バス路線再編シミュレーション報告書

（苫小牧市地域公共交通計画　資料編）

令和３（2021）年６月

苫小牧市

苫小牧市公共交通協議会

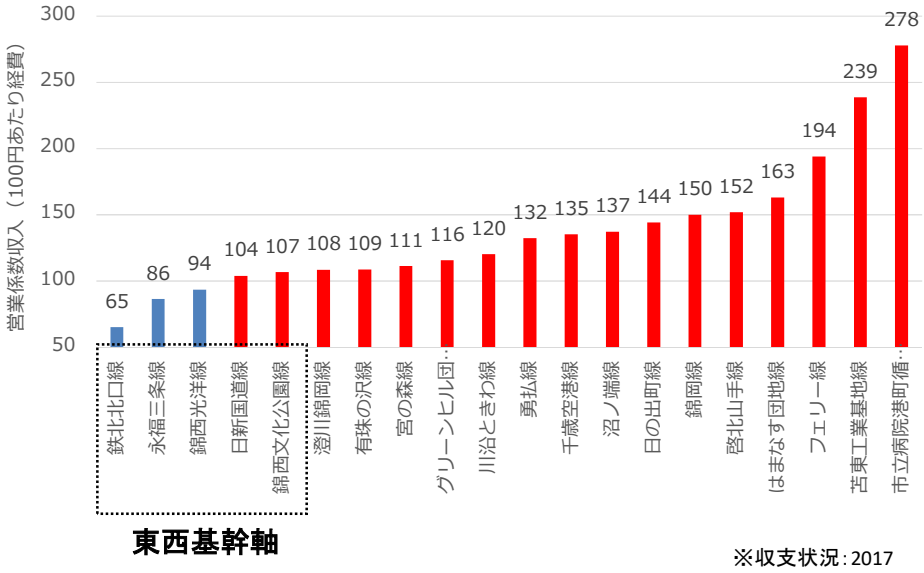
目　　次

１．　バス路線再編シミュレーションの目的 1
　１－１　市内バス交通の現状 1
　１－２　シミュレーション実施の目的 2
２．　バス路線再編シミュレーションの概要 3
　２－１　シミュレーション評価の概要 3
　２－２　シミュレーションデータの作成 5
　２－３　現況再現性の検証 17
３．　再編シナリオの検討と評価 18
　３－１　再編効果の検討に資する指標の設定 18
　３－２　再編シナリオの検討 19
４．　再編シナリオ別の評価 20
　４－１　再編シナリオ別の結果 20
　４－２　再編レーション分析の総括 25
５．　シミュレーション分析を踏まえた今後の方向性 26
　５－１　営業収支の改善について 26
　５－２　利用者サービスへの影響について 26

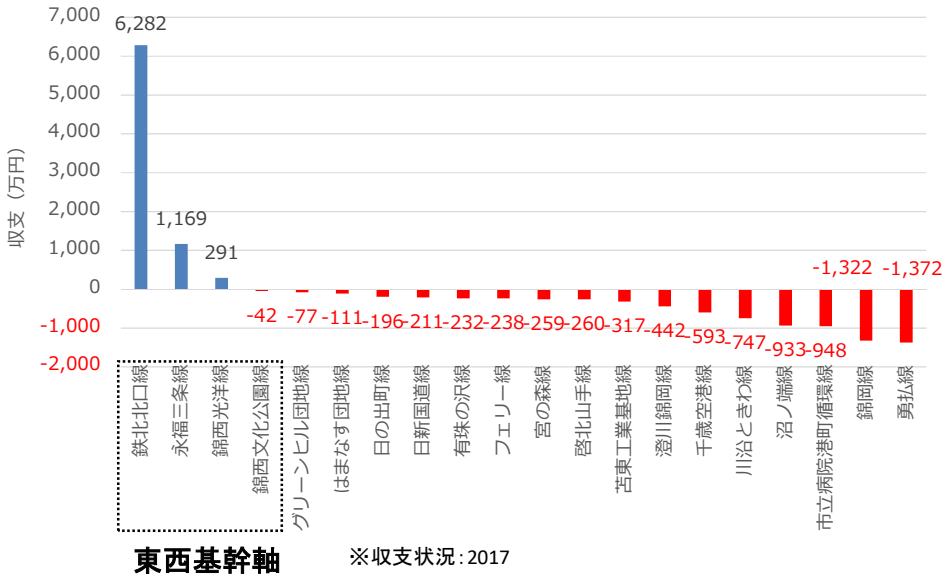
１．バス路線再編シミュレーションの目的

１－１　市内バス交通の現状

苫小牧市内のバス路線は、東西基幹軸路線と枝線や郊外線に分類されるが、東西幹線軸の鉄北北口線、永福三条線、鉄西光洋線は黒字となっているが、郊外線である勇払線、錦岡線、沼ノ端線、川沿ときわ線、千歳空港線、循環線である市立病院港町循環線は 500 万円以上の赤字路線となっている。全路線の収支では、若干の赤字という厳しい交通経営の状況にある。長期的なバスサービスの安定供給の観点から、サービスの大きな低下を避けつつ運営コストの低下を図る必要な状況にある。



図表　1-1　市内バス路線の営業係数



図表　1-2　市内バス路線の収支

１－２ シミュレーション実施の目的

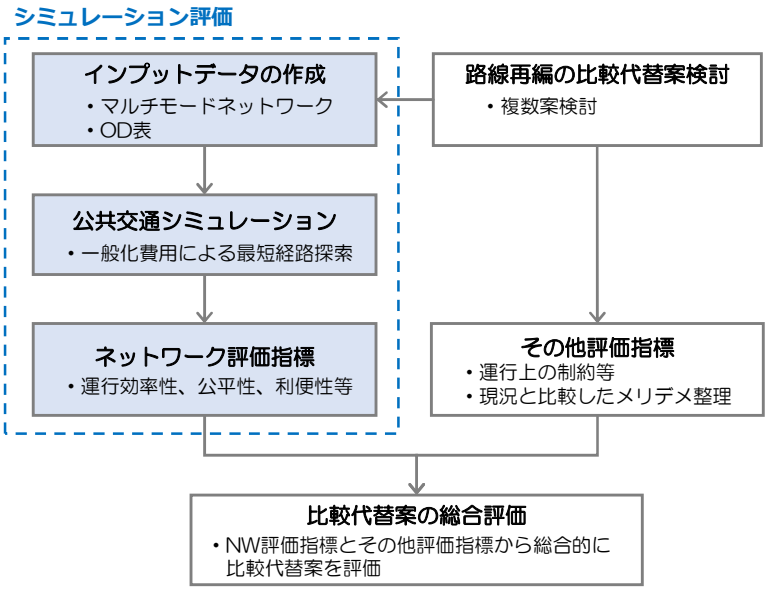
バスの経営環境を改善には、公共交通の再編の方向性を検討し、その検討結果が目的の達成に資するかを判断することが必要となる。再編には主に東西幹線軸は系統の分割と増便、系統の集約等により、郊外路線（枝線）と市内循環線は、東西幹線軸との役割分担を明確化し、サービスと収支率の向上を図ることが基本とされるが、サービスの低下に留意しつつ、東西幹線軸との重複区間の路線延長を縮小しコストの低減を図ることが求まられることから、シミュレーションにおいては東西基幹軸や枝線の再編の方向が正しいか、留意点は何かを判断するために実施するものとする。

２．バス路線再編シミュレーションの概要

２－１ シミュレーション評価の概要

（１）シミュレーション評価の流れ

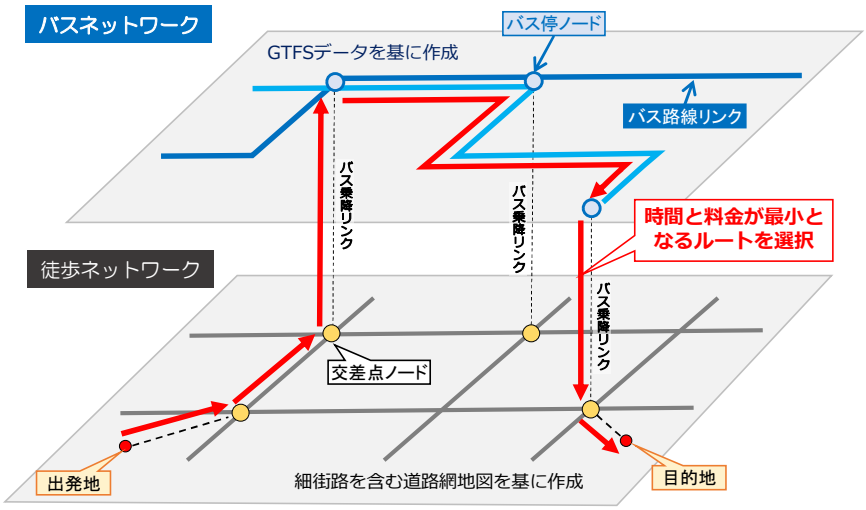
バス路線の再編シミュレーションは、公共交通の配分交通量推計モデルを用い評価することとする。シミュレーション評価では徒歩ネットワーク、バスネットワークで構成されるマルチモーダルネットワークと OD 表（整理券による停留所間の乗降データから作成）を用いて一般化費用の最小化による経路探索を行い、対応する OD 交通量をネットワーク上に配分することでバス利用者の交通行動を表現する。以下にシミュレーションによる評価フローを示す。



図表 2-1 シミュレーションによる評価フロー

（２）シミュレーションにおける経路選択モデル

経路選択の過程においては、同一のバス停ペアには利用可能な複数のバス路線があることが想定されることから、利用者はこの複数の利用ルートを確率的に選択するものと考える。利用ルートの確率選択には、各路線のバス停待ち時間、所要時間、運賃を効用関数とするロジット型の選択モデルを組み込み、確率的に各路線へ OD 交通量を配分する事とした。以下に、バス利用経路の選択モデル式を示す。
なお、本検討においては、バス利用経路（経路選択肢ｋ）は最大で１０経路を列挙し、時間価値αは現況再現性の最も高い 22 円/分を設定している。



図表　2-2　シミュレーションにおける経路探索のイメージ

バス利用経路の選択確率

$$P_i = \frac{exp(V_i)}{\sum_k exp(V_k)}$$

バス利用経路 i の効用関数 Vi

$$V_i = \alpha(T_{wi} + T_i) + C_i$$

時間価値　徒歩＋乗車時間　待ち時間　運賃

２－２ シミュレーションデータの作成

（１）ネットワークデータの作成

シミュレーション用のネットワークデータは、歩行者用ネットワークおよびバスネットワーク、歩行者ネットワークとバスネットワークをバス停で接続するバス乗降リンクから構成される。

①歩行者用ネットワーク

歩行者用ネットワークは、オープンストリートマップ（OSM）を用い作成した。

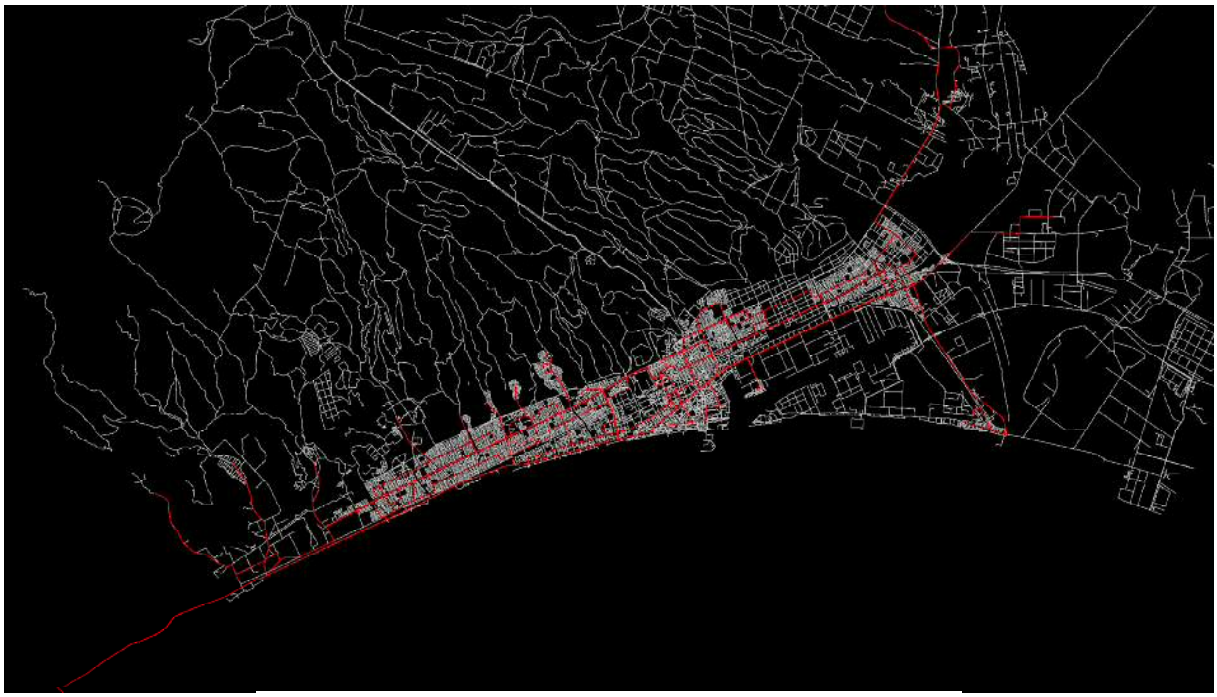
OSM データは、道路を一本の線として表現しており、交差点が必ずしもノードとなる構造でないため、線データの交点と端点をノードとするリンクデータへの変換を行い作成した。

作成を行った歩行者ネットワークデータのデータ規模は、リンク本数が 22,239 本となっている。

②バスネットワーク

バスネットワークデータは、公共交通のオープンデータとして道南バスが公開する GTFS を用い作成した。GTFS は、バス停間を直線で結ぶリンクとして構成されているため、走行距離の正確な算定を行えないことから、道路上のカーブに合わせてリンクデータを曲線化し、バスネットワークデータとした。また、バスの運行本数等のデータは GTFS に収録されるバス停時刻表データを集計し、各バス停における運行待ち時間をバス乗降リンクに設定した。

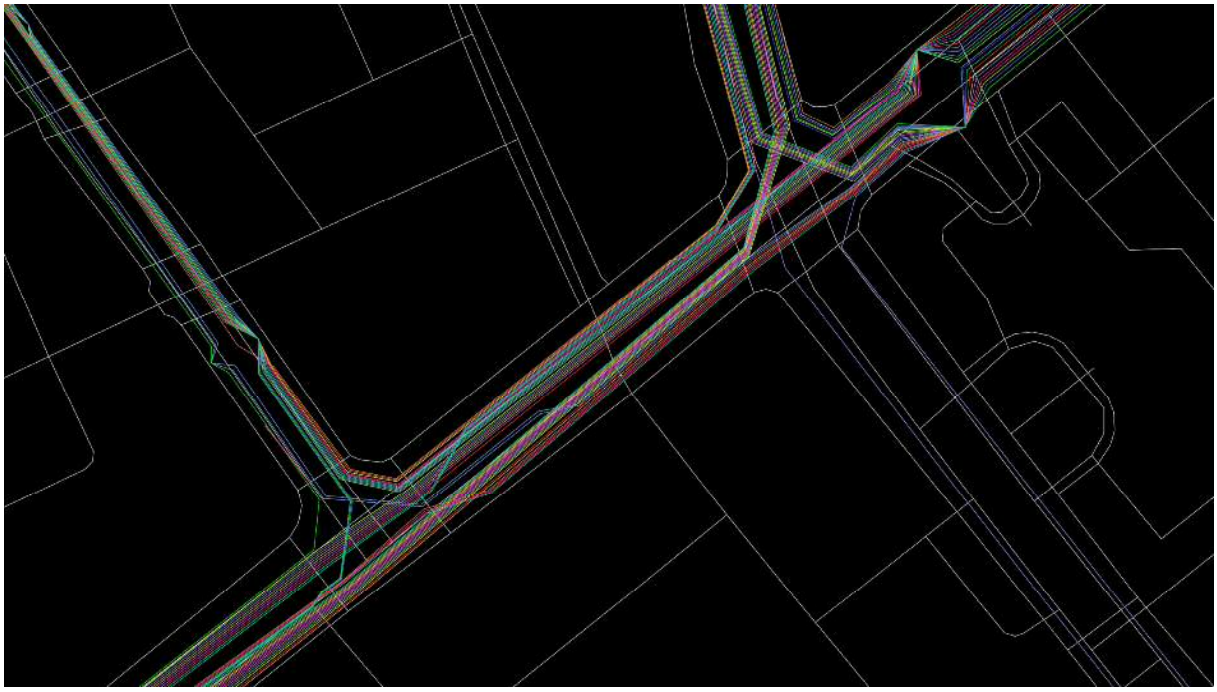
作成を行ったバスネットワークのデータ規模はリンク本数が 6,227 本、バス接続リンクは 4,190 本となっている。



図表 2-3 ネットワークデータ（全体図）

※白：歩行者用ネットワーク　赤：バスネットワーク

なお、バスネットワークは、同一区間に複数の路線が走行しておりリンクが重なることから、各路線のリンクデータを管理しやすいように、各路線のリンクデータの座標をオフセットさせリンクデータを構成した。



図表 2-4 ネットワークデータ（拡大）

白：歩行者用ネットワーク

その他：各バス路線を色分けし表現

（2）OD データ作成

①OD データ作成の概要

シミュレーション用の OD データは、バス停留所の半径 300m をバス停からの徒歩圏内とし、バス停間の乗降データを基に範囲内に立地する建物の重心を交通の発生集中ポイントとして設定する事により作成する。

建物別の交通量の決定に際しては、バス停間の乗降データの集計結果からバス停毎の利用交通量を集計し、バス停留所の半径 300m 以内に立地する建物の用途別延床面積を説明変数として建物用途別の発生集中交通量を推定する重回帰分析を実施。回帰分析の結果から出力される建物用途別の各パラメータを建物毎の交通量を決定するための係数として採用した。尚、シミュレーション用の OD データは利用券種から設定した属性別に時間帯別の OD データを作成する。

次頁に、OD データ作成方法の概要を示す。

図表　2-5　利用データ

データ	概要
バス乗降データ	2018 年 10 月 24 日･25 日･31 日、11 月 7 日･8 日の 5 日間における苫小牧市内発着バス路線の乗降データ
都市計画基礎調査データ	2015 都市計画基礎調査（苫小牧市）建物データ

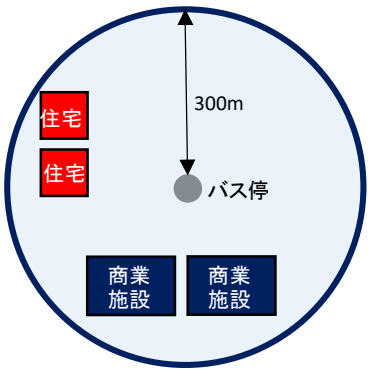
図表　2-6　OD 作成の属性

券種名	集計区分（属性）
苫小牧障がい者パス	障がい者･高齢者
苫小牧老人ワンコイン	
苫小牧老人パス	
通勤定期券	通勤
通学定期券	通学
苫小牧学生カード	その他
乗車券	
回数券	
バスカード	
昼間カード	

図表　2-7　OD 作成の時間帯区分

時間帯区分	時間帯
朝	始発バス～9:00
昼	9:00～17:00
夜	17:00～最終バス

【ＳＴＥＰ１】：建物用途別の割り付けパラメータの推定



① 乗降データより、バス停留所別の利用交通量を集計
② 都市計画基礎調査データより、バス停留所から半径300m圏内の建物用途別延床面積を集計
③ ①を目的変数②を説明変数とする重回帰分析により、バス停留所の利用交通量に対する建物用途別のパラメータを推定

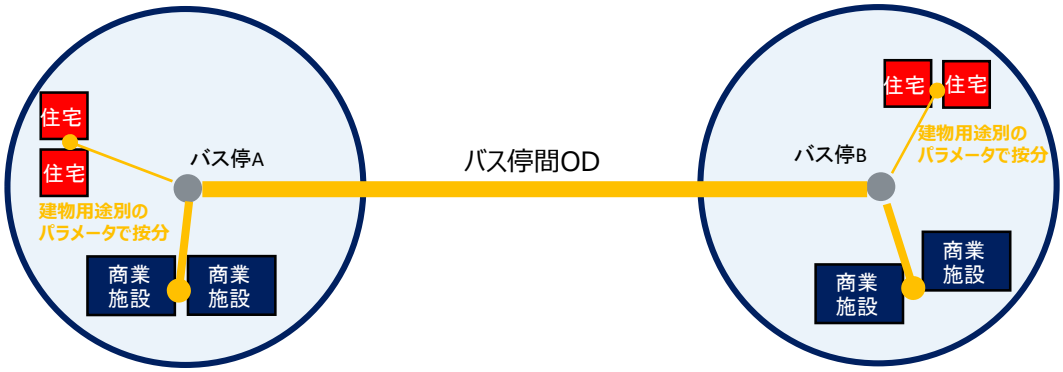
①利用交通量＝●●（人/日）

②建物用途別延床面積
住宅＝●●㎢、商業施設＝●●㎢

③重回帰分析の結果
⇒建物用途別のパラメータ（例の場合、α･βの数値）を推定

【利用交通量】＝α×【住宅（㎢）】+β×【商業（㎢）】

【ＳＴＥＰ２】：乗降データを基にしたODデータの作成



建物用途別の建物の重心を交通量の発生集中ポイントとして設定。
バス乗降データより集計したバス停留所間のODをベースとし、STEP1で推定した建物用途別のパラメータを割り付け比率として、各建物用途別に交通量を按分。

図表 2-8 OD データ作成の概要

②乗降データの整理

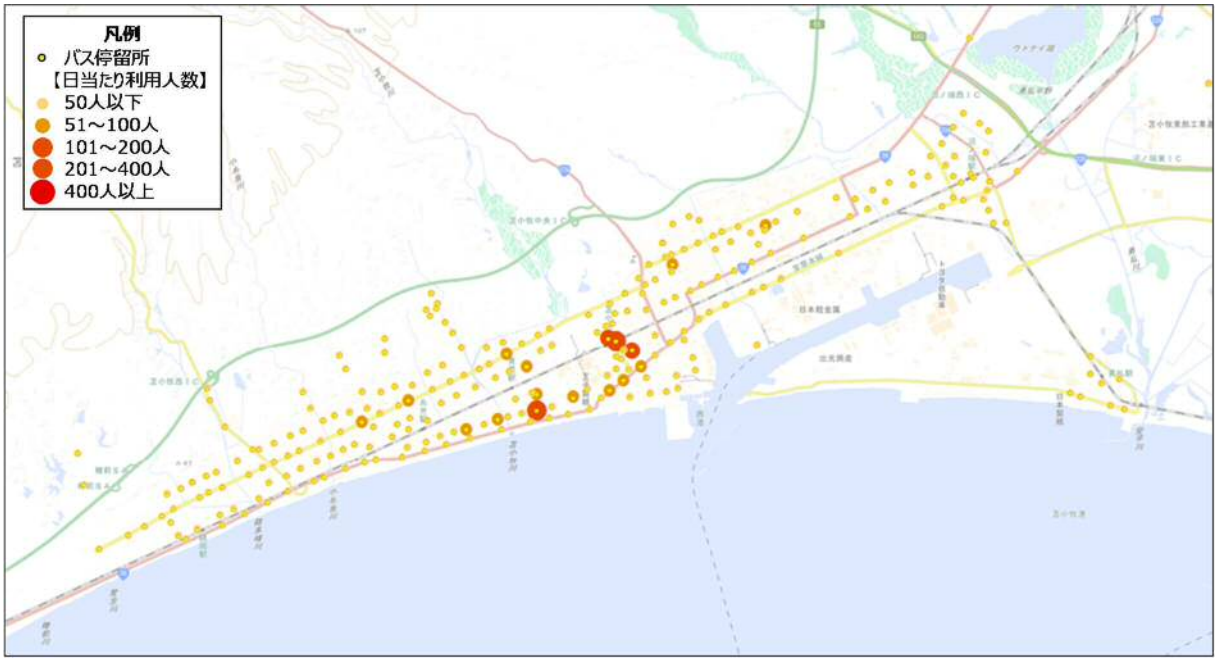
乗降データより、バス停留所毎の日当たりの利用人数を集計した。

利用人数の集計区分は、バス乗降データに内包されている利用券種より、以下の区分を設定して集計を行った。集計した結果、駅周辺や医療施設・行政施設や学校等が周辺に立地している停留所において利用が多い事が確認された。

図表　2-9　利用人数の集計区分

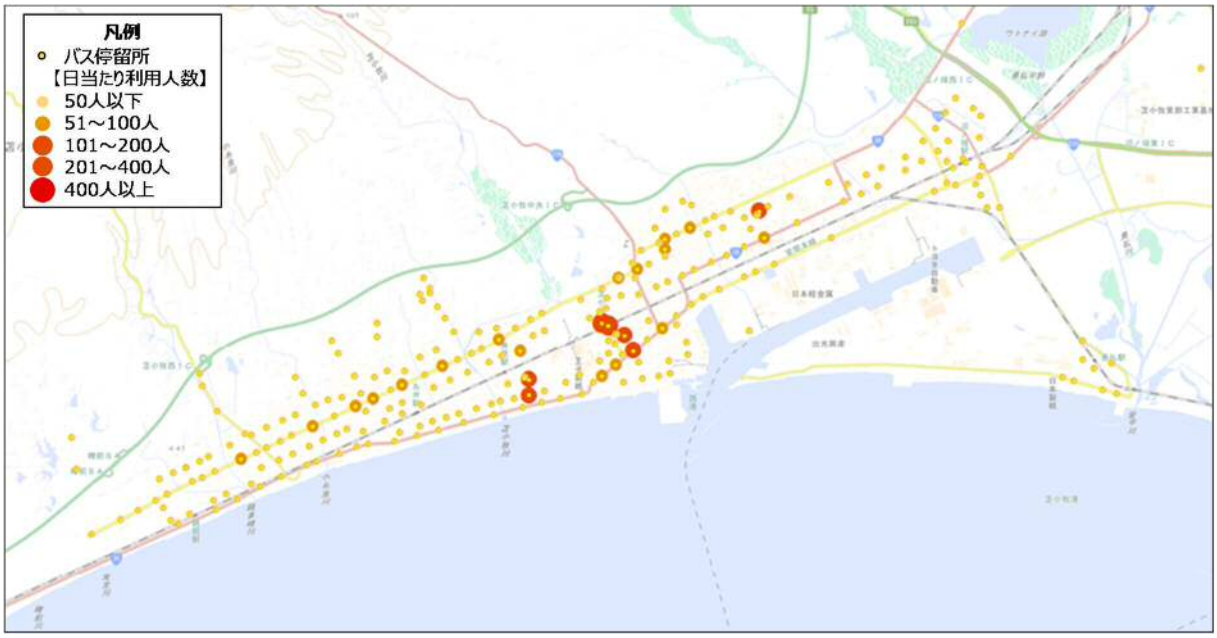
券種名	集計区分（属性）
苫小牧障がい者パス	障がい者・高齢者
苫小牧老人ワンコイン	
苫小牧老人パス	
通勤定期券	通勤
通学定期券	その他
苫小牧学生カード	
乗車券	
回数券	
バスカード	
昼間カード	

図表　2-10　バス乗降データの集計結果（合計）



図表　2-11　バス乗降データの集計結果（障がい者・高齢者）

図表 2-12 バス乗降データの集計結果（通勤）

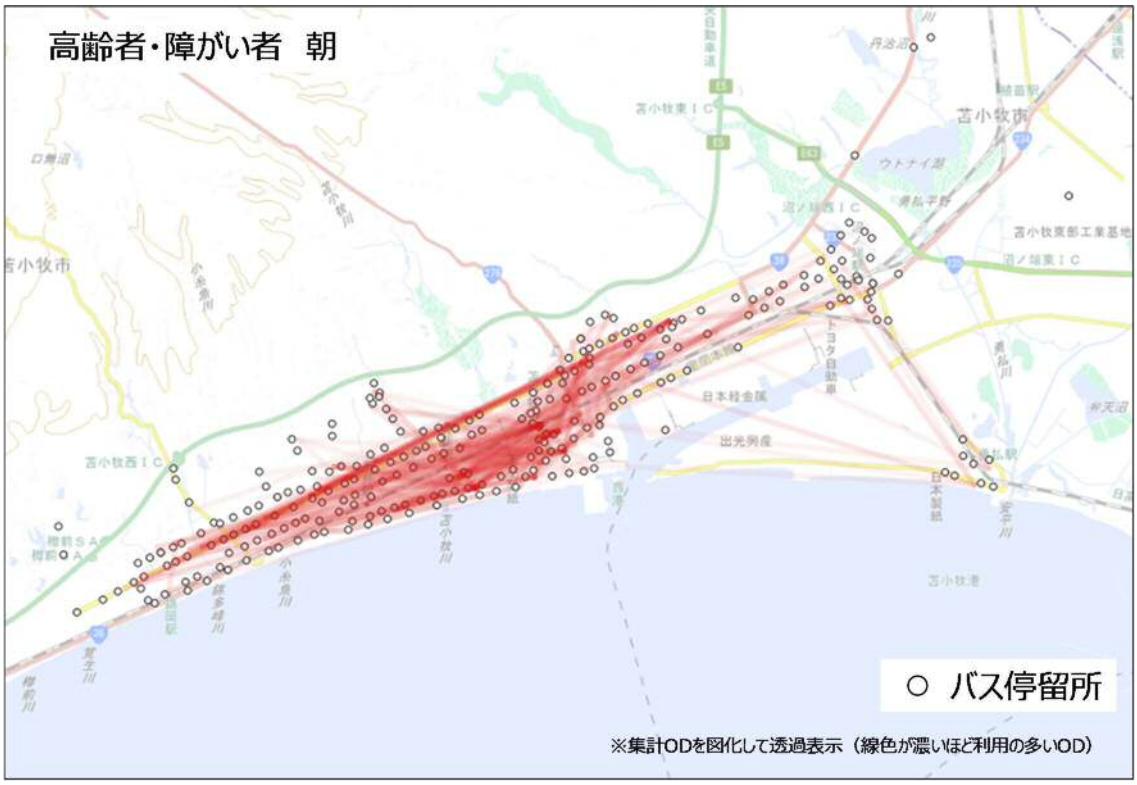


図表 2-13 バス乗降データの集計結果（その他）

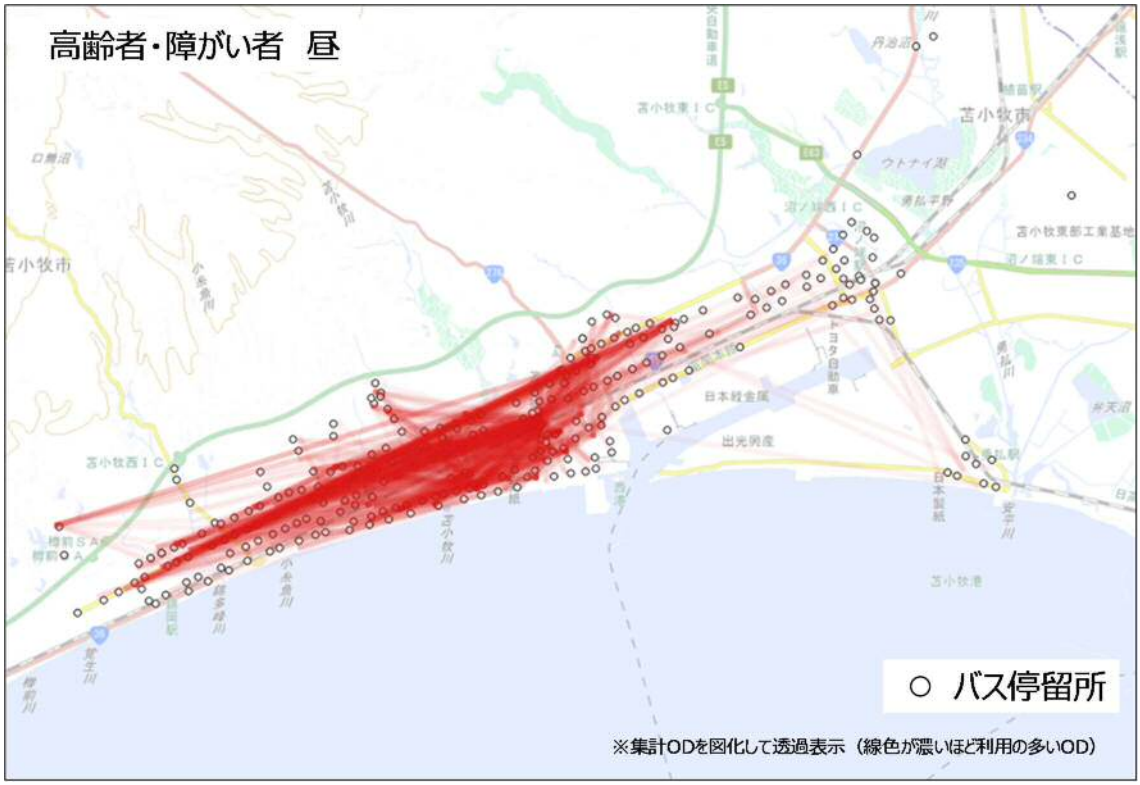
③シミュレーション用 OD データの作成

乗降データの整理結果を基に、シミュレーション用 OD データの作成を行った。

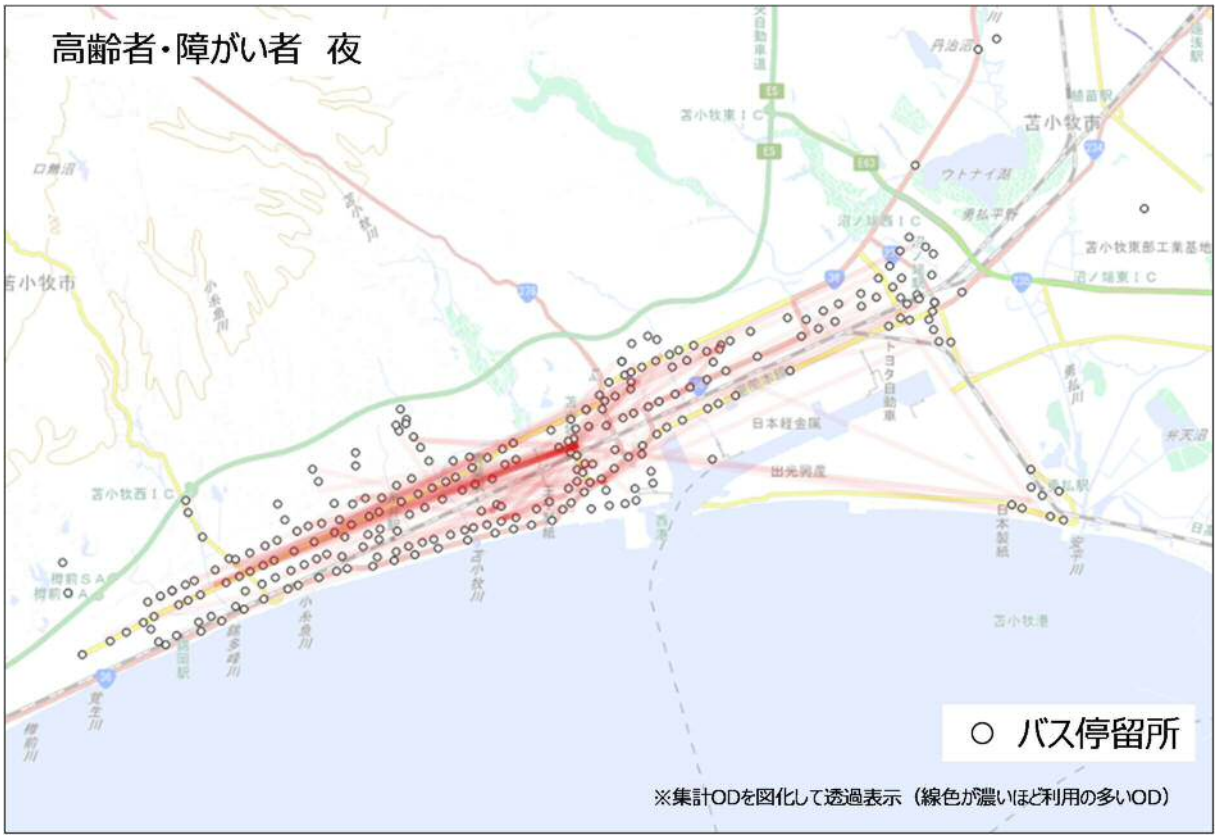
建物別に按分し、時間帯別に作成した OD データを以下に示す。



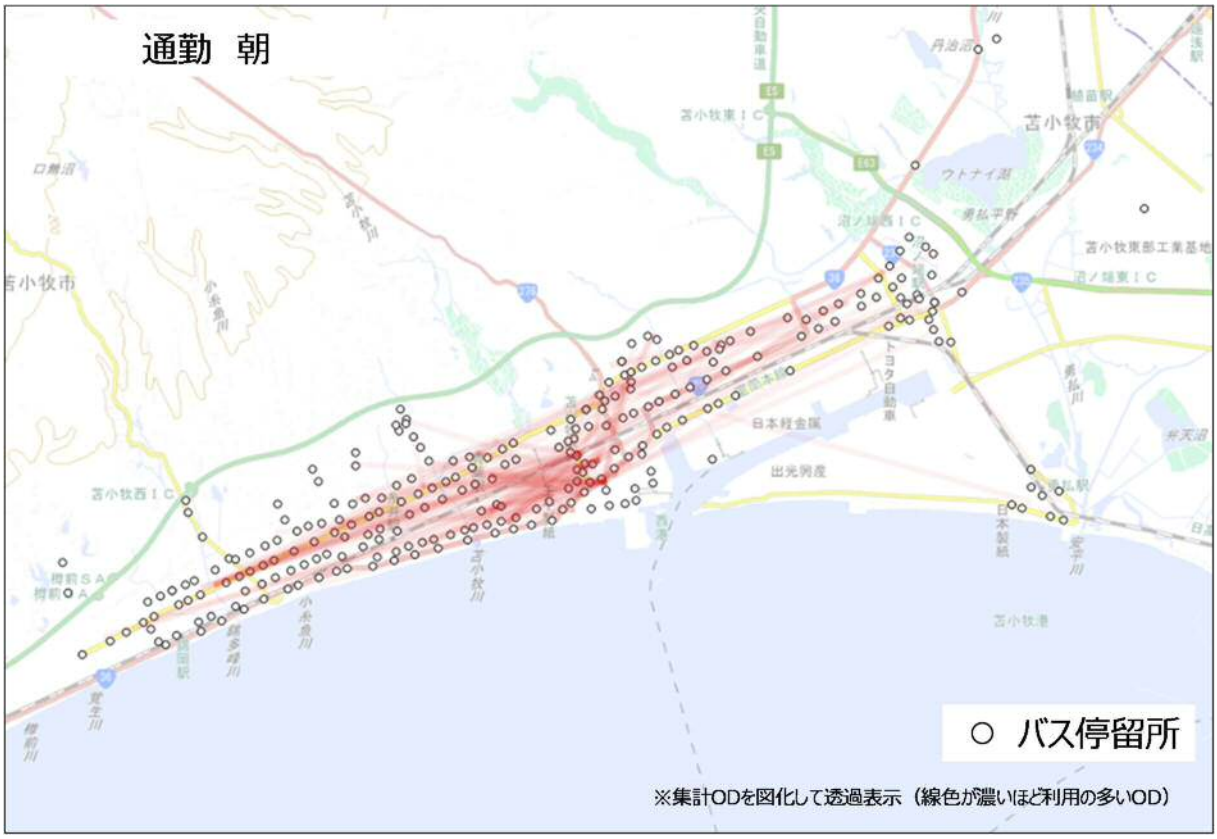
図表　2-14　シミュレーション用 OD データ（高齢者・障がい者：朝）



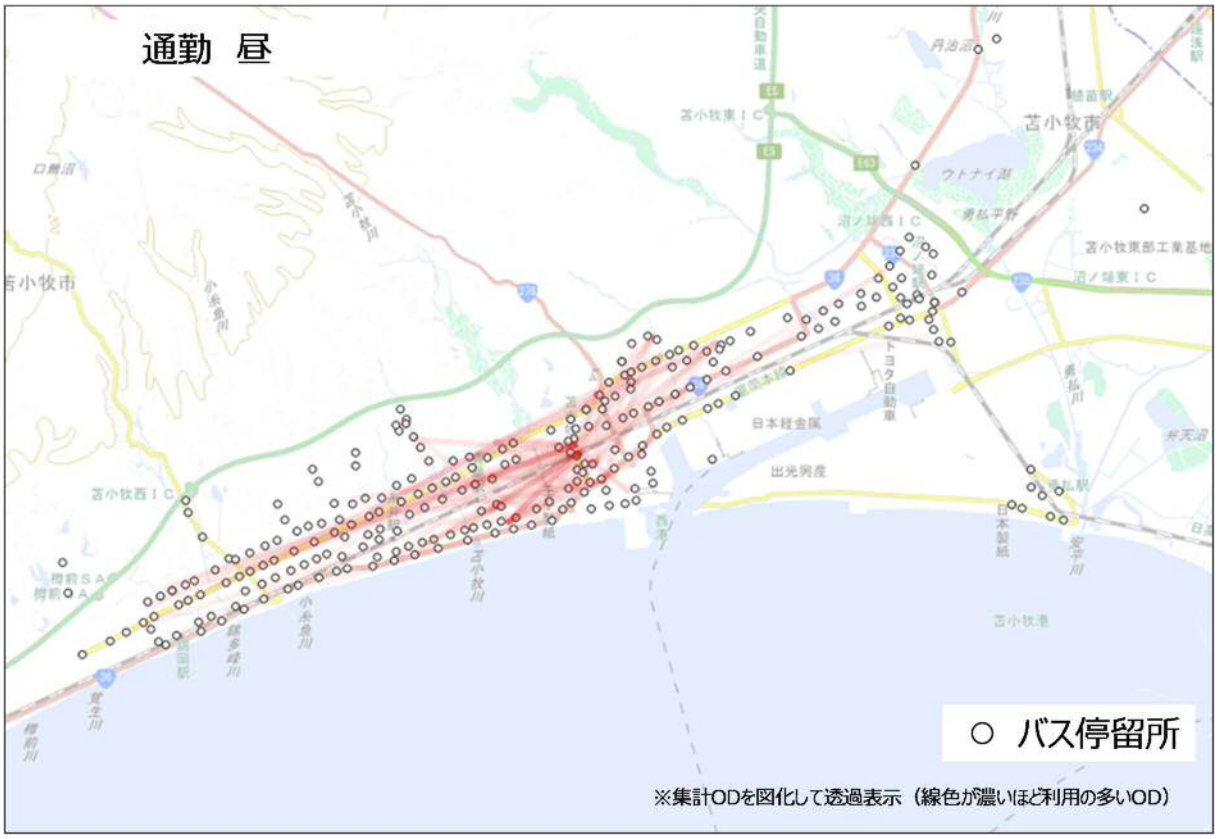
図表　2-15　シミュレーション用 OD データ（高齢者・障がい者：昼）



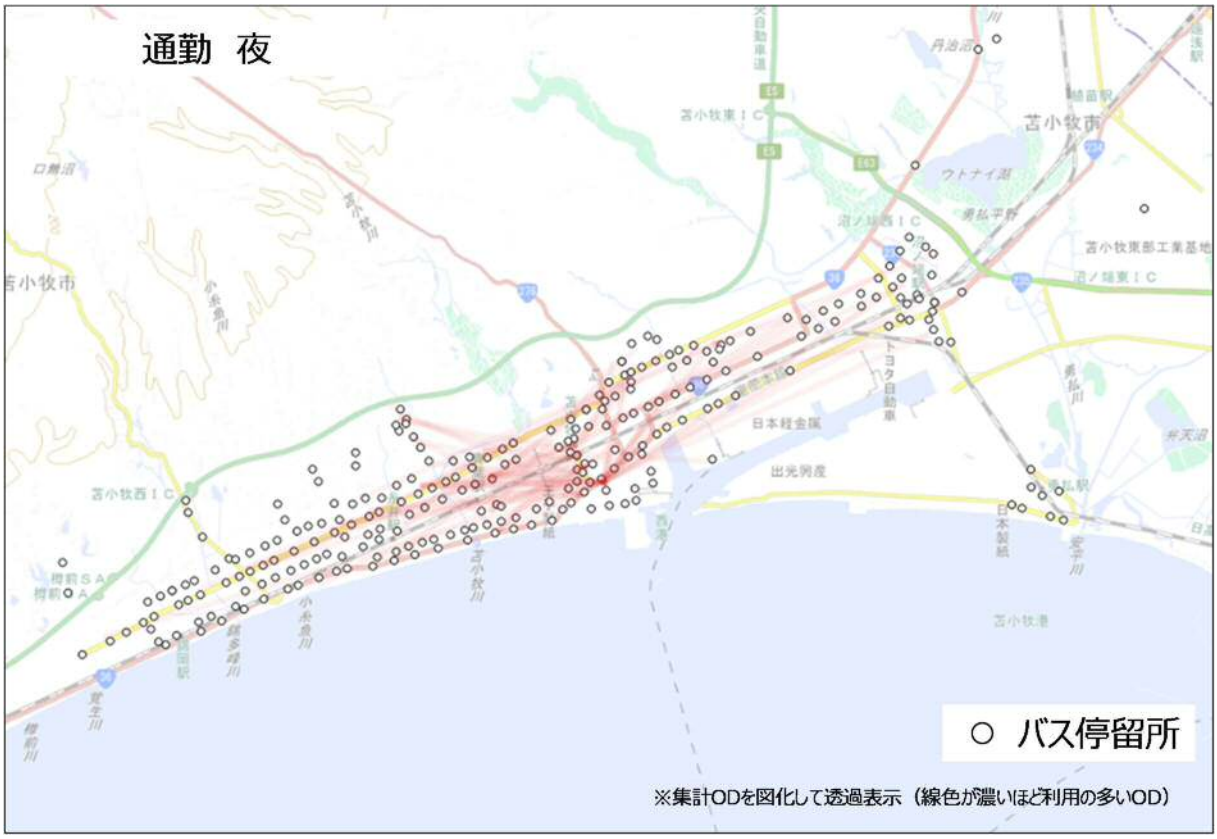
図表　2-16　シミュレーション用 OD データ（高齢者・障がい者：夜）



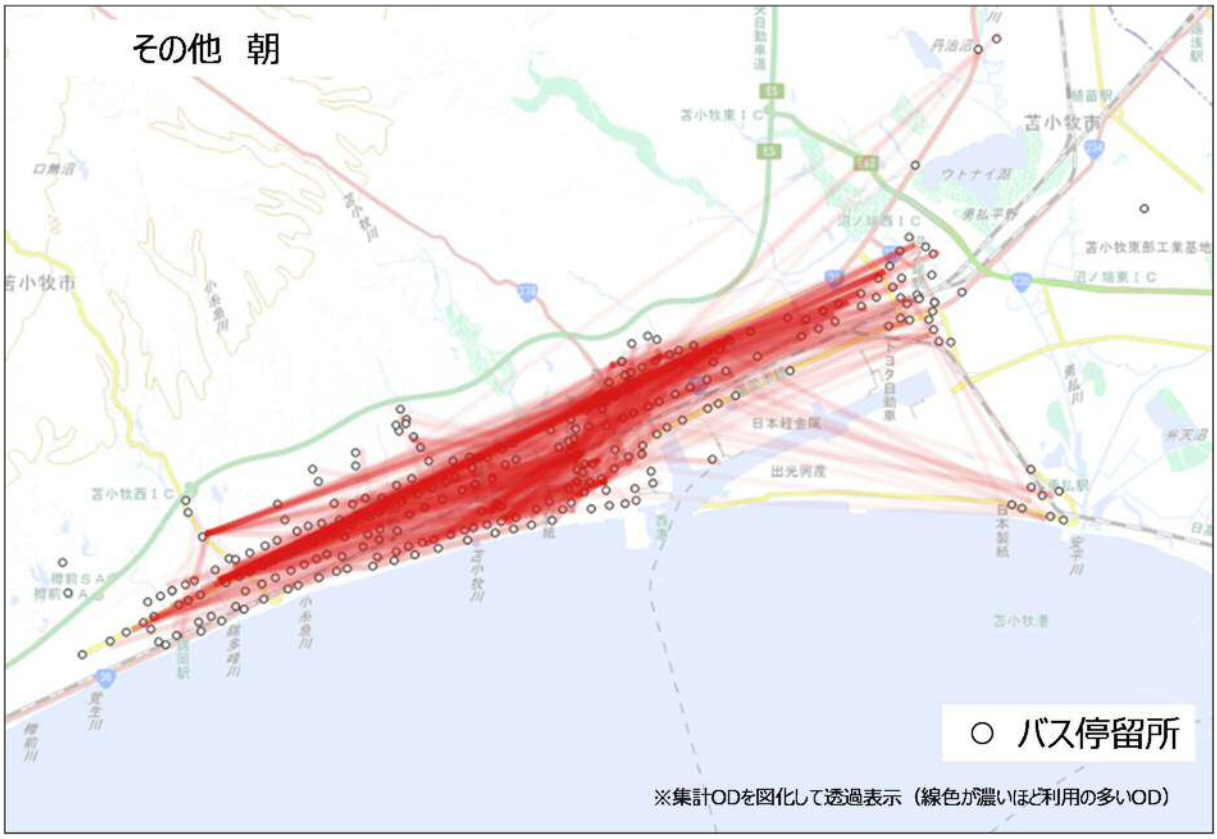
図表　2-17　シミュレーション用 OD データ（通勤：朝）



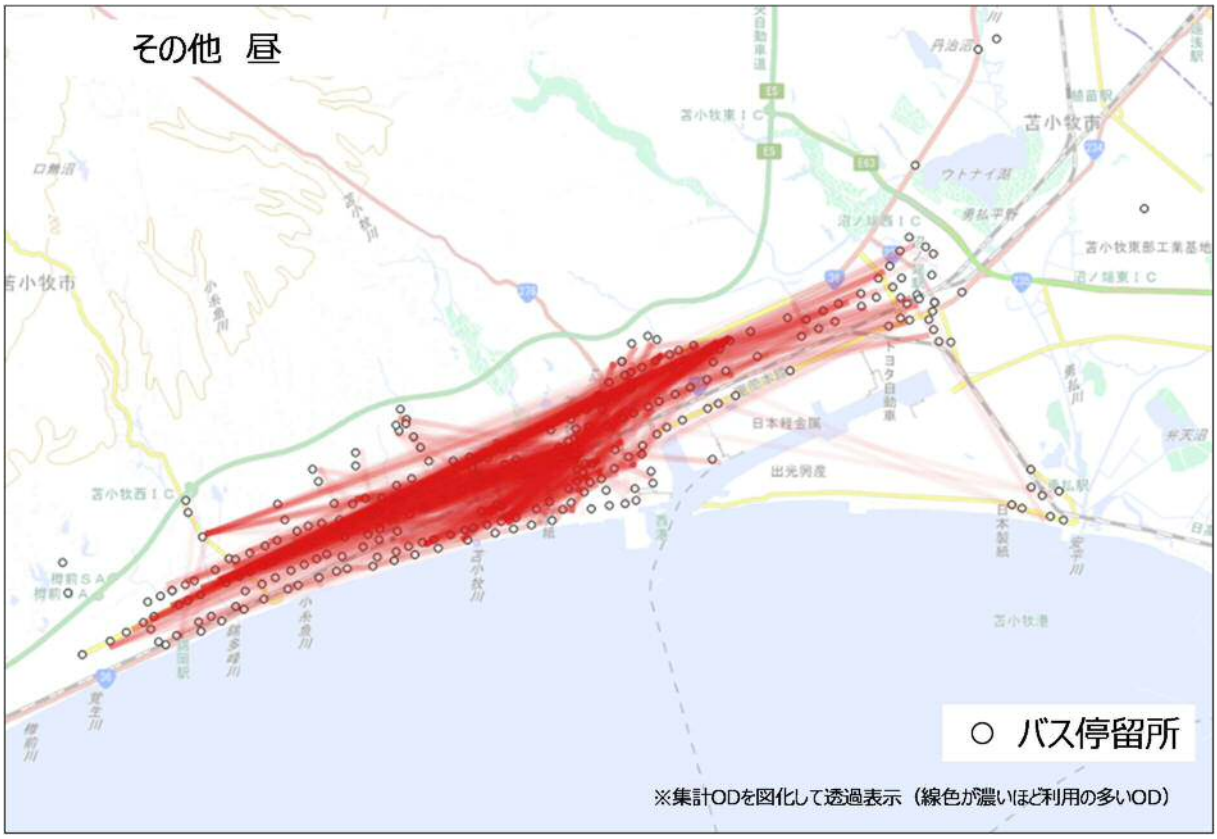
図表 2-18 シミュレーション用 OD データ（通勤：昼）



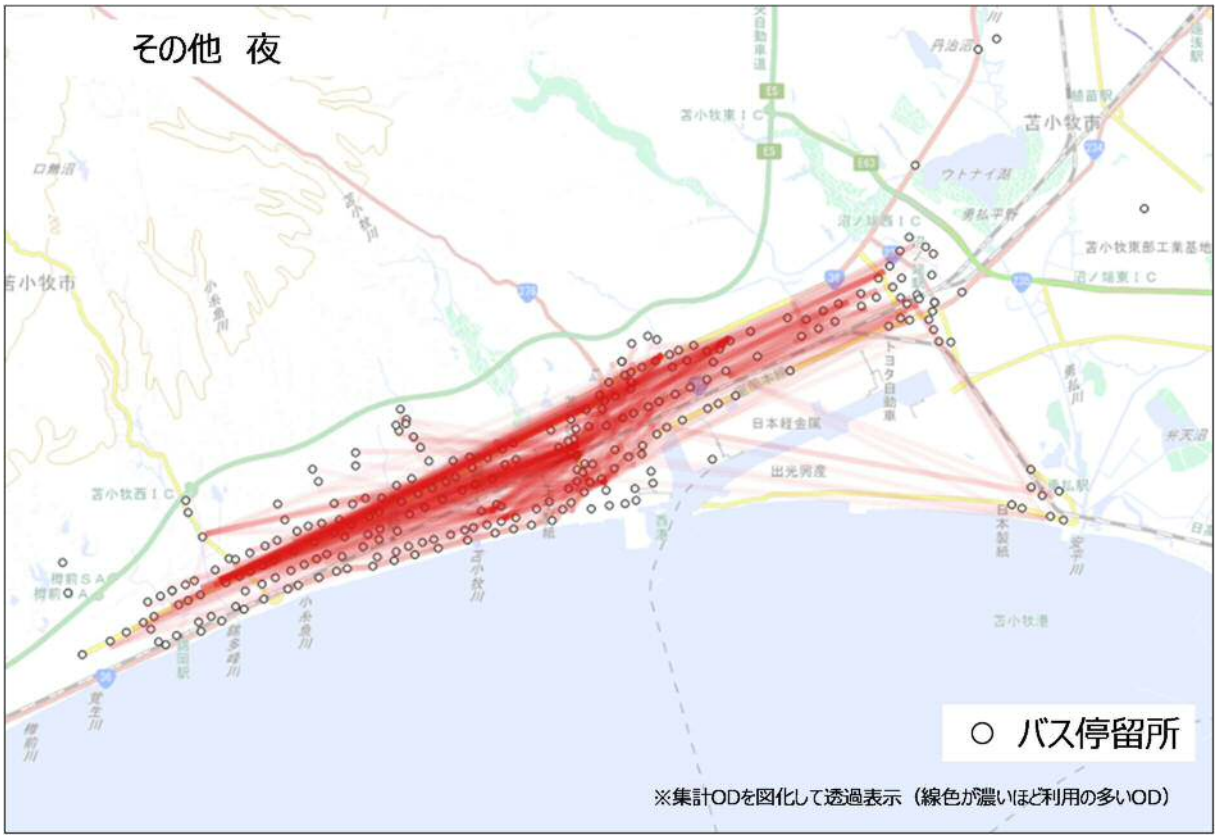
図表 2-19 シミュレーション用 OD データ（通勤：夜）



図表　2-20　シミュレーション用 OD データ（その他：朝）



図表　2-21　シミュレーション用 OD データ（その他：昼）

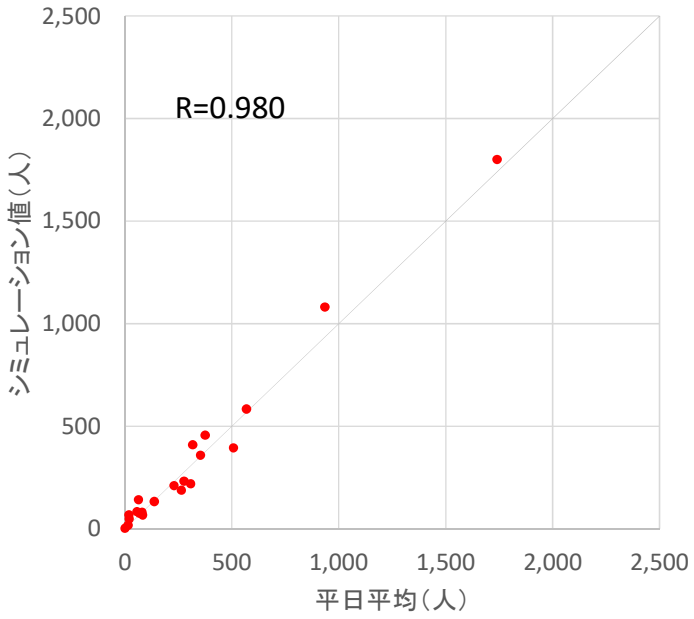


図表　2-22　シミュレーション用 OD データ（その他：夜）

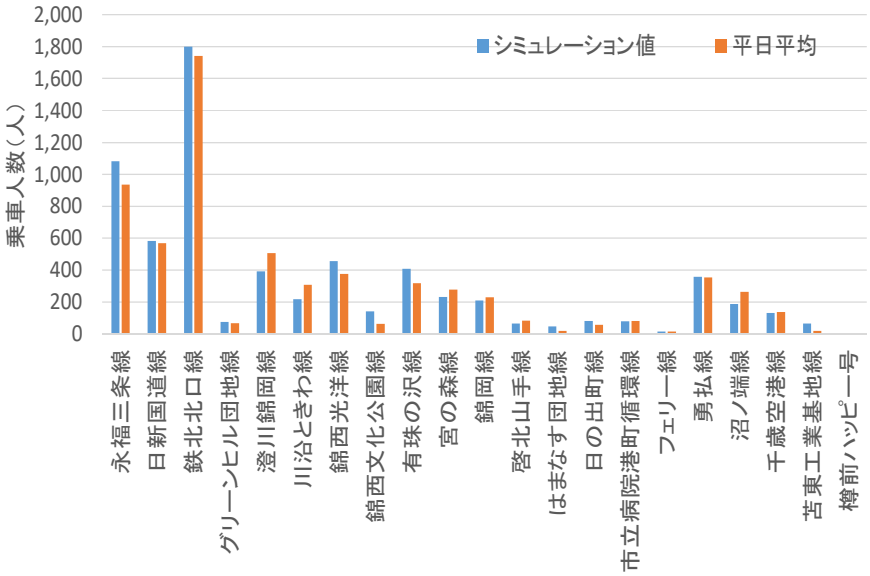
２－３ 現況再現性の検証

シミュレーションモデルの妥当性を確認するため、現況再現性の検証を行った。

現況再現性の検証は、現況の乗降データより集計した路線別の乗車人数とシミュレーションの乗車人数を比較することにより行った。現況再現性の確認の結果、乗客数の相関係数は 0.98 と良好な結果が得られるとともに、各路線の乗客数についても現況と近似する傾向にあることが確認できた。



図表　２-23　乗降客数の相関分析結果



図表　２-24　各路線別の乗降客数比較

３．再編シナリオの検討と評価

３－１ 再編効果の検討に資する指標の設定

再編の効果や影響を把握するため、営業収支の改善と利用者サービスへの影響を評価する評価指標を以下のように検討した。

図表 3-1 再編効果を検討するための指標

分析の視点		評価指標	評価指標算定のための分析
営業収支の改善	営業収支の変化をケースごとに分析	料金収入	通学・通勤定期等の割引が無い状態における料金収入、通学者、通勤者の定期割引等を考慮した収入
		運行経費	運行当たり人件費、キロ当たり燃料費等
利用者サービスへの影響評価	再編による利便性の向上・低下等の影響をケースごとに分析	バス停へのアクセス	徒歩距離、徒歩時間
		乗り継ぎ利便性	乗り換え回数、乗り換え待ち時間
		バス停待ち時間	乗車バス停の平均待ち時間

３－２ 再編シナリオの検討

再編シナリオは、東西基幹軸（緑）の再編と強化、加えて枝線の再編（黄）を行う大きく２パターンについて検討し、更に、東西基幹軸の中には短期的に再編を行う事が困難な路線もあることから、東西基幹軸の再編バリエーションを２パターン設けて評価する。以下に各ケースの設定について示す。

ケース１　東西既往路線ルート見直し：東西基幹軸について既往路線を維持しつつ再編するケース。澄川錦岡線、川沿ときわ線を除く東西軸の再編効果・影響の把握

ケース２　東西路線集約による再編：ケース１に加え、東西基幹軸の類似ルートの路線を集約するケース。東西基幹軸の全体的な再編効果・影響の把握

ケース３　支線等の再編１：ケース１に加え、支線・市街地線を再編するケース

ケース４　支線等の再編２：ケース２に加え、支線・市街地線を再編するケース

図表　3-2　再編シナリオの設定

シミュレーションケース		ケース１	ケース２	ケース３	ケース４
東西基幹軸の再編 ①苫小牧駅を経由する系統に分割 ②ルートが類似する系統へ集約 ③集約系統相当＋遅れ時間の縮小分の増便 ④ルート見直しによる路線延長の縮小	０１永福三条線	①、③	①、③	①、③	①、③
	０２日新国道線	①、③	①、③	①、③	①、③
	０３鉄北北口線	①、③	①、③	①、③	①、③
	１１澄川錦丘線	-	②	-	②
	１２川沿ときわ線	-	②	-	②
	１３錦西光洋線	④	④	④	④
	１４錦西文化公園線	④	④	④	④
枝線の再編 ⑤東西幹線軸への結節点を設け、市内エリアの区間を縮小	10 グリーンヒル団地			⑤	⑤
	15 有珠の沢線			⑤	⑤
	16 宮の森線			⑤	⑤
	17 錦岡線			⑤	⑤
	19 はまなす団地線			⑤	⑤
	２６沼ノ端線			⑤	⑤
	３１苫東工業基地線			⑤	⑤
	３０千歳空港線			⑤	⑤
	２５勇払線			⑤	⑤

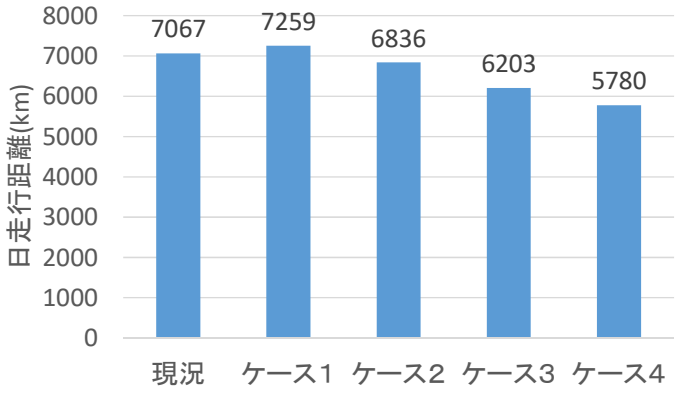
市街地線の再編 ⑥路線廃線 ⑦系統区間の縮小	１８啓北山の手線 ２２市立病院港町循環線			⑥ ⑦	⑥ ⑦

４．再編シナリオ別の評価

４－１ 再編シナリオ別の結果

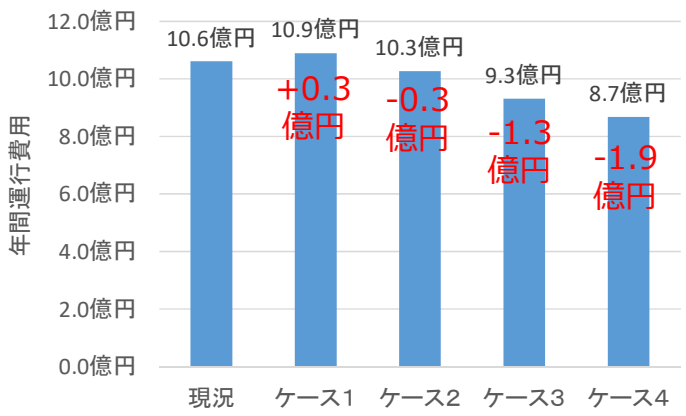
（１）営業収支の改善

バスの総走行距離は、ケース１～２では大きな変化は無く、ケース３～４では、１４％～１８％減少し、これに伴う年間の運行経費は、ケース２～ケース４では 0.3 億円～1.9 億円の削減が期待される。これにより走行距離を抑制することにより収支率の改善が見込まれると考えられる。
また、年間の運賃収入は、いずれのケースも 2.6～2.8 億円となり大きな差が生じるものではなく、収支率（収入/費用）も現況と大きな変化は生じない。



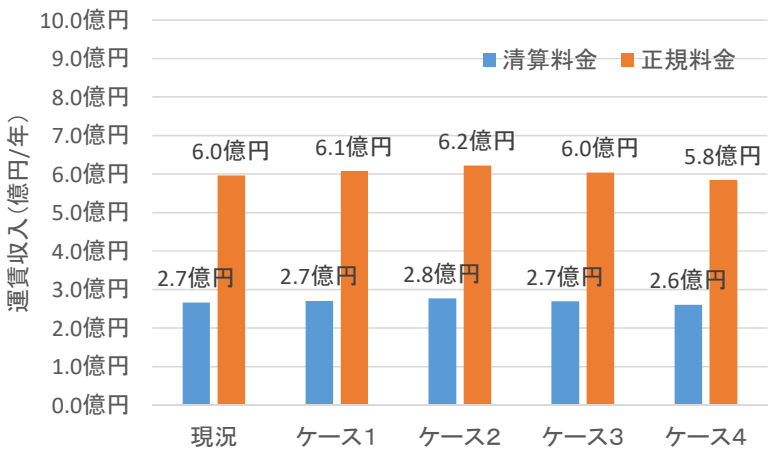
図表 ４-1 バス路線の総走行距離の変化

※ケース１～４では、東西幹線を０１永福三条線、０２日新国道線、０３鉄北北口線を１割増便を行っている。



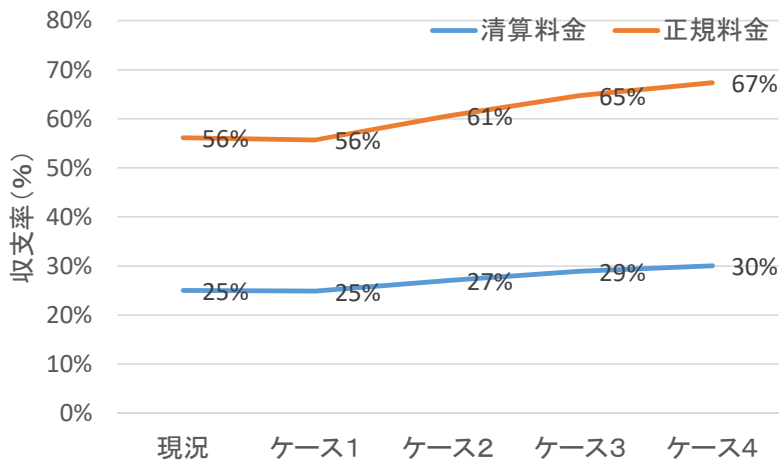
図表　4-2　バス路線の運行費用の変化

※H28 年度キロ当たり実車走行キロ当たり原価（国土交通省）を走行距離に乗じて試算



図表　4-3　バス路線の運賃収入の変化

※清算料金は、定期等の割引が入った場合の運賃収入

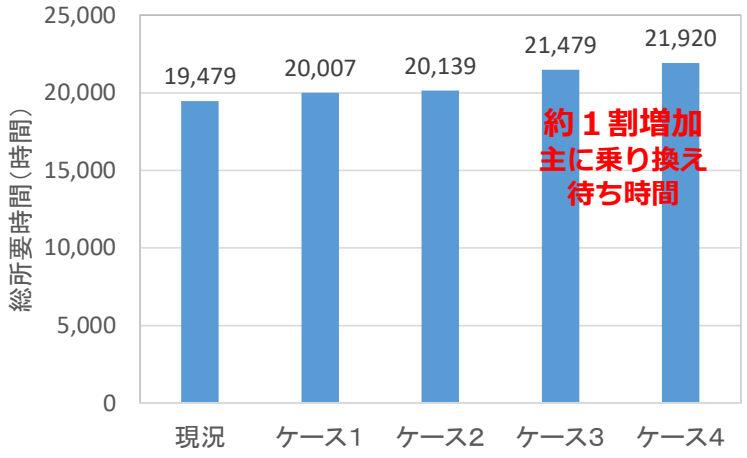


図表　4-4　バス路線の収支率の変化

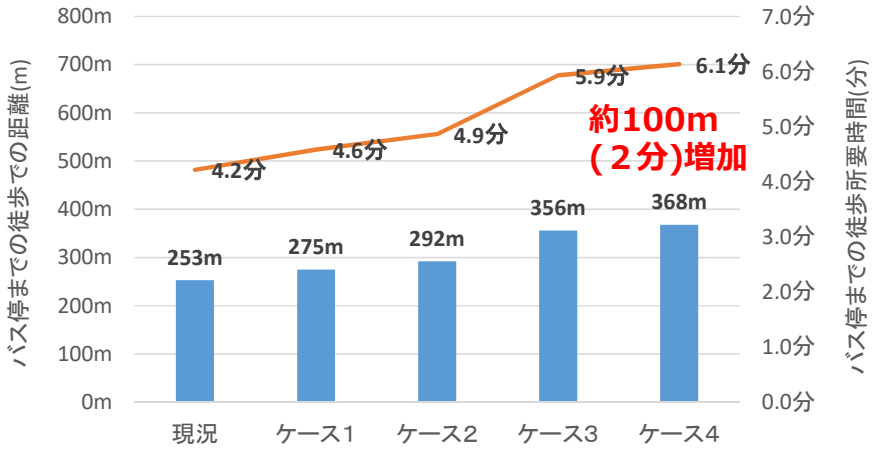
※清算料金は、定期等の割引が入った場合の収支率

（２）利用者サービスへの影響

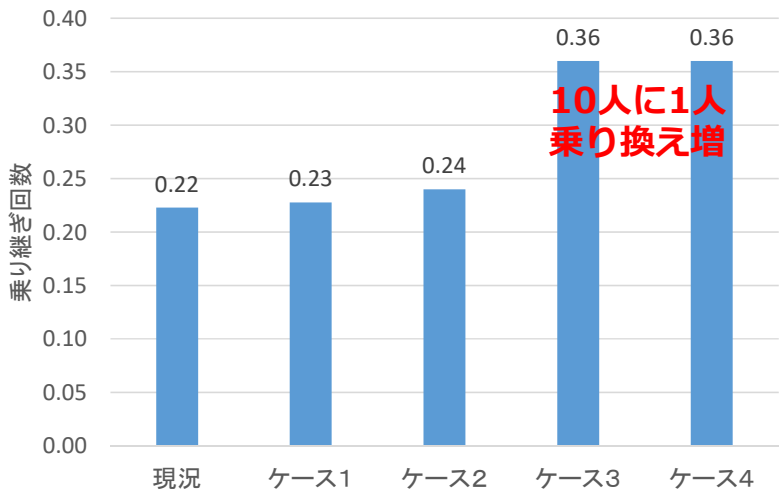
枝線も加えた抜本的な再編は、所要時間、徒歩距離・時間、乗り継ぎ回数が増加する傾向にある。所要時間は、ケース１～２では大きな増加はなく、ケース３、ケース４では約１割の増加し、バス停まで徒歩移動は、最大で約 100m（約２分）増加、乗り継ぎ回数は、１０人に約１人に乗り換えが必要な人が増加、乗り継ぎ時のバス待ち時間は、いずれのケースも約１０分～１１分となった。



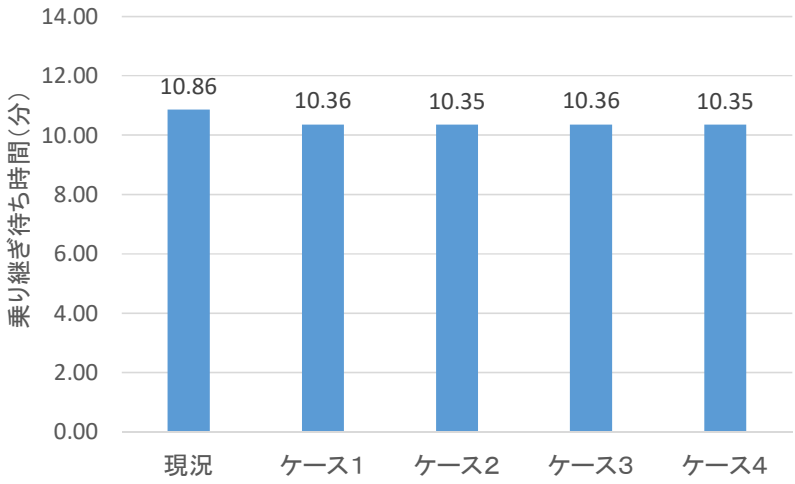
図表　４-5　バス利用者の総所要時間



図表　４-6　バス停までの徒歩移動距離



図表　4-7　バスの乗り継ぎ回数



図表　4-8　バスの乗り継ぎ待ち時間

４－２ 再編レーション分析の総括

再編シミュレーションの結果を以下の図表にまとめる。
総論としては、再編を進めることにより、バスの事業性が向上することが確認された。また、再編の進展に伴い利用者の負担が増加する傾向にあることから、再編を行うにあたっての利用者の受容性や負担の軽減策を同時に検討する必要性があることが確認された。

再編を進めることによりバスの事業性が向上

		ケース１	ケース２	ケース３	ケース４
		東西既往路線ルート見直し	東西既往路線ルート見直し＋集約再編	支線等の再編１（ケース１＋支線・市街地線の再編）	支線の再編２（ケース２＋支線・市街地線の再編）
路線概況	バスの総走行距離	192km/日増加	231km/日減少	864km/日減少	1287km/日減少
バスの事業性	運行費用	↓0.3億円増加	↑0.3億円減少	↑1.3億円減少	↑1.9億円減少
	運賃収入	→現況ケースと同等	↑0.1億円増加	→現況ケースと同等	↓0.1億円減少
	収支率	→現況ケースと同等	↑2ポイント改善	↑4ポイント改善	↑5ポイント改善
利用者サービス	総移動時間	→現況ケースと同等	→現況ケースと同等	↓１割増加	↓１割増加
	バス停までの移動距離	→現況ケースと同等	↓0.7分(40m)増加	↓1.7(100m)増加	↓1.9分(120m)増加
	乗り継ぎ回数・時間	→現況ケースと同等	→現況ケースと同等	↓１０人に１人の割合で１回１０分増加	↓１０人に１人の割合で１回１０分増加
	平均乗り継ぎ待ち時間	→現況ケースと同等	→現況ケースと同等	→現況ケースと同等	→現況ケースと同等

利用者の負担は増加することから受容性や負担の軽減策が必要

図表 4-9 再編シミュレーションの総括表

５．シミュレーション分析を踏まえた今後の方向性

５－１ 営業収支の改善について

再編を行う事により、走行キロ数が減少し、運営コストの改善が見込まれる事が確認された。再編は、運賃収入は大きく増加されるものではなく、コストが小さくする方向に働くため、再編を行うことにより、収支率は改善する傾向にあり、持続的な公共交通サービスを提供する観点においてバス路線の再編は有効であると考えられる。一方で、人口減少や経年的な公共交通離れの傾向をこのシミュレーションでは反映していないことから、新規利用者の誘発を行い、交通事業経営に必要となる需要の喚起を同時に行う必要があるものと考えられる。

５－２ 利用者サービスへの影響について

再編を行う事により、利用者サービスに少なからず影響があることが確認された。具体にはシミュレーション結果により、利用者の移動にかかる総所要時間は最大で１割増加し、バス停までの徒歩距離は最大で約１２０ｍ、徒歩時間は最大で約２分それぞれ増加、乗り継ぎ回数は、１０人に１人の割合で増加し、１０分程度の待ち時間が発生という状況となっている。したがって、具体の再編を検討するにあたっては以下の２点に留意した計画を立案する必要性が高いと考えられる。

- 個別路線の再編を検討する際は、再編路線周辺の影響や利用者の受容性へ配慮が必要
- 高齢者への徒歩移動増加への配慮や、乗り継ぎ環境の改善等も含め留意が必要