The 33rd Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence, 2019

広域地方に向けたSAVSシミュレーション分析

SAVS simulation analysis for large region

岩田　聖 *1　　鈴木　恵二 *1
Sho Iwata　　Keiji Suzuki

*1公立はこだて未来大学
Future University Hakodate

Hiyama southern area is a depopulated area in the southern part of Hokkaido. In this research, in order to improve the traffic flow in the southern part of the Hiyama area, operation simulation assuming introduction of full demand demand type transportation system SAVS was conducted and analyzed. From the results of the multiple running simulation, the relation between the demand occurrence number and the required number of vehicles was obtained. In addition, if demand exceeding a certain level occurred, it found that we can pick up and transfer while riding together. At the same time, it clarified the problems in the case where the demand number can not be secured, and the problems of the operating range related to the regional characteristics in the Hiyama Southern region.

1.　背景

過疎地域では地域交通の代替案として, デマンド型交通を導入し, 運行を行っている地域が増加している.

北海道の道南地方に位置する厚沢部町, 江差町, 乙部町, 上ノ国町を含む 4 つの町からなる檜山南部地方は, 総人口 21,312 人, 総面積 1278km^2, 人口密度 16.67 人の過疎地域である. 平均高齢化率が 38.25%と高い割合であり, 高齢化が進んだ地域であると言える. 現状, 各町がスーパー, 病院, 学校といった施設や店が独自で送迎バスを運行し, 利用者の送り迎えを行っており, 地域全体での効率的な移動と利便性の向上が求められている.

2.　関連研究

SAVS(Smart Access Vehicle System) は, デマンド応答型公共交通 (DRT, オンデマンドバス) の一種である. 特徴として, 固定路線を持たず, 乗客の任意の場所で乗り降りが可能, 乗客の乗車要求 (デマンド) に対してリアルタイムに配車, デマンド同士の条件を満たせば乗り合いを行いながらの送迎といった点を持ったバスとタクシーの両方を合わせたシステムである. 2013 年より, 研究開発が開始され, 複数の運行実験も行われている. SAVS は配車計算システム逐次最適挿入法 [1] により, 発生するデマンドに対して, 条件を満たす最適な車両の探索と割り当てを行っている.

既存のオンデマンド交通には, いくつかの課題が残されている. あらかじめ乗り降りの場所最寄りの場所が限定されている (バス停やお店等), 1 時間前までの予約といった事前予約による運行, 人手による配車計画が挙げられ, これらの課題を解決している SAVS による運行が期待される. しかし, これまで行われてきた SAVS の運行地域から最大でもおおよそ 10km 四方での運行であり, 広範囲による運行は行われておらず, 広域地域における SAVS 運行の有効性を検証する必要がある.

3.　SAVS 運行シミュレーション

本研究では, SUMO(Simulation of Urban Mobility) を使用した. 檜山南部地方を想定した SAVS 運行シミュレーションを行うに当たって, 檜山南部地方の道路網作成と逐次最適挿入法の SUMO との連携と実装を行った. 道路網作成は Openstreetmap より, 檜山南部地方の範囲の地図データをエクスポートし, SUMO のツールで利用可能な道路網に変換した (図 **1**). 左が変換後の道路網であるが, ここには SAVS の運行には使用しない林道や農道が含まれている. これらの道路を削除し, SAVS の運行用に修正した右の道路網を実験に使用した. 逐次最適挿入法の SUMO との連携において, 配車計算時に使用する, 運行中の SAV の位置情報取得と経路変更は SUMO が提供する API を使用した.

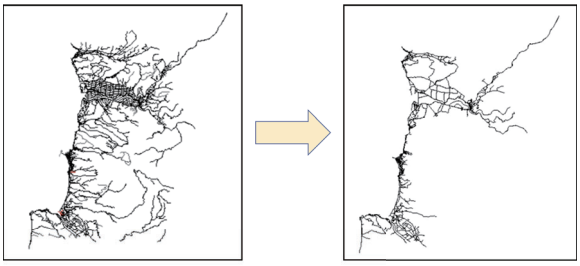

図 1: 檜山南部地方の道路網

4.　実験と評価

各シミュレーションにおける共通の設定項目を定めた. シミュレーション時間は, 一日の運行を想定し, 43200 秒 (12 時間) とした. SAV の最高速度は 60km/h とし, 各 SAV の最大乗車可能人数は 4 名とした. 最大乗車可能人数に達している時は, その車両のデマンド受け付けは行われない. シミュレーション中に走行する, 一般車両の台数は常時 300~400 台となるように設定した. 各デマンドの制限時刻はデマンドの発生時刻から, 1800 秒 (0.5 時間) とした.

デマンドの発生件数は, 100 件, 250 件, 500 件, 2000 件とし, ランダムな乗降地点のペアを約 6 割, お店や病院等の施設を含む乗降地点のペアを約 4 割とした. 車両台数は 5 台, 10 台に設定し, デマンド処理を行っていない SAV(空車) は車両待機

地点に戻るように設定を行った．今回は江差町の 1 カ所を待機地点とした．これらの設定で，計 8 パターンのシミュレーションを行い，結果の分析を行った．

4.1 実験結果と評価

以下にデマンド発生件数ごとに，成立デマンドの平均距離，不成立デマンドの平均距離，達成デマンド率，乗り合い率をそれぞれ表した図 **2,3** を示す．縦軸はデマンド距離 (乗車地点と降車地点の 2 地点間の距離) と割合，横軸はそれぞれのデマンド密度 (件数) を表している．

乗り合い率の関係から，どちらも 100 件での乗り合い率が 0.1 程度と乗り合いがほとんど行われていない事が分かる．また，250 件以上のデマンド件数では，乗り合いを行いながら運行が行われている．

不成立デマンドの平均距離の関係から，達成デマンド率が 0.8 を超えると，不成立デマンドの平均距離は 20000m を超えている．また，制限時刻内 (1800 秒) に走行可能なデマンド距離が 22000~23000m であることから，制限時刻以内に送迎不可能な”デマンド距離の長い”デマンドが不成立となっていることが分かる．2000 件では，不成立デマンドの平均距離が 12000m 付近であり，車両台数が不足していることが分かる．

成立デマンドの平均距離の関係から，発生デマンド件数に対して，車両台数が足りている場合，平均距離が 9000~10000m であることが分かる．

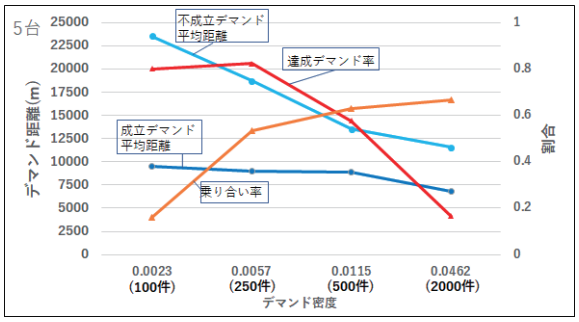

図 2: デマンド件数別処理結果 (5 台)

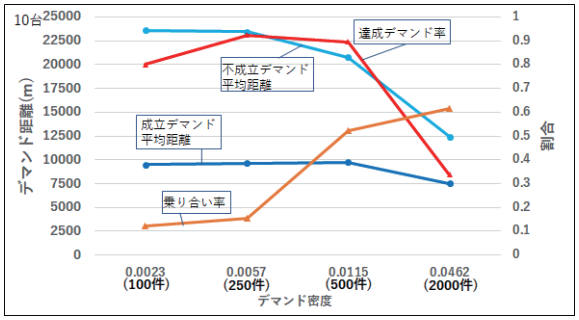

図 3: デマンド件数別処理結果 (10 台)

5. 考察と対策

実験結果から考察と課題に対する対策を述べる．

おおよそ必要となる車両台数は，達成デマンド率，成立デマンドの平均距離，不成立デマンドの平均距離の関係から次のように求めた (**表 1**)．

表 1: 必要な車両台数

デマンド発生件数	車両台数
100 件	5 台
250 件	5~10 台
500 件	10 台以上
2000 件	30 台以上

乗り合い率から，デマンド発生件数が 250 件以上であれば，乗り合いを行いながらの運行が行われる．デマンド発生件数 100 件では，乗り合いがほとんど起こらずタクシーと同じ運行となってしまっていた．これは，デマンドの発生時間間隔が長く，同じ時間帯にデマンドが発生しない事が原因と考えられる．デマンド発生数を確保出来ない場合の対策として，運行時間帯を工夫し，デマンド発生時刻を集中させる方法が挙げられる．

不成立デマンドの平均距離から，デマンド発生件数に対して車両台数が足りていても，制限時刻の関係から，20000m を超えるデマンドは不成立となる場合が多い．広範囲での運行となるため，距離が長いデマンドは十分考えられる．対策として，長距離の移動専用の SAV を用意し，その車両は長距離のデマンドのみを処理するといった方法が挙げられる．

成立デマンドの平均距離から，車両台数が足りている運行では，成立デマンドの平均距離が 9000~10000m 付近であり，運行は主に車両待機地点から半径 10000m の範囲で行われていると言える．複数の待機地点を設定し，迎えに行くまでの時間を短くすることが出来れば，成立デマンドの平均距離を伸ばすことが可能となると考えられる．

6. まとめ

本研究では，檜山南部地方の地域交通改善のために，完全自動フルデマンド型交通システム SAVS の導入を想定し，運行シミュレーションから結果の分析を行った．シミュレーション結果から，デマンド発生件数とおおよそ必要な車両台数の関係を求めた．ある一定以上のデマンドでは，乗り合いによる運行が可能であり，デマンド発生件数が少ない場合は運行の工夫が必要である．また，広範囲での運行であるため，距離の長いデマンドに対応した配車アルゴリズムを考える必要があると考えられる．今回の実験では，乗客の乗り降りに掛かる時間は一切考慮しておらず，乗り降りに掛かる時間を考慮したシミュレーションを行うことも課題として挙げられる．今後，より実際の運行に近づけたシミュレーションを行うために，より細かな設定と対策案を考慮していく必要がある．

参考文献

[1] 中島秀之, 小柴等, 佐野渉二, 落合純一, 白石陽, 平田圭二, 野田五十樹, 松原仁: Smart Access Vehicle System:フルデマンド型公共交通配車システムの実装と評価, 情報処理学会研究報告, vol57, No.4 pp.1290-1302(2016).

[2] 中島秀之, 松原仁, 平田圭二, 鈴木恵二, 田柳恵美子, 金森亮, 野田五十樹, 佐野渉二, 落合純一, 松舘渉: 地域交通の未来像としてのスマートアクセスビークルサービス, 第 32 回人工知能学会全国大会, 4F2-OS-11d-04, 4 ページ (2018).

[3] 田柳恵美子, 中島秀之, 松原仁: デマンド応答型公共交通サービスの現状と展望, 第 27 回人工知能学会全国大会, 2J4-OS-13a-1, 4 ページ (2013).