

オンデマンド交通と地域連携 — マルチエージェント社会シミュレーションによる展開 —

未来大AIマース：オンデマンド交通実験レポート

2023/6/6

株式会社未来シェア 松舘 渉
<https://www.miraishare.co.jp/>

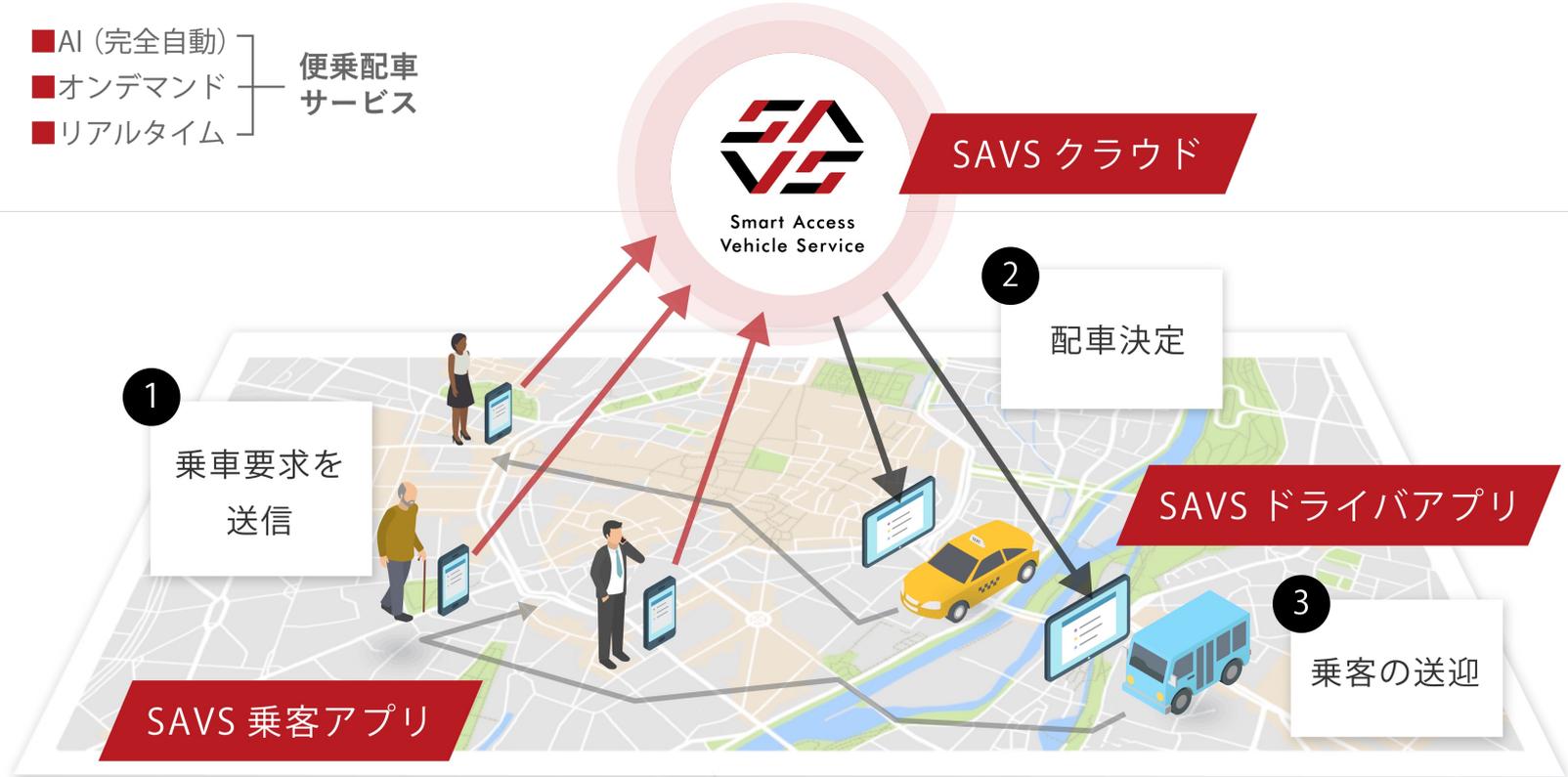


株式会社 未来シェア

会 社 名	株式会社 未来シェア (英名: Mirai Share Co., Ltd.)
設 立	2016年7月21日
本社所在地	函館本社 : 〒041-0806 北海道函館市美原2-7-21
事 業 所	横浜事業所 : 横浜市西区みなとみらい3-7-1 オーシャンゲートみなとみらい8F つくば事業所 : つくば市吾妻1-5-7 ダイワロイネットホテルつくばビル2F
取締役会長	中島 秀之 : 札幌市立大学理事長・学長 公立はこだて未来大学名誉学長 工学博士 松原 仁 : 東京大学大学院情報理工学系研究科教授 公立はこだて未来大学特任教授 工学博士
代表取締役	松館 渉 : 株式会社アットウェア取締役 株式会社駅探社外取締役
取 締 役	平田 圭二 : 公立はこだて未来大学理事・副学長 工学博士 野田 五十樹 : 北海道大学大学院情報科学研究院情報理工学部門教授 博士(工学) 金森 亮 : 名古屋大学特任准教授 博士(工学) 岩村 龍一 : 株式会社コミタクモビリティサービス取締役会長

SAVS (Smart Access Vehicle Service)

- AI (完全自動)
 - オンデマンド
 - リアルタイム
- 便乗配車サービス



オンデマンド・リアルタイム乗合 (AI 便乗) 配車



1. デマンドに応じて車両が走行



2. 異なるデマンドが発生



3. リアルタイムにルート最適化



空車のまま走行する公共交通



実要求に則した新型公共交通

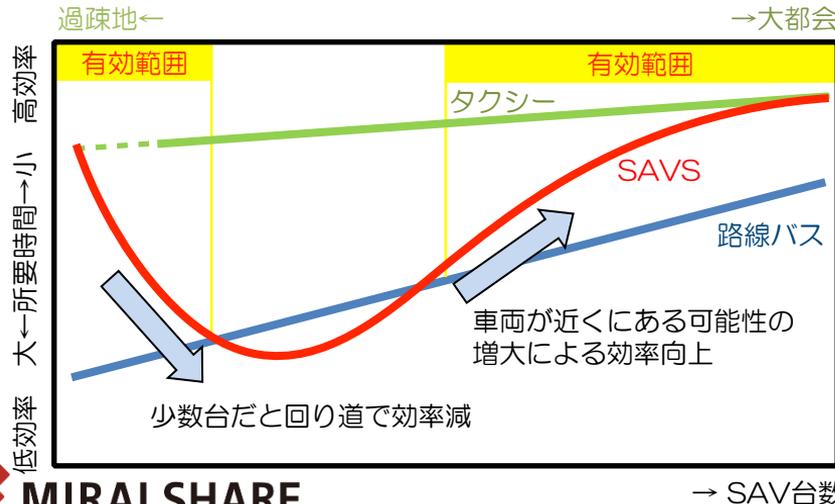


空き座席の有効活用で空車と待ち時間と走行距離を削減
無駄のない公共交通を実現

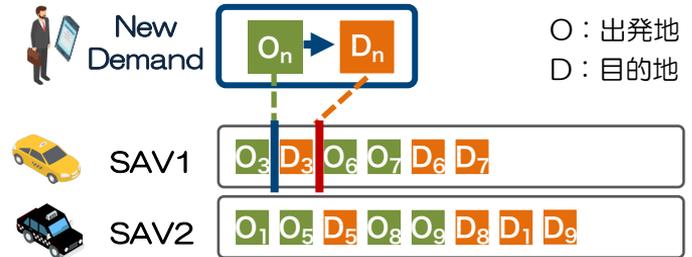
AI デマンド交通 SAVS 研究の歴史

- 2001年：産業技術総合研究所にてデマンドバス配車シミュレーションの研究に着手、その後公立はこだて未来大学にて研究を継続
- 2011年：NPO法人「スマートシティはこだて」発足
- 2013年：函館市内において実車両を用いた実証実験を開始
- 2015年：4日間・30台・300人以上の乗客の送迎を成功

■ 2001年シミュレーション結果からの考察



■ 逐次最適挿入法 (Greedy Insertion)

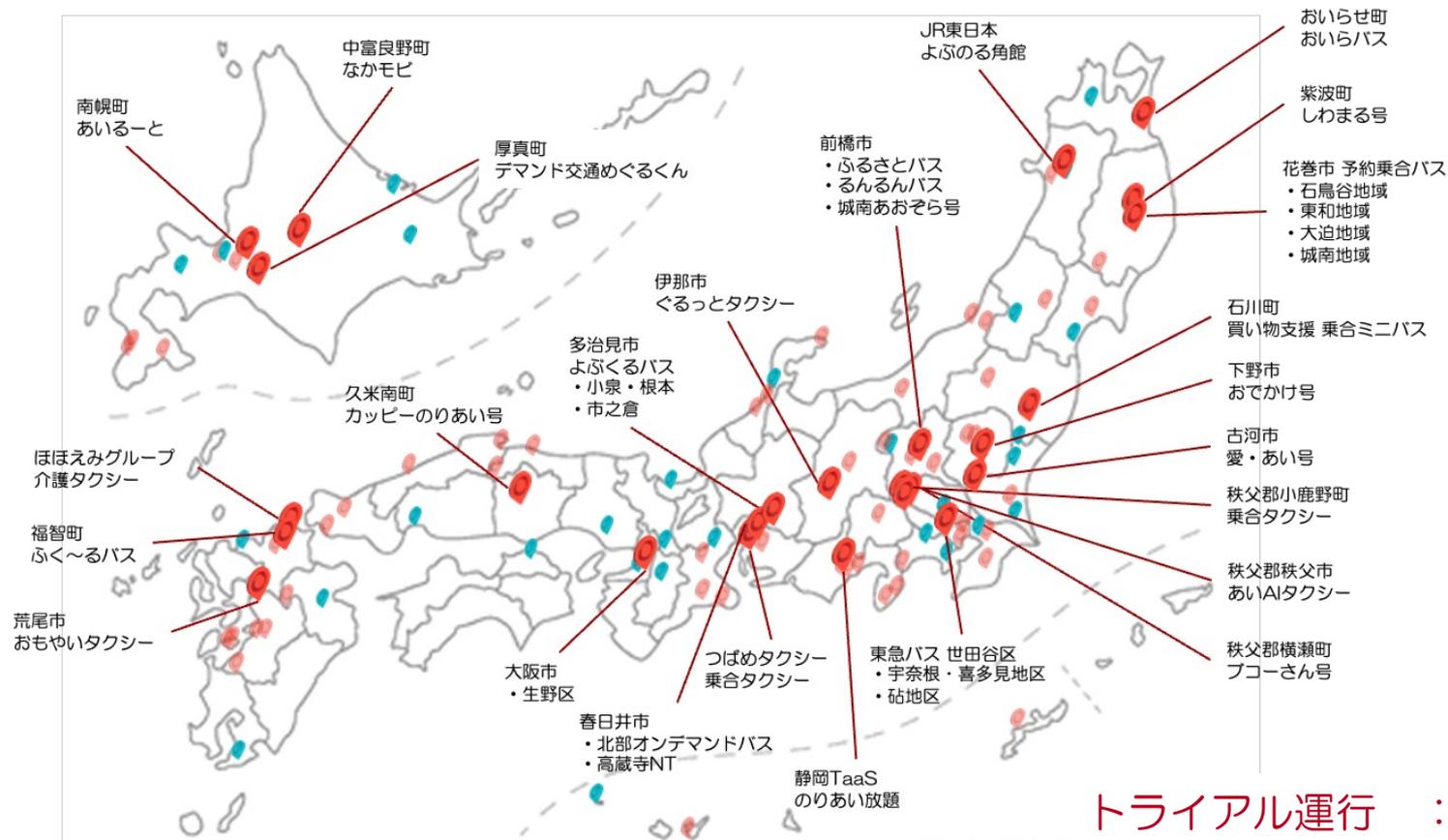


■ 道路ネットワークデータの経路探索



道路ネットワークデータを探索し、便乗配車による時間の遅れ、迂回時間等を考慮した、迎車予定時刻・到着予定時刻を計算

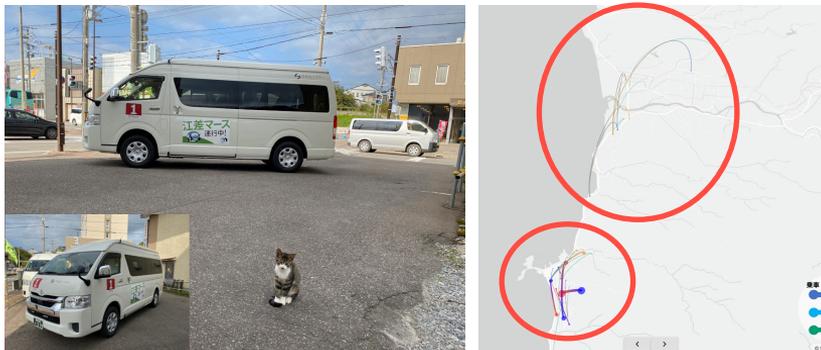
SAVS の全国展開 ～ 運行・実験地域 ～



トライアル運行 : 100以上
 実サービス運行中 : 30以上

2022年度の道南オンデマンド交通実験

□ 江差マース



- 期間：2022/10/4 ~ 2023/1/31
- 運行日：火・水・金・土（年末年始運休、60日間）
- 運行時間：8:00 ~ 12:00、13:00 ~ 16:00
(1日 7.0 時間運行)
- 運行：桧山ハイヤー、函館バス
- 車両数：2台（ワゴンタイプ、各エリアに1台ずつ）
- コールセンター：函館バス（後半30日間のみ）
- 料金：有料30日（1日¥500）、無料30日
- 主催：江差町、サツドラホールディングス
- 予算：スマートモビリティチャレンジ（経産省・国交省）

□ 未来大 AI マース



- 期間：2022/12/12 ~ 2023/2/1
- 運行日：平日（土日・年末年始運休、33日間）
- 運行時間：10:00 ~ 13:00、14:00 ~ 16:00
(1日 5.0 時間運行)
- 運行：函館バス
- 車両数：中古車2台（5座席・3座席）
- コールセンター：なし（※ 完全無人配車）
- 料金：無料33日間
- 主催：はこだて未来大学
- 予算：ノーステック財団（チャレンジフィールド北海道）
未来大研究費

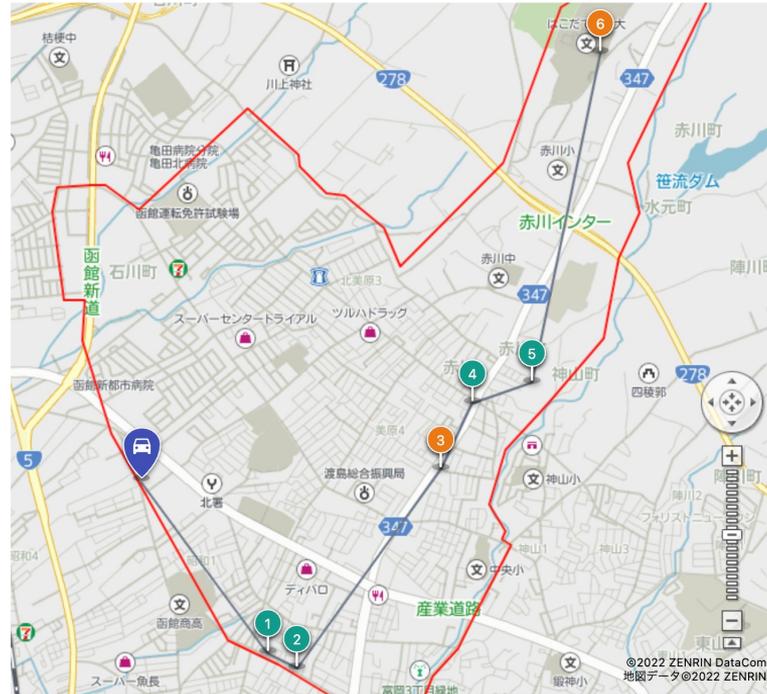
未来大 AI マース 運行の様子

□ 1号車（座席5）の運行ルート



5座席を有効活用する運行ルートのリアルタイム自動計算

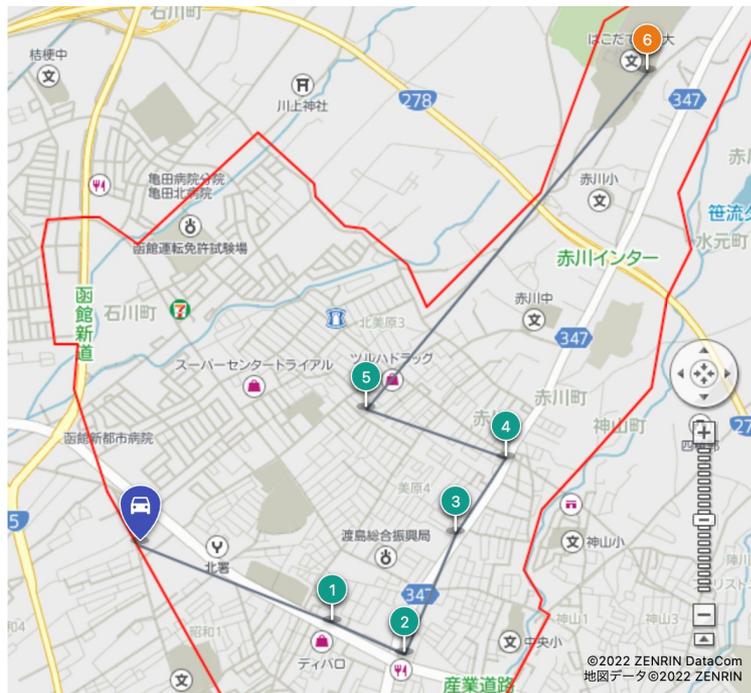
□ 2号車（座席3）の運行ルート



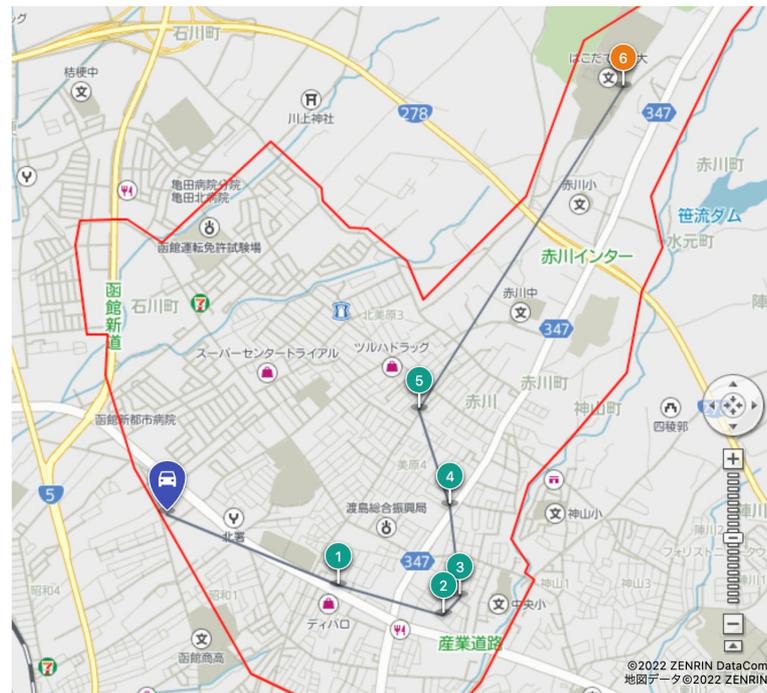
3座席の車両の座席数を最大限に活用する配車計算

未来大 AI マース 運行の様子

□ 未来大行き車両のダイナミック（動的）ルーティング



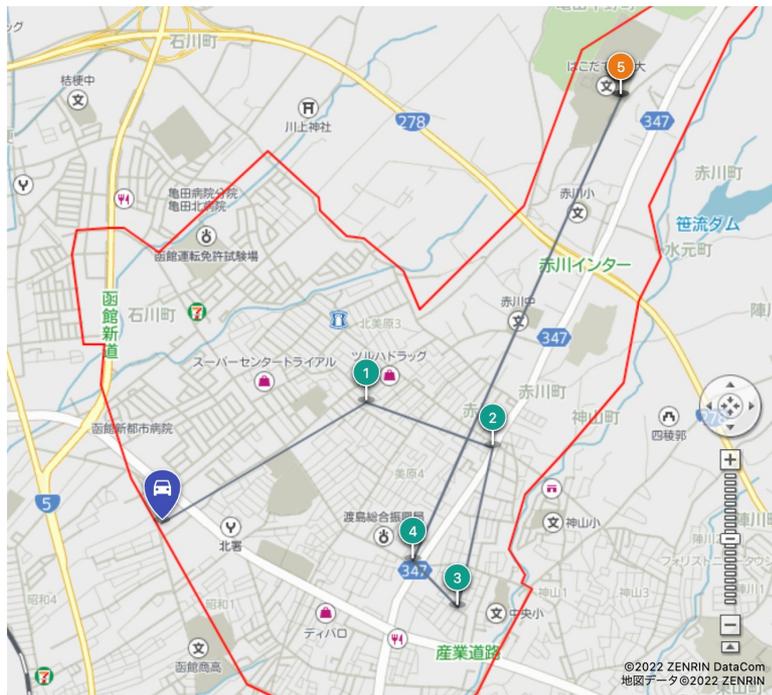
5座席を有効活用する運行ルートの実タイム自動計算



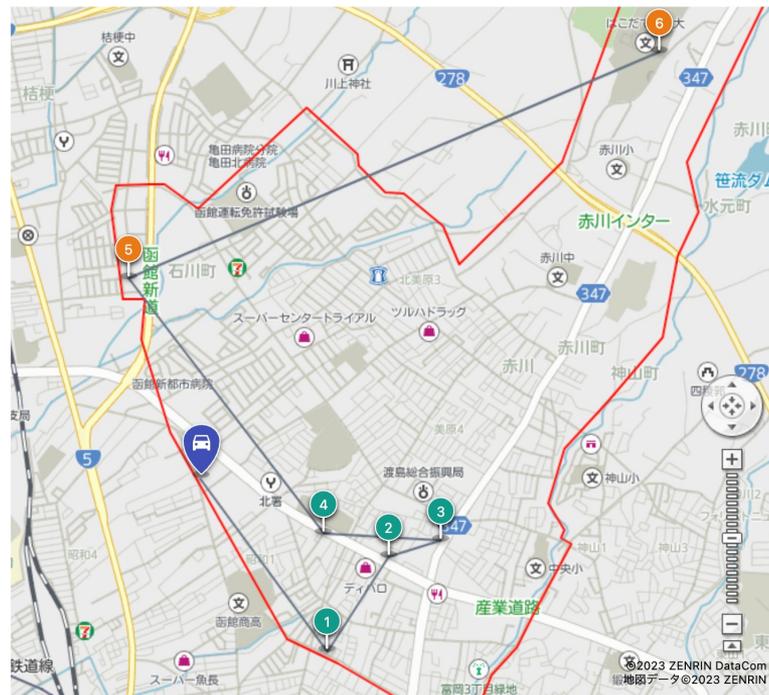
幹線道路に捉われないドア・ツー・ドア送迎ルート

未来大 AI マース 運行の様子

□ 未来大行き車両のダイナミック（動的）ルーティング



車両の総走行距離を最短にする目的関数を含む配車計算

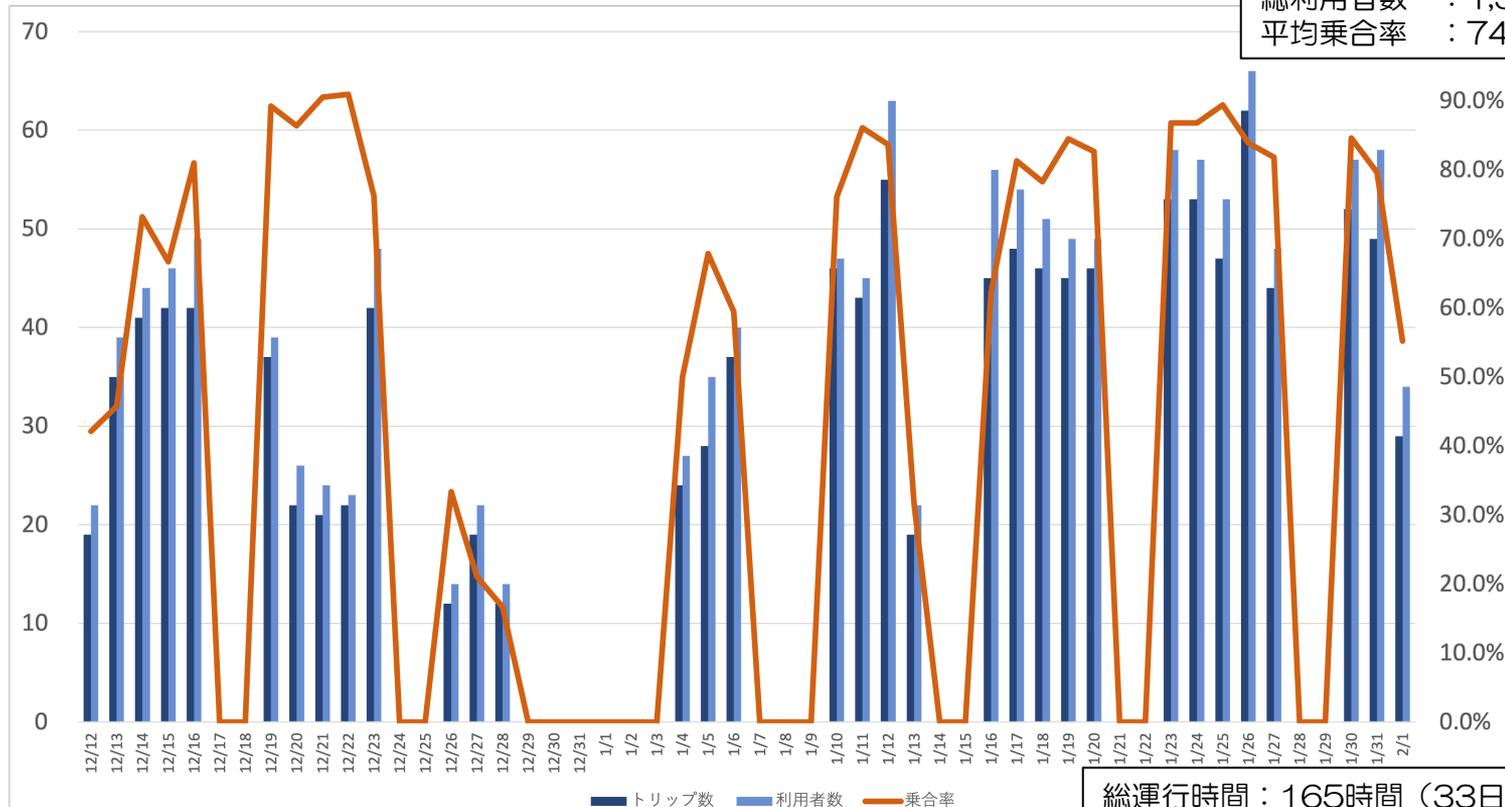


美原から石川町（蔦屋）を經由して未来大へ向かうルート

未来大 AI マース 運行結果データ分析

□ トリップ数・利用者数・乗合率

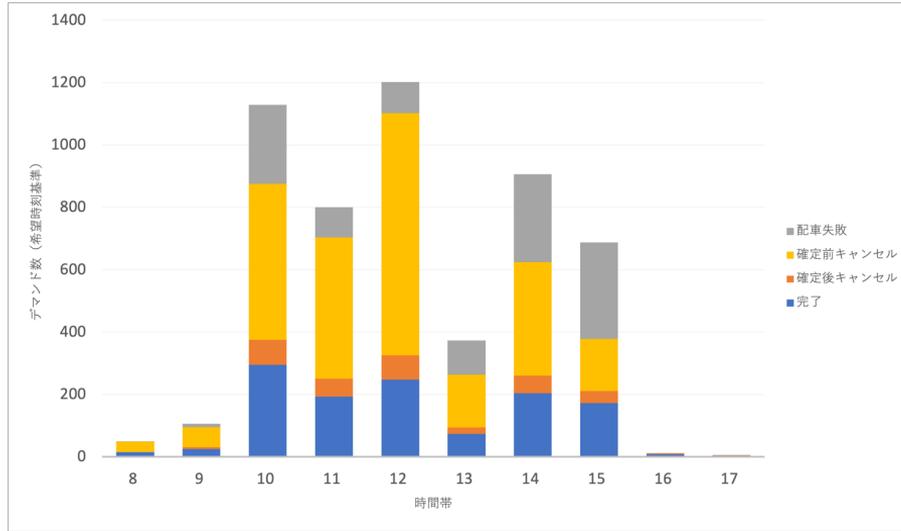
総トリップ数：1,237回
総利用者数：1,379人
平均乗合率：74.9%



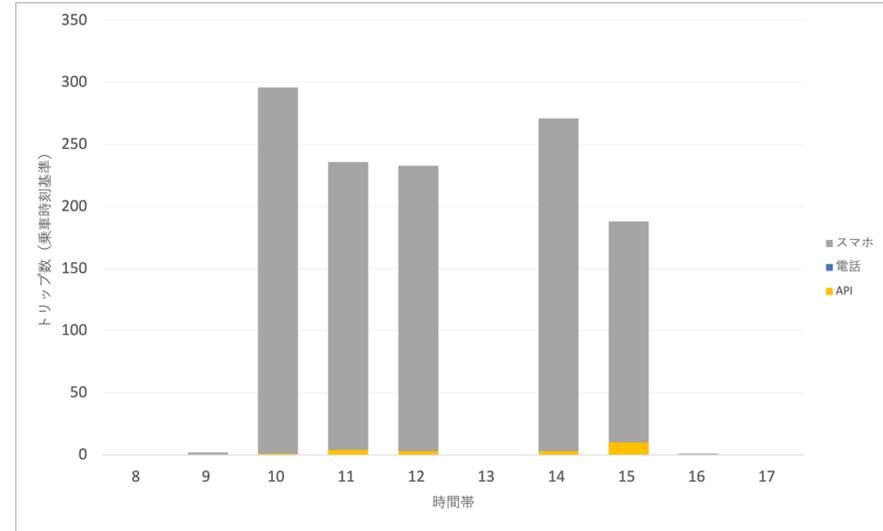
総運行時間：165時間（33日×5時間）
1時間あたりの送迎数：8.4人
1時間・1台あたりの送迎数：4.2人

未来大 AI マース 運行結果データ分析

□ 時間帯別デマンド数



□ 時間帯別トリップ数



- 総トリップ数 : 1,237
- 総キャンセル数 : 2,880

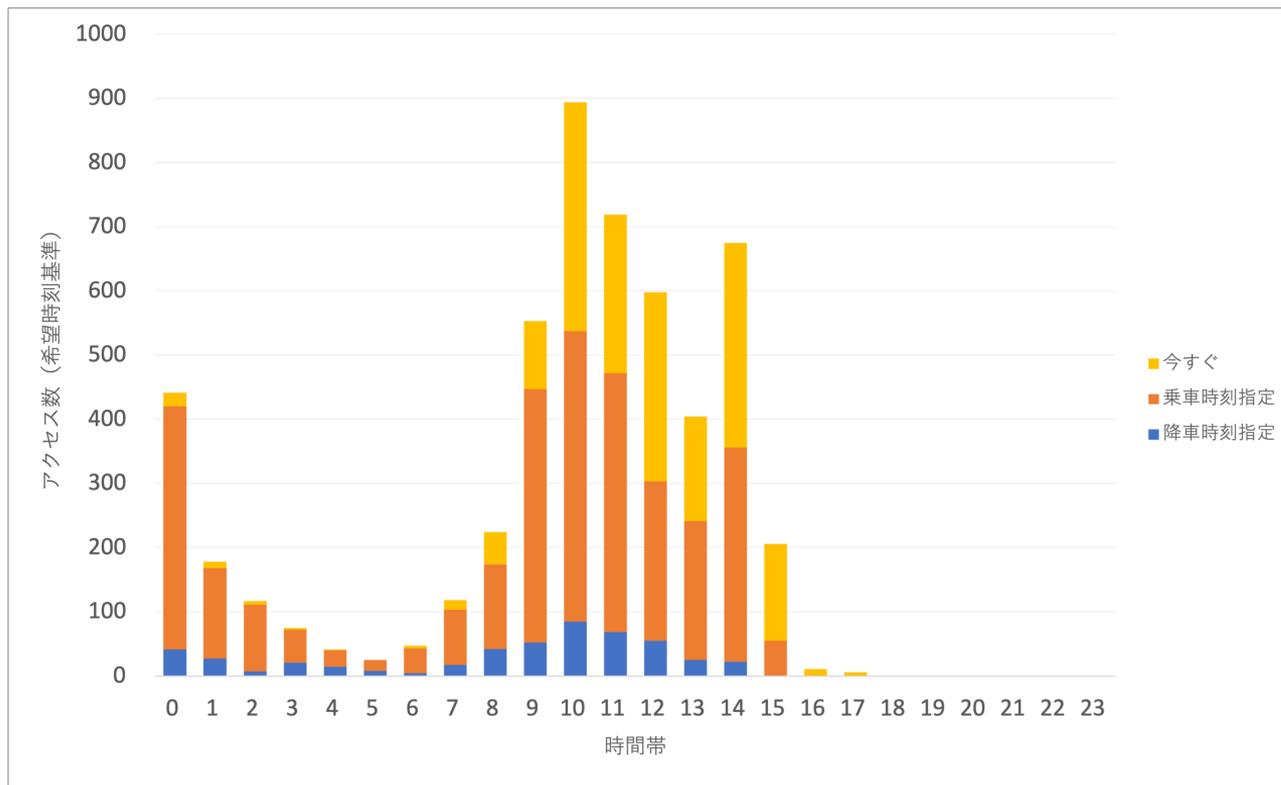
未来大往復ルート of 満席が多く、機会損失が多数発生
(5座席と3座席の車両では需要を賄いきれない)

各時間帯ともデマンドが飽和しているため、時間帯的な利用傾向は見られない

9:00、13:00 (休憩)、16:00の需要も高いと推測できる

未来大 AI マース 運行結果データ分析

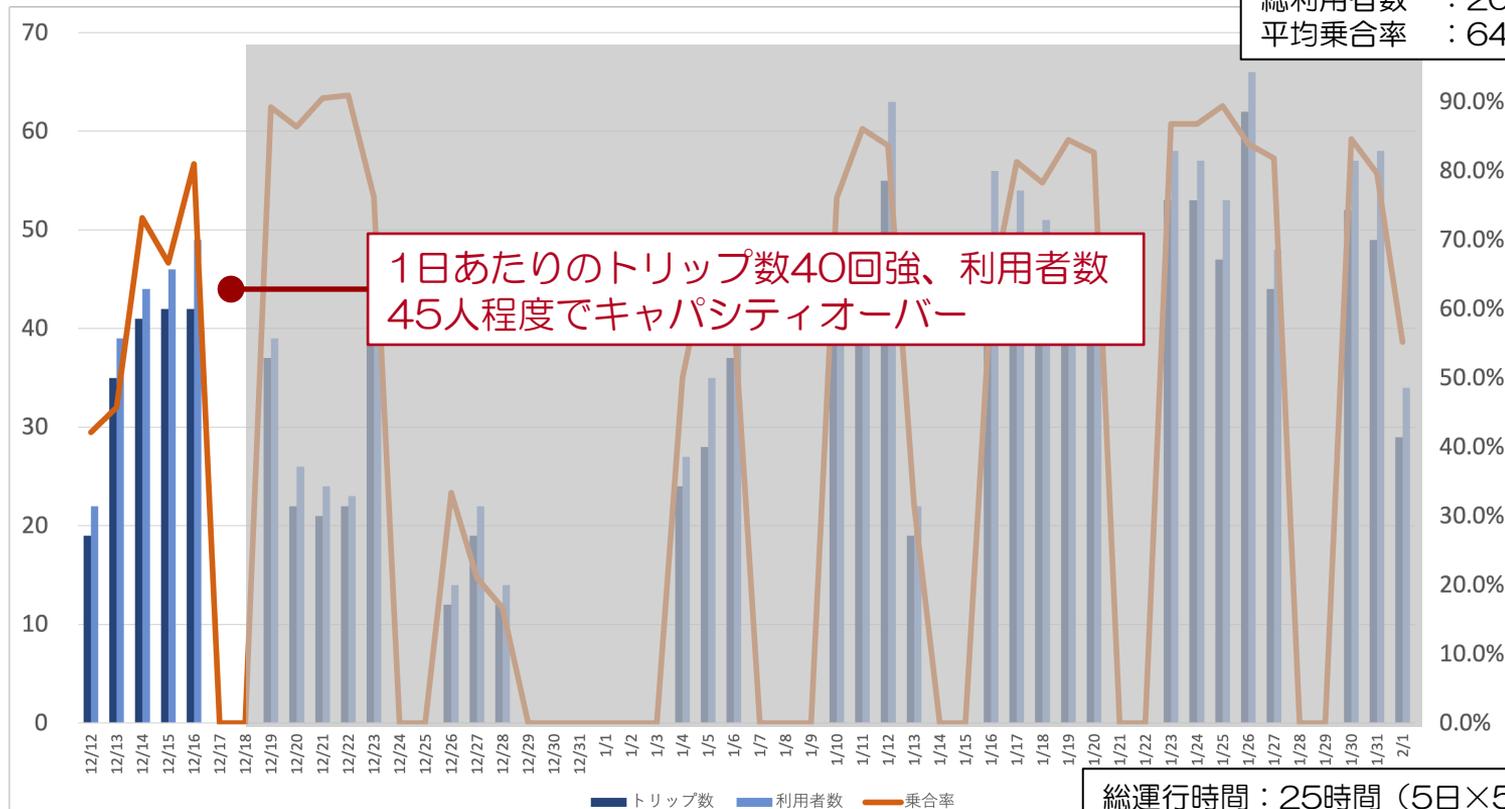
□ 時間帯別アクセス数



未来大 AI マース 運行ふりかえり

□ 12/12~12/16 (1週目)

総トリップ数：179回
総利用者数：200人
平均乗合率：64.8%

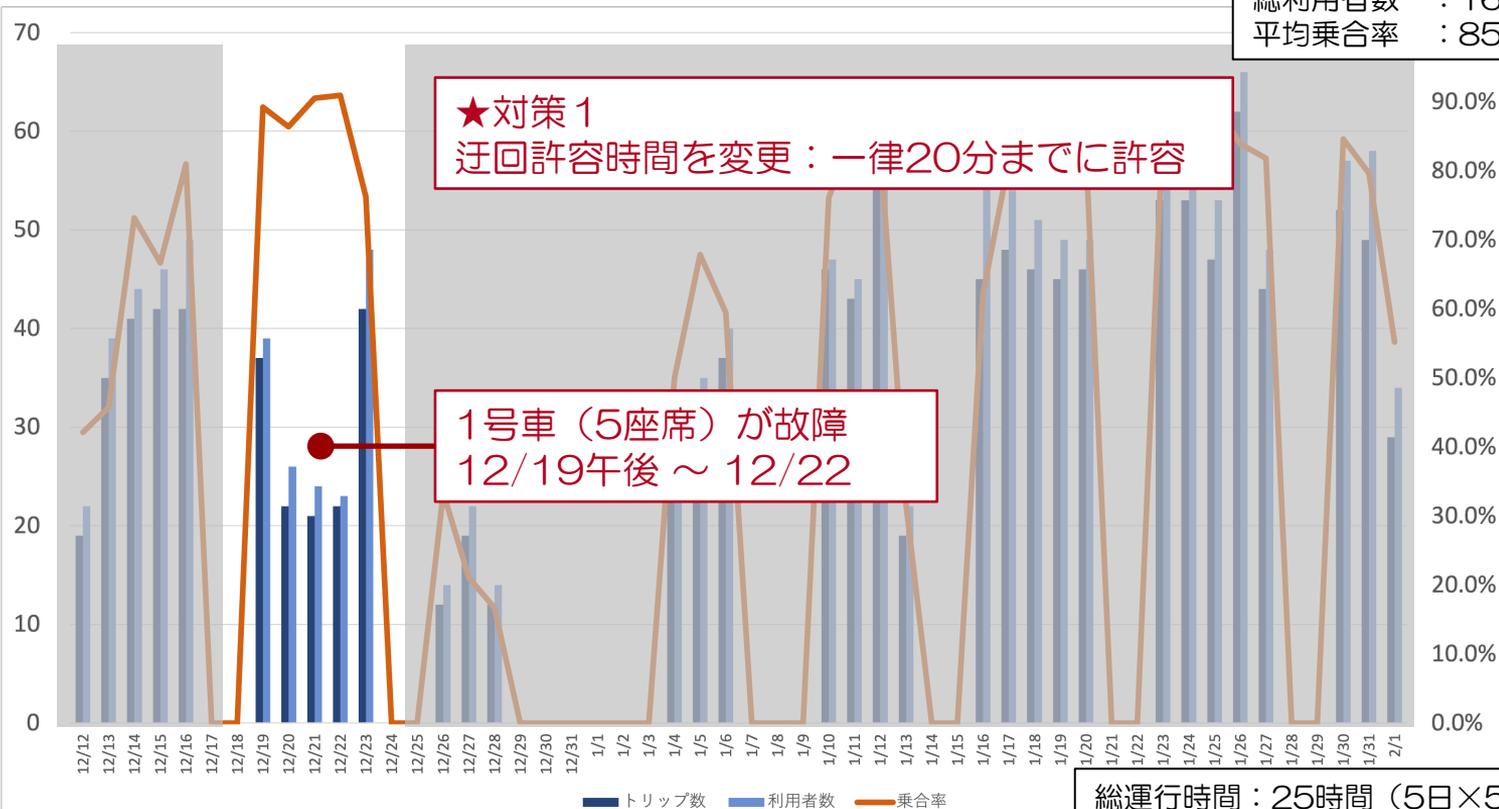


総運行時間：25時間（5日×5時間）
1時間あたりの送迎数：8.0人
1時間・1台あたりの送迎数：4.0人

未来大 AI マース 運行ふりかえり

□ 12/19~12/23 (2週目)

総トリップ数：144回
総利用者数：160人
平均乗合率：85.4%

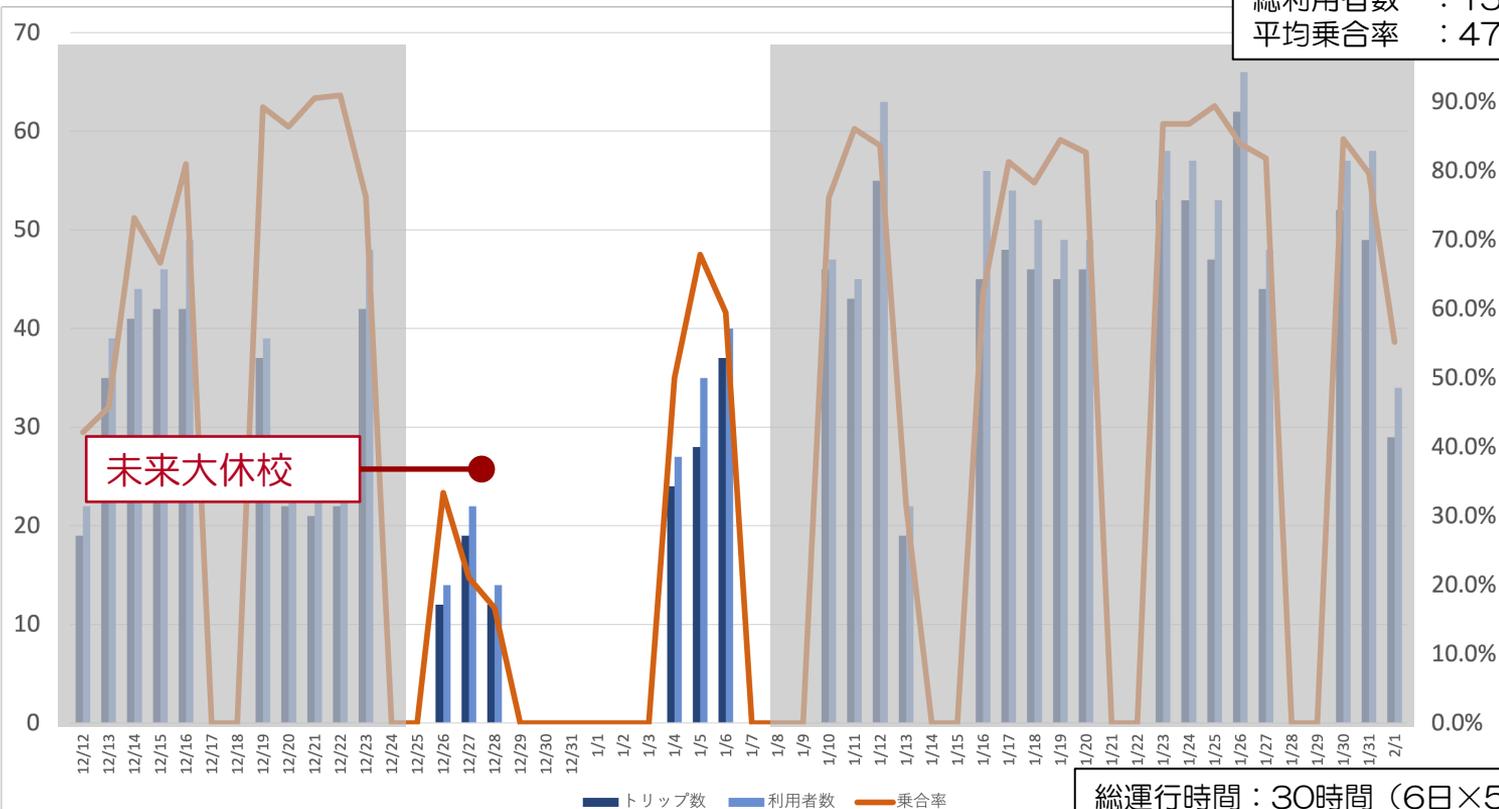


総運行時間：25時間 (5日×5時間)
1時間あたりの送迎数：6.4人
1時間・1台あたりの送迎数：4.8人

未来大 AI マース 運行ふりかえり

□ 12/25~1/6 (3, 4週目)

総トリップ数：132回
総利用者数：152人
平均乗合率：47.7%



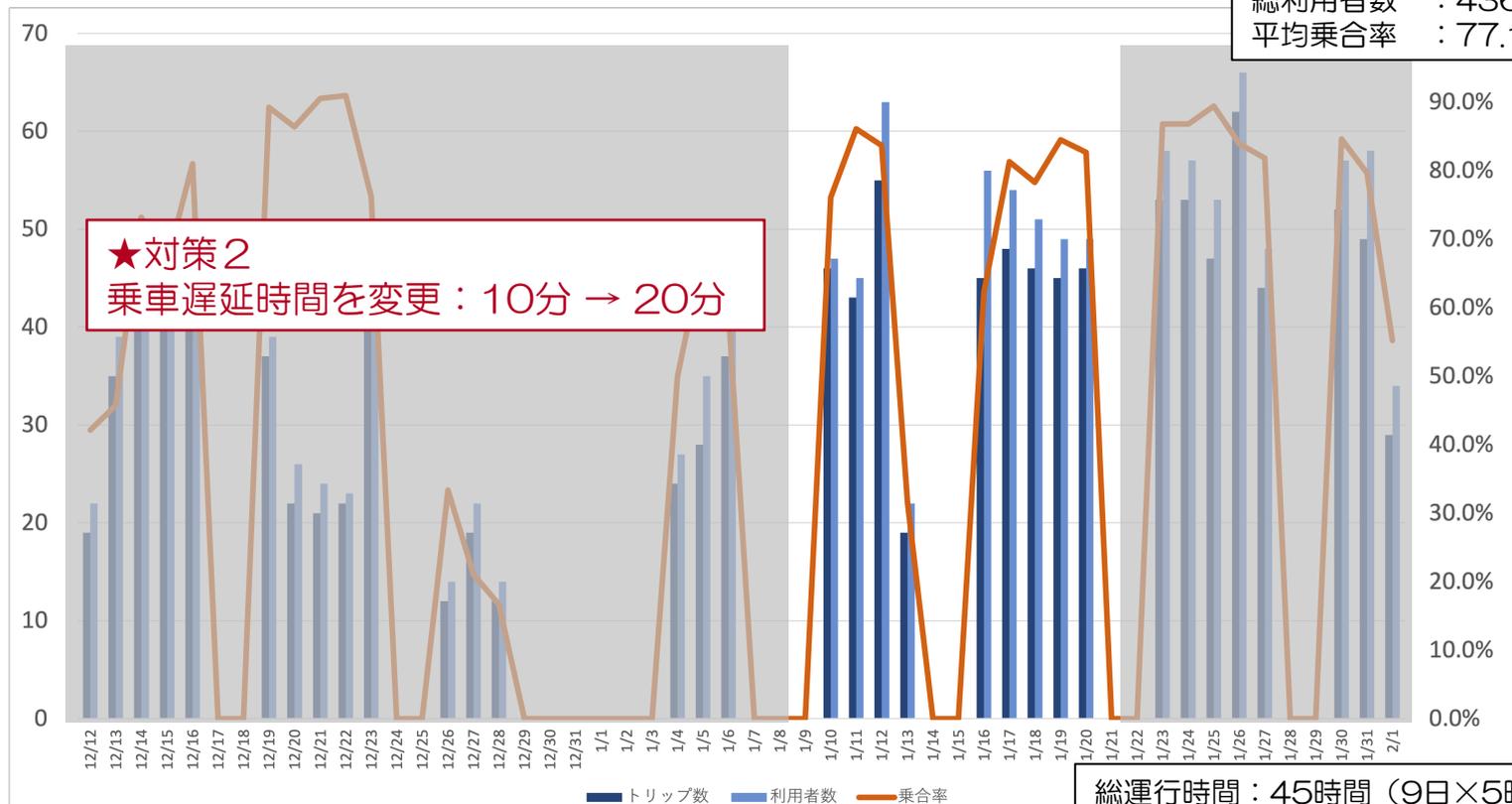
未来大休校

総運行時間：30時間（6日×5時間）
1時間あたりの送迎数：5.1人
1時間・1台あたりの送迎数：2.5人

未来大 AI マース 運行ふりかえり

□ 1/10~1/20 (5, 6週目)

総トリップ数：393回
総利用者数：436人
平均乗合率：77.1%

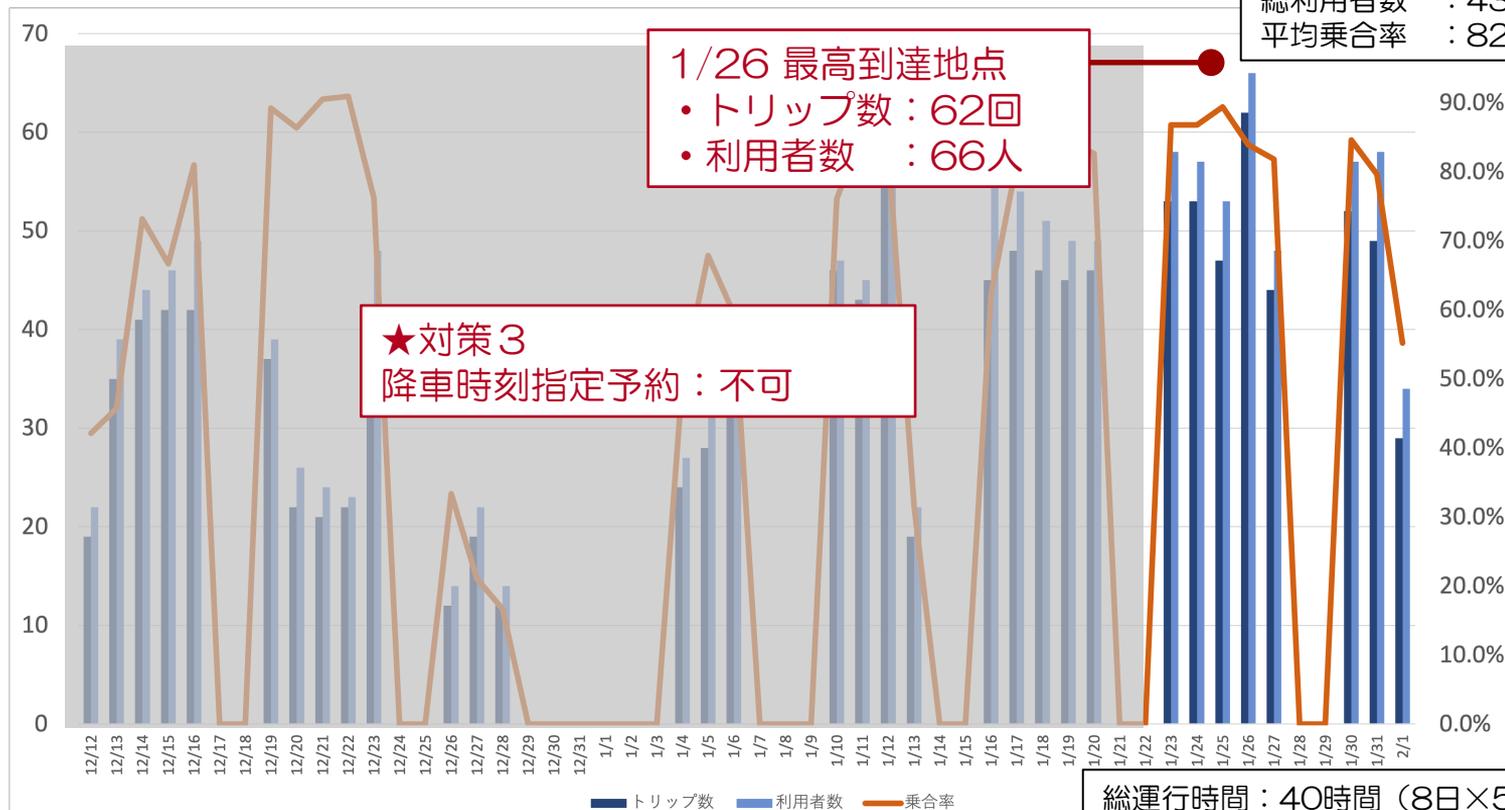


総運行時間：45時間（9日×5時間）
1時間あたりの送迎数：9.7人
1時間・1台あたりの送迎数：4.8人

未来大 AI マース 運行ふりかえり

□ 1/23~2/1 (7, 8週目)

総トリップ数：389回
総利用者数：431人
平均乗合率：82.5%



総運行時間：40時間（8日×5時間）
1時間あたりの送迎数：10.8人
1時間・1台あたりの送迎数：5.4人

未来大 AI マース 運行ふりかえり

□ SAVS パラメータ調整による結果

	1週目	2週目	3週目	4週目	5週目	6週目	7週目	8週目
1日あたりの平均送迎数	40.0	32.0		25.3		48.4		53.9
1時間・1台あたりの平均送迎数	4.0	4.8		2.5		4.8		5.4
平均乗合率 (%)	64.8	85.4		47.7		77.1		82.5
1日あたりの平均キャンセル数	58.0	93.6		29.0		94.0		137.8

- ★対策1：迂回許容時間を変更：最大20分 → 一律20分
- ★対策2：乗車遅延時間を変更：10分 → 20分
- ★対策3：降車時刻指定予約：可 → 不可

物理的な対策：
・運行時間の延長
・車両の大型化、増台
は実施せず



- ・1日あたりの平均送迎数：40.0人 → 53.6人
- ・1時間・1台あたりの平均送迎数：4.0人 → 5.4人

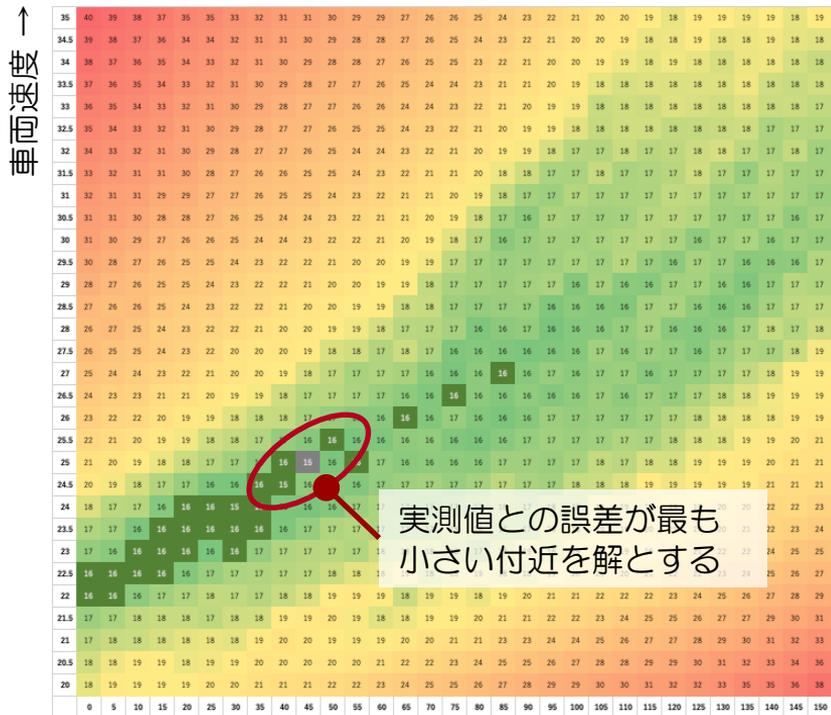
送迎効率が 35% 向上

※ ただし多くの不便を分かち合った結果であることに注意

運行データを使用したシミュレーション

□ 実測値を元にしたシミュレーション用パラメータの決定

推定車両速度・降車時間の実測値との誤差分布



降車にかかる時間 →

□ 入力データ

- ドライバーが乗車操作をした時刻
- ドライバーが降車操作をした時刻
- 乗降場所間の最短ルート距離



□ 推測されたパラメータ値

- 車両の平均速度：25km/h
- 降車にかかる時間の平均値：45秒
- ドライバーが乗客を発見し乗車するまでの時間の平均値：140秒



雪道の影響で大きくなっていると考えられる

運行データを使用したシミュレーション

□ 車両台数・座席数・トリップ数の変化による待ち時間予測

希望乗車時刻に対する待ち時間の平均値・最大値（分）

車両台数	座席数	トリップ数の増加割合					
		1.0		1.2		1.5	
		平均値	最大値	平均値	最大値	平均値	最大値
2台	3+3	12	118	21	196	43	250
	3+5	11	118	18	171	36	206
	5+5	10	118	16	147	30	217
	8+8	10	118	16	153	28	217
3台	3+3+3	6	88	9	144	12	151
	5+5+5	6	88	9	126	10	144
	8+8+8	6	88	9	126	10	141

① 実験運行時の座席数でのシミュレーション結果

② オーバーフロー

④ 平均待ち時間 = 15分程度の限界値

③ 8座席の車両を使う効果は無し

5座席の車両2台での運行で、20%程度許容アップが見込まれる。

- 1日あたりの平均送迎数：40.0人 → 53.6人 → 64.3人
- 1時間・1台あたりの平均送迎数：4.0人 → 5.4人 → 6.5人

未来大AIマースは成功体験

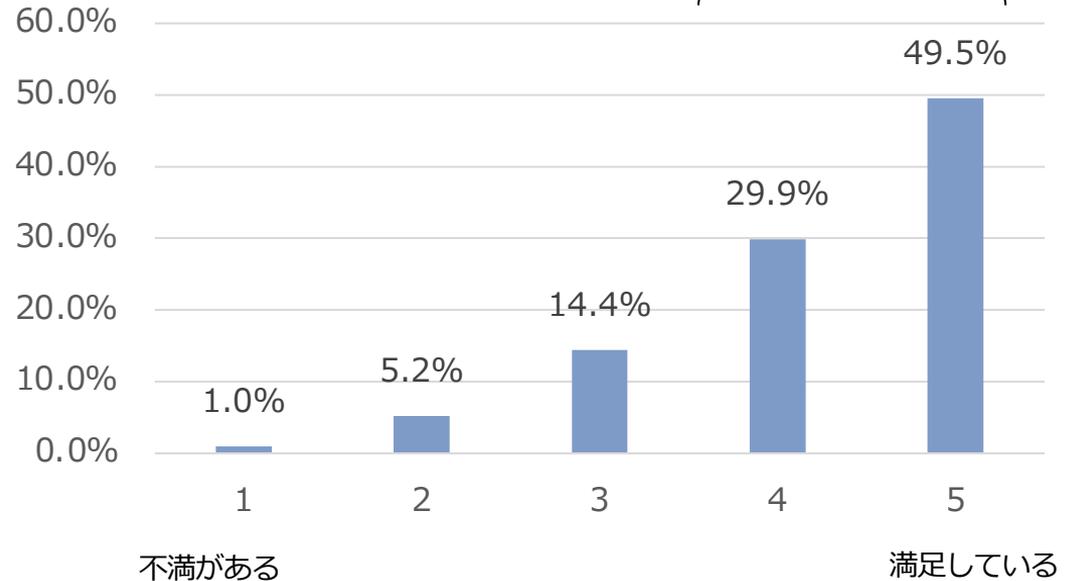
2台の車両がほぼフル稼働

- 明確な移動需要、移動目的
- 環境要因(冬、雪、学期末)
- 無料
- 安く乗れるなら乗合OK
- ベストエフォートへの許容度
- ライフハック、好奇心
- SNS, ネットで情報共有

総合満足度

79%が満足

N=97



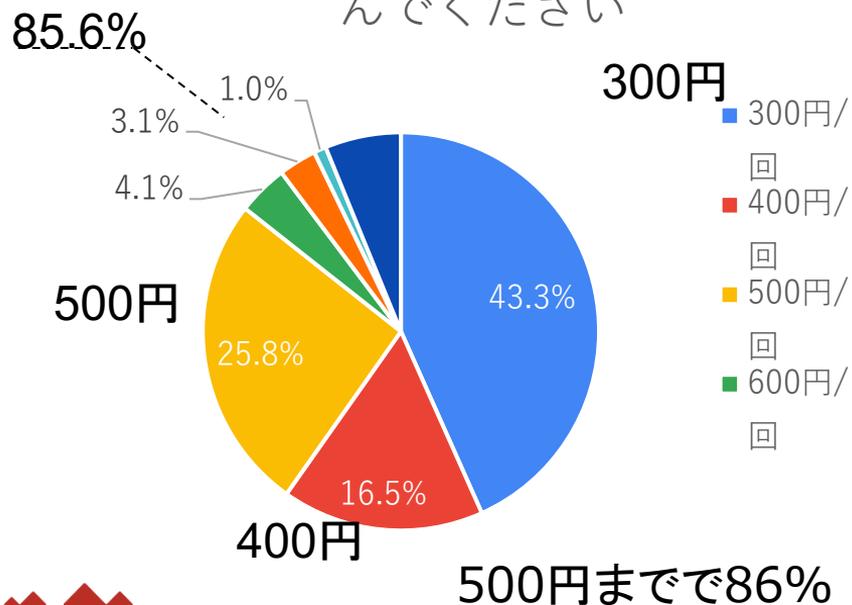
- 10分以上待たされた
- 車両が見つけにくい

- 待ち時間が正確だった
- 丁寧でよかった

利用者アンケート結果から

アンケートのコメントから

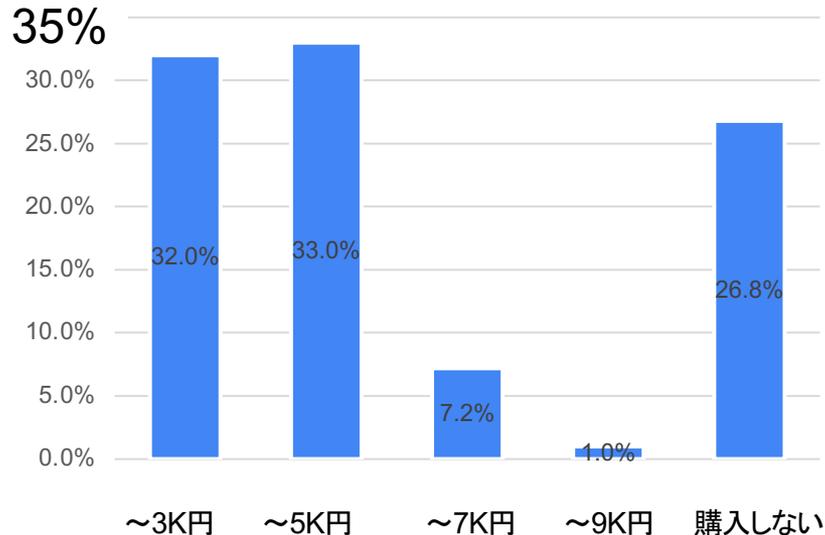
日常的な移動で利用する場合
あなたが支払える最も高い料金を選
んでください



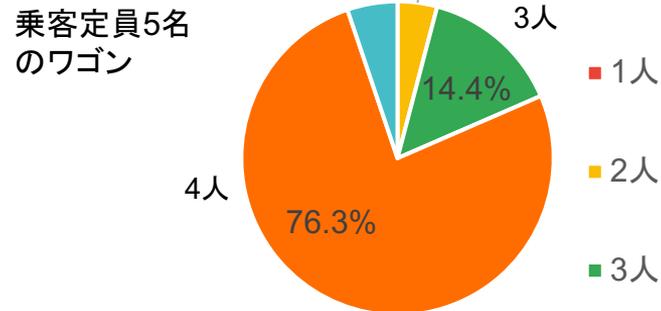
- バス（220-260円）と比較して
 - 同程度の値段が良い
 - 通学ならバスで十分（それより出せない）
 - 希望の時間に乗れるとは限らない
 - 日常的に使うから
 - 少し高くても良い
 - バスより所要時間が短い
 - バスより乗り心地がよい
 - 2倍程度でも良い
- タクシー（1500円程度）と比較して
 - 3、4人で割り勘する感覚
 - 初乗り料金（560円）と同程度

利用者アンケート結果から

10回分の料金で12回分乗れる回数券



許容できる乗合人数



乗合には抵抗感がない

好評
好意的

- AIマース、冬だと自転車使えないから便利で良い
- 吹雪いてるのでまたAIマース・帰宅やるかな
- AIマース神すぎる
- AIマースで家まで乗せて頂いた
- AIマース便利すぎないか？
- AIマース、今日みたいなやばい雪の日にタクシーみたいに使えるの本当にありがたい
- ありがとうAIマース
- AIマース便利すぎて好きになっちゃう
- バスの乗り継ぎ失敗したからAIマースに頼る
- AIマース、2台編成になって指定時間通りに来てくれてる。少ない車両ですごい
- AIマース初利用中 おもしろい
- AIマース最強！！事前予約最強！！
- AIマース今日まで走ってるのありがてえ



トラブル
要望など

- AIマース不安すぎてできない
- AIマース、授業後に乗車できないことが発覚してしまい...
- AIマース使おうとしたけど、対象地域が美原と赤川だけで泣いた
- AIマース来くない？あんまりよく分かってないから不安です
- AIマースうまってた
- AIマース、思ったよりシビアだな
- AIマースを使った感想としては遅延の表記が過剰以外は満足
- AIマースも都合よく乗れるとは限らんしね

未来大生
らしい

- いろいろAIマースの事情をドライバーから聞いて面白かった
- ん、AIマース、翌日の予約は0時解禁なのか
- AIマース予約したなら寝坊するな
- AIマースとタクシーが並んでるとタクシーが少し可哀想に見える
- AIマースの他の利用者の乗降地点と経路を予測して、家を出る時間を最も遅くできるよう乗車地点を最適化するAI

