

スマート・プランニング実践の手引き
～個人単位の行動データに基づく新たなまちづくり～
【第二版】

平成 30 年 9 月

国土交通省都市局
都市計画課都市計画調査室

目 次

1. 本手引きについて	1
1.1 手引きの目的	1
1.2 手引きの構成	3
2. スマート・プランニングとは	4
2.1 スマート・プランニングの全体像	4
2.2 パーソントリップ調査とスマート・プランニングの関係	5
2.3 スマート・プランニングの導入が想定される場面	7
2.4 スマート・プランニングの対象となる施策や取り組み	10
2.5 施策や取り組みの評価の視点	14
2.6 スマート・プランニングの検討手順	15
3. 人の行動データの取得、分析	16
3.1 人の行動データの種類	16
3.2 各データの取得方法と特徴	18
3.3 データ分析の留意点	21
4. 回遊行動シミュレーションにもとづく施策等の検討	22
4.1 回遊行動シミュレーションモデルの構築	22
4.2 説明変数の作成に必要なデータ	30
4.3 回遊行動シミュレーションの実施	32
4.4 回遊行動シミュレーションの拡張可能性	35
5. スマート・プランニングの実践例	37
5.1 岡山市における GPS データによるケーススタディ	37
5.2 岡山市におけるビッグデータを活用したケーススタディ	49
5.3 神戸市における GPS データによるケーススタディ	53
5.4 神戸市における Wi-Fi データを活用したケーススタディ	57
5.5 神戸市における GPS と Wi-Fi データを活用したケーススタディ	58
参考：モデルと用語の解説	60

1. 本手引きについて

1.1 手引きの目的

従来、教育文化施設（公民館、図書館等）や、医療福祉施設等の立地を検討する場合、人口分布や施設の立地状況等から概ねの位置を計画し、当該地区内については公有地や遊休地等の状況により検討されているのが実態であり、施設を立地する際に、地区内のどこが最適かという観点からの計画手法は十分ではありませんでした。

しかしながら、これらの施設立地の効果を高めるためには、個々の施設を効率的に配置し、結ぶ動線をつくることが重要となります。こうした取り組みは、中心市街地における利用者の利便性の向上、事業者の事業活動の促進、賑わい創出、中心市街地の活性化にもつながるものです。

このためには、施設配置や交通施設の配置を把握するだけでなく、実際に中心市街地に来訪する高齢者や子育て世代等の様々な人々の詳細な行動をデータで捉え、そのデータにもとづいて施設配置や人の回遊動線を検討し、構築していく必要があります。

従来の交通実態調査は、パーソントリップ調査等に見られるように広域的な交通を対象として実施され、地区内の交通については、歩行量調査やアンケート結果等により計画されることが多い状況でした。一方、近年では、情報化が進み、例えば携帯電話の位置情報等を活用することにより、地区内における人の属性毎の行動データを把握することが可能となってきました。

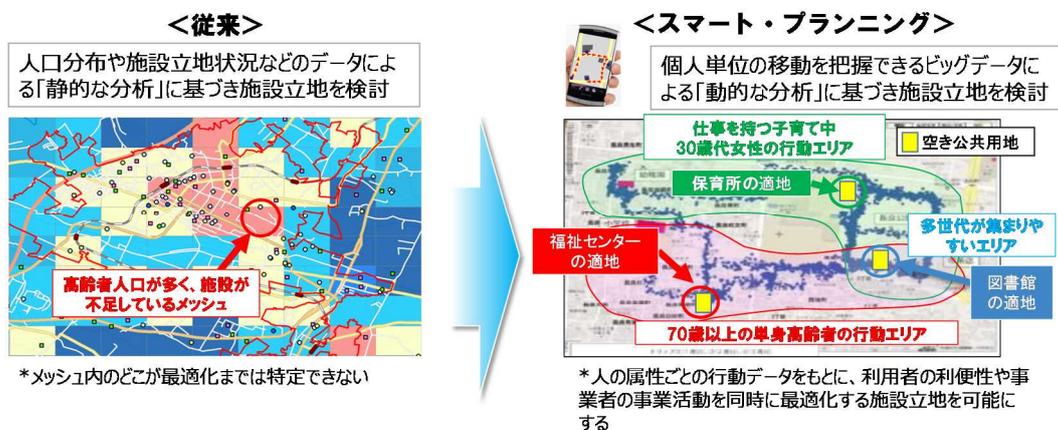


図 1-1 スマート・プランニングによる施設立地検討

本手引きは、人の属性毎の行動データをもとに、利用者の利便性や事業者の事業活動を同時に最適化する施設立地や回遊動線の構築を検討するための計画手法である「スマート・プランニング」の実践方法を取りまとめたものです。

現在、各自治体においては、平成26年の都市再生特別措置法の改正により導入された立地適正化計画の策定が進められています。立地適正化計画では、拠点への都市機能の集積を促進するために都市機能誘導区域と誘導施設を設定することとなりますが、この拠点の計画づくりや施設誘導の取り組み等の場面で活用されることを想定しています。

スマート・プランニングを用いることで、行政や民間事業者がデータに裏付けられた共通認識を持った上で、最適な施設立地について議論することが可能になります。また、ワークショップなど、計画に対する市民等への説明の場において、具体的なデータを示した上で、複数の立地案を比較した結果の説明が可能になり、施策検討の「見える化」が促進されることが期待されます。

本手引きの活用によって、人の実際の行動にもとづいたまちづくりがより一層、推進されることを期待しています。



図 1-2 ワークショップのイメージ

出典：松山市提供資料

1.2 手引きの構成

本手引きでは、第 2 章でスマート・プランニングにもとづく検討の枠組みの全体像を提示し、第 3 章以降は、計画検討の枠組みにもとづいて詳述します。第 3 章ではスマート・プランニングに必要となる人の行動データの収集方法を、第 4 章では人の行動データを用いた回遊行動シミュレーションの手法を解説します。最後に第 5 章は実践編として、スマート・プランニングの実施の際の参考となるような実践例を示します。

2. スマート・プランニングとは

2.1 スマート・プランニングの全体像

スマート・プランニングとは、個人単位の行動データをもとに、人の属性毎の行動特性を把握した上で、施設配置や歩行空間等を変化させたときの歩行者の回遊行動のシミュレーションを実施しながら、施策や取り組みを検討する計画手法の総称です。

個人単位の行動データとしては、スマートフォンや GPS ロガーを用いて被験者等から取得した GPS データの他に、民間がサービスとして提供しているビッグデータとして、スマートフォンアプリ等で取得された GPS データや Wi-Fi によるログデータ等があります。

そして、取得されたきめ細かな行動データを用いて現況の回遊行動の実態を把握するとともに、土地利用データや交通施設データ等を組み合わせて回遊行動の実態を表現するシミュレーションを構築します。シミュレーションの構築にあたっては、あらかじめ評価の観点（指標）と評価したい施策を想定しておく必要があります。

最後に、シミュレーションを実施しながら、各施策を実施した場合の回遊行動の変化を評価し、中心市街地における機能配置や動線づくりの方向性を検討するとともに、実施が望ましい施策を検討します。

2.2 パーソントリップ調査とスマート・プランニングの関係

都市交通の検討においては、従来から、「どのような人が」、「いつ」、「何の目的で」、「どこからどこへ」、「どのような交通手段で」動いたかという人の行動データがパーソントリップ調査により取得され、交通実態の把握や将来の交通需要推計に活用されてきました。将来の交通需要推計にあたっては、一般的に四段階推定法が用いられていますが、ここでは、本手引きで示すスマート・プランニングにおける回遊行動のシミュレーションモデルと従来のパーソントリップ調査における四段階推定法との関係性を示します。

四段階推定法は対象地域に設定した分析単位の区域（以下、ゾーン）間の発生交通量、集中交通量、OD 交通量等を把握する分析です。パーソントリップ調査データをもとに、ゾーン間及び路線別の交通量を推計する交通需要推計モデルが構築され、広域的な交通流動を目的別、交通手段別に推計されてきました。これは、主として道路や鉄道の需給バランスを把握し、対策を検討するために活用されてきました。

一方、本手引きで示すスマート・プランニングは、パーソントリップ調査でいうところの概ね1ゾーンに含まれる規模のエリアです。つまり、四段階推定法で算出されたゾーンの集中交通量は中心市街地への来訪者数として捉えることができ、その来訪者の中心市街地内における行動は回遊行動シミュレーションで表現されることとなります。このように、パーソントリップ調査に基づく四段階推定法はゾーン間の広域の移動を、スマート・プランニングによる回遊行動シミュレーションはゾーン内の地区の移動を表現する手法です。

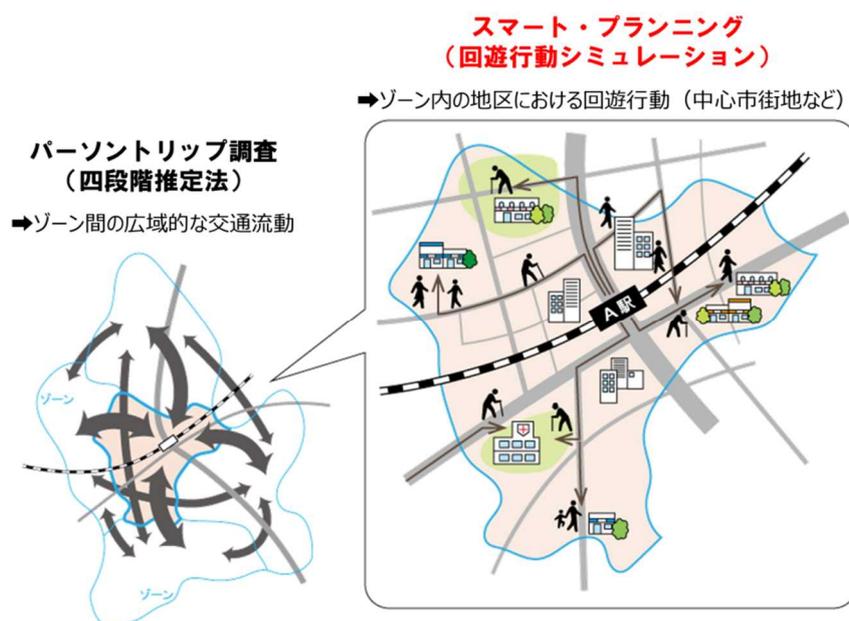


図 2-1 スマート・プランニングの位置付け

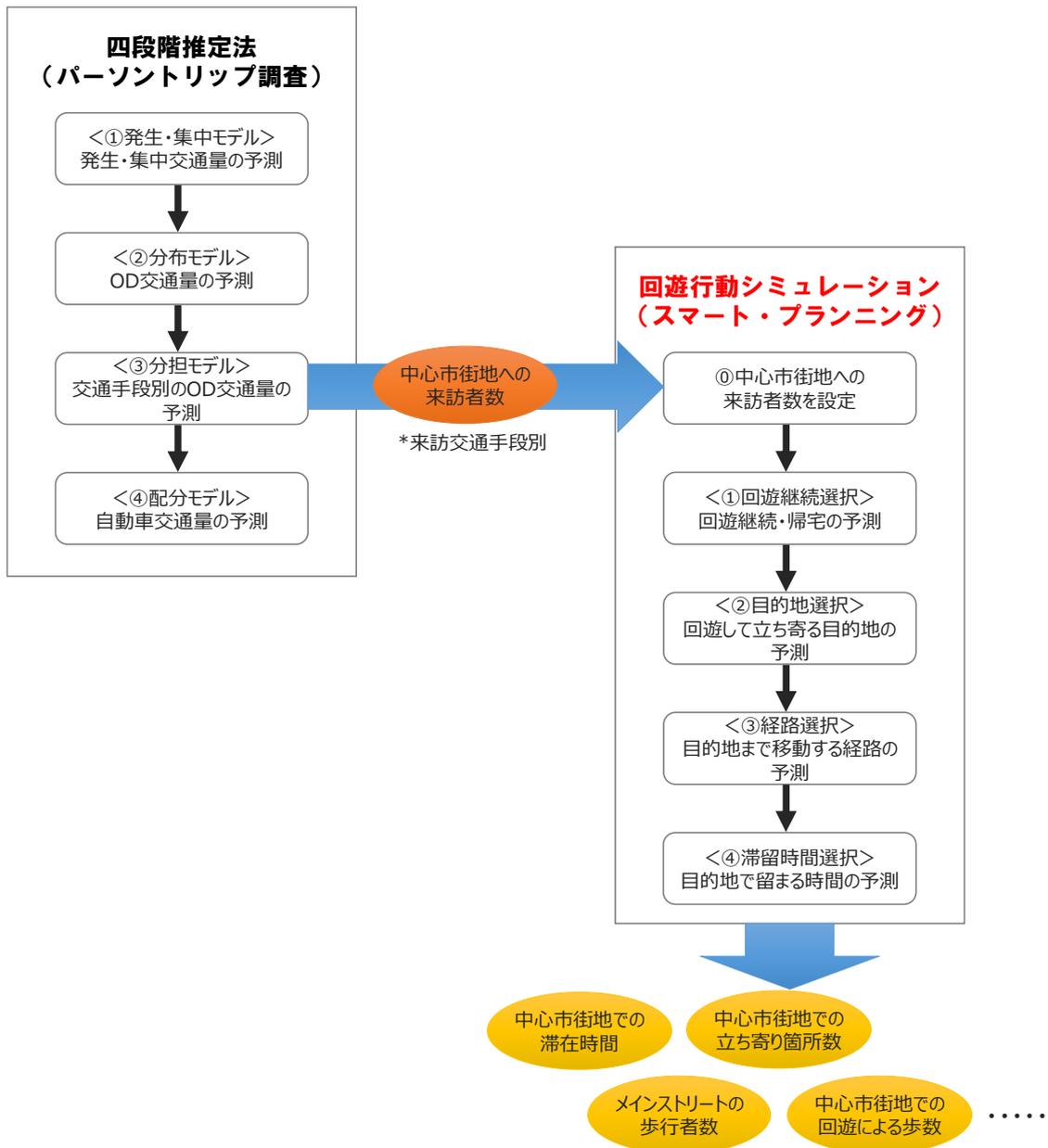


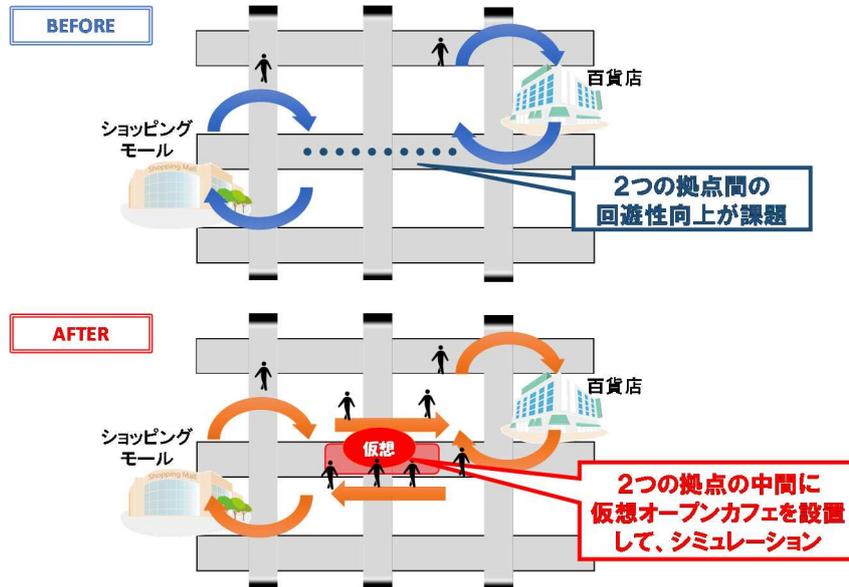
図 2-2 四段階推定法とスマート・プランニングの分析フロー

2.3 スマート・プランニングの導入が想定される場面

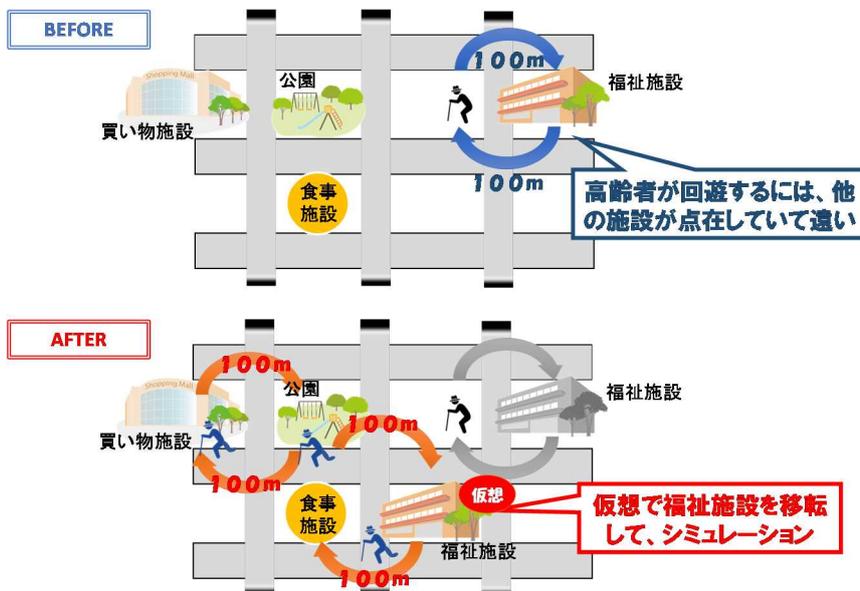
スマート・プランニングは、中心市街地を対象として、様々な機能の配置と回遊動線の形成によって、様々な属性の個々の回遊行動の変化を促し、便利でにぎわいがあり活力あふれる地区づくりを促進することをねらいとしています。

各自治体における拠点の計画づくりや施設誘導の取り組みにおいて、以下のような事例でスマート・プランニングを導入することで、施設配置や歩行空間を変化させた時の歩行者の回遊行動をシミュレーションすることが可能となることから、より最適なまちづくりを行うための手段として活用されることが期待できます。

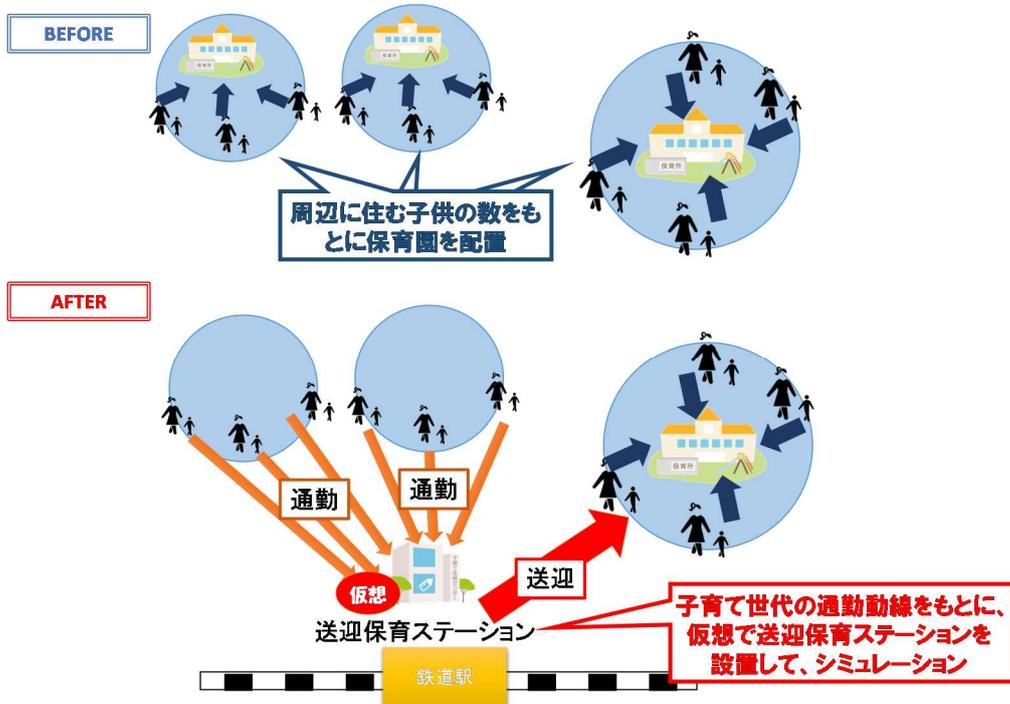
(1) 事例①：新しくできたショッピングモールと老舗の百貨店、2つの拠点を結ぶ大通りの魅力を高め、回遊性を向上したい



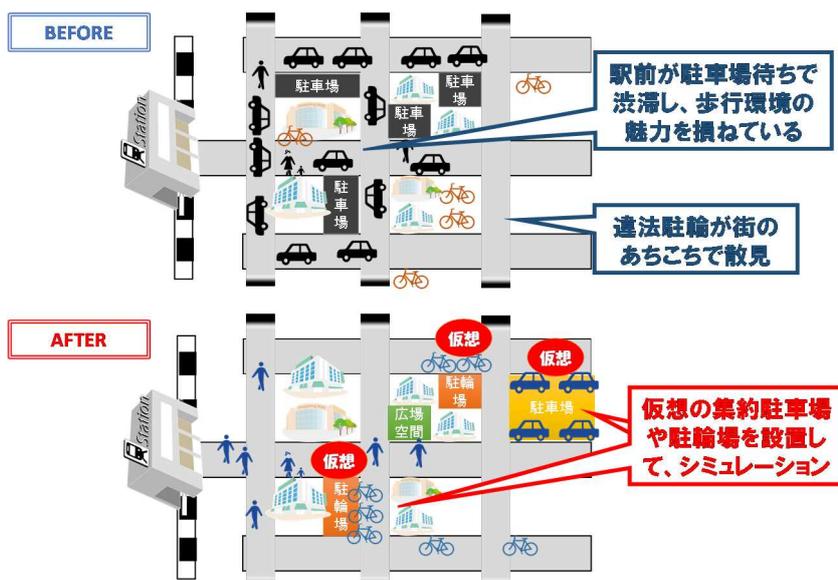
(2) 事例②：高齢者が健康のためにも歩いて暮らせるように、一度に歩ける距離を考慮して福祉施設の最適配置を検討したい



(3) 事例③：仕事と子育てが両立するまちづくりのために、保育園の最適立地を検討したい



(4) 事例④：違法駐輪や街中での自動車の錯綜を減らせるように、駐車場や駐輪場の最適配置を検討したい



2.4 スマート・プランニングの対象となる施策や取り組み

スマート・プランニングの対象となる施策や取り組みは、(1)施設配置・空間形成、(2)交通施策の2つに分けて考えることができます。以下、それぞれの施策や取り組みについて解説します。

(1) 施設配置・空間形成

a. 施設配置

高齢者であれば福祉施設、子育て世代であれば保育施設といったように、人々の属性によって中心市街地に訪れる目的は異なります。中心市街地において、商業施設、福祉施設、保育施設、図書館をはじめとする公共施設等を適切に配置することで、人々の生活の利便性を高めつつ、中心市街地における回遊を促し、にぎわいや活力の創出等が期待されます。また、施設が適切な間隔で配置されることで沿道の魅力が向上し、歩行の意欲を高めることにもつながると考えられます。



図 2-3 商店街の空き店舗の活用による高齢者交流サロンの整備（埼玉県志木市）

出典：健康・医療・福祉のまちづくりの推進ガイドライン（技術的助言）

b. 公共空間の利活用

中心市街地においては、プレイスメイキングと呼ばれる民間主体のまちづくり活動を公共空間で展開する公共空間の利活用が進みつつあります。広場等を活用したイベント、オープンカフェ、レクリエーション活動、スポーツ等による場づくりは、中心市街地における人の行動に影響を及ぼすと考えられ、民間の利活用を促進することで、新たな回遊が創出されるような公共空間の利活用促進が期待されます。



図 2-4 オープンカフェの実施（岡山市 西川筋）

c. 街並みの形成

道路の沿道店舗の設えを整えて街並みを改善することで、回遊経路や回遊範囲の変化が期待されます。目的地にはならないとしても、街並みが整った空間の方が魅力的であれば、街並みが良い道路を歩きたくなると考えられます。



図 2-5 駅前のトランジットモール化と街並みの形成（姫路市 姫路駅北駅前広場）

出典：「GOOD DESIGN AWARDED ホームページ」

(2) 交通施策

a. 歩行動線の形成

中心市街地における人々の回遊を促すためには、歩きやすく、歩きたくなる歩行動線を形成することが有効です。例えば、歩道のバリアフリー化によって段差や障害をなくし、歩行者が多い場所では幅の広い歩道を設け、幹線道路や鉄道などで地域が分断されている場合には歩車分離信号の導入、歩行者デッキや地下歩道の設置、適度に休憩できる休憩施設（ベンチやトイレ）の配置等が考えられます。歩きやすい空間の形成は、歩行経路の変更を促すだけでなく、より遠くの目的地まで歩行するようになるといった効果も期待できます。また、歩行動線の形成によってにぎわいのある通りが形成できれば沿道の商業の活性化にもつながると考えられます。



図 2-6 歩行空間確保のための自転車交通分離（神戸市 鯉川筋）

出典：「鯉川筋等交通社会実験結果概要 平成 27 年 3 月」神戸市

b. バス停や駐車場等の配置

中心市街地には、様々な地区から人々が様々な交通手段で訪れます。バスによる来街者にとってはバス停、自動車による来街者にとっては駐車場、自転車による来街者にとっては駐輪場等の位置は、それぞれ中心市街地での回遊の起点および終点となることから、回遊を検討する上では重要です。



図 2-7 路上駐輪施設の配置（北九州市旦過地区周辺）

c. 回遊を促進する交通サービスの導入

中心市街地の範囲が狭い場合は、歩行による回遊を中心に検討すればよいですが、中心市街地の範囲が広い場合や複数箇所に分布している場合には、回遊を支援する交通サービスを導入することで、さらなる回遊を促すことが期待できます。具体的な交通サービスとしては、路面電車、LRT、コミュニティサイクルなどが考えられます。



図 2-8 路面電車のループ化（札幌市 札幌駅前通）

出典：「北海道ラボホームページ」

2.5 施策や取り組みの評価の視点

中心市街地で回遊性を高めることのねらいには、利用者の利便性の向上と民間事業者の事業活動の効率化の2つの側面があります。

利用者にとって、訪れたい施設が複数ある場合には、できるだけ負担が少なく複数の施設を巡ることができる状況が望ましいです。また、事業者による事業活動の観点からすると、中心市街地において来訪者が特定の場所だけにとどまるのではなく、広く中心市街地を回遊でき、様々な施設を来訪者が巡ることができる方が望ましいと考えられます。

目指すべきは、中心市街地の回遊性や魅力が向上することで、来訪者が増加するとともに、中心市街地の滞在時間が増え、その上で中心市街地全体にその恩恵が広まるという状況です。施策や取り組みの評価にあたっては、中心市街地内における人の行動だけでなく、中心市街地全体としての効果もあわせて把握することが重要です。

表に、評価の視点と評価指標の例を挙げます。ここで挙げた指標のみならず、場面に応じて、施策や取り組みによる効果を評価する指標を設定することが望ましいと考えられます。

表 2-1 評価の視点と評価指標の例

評価の視点	評価指標	単位	観測方法	評価方法
賑わい	来訪者数	人	携帯電話基地局データ、GPSデータ、Wi-Fiデータ等を用いて観測	スマート・プランニングのシミュレーション結果に基づき評価
	滞在時間	分		
	立ち寄り箇所数	箇所		
移動の利便性	移動時間	分		
健康まちづくり	歩数	歩		
	歩行時間	分		

2.6 スマート・プランニングの検討手順

人の行動データにもとづいて中心市街地等における施設立地や交通施策等を検討するためには、以下に示す流れで検討することが考えられます。

①人の行動データの取得方法の選定

まずは、個人単位の行動データを取得するための方法を検討します。個人の行動データは GPS や Wi-Fi など取得することができます。また、機器を設置、配布するなどして独自に調査して取得する方法と、データ保有主体からデータを購入して使う方法が考えられます。各データの特徴や入手のしやすさなどを考慮して、最も適したデータ取得方法を検討します。

こうした内容の詳細を第 3 章に示しました。

②行動データの取得と分析

取得した個人単位の行動データを用いて、対象地域の現状を分析します。分析にあたっては、属性に着目した上で、中心市街地における活動や回遊の実態を把握することが重要です。この際、取得されたデータは特定のモニターから得られたサンプルであることに留意して分析する必要があります。

こうした内容の詳細を第 3 章に示しました。

③回遊行動シミュレーションにもとづく施策等の検討

個人単位の行動データを用いて、施策が評価できるようなシミュレーションを構築します。最初に、個人単位の行動データ、土地利用データ、交通ネットワークデータ等を用いて個々人の回遊行動を表現する回遊行動シミュレーションモデルを構築します。そして、中心市街地への来訪者を発生させて回遊行動シミュレーションモデルを適用し、中心市街地内での回遊を表現します。最後に、施策や取り組みを実施した場合の効果や影響を分析します。

こうした内容の詳細を第 4 章に示しました。

④拠点まちづくりへの展開

③のシミュレーション結果をもとに、中心市街地における機能の配置や機能を結ぶ歩行者等の動線を検討します。拠点のまちづくりは行政だけでは進められず、官民共同で進めることが重要であり、関係する主体間で将来的に目指す方向性を共有する場面において、③のシミュレーション結果を活用することも考えられます。

スマート・プランニングのケーススタディを第 5 章に示しました。

3. 人の行動データの取得、分析

3.1 人の行動データの種類

スマート・プランニングに必要な行動データは、属性別の個人単位での人の行動データです。そのため、一人一人の移動の軌跡を詳細に追うことができる必要があります。中心市街地における人の回遊実態を把握するのであれば、集計したデータで問題ありませんが、スマート・プランニングのシミュレーションは個人単位での目的地選択や経路選択を表現するモデルで構成されるため、個人単位での人の行動データが必要になります。

個人単位での人の行動データを把握する調査としては、パーソントリップ調査（PT調査）データのほか、近年は携帯電話基地局データやGPSデータ、Wi-Fiデータ等、様々なデータがあり、それぞれのデータの特徴を表に示しています。このうち、人の移動経路データが取得できる調査としては、GPSデータ（スマートフォンのGPSデータ、プローブパーソン調査）、Wi-Fiデータ（Wi-Fiアクセスポイントデータ、Wi-Fiパケットセンサー）があります。GPSによるデータは位置情報として緯度経度が把握できるという特徴がありますが、屋内や地下などの移動は捕捉できない場合があります。Wi-Fiによるデータは位置情報としてWi-Fi機器が設置されたアクセスポイントを把握することになるため、GPSデータほど位置情報の精度は高くありませんが、Wi-Fiアクセスポイントが設置されていれば屋内や地下であっても位置情報を取得できるメリットがあります。

各データの特徴や入手可能性等を考慮した上で、最も適した方法でデータ取得し、スマート・プランニングに活用することが重要となります。

表 3-1 人の移動を把握できるデータの概要

観測の種類	概要	取得方法	特徴
パーソン トリップ 調査	統計精度を確保 したアンケート 調査	都市圏居住者にア ンケートを配布 し、調査	<ul style="list-style-type: none"> • どのような人が、どこか らどこへ、どのような目 的・交通手段で、どの時 間帯に移動したかを把握 できる • ゾーン間の交通量の把握 はできるが、移動経路は 把握が困難
携帯電話基 地局データ	携帯電話が基地 局と交信した履 歴から位置情報 を取得する	データ保有主体か らデータを入手	<ul style="list-style-type: none"> • あるエリアに滞留してい る人数やゾーン間の流動 を24時間365日把握する ことができる • メッシュ単位での集計で あり、移動経路は把握が 困難
GPS による 観測	GPS を搭載した 機器等により、継 続的に緯度経度 情報を取得する	<ul style="list-style-type: none"> ①GPS機器もしく はスマートフォン等を用 いて調査を実施 ②データ保有主体 からデータを入 手 	<ul style="list-style-type: none"> • 緯度経度により移動経路 を詳細に把握できる • 屋内や地下では位置情報 が取得できない場合があ る
Wi-Fiアクセ スポイント による観測	通過した Wi-Fi の アクセスポイン トの位置情報を 取得する	<ul style="list-style-type: none"> ①Wi-Fi 機器を設 置することによ る調査を実施 ②データ保有主体 からデータを入 手 	<ul style="list-style-type: none"> • どのアクセスポイントを 通過したのかにもとづい て、移動経路を把握可能 (ただし GPS ほど精度は 高くない) • 屋内、地下、階数別でも 位置情報を取得できる

3.2 各データの取得方法と特徴

(1) GPS による行動データ

1) 概要

GPS 機器により人の位置を緯度経度単位で連続的に取得することで、人の移動経路や立ち寄り場所、滞在時間等を詳細に把握することが可能です。



図 3-1 GPS 機器による移動経路の取得イメージ

2) 取得方法

a. 実態調査による取得（プローブパーソン調査）

GPS により人の詳細な移動経路を把握する手法は、プローブパーソン調査（以下、PP 調査）とも呼ばれています。この調査では、モニターを選定して各モニターに GPS 機器を持って移動してもらい、移動軌跡データを取得します。移動する際には、移動先での活動内容も把握することで、移動の目的と対応づけた移動軌跡データを把握することが可能です。あわせて、モニター登録時等にアンケートを実施すれば、性別や年齢階層等の属性情報と紐づけられた行動データを取得可能です。近年では、スマートフォンにアプリケーションをインストールすることで、緯度経度情報を取得する調査手法も普及しています。

詳細な位置情報が取得されることや、複数日の調査になることも多く、調査対象者にとっての負担が大きいため、モニターを募集して調査をするのが一般的です。

プローブパーソン調査は、GPS 機器を携行する必要があることから調査対象者への負担が大きく、またデータの取得・分析費用の課題などもあり、現状では地区レベル（生活圏域）での適用に限られています。また、調査対象者に対して GPS 機器の使用法の事前説明が必要となるため、調査対象者に偏りが生じる場合があることに留意が必要です。

スマート・プランニングに活用するためには、中心市街地などの特定の地区における行動データを一定数確保する必要があることから、市内で広くモニターを募るのではなく、対象地区の駅や施設でモニターを収集することが有効です。

b. データ保有主体からの取得（スマートフォン GPS データ）

最近では、ビッグデータと呼ばれる継続的に取得された大量のデータが交通分野でも登場しています。携帯電話の GPS の情報を取得しているデータもあり、そのようなデータを購入し活用する方法も考えられます。ただし、人の行動を把握するのに十分な時間や精度（解像度）を有しているのか、性別や年齢などの人の属性を一緒に把握できるのか、といった点に留意する必要があります。

3) 特徴と留意点

GPS データでは、地区レベルで滞在や歩行に限らず全ての交通手段での移動を把握することが可能です。立ち寄り箇所数、滞在時間、移動経路といった基礎的な評価指標を算出することができます。

一方で、交通手段や移動目的については別途把握が必要となり、調査票による把握等を併用する必要があります。

また、モニター調査で取得した GPS データはサンプルに偏りがある可能性があるため、地区全体を代表するような交通特性を把握するには不向きである点や、GPS では建物内や地下での位置情報は取得できないため、対象とする施策によっては有効に活用できない場合もある点において留意が必要です。

(2) Wi-Fi による行動データ

1) 概要

Wi-Fi アクセスポイントにより、人の位置をアクセスポイント単位で連続的に取得することで、人の移動経路や立ち寄り場所、滞在時間等を詳細に把握することが可能です。

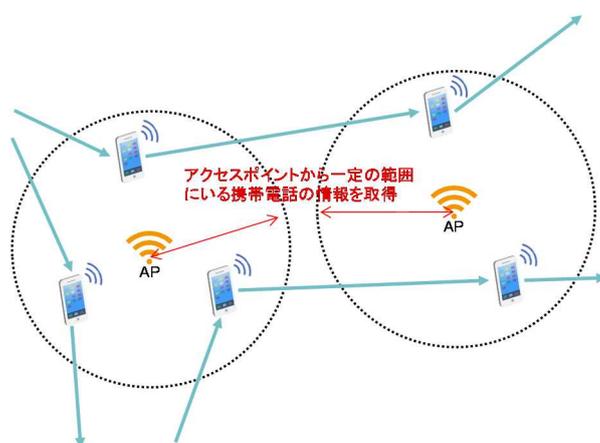


図 3-2 Wi-Fi アクセスポイント（AP）での人の移動の取得イメージ

2) 取得方法

a. 実態調査による取得（Wi-Fi パケットセンサー調査）

Wi-Fi パケットセンサー機器によりスマートフォン等が発信する電波を受信し、その中に含まれる固有の識別情報を匿名化して取得し、それを複数の Wi-Fi パケットセンサー機器で取得することで移動の履歴を把握する方法です。これにより、Wi-Fi を有効にしている端末の移動履歴をデータとして取得することができます。しかし、中心市街地などの回遊行動を把握する上では Wi-Fi パケットセンサー機器を数多く設置する必要があります。また、Wi-Fi を有効にしていた人の行動履歴のみを取得できますが、属性情報を把握することは困難です。

b. データ保有主体からの取得（Wi-Fi アクセスポイントデータ）

携帯電話の GPS データ同様、Wi-Fi で観測されたデータに関しても、Wi-Fi による通信サービスを提供する主体等で保有しているビッグデータがあります。この場合、Wi-Fi サービスを高密度に提供する観点から Wi-Fi のアクセスポイント数が多く設けられていると考えられ、独自に Wi-Fi パケットセンサー機器で取得するよりも遙かに多くのアクセスポイントによる移動履歴データを取得することができる可能性があります。

3) 特徴と留意点

Wi-Fi 機器によるデータは、Wi-Fi を有効化していた人々の移動履歴が全て取得できるため、多くのデータを取得できる可能性があります。また、建物の階数まで特定できれば、地下街と上部の道路とを判別することもできます。

一方、Wi-Fi を有効化していた人のデータであるためサンプルの偏りや、カフェ等の Wi-Fi を有効にする場所のデータが多くなる等の偏りが出ることに留意が必要です。

また、アクセスポイント間の移動履歴のデータとなるため、回遊や滞留の状況を GPS ほど精度高く把握することはできません。行動データは時刻毎のアクセスポイントの場所が羅列したものとなるため、動線データとするためのマップマッチング等の処理が必要となります。アクセスポイント数が少ない場合には、どの道路を利用したかということまでの把握ができない可能性もあります。

3.3 データ分析の留意点

(1) 分析項目

GPS 及び Wi-Fi で取得されたデータを用いた分析をすることで、対象地区における回遊の実態を把握することができます。分析項目は大きく滞在と移動に分けられます。そして、滞在大および移動ともに、場所と時間に分けられます。滞在に関する分析により、回遊継続の判断、移動の目的地、目的地での滞在時間等の特徴を把握することができます。

移動の分析からは利用されている経路や道路、移動に要する時間などの特徴を把握することができます。これらを属性別や地区への来訪交通手段別などでクロス分析することで、属性を踏まえた行動の特徴を捉えることができるようになります。こうした特徴から地区の回遊行動の実態を捉えることができる上、回遊行動シミュレーションを構築する際に再現性を確保するためのポイントを捉えることができます。

表 3-2 データ分析項目の例

大項目	中項目	小項目
滞在	場所	立ち寄り箇所数
		立ち寄り箇所分布
	時間	地区の滞在時間
		建物での滞在時間
移動	場所	経路別の移動数
		道路別の移動数
	時間	徒歩移動時間
		場所別の滞在時間

(2) 分析上の留意点

1) サンプルの偏り

GPS および Wi-Fi で取得されたデータは、統計的にサンプル抽出したデータはないため、一般的なモニター調査と同じように、属性等の偏りが含まれたデータになります。移動履歴が取得された全てのデータを合計したとしても、その地区の代表的もしくは平均的な交通行動を表現している訳ではないということに留意が必要です。

2) データの分散

データ分析では、多くの場合、平均値による比較が行われますが、地区内での回遊の場合、回遊時間が短い人と極めて長い人に二極化することがあります。そのため、平均値が必ずしも平均的な姿を現しているとは限りません。分析にあたっては平均値だけではなく、度数分布図などを確認することが重要です。

4. 回遊行動シミュレーションにもとづく施策等の検討

4.1 回遊行動シミュレーションモデルの構築

回遊行動シミュレーションを実施するために、個人単位の行動データや土地利用データ、交通ネットワークデータ等を用いて、回遊行動シミュレーションモデルを構築し、人の回遊行動を再現できるようにします。

中心市街地来訪者の回遊行動には様々なパターンが考えられますが、単純化すると、①回遊継続選択、②目的地選択、③経路選択、④滞留時間選択の大きく4つの段階に分けて考えることができます。

すなわち、中心市街地へ来訪した人が、中心市街地で回遊しているなかで、この後も回遊を継続するのか、あるいは帰宅するか「回遊継続選択」を行い、回遊を継続する場合にはどの場所に向かうのかを選択する「目的地選択」を行い、目的地までどのようなルートで向かうのかを選択する「経路選択」を行い、最後に目的地での滞留時間を選ぶ「滞留時間選択」を行う、という順番で行動を決定していくことを想定しています。目的地に到着し用事を済ませた後には、再び「回遊継続選択」の段階から行動選択を行い、帰宅が選択されるまでこれらの行動を繰り返すことで、ある個人の中心市街地での回遊行動を表現します。

各段階の回遊行動シミュレーションモデルには、四段階推定法のようなゾーン単位による交通需要推計手法ではなく、個人単位での交通行動を予測する手法である離散選択モデル（非集計モデル）も用いることが基本となります。以下、各段階の回遊行動シミュレーションモデルの内容について解説します。

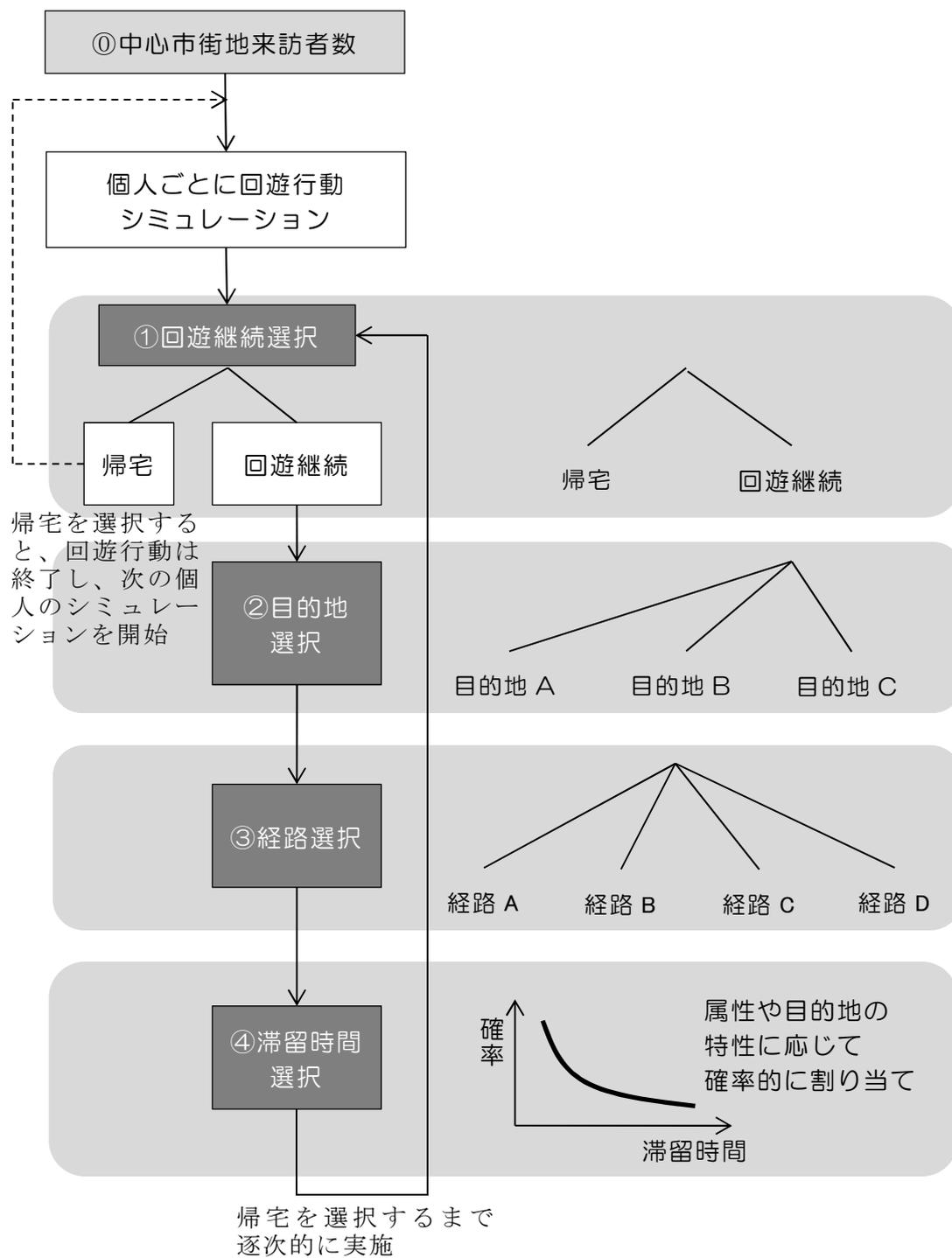


図 4-1 回遊行動シミュレーションの実施の流れ

(1) 来訪者の設定

まず、中心市街地来訪者数のデータを作成する必要があります。パーソントリップ調査が実施されている場合には、パーソントリップ調査から中心市街地エリアへの来訪者数を集計することでデータを作成します。パーソントリップ調査では、性別や年齢などの属性や利用交通手段もアンケートで聞いているため、属性別の来訪者数や来訪交通手段別の来訪者数などのデータも簡単に作成することができます。

パーソントリップ調査が実施されていない場合には、駅の利用者数やバス停の利用者数、駐車場の利用台数などの交通結節点毎の利用状況の情報をもとに来訪者数データを作成する方法が考えられます。

来訪者については、どの地点から中心市街地に入るか（駅、バス停、駐車場等）についても設定する必要があります。これをエントリーポイントと呼びます。

(2) 回遊継続選択モデル

次に、ある個人が回遊を続けるか、帰宅するかを選択する「回遊継続選択行動」をモデル化します。選択肢は、「中心市街地での回遊を継続する」もしくは「帰宅する」の二つとなります。

回遊を続けるかどうかを決める際には、それまでの中心市街地の回遊状況（立寄り箇所数、歩行距離、滞在時間など）に影響を受けることが想定されます。また、高齢者は長い距離を歩くと帰りやすい等、性別や年齢の影響も考えられます。さらに、自動車で来訪した人は駐車場の時間が制約となって早く帰宅しやすい等、来訪交通手段によっても傾向が変わることが想定されます。

具体的には、離散選択モデルと呼ばれる手法により、回遊継続か帰宅かを選択する行動を推計します。離散選択モデルの内、一般的に広く用いられるロジットモデル（Logit Model）という手法では、個人が回遊継続を選択する確率は以下のように示され、説明変数は表 4-1 のようなものが想定されます。

$$P_i^{\text{回遊継続}} = \frac{\exp(V_i^{\text{回遊継続}})}{\sum_i \exp(V_i^{\text{回遊継続}})}$$
$$V_i^{\text{回遊継続}} = \sum_k \beta_k^{\text{回遊継続}} \cdot x_{ik}^{\text{回遊継続}}$$

i : 選択肢（回遊継続 or 帰宅）

$P_i^{\text{回遊継続}}$: 回遊継続選択モデルの選択肢 i の選択確率

$V_i^{\text{回遊継続}}$: 回遊継続選択モデルの選択肢 i の確定効用

$x_{ik}^{\text{回遊継続}}$: 回遊継続選択モデルの選択肢 i の k 番目の説明変数

$\beta_k^{\text{回遊継続}}$: 回遊継続選択モデルの k 番目の説明変数のパラメータ

表 4-1 回遊継続選択モデルに用いる説明変数の例

説明変数	単位例	解説
中心市街地に来訪してからの立ち寄り箇所数	〇〇箇所	中心市街地の立ち寄り箇所数。立ち寄り箇所数が多いほど帰宅を選択する確率があることが想定される。
中心市街地に来訪してからの歩行距離	〇〇m 〇〇km	中心市街地での歩行距離の合計。歩行距離が長くなるほど帰宅を選択する確率があることが想定される。
現在時刻	〇〇時 〇〇分	回遊継続選択時の時刻。遅くなるほど帰宅を選択する確率が高くなることが想定される。
性別や年齢のダミー変数	—	例えば、高齢者は少ない立ち寄り回数で帰りやすい等が想定される。「立ち寄り箇所数」や「歩行距離」とクロスしたダミー変数で考慮も可能である。
来訪交通手段のダミー変数	—	例えば、自動車は少ない立ち寄り回数で帰りやすい等が想定される。「立ち寄り箇所数」や「歩行距離」とクロスしたダミー変数として考慮も可能である。

(3) 目的地選択モデル

次に、ある個人がどの場所へ移動するかを選択する「目的地選択行動」をモデル化します。選択肢は、特定の施設や場所を選択する方法と、中心市街地を複数のゾーンに区切ってゾーン単位で目的地を選択する方法が考えられます。

目的地を選ぶ際には、「目的地の魅力」と「出発地から目的地までの距離」の二つの要因に影響を受けることが想定されます。「目的地の魅力」が高いほど、その目的地を選ぶ人が多くなり、「出発地から目的地までの距離」が長くなるほど、その目的地まで行きづらく、選ぶ人が少なくなることが一般的です。また、性別や年齢によって利用する施設や施設の種類の異なることが想定されます。

回遊継続選択モデルと同様に、離散選択モデルにより推計をします。個人が目的地を選択する確率は以下のように示され、説明変数は表 4-2 が想定されます。

$$P_i^{\text{目的地}} = \frac{\exp(V_i^{\text{目的地}})}{\sum_i \exp(V_i^{\text{目的地}})}$$

$$V_i^{\text{目的地}} = \sum_k \beta_k^{\text{目的地}} \cdot x_{ik}^{\text{目的地}}$$

i : 選択肢（目的地のゾーン等）

$P_i^{\text{目的地}}$: 目的地選択モデルの選択肢 i の選択確率

$V_i^{\text{目的地}}$: 目的地選択モデルの選択肢 i の確定効用

$x_{ik}^{\text{目的地}}$: 目的地選択モデルの選択肢 i の k 番目の説明変数

$\beta_k^{\text{目的地}}$: 目的地選択モデルの k 番目の説明変数のパラメータ

表 4-2 目的地選択モデルに用いる説明変数の例

説明変数	単位例	解説
ゾーン内の施設数／店舗数の合計	〇〇か所	目的地の魅力度を施設数や店舗数の合計で表現。店舗数の合計が大きいゾーンほど、目的地として選択される確率が上がることが想定される。物販や飲食店、子育て施設、公共施設などの施設の種類毎に説明変数をわけることも考えられる。
ゾーン内の延床面積の合計	〇〇㎡	目的地の魅力を立地する建物の延床面積の合計で表現。延床面積の合計が大きいゾーンほど、目的地として選択される確率が上がることが想定される。建物の種類毎に説明変数をわけることも考えられる。
特定の施設のダミー変数	—	ショッピングモールやデパートなどの大型商業施設や公共施設の立地するゾーンは、施設数や床面積に比してゾーンに來訪する人が多いため、ダミー変数として考慮することも考えられる。
出発地から対象ゾーンまでの移動コスト	〇〇m ※指標化の場合は単位なし	出発地から目的地までの移動コストを距離として表現。距離が長いほど、目的地として選択される確率が下がることが想定される。単純に距離だけでなく、歩道の設置状況や沿道施設の状況を加味した指標を作成することも考えられる。
性別や年齢などの属性のダミー変数	—	例えば、子育て世帯は保育施設に立ち寄る、高齢者は遠い所には行きづらい、といった行動を表現するために、属性のダミー変数を入れることが考えられる。「施設数」や「移動コスト」とクロスしたダミー変数として考慮も可能である。

なお、ここではゾーン単位で選択をする場合の説明変数を記載していますが、同様に施設単位で選択をする場合の説明変数を設定することも可能です。ただし、施設を選択する場合には、例えば、商店街に向かう場合、特定の店舗の魅力が高いから目的地として選ぶのではなく、店舗が集合していることが魅力となっている等、その施設の魅力だけでなく周辺施設の状況も複合的に判断して行き先を選ぶこともあるため、説明変数の作成には留意する必要があります。

(4) 経路選択モデル

次に、ある個人がどの経路を通して目的地まで徒歩で移動するかを選択する「経路選択行動」をモデル化します。目的地までのいくつかの経路が選択肢となります。

経路を選ぶ際には、経路の距離だけではなく、歩きやすい経路か、沿道に店舗があって歩いていて楽しい経路かといった点がポイントとなります。

回遊継続選択モデルと同様に、離散選択モデルにより推計をします。個人が経路を選択する確率は以下のように示され、説明変数は表 4-3 が想定されます。

$$P_i^{\text{経路}} = \frac{\exp(V_i^{\text{経路}})}{\sum_i \exp(V_i^{\text{経路}})}$$

$$V_i^{\text{目的地}} = \sum_k \beta_k^{\text{目的地}} \cdot x_{ik}^{\text{目的地}}$$

i : 選択肢 (出発地から目的地までの経路)

$P_i^{\text{経路}}$: 経路選択モデルの選択肢 i の選択確率

$V_i^{\text{経路}}$: 経路選択モデルの選択肢 i の確定効用

$x_{ik}^{\text{経路}}$: 経路選択モデルの選択肢 i の k 番目の説明変数

$\beta_k^{\text{経路}}$: 経路選択モデルの k 番目の説明変数のパラメータ

表 4-3 経路選択モデルに用いる説明変数の例

説明変数	単位例	解説
出発地から目的地までの経路の長さ	〇〇m 〇〇km	出発地から目的地までの経路の長さ。距離が短い経路ほど、選択される確率が上がることが想定される。
右左折の回数	〇回	目的地までの経路上での右左折の回数。右左折が少なく真っ直ぐ進める経路ほど、選択される確率が上がることが想定される。
道路勾配	〇% ※下りはマイナス	経路の道路の勾配。登りの距離が多いほど、選択される確率が下がることが想定される。
大通りの横断回数	〇回	目的地までの経路上での大通りや横断歩道、歩道橋等を通る回数。大通りや横断歩道等を通る回数が少ない経路ほど、選択される確率が上がることが想定される。
歩きやすい歩道の割合	〇%	経路長に対して、歩道が設置されている道路延長の割合。歩道が多い経路ほど、選択される確率が上がることが想定される。
沿道の店舗の状況	〇%	経路長に対して、沿道に多数商業施設がある道路延長の割合。沿道店舗が多く賑わいのある通りを多く通過する経路ほど、選択される確率が上がることが想定される。1Fの店舗の種類や景観なども選択要因として考えられる。
休憩施設数	〇か所	目的地までの経路上での休憩施設(トイレやベンチ)の数。休憩施設が多いほど、選択される確率が上がることが想定される。

説明変数	単位列	解説
沿道の自動車交通の状況	○%	目的地までの経路上での自動車の交通量が多い道路の割合。交通量が多く安全でない道路が多いほど、選択される確率が下がることが想定される。
大通りの割合	○%	経路長に対して、大通りの道路延長の割合。大通りは店舗数が多く歩きやすい場合も多いため、大通りが多い経路ほど、選択される確率が上がることが想定される。
商店街の割合	○%	経路長に対して、商店街の道路延長の割合。商店街は沿道店舗が多く、また自動車も少なく歩きやすい場合が多いため、商店街が多い経路ほど、選択される確率が上がることが想定される。

(5) 滞留時間分布モデル

ある個人が目的地において、どのくらいの時間留まるかを決定するため、属性別や施設の種類の「滞留時間分布」をモデル化します。生存時間モデルと呼ばれるモデルを活用することで、1分、2分、3分といった連続的な時間分布を推計できるようにします。また、より簡易に推計したい場合にはモデル化をせずに、GPSデータ等から現況の滞留時間の分布を作成して割り当てる手法も考えられます。

滞留時間を決める際には、中心市街地の滞在状況（現在の時刻やこれまでの滞在時間）、また滞留する目的地の魅力度に影響を受けることが想定されます。来訪交通手段については、自動車来訪者は駐車料金や駐車時間等の要因により滞在時間が短くなることが想定されます。また、性別により滞留時間に差がある等、性別や年齢の影響も想定されます。

滞留時間分布モデルは、生存時間モデル（hazard-based duration model）と呼ばれる手法により推計します。生存時間モデルの内、加速モデルという手法を用いると、あるサンプル n の滞留時間 t_n は以下の式により計算をすることができます。また、説明変数としては表 4-4 のようなものが想定されます。

$$t_n = \exp \left[\sigma \cdot \{ \ln(-\ln S_n) \} + \mu + \sum_k \beta_k Z_{kn} \right]$$

t_n : サンプル n の滞留時間

σ : 尺度（分布の広がりを表すためのパラメータ）

μ : 切片（基準サンプルの分布を表すためのパラメータ）

S_n : サンプル n の乱数

Z_{kn} : サンプル n の k 番目の説明変数

β_k : k 番目の説明変数のパラメータ

表 4-4 滞留時間分布モデルに用いる説明変数の例

説明変数	単位例	解説
現在時刻	〇〇時 〇〇分	滞留時間選択時の時刻。遅くなるほど滞留時間が短くなることが想定される。
中心市街地に来訪してからの総滞在時間	〇〇分	中心市街地での滞在時間の合計。滞在時間が長くなるほど、短い滞留時間になることが想定される。
ゾーン内の施設数や床面積等	〇〇か所 〇〇㎡	施設数や店舗数等でゾーンの魅力を表現。施設数や床面積等が大きいゾーンほど、滞留時間が長くなることが想定される。
性別や年齢などの属性のダミー変数	—	例えば、女性は男性と比べて滞留時間が長いといった行動が想定されるために、属性のダミー変数を入れることが考えられる。
来訪交通手段	—	例えば、自動車来訪者は駐車料金等の要因により滞在時間が短くなることが想定されます。

4.2 説明変数の作成に必要なデータ

各段階の回遊行動シミュレーションモデルを作成するには、現状の施設数や交通ネットワークといったシミュレーションの対象となるエリアのデータの整備が不可欠です。ここでは、道路ネットワークデータと土地利用データの二つに分類して、活用が想定されるデータとその収集方法について詳述します。

(1) 道路ネットワークデータ

歩行者の回遊を表現するために、歩行者の通路をネットワーク（NW）化した歩行者 NW のデータが必要となります。ベースの NW データとしては、各自治体が整備している GIS データ等を活用するか、市販されている道路の GIS データを活用することが考えられます。

歩行者 NW データは、主に経路選択モデルの説明変数の作成に活用するため、必要に応じて以下の情報を NW データに付与する必要があります。

表 4-5 道路ネットワークデータに付与する情報の例

必要な情報	単位列	収集方法等
リンクの延長	○m	道路 NW データが最初から情報として保有
リンクの勾配	○%	国土地理院の基盤地図情報で 10m メッシュ単位の標高データから作成
大通り横断箇所のフラグ	※	地図や目視で確認しながら大通りを通過する横断歩道や歩道橋等にフラグ付け
大通りのフラグ	※	車線数や幅員をもとに大通りのリンクにフラグ付け（車線数や幅員は道路 NW データが情報として保有していない場合には道路台帳等から付与）
歩道設置のフラグ	※	一定以上の幅員の歩道や物理的に自動車と隔離されている歩道があるリンク等にフラグ付け（道路台帳等で情報がなければ地図や目視で確認）
休憩施設有無のフラグ	※	地図や目視で確認しながらトイレやベンチなどの休憩施設があるリンクにフラグ付け
歩道設置のフラグ	※	地図や目視で確認しながら商店街があるリンクにフラグ付け

※該当するリンクは 1、そうでないリンクは 0 のフラグを付与

(2) 土地利用データ

来訪者の行先を表現するために、施設の情報を地図上にプロットしたデータが必要となります。ベースの施設データとしては、自治体内で都市計画基礎情報として建物のデータが GIS で整備されている場合には、活用することが可能です。また、民間で地図の情報を GIS 化したデータが販売されていますので、そちらを購入し活用することも考えられます。

施設データは主に目的地選択モデルの説明変数の作成に活用するため、必要に応じて以下の情報を施設データに付与する必要があります。

表 4-6 施設データに付与する情報の例

必要な情報	単位例	収集方法等
施設内の延床面積	○㎡	都市計画基礎調査等のデータがない場合には、民間の地図データ等から情報を入手し作成する(店舗の種類毎の延床面積がわかると望ましい)
施設内の店舗数	○件	都市計画基礎調査等のデータがない場合には、民間の地図データ等から情報を入手し作成する(店舗の種類毎の施設数がわかると望ましい)
一階の店舗の種類	—	民間の地図データでも情報がない場合が多いため、目視等で確認しながら情報を付与する(ただし、中心市街地全体でデータを整備すると労力がかかるため、主要な幹線や施策実施予定区域周辺のみでデータを整備する等工夫をする)
間口	○m	
透過率 (窓の大きさ)	○%	
店舗の営業時間	○時～ △時	店舗によっては夜のみの営業をしている場合もあり、昼間の回遊を分析する際には、そのような店舗は延床面積や店舗数として含めない方が、より良いモデルになる可能性がある。ただし、情報として整備するのは労力がかかるため、施設の種類等で代用することもできる。

4.3 回遊行動シミュレーションの実施

中心市街地への来訪者を発生させて回遊行動シミュレーションモデルを適用し、中心市街地内での回遊をシミュレーションします。

(1) 回遊行動シミュレーションの実行と調整

来訪者数のデータを用いて中心市街地への来訪者を発生させて、その来訪者に対して回遊行動シミュレーションモデルを適用し、中心市街地内での回遊行動シミュレーションを実行します。

回遊行動シミュレーションを用いて施策評価をおこなう前には、以下の3つの視点についてチェックし、回遊行動シミュレーションの妥当性を確認することが望ましいです。特に、1つ目の「回遊行動モデルの各要素モデルのチェック」に関しては、最低限おこなう必要があります。シミュレーション結果が適切に表現されていないと考えられる場合には、回遊行動シミュレーションモデルのモデル構造や説明変数の修正をおこない、調整していきます。

① 回遊行動モデルの各要素モデルのチェック

回遊継続選択モデルや経路選択モデル等の回遊行動シミュレーションを構成する各要素モデルに関して、モデルの推定が妥当であるかをチェックします。具体的には、各説明変数のt値や符号条件を確認するとともに、モデルの尤度比等を確認し、統計的に妥当なモデルであるかどうかをチェックします。また、推定に用いた実績データとモデルによる推計結果を比較することで、再現性の確認をおこないます。

② 現況のシミュレーション結果のチェック

現況の観測歩行者数等のデータが得られている場合、回遊行動シミュレーションの結果と観測値との比較を行います。

ただし、回遊行動シミュレーションでは、対象地域の居住者を除去等により対象者を絞っている場合があるため、観測値とは一致しない点に留意する必要があります。そのような場合には、リンク間の歩行者数の比率などの視点で、再現性をチェックすることが考えられます。

また、再現性のチェックは、歩行者数に限らず、地区内の滞在時間や滞在箇所数等で確認することも考えられます。施策を評価したい指標に関して、再現性をチェックすることが重要です。

③ シミュレーションの施策感度のチェック

政策評価や投資の判断等の場面で、より精緻に施策をシミュレーションしたい場合には、あらかじめ施策の感度をチェックすることも考えられます。そのようなチェックをおこなう場合には、施策実施前後で歩行者数や滞在時間のデータが

得られている必要があります。

例えば、特定の区間の歩道拡幅社会実験の実施時と通常時の歩行者数のデータが得られている場合、施策実施前後のシミュレーション結果の変化と観測データの変化を比較することで、施策の効果を適切に表現できているかのチェックをおこなうことが考えられます。社会実験箇所での感度が確認できたモデルを用いて、より広い範囲で空間再配分を実施した場合の回遊行動シミュレーションをおこない、施策を評価していきます。

ただし、施策実施前後の観測データから見える変化には、対象となる施策以外の変化（イベント実施の有無や天候、シミュレーションで対象とする人以外の行動の変化等）が含まれているため、シミュレーションにより推計した変化とは一致しない点に留意する必要があります。シミュレーション結果による変化とデータによる変化に差異がある場合には、その要因について適切に分析をおこなうことが重要です。

(2) 回遊行動シミュレーションにもとづく施策の評価

評価したい施策の条件を入力し、回遊行動シミュレーションを実行します。例えば、特定のゾーンの再開発を評価したい場合には、ゾーンの商業施設延床面積を増加させた上でシミュレーションを実施したり、施設立地の最適箇所を評価したい場合には、立地候補箇所にそれぞれ施設を配置したケースを設定した上で、シミュレーションを実行します。現況のシミュレーション結果と施策実施後のシミュレーション結果からそれぞれ評価指標を算出し、両者の比較を行うことで施策の評価をおこないます。

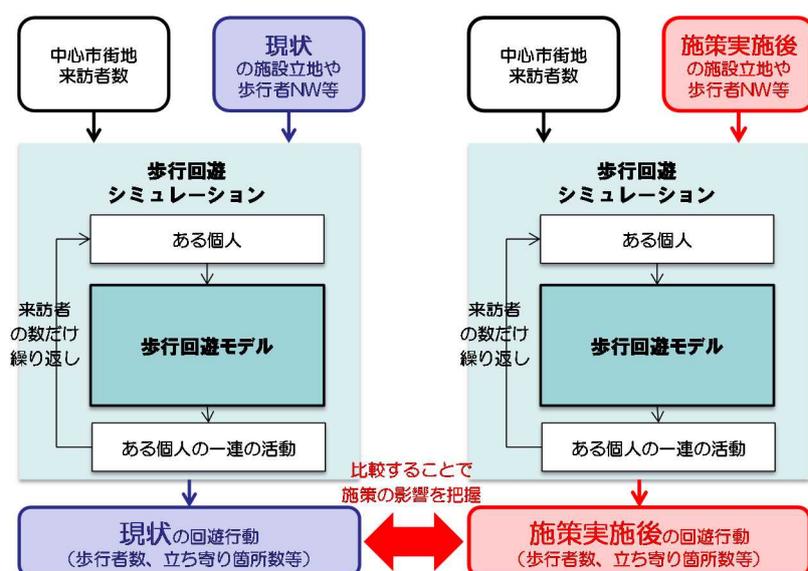


図 4-2 回遊行動シミュレーションにもとづく施策の評価イメージ

前述した回遊行動シミュレーションモデルを構築することで、「2.2 検討の対象となる施策や取り組み」で記載した各施策に関しては、以下の表のように評価することが可能となります。

表 4-7 各施策のシミュレーションにおける評価方法例

検討の対象となる施策や 取り組み	施設配置	シミュレーションにおける 評価方法例
施設配置・ 空間形成	施設配置	目的地選択モデルの「施設種類毎の店舗数」の説明変数により、保育施設や商業施設の配置による人の立ち寄り場所の変化を考慮可能。 また、経路選択モデルにおいて「沿道の施設状況」の説明変数によって、歩行経路の変化も考慮可能。 滞留時間分布モデルにおいて「ゾーン内の施設数や床面積等」の説明変数によって、地区の滞在時間の変化も考慮可能。
	公共空間の利活用	経路選択モデルの「沿道の店舗状況」等の説明変数により、オープンカフェで沿道に賑わいが生まれた場合の歩行経路の変化を考慮可能。
	街並みの形成	経路選択モデルの「沿道の店舗状況」等の説明変数により、沿道店舗の設えを改善することによる歩行者数の増加を考慮することが可能。
交通施策	歩行動線の形成	経路選択モデルの「歩きやすい歩道の割合」等の説明変数により、歩道を整備することによる回遊の変化を考慮可能。 また、経路選択モデルの「大通りの横断回数」の説明変数により、歩行者デッキの設置による分断の解消の効果を把握することが可能。
	バス停や駐車場等の配置	シミュレーションの発生点である交通結節点の位置や利用者数を変化させることで、立ち寄り場所の分布や歩行経路の変化を把握することが可能。
	回遊を促進する交通サービスの導入	経路選択モデルにおいて、選択肢として所要時間の短い経路を新しく追加することで、交通サービス導入により水平方向の移動性が改善した場合の、地区の回遊に与える影響を、簡易的に把握することが可能。

4.4 回遊行動シミュレーションの拡張可能性

本章で解説した回遊行動シミュレーションモデルは、評価したい施策や視点に応じて、モデルの構造等を改良することにより、以下のような検討も可能となります。

1) 中心市街地の魅力向上による来訪者数の増加

施設配置や空間形成を行うことで、地区の魅力が向上し、中心市街地での回遊性向上のみならず、中心市街地への来訪者数自体が増加することが期待されるため、シミュレーションのインプットの来訪者数を変化させることにより、来訪者数の増加が地区の回遊に与える影響をみるのが考えられます。来訪者数の増加は、床面積の変化分等から算出することが考えられます。

回遊行動シミュレーションモデルだけでなく、広域的な流動を推計する四段階推定法の分布モデルを構築し中心市街地の魅力を説明変数として加えることで、地区の魅力向上による来訪者数の変化自体を評価することも考えられます。

■ 来訪者数の変化の想定例

$$\text{地区への来訪者数の変化} = \text{新たにできる施設への来訪者数} \\ \times \text{今まで地区には来ていなかった人の割合}$$

- ・「新たにできる施設への来訪者数」は、例えば、大規模開発地区関連交通計画マニュアルを用いて、施設の床面積から来訪者数を設定することが考えられる。また、同程度の既存施設がある場合、その施設の来訪者数を活用することも考えられる。
- ・「今まで地区に来ていなかったが、新たに来るようになった人の割合」に関しては、特定の数値を設定することが難しい場合が多いため、複数パターン設定し、来訪者数の変化による回遊の変化のパターンをみるのが考えられる。（周辺に、同程度の既存施設がある場合には、来訪者の居住地の分布を把握することで、設定の参考にすることも考えられる）

2) 自動車交通と歩行者交通の総合的な評価

歩道の拡幅や道路空間の再配分を行うことで、中心市街地において自動車交通量が減少するなど影響が考えられます。このような影響は、回遊行動シミュレーションモデルだけでなく、広域的な流動を推計する四段階推定法の配分モデルに道路ネットワークの条件を反映させることで評価が可能となります。

3) 目的地選択モデルと回遊継続選択モデル、経路選択モデルと目的地選択モデルの相互作用

前述の回遊行動シミュレーションモデルでは、施設配置の影響は目的地選択モデルの段階で、歩行動線の形成の影響は経路選択モデルの段階でそれぞれ考慮されています。しかし、例えば歩行動線が形成されると、その経路が歩きやすくなるだけでなく経路の先にある施設まで行きやすくなり、その施設が選ばれやすくなることが考えられます。また、施設を配置することで、地区全体の魅力が高まり立ち寄り箇所数や滞在時間の伸びることも考えられます。このような効果は、前述の回遊行動シミュレーションモデルでは1つ1つ作成されていた回遊継続選択モデル、目的地選択モデル、経路選択モデルについて、相互作用を考慮できるよう3つのモデルを1つにつなげる構造（ネステッドロジットモデル）にすることで評価が可能となります。

4) 複雑な回遊行動パターンの表現

前述した回遊行動シミュレーションモデルでは、人の回遊行動パターンを①回遊継続選択、②目的地選択、③経路選択、④滞留時間選択の4段階に単純化していますが、人の回遊行動パターンには、例えば、帰宅までの時間制約がある中で回遊を続ける時間や施設での滞在時間を決めるといったことや、メインの目的地へ行く途中や子どもの送迎の帰りに近くの施設に立ち寄るといったことが想定され、これらについても回遊行動シミュレーションモデルを拡張することにより再現することが可能となります。

5. スマート・プランニングの実践例

5.1 岡山市における GPS データによるケーススタディ

岡山市では、中心市街地の回遊性向上と魅力づくりのために、県庁通り・西川筋回遊性向上社会実験を平成 27 年に実施しました。この社会実験による効果を把握するために大規模なプローブパーソン調査が行われました。このプローブパーソン調査のデータを用いて回遊行動シミュレーションモデルを構築し、施策評価を試行するためのケーススタディを実施しました。

5.1.1 プローブパーソン調査の概要

(1) プローブパーソン調査の実施概要

岡山市に平成 27 年に実施したプローブパーソン調査の概要は以下の通りです。

表 5-1 平成 27 年度岡山市プローブパーソン調査の概要

項目	内容
調査方法	①一般市民の中から調査モニターを募集 ②PC もしくはスマートフォンにより WEB 経由で参加登録を行い、アプリを起動するための ID とパスワードを取得 ③調査モニターは、自分のスマートフォンに調査用アプリをインストール ④調査期間中にアプリを操作することで移動の軌跡等の情報を収集
対象エリア	・岡山市の中心市街地
対象者	・モニター登録時点で 16 歳以上の一般市民
調査日	・10 月 10 日（土）～10 月 25 日（日）の間の土日 ※10 月 10 日及び 11 日には回遊性向上社会実験を実施
調査項目	・移動の起終点位置 ・出発到着時刻（1 分単位） ・移動経路（1 秒間隔） ・移動目的（「出勤・登校」「帰宅」「帰社・帰校」「業務」「送迎」「買い物」「食事」「娯楽」「散歩・回遊」「その他」） ・交通手段（「自動車(運転・同乗)」「電車」「地下鉄」「バス」「バイク・原付」「タクシー」「自転車」「徒歩」「その他」） ・個人属性
調査結果	・調査人数は 2,446 人日 ・取得したトリップ数は 6,384 トリップ

(2) プロブパーソン調査の基礎分析結果

取得したプロブパーソン調査を用いて、対象地区における回遊実態の特徴の把握および回遊性向上社会実験の効果把握を行いました。

滞在の傾向として、交通手段別の立ち寄り箇所数を分析すると、自動車で来訪した人は公共交通で来訪した人と比較して、2か所以上の立ち寄りが少ないことがわかります。

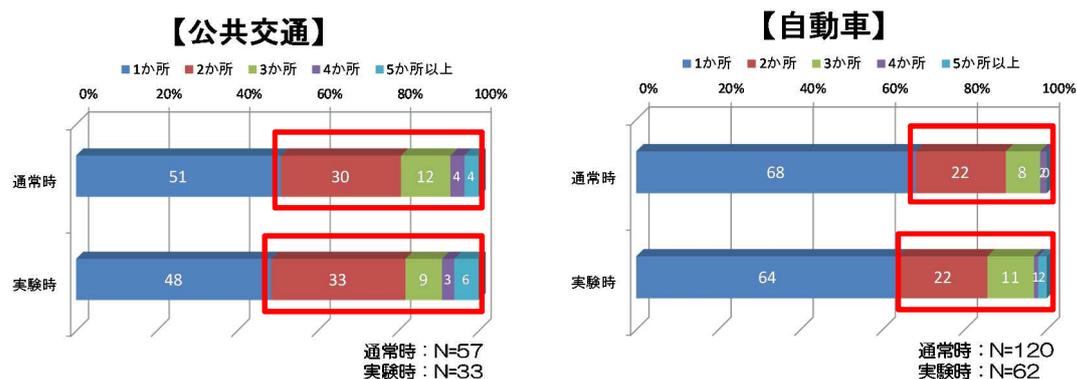


図 5-1 来訪交通手段別の立ち寄り箇所数の傾向

また、来訪した人の道路別の徒歩移動状況を通常時と社会実験時と比較すると、通常時では岡山駅や大規模商業施設を中心として大通りや駅前の繁華街での移動が多いことが確認できます。社会実験において、大規模商業施設と百貨店をつなぐ県庁通りで車両規制等を実施し、南北の西川筋でオープンカフェを実施したことで、それらの通りの移動が多くなり、東西の移動が増加したことが確認できます。

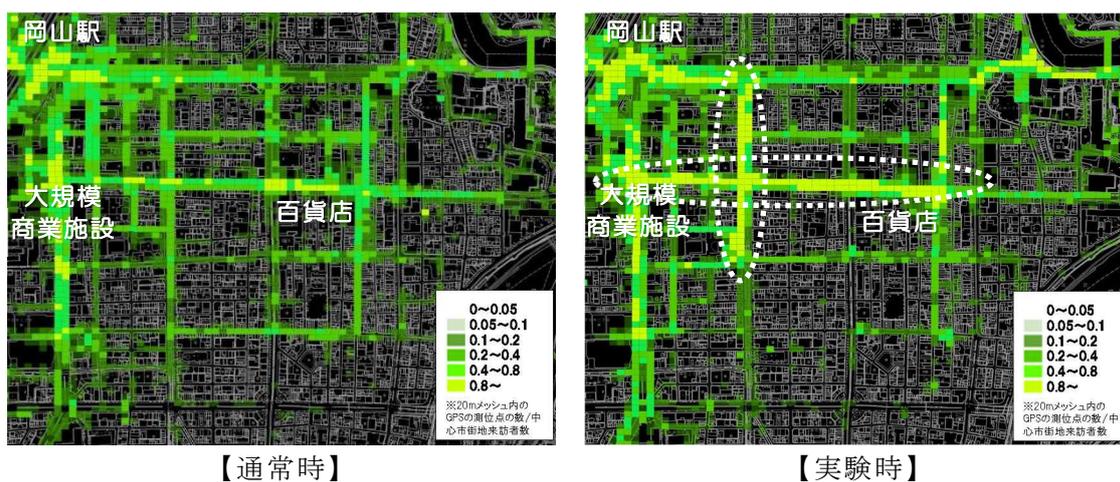


図 5-2 来訪者の徒歩の移動状況（通常時／実験時別）

5.1.2 回遊行動シミュレーションモデルの構築

(1) 分析に用いたデータ

回遊行動シミュレーションモデルの構築にあたり、以下のデータを用いました。

1) プロブパーソン調査データ

前述したプロブパーソン調査データから、「買い物」および「散歩・回遊」を目的とした中心市街地内における「徒歩」トリップを抽出し、これを用いて回遊行動シミュレーションモデルを構築しました。

2) 道路ネットワークデータ

ベースのネットワーク（NW）データとしては、一般財団法人日本デジタル道路地図協会のデジタル道路地図データを使用しました。自動車のNWデータであるため、歩道橋や公園内などに関しては新たにネットワークを追加し歩行者NWとしました。また、歩道の有無や商店街の有無に関しては、地図上で確認しながら歩行者NWに情報を付与しました。

3) 土地利用データ

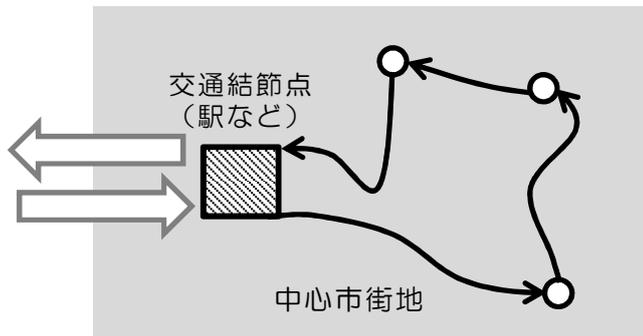
ベースの施設データとしては、株式会社ゼンリンの建物ポイントデータを活用しました。各施設の種類毎の店舗数や延床面積が情報として付与されているため、こちらのデータを使用しました。

(2) モデルの構造

今回のケーススタディでは、モデル構造を簡便にするために、駅等の交通結節点から中心市街地に来訪した人は、最初に入った交通結節点に戻って域外に流出することを前提としています。

モデルは、回遊継続選択モデル、目的地ゾーン選択モデル、目的施設選択モデル、経路選択モデル、滞留時間分布モデルの5つのモデルからなる構造としました。目的地選択に関しては、目的地ゾーンと目的施設の二段階にわけた選択構造としています。また、回遊継続選択と目的ゾーン選択は同時決定するモデルとしています。また、目的施設選択モデルは、プロブパーソン調査データから、ゾーン内の施設の利用率を算出し案分する手法を採用しました。また、滞留時間分布モデルは、生存時間モデルを用いました。

モデルの構築はトリップ単位で行いますが、回遊行動シミュレーションモデルを逐次的にシミュレーションすることで、中心市街地に入ってから中心市街地を出るまでの一連の動きが表現できるようにしました。これにより、歩行者数だけでなく、立ち寄り箇所数や歩行距離の観点からも評価を行うことができることを想定しています。



交通結節点から出発し、
交通結節点に戻るまでの
徒歩トリップを対象

図 5-3 対象とする回遊行動のイメージ

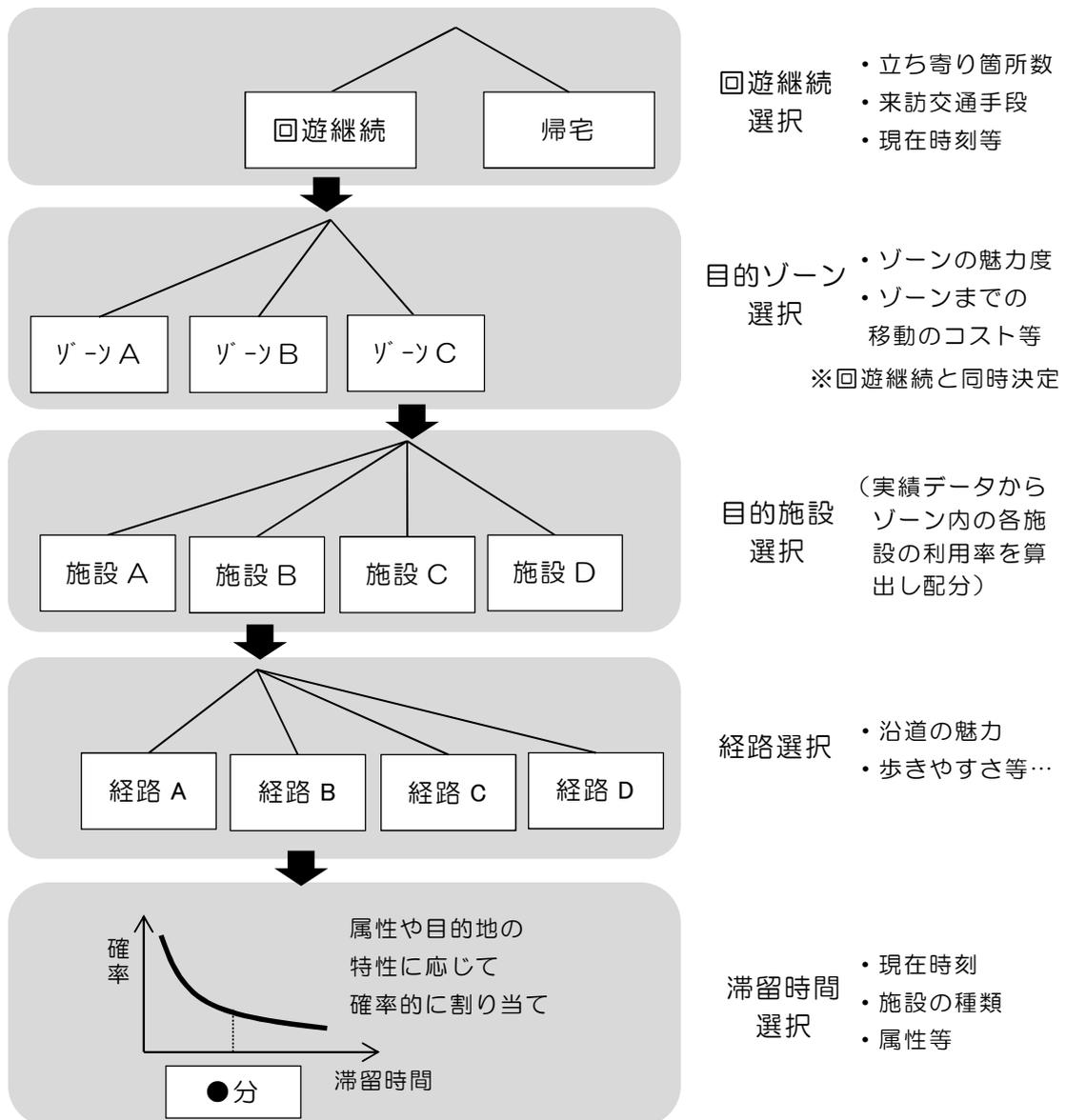


図 5-4 回遊モデルの構造

(3) 各モデルの解説

1) 回遊継続選択モデルと目的地ゾーン選択モデル

回遊継続選択モデルの説明変数は、中心市街地に来訪してからの立ち寄り箇所数、現在時刻、来訪交通手段が自動車のダミー変数、ログサム変数としました。移動が増えることによる負担や時間制約を加味して、回遊を継続するかどうかを判断することを念頭においたモデルとなっています。また、自動車来訪者は滞在が長くなると駐車料が増えるため早く帰宅しやすい点なども想定したモデルとなっています。

目的地ゾーン選択モデルの説明変数は、店舗数、繁華街のダミー変数、公共施設のダミー変数、大規模施設のダミー変数、アクセシビリティ指標、ゾーン面積等を用いました。店舗数や各種ダミー変数が目的地ゾーンの魅力度を表しています。また、アクセシビリティ指標として目的地までの移動しやすさを表す「経路選択モデルのログサム変数」を用いました。これにより、歩道拡幅等により目的地までの経路選択の効用が増加した場合、その目的地が行先として選ばれやすくなることが表現できるようにしています。また、ゾーン面積を考慮しているのは、同じ魅力度のゾーンであっても、面積が大きい方が、面積が小さいゾーンよりも多くのトリップが集まることを表現するためです。

表 5-2 回遊継続・目的ゾーン選択モデル パラメータ推定結果

	説明変数	パラメータ値	t 値
回遊継続 選択モデル	中心市街地に来訪してからの立ち寄り箇所数	-0.0009	-0.01
	現在時刻	-0.0034	-5.12
	来訪交通手段のダミー変数（自動車）	-0.5060	-2.06
	ログサム変数	0.6006	1.54
目的ゾーン 選択モデル	店舗数(件)/ゾーン面積(m ²)	0.5341	2.62
	大規模施設数(件)/ゾーン面積(m ²)	0.6243	3.47
	公共施設のダミー変数	0.9492	1.66
	大規模施設 A のダミー変数	2.9731	8.32
	大規模施設 B のダミー変数	0.7215	2.75
	大規模施設 C のダミー変数	0.6301	1.30
	繁華街のダミー変数 ^{※1}	-0.6135	-1.30
	駅西側のダミー変数 ^{※2}	-1.3537	-2.18
	アクセシビリティ指標	0.4695	7.55
	内々のダミー変数 ^{※3}	0.6385	3.23
	ゾーン面積(m ²)	1.0000	—
初期対数尤度			965
最終対数尤度			657
対数尤度比			0.320
サンプル数			427

※1 開店時間が遅い飲食店は日中の回遊行動には大きな影響を与えないと考えられるため、そのような店舗が多いゾーンには繁華街のダミー変数を付与した。

※2 岡山駅西側はイオン等の大規模施設がなく、東側とのアクセス性も低いいため目的地として選ばれにくいことからダミー変数を付与した。

※3 出発と同じ到着ゾーンは行先として選ばれやすいため内々のダミー変数を設定した

2) 経路選択モデル

経路選択モデルの説明変数は、経路の長さ、右左折の回数、歩きやすい歩道の割合、沿道の店舗の状況、商店街の割合としました。経路の長さや右左折の回数は大きい場合にはその経路が選択されにくくなり、歩きやすい歩道の割合が高く、沿道の店舗が多く、商店街の割合が高い場合は、その経路が選択されやすくなることを考えたモデルになっています。

表 5-3 経路選択モデル パラメータ推定結果

説明変数	男性		女性	
	パラメータ	t 値	パラメータ	t 値
経路の長さ (m)	-0.0044	-3.6122	-0.0033	-3.6203
右左折の回数 (回)	-0.0594	-0.9948	-0.1598	-2.9645
歩きやすい歩道の割合 (%)	0.3437	0.6246	0.7697	1.8746
沿道の店舗の状況	0.4213	1.1156	0.5132	1.6809
商店街の割合 (%)	1.5586	1.8875	1.9840	2.7899
初期対数尤度		-185		-274
最終対数尤度		-170		-252
対数尤度比		0.0801		0.0776
サンプル数		162		253

3) 滞留時間分布モデル

滞留時間分布モデルの説明変数は、現在時刻、中心市街地に来訪してからの総滞在時間、女性のダミー変数、大規模施設のダミー変数、来訪交通手段が自動車のダミー変数としました。現在時刻が遅く中心市街地での滞在時間が長い場合には施設での滞留時間が短くなり、女性の滞留や大規模施設での滞留は時間が長くなるモデルになっています。

表 5-4 滞留時間分布モデル パラメータ推定結果

説明変数	パラメータ	t 値
現在時刻(分)	-0.0008	-1.87
中心市街地に来訪してからの総滞在時間(分)	-0.0011	-0.86
女性のダミー変数	0.5593	4.01
大規模施設のダミー変数	0.3631	1.71
来訪交通手段のダミー変数 (自動車)	-0.0717	-0.50
切片 (μ)	4.3437	12.17
尺度 (σ)	0.8608	16.61
サンプル数		157

※生存時間モデル (加速モデル) におけるパラメータの解釈 :

パラメータが正 → 対応する説明変数の値が大きいほど滞留時間が延びる

パラメータが負 → 対応する説明変数の値が大きいほど滞留時間が縮む

(4) 来訪者数の設定

シミュレーションの母数となる来訪者数の設定には、2012年に実施されたパーソントリップ調査の休日の結果を用いました。鉄道・路面電車、バス、自動車、自転車、徒歩の5つの来訪交通手段別に来訪者数を集計し、鉄道・路面電車の来訪者は岡山駅及び路面電車の各停留場、バスの来訪者は各バス停、自動車の来訪者は各駐車場、自転車は市営駐輪場や主要な商業施設の駐輪場をエントリーポイントとして回遊が発生するように、シミュレーションの設定を行いました。徒歩来訪者は、今回のシミュレーションでは扱わないこととしました。

パーソントリップ調査データから作成した来訪交通手段別の中心市街地への来訪者数は以下の表に示すとおりです。徒歩来訪者を除いた58,597人を母数として、シミュレーションを実施しました。

表 5-5 パーソントリップ調査データから作成した来訪者数

来訪交通手段	来訪者数
鉄道・路面電車	6,938
バス	3,750
自動車	41,751
自転車	6,158
徒歩	5,093

5.1.3 ケーススタディの実施

中心市街地内の各交通結節点の来訪者数を母数として、推定した回遊行動モデルを各個人に対して適用することでシミュレーションを行いました。ここでは、オープンカフェを実施したケースと、再開発や歩道拡幅等の施策を組み合わせたケースを示します。また、公共施設の移転等の施策のケーススタディも示します。

(1) オープンカフェ実施のケーススタディ

西川緑道公園においてオープンカフェを実施することによる効果の評価を試行しました。回遊行動モデル上での表現としては、西川緑道公園沿いに商店街があると設定することで、経路選択モデルにおける「商店街の割合」の説明変数が高まり、オープンカフェを実施したリンクが経路として選ばれやすくなり、回遊が変化する様子を分析しました。

シミュレーションの結果、桃太郎大通りの歩行者が減少し、西川緑道公園周辺の東西方向の歩行者が増えており、オープンカフェによる人の回遊の変化を確認することができます。

※本ケースは滞留時間分布モデルを除いた結果

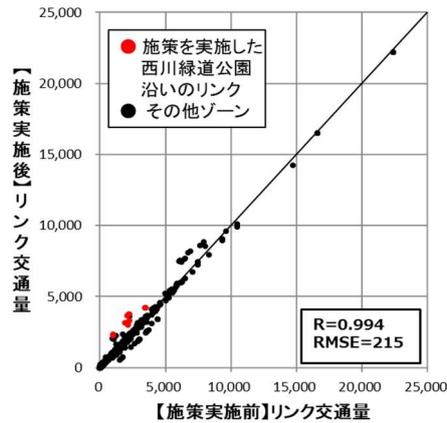


図 5-5 施策実施前後のリンク交通量のシミュレーション結果の比較

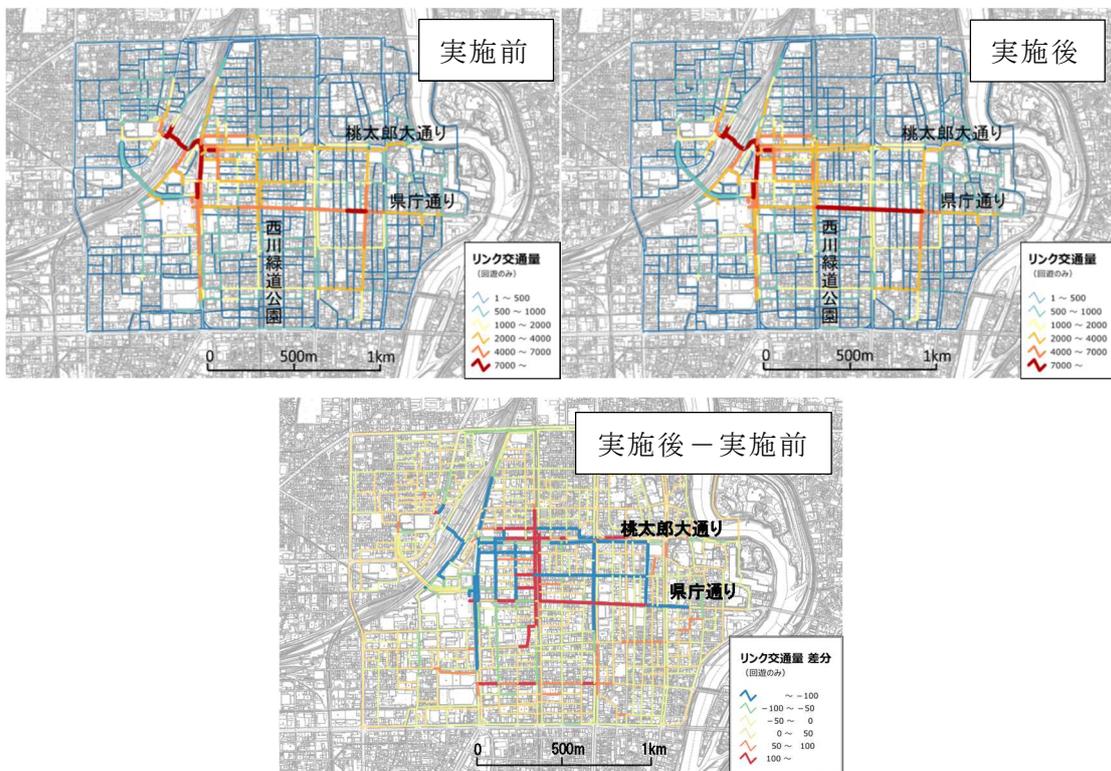


図 5-6 オープンカフェ実施前後のリンク別の歩行者数

なお、実際に実施されたオープンカフェの観測交通量とシミュレーション結果の歩行者交通量の比較を行いました。(表 5-6) 今回の施策実施においては、各種イベントが開催され来訪者も多いため、オープンカフェ施策のみを評価したシミュレーション結果と単純な比較はできませんが、傾向の把握に意義はあると考えられます。

比較結果を見ると、現在のスマート・プランニングの歩行回遊シミュレーションは私用の来訪者のみを対象にしている等、対象者が限られていることから、観測した歩行者数とは一致しませんでした。が、県庁通りの東西方向の歩行者が増加している傾向はシミュレーション結果で反映されていることが確認できました。



図 5-7 オープンカフェの実施エリア及び観測地点

表 5-6 オープンカフェ実施後の観測交通量とシミュレーション結果の比較

地点	観測交通量			シミュレーション結果		
	実施前 (人)	実施後 (人)	比率	実施前 (人)	実施後 (人)	比率
①	5811	7522	1.29	3133	3331	1.06
②	1841	4238	2.30	6066	7508	1.24
③	2701	4514	1.67	6921	8185	1.18
④	5293	5768	1.09	8030	8547	1.06

(2) 再開発実施等のケーススタディ

駅周辺で再開発が発生したケースと、再開発と同時に周辺地域で歩道拡幅とオープンカフェを実施したケースを比較することで、再開発に合わせて回遊を促す施策が実施された場合、再開発の効果がどのように波及するかを滞在時間や立ち寄り箇所数、回遊距離の観点から評価しました。モデル上では、再開発は該当ゾーンの店舗数および大規模施設数を増加させることで、目的ゾーン選択モデルにおける「店舗数」や「大規模施設数」の説明変数の効果が高まることにより、該当ゾーンへの集中量の増加を表現しました。また、歩道拡幅に関しては、該当リンクの歩道幅員が広がると設定を行い、経路選択モデルにおける「歩きやすい歩道の割合」が高まることで、歩道拡幅箇所が経路として選ばれやすくなり、また、遠くのゾーンへ行きやすくなる様子表現しました。

シミュレーションの結果を、来訪者の延べ滞在時間、延べ立ち寄り回数、延べ回遊距離の変化で評価しました。滞在時間および立ち寄り回数に関しては、再開発のみの実施でも若干の増加がみられますが、歩道拡幅とオープンカフェを組み合わせることで伸びが大きくなることを確認できます。また、回遊距離やリンク別の歩行者数は、再開発のみのケースではほとんど変化が見られないが、歩行者施策をセットで実施することで大きく増加することが確認できます。

表 5-7 各ケースの施策前後のシミュレーション結果の比較

		再開発	再開発＋ 歩道拡幅＋オープンカフェ
延べ滞在時間 (時間)	施策前	93,737	
	施策後	94,128	94,845
	変化分	391	1,108
延べ立ち寄り 回数 (回)	施策前	90,252	
	施策後	90,583	91,027
	変化分	331	775
延べ回遊距離 (km)	施策前	94,059	
	施策後	94,058	95,016
	変化分	-1	958

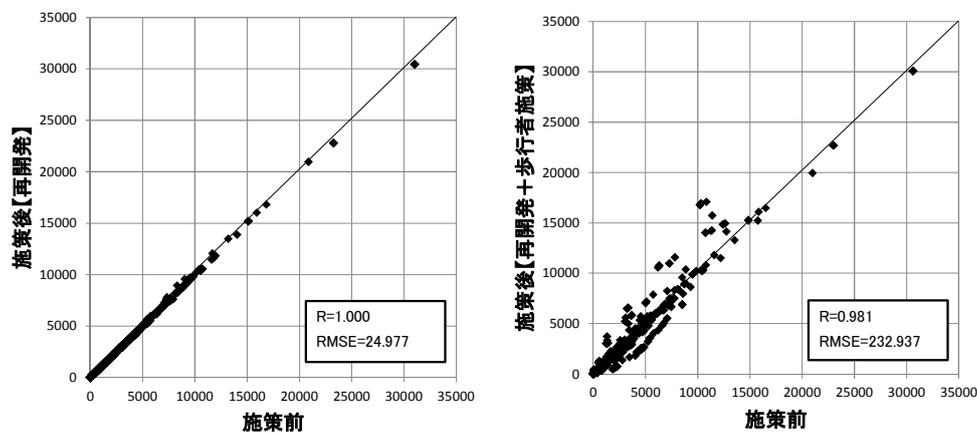


図 5-8 各ケースの施策前後のリンク別の歩行者数の比較

(3) その他施策のケーススタディ

前述した、オープンカフェ、歩道拡幅、再開発の施策以外に、以下の施策に関してケーススタディを実施し、滞在時間や立ち寄り回数、回遊距離等の指標が変化することを確認しました。

公共施設の移転

市民会館等の公共施設が移転した場合の人の移動先の変化等を推計しました。モデル上では、目的ゾーン選択モデルにおける移転元ゾーンの「公共施設のダミー変数」を除き、移転先ゾーンの「公共施設のダミー変数」を追加することで、移転先のゾーンへの人の集中を表現しました。

シミュレーションの結果、公共施設が移転した先のゾーンへの集中量が増加している様子が確認できました。

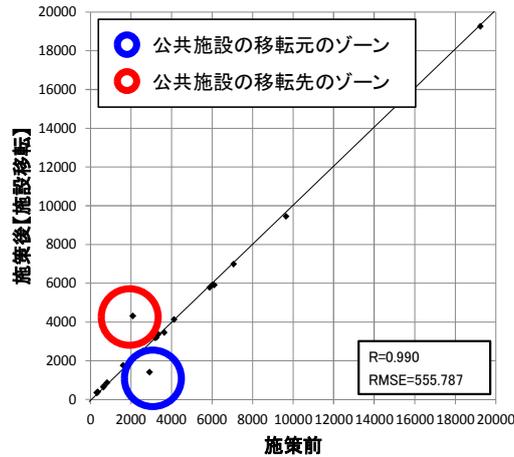


図 5-9 施策前後のゾーン別集中度の比較

駐車場の集約

駅周辺の駐車場を廃止しフリンジに集約駐車場を設置した場合、駐車場の配置変更や通過交通の排除により歩行者の動きが変わることが想定されるため、駐車場配置による回遊行動への影響を推計しました。モデル上では、自動車で来訪した人のシミュレーションの発生地点に関して、駅周辺からの駐車場からの発生をゼロとし、その分のフリンジ駐車場から人が発生するように設定しました。

シミュレーションの結果を来訪者の延べ滞在時間、延べ立ち寄り回数、延べ回遊距離の変化で評価したところ、回遊の発生場所が変化することで、立ち寄り回数や滞在時間、回遊距離などの各種指標が変化することが確認できました(次ページ表)。

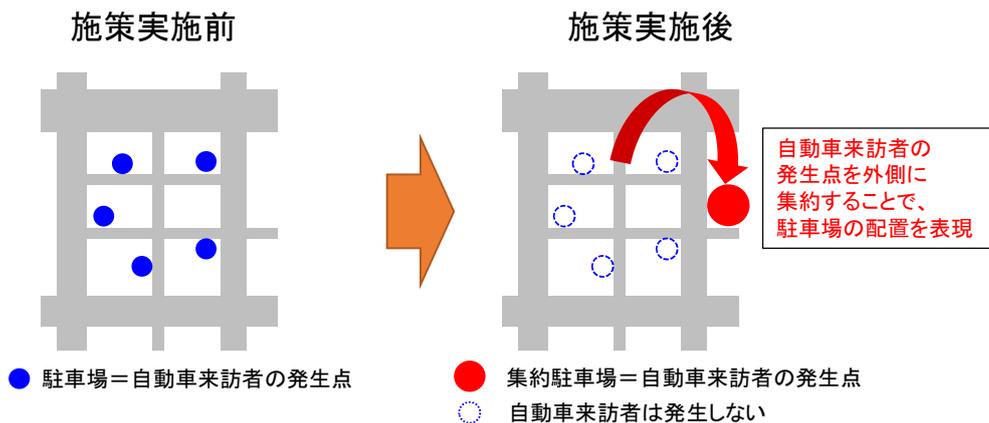


図 5-10 駐車場集約のモデル上での表現イメージ

路面電車サービス向上

路面電車のサービスが向上して、水平方向の移動がスムーズになった場合を想定し、回遊行動の変化を推計しました。歩行者ネットワーク上で、路面電車の電停間に移動しやすいリンクを新しく追加することにより、路面電車のサービス向上を代替的に表現しました。具体的には、路面電車の電停間に追加した新しいリンクの長さを実測距離の3分の2として設定しました。これにより、路面電車の沿線を通る経路は「経路の長さ」が短くなり、経路選択モデルにおいては「経路の長さ」の短い選択肢が選ばれやすいため、路面電車の経路が選ばれやすくなることを表現しています。また、目的地ゾーン選択モデルには、アクセシビリティ指標として「経路選択モデルのログサム変数」が含まれているため、水平方向の移動しやすさが向上することで、行先等も変化することが表現されています。

シミュレーションの結果を来訪者の延べ滞在時間、延べ立ち寄り回数、延べ回遊距離の変化で評価したところ、水平方向の移動のしやすさが向上することで、立ち寄り回数や滞在時間、回遊距離などの各種指標が変化することが確認できました。

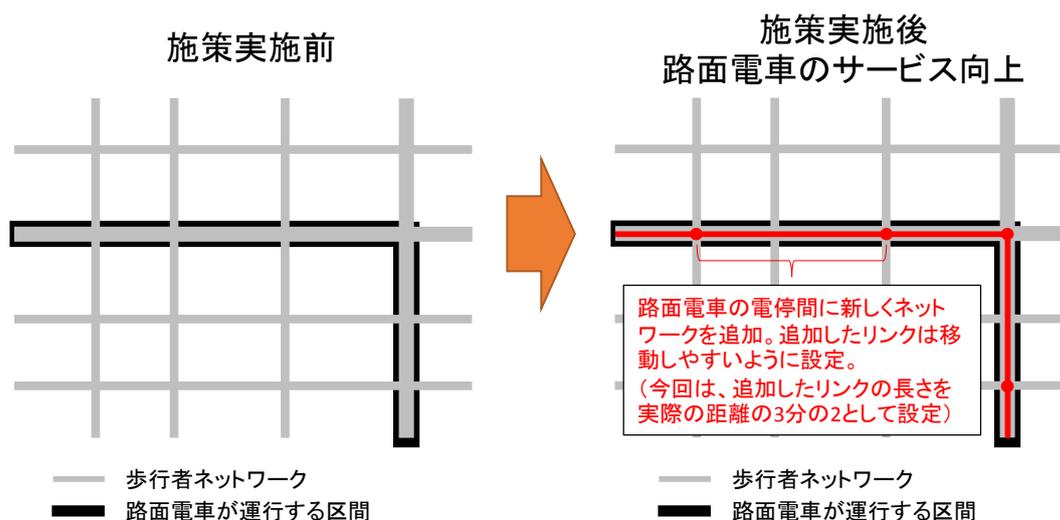


表 5-8 各ケースの施策前後のシミュレーション結果の比較

	駐車場の集約	路面電車サービス向上
延べ立寄り回数の変化	1,169 回	172 回
延べ滞在時間の変化	1,955 時間	237 時間
延べ回遊距離の変化	2,630km	402km [※]

※新たに追加したリンクの移動も含む

5.2 岡山市におけるビッグデータを活用したケーススタディ

スマートフォンの GPS で取得されたビッグデータを用いて、5.1 のケーススタディと同様に、岡山市をフィールドとして回遊行動モデル構築の検討をおこないました。今回使用したビッグデータは、数分間隔のデータであり、細街路（狭い道路）等では経路の特定が出来ない場合があると想定されたため、回遊継続・目的ゾーン選択モデルの構築までを検討しました。

5.2.1 活用したビッグデータの概要

(1) 活用したビッグデータの概要

本ケーススタディでは、KDDI×コロプラが提供する Location Trends と呼ばれるビッグデータサービスを利用しました。Location Trends は、KDDI が提供する携帯電話サービス「au」のスマートフォンユーザーから位置情報取得の同意を得て、GPS により位置情報を取得し、個人が特定できないように加工した位置情報データと属性情報（性別・年齢層）等にした上で、株式会社コロプラがこのデータを分析・加工し提供するサービスです。本ケーススタディで活用したデータ仕様は以下の通りです。

表 5-9 活用した GPS ビッグデータの概要

対象エリア	岡山駅前エリア
データ期間	2016年9月-11月の休祝日 ※ただし、大きなイベント実施のあった、10月1日、2日、9日、10日及び11月5日、6日、13日は対象から除外
観測対象	対象エリア内を徒歩移動した人 ※調査データからはエリア内居住者のデータを除外している ※取得した位置情報の速度及びマップマッチング判定（鉄道路線の位置座標データと GPS により取得した位置情報との照らし合わせ）により交通手段を判定
ユーザー数	6,872人 ※ウェイトバック補正済（KDDI 許諾者数の変動及び、性年齢層の偏りの補正処理）
秘匿処理	来訪者数が少ない区分は、プライバシー保護の観点から秘匿
人数の定義	1日毎（3時~翌2時59分）にハッシュ化された ID を用いた集計のため、同じ人物の場合でも日を跨いだ場合は異なるユーザーとしてカウント
トリップの定義	100m メッシュ単位で 15 分以上滞在した時点で滞在と判定し、トリップを区切る ※数分間隔で取得されている GPS データから滞在判定

(2) ビッグデータを用いた現況分析

GPS ビッグデータを活用して、基礎的な現況分析を行いました。中心市街地の地区内の滞在時間の分布を確認すると、1時間未満の滞在時間の人が多いですが、長時間滞在する人も一定数いることが確認できます。

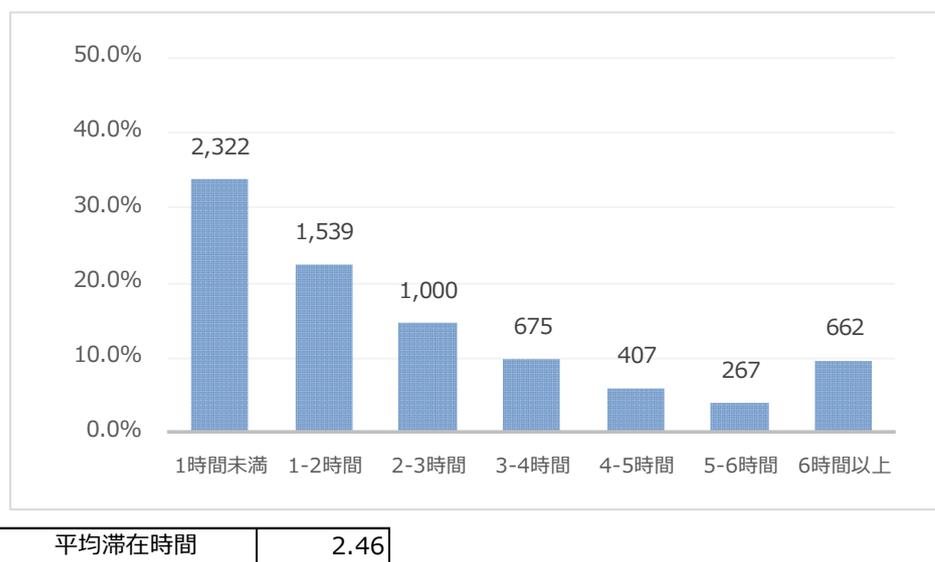


図 5-11 地区内の滞在時間の分布

出典：Location Trends

また、100m メッシュ単位で、立ち寄り数（着トリップ数）を集計すると、岡山駅周辺やイオン周辺の人が集まる場所へ特に集中していることが確認できます。また、天満屋周辺や、ジョイポリス周辺にも一定程度立ち寄りがあり、GPS ビッグデータからも人が集まっている場所を定量的に確認できることがわかります。

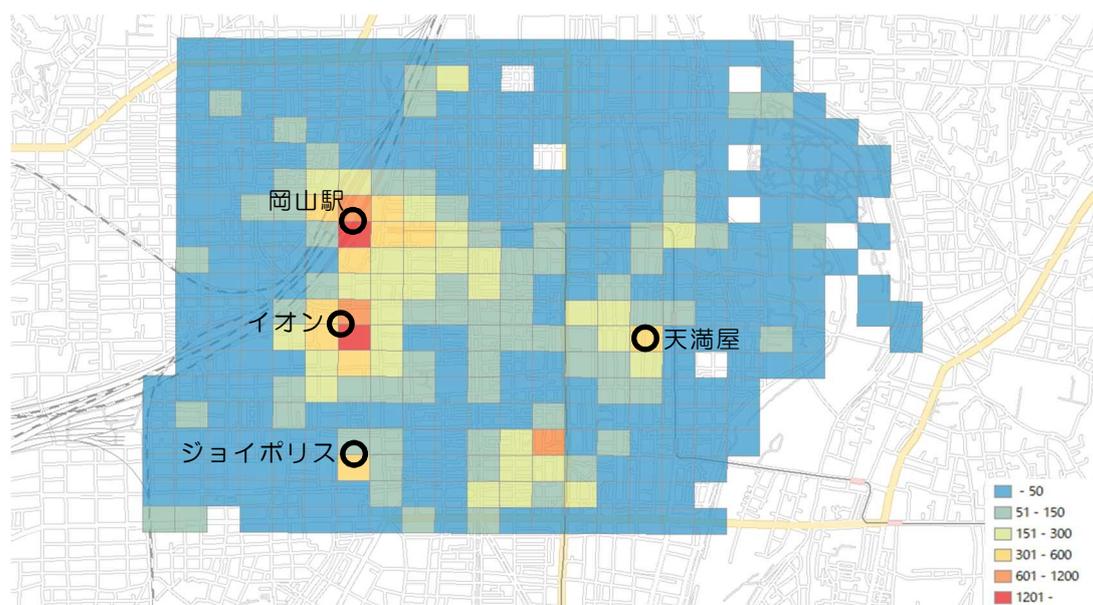


図 5-12 地区内の立ち寄り箇所の分布（100m メッシュ単位）

※10 未満は非表示

出典：Location Trends

5.2.2 回遊行動シミュレーションモデルの構築

(1) 分析に用いたデータ

回遊行動シミュレーションモデルの構築にあたり、プローブパーソン調査で得られた GPS データの代わりにビッグデータの GPS データを用いました。「道路ネットワークデータ」、「土地利用データ」に関しては、5.1 のケーススタディと同様のデータを用いました。

なお、本検討で使用する KDDI×コロプラの GPS データは、個人が特定できる形でのデータの外部提供はできないため、本検討は KDDI×コロプラが個人の行動データを用いてパラメータ推定し、回遊行動モデルの構築をおこないました。

(2) 対象とする回遊行動モデル

今回使用したビッグデータは、数分間隔のデータであり、細街路等では経路の特定が出来ない場合があると想定されたため、回遊継続・目的ゾーン選択モデルの構築までを検討しました。

回遊継続・目的地ゾーン選択モデルの説明変数としては、5.1 のケーススタディと同様の考え方を基本としつつ、ビッグデータの特性や経路選択モデルや滞留時間分布モデルがない点をふまえ、一部変更をしています。回遊継続選択モデルからは現在時刻を除き、代理の説明変数として中心市街地に来訪してからの総移動距離を考慮しました。また、ビッグデータでは、GPS 移動軌跡から鉄道の交通手段判別が行いやすいため、来訪交通手段が鉄道のダミー変数を考慮しました。経路選択モデルがないため、目的ゾーン選択モデルからアクセシビリティ指標を除き、代わりに移動コスト (m) を説明変数として考慮しました。施設のダミー変数等に関しては、他の変数の変更を加味して、有意なモデルとなるように変更しています。

(3) 回遊継続・目的地ゾーン選択モデルの構築の結果

推定結果は次ページの表のとおりです。回遊継続に関しては、符号条件を満たしており、かつ各変数が有意に効いていることが確認できました。また、目的ゾーン選択に関しては、大規模施設 B のダミーを除いて符号条件を満たしており、かつ各変数は概ね有意であり、モデル構築への活用可能性を確認することができました。

表 5-10 回遊継続・目的ゾーン選択モデル パラメータ推定結果

	説明変数	パラメータ値	t 値
回遊継続 選択モデル	中心市街地に來訪してから の立ち寄り箇所数	-0.292	-7.5
	中心市街地に來訪してから の総移動距離(m)	-0.117	-7.1
	來訪交通手段のダミー変数 (鉄道)	0.205	2.9
	ログサム変数	0.712	17.0
目的ゾーン 選択モデル	店舗数(件)/ゾーン面積(m ²)	185.461	9.0
	繁華街のダミー変数	-0.489	-4.6
	大規模施設 A のダミー変数	1.057	7.7
	大規模施設 B のダミー変数	-0.107	-0.8
	大規模施設 C のダミー変数	0.210	1.4
	移動コスト(m)	-2.001	-78.4
	ゾーン面積(m ²)	1.000	—
初期尤度			-23,282
最終尤度			-6,600
尤度比			0.717
サンプル数			2,918

出典：Location Trends

(4) 回遊行動モデル構築におけるビッグデータ活用上の留意点

GPS ビッグデータを活用することで、回遊継続・目的ゾーン選択モデルを構築可能なことを確認しました。ただし、現時点での GPS のビッグデータでは、高頻度であっても数分間隔のデータとなるため、細街路等では経路の特定が出来ない場合があります。経路選択モデルへの活用可能性に関しては、引き続き検討が必要な状況です。

また、GPS ビッグデータはスマートフォンアプリの GPS 位置情報をもとに作成されたデータであるため、低年齢者や高齢者のスマートフォン保有率が低い層は、適切にデータが取得されていない可能性がある点に留意が必要です。また、ビッグデータでは、検討対象となる人（歩行回遊している人など）以外のデータも一括で取得されているため、検討内容に応じて、適切なクリーニングが必要です。

ただし、経路選択モデルへの活用可能性や留意点に関しては、現時点における状況であり、ビッグデータの進歩はめざましく、日々データの取得方法や推定方法が改善されていっているため、活用時には最新時点のデータの特徴等を踏まえて検討することが望ましいです。

5.3 神戸市における GPS データによるケーススタディ

神戸市では、都心の三宮駅周辺空間の再整備に向けて、歩行者の回遊性を向上させる取り組みを進めています。その一環として、スマート・プランニングを活用し、道路空間再配分やパークレットを実施した際の定量的評価を行いましたので、ここでは、その概要をケーススタディとして紹介します。

※本節の記載内容は「土木計画学第 57 回研究発表会スペシャルセッション～スマート・プランニングの活用と実践～」の神戸市提供資料「神戸市道路空間再配分への適用事例について」をもとに作成

5.3.1 都心三宮再整備に向けた動き

三宮は神戸の玄関口として、神戸市全体のまちや経済を活性化させる機能を有しており、非常に重要なリーディングエリアとして位置づけられています。三宮周辺地区では『再整備基本構想』が策定されており、三宮駅周辺の概ね半径 500m を「えき～まち空間」として整備することで、神戸の象徴となる新しい空間の創出を目指しています。道路空間や駅前広場機能の再配分、回遊性を高める歩行者ネットワークの構築、滞留空間の創出等を進めることにより、車中心から人中心とした交通環境へ転換していくことで、回遊性が高まり、にぎわいや活力が生まれてくることを期待しています。

5.3.2 回遊行動シミュレーションモデルの構築

(1) 分析に用いたデータ

回遊行動シミュレーションモデルの構築にあたり、以下のデータを用いました。

1) 土地利用データ

土地利用データとしては、株式会社ゼンリンの建物ポイントデータを活用して、地区内での店舗数を集計しました。また、観光動態調査及び日経流通新聞から施設の来訪人数を集計し、それを元に集客力のある施設を 2 段階に分けて設定しました。

2) パーソントリップデータ

神戸市中央区を発着とする「徒歩」トリップを抽出し、これを用いて、回遊を継続するかどうか、どのゾーンに行くかを推計する回遊継続・ゾーン選択モデルを構築しました。

3) プローブパーソン調査データ

プローブパーソン調査データを活用して、人の移動経路を推計する経路選択モデルを構築しました。

(2) モデルの構造

本ケースでは、ゾーン選択・回遊継続モデル、経路選択モデルを含めた、計5段階となる検討に用いています。このうち、ゾーン選択と回遊継続は同時決定するモデルとしています。

(3) 各モデルの解説

1) 回遊継続－ゾーン選択モデル

ゾーン選択モデルの説明変数は、距離、店舗数、集客施設（集客力により2段階に区分）、ゾーン面積としました。店舗数や集客施設が目的地ゾーンの選択されやすさを表しており、移動コストは目的地までの距離抵抗として、距離が長い場合には選択されにくくなっています。

また、回遊継続モデルの説明変数は、中心市街地に来訪してからの立ち寄り箇所数とログサム変数としました。移動が増えることによる負担等を加味して、回遊を継続するかどうかを判断するモデルとなっています。

表 5-11 回遊継続・目的ゾーン選択モデル パラメータ推定結果

	説明変数	パラメータ値	t 値
回遊継続 選択モデル	中心市街地に来訪してからの立ち寄り箇所数	1.464	84.678
	ログサム変数	0.655	43.391
目的ゾーン 選択モデル	距離	-1.897	63.367
	店舗数	0.001	23.443
	集客施設 (Lv1)	0.386	7.155
	集客施設 (Lv2)	1.195	33.514
	面積	0.288	2.555

2) 経路選択モデル

経路選択モデルの説明変数は、時間距離、右左折の回数、平均幅員、店舗の割合、植栽の割合、休憩施設の割合としました。所要時間と右左折の回数が大きい場合にはその経路が選択されにくくなり、歩きやすい歩道、沿道店舗の数、植栽や休憩施設があることは、その経路が選択されやすくなるモデルになっています。

表 5-12 経路選択モデル パラメータ推定結果

説明変数	パラメータ	t 値
時間距離 (分)	-1.62	-6.44
右左折の回数	-0.52	-3.42
平均幅員	0.28	2.42
店舗の割合	6.50	2.50
植栽の割合	0.19	0.25
休憩施設の割合	0.54	1.36

5.3.3 ケーススタディの実施

先に推定したモデルを用いて、道路空間の再配分による歩道空間拡幅のシミュレーションおよび歩行者回遊性向上施策としてのパークレットの設置のシミュレーションを行い、施策の評価を実施しました。

(1) 道路空間再配分のケーススタディ

鯉川筋、北野坂、フラワーロードの各道路を歩道拡幅した場合の、リンクの歩行者通行量のシミュレーションを行いました。いずれの道路でも、空間再配分により歩行者スペースを拡張することで、歩行者が増えることが確認できます。また、その効果が地域や拡幅の量によって異なることがわかります。

表 5-13 各道路の歩道拡幅の設定とシミュレーション結果

対象道路	歩道拡幅	植栽設置	休憩施設	リンク通行量
鯉川筋	6m → 8.5m	○	○	354 → 370 +4.5%
北野坂	4m → 5m	○	○	666 → 696 +4.5%
フラワーロード	14m → 16.5m	○	○	319 → 365 +14.4%

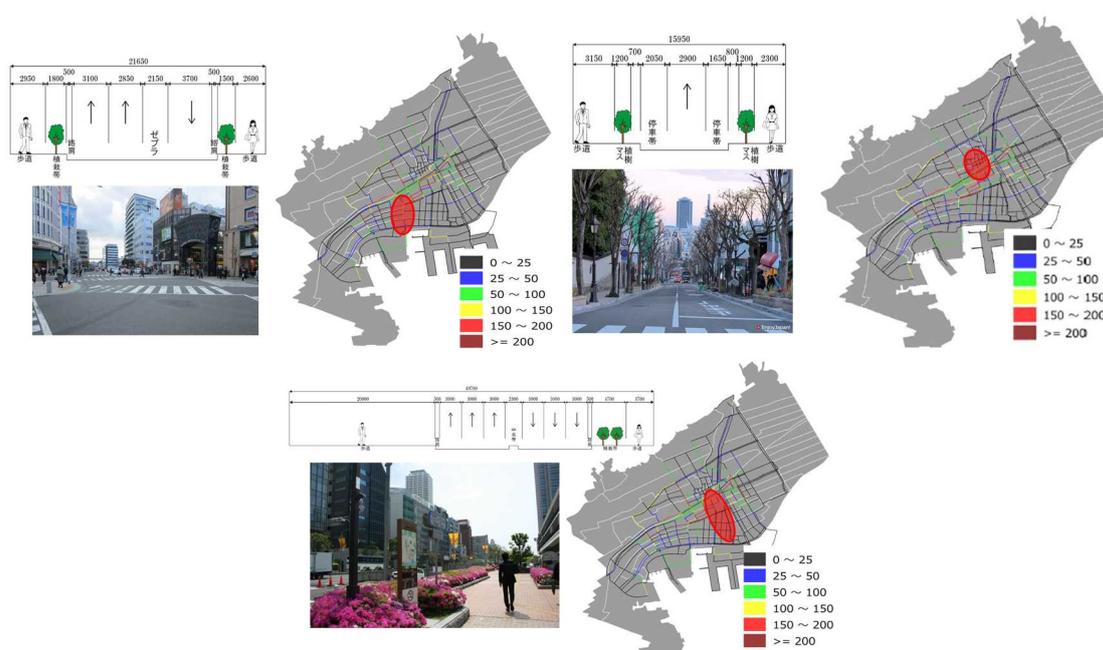


図 5-13 各道路の歩行者通行量のシミュレーション結果の比較
(左上：鯉川筋、右上：北野坂、下：フラワーロード)

(2) パークレット設置のケーススタディ

平成 28 年 10 月から平成 29 年 3 月（予定）にかけて、都心の道路における憩いや賑わい創出の新たな取組みとして、三宮中央通りにおいて、「KOBE パークレット」を設置する社会実験が実施されました。停車帯の一部及び歩道へのパークレット設置による“道路のリデザイン”の効果として、まちの回遊性の向上や賑わい創出が期待されるものです。

ここでは社会実験時における観測値と、回遊行動モデルによるシミュレーションの比較を行います。観測値、シミュレーションの推計値で、ともに歩行者が増加するという結果が得られています。観測値と推計値では量が大きく異なりますが、シミュレーションではパーソントリップ調査での徒歩移動のみを対象としていることが要因として考えられます。



図 5-14 パークレット設置の様子

表 5-14 パークレット設置前後の歩行者通行量の比較結果

	パークレット設置前	パークレット設置後	増加率
観測値	11,265	12,557	+11.5%
推計値	311	333	+7.1%

5.4 神戸市における Wi-Fi データを活用したケーススタディ

ここでは、Wi-Fi データを用いて、回遊行動シミュレーションモデルのうち経路選択モデルの構築の可能性について、神戸市をフィールドに検討を行いました。

※本節の記載内容は「井澤佳那子・羽藤英二・菊池雅彦・杉本保男・石神孝裕・川名義輝：観測精度の異なるデータを用いた 3次元経路選択モデルの推定法，第 55 回土木計画学研究講演集」の内容をもとに作成

(1) Wi-Fi データの概要

モデル構築に活用した Wi-Fi データは以下の通りです。

表 5-15 活用した Wi-Fi データの概要

項目	内容
期間	2015 年 6 月 1 日～2016 年 3 月 31 日
範囲	神戸市中央区中心部 1.6km 四方
取得情報	AP(アクセスポイント)ID、情報端末の識別情報（※非特定化した MAC アドレス）、位置座標、取得時刻
AP 数	600 程度（時期によって変化）

(2) Wi-Fi データを用いたモデル構築の結果

Wi-Fi データから三ノ宮駅－元町駅間の移動を抽出し、経路選択モデルの構築を行いました。説明変数としては、経路長、階段（昇）の有無、階段（降）の有無、分断要素の有無、商店街の有無を考慮して、最も簡便な MNL(Multinomial Logit) モデルによって経路選択モデルのパラメータ推定を行いました。推計結果は以下の通りです。

表 5-16 Wi-Fi データを用いた経路選択モデルの推定結果

説明変数	パラメータ値	t 値
経路長	-12.70	-1.45
階段（昇）の有無	26.44	0.69
階段（降）の有無	31.35	-1.31
分断要素の有無	-36.65	0.69
商店街の有無	-27.93	-2.79
トリップ数	80	
尤度比（修正済）	0.95	

サンプル数が少なく、また特定の OD 間の経路選択モデルであるため、パラメータが有意でない等の課題は残りますが、Wi-Fi データによっても GPS データと同様に経路選択モデルの推定ができました。このことから、回遊行動シミュレーションを実施するための人の行動データとして、Wi-Fi データが活用できる可能性を示すことができました。

5.5 神戸市における GPS と Wi-Fi データを活用したケーススタディ

GPS と Wi-Fi データを組み合わせ、回遊行動シミュレーションモデルを構築する研究が行われており、ここでは、経路選択モデルの推定結果と三ノ宮駅まちにおける回遊行動の評価結果の概要を紹介します。

※本節の記載内容は「井澤佳那子：状態観測の不確実性を考慮した経路選択モデルの情報量推定」をもとに作成

(1) 使用したデータの概要

モデル構築に活用したプローブパーソン調査データおよび Wi-Fi データは以下の通りです。

表 5-17 活用したプローブパーソン調査データの概要

項目	内容
期間	2013 年 11 月 1 日～2013 年 11 月 30 日
対象	神戸市中心市街地に訪問することのある 20 代～70 代の男女 58 名
測位間隔	1 秒間隔以下

表 5-18 活用した Wi-Fi データの概要

項目	内容
期間	2015 年 6 月 1 日～2016 年 3 月 31 日
範囲	神戸市中央区中心部 1.6km 四方
取得情報	AP(アクセスポイント)ID、情報端末の識別情報（※非特定化した MAC アドレス）、位置座標、取得時刻
AP 数	600 程度（時期によって変化）

(2) 経路選択モデル構築の結果

プローブパーソン調査から得られた GPS データおよび Wi-Fi データから経路選択モデルの構築を行いました。説明変数としては、経路長、車線数、街路樹の有無、商店街の有無、地下街の有無、飲食店街の有無を考慮して、RL(Recursive Logit)モデルと呼ばれる手法により、経路選択モデルのパラメータ推定を行いました。推計結果は以下の通りです。

表 5-19 Wi-Fi データを用いた経路選択モデルの推定結果

説明変数	パラメータ値	t 値
経路の長さ	-3.346	-7.080
車線数	-0.279	0.115
街路樹の有無	0.332	496.548
商店街の有無	-0.226	-0.254
地下街の有無	0.339	1.821
飲食店街の有無	0.255	0.324

(3) 三ノ宮駅まちにおける回遊行動の評価

構築した経路選択モデルを用いて、「三ノ宮駅周辺を歩行者空間化」したケースと、「三ノ宮駅周辺を歩行者空間化かつ商業機能付与」したケースの2ケースの回遊行動の違いを評価しました。商業機能の有無により、特に2階部や地下部の人の動きが大きく異なる様子を確認することができます。

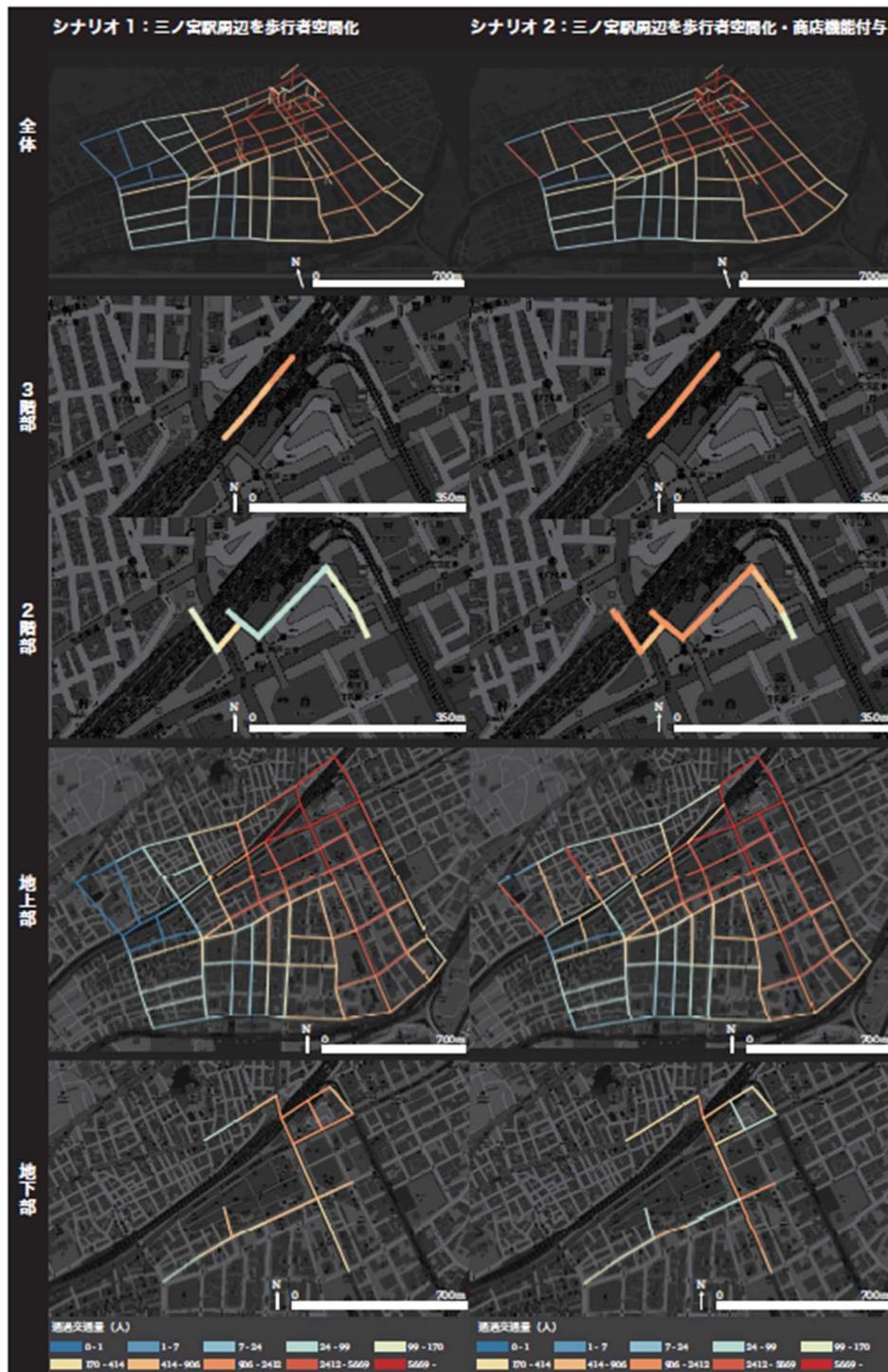


図 5-15 三ノ宮駅まちの回遊行動の評価結果

参考：モデルと用語の解説

参考-1 離散選択モデル

離散選択モデル (Discrete Choice Model) とは、個人が「利用可能な選択肢群の中から最も望ましい選択肢を選ぶ」といった合理的な選択ルールに基づいて人が行動することを仮定し、モデル化する手法です。例えば、都市交通分野では、目的地に向かうまで自動車、鉄道、バスのどの交通手段を使うか、といった選択問題を対象に用いられるモデルです。

離散選択モデルのうち、広く用いられるモデルとして、ロジットモデルがあります。このモデルはパラメータの推定が簡便であり、また選択確率式が理解しやすい等、取り扱いが容易であることから、実務において広く普及しています。

本節では、ロジットモデルやその発展的なモデルであるネステッドロジットモデルの概要と、推定方法の概要について説明します。

参考-1.1 ロジットモデル

離散選択モデルでは、各選択肢に対する望ましさを数値化します。これを効用と呼びます。ロジットモデル (Logit Model) では、各選択肢の効用 (の確定項) から、次式のように各選択肢の選択確率が定義されます。また、効用は望ましさに影響を与える要因 (所要時間や費用など) を説明変数として計算されます。

$$P_{in} = \frac{\exp(V_{in})}{\sum_j \exp(V_{jn})}$$
$$V_{in} = \sum_k \beta_k Z_{ki} = \boldsymbol{\beta}^T \mathbf{Z}_i$$

P_{in} : サンプル n が選択肢 i を選択する確率

V_{in} : サンプル n が選択肢 i の選択による効用の確定項

Z_{ki} : 選択肢 i についての k 番目の説明変数

(例えば、目的地の施設数、目的地までの距離など)

β_k : k 番目の説明変数のパラメータ

各選択肢の選択確率を計算するためには、各説明変数のパラメータ (各説明変数の重要度合いを決める指標) を設定する必要があります。離散選択モデルを用いる際には、現況の行動実績のデータ (プローブパーソン調査の結果等) から統計的にパラメータを推定した上で、施策評価や予測に用います。

具体的には、ロジットモデルのパラメータを推定するうえでは、

- ・ 個人ごとの選択結果のデータ δ_{in}

(サンプル n が選択肢 i を選んだら $\delta_{in} = 1$, $\delta_{j(\neq i)n} = 0$ となるダミー変数)

- ・ 選択肢 i ごとの説明変数のデータ Z_{ki}

が必要となります。このとき、データとして与えられた Z_{ki} を説明変数として、選択結果 δ_{in} を最も良く説明できるようにパラメータ β_k を決めることとなります。

パラメータを推定する方法には最尤推定法が用いられます。最尤推定法とは、与えられたデータから、モデルのパラメータを変えていくことで、最終的にモデルに最もよく当てはまる値を求める方法です。この当てはまり度合いの指標としては、尤度（尤度関数）というものが使われます。

ロジットモデルにおける同時確率（尤度関数）は

$$L^* = \prod_n \prod_i P_{in}^{\delta_{in}}$$

で表され、この関数 L^* を最大にするパラメータ β_k を求めます。また、 L^* を最大にすることと、その対数（対数尤度関数） $L = \ln L^*$ を最大にすることは等価なため、

$$L = \sum_n \sum_i \delta_{in} P_{in}$$

を最大化するパラメータ β_k を求めればよいこととなります。

参考-1.2 ネスティッドロジットモデル

回遊行動シミュレーションモデルでは、回遊継続選択モデル、目的地選択モデル、経路選択モデル等の各段階のモデルを離散選択モデルとして構築することが基本となりますが、これらの選択は相互に影響をするため、評価対象となる施策や指標によっては、複数段階を統合し同時に選択するようにモデル化することが必要となります。

例えば、回遊継続選択モデル（回遊継続 or 帰宅）と目的地選択モデル（ゾーン A or B）を同時選択する場合、選択肢としては、「回遊継続しゾーン A を選択」、「回遊継続しゾーン B を選択」、「帰宅を選択」の 3 つを考えることができます。このようにモデル化することで、ゾーン A やゾーン B の魅力が向上することで、回遊継続が選択しやすく帰宅が選択されにくくなり、中心市街地の魅力向上による立ち寄り

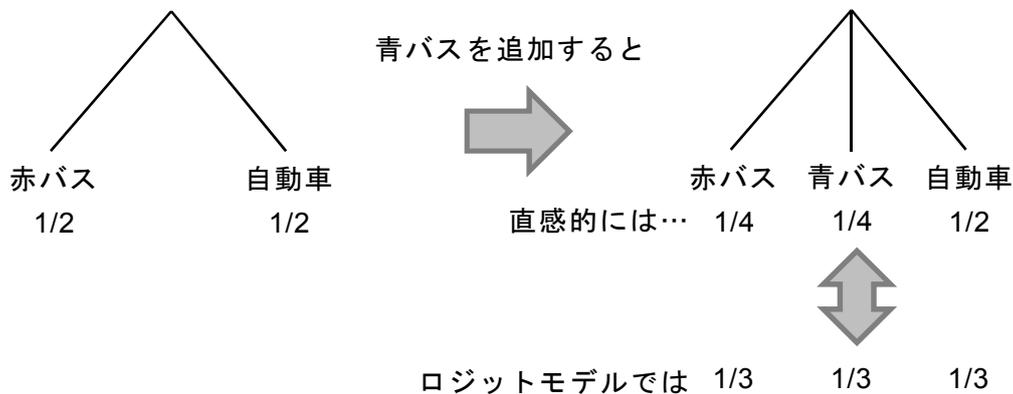
の増加（あるいは滞在時間の増加）といった評価が行えるようになります。

ただし、このような同時選択のモデルを推定する際に、ロジットモデルを用いてしまうと、推定したパラメータにバイアスが出てしまうことが一般的に知られています。ロジットモデルは取り扱いがしやすいモデルですが、選択確率の比は無関係な選択肢に影響を受けないという IIA (Independence from Irrelevant Alternatives) と呼ばれる特性が存在するためです。

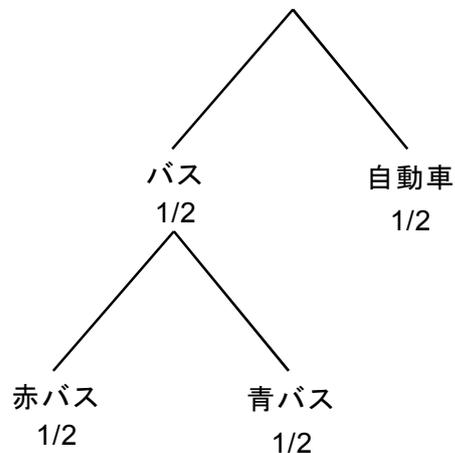
有名な事例として、赤バス青バス問題というものがあります。赤バスと自動車の2つの交通手段選択肢があり、ロジットモデルではそれぞれの選択確率が $1/2$ だったときに、新たに赤バスと同様の交通サービスである青バスを選択肢に追加すると、ロジットモデルでは、赤バス・青バス・自動車の選択確率が $1/3$ になってしまうといった問題が生じてしまいます。

この問題を簡単に解決するモデルが、上位モデルでバスと自動車の交通手段選択をし、下位モデルでバスの中の赤バスと青バスの交通手段選択をさせるもので、ネステッドロジットモデル (Nested Logit Model : 入れ子型ロジットモデル) と呼ばれます。

【ロジットモデル】



【ネステッドロジットモデル】



ネスティッドロジットモデルの選択確率は以下のように表現されます。

$$P_{smn} = \frac{\exp(V_{sn} + \lambda \Lambda_{sn})}{\sum_{s'} \exp(V_{s'n} + \lambda \Lambda_{s'n})} \cdot \frac{\exp(V_{smn})}{\sum_{m'} \exp(V_{sm'n})}$$

- P_{smn} : サンプル n の上位選択で選択肢 s を選択したときに、
下位選択で選択肢 m を選択する確率
- P_{sn} : サンプル n が上位選択で選択肢 s を選択する確率
- V_{sn} : サンプル n が上位選択で選択肢 s の選択による効用の確定項
(ロジットモデルと同様にパラメータと説明変数で表現されます)
- Λ_{sn} : サンプル n の、上位選択の選択肢 s におけるログサム変数
- λ : ログサム変数に対応するパラメータ
- V_{smn} : サンプル n の上位選択で選択肢 s を選択したときに、
下位選択で選択肢 m の選択による効用の確定項

また、 Λ_{sn} は下位選択モデルのログサム変数（期待最大効用）と呼ばれ、以下の式で計算できます。

$$\Lambda_{sn} = \ln \sum_{m'} \exp(V_{sm'n})$$

ネスティッドロジットモデルの場合にも、パラメータ推定には最尤推定法が使われます。ネスティッドロジットモデルにおける対数尤度関数は

$$L = \sum_n \sum_s \left\{ \delta_{sn} \ln P_{sn} + \sum_m \delta_{smn} \ln P_{smn} \right\}$$

となり、この関数を最大化するパラメータ β_k, λ を求めればよいことになります。ただし、注意点として、ログサム変数に対応するパラメータ λ については、 $0 \sim 1$ の範囲の値になっている必要があります。

参考-2 生存時間モデル

生存時間モデル (hazard-based duration model) とは、ある基準となる時刻から、ある事象が生起する (あるいは終了する) までの時間を解析対象とするモデルです。

回遊行動シミュレーションにおいては、個人が目的地施設に到着してから、どの程度その施設に滞留するかを解析するためのモデル化手法として、この生存時間モデルが使われます。

生存時間モデルのうち代表的なものとしては、比例ハザードモデル (proportional hazard model) と加速モデル (accelerated-failure time model) の2つがありますが、ここでは、時間を直接モデル化していることや、推定されるパラメータの解釈等がしやすいことから、加速モデルを用いた滞留時間のモデル化について解説します。

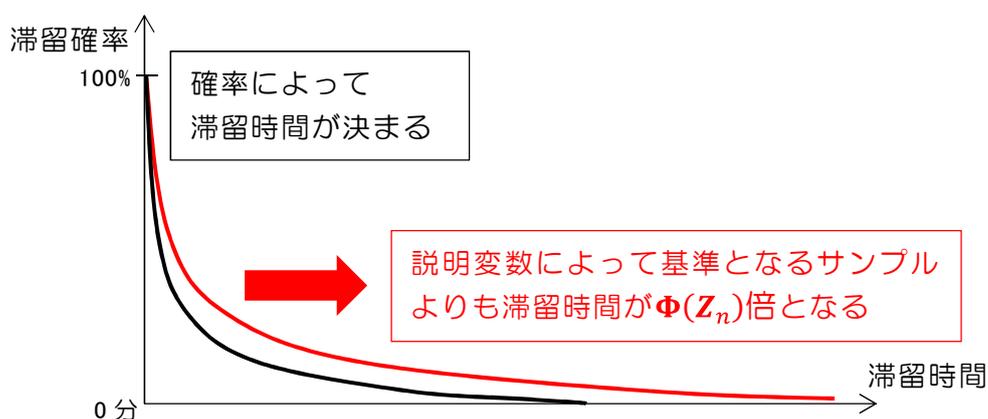


図 生存時間モデルのイメージ

加速モデルでは、サンプル n の説明変数を \mathbf{Z}_n としたときに、その滞留時間は、基準となるサンプル($\mathbf{Z}_n = \mathbf{0}$)の滞留時間の $\Phi(\mathbf{Z}_n)$ 倍に相当すると仮定します。つまり、基準となるサンプルでは10分滞留するところが、あるサンプルでは5分になったり、別のサンプルでは20分になったりと、説明変数の影響によって時間が伸び縮みするものとするモデルです。

ここで、 $\Phi(\mathbf{Z}_n)$ の関数形としては、 β をパラメータとしたときに、

$$\Phi(\mathbf{Z}_n) = \exp\left(\sum_k \beta_k Z_{kn}\right) = \exp(\beta^T \mathbf{Z}_n)$$

といった構造を仮定するのが一般的です。

滞留時間モデルのパラメータを推定するうえでは、

- ・ サンプルごとの滞留時間のデータ t_n
- ・ サンプルごとの説明変数データ \mathbf{Z}_{kn}

が必要となります。このとき、データとして与えられた \mathbf{z}_{kn} を説明変数として、滞留時間の分布を最も良く説明できるようにパラメータ β_k を決めることになります。

パラメータを推定する方法には最尤推定法が用いられます。ただし、加速モデルのパラメータ推定をするにあたっては、以下のような変数変換を施します。

$$w_n = \ln t_n - \boldsymbol{\beta}^T \mathbf{z}_n$$

生存時間解析モデルの尤度関数は以下のように定義されます。

$$L^* = \prod_n f(w_n)^{\delta_n} \cdot S(w_n)^{1-\delta_n}$$

また、 L^* を最大にすることと、その対数 $L = \ln L^*$ を最大にすることは等価なので、次式の対数尤度関数を最大化するパラメータ β_k を求めればよいことになります。

$$L = \sum_n [\delta_n \cdot \ln f(w_n) + (1 - \delta_n) \cdot \ln S(w_n)]$$

δ_n : サンプル n の打ち切り情報

打ち切りデータ ($\delta_i = 0$)、イベントありデータ ($\delta_i = 1$)

$f(w_n)$: サンプル n の確率密度関数

$S(w_n)$: サンプル n の生存関数 (滞留時間分布の関数)

ここで、生存時間解析モデルにおける「打ち切り」とは、調査途中でサンプルが追跡不能となることをいいますが、滞留時間モデルの場合には打ち切りは存在せず、すべてイベントありデータ ($\delta_i = 1$)、すなわち、観測された時刻で滞留が終了したものと見做しています。

対数尤度関数を計算するために必要となる確率密度関数 $f(w_n)$ および生存関数 $S(w_n)$ の具体的な式は以下のように定義されています。

$$f(w_n) = \frac{1}{\sigma} \exp\left(\frac{w_n - \mu}{\sigma}\right) \exp\left[-\exp\left(\frac{w_n - \mu}{\sigma}\right)\right]$$

$$S(w_n) = \exp\left[-\exp\left(\frac{w_n - \mu}{\sigma}\right)\right]$$

μ : 切片 (基準サンプル ($\mathbf{z}_n = \mathbf{0}$) のとき) の分布を表すためのパラメータ)

σ : 尺度 (分布の広がりを表すためのパラメータ)

以上の式により、対数尤度関数を最大化することで、 β_k, μ, σ を求めます。

なお、回遊行動シミュレーションにおいては、発生させた乱数を用いて、生存関数により滞留時間を計算することになります。生存関数を滞留時間 t_n について解いた次式を用いて、発生させた乱数 S_n を代入することで、滞留時間が計算できます。

$$t_n = \exp[\sigma \cdot \{\ln(-\ln S_n)\}] + \mu + \boldsymbol{\beta}^T \mathbf{z}_n$$

参考-3 用語の解説

(1) t 値

t 値とは、推定されたパラメータ値をその推定標準偏差で割った値を言います。一般的には、t 値の絶対値が 1.96 以上であれば、有意性があると判断されます（絶対値が 1.96 以上の場合、正確には「5%水準で有意である」と言います）。

(2) 対数尤度比（尤度比）

ロジットモデルにおいて、推定されたモデルの適合度を評価する指標の 1 つで、推定されたパラメータ値での最終対数尤度 $L(\theta^*)$ とすべてのパラメータ値をゼロとしたときの初期対数尤度 $L(\mathbf{0})$ を用いて、以下の式で表わされます。

$$\rho^2 = 1 - \frac{L(\theta^*)}{L(\mathbf{0})}$$

この値は 0 から 1 の間にあり、数値が大きいほどモデルの適合度が良いとされています。

(3) ログサム変数

選択可能な選択肢の各効用の重み付け平均といえるもので、その式形からログサム変数と呼ばれています。ネスティッドロジットモデルでは、下位選択モデルの効用を上位選択モデルに反映させる際の説明変数として、下位選択モデルのログサム変数を用います。

$$A_{sn} = \ln \sum_{m'} \exp(V_{sm'n})$$

改訂履歴

版数	発行時期	主な改訂内容
第1版	平成29年7月	・初版発行
第2版	平成30年9月	<ul style="list-style-type: none">・時間に関する評価が行えるように、回遊行動シミュレーションモデルに「滞留時間」の考え方を追加 (p23,28,40,42等)・「4.3 回遊行動シミュレーションの実施」に、構築したシミュレーションの妥当性確認の考え方を追加 (p32,33)・「4.4 回遊行動シミュレーションの拡張可能性」に、中心市街地の魅力向上による来訪者数の増加の影響の考え方を追加 (p35)・「5.1 岡山市におけるGPSデータによるケーススタディ」に、滞留時間分布モデルを追加、再開発実施等の施策の評価事例を追加 (p37～)・「5.2 岡山市におけるビッグデータを活用したケーススタディ」、「5.3 神戸市におけるGPSデータによるケーススタディ」、「5.5 神戸市におけるGPSとWi-Fiデータを活用したケーススタディ」を新しく追加 (p49～,53～,58～)・「モデルと用語の解説」を巻末に新しく追加 (p60～)