における乗車人数と到着時間を調査した。調査より、一の矢宿舎周辺のバス停は留学生の利用者が多く需要があることがわかった。また、一の矢宿舎前のバス停に到着する時点で遅延が発生していることからバスがつくばセンターまで戻る時間を考慮すると 1 限の授業に間に合うバスの増便は難しいという結論に至った。

3.3　案 2　乗降時間短縮のための乗り方提案

3.3.1　分析手法

Multi agent simulation (MAS) を用いてバス車内での乗客の動きをシミュレーションし、各方策の効果を分析する。MAS とは多数の行動主体（Agent）が相互作用しながら行動する様子をコンピュータでシミュレーションすることで、条件を様々に変化させたときの agent の動きを分析する手法である。今回は (案 1)乗客の車内位置誘導 (案 2)IC 化の促進 (案 3)前乗り後ろ降り の三つの対策案を検討する。なお、各分析において同一条件下でそれぞれ 20 回ずつシミュレーションを行い、その平均値を結果として用いた。

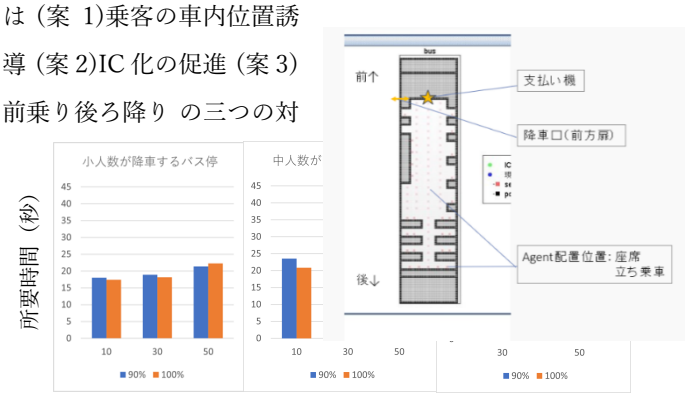

図 3-3-4 IC 化の効果

モデルの検証

通常時と混雑時においてそれぞれモデルの結果と実測値の分布の比較を行った(図 3-3-2)。おおむね一致しているといえる。

3.3.2 結果

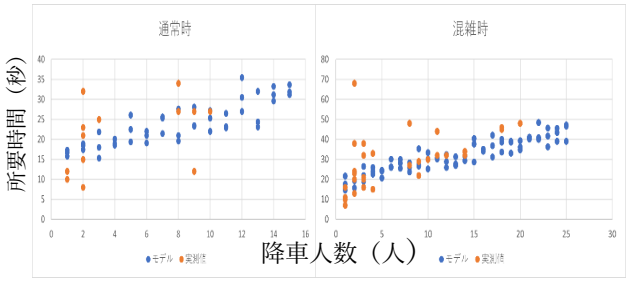

図 3-3-2 モデルの検証

(a)案 1：乗客の車内位置誘導

先に到着するバス停の利用客をバス前方に寄せることで降車時の車内移動距離を短縮し、降車所要時間の短縮を図る。降車人数(3 人/8 人/20 人)と車内人数(10 人/30 人/50 人)の各組合せ(以下の分析でも同様)においてそれぞれ誘導の指示に従う割合を 0%, 33%, 67%, 100%に変化させて 20 回ずつシミュレーションを行った。20 回の平均値は図 3-3-3 のようになった。いずれの降車人数でも車内の乗客数が多いほど大きな時間短縮効果がみられる。最大で 60 秒程度の短縮が可能であるが、乗客の従う意思等を考慮すると 20 秒程度の短縮が現実的かと思われる。

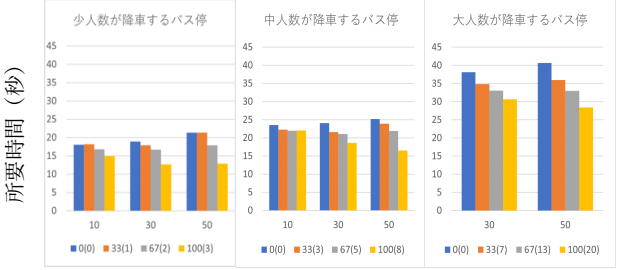

図 3-3-3 乗客の車内位置誘導の効果

(b)案 2：IC 化

IC 支払い客の割合を高めることで料金支払いにかかる時間の短縮を図る。IC 化率を 90%(現状), 100%に変化させて 20 回ずつシミュレーションを行った平均値は図 3-3-4 のようになった。降車乗客数が多いときには 10 秒程度の時間短縮効果が期待できる。

(c)案 3：前乗り後ろ降り

降車位置を前方扉から車両中央部にある後方扉に変更することで降車時の平均的な車内移動距離を短縮し、降車所要時間の短縮を図る。前降りの場合と後ろ降りの場合で 20 回ずつシミュレーションを行った平均値は図 3-3-5 のようになった。車内の乗客数が少ないときに大きな時間短縮効果がみられる。全体では 25 秒程度の時間短縮が見込める。

3.3.3 検討

それぞれの案の効果を比較すると、案 1、案 3 では比較的大きな時間短縮が見込めるが、案 2 の効果は比較的小さくとどまる。また、実装可能性については、案 1 はポスター掲示等により比較的容易に実行に移すことができる一方で、案 2、案 3 は料金体系や料金支払い設備の見直しが必要不可欠であり、直ちに実行に移すのは困難に思われる。

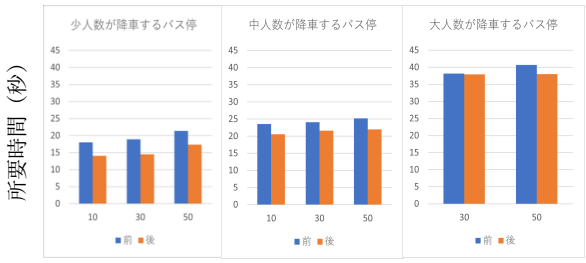

図 3-3-5 前乗り後ろ降りの効果

4. まとめ

直ちに対応が可能な改善案として、渋滞を回避する新しい右回りルートと、ポスター掲示等による乗客の車内位置誘導を提案する。

5. 今後の課題

私たちが提案した新右回りルートにおいて停車できない吾妻小学校、春日エリア前のバス停の詳細な需要調査、並びに新ルート上でのバス停の位置の検討が必要である。先行研究であげた信号サイクルによる渋滞解消を応用して、大学通りの信号のサイクルとルート変更を組み合わせてさらに効果的

図 3-3-1 モデルの概要

な遅延時間短縮を見込める改善案の提案を目指す。

6.　参考文献

・[1]交通局における混雑対策について
https://www2.city.kyoto.lg.jp/shikai/img/iinkai/sangyokousui/R01/data/020207sangyokousui1.pdf
・[2]Artisoc モデル集　交通モデル
https://mas.kke.co.jp/wp-content/uploads/2019/06/crossroad.zip
・[3]2022 年度都市計画演習 7 班
https://casebank.sk-tsukuba.university/practice/1457
・[4]京都市バス、前乗りに 混雑緩和へ先払い方式
https://www.nikkei.com/article/DGXMZO25763490W8A110C1LKA000/

7.　謝辞

最後に、今回ご協力いただいた関東鉄道株式会社自動車部管理課長橋本英一様、アンケートにご回答いただいた皆様に、心より感謝申し上げます。