

北本市オンデマンドバス導入 シミュレーション

<http://www.nakl.t.u-tokyo.ac.jp/odb/>



東京大学大学院
新領域創成科学研究科
人間環境学専攻

教授	大和	裕幸
助教	稗方	和夫
特任助教	杉本	千佳
博課	坪内	孝太
研究員	本多	建史
研究員	松野	智史

発表の内容

● オンデマンドバス導入検討シミュレーション

- オンデマンドバス導入シミュレーションとは？
- 本シミュレーションの特徴
- シミュレーションのインプット
- オンデマンドバス導入シミュレーションの妥当性

● 北本市第1回シミュレーションについて（復習）

- シミュレーションのインプットデータ
- シミュレーションの目的
- シミュレーションの結果

● 北本市第2回シミュレーションについて

- シミュレーションのインプットデータ
- シミュレーションの目的
- シミュレーションの結果

● まとめ

オンデマンドバス導入検討 シミュレーション

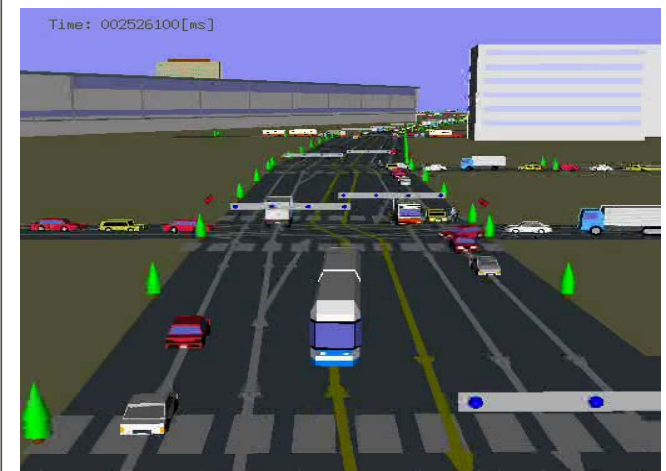
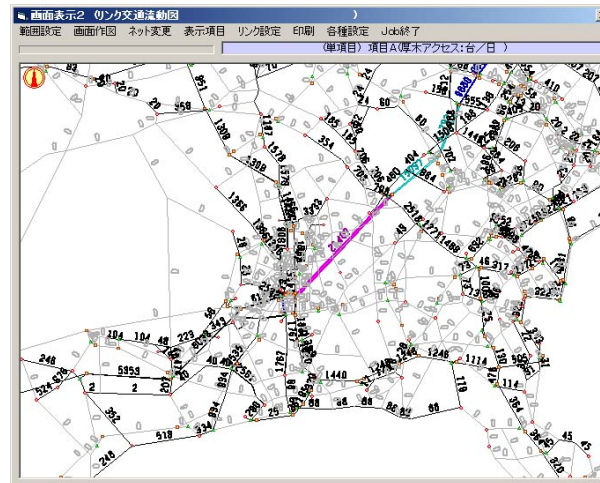
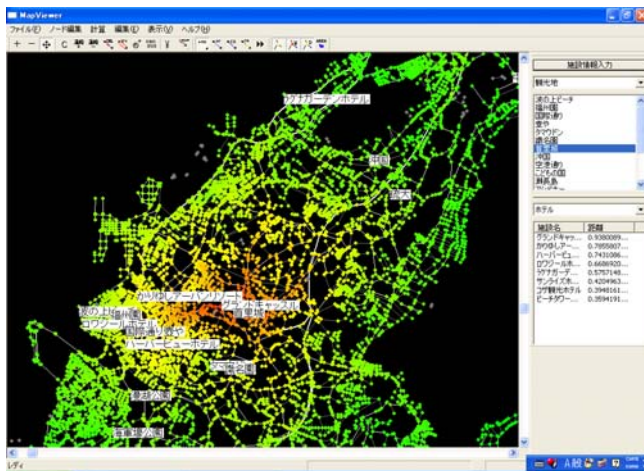


シミュレーションとは？

● 仮想的環境における社会実験

● 実際の用途

- 右折専用車線を1車線増やしたとき渋滞はどの程度軽減されるか？
- 新規道路敷設により、交通状況はどのように変わるか？
- LRT新設が交通状況にどのような影響を及ぼすか？



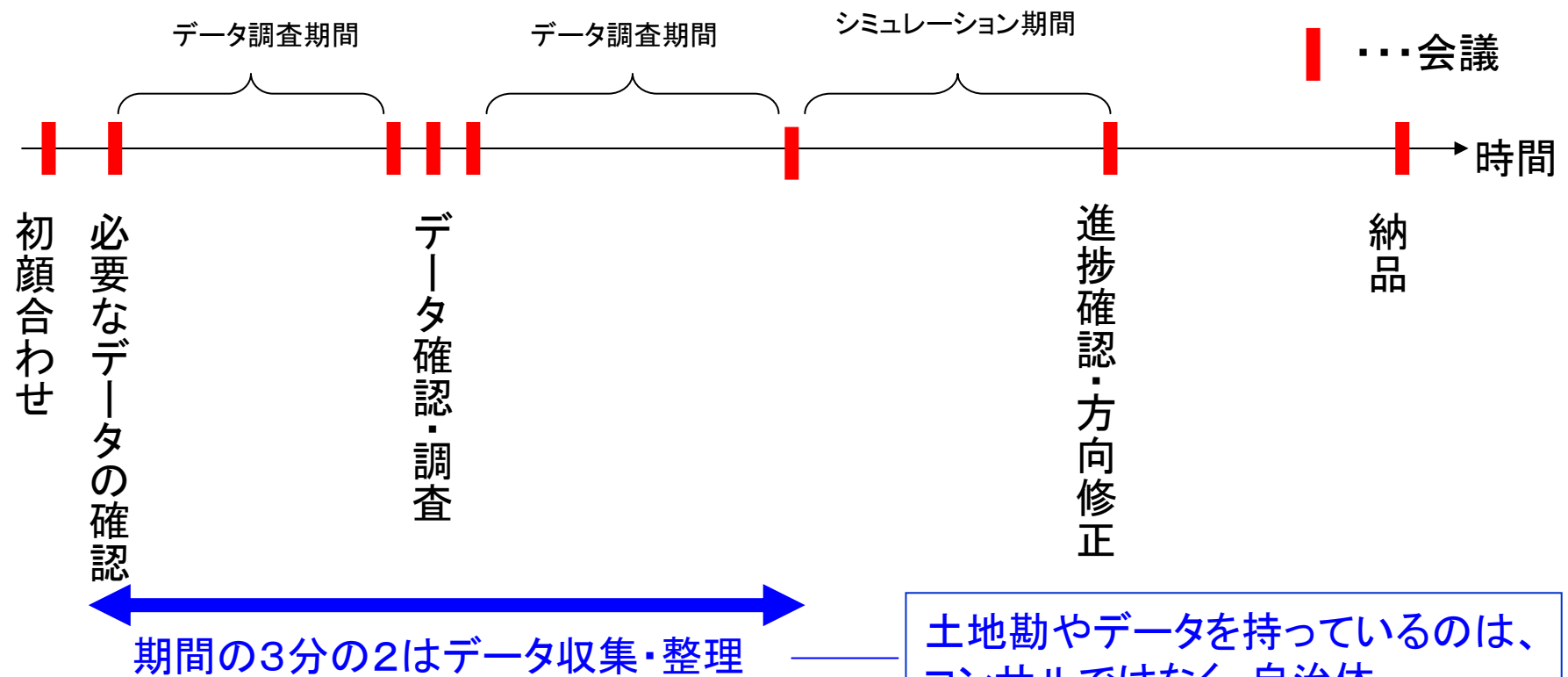
Printed on: 2009/2/22

左から赤嶺研シミュレータ(琉球大)、ネットチェンジ(システム21)、MATES(東大)

シミュレーションの課題

● カネと時間がかかる

- コンサルタントに依頼。
- コンサルタントは土地勘がない、データ集めや分析に時間がかかる。



本シミュレーションの特徴

●オンデマンドバス運行シミュレーション

- 自治体担当者とシステム管理者のコラボレーションを実現することにより、大幅な省力化を目指す。

○土地勘・動向調査データ

✕オンデマンドバス経験
シミュレーション

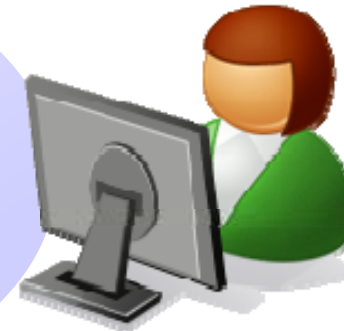
○オンデマンドバス経験
シミュレーション

✕土地勘・動向調査データ



自治体担当者

Webを通じて実現する
コラボレーション

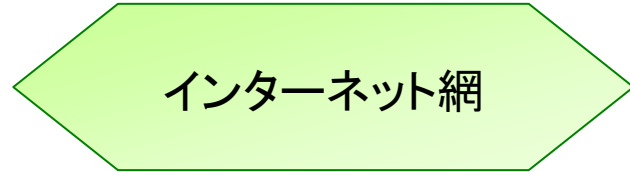


システム管理者

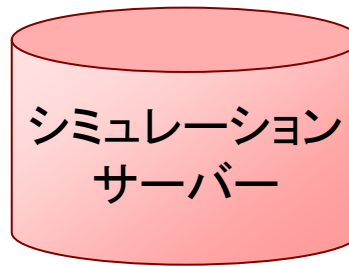
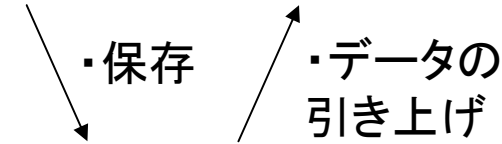
- ・運行エリア
- ・デマンドの量
- ・デマンドの発生パターン
- ・発着地の組み合わせ



自治体担当者



システム管理者



・データの投入

・入力データの蓄積



シミュレータ



シミュレーションのインプットとアウトプット

- 乗客のパターンや投入する車両の台数などを決めると、このケースにおけるサービスレベルを求めることができる。
- 車両サイズや台数を変えるシミュレーションを繰り返し、最適な導入設計を行うことができる。



シミュレーションの評価



評価関数①（成立率）

●予約の成立

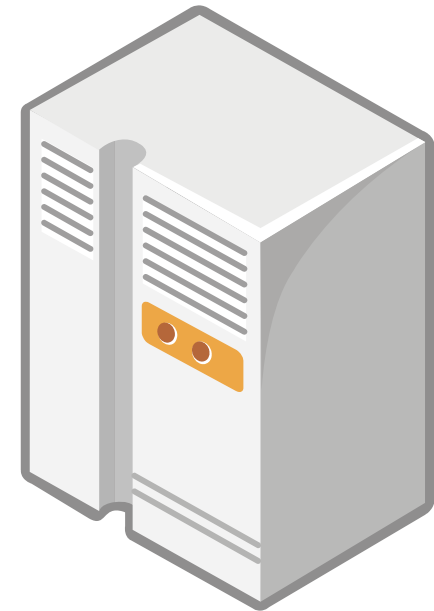
- ±20分以内に乘れるバスが見つかった場合には成立、見つからなかった場合には不成立とする。



9時に駅に着きたい
9時に駅に着くことができる

9時に駅に着きたい
9時は無理ですが、8時50分に到着する便なら予約できる。

9時に駅に着きたい
9時は無理ですが、9時30分に到着する便なら予約できる。



評価関数②（顧客の不満足度）

- 成立した予約の中で顧客の希望からずれた時間の平均値



0分

9時に駅に着きたい
9時に駅に着くことができる

10分

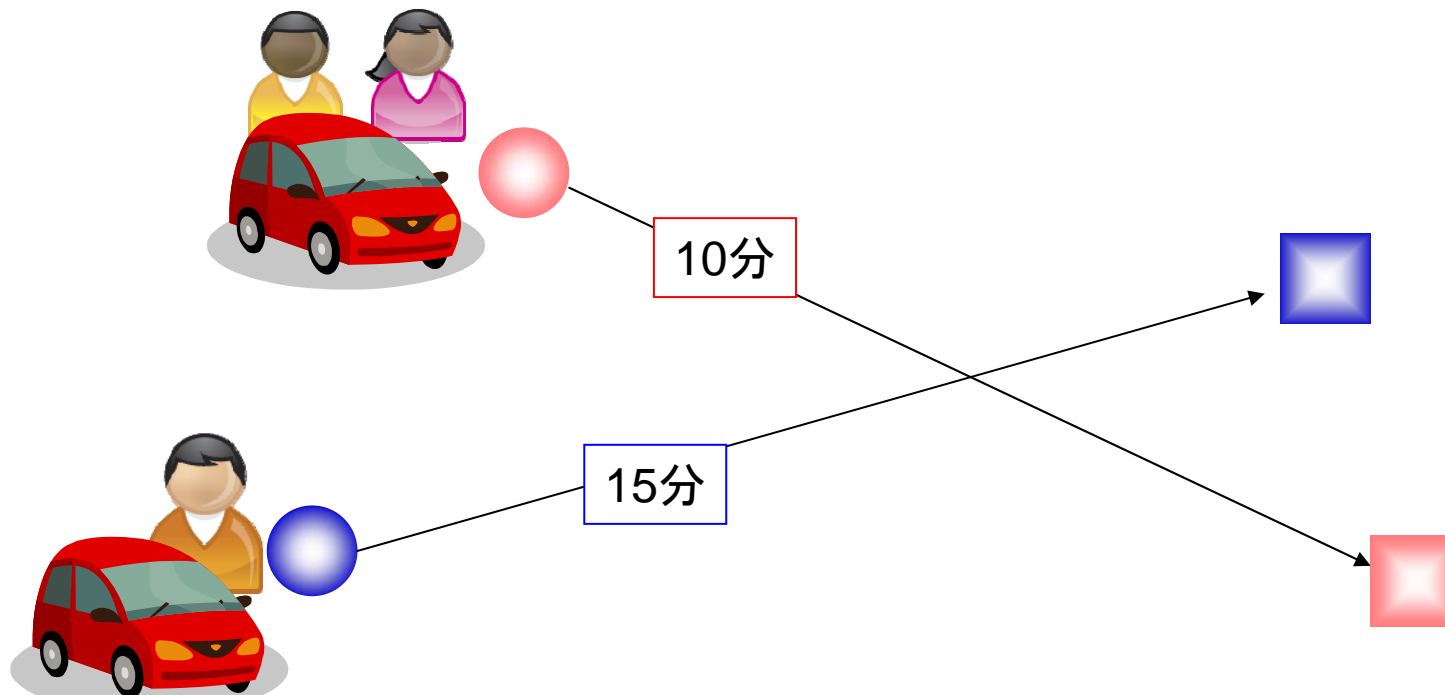
9時に駅に着きたい
9時は無理ですが、8時50分に到着する便なら予約できる。



評価関数③－1（自家用車移動時間）

● 自家用車で送り迎えをして、移動する際の移動時間。

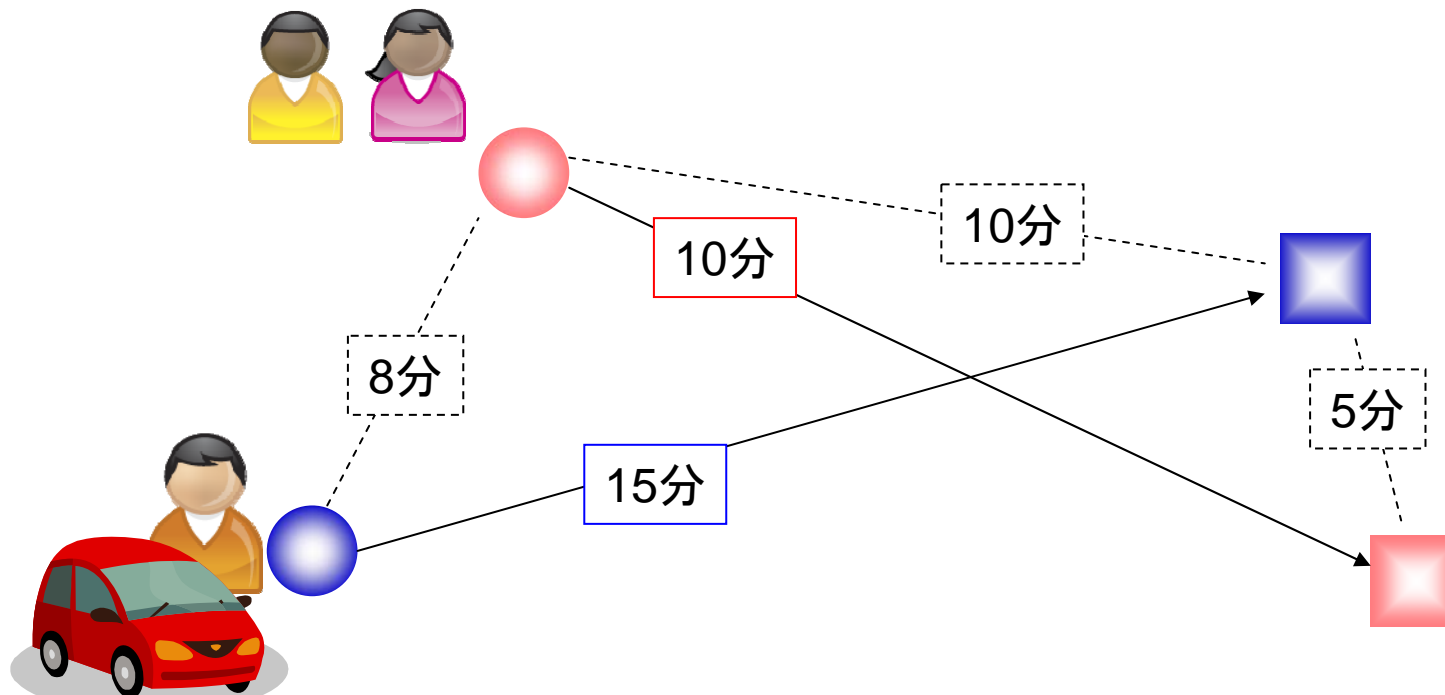
● 下の例では、計 $15分 \times 2 + 10分 \times 2 = 50分$



評価関数③-2 (オンデマンドバス移動時間)

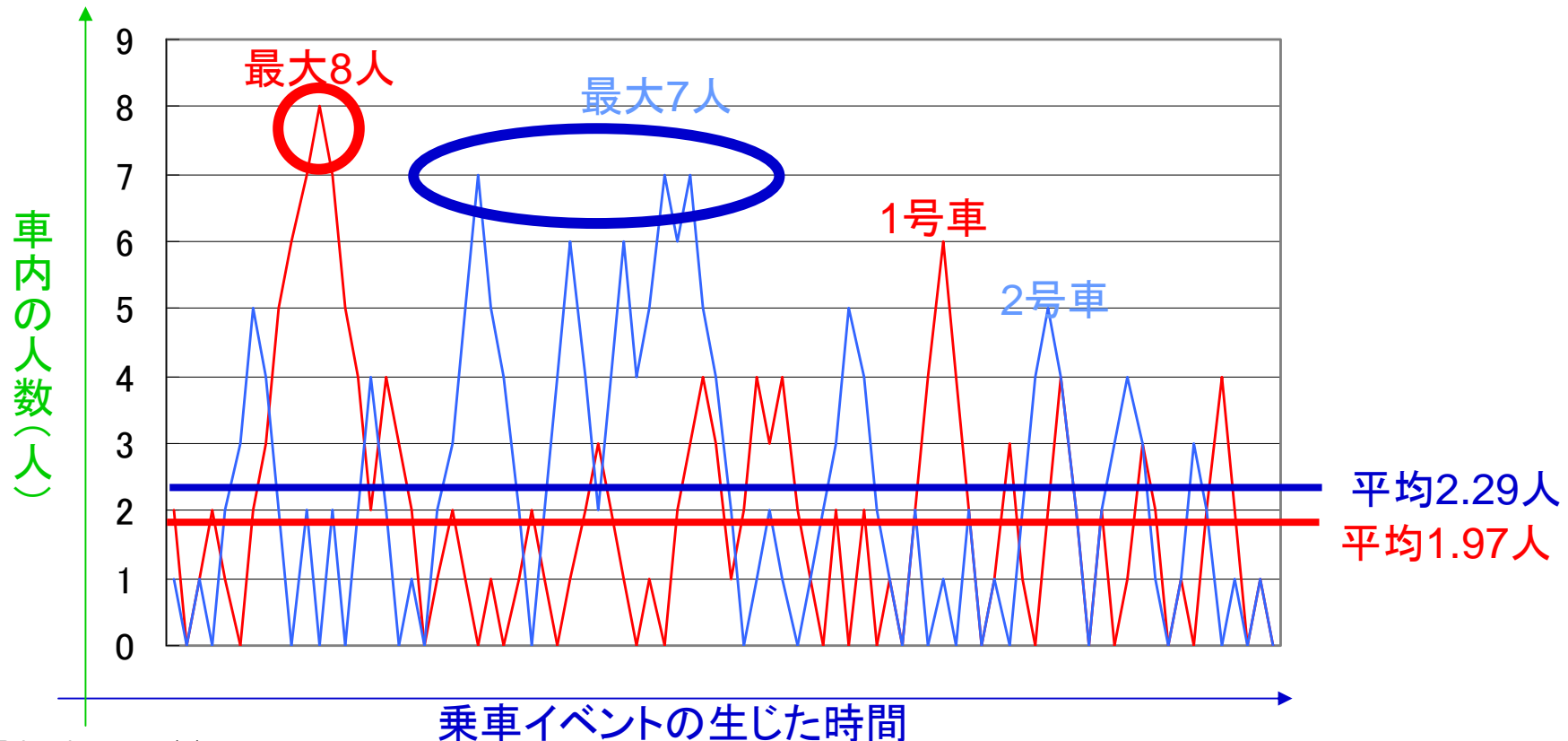
● 自家用車で送り迎えをして、移動する際の移動時間。

◦ 下の例では、8分+10分+5分=23分



評価関数④（車両の運行状況）

- 乗合状況を数値にすることは難しいため、グラフで表記

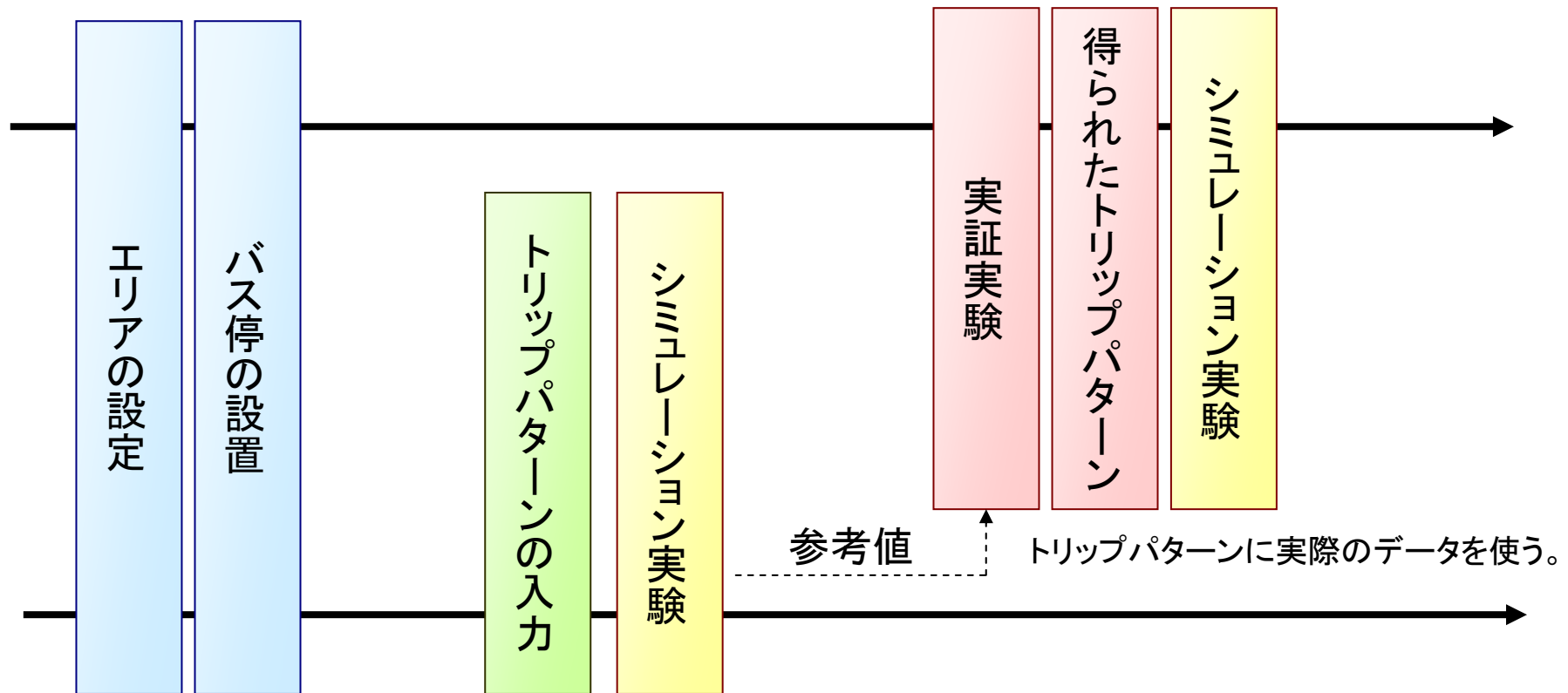


シミュレーションの妥当性評価（M市）

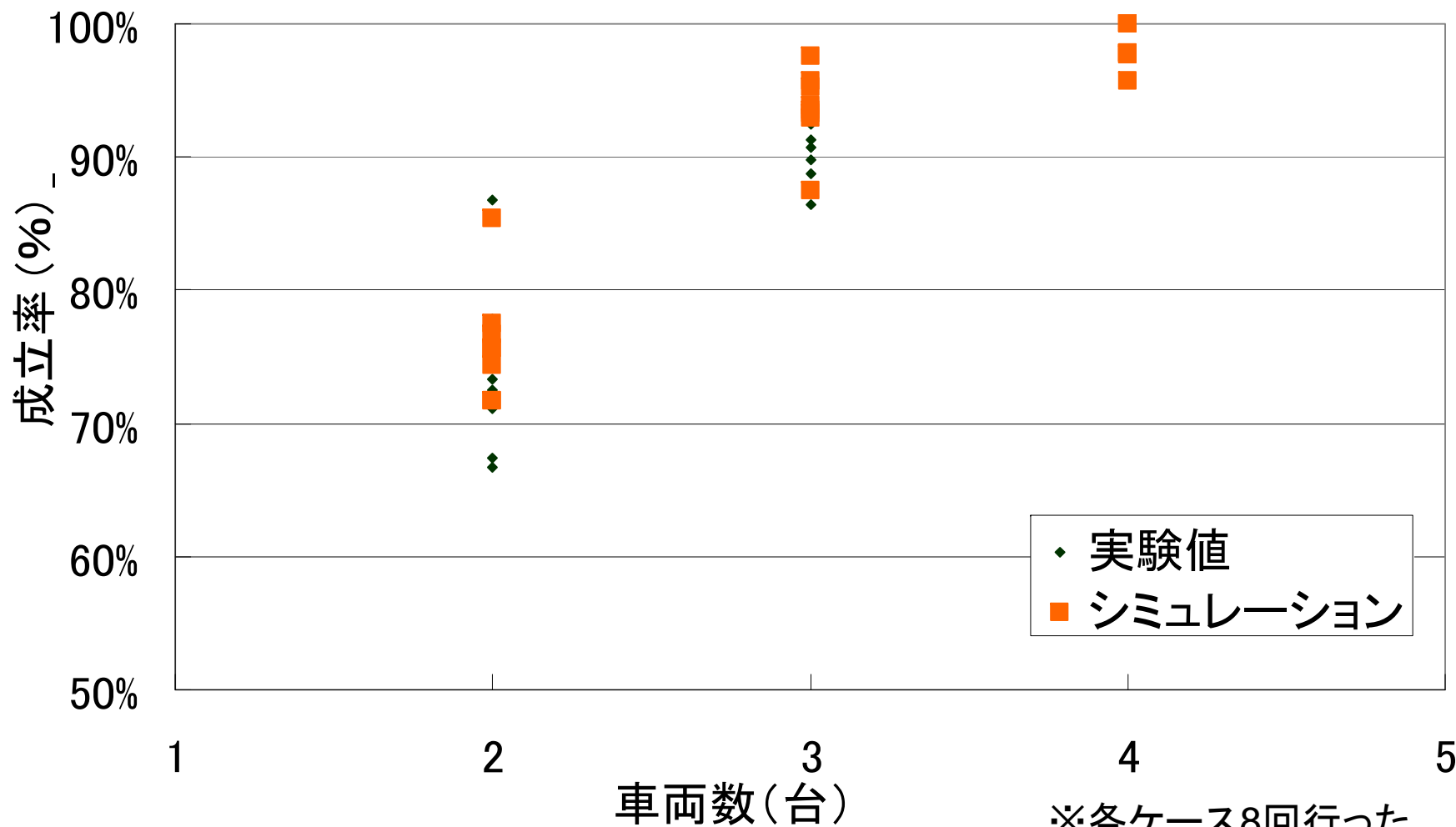


シミュレータの評価の概要

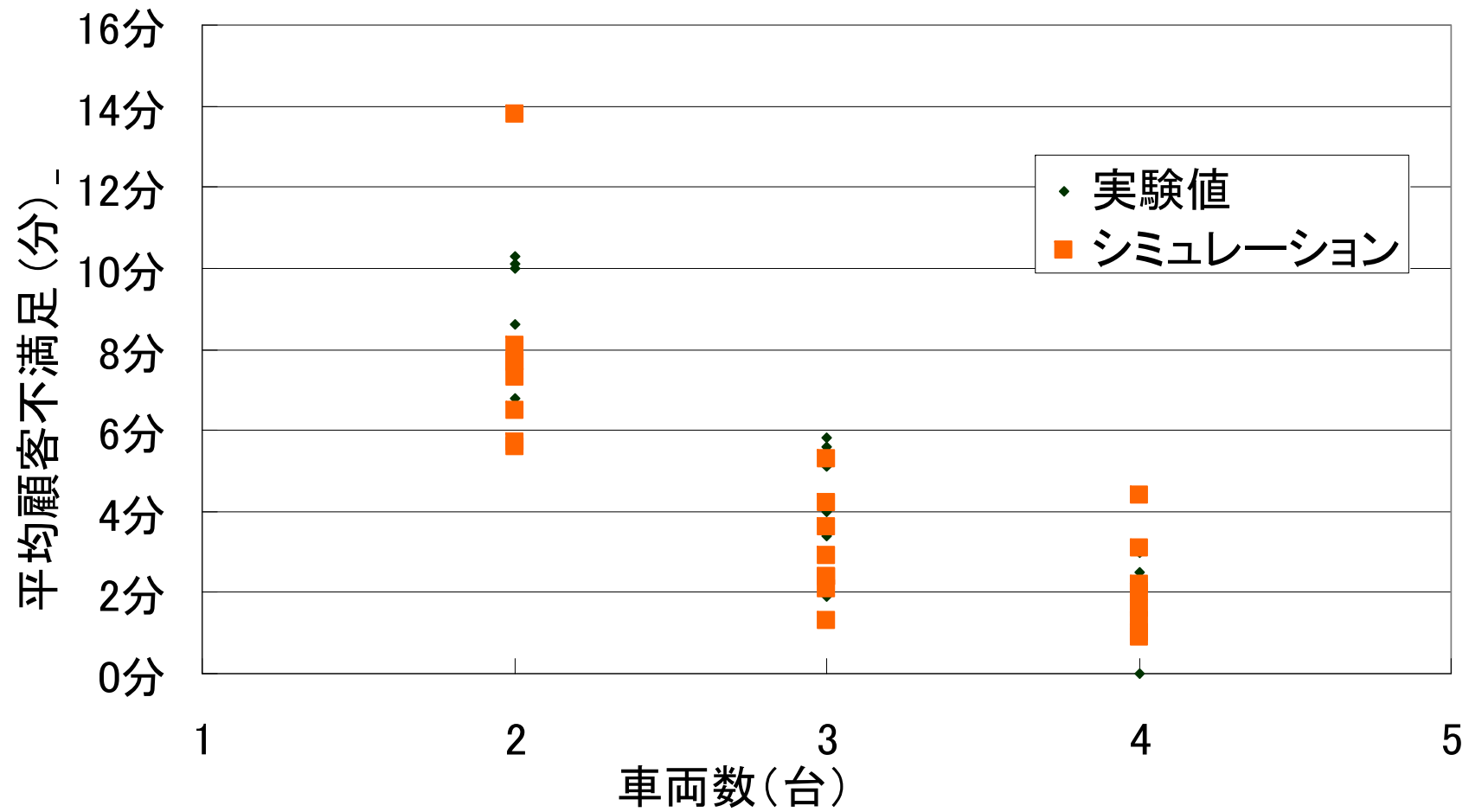
- 2種類の手法で得られたトリップパターンによるシミュレーションから本シミュレータの**再現率**を確認する。



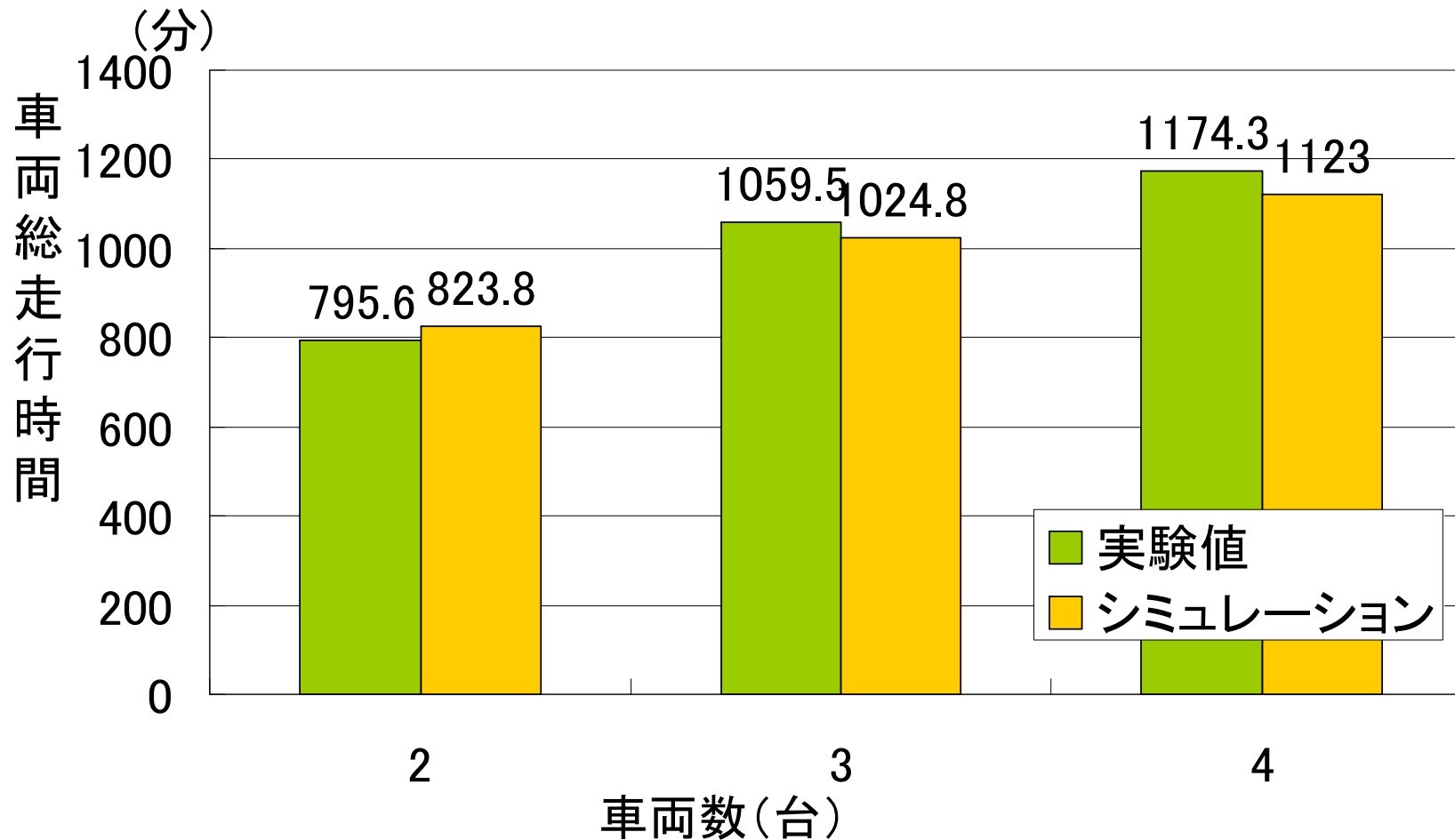
実験値とシミュレーション値の違い (成立率)



実験値とシミュレーション値の違い (顧客不満足度)



実験値とシミュレーション値の違い (走行時間)



※各ケース8回の平均値

北本市第1回シミュレーション結果 (復習)



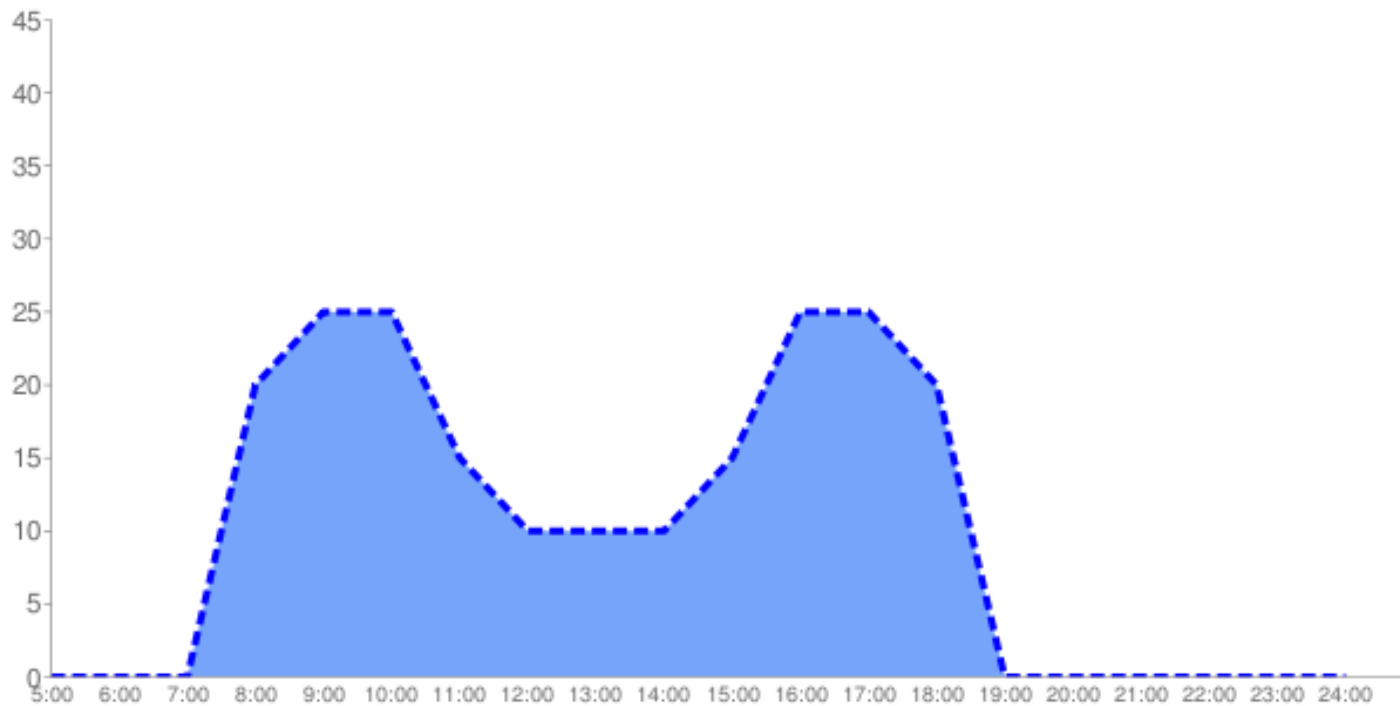
シミュレーションのインプットデータ



シミュレーションの前提

● 現行の路線バス利用人数から設定

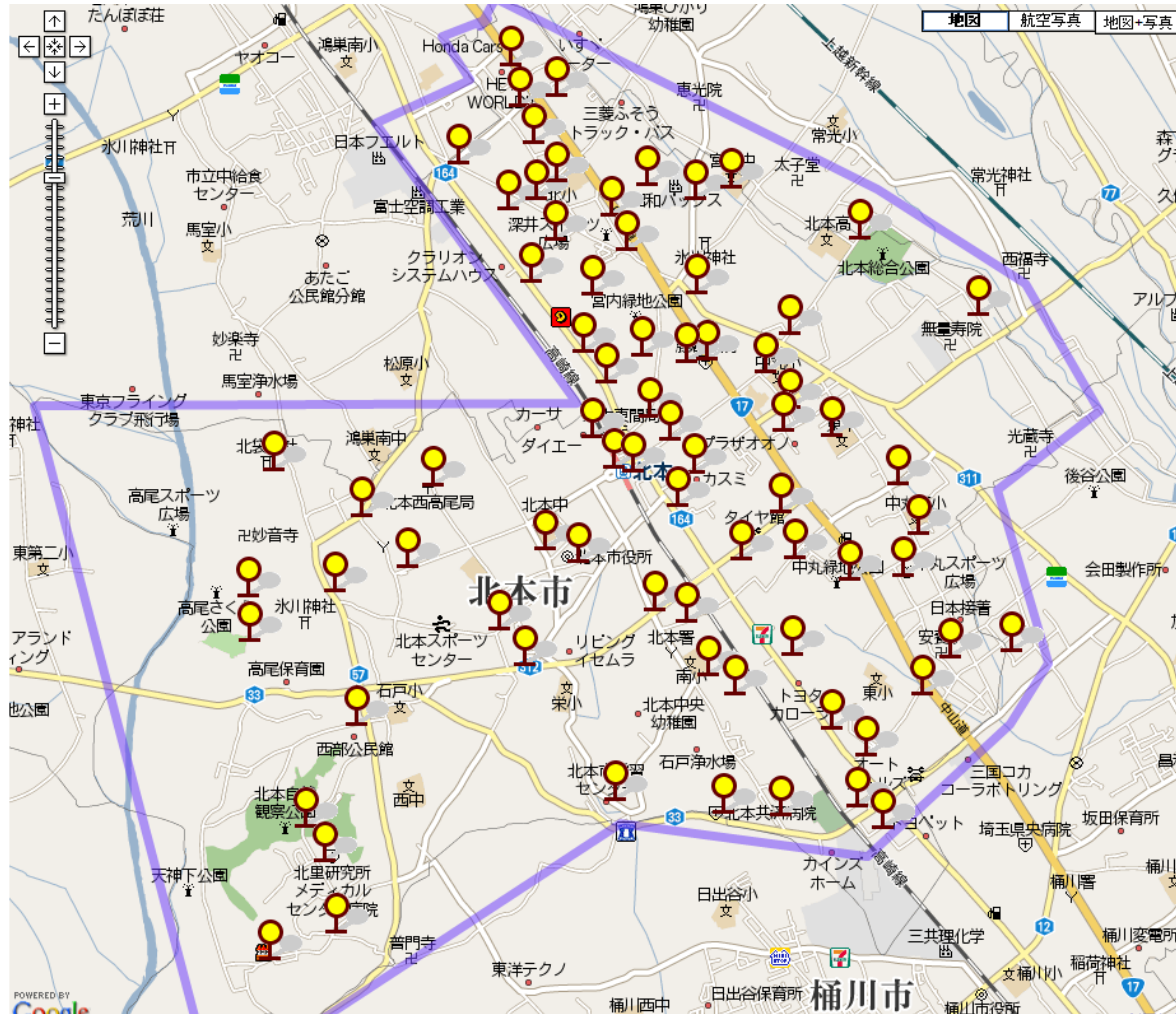
- 1日200人程度の需要（8時～18時まで10時間）



※需要を200人、300人、400人、500人と変化させる。

シミュレーションの前提

● 域内に74カ所のバス停を設置



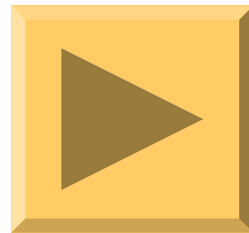
バス停の一覧

番号	名前	番号	名前	番号	名前
100	桜国屋	125	東中学校	150	北本共済病院
101	北小	126	ワコーレ北本	151	ふれあいの家
102	ヘイワールド	127	健康増進センター	152	福音診療所
103	スカイハイツ	128	北本県土整備事務所	153	山田医院
104	桃泉園	129	東間浅間神社	154	北本郵便局
105	深井マミーマート	130	よしだ整形外科内科	155	ダイエー
106	サンセレクト北本	131	井上眼科医院	156	北本駅西口
107	深井保育所	132	カスミストア	157	北本市役所
108	東間8丁目81付近	133	コープ北本	158	北本中央クリニック
109	安里医院	134	東部公民館	159	コミュニティセンター
110	サンマンション	135	北本駅東口	160	学習センター
111	深井スポーツ広場	136	東保育所	161	真福寺
112	北部公民館	137	中丸氷川神社	162	西高尾郵便局
113	昭和パックス	138	中丸緑地公園	163	総合福祉センター
114	深井8丁目304付近	139	中丸公民館	164	谷足会館
115	アトレ北本	140	中丸スポーツ広場	165	北袋神社
116	宮内中学校	141	安養院	166	高尾さくら公園
117	ふじ幼稚園	142	鈴木医院	167	野外活動センター
118	勤労福祉センター	143	北本共立診療所	168	氷川神社入口
119	藤倉病院	144	ロチャース	169	西部公民館
120	体育センター	145	高橋皮膚科医院	170	埼玉県自然学習センター
121	宮内スポーツ広場	146	南部公民館	171	北里メディカルセンター病院
122	中丸小学校	147	マリオン北本	172	子供公園
123	本藤整形外科	148	天地クリニック	173	東光寺入口
124	大久保医院	149	南団地		

トリップパターン

●発生させた需要の様子（ビデオで確認）

- 北本市ご担当者様に入力していただいた需要をベースに、ランダムな需要を加えて発生させている。



●用いる車両について

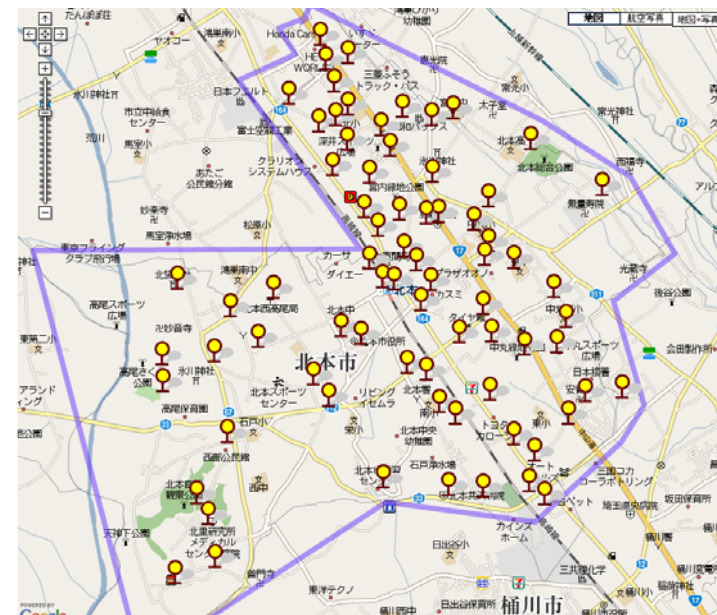
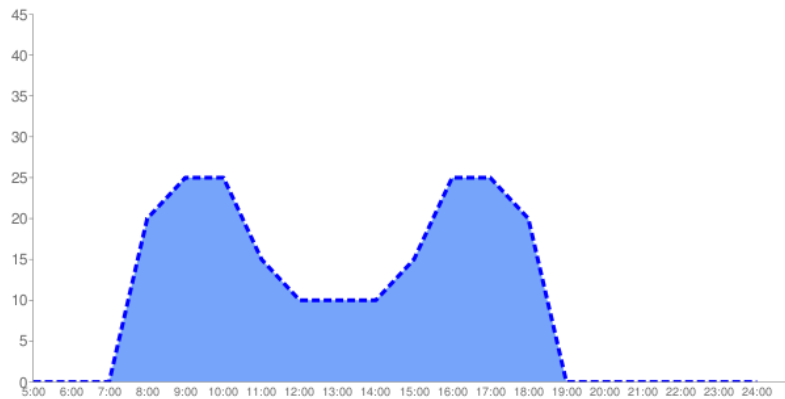
- 8人乗りジャンボタクシーと、4人乗りセダntaxiとの組合せで運行を行う。
- ジャンボタクシーは3台、セダntaxiは4台が利用可能である。

シミュレーションの目的



シミュレーションで明らかにしたいこと

- 1日に発生する需要を200人、300人、400人、500人と増やしたときの最適導入台数を求めたい。
- ただし、車両台数はジャンボタクシーは3台、セダntaxiは4台という資源制約下で行う。



シミュレーションの結果



シミュレーションの結果

	4人 乗り	8人 乗り	成立率	CAR移 動時間	ODB移 動時間	ODB 効率	顧客不 満足度
200人	0台	3台	57.7%	3004	1489	49.6%	8.1分
200人	1台	3台	71.5%	4016	1918	47.8%	8.0分
300人	1台	3台	68.3%	5112	2500	48.9%	8.9分
300人	2台	3台	80.0%	6890	3145	45.6%	6.3分
300人	3台	3台	84.4%	7178	3438	47.9%	4.0分
300人	3台	3台	85.2%	7608	3413	44.9%	5.9分
300人	4台	2台	87.4%	6946	3312	47.7%	4.0分
300人	4台	3台	91.7%	8186	3814	46.6%	3.3分
400人	4台	3台	64.6%	6628	3067	46.3%	7.7分
500人	4台	3台	60.7%	8038	3599	44.8%	8.6分

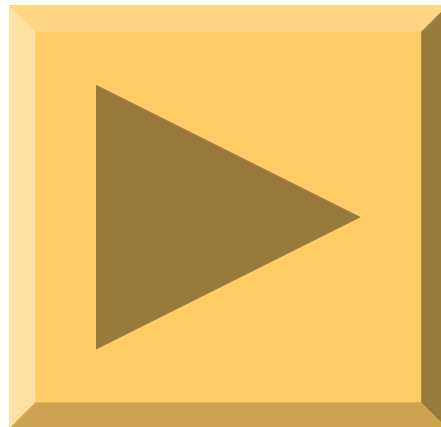
シミュレーションの結果

		4人 乗り	8人 乗り	成立率	CAR移 動時間	ODB移 動時間	ODB 効率	顧客不 満足度
低	200人	0台	3台	57.7%	3004	1489	49.6%	8.1分
	200人	1台	3台	71.5%	4016	1918	47.8%	8.0分
低	300人	1台	3台	68.3%	5112	2500	48.9%	8.9分
	300人	2台	3台	80.0%	6890	3145	45.6%	6.3分
	300人	3台	3台	84.4%	7178	3438	47.9%	4.0分
高	300人	3台	3台	85.2%	7608	3413	44.9%	5.9分
	300人	4台	2台	87.4%	6946	3312	47.7%	4.0分
	300人	4台	3台	91.7%	8186	3814	46.6%	3.3分
低	400人	4台	3台	64.6%	6628	3067	46.3%	7.7分
	500人	4台	3台	60.7%	8038	3599	44.8%	8.6分

シミュレーションの結果（ビデオ）

●最も効率のよい結果のアニメーション

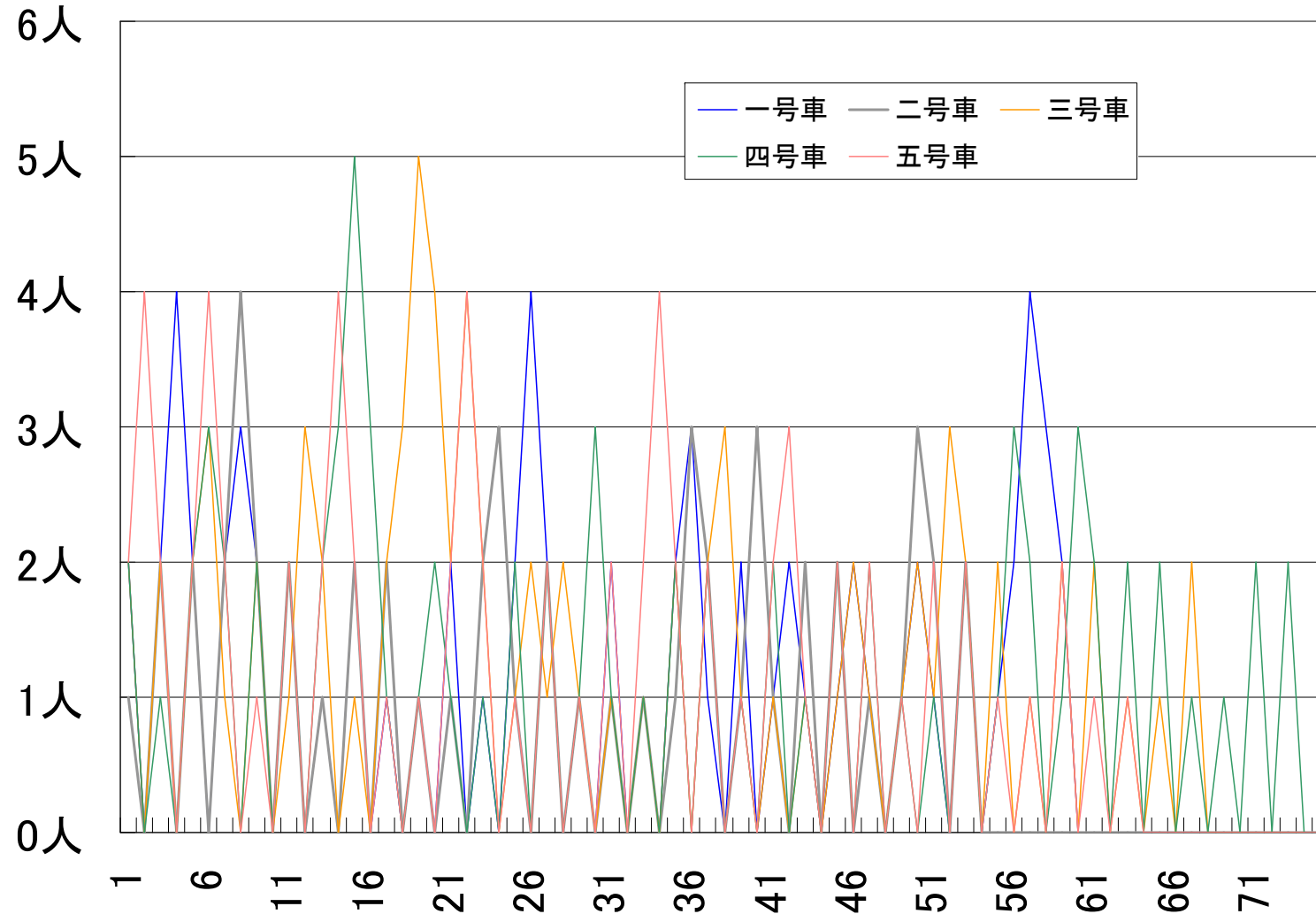
- 4人乗り：2台
- 8人乗り：3台
- 需要数：300名／日



乗り合いはどの程度起こっているのか？

(300人：4人乗り2台、8人乗り3台の一ケース)

乗り合いの人数



シミュレーションのまとめ



シミュレーションのまとめ

- 8人乗り×3台、4人乗り×4台という制約条件のもと、需要数を変動させたシミュレーションを行った。

200人	8人乗り3台と4人乗り1台が適当
300人	8人乗り3台と4人乗り2台が適当
400人	本制約下で良いサービスを提供できない。
500人	本制約下で良いサービスを提供できない。

● 運行状況

- 成立率や顧客不満足度
- 乗り合いも適宜生じ、非常に効率的な運行ができています。

シミュレーションケースの経済性評価 (黄色部分が効率の良い運行パターン)

	4人 乗り	8人 乗り	成立 率	年間乗車 人数	年間車両貸 切費用	年間システ ム費用	運賃収入	必要補助金
200人	0台	3台	57.7%	42,121人	¥27,375,000	¥1,152,000	¥12,636,300	¥15,890,700
200人	1台	3台	71.5%	52,195人	¥36,500,000	¥1,296,000	¥15,658,500	¥22,137,500
300人	1台	3台	68.3%	74,789人	¥36,500,000	¥1,776,000	¥22,436,550	¥15,839,450
300人	2台	3台	80.0%	87,600人	¥45,625,000	¥1,920,000	¥26,280,000	¥21,265,000
300人	3台	3台	84.4%	92,418人	¥54,750,000	¥2,064,000	¥27,725,400	¥29,088,600
300人	3台	3台	85.2%	93,294人	¥54,750,000	¥2,064,000	¥27,988,200	¥28,825,800
300人	4台	2台	87.4%	95,703人	¥54,750,000	¥2,184,000	¥28,710,900	¥28,223,100
300人	4台	3台	91.7%	100,412人	¥63,875,000	¥2,328,000	¥30,123,450	¥36,079,550
400人	4台	3台	64.6%	94,316人	¥63,875,000	¥2,328,000	¥28,294,800	¥37,908,200
500人	4台	3台	60.7%	110,778人	¥63,875,000	¥2,328,000	¥33,233,250	¥32,969,750

(シミュレーションの前提)

※車両は1時間・台あたり、2500円とし、運賃は一律300円とした。

※必要補助金は(車両費+システム費)から運賃収入を差し引いた。広告収入などや諸経費は考慮していない。

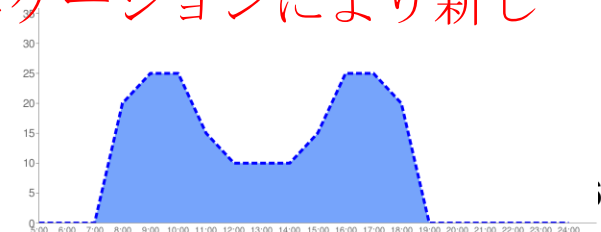
シミュレーションの考察

●北本市の運行を想定したシミュレーションを行い、その効果を検証した。

- 8人乗り車両を3台、4人乗り車両を4台という制約条件では400人、500人規模の需要に対応することはできない。
- 8人乗り車両を3台、4人乗り車両を2台で、300人規模の需要に対応するのが効率が良い。
- 運賃300円、台時間あたり2500円の車両費を想定すると、理想的なケースで約21,000,000円の補助が必要になる。
- ただし、需要の山に合わせて、昼間の稼働台数を減らすなどの工夫により車両にかかるコストを削減することが可能。

●シミュレーションを現実に

- シミュレーションの結果を現実のものとするには、モビリティ・マネジメントのような利用側とのコミュニケーションにより新しい交通機関を盛り上げていくことが重要。



北本市第2回シミュレーション結果



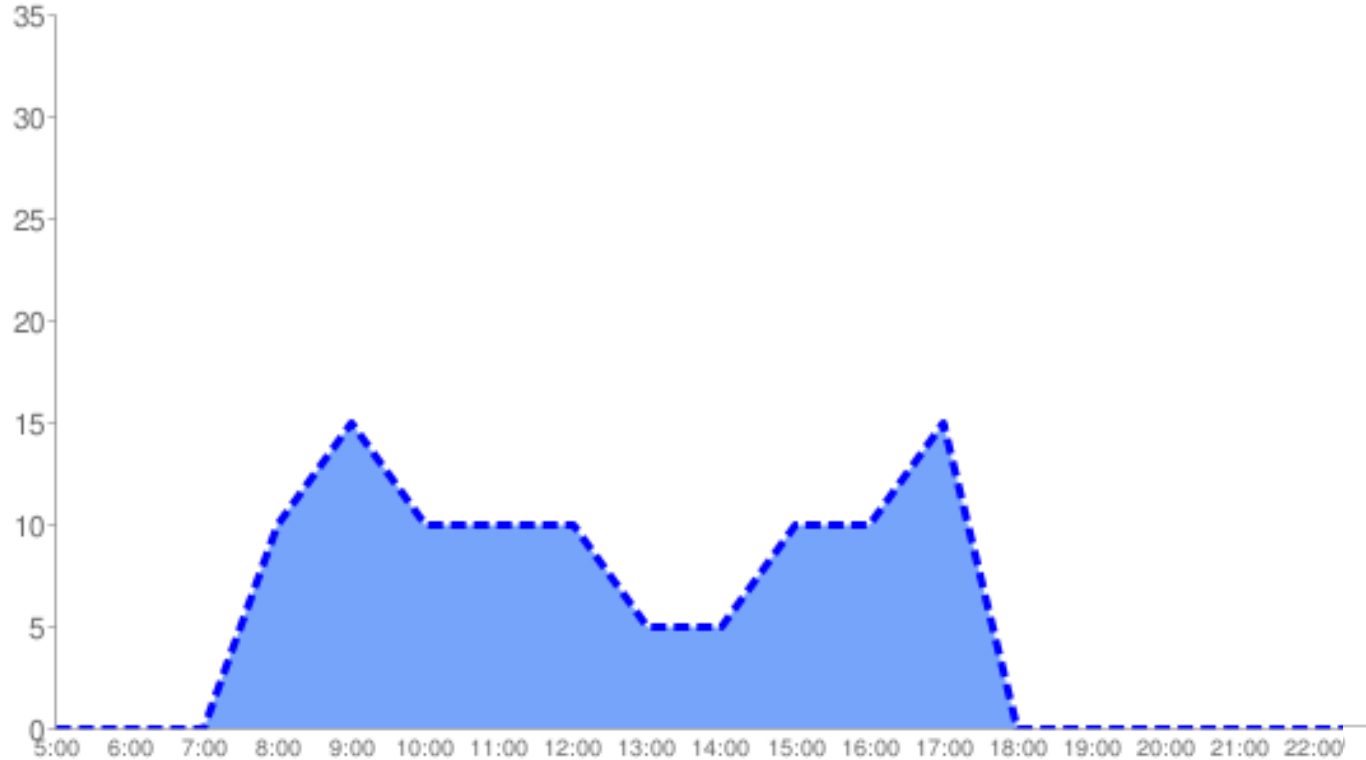
シミュレーションのインプットデータ



シミュレーションの前提

● 現行の路線バス利用人数から設定

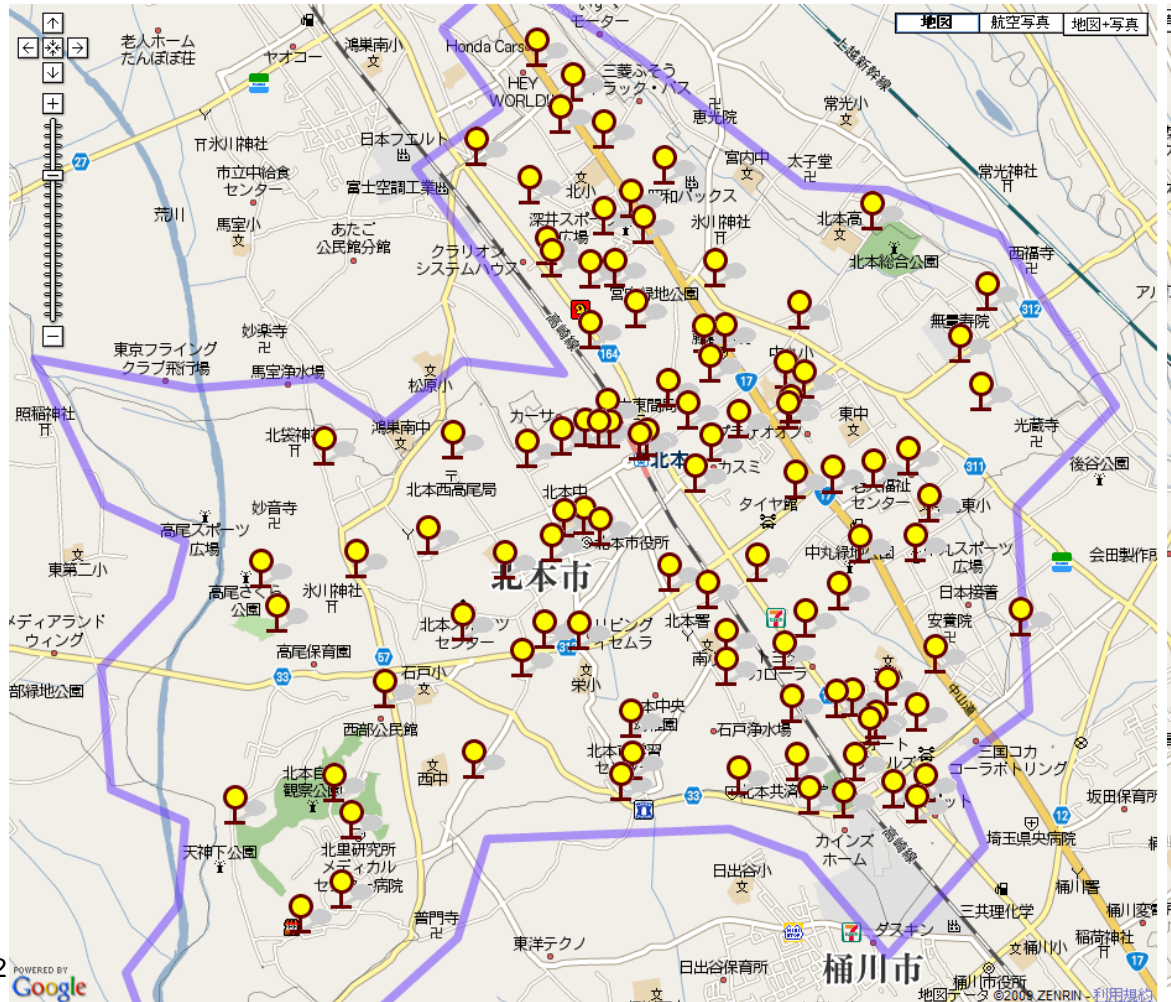
- 1日100人程度の需要（8時～18時まで10時間）



※需要を30人、50人、70人、100人、130人、150人と変化させる。

シミュレーションの前提

- 域内に100カ所のバス停を設置（前は74カ所）



バス停の一覧

番号	名称	番号	名称	番号	名称
100	桃泉園	135	深井スポーツ広場	170	ダイエー
101	安里医院	136	北部公民館	171	ヤオコー
102	藤倉医院	137	勤労福祉センター	172	ヨークマート
103	本藤整形外科	138	体育センター	173	カインズホーム
104	よしだ整形外科内科	139	宮内スポーツ広場	174	北本郵便局
105	井上眼科	140	健康増進センター	175	北本市役所
106	鈴木医院	141	県土整備事務所	176	コミュニティセンター
107	北本共立診療所	142	東部公民館	177	学習センター
108	高橋皮膚科	143	中丸緑地公園	178	西高尾郵便局
109	まつざき整形外科	144	中丸公民館	179	総合福祉センター
110	天地クリニック	145	中丸スポーツ広場	180	高尾さくら公園
111	大塚歯科	146	南部公民館	181	野外活動センター
112	檜原医院	147	北本駅東口	182	西部公民館
113	今村歯科	148	アトレ北本	183	自然学習センター
114	萩原歯科	149	サンマンション北本	184	子ども公園
115	大久保医院	150	ワコーレRG北本	185	蒲ザクラ
116	二ツ家整形外科	151	北本ハイデンス	186	文化センター
117	岡野歯科	152	二ツ家団地	187	桜堤
118	野尻歯科	153	県営中丸団地	188	JA本所
119	金子歯科	154	サンセレクト北本	189	北本駅西口
120	ハイワールド	155	中丸2、5丁目	190	西高尾1丁目
121	桜国屋	156	深井8丁目	191	西高尾7丁目
122	深井マミーマート	157	朝日	192	高尾5丁目
123	フードストッカー	158	三井団地	193	石戸4丁目
124	リリヴ	159	北本共済病院	194	石戸5丁目
125	コジマ電気	160	福音診療所	195	南団地
126	とりせん北本店	161	山田医院	196	京王団地
127	自動車教習所	162	中央クリニック	197	公団
128	自動車教習所	163	寺尾歯科	198	西中入り口
129	パチンコ ヤマフジ	164	大友整形外科	199	荒井1丁目
130	パチンコ	165	山崎医院		
131	ロヂャース	166	大島歯科		
132	北本ショッピングプラザ	167	ミナミ歯科		
133	北本温泉湯楽の里	168	北里メディカルセンター		
134	北本天然温泉薬市薬湯	169	ブラムの里		

トリップパターン

●発生させた需要の様子（ビデオで確認）

- 北本市ご担当者様に入力していただいた需要をベースに、ランダムな需要を加えて発生させている。



●用いる車両について

- 10人乗りジャンボタクシー、8人乗りジャンボタクシーと、4人乗りセダntaxiとの組合せでシミュレーションを行う。
- 。

シミュレーションの目的

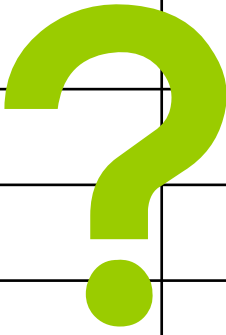


シミュレーションの目的

- **需要数と用いる車両台数を以下のように変化させ、サービス状況を確認する。**

- ◉ 成立率は85~95%になるようにシミュレーションを行う。
- ◉ 全30ケースについて各9回の反復シミュレーションを行う。

	30人	50人	70人	100人	130人	150人
4人乗り2台						
4人、8人乗り各1台						
8人乗り2台						
4人、10人乗り各1台						
10人乗り2台						



シミュレーションの結果



シミュレーションの結果

● **設定した車両2台という制約条件下では以下のことが分かる。**

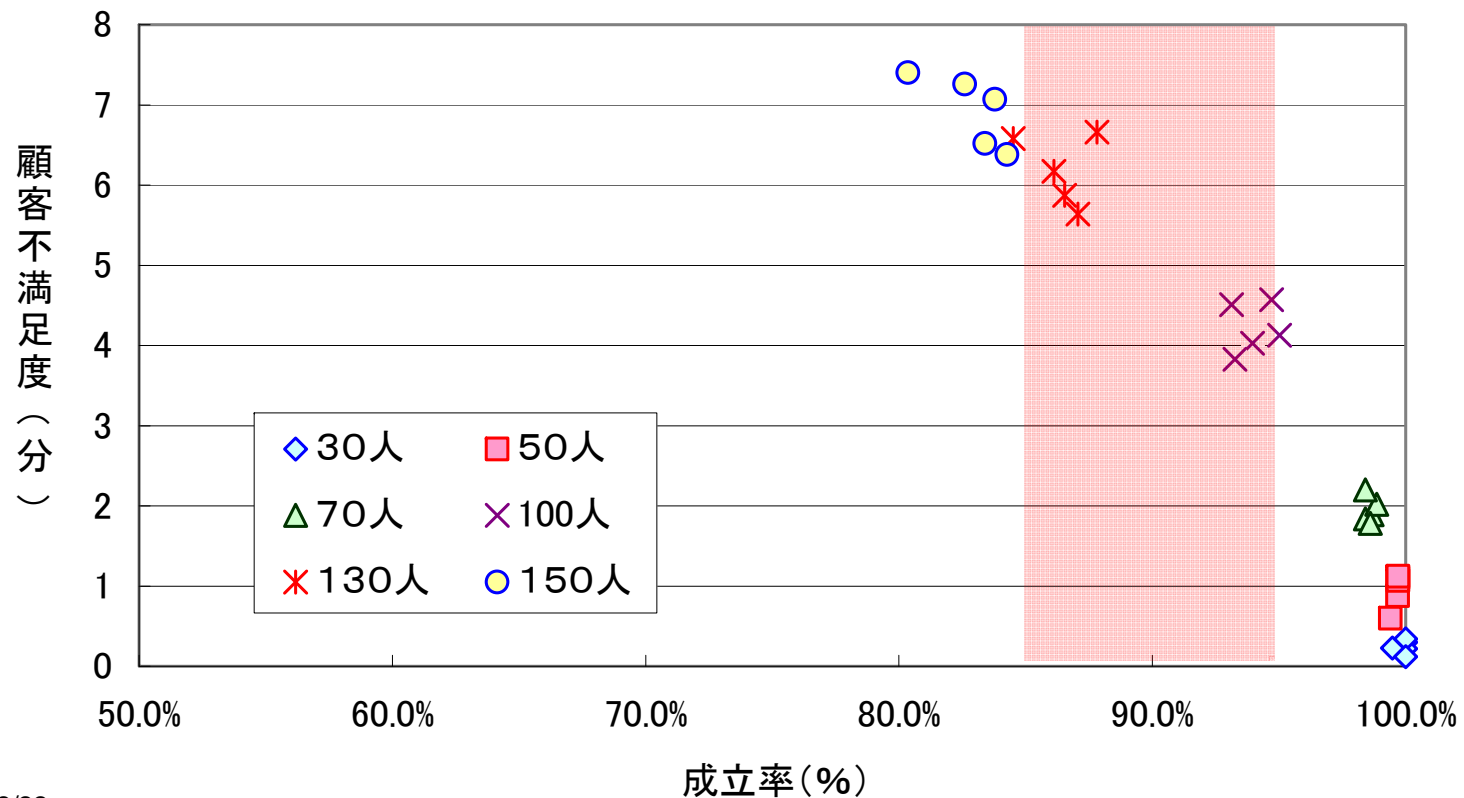
- 車両による差異は150人規模になったとき有効になるが、それ以外は影響が少ない。
- 100人/日よりも少ない場合はサービスレベルが高くなりすぎ、150人/日まではたいおうできない。

成立率(%)	30人	50人	70人	100人	130人	150人
4人乗り2台	100.0%	99.7%	98.7%	94.0%	86.1%	80.4%
4人、8人乗り1台	100.0%	99.7%	98.4%	95.0%	87.1%	83.4%
8人乗り2台	99.5%	99.7%	98.9%	93.1%	84.5%	84.3%
4人、10人乗り1台	100.0%	99.4%	98.4%	94.7%	86.5%	83.8%
10人乗り2台	100.0%	99.7%	98.6%	93.3%	87.8%	82.6%

顧客不満足度(分)	30人	50人	70人	100人	130人	150人
4人乗り2台	0.3	0.88	1.89	4.03	6.17	7.4
4人、8人乗り1台	0.22	1.1	1.84	4.13	5.64	6.52
8人乗り2台	0.23	1.07	2.02	4.51	6.58	6.38
4人、10人乗り1台	0.34	0.6	2.2	4.57	5.87	7.07
10人乗り2台	0.12	1.12	1.78	3.83	6.66	7.26

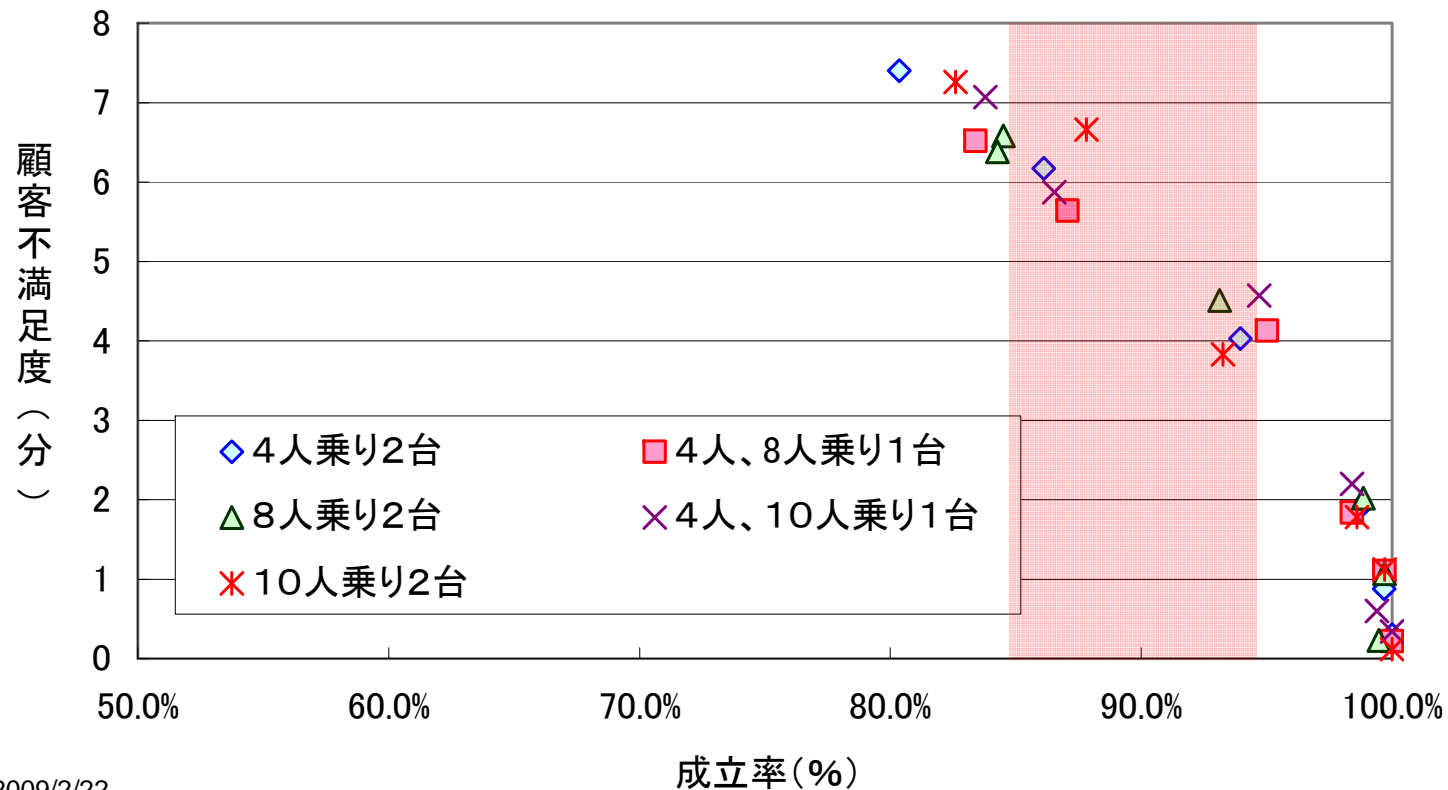
顧客規模毎の成立率と不満足度の関係

- 100人と130人のケースの時に良いサービスレベルが提供できる。



車両ケース毎の成立率と不満足度の関係

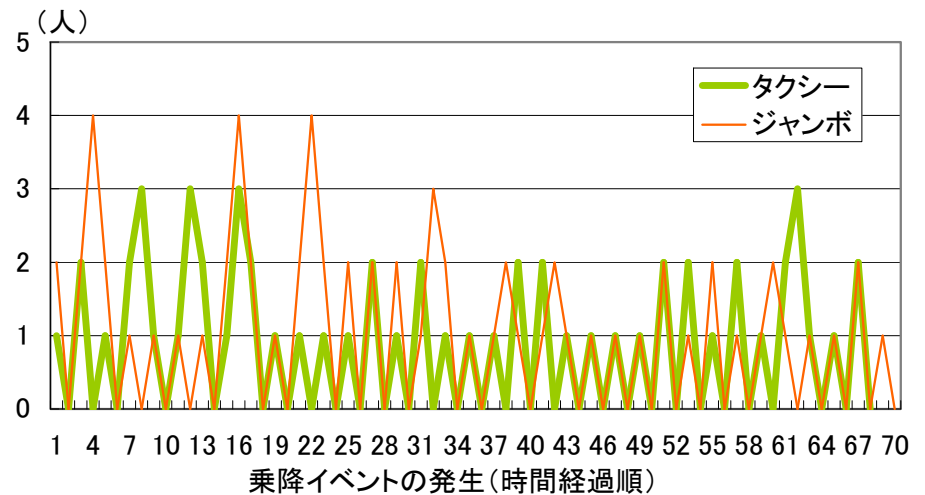
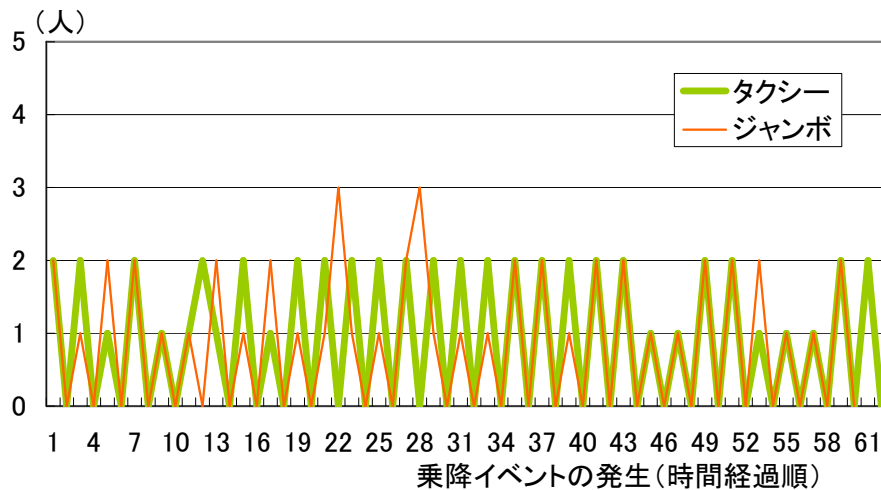
- サービス有効範囲内では、4人乗り1台、8人乗り1台がよいパフォーマンスを見せている。



乗り合い率について

●4人乗り1台、8人乗り1台で100人需要を運んだときの2ケースの乗り合い状況

- どちらのケースでも乗合は適宜発生しているが、ジャンボタクシーの定員（8名）は不要でタクシー2台でも同じサービスを提供できたことが分かる。



シミュレーションのまとめ



シミュレーションの結論

- 2台の場合、100人～130人/日の需要が最適である。
- 車両のサイズはこの範囲であれば影響を受けないため、**セダン型タクシー2台**で十分である。
- 100人よりも少ない場合は、タクシーに限りなく近いサービスとなり、使い分けが難しい。

	30人	50人	70人	100人	130人	150人
4人乗り2台						
4人、8人乗り各1台						
8人乗り2台						
4人、10人乗り各1台						
10人乗り2台						

シミュレーションの考察（採算性など）

- 130人/日の需要で、かつ4人乗りタクシーを2台程度導入した方が良い。
- 需要の大小に合わせて、1台増減することは可能である。
 - ◉時刻表を持たない、オンデマンドバスサービスの強み。
- 300円の運賃で運行した場合、約700万円の補助金が必要
 - ◉1人1乗車あたり171.3円程度を支払っている計算になる。

（経費シミュレーションの結果）

需要	4人乗り	成立率	年間乗車人数	年間車両貸切費用	年間システム費用	運賃収入	必要補助金
130人	2台	86.11%	40,859人	¥18,250,000	¥1,008,000	¥12,257,759	¥7,000,242

（シミュレーションの前提）

※車両は1時間・台あたり、2500円とし、運賃は一律300円とした。

※必要補助金は(車両費+システム費)から運賃収入を差し引いた。広告収入などや諸経費は考慮していない。

まとめ



本発表の結論

● シミュレータの開発

- オンデマンドバスを導入検討を行うための導入シミュレーションを開発した。
- 土地勘のある人が容易なインターフェイスで入力を行い、それをシミュレートする。

● シミュレーションの実施

- 北本市様にインプットデータを作成いただき、シミュレーションを行った。
- 100人の場合は2台、200人の場合は4台、300人の場合は5台という台数が最適であることが明らかになった。

● 定まった目標値を実現する困難さ

ご清聴ありがとうございました。

