

# シミュレーション技術を活用した オンデマンドモビリティ交通導入計画の立案

堀口拓未<sup>1</sup>・五十嵐達哉<sup>2</sup>・竹林弘晃<sup>3</sup>・松尾仁子<sup>4</sup>

<sup>1</sup> (株) 建設技術研究所東京本社 (〒103-8430 東京都中央区日本橋浜町3-21-1)

<sup>2</sup> (株) 建設技術研究所東京本社 (〒103-8430 東京都中央区日本橋浜町3-21-1)

<sup>3</sup> (株) 建設技術研究所東京本社 (〒103-8430 東京都中央区日本橋浜町3-21-1)

<sup>4</sup> (株) 建設技術研究所東京本社 (〒103-8430 東京都中央区日本橋浜町3-21-1)

利用者の要求に応じて運行する交通は、以前からデマンド交通と呼ばれ、全国的に導入されてきたが、利用者や運行主体・運転手のニーズに応えられていない部分が存在したため、導入が一部の地域にとどまっていた。しかし、近年では、ICTの進展により、“オンデマンドモビリティ”として再び脚光を浴びている。

本論文では、オンデマンドモビリティの運行を支援するために開発した当社独自のシステムにおけるシミュレーション機能を活用し、栃木県矢板市のオンデマンドモビリティ導入計画を定量的根拠に基づき立案し、分析結果を反映させた事例を報告するものである。

**Key Words** : 公共交通, デマンド交通, シミュレーション, 配車計画

## 1. はじめに

利用者の要求に応じて運行する交通は、以前からデマンド交通と呼ばれ、全国的に導入されてきたが、近年では、ICTの進展により、利用者ニーズ等への対応がより細かく可能となり、オンデマンドモビリティとして再び脚光を浴びている。

しかし、オンデマンドモビリティを導入した場合の運行台数や便数などの運行形態については、人口規模等が同程度の地域におけるオンデマンドモビリティの運行レベルを踏襲して設定するなど、当該地域の状況を踏まえた定量的な検討が実施されずに運行形態が決められることが少なくなかった。

そこで当社は、オンデマンドモビリティの運行を総合的に支援するシステムを開発するとともに、当システムの配車計画作成機能を活用したシミュレーション機能を実装することで、オンデマンドモビリティの運行形態についての定量的な机上検討（評価・検証）を可能にした。

本論文は、オンデマンドモビリティを新たに導入する矢板市において、当システムのシミュレーション機能を活用したオンデマンドモビリティの運行形態検討を行い、導入計画を立案した事例を、オンデマンドモビリティ運行計画策定手法の実践例としてとりまとめたものである。

## 2. 検討対象地域

矢板市は、栃木県の北東部に位置し、面積は170.46平方キロメートル、人口は33,354人（平成27年国勢調査）である。市内の公共交通は、市営バスが10路線（3台）、民間バスが3路線運行している（図-1）。地域公共交通網形成計画〔計画期間：令和2年度～6年度〕では、公共交通の課題解決に向けた具体施策として、市街部における循環路線の充実と郊外部におけるオンデマンドモビリティの導入という2系統への再編を目指している。

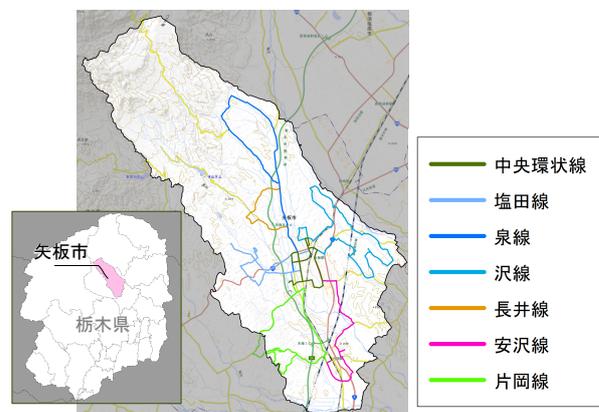


図-1 矢板市営バスの路線図

### 3. シミュレーションの概要

#### (1) シミュレーションの概要

本検討で用いたシミュレーションは、前述のとおり、当社が開発したオンデマンドモビリティシステムのうち、配車計画作成機能を活用したものである。オンデマンドモビリティの様々な運行形態の比較案について、利便性・効率性の観点から望ましいと考える運行形態について定量的に検討することができる。

#### (2) シミュレーションの実施フロー

本シミュレーションの実施フローを図-2に示す。予約リクエストデータ等のインプットデータを入力し、運行サービスレベルを設定することで、システム内部でオンデマンドモビリティの運行をシミュレートし、運行に関する各種評価指標 (KPI) を算出することができる。

シミュレーションに入力・設定するインプットデータおよび運行サービスレベルの項目を表-1に示す。道路ネットワークは、Open Street Mapの道路ネットワークを基本とし、検討対象地域の混雑状況等を踏まえて時間帯別の車両走行速度の変動を別途設定することもできる。

シミュレーションで算出可能な指標を表-2に示す。設定した予約リクエストデータに対しどれだけの予約が成功したかを示す「予約成功件数/成功率」だけではなく、成功した予約に応じて運行した場合の車両の走行距離や走行時間、乗客の平均待ち時間なども算出される。



図-2 シミュレーションの実施フロー

表-1 シミュレーションにおけるインプットデータおよび運行サービスレベルの設定項目・概要

設定項目	概要	
インプットデータ	予約リクエストデータ	利用者の出発地と目的地、出発希望時刻を各々設定する。
	車両データ	運行台数と各車両の定員数・基地位置・サービス提供可能時間/休憩時間を設定する。
	交通状況データ	検討対象エリアの走行速度の変動を時間帯別に設定する。
運行サービスレベル	最大待ち時間	出発希望時刻に対する待ち時間についてどこまで許容するか設定する。
	相乗りによる最大超過時間	相乗りにより増加する移動時間をどこまで許容するか設定する。

表-2 シミュレーションにおける評価指標

評価指標 (KPI)	内容
予約成功件数(件)	予約できた件数
予約成功率	予約成功件数÷予約リクエスト件数
総走行時間(h)	車両が走行した全ての時間の合計
総走行距離(km)	車両が走行した全ての距離の合計
総サービス移動時間(h)	車両が乗客を乗せて移動した時間の合計
総サービス移動距離(km)	車両が乗客を乗せて移動した距離の合計
サービス時間率	総サービス移動時間÷総走行時間
サービス距離率	総サービス移動距離÷総走行距離
稼働率	総走行時間÷サービス提供可能時間
平均乗車人数(人)	総サービス移動時間における定員に対する乗車人数の割合
平均待ち時間(分)	乗車希望時刻と乗車時刻との差の平均
平均超過乗車時間(分)	相乗りにより増加した時間の平均

### 4. シミュレーションによる運行計画策定の実践

運行形態の決定を目的に、予約リクエストデータを作成したうえで、3段階のシミュレーションを実施した。

#### (1) 予約リクエストデータの作成

矢板市では、オンデマンドモビリティの運行実績がないため、現在運行する市営バスの利用実態や市内の人口分布、主要施設の立地状況等に基づき予約リクエストデータを作成した。

作成した予約リクエストデータのエリア間ODを図-3に示す。なお、予約リクエストデータ1件につき1名の利用として設定している。

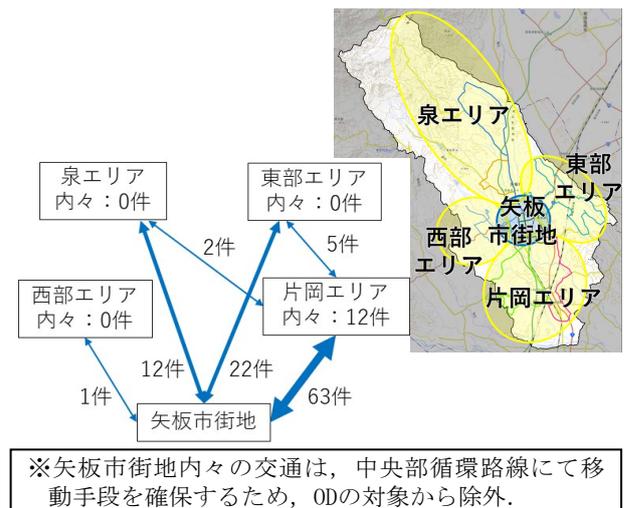


図-3 予約リクエストデータのエリア間OD量 (全117件)

#### (2) 運行形態の検討 (第1段階シミュレーション)

第1段階シミュレーションでは、運行エリア・運行台数・車両サイズの検討を行った。

具体的には、図-4に示すとおり、運行エリア（4パターン）×運行台数（3パターン）×車両定員数（4パターン）の組み合わせについて、全40ケース（4エリアで3台以下の運行など運行エリアと運行台数の設定に整合が取れない8ケースを除外）を設定した、シミュレーションを実施した。

車両の運行スケジュールは、路線バスの運行時間・利用実態を踏まえ、6時半から18時半までとし、2時間毎に10分の休憩をとる設定とした（図-5）。

運行サービスレベルに関する設定は、最大待ち時間を30分、相乗りによる最大超過時間を1.5倍以内かつ15分以内に設定した。

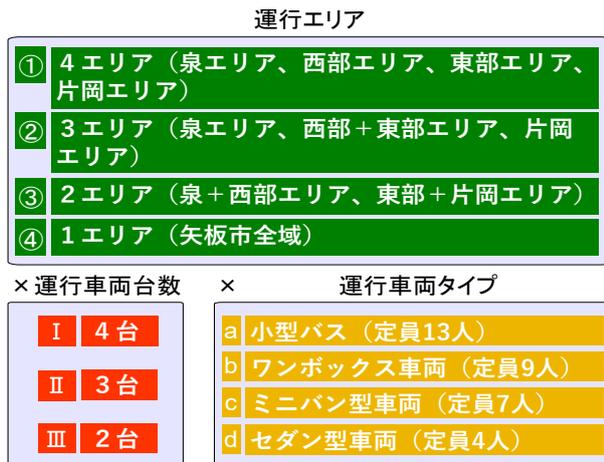


図-4 第1段階シミュレーションの検討ケース

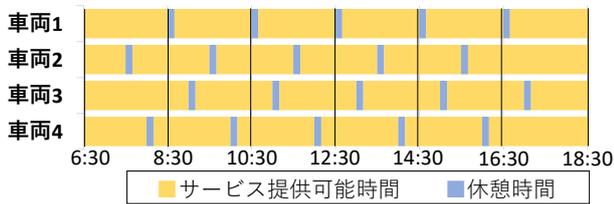


図-5 第1段階シミュレーションでの車両の運行スケジュール

#### a) 運行台数に関する考察

運行台数を増やすことで多くの需要に対応することができるが、運転手の人件費が大部分を占める運行経費も大きく増加する。ここでは、シミュレーション結果のうち運行エリアを1エリア、車両定員を13人として設定したケース④ I a, ④ II a, ④ III aに着目し、その予約成功状況、稼働率を基に考察を行った。

表-3のとおり、運行台数が2台の場合は予約成功件数が78件と低いが、運行車両を3台とした場合には100件近くの予約に対応することが可能となる。運行台数4台の場合には、稼働率が低くなり需要が多い時間帯以外には過剰供給となっていると考える。

以上のことから、本検討では、運行台数は3台が望ましいと判断した。

#### b) 運行エリアに関する比較

運行エリアが広い場合、エリアを分割することで

個々のエリアにおける安定的な配車が期待できるが、需要に偏りがある場合には全体の配車効率が低下する可能性がある。ここでは、シミュレーション結果のうち車両台数を3台、車両定員を13人として設定したケース② II a, ③ II a, ④ II aに着目し、その予約成功状況、稼働率を基に考察を行った。

表-4のとおり、予約成功件数は、3エリアの場合が最も少なく、1エリアの場合が最も多い。その理由は、エリアを分割した場合には需要の多い片岡エリアの予約に対応しきれないためと考える。稼働率についても1エリアが最も高く、市全体での効率性を踏まえた車両配車が実施されたと考える。

以上のことから、本運行エリアは1エリアが望ましいと判断した。

#### c) 車両サイズに関する考察

車両サイズについては、定員を増やすことで多くの利用者に対応することができるが、車両の購入費用が増加するとともに細い路地等への進入が困難となる。また、運転手も含めた乗車定員が11人以上の車両では中型自動車の免許が必要となる点にも注意が必要である。ここでは、シミュレーション結果のうち運行エリアを1エリア、運行台数を3台として設定したケース④ II a, ④ II b, ④ II c, ④ II dに着目し、その予約成功状況、平均乗車人数を基に考察を行った。

表-5のとおり、車両定員がどの場合でも平均乗車人数が1.8人と少なく、予約成功件数にほとんど変化がない。

以上のことから、本検討では、車両定員は4人で対応可能と判断した。

表-3 運行台数の考察におけるケース比較

ケース	エリア数	運行台数	車両定員	リクエスト件数	予約成功件数	予約成功率	稼働率	平均乗車人数
④ I a	1	4	13	117	114	0.97	0.53	1.8
④ II a	1	3	13	117	102	0.87	0.61	1.8
④ III a	1	2	13	117	78	0.67	0.71	2.0

表-4 運行エリアの考察におけるケース比較

ケース	エリア数	運行台数	車両定員	リクエスト件数	予約成功件数	予約成功率	稼働率	平均乗車人数
② II a	3	3	13	117	68	0.58	0.52	1.4
③ II a	2	3	13	117	94	0.80	0.57	1.6
④ II a	1	3	13	117	102	0.87	0.61	1.8

表-5 車両サイズの考察におけるケース比較

ケース	エリア数	運行台数	車両定員	リクエスト件数	予約成功件数	予約成功率	稼働率	平均乗車人数
④ II a	1	3	13	117	102	0.87	0.61	1.8
④ II b	1	3	9	117	102	0.87	0.61	1.8
④ II c	1	3	7	117	102	0.87	0.61	1.8
④ II d	1	3	4	117	101	0.86	0.62	1.8

### (3) 運行スケジュールの精査（第2段階シミュレーション）

次に、第1段階シミュレーション結果から設定した運行形態案について、ドライバーの休憩時間確保等を目的に運行スケジュールを精査した第2段階シミュレーションを実施した。

具体的には、運行スケジュールを8時から17時まで1時間毎の運行とし、運行便の間に10分の休憩、および11時台～13時台の間に1時間の昼休憩を設定した（図-6）。また、1時間毎の運行と合致するように、最大待ち時間を50分に変更した。

なお、第2段階シミュレーション以降の予約リクエストデータは、コリーナ矢板・玉田地区においてオンデマンドモビリティ以外で移動手段の確保が検討されていることを踏まえ、当該地区を発着するデータを除外したものを使用している（除外後の予約リクエスト件数は104件）。

シミュレーションの結果、車両サイズは4人乗りで対応可能（表-6）であるが、時間帯別の予約成功件数の集計結果より、移動需要の多くなる9時台と、昼休憩を設定した11時台～13時台において予約の不成立が発生していることが明らかになった（表-7）。

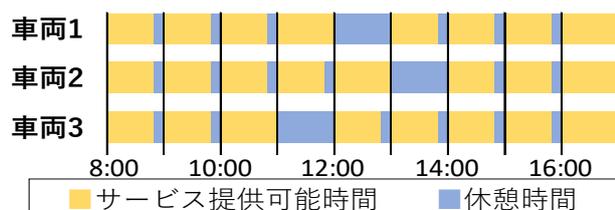


図-6 第2段階シミュレーションでの車両の運行スケジュール

表-6 第2段階シミュレーション結果

ケース	各車両の定員	リクエスト件数	予約成功件数	予約成功率	稼働率	平均乗車人数
a	4, 4, 4	104	90	0.87	0.71	2.0
b	4, 4, 6	104	90	0.87	0.71	2.0
c	4, 6, 6	104	90	0.87	0.69	2.0

※運行エリアは1エリア、運行台数は3台に設定

表-7 第2段階シミュレーションにおける時間帯別リクエスト件数および予約成功件数

指標	8時台	9時台	10時台	11時台	12時台	13時台	14時台	15時台	16時台
リクエスト件数	9	15	16	11	13	12	10	7	11
予約成功件数	9	13	16	5	11	8	10	7	11

### (4) 追加車両の検討（第3段階シミュレーション）

第2段階シミュレーションの結果を踏まえ、予約不成立の解消を目的に、予約不成立のあった時間帯限定で車両を1台追加したケース（図-7）についてシミュレーションを実施した。

シミュレーションの結果、車両の追加により、予

約成功件数が10件増加し、移動需要が集中する時間帯や車両の休憩時間帯に車両を追加することによる効果が定量的に示された（表-8）。

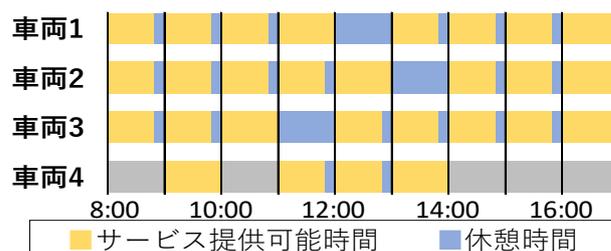


図-7 第3段階シミュレーションでの車両の運行スケジュール

表-8 第3段階シミュレーション結果

予備車両	車両定員	リクエスト件数	予約成功件数	予約成功率	稼働率	平均乗車人数
なし	4	104	90	0.87	0.71	2.0
あり	4	104	100	0.96	0.70	1.9

### (5) シミュレーションを踏まえた運行計画の立案

今回実施したシミュレーション結果を踏まえて立案したオンデマンドモビリティの運行計画を表-9に示す。

表-9 シミュレーション結果を踏まえて立案したオンデマンドモビリティ運行計画

・運行エリア：1エリア（矢板市内全域）
・車両台数：車両3台（+予備車両1台※）
・車両サイズ：4人乗り
※詳細な運用は、運行事業者を含めて協議中

## 5. おわりに

本事例では、オンデマンドモビリティの導入計画立案にあたり、矢板市を対象にシミュレーションを活用した運行形態検討を実施した。具体的には、運行エリア、運行台数、車両サイズの組合せごとのシミュレーションを実施し、その結果である予約成功状況・平均乗車人数・稼働率等を基に運行形態の比較評価を行った。また、運転手の休憩時間等を考慮した運行スケジュールでの検証を行うとともに、需要の多い時間帯、運転手の休憩により車両が減少する時間帯への車両の追加効果の算定も実施した。

本シミュレーションは今回の事例のようなオンデマンドモビリティの導入時だけでなく、既存のオンデマンドモビリティの運行形態の見直し検討にも活用することが可能である。また、今回の事例では、運行サービスレベルについて一律の設定としたが、利用者待ち時間や相乗りによる最大超過時間などのサービスレベルの設定を変更することで利用者の利便性への影響を検証することも可能である。今後、当社システムのシミュレーションを通じて、オンデマンドモビリティの利便性・効率性の向上に寄与できれば幸いである。