

交通不便地における 持続可能地域指向交通サービスデザイン手法の提案

大阪大学大学院 工学研究科
機械工学専攻 助教 村田秀則

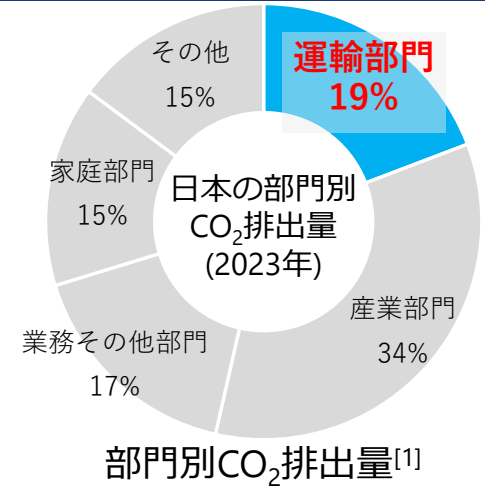
2025年11月21・22日

一般社団法人日本国土開発未来研究財団 第5回学術研究助成事業研究成果発表会

研究背景

■ 自動車のCO₂排出量

- 運輸部門のCO₂排出量は世界全体の19%^[1]
 - 自動車全体で運輸部門の85.7%
- 電動化による使用時CO₂排出削減推進



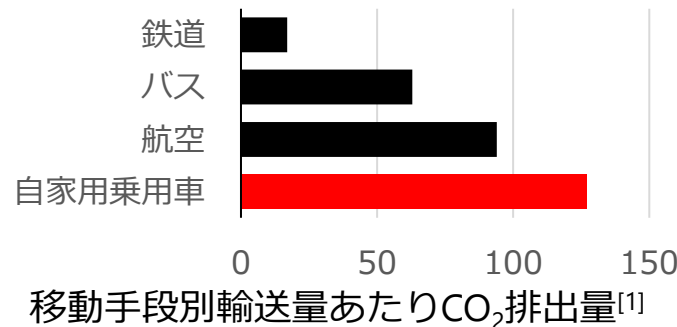
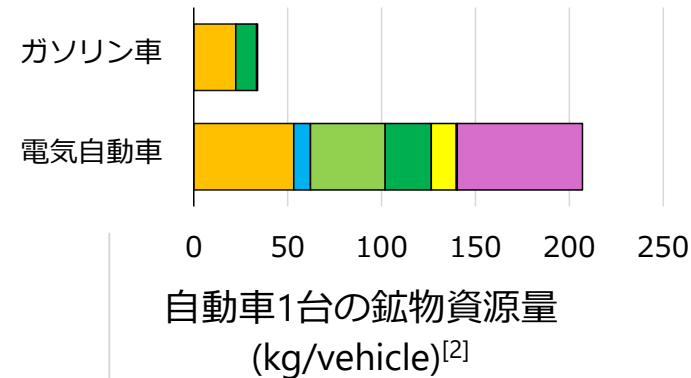
■ 電気自動車の資源消費

- ガソリン自動車の約7倍の鉱物資源消費^[2]
- 製造時資源影響がライフサイクルの53%^[3]



■ 公共交通への移行による環境負荷削減

- 自動車台数削減による製造時環境負荷削減
- 輸送量あたりCO₂排出量の低下



交通不便地

■ 交通不便地

- 一定範囲内に公共交通が存在しない地域（居住地面積の52.2%^[4]）
- 自家用車が主要な移動手段であり、公共交通への移行が困難

■ 公共交通サービス導入の取り組み

- 地域ごとに独自の交通サービスを導入
- 地域性や利用者の充足性の考慮不十分による需要不足から、経済的問題により撤退、もしくはサービスの変更

失敗例①：ニセコ町^[5]

路線型コミュニティバスを導入

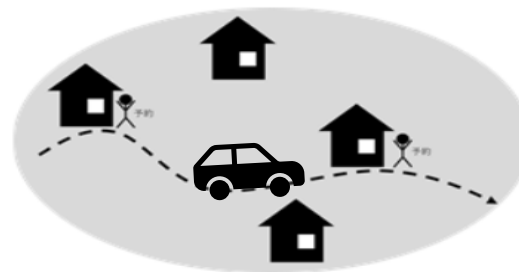


1. 極寒地域ゆえバス停で待てない
2. 住宅が広く散らばった散居村

↓
デマンドバスに変更

失敗例②：小城市^[5]

事前予約式セミデマンド交通を導入



1. 予約にわずらわしさを感じる
2. 運行区域が限定的で、需要の多い施設に行けない

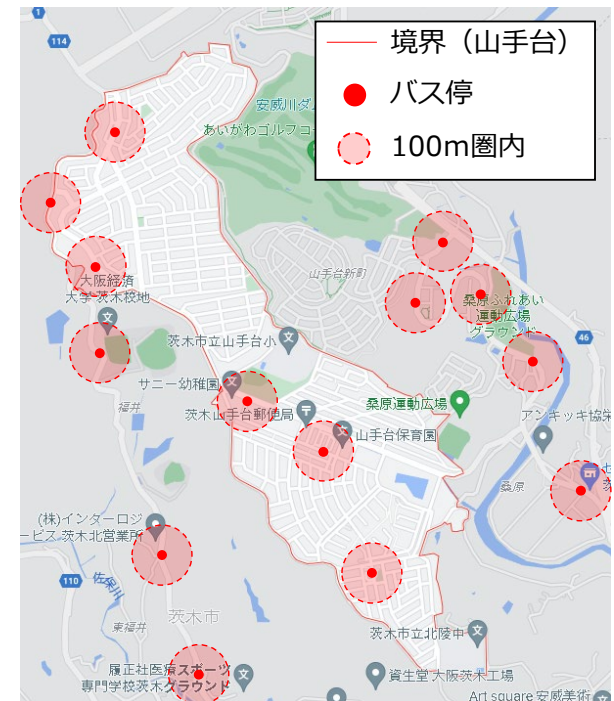
↓
運行区間の見直し

研究目的

交通不便地における地域性と充足性を考慮した 環境持続可能な交通サービス設計手法の提案

- ✓ 大阪府茨木市山手台地区を対象
- ✓ 地域性を考慮した交通サービスの設計
- ✓ 交通サービスの持続可能性評価

対象地域：
大阪府茨木市山手台



提案手法の全体像

1. 地域性と充足性を考慮した 交通サービスの要求分析

※具体例は3年目実施事例

基本ニーズワークショップ

拡張地域指向サービスブルー
プリントワークショップ

交通サービスの課題

2. 充足性と経済性を考慮した 交通サービスの設計

※具体例は2年目要求分析実施事例

交通サービス案設計

交通サービス設計案

3. 交通サービスの 持続可能性評価

※具体例は1年目設計実施事例

マクロ交通シミュレーション

ライフサイクルシミュレーション

充足性評価

持続可能な交通サービス案

1.地域性と充足性を考慮した 交通サービスの要求分析

課題と目的

■ 課題

- 地域性や利用者の充足性を考慮した交通サービスの要求分析

■ 関連研究

- 環境面を考慮したサービス課題抽出手法（ECO-SD法） [6]
 - 地域性や充足性への応用は未検討
- 地域性を考慮した製品設計手法（拡張FSM） [7]
 - 対象は製品のみ、サービスには適用できない
 - 充足性を考慮できない

■ 目的

- ECO-SD法を応用し、地域性と充足性を考慮したサービス設計手法である拡張地域指向サービスブループリントの提案

提案手法の全体像

1. 地域性と充足性を考慮した 交通サービスの要求分析

※具体例は3年目実施事例

基本ニーズワークショップ

拡張地域指向サービスブルー
プリントワークショップ

交通サービスの課題

2. 充足性と経済性を考慮した 交通サービスの設計

※具体例は2年目要求分析実施事例

交通サービス案設計

交通サービス設計案

3. 交通サービスの 持続可能性評価

※具体例は1年目設計実施事例

マクロ交通シミュレーション

ライフサイクルシミュレーション

充足性評価

持続可能な交通サービス案

基本ニーズとサティスファイア/バリア

■ 基本ニーズの枠組み[8]

- 地域やコミュニティ単位で充足性を評価するための枠組み

■ ニーズを基本ニーズとサティスファイアに分類

- 基本ニーズ: 文化や時代によらず**普遍的**で互いに優劣が無い
- サティスファイア: **地域の文化や時代の影響**を受けて変化する

基本
ニーズ

	状態	所有	行動	環境
生存		お金	食べる	交流する
保護	家にいる	家	助ける	環境の保護
愛情	幸せな	健康である		
理解	サティスファイア 基本ニーズの充足手段			
参加				
無為				
創造				
アイデンティティ	活動的な	美しさ	よく笑う	交流する
自由	独身である	お金	遊ぶ	娯楽施設

基本
ニーズ

	状態	所有	行動	環境
生存		失業	依存する	環境の破壊
保護	恐れている	偏見	搾取	汚染
愛情	不安な	病気である		
理解	バリア[9] 基本ニーズの阻害手段			
参加				
無為				
創造				
アイデンティティ	支配	先入観	抑圧する	統制
自由	受動性	不公平	服従する	過密

基本ニーズワークショップ

■ 目的

- 基本ニーズ充足を阻害する山手台のバリア抽出

■ 参加者

- 山手台の高齢者15名
- 山手台の高校生4名

ワークショップの実施手順^[10]

以下をマトリクスのセルごとに実施

- | | |
|-----------|-----|
| 1.個人による発想 | 約2分 |
| 2.共有・議論 | 約5分 |
| 3.投票 | 約1分 |
| 合計約4時間 | |

高校生のバリア	高齢者のバリア
1.周りの目を気にする	1.新しい情報が入ってこない
2.人とのかかわりが無い	2.無関心
3.忙しい	3.噂
4.嫌悪感	4.交通不便
5.お金がない	5.年齢増
6.視野が狭い	6.お金がない
7.環境が整っていない	7.体力がない
8.意見が言えない	8.人とのかかわりが無い
9.必要とされていない	9.病気
10.決定権が自分がない	10.自然災害
11.情報が入ってこない	11.近隣との関係が良くない
12.疑いをかける,かけられる	
13.他人と比較する	
14.恨みがある	
15.前科	
16.偏見,決まった考え	
17.否定する	
18.材料がない	
19.悪口を言う人がいる	
20.求められるものがある	
21.いじめをする受ける	
22.厳しい規則,条件	
23.周りと同じ考えが染みついている	
計23個	計11個



高齢者のワークショップ 高校生のワークショップ

提案手法の全体像

1. 地域性と充足性を考慮した 交通サービスの要求分析

※具体例は3年目実施事例

基本ニーズワークショップ

拡張地域指向サービスブルー
プリントワークショップ

交通サービスの課題

2. 充足性と経済性を考慮した 交通サービスの設計

※具体例は2年目要求分析実施事例

交通サービス案設計

交通サービス設計案

3. 交通サービスの 持続可能性評価

※具体例は1年目設計実施事例

マクロ交通シミュレーション

ライフサイクルシミュレーション

充足性評価

持続可能な交通サービス案

ワークショップの概要と実施手順

■ 目的

- 山手台のバスサービスを対象とした拡張地域指向サービスブループリントの作成
- 拡張地域指向サービスブループリントを用いたバスサービスの課題抽出

■ 参加者

- 山手台の高齢者1名、高校生1名、市役所職員1名、研究室学生1名



実施手順

Step1

ベースサービスの設定



Step2

地域情報、バリアの共有



Step3

サービス利用シーンごとの課題抽出

Step2: 地域情報、バリアの共有

■ 地域情報

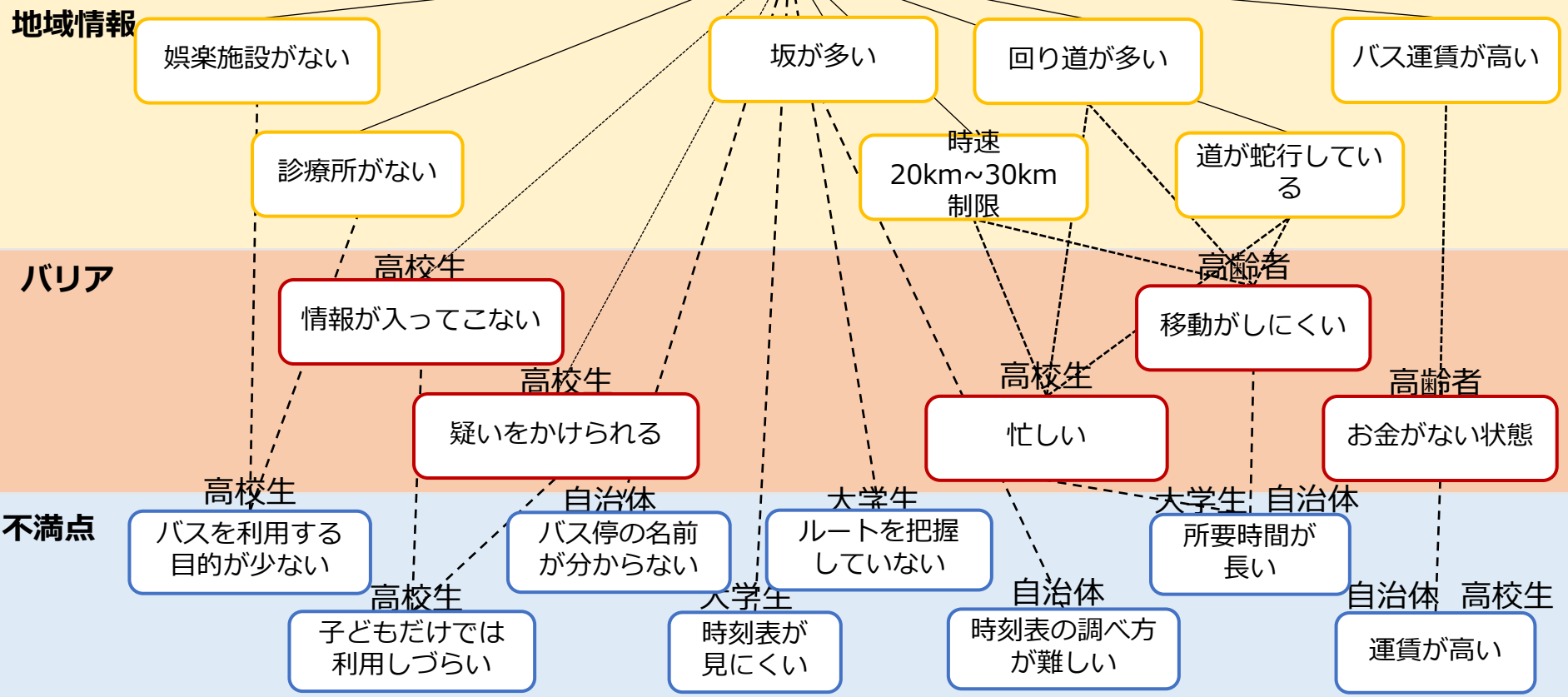
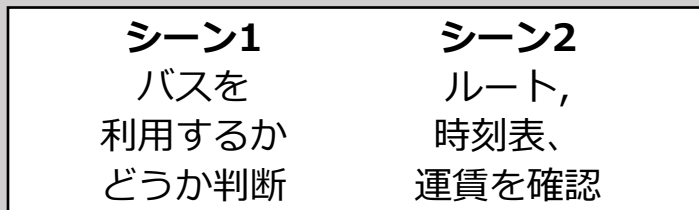
- 現地調査、文献調査、市役所へのヒアリングを実施
- 調査者が山手台に特有と判断した情報を収集、可視化

番号	情報	情報源	取得地域	収集日
L1	高齢者が総人口の4割	市役所建設部交通政策課ヒアリング	茨木市山手台	2021/10/13
L2	アル・プラザ（地域外の大型スーパー）の利用者が多い	市役所建設部交通政策課ヒアリング	茨木市山手台	2021/10/13
L3	戸建ての住宅の団地	現地調査	茨木市山手台	2021/10/26
L4	地域内に診療所は存在しない	現地調査	茨木市山手台	2021/10/26
L5	地域内にスーパーは1店舗	現地調査	茨木市山手台	2021/10/26
・	・	・	・	・
・	・	・	・	・
・	・	・	・	・
L48	山手台内で遊べる場所はタコ公園（中心部にある公園）くらい	青少年ワークショップ（2023/8/1）	茨木市山手台	2023/8/1
L49	休日図書館で勉強する為に1時間かけて行く	青少年ワークショップ（2023/8/1）	茨木市山手台	2023/8/1
L50	視界が悪く、一旦停止、一方通行の道が多い	現地調査	茨木市山手台	2023/6/27
L51	バスが入り組んだ道をUターンしていた	現地調査	茨木市山手台	2023/6/27
L52	南北だけでなく、東西にも坂が多い	現地調査	茨木市山手台	2023/6/27

高校生のバリア	高齢者のバリア
1.周りの目を気にする 2.人とのかかわりが無い 3.忙しい 4.嫌悪感 5.お金がない 6.視野が狭い 7.環境が整っていない 8.意見が言えない 9.必要とされていない 10.決定権が自分がない 11.情報が入ってこない 12.疑いをかける,かけられる 13.他人と比較する 14.恨みがある 15.前科 16.偏見,決まった考え 17.否定する 18.材料がない 19.悪口を言う人がいる 20.求められるものがある 21.いじめをする受ける 22.厳しい規則,条件 23.周りと同じ考えが染みついている	1.新しい情報が入ってこない 2.無関心 3.噂 4.交通不便 5.年齢増 6.お金がない 7.体力がない 8.人とのかかわりが無い 9.病気 10.自然災害 11.近隣との関係が良くない
計23個	計11個

Step3: サービス利用シーンごとの課題抽出

バスサービスの利用シーン



2. 充足性と経済性を考慮した 交通サービスの設計

課題と目的

■ 課題

- 抽出されたサービスの課題に対する、充足性と経済性を考慮した改良案の提案と、改良案を組み合わせた交通サービスの設計

■ 関連研究

- サービス設計（CJM^[11]、サービスブループリント^[12]）
 - 要求分析を支援、改良案導出や比較は支援せず
- 改良案の発想と比較（Morphological Chart^[13]、Pugh's Method^[14]）
 - 製品にのみ適用可能（解候補が独立しているため）

■ 目的

- Pugh's Methodをサービスに適用できるように改良、充足性と経済性でそれぞれ独立した評価を行うことで両方を考慮した交通サービス設計を実施

提案手法の全体像

1. 地域性と充足性を考慮した 交通サービスの要求分析

※具体例は3年目実施事例

基本ニーズワークショップ

拡張地域指向サービスブルー
プリントワークショップ

交通サービスの課題

2. 充足性と経済性を考慮した 交通サービスの設計

※具体例は2年目要求分析実施事例

交通サービス案設計

交通サービス設計案

3. 交通サービスの 持続可能性評価

※具体例は1年目設計実施事例

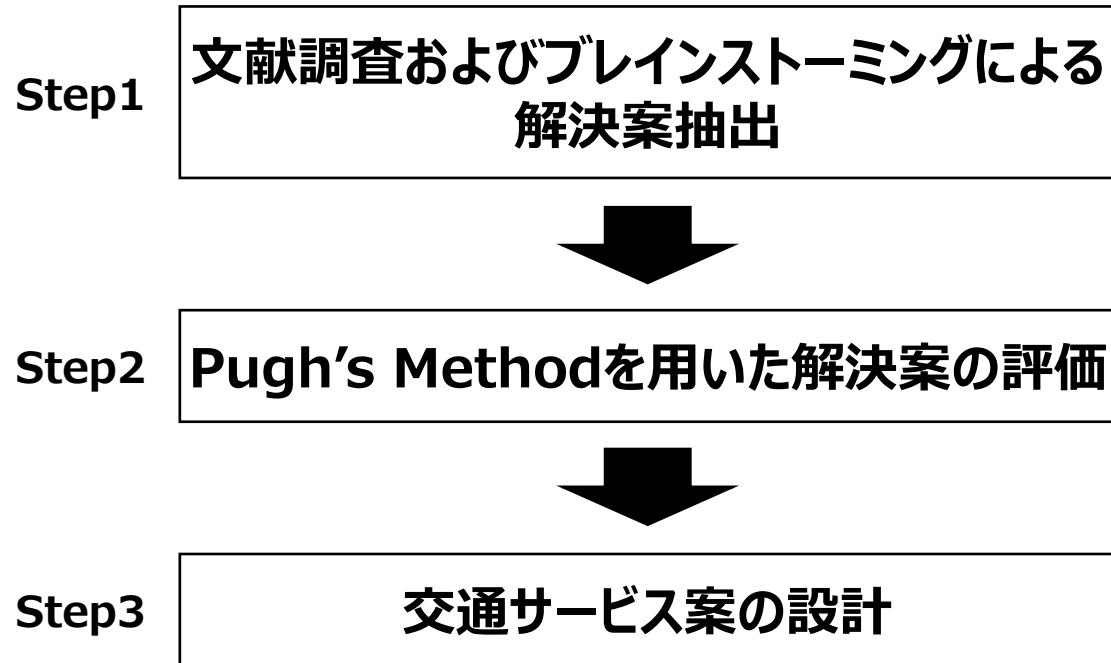
マクロ交通シミュレーション

ライフサイクルシミュレーション

充足性評価

持続可能な交通サービス案

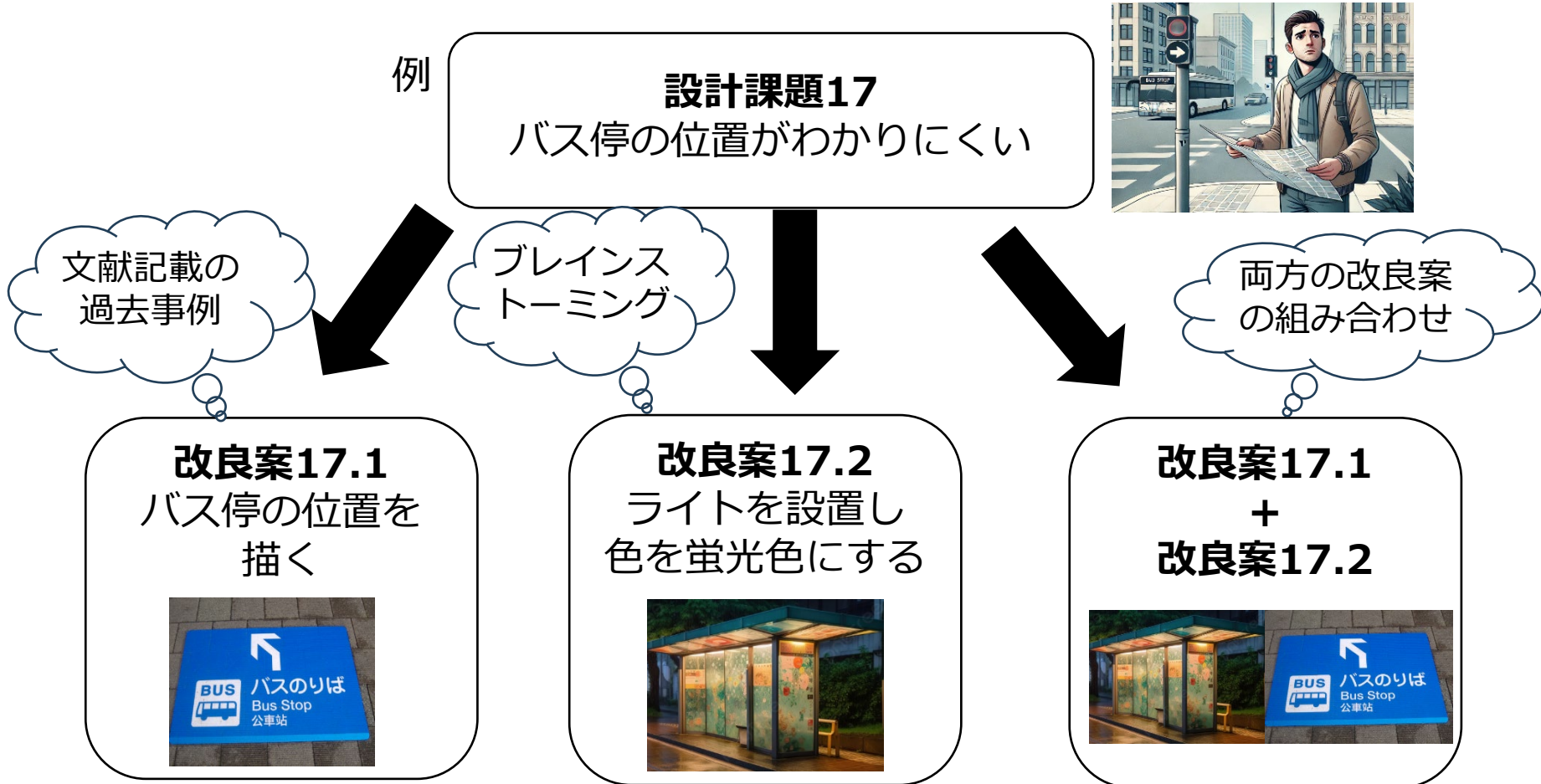
設計手順



Step1: 文献調査およびブレインストーミングによる 解決案抽出

■ 解決案の抽出方法

- 文献から過去の事例^[15]や取り組みを抽出
- ブレインストーミング^[13]で解決案を考案



Step2. 改良案の評価

■ Pugh's Method^[14]

- 複数の代替案を比較し評価する手法
- 評価基準ごとに基準コンセプト (DATUM) と比較し優劣を記載

評価基準	DATUM	コンセプト2	コンセプト3	コンセプト4
A	DATUM	+	-	+
B		+	S	-
C		+	-	-
D		S	-	-
$\Sigma+$		3	0	1
$\Sigma-$		0	3	3
ΣS		1	1	0

■ 山手台における評価基準

- バス会社の経済性^[16]
 - 導入コスト、維持費、雇用人数
- 利用者の充足性^[17]
 - 快適さ、利便性、安全性、信頼性

「 $\Sigma+$ 」の多いコンセプトを採用

Step2. 改良案の評価




■ 設計課題17 「バス停の位置がわかりにくい」 に対する評価結果

		現状維持	案17.1 	案17.2 	案17.1+ 案17.2 
バス会社の 経済性	導入コスト	DATUM	-1	-1	-2
	維持費		0	-1	-1
	雇用人数		0	0	0
	Σ+		0	0	0
合計	Σ-	1	2	3	
	Σ0	2	1	1	
利用者の 充足性	快適さ	DATUM	0	0	0
	利便性		1	1	2
	安全性		0	0	0
	信頼性		1	1	2
合計	Σ+	2	2	4	
	Σ-	0	0	0	
	Σ0	2	2	2	

組み合わせの評価は
足し合わせで計算

Step2. 改良案の評価

■ 設計課題17 「バス停の位置がわかりにくい」に対する評価結果

		現状維持	案17.1 	案17.2 	案17.1+ 案17.2 
バス会社の 経済性	導入コスト	DATUM	-1	-1	-2
	維持費		0	-1	-1
	雇用人数		0	0	0
Σ+	0		0	0	
合計	Σ-	1	2	3	
	Σ0	2	1	1	
利用者の 充足性	快適さ	DATUM	0	0	0
	利便性		1	1	2
	安全性		0	0	0
	信頼性		1	1	2
合計	Σ+	2	2	4	
	Σ-	0	0	0	
	Σ0	2	2	2	

バス会社の経済性の
観点で効果的

利用者の充足性の
観点で効果的

Step3. 交通サービス代替案の提案

■ 経済性、充足性それぞれに対して効果的な改良案の設計

例：経済性重視の山手台交通サービス

設計課題

効果的な改良案



3.交通サービスの持続可能性評価

課題と目的

■ 課題

- 交通サービスの持続可能性評価

■ 関連研究

- 持続可能性評価手法（LCA^[18]、LCC^[19]、SLCA^[20]、LCS^[21]）
 - 社会的側面の評価、特に基本ニーズ充足性に関する評価手法が不足
- 充足性評価（HDI^[22]、Subjective Well-being^[23]、DLS^[24]）
 - 国単位でのアンケート評価もしくは世界で画一基準による評価
 - 地域性を考慮した手法の不足

■ 目的

- マクロ交通シミュレーション、ライフサイクルシミュレーション、サービスと基本ニーズの概念モデル^[25]を用いた持続可能性評価

提案手法の全体像

1. 地域性と充足性を考慮した 交通サービスの要求分析

※具体例は3年目実施事例

基本ニーズワークショップ

拡張地域指向サービスブルー
プリントワークショップ

交通サービスの課題

2. 充足性と経済性を考慮した 交通サービスの設計

※具体例は2年目要求分析実施事例

交通サービス案設計

交通サービス設計案

3. 交通サービスの 持続可能性評価

※具体例は1年目設計実施事例
(相乗りタクシーサービス)

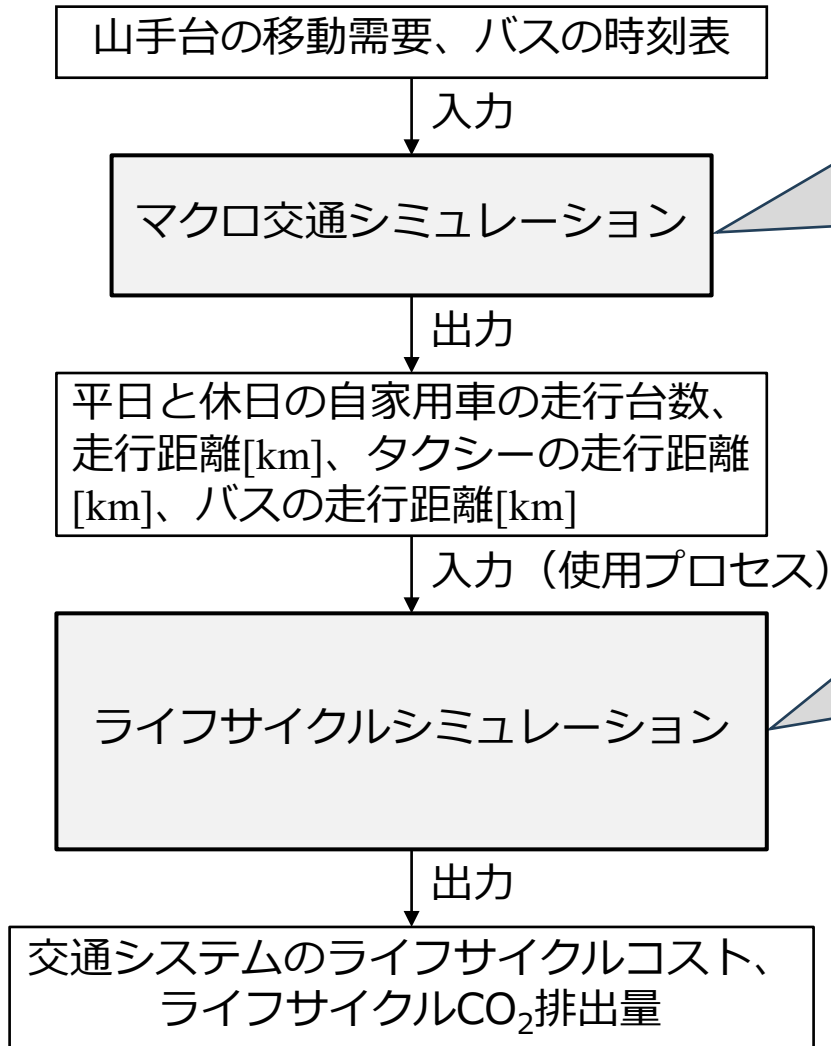
マクロ交通シミュレーション

ライフサイクルシミュレーション

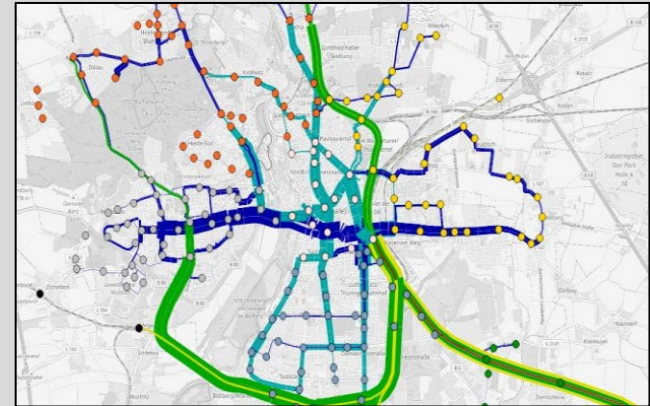
充足性評価

持続可能な交通サービス案

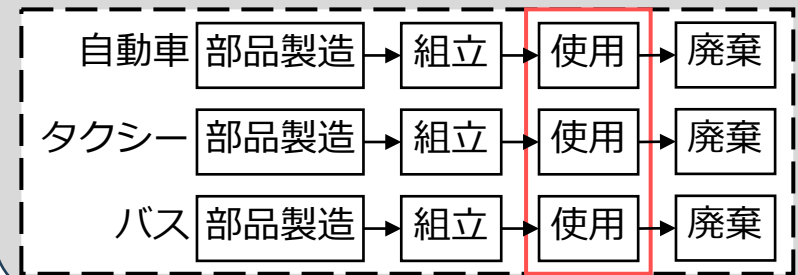
評価手順



山手台の交通ネットワーク



対象製品のライフサイクル



マクロ交通シミュレーション

■ 目的

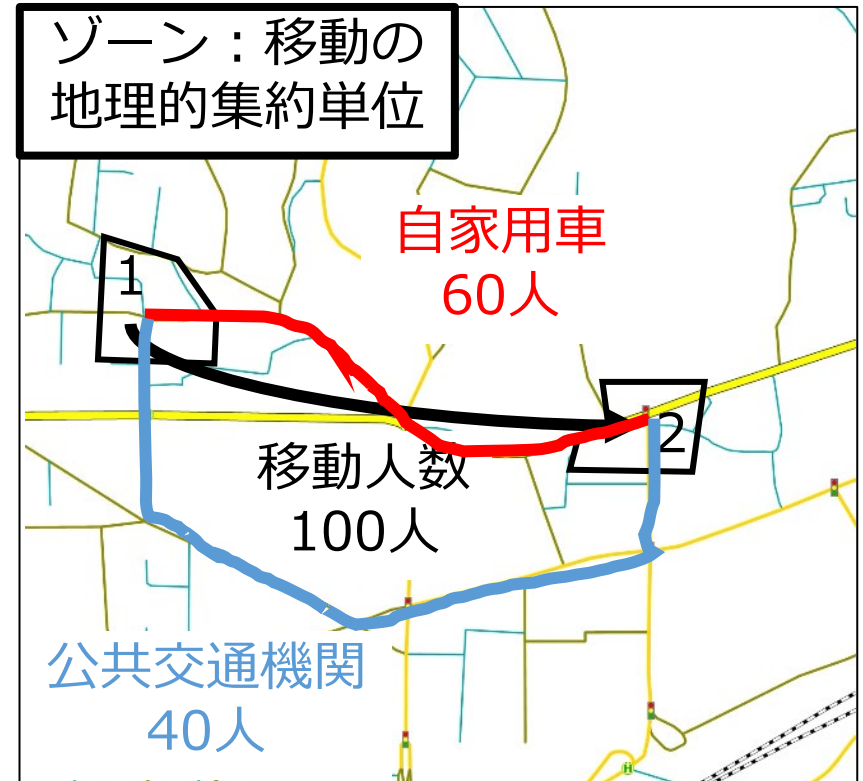
- 山手台に新規交通サービスを導入した際の各交通手段の走行台数、走行距離を算出
 - マクロ交通シミュレータPTV Visumを利用

1. パーソントリップ調査による移動需要[Trip]を入力

2. 交通手段ごとに利用確率の高い経路を算出

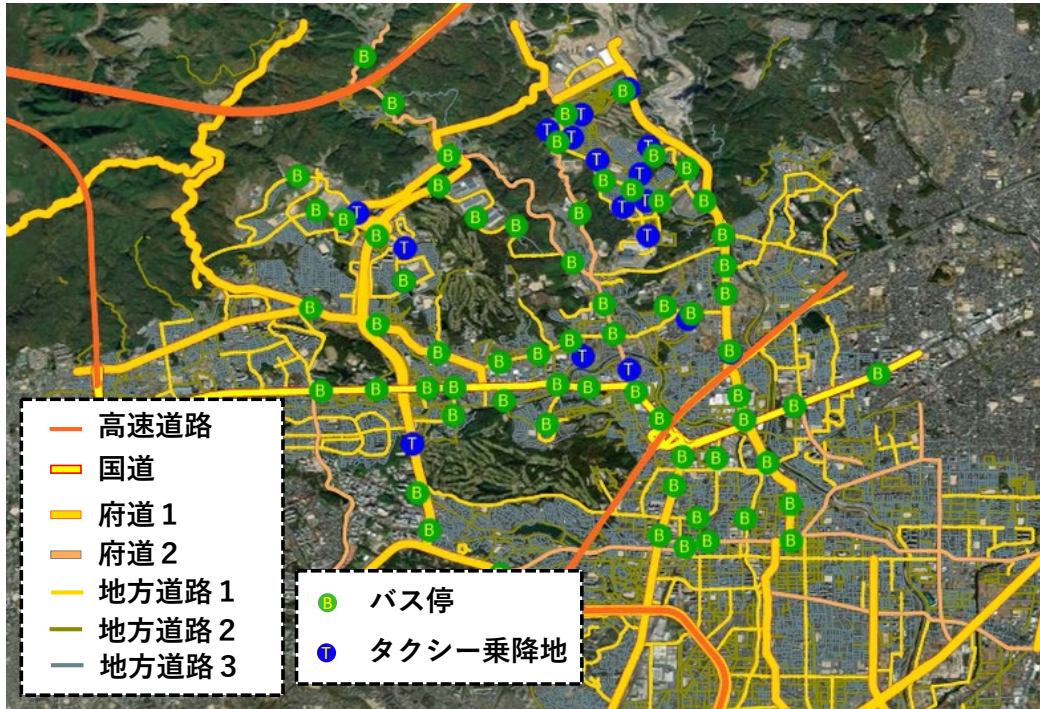
3. 経路ごとに移動需要を確率的に配分

4. 交通手段ごとの移動距離, 移動時間を算出

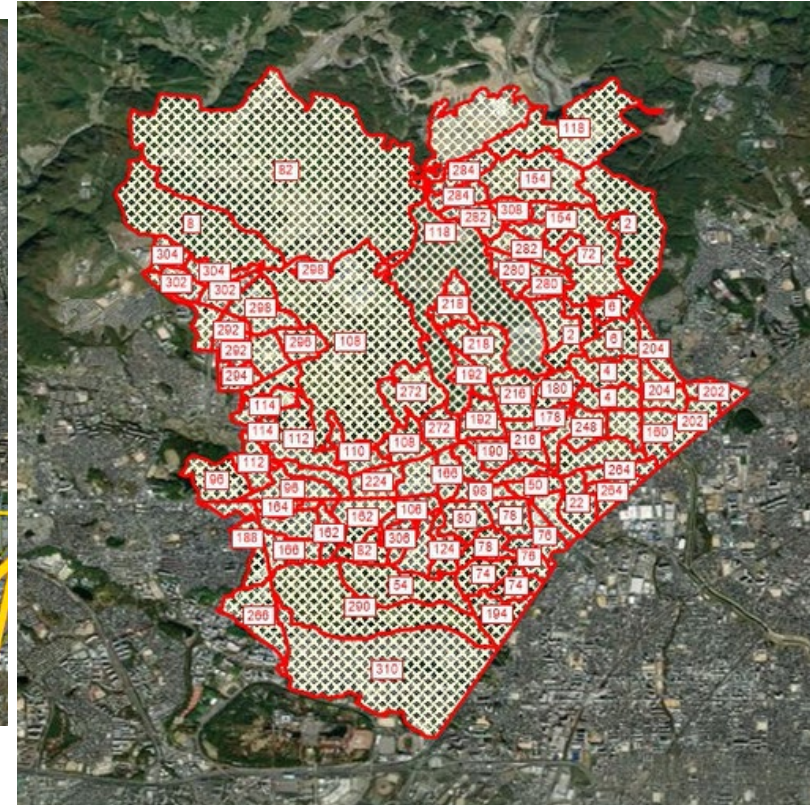


交通ネットワークモデル

道路網の構築，停留所の設置



茨木市北部のゾーン分割



相乗りタクシーの反映内容

- 人口100人あたり1箇所の乗降地点
- 中心部にタクシー待機所設置

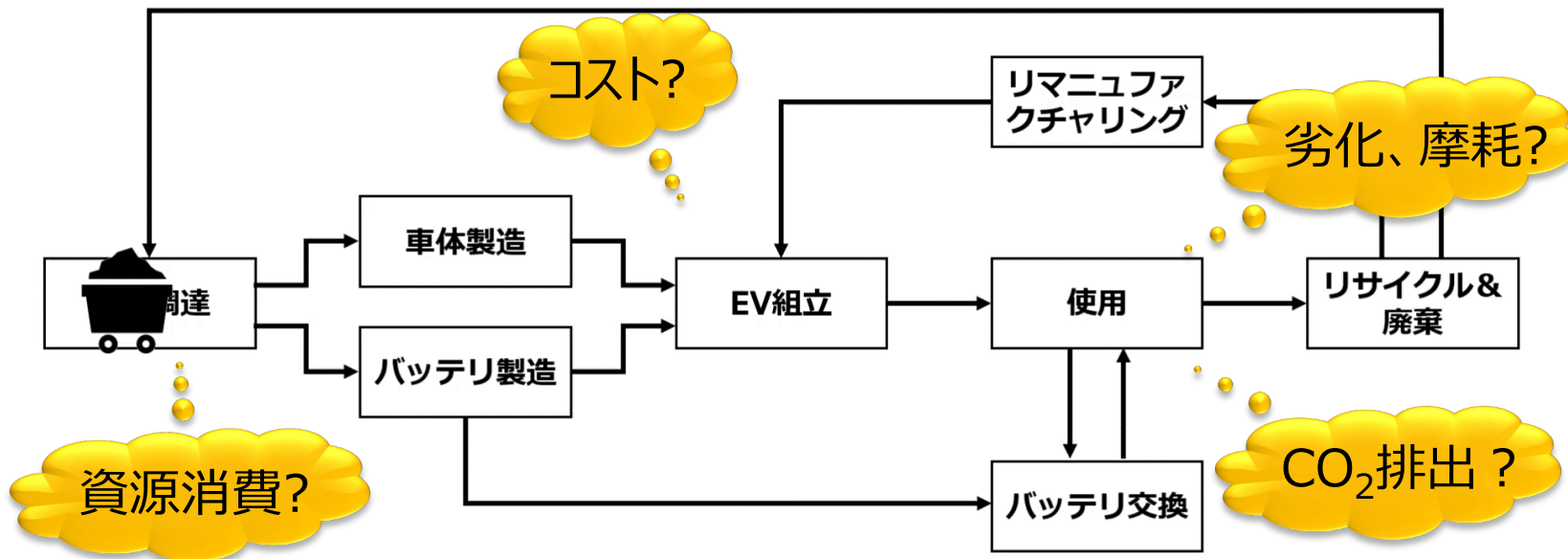
ライフサイクルシミュレーション

■ 目的

- 新規交通サービス導入によるライフサイクルCO₂、損益を計算

■ 手法の概要

- 製品個体の挙動に着目した離散事象シミュレーション
- 物質の流れを計算することで製品ごとのCO₂排出やコストを計算



評価期間と対象製品

■ 評価期間

- 2020～2050年

■ 対象製品

自家用車	路線バス	デマンド型相乗りタクシー
 <p>5人乗り普通自動車 排気量1.5[L]相当</p>	 <p>大型路線バス 全長：10～11.5[m]</p>	 <p>5人乗り普通自動車 排気量1.5[L]相当</p>
<ul style="list-style-type: none">• ガソリン車両• ハイブリッド車両• 電動車両	<ul style="list-style-type: none">• ディーゼルバス• 電動バス	<ul style="list-style-type: none">• プロパンガス車両• 電動車両

■ 車両電動化、電力ミックスの変化

- 2050年に電気自動車が新車販売の100%^[26]
- 2050年に再生可能エネルギーが100%^[27]

ライフサイクルプロセスモデル

ガソリン
自家用車

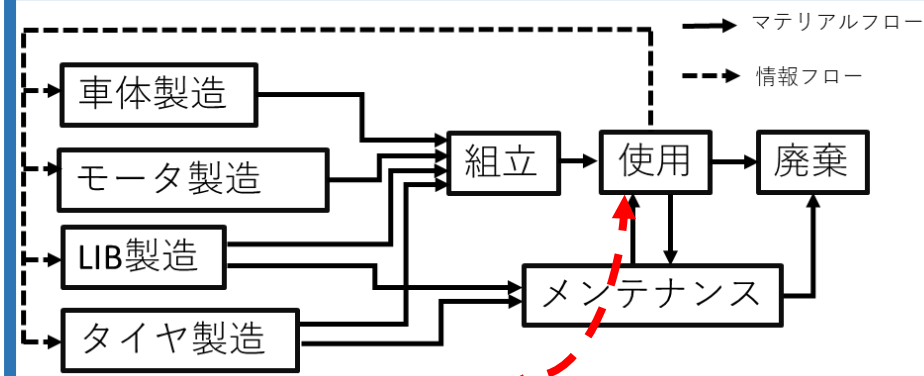
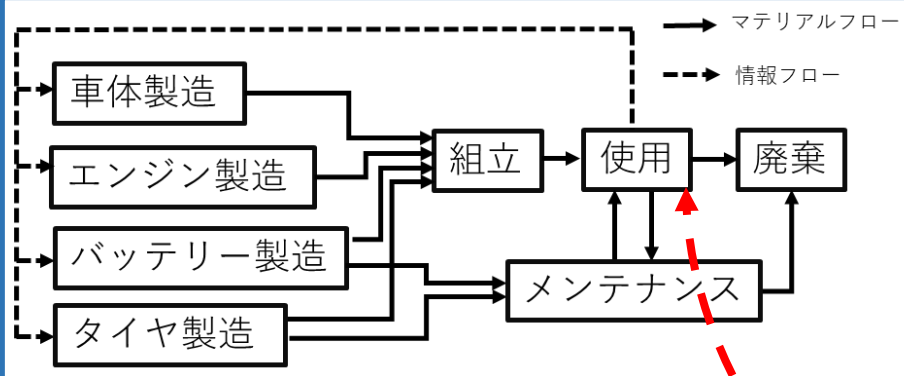
ディーゼル
バス

プロパン
タクシー

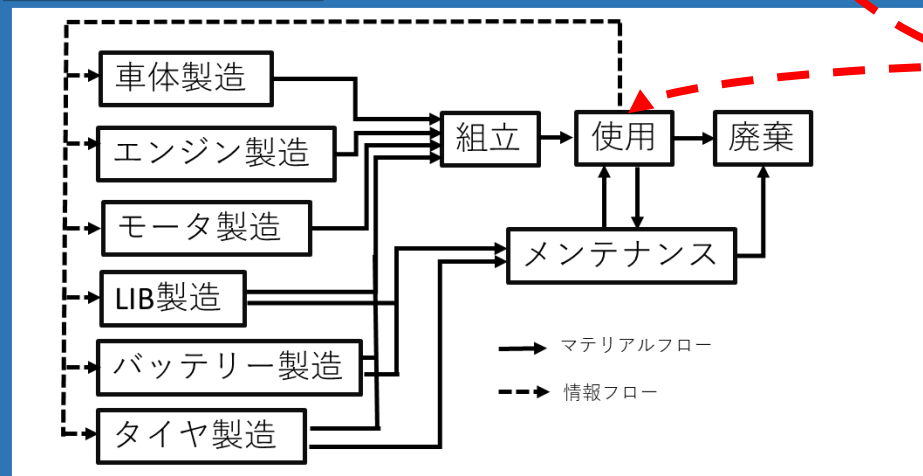
電動
自家用車

電動
バス

電動
タクシー



ハイブリッド
自家用車



走行台数, 走行距離

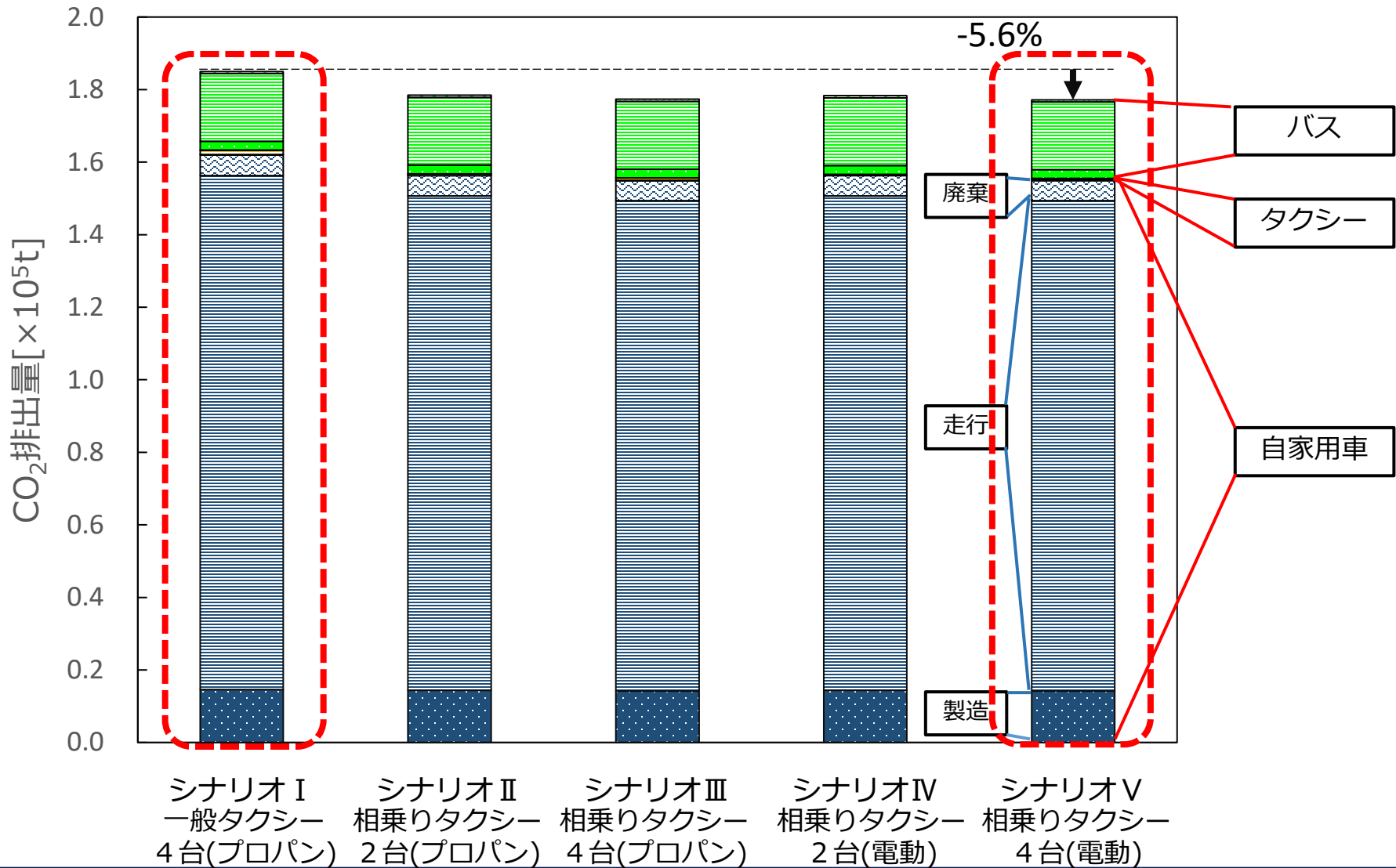
マクロ交通シミュレーション

評価シナリオ

	一般タクシー	デマンド型相乗りタクシー
シナリオⅠ	4台導入（プロパン）	導入なし
シナリオⅡ	導入なし	2台導入（プロパン）
シナリオⅢ	導入なし	4台導入（プロパン）
シナリオⅣ	導入なし	2台導入（電動）
シナリオⅤ	導入なし	4台導入（電動）

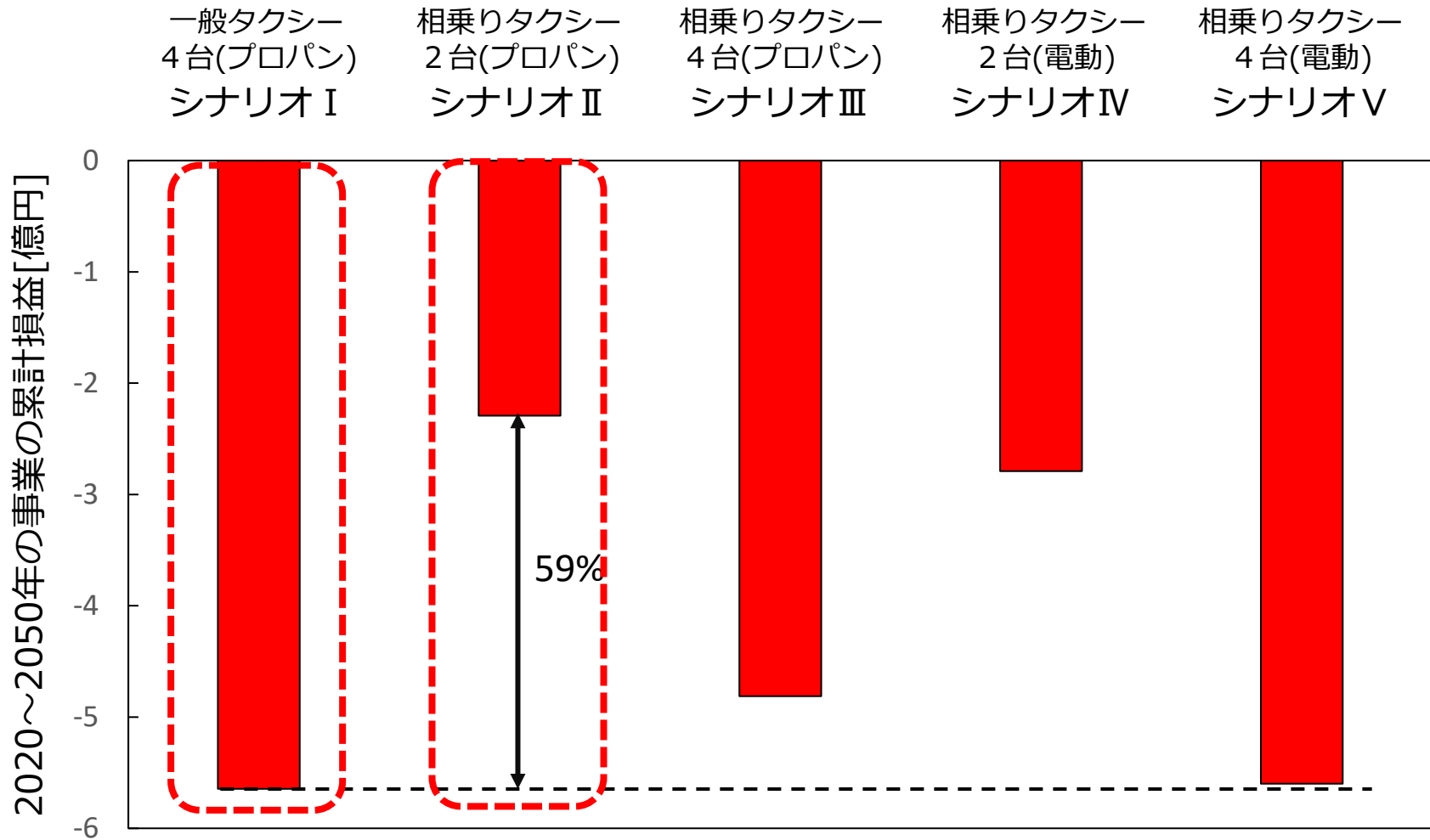
累積CO₂排出量

■ 相乗りタクシー導入による自家用車台数減少

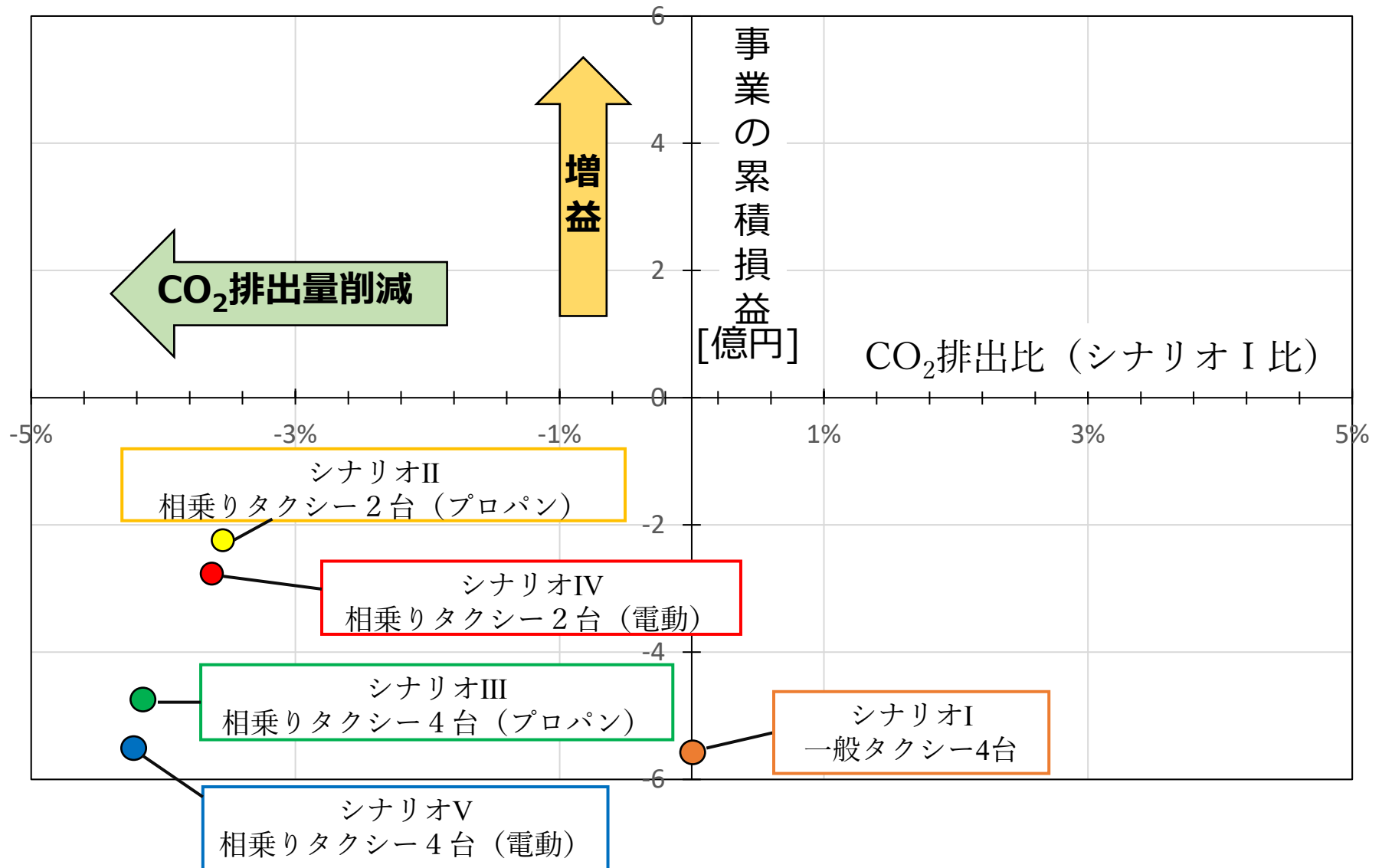


事業の累計損益

■ 導入台数による累積赤字額の低減



CO₂排出量比と累積損益



提案手法の全体像

1. 地域性と充足性を考慮した 交通サービスの要求分析

※具体例は3年目実施事例

基本ニーズワークショップ

拡張地域指向サービスブルー
プリントワークショップ

交通サービスの課題

2. 充足性と経済性を考慮した 交通サービスの設計

※具体例は2年目要求分析実施事例

交通サービス案設計

交通サービス設計案

3. 交通サービスの 持続可能性評価

※具体例は1年目設計実施事例
(相乗りタクシーサービス)

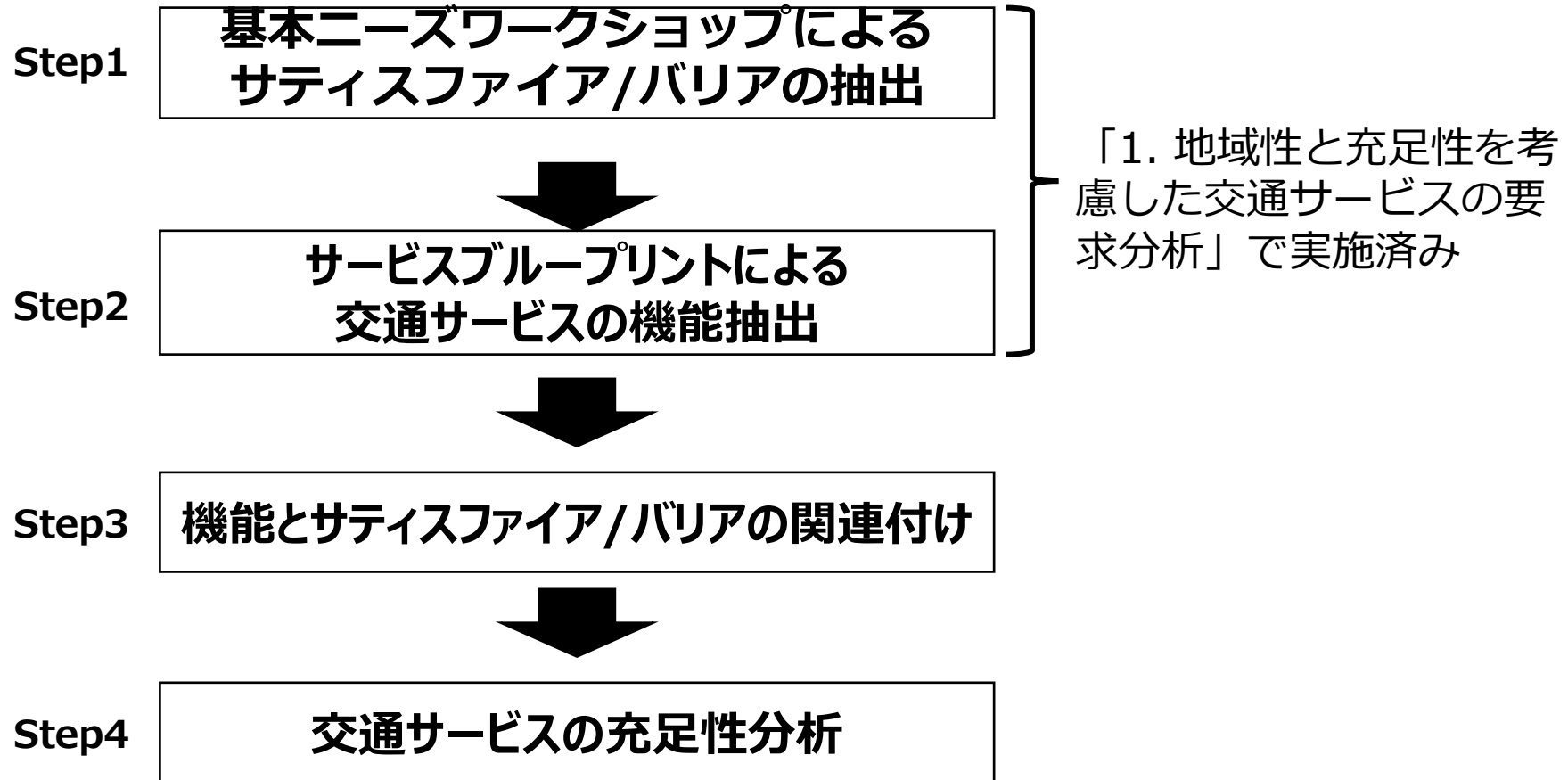
マクロ交通シミュレーション

ライフサイクルシミュレーション

充足性評価

持続可能な交通サービス案

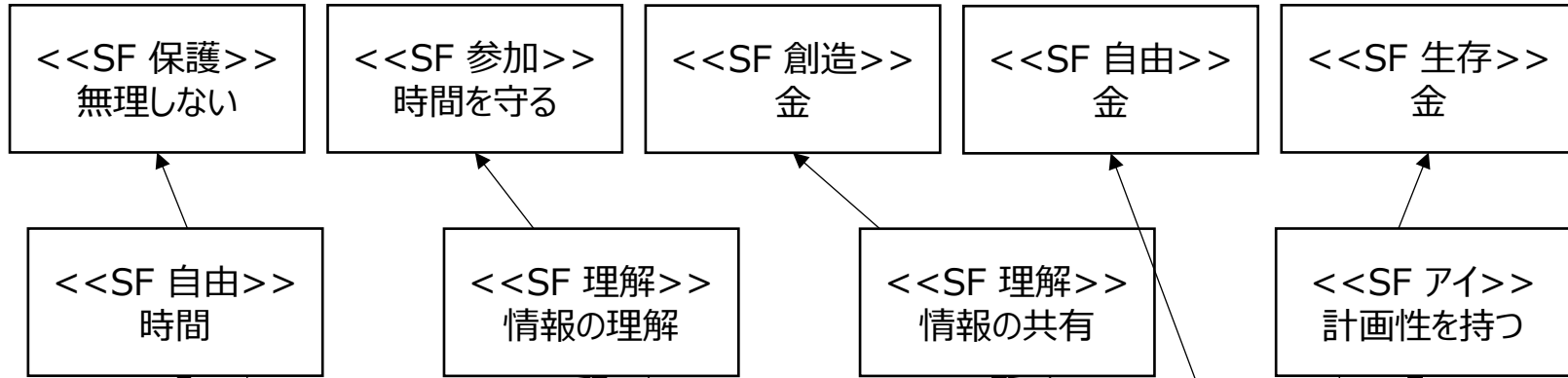
設計手順



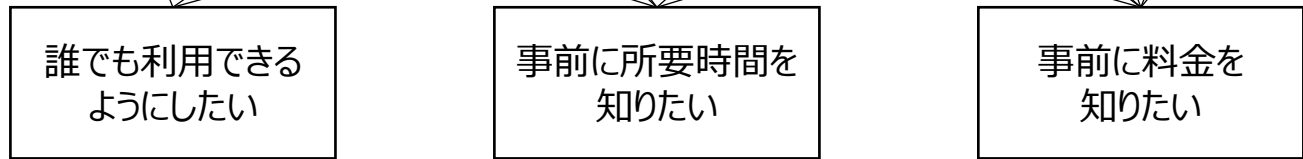
Step3:機能とサティスファイア/バリアの関連付け

■ラダリング法^[28]を用いた機能、要求、サティスファイア/バリアの関連付け

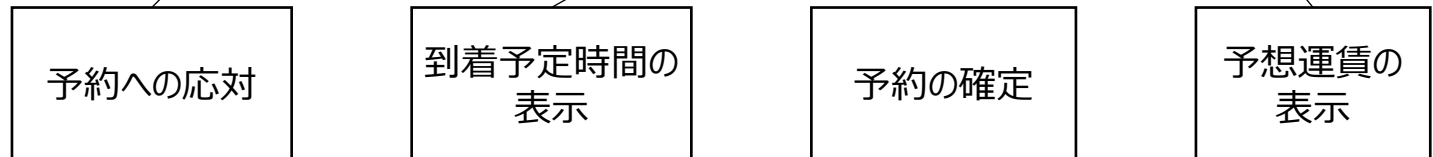
サティス
ファイア/
バリア



利用者要求



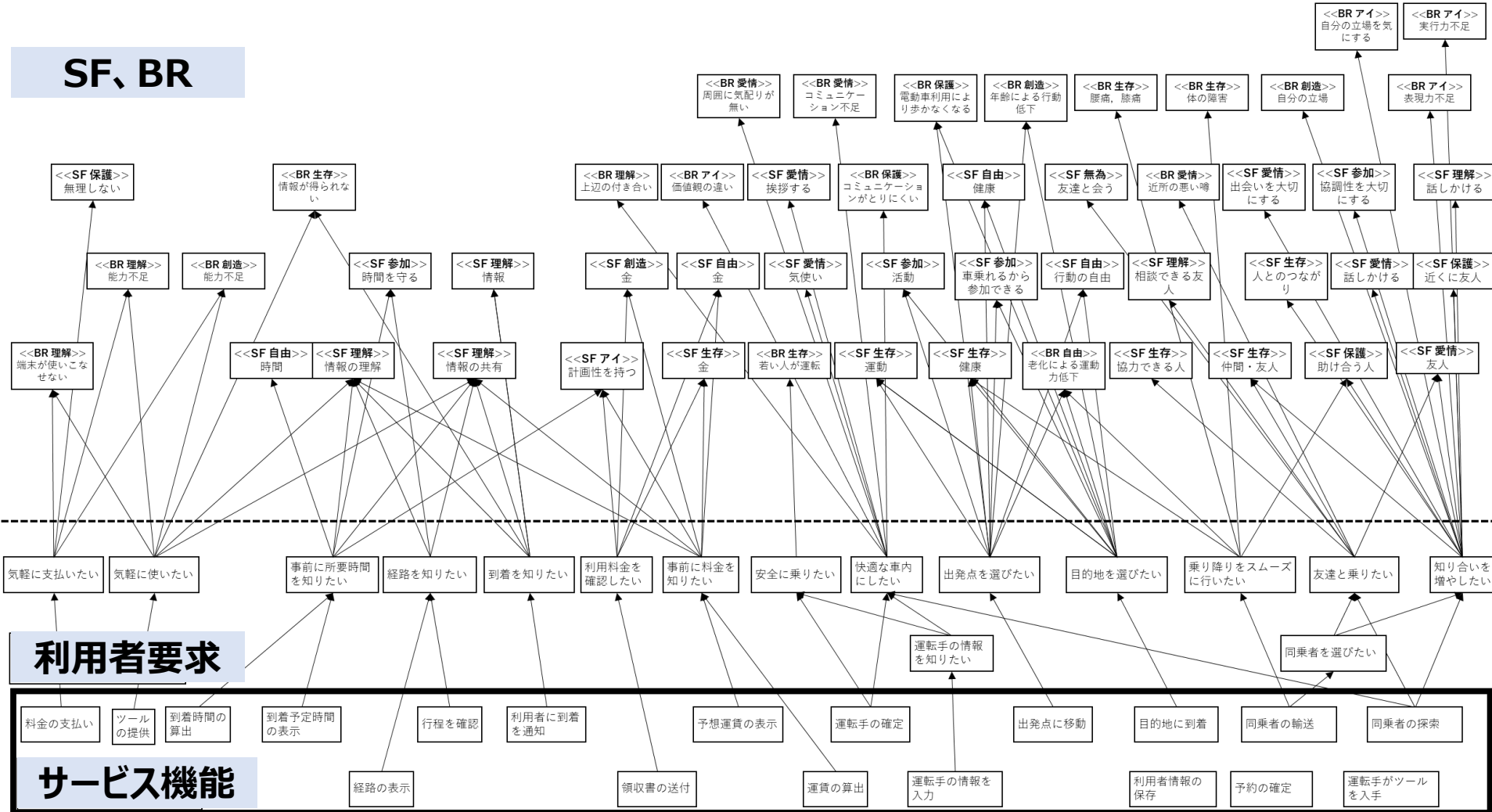
サービス機能



Step3:機能とサティスファイア/バリアの関連付け

デマンド型相乗りタクシーの接続図

SF、BR



Step4: 交通サービスの充足性分析

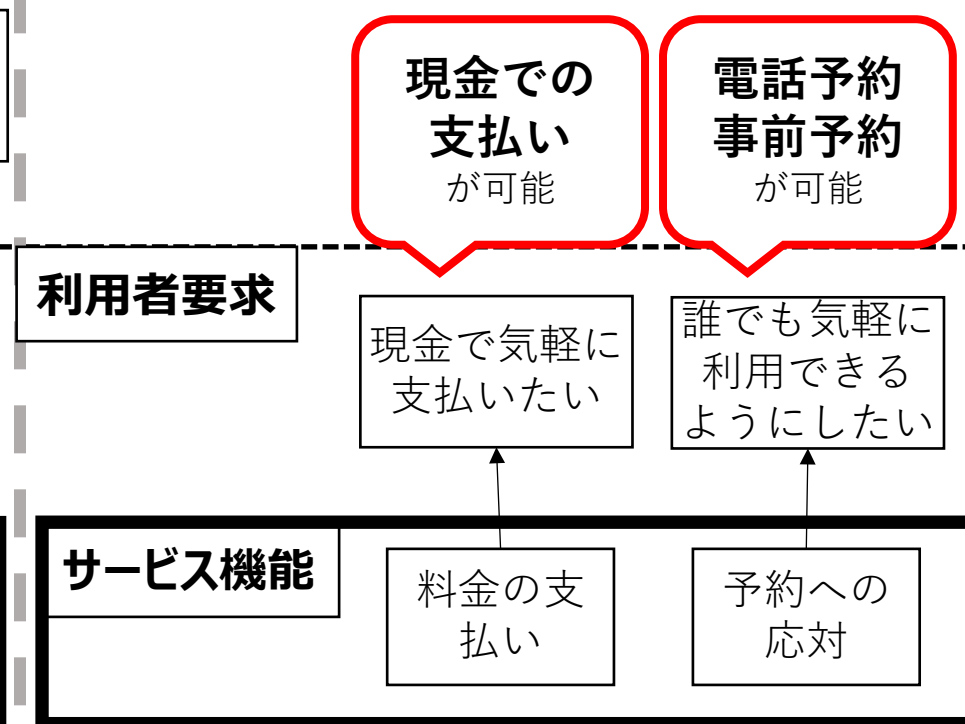
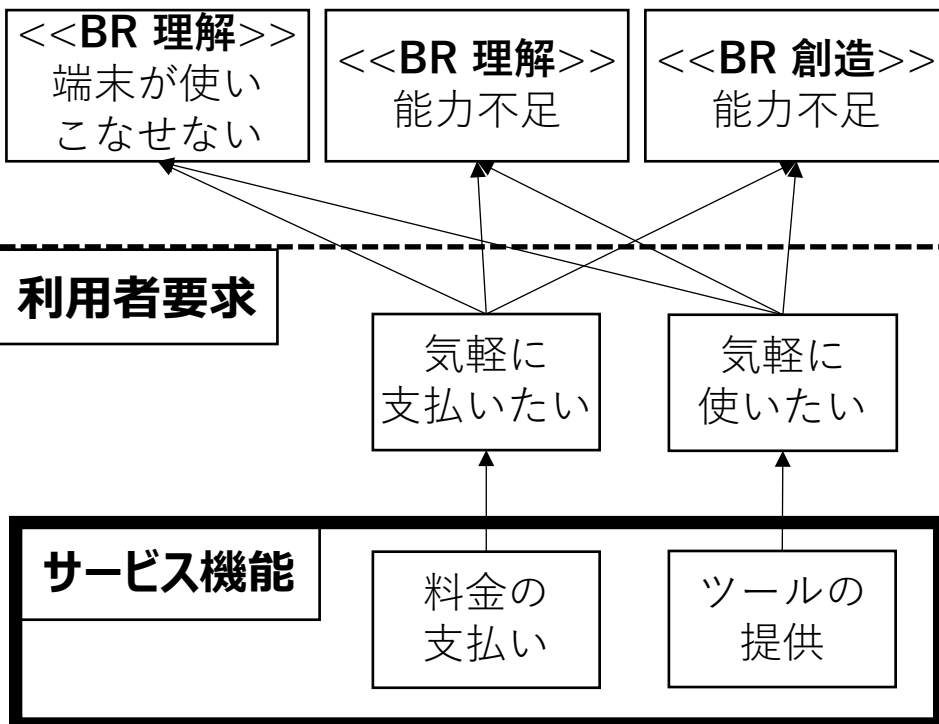
デマンド型相乗りタクシー

接続サティスファイア : 30個
接続バリア : 20個



山手台向け改良後 デマンド型相乗りタクシー

接続サティスファイア : 34個
接続バリア : 18個



結論と今後の展望

■ 結論

- 拡張地域指向サービスブループリントを提案、それを用いて山手台のステークホルダーを対象にワークショップを実施、地域性と充足性を考慮した交通サービスの要求分析の可能性を考察
- 要求分析で得られた課題に対し、文献調査とブレインストーミングを用いた改良案の発想およびPugh's Methodを応用した改良案の評価を実施、充足性と経済性を考慮した改良交通サービス案の設計が行えることを確認
- マクロ交通シミュレーションとライフサイクルシミュレーションを組み合わせたシナリオ評価を用いて、考案した改良交通サービスを含む交通システムのライフサイクルCO₂排出変化と事業者の累計損益評価を実施
- サービスブループリントとラダリングを組み合わせた交通サービスの基本ニーズ充足性評価手法を提案、考案した改良交通サービスに適用することで定性的に充足性を評価できることを確認

■ 今後の展望

- 拡張地域指向サービスブループリントの改良と複数地域での検証
- 一気通貫のケーススタディ
- 充足性の定量評価手法の構築