

道路政策の質の向上に資する技術研究開発

【研究状況報告書（1年目の研究対象）】

①研究代表者	氏名 (ふりがな)	所属	役職	
	(さの かずし) 佐野可寸志	長岡技術科学大学	教授	
②研究 テーマ	名称	交通・物流・交流・防災拠点としての道の駅の性能照査と多目的最適配置に関する研究		
	政策 領域	[主領域]【領域2】道路ネットワークの形成と有効活用 [副領域]【領域7】防災・災害復旧対策	公募 タイプ	タイプIV（道の駅等の交通・防災拠点に関する効果的な広域配置と交通マネジメントについて）
③研究経費 (単位:万円) ※R1 は受託額, R2 以降は計画額を記入, 端数切捨.	令和元年度	令和2年度	令和3年度	総合計
	3,351	3,035	2,496	8,882
④研究者氏名	(研究代表者以外の主な研究者の氏名, 所属・役職を記入. なお, 記入欄が足りない場合は適宜追加下さい.)			
氏名	所属・役職			
鳩山 紀一郎	長岡技術科学大学・准教授			
松田 曜子	長岡技術科学大学・准教授			
高橋 貴生	長岡技術科学大学・助教			
大口 敬	東京大学生産技術研究所・教授			
鹿野島 秀行	東京大学生産技術研究所・准教授			
本間 裕大	東京大学生産技術研究所・准教授			
鳥海 梓	東京大学生産技術研究所・助教			
小根山 裕之	首都大学東京・教授			
柳原 正実	首都大学東京・助教			
寺部 慎太郎	東京理科大学・教授			
柳沼 秀樹	東京理科大学・准教授			
伊勢 昇	和歌山工業高等専門学校・准教授			

⑤研究の目的・目標（提案書に記載した研究の目的・目標を簡潔に記入。）

本研究では、道の駅が備えるべき拠点の機能を、①広域交通・物流ネットワークと②地域交流および災害時の物資備蓄・輸送デポ・活動拠点の側面から、それぞれの機能が有効に発揮されるための施設および配置条件を明らかにするとともに、それらの機能がどれだけ有効に発揮されるかを定量化する手法を提案する。また、③ETC2.0等のプローブデータを用いて、現状の道の駅の利用実態を把握し、提案手法に基づいて性能を評価するとともに、④多目的最適化理論を援用して、広域ネットワークでの道の駅の最適配置を求める手法を提案する。以下、4つのテーマを設定する。

テーマ1：ETC2.0プローブデータ等を用いた既往施設の利用状況の把握とデータベースの構築

ETC2.0プローブデータや商用車プローブデータ等の交通データを用いて、関東地方の道の駅が経路上に含まれるトリップから、道の駅の利用状況を定量的に把握する。また、性能照査用いる道の駅データベースの拡充や、道の駅の最適配置を求める際に使用するメッシュデータベースを、関東地方を対象に構築する。

テーマ2：広域交通・物流ネットワーク拠点としての性能照査手法の構築

道の駅が備えるべき広域交通・物流ネットワーク拠点として、必要な施設要件や望ましい配置条件を明確にすることで、既往施設に対する客観的な性能評価と効果的な施設配置・整備に向けた施策立案を可能にする。このため、道の駅および高速道路SA/PAや民間物流施設等の類似の機能を持った施設の現状の整備状況を調査し、広域交通拠点または広域物流拠点として求められる機能要件を体系化した上で、既往施設の性能照査手法を提案する。

テーマ3：地域交流および災害時活動拠点としての性能照査手法の構築

地域交流の視点から、来訪者に関する実態調査を通して、道の駅の機能要件（施設属性）と地域経済活動への波及効果との関係性を定量化し、近接する施設間の競合なども加味した上で、広域ネットワーク上での効果的な配置を求めるための性能照査手法を考案する。加えて、災害時の避難場所や支援物資備蓄、被災エリアへの緊急物資輸送や道路啓開の拠点、ボランティア等外部支援者の活動拠点といった災害時活動拠点としての機能要件と、加えて今後のPHVやEV普及を見越した充電施設等、被災時の地域内のエネルギー拠点施設としての機能要件も整理し、施設特性（規模）と広域ネットワークでの位置関係を踏まえた必要十分な配置を求める手法を提案する。

テーマ4：道の駅の最適配置計画法の構築

前出テーマ2および3で掲げた道の駅に対する様々な機能要件には、ネットワーク全体で近隣施設との相乗効果や相補的な関係性を構築しながら、効果を最大限に発揮するような配置計画が求められる。このため、各性能指標を個別に評価関数として扱い、多目的最適化理論におけるパレート最適解を与える施設配置と施設要件を求める手法を構築する。また、広域交通シミュレーション技術を活用し、将来の道路網および道の駅整備状況下や、災害時等の特異な交通条件下において、ここで求めた最適配置と施設条件が、現状に対してどの程度効果を発揮しうるかを定量評価し、見える化することで、今後の道の駅整備計画に対する施策提案を行う。

⑥これまでの研究経過

テーマ1：ETC2.0プローブデータ等を用いた既往施設の利用状況の把握ならびにデータベースの構築

ETC2.0プローブデータ，商用車プローブデータ等の交通データを用いて，関東地方の道の駅を対象として，当該道の駅が経路上に含まれるトリップから，道の駅の利用状況を定量的に把握する。

1-1 ETC2.0プローブデータを用いた利用状況分析

ETC2.0プローブデータの走行履歴情報（様式1-2）を活用し，関東地方（1都5県）＋新潟県の計46駅を対象に，道の駅利用者の滞在時間や走行距離，OD分析等を行った．なお，分析は2018年10月を対象に実施した．

《滞在時間分析》分析対象とした道の駅をその特性別に属性を分け，滞在時間の傾向を分析した．その結果，概ね7割-8割の利用者が1時間未満の滞在であること，また9割の利用者が2時間未満の滞在であることがわかった．また，滞在時間と走行距離の関係を分析した．その結果を右図に示すが，上述の通り，2時間未満の利用者が多い一方で，総走行距離が長い利用者も同様に道の駅の滞在時間が1-2時間程度であり，総走行距離と滞在時間が比例的に関係していないことが把握できる．

《OD分析》千葉県「道の駅しょうなん」を対象に，利用者のODを分析した結果を右図に示す．道の駅周辺居住者が主な利用者である一方で，大阪や名古屋からの利用者も存在していることがわかり，広範囲からの利用者をカバーしていることがわかる．

1-2 商用車プローブデータを用いた利用状況分析

既存の道の駅を対象に利用実態の把握を行った．具体的には，商用車プローブデータを用いて道の駅別の延べ利用台数，立ち寄り時間（休憩時間），立ち寄り時間帯の分析を行った．商用車の道の駅別の延べ利用台数は，国道4号等の直轄国道沿線で多い傾向にあり，出発地より目的地の近くでの利用が多いことが確認された（図1-3，図1-4）．

道の駅別の到着時間帯は，午前，午後，夜間のそれぞれにピークがあり，直轄国道沿道の道の駅では，深夜に到着する台数の構成が高い傾向にある（図1-5）．また，立ち寄り時間は，いずれの

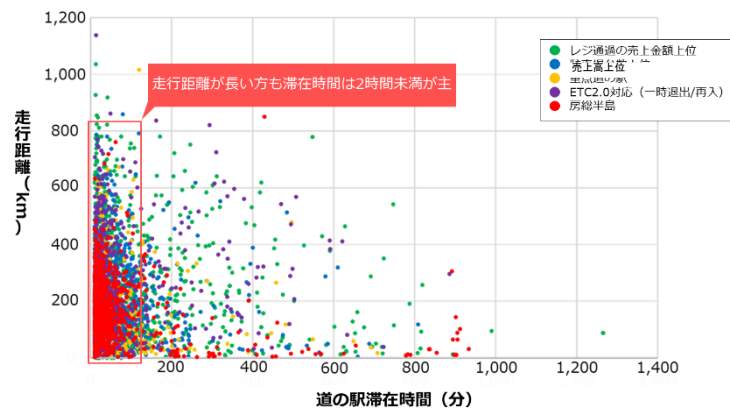


図 1-1 滞在時間の分布

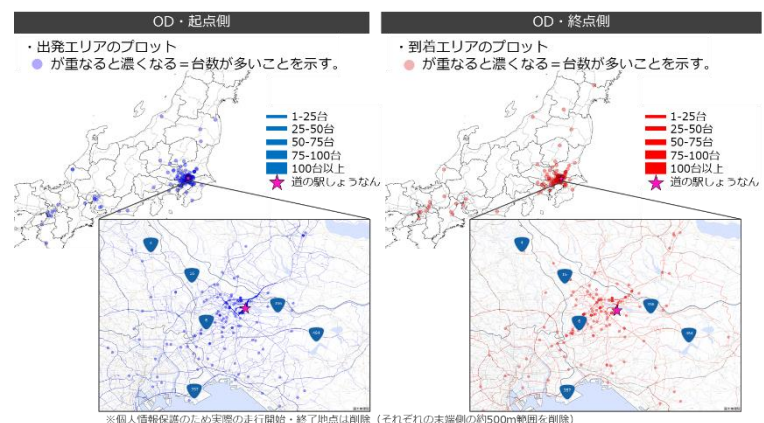


図 1-2 OD の分布（例：道の駅しょうなん）

駅も1時間未満が最も多く、直轄国道沿道等の一部の駅では、6時間以上の割合が10%を超えるものがみられた。

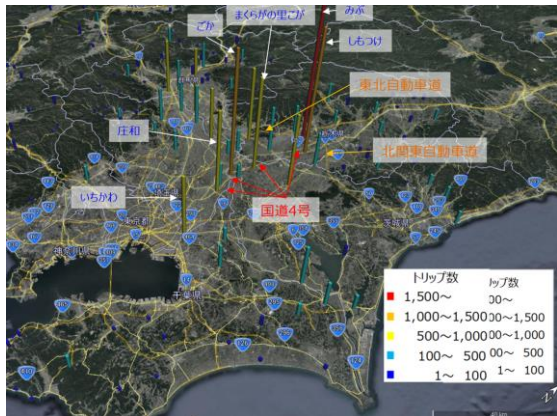


図1-3 道の駅別の商用車の延べ利用台数

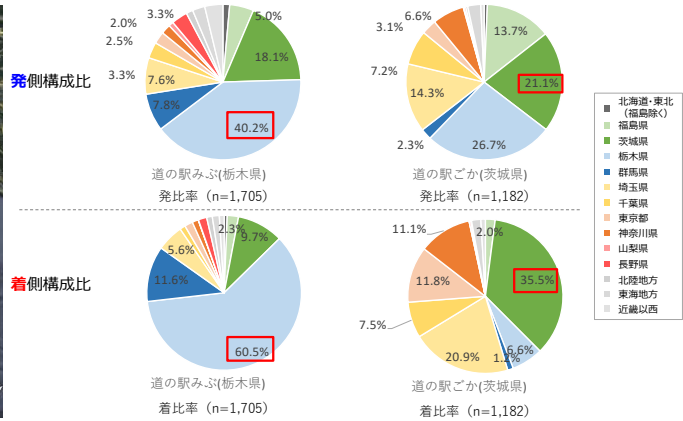


図1-4 道の駅別の出発地・目的地の構成(例)

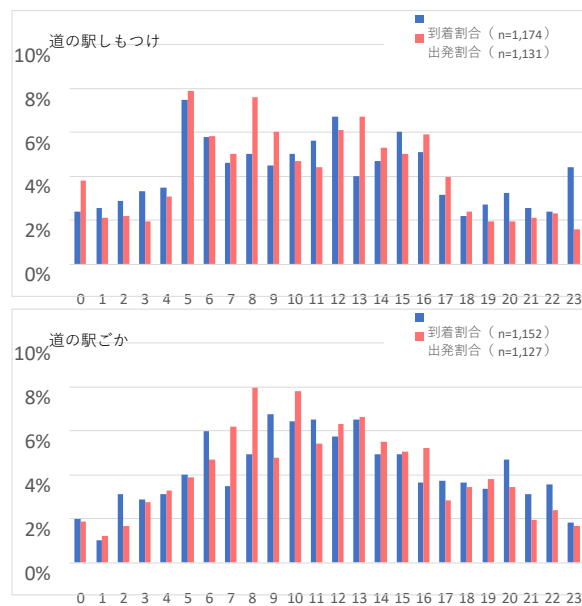
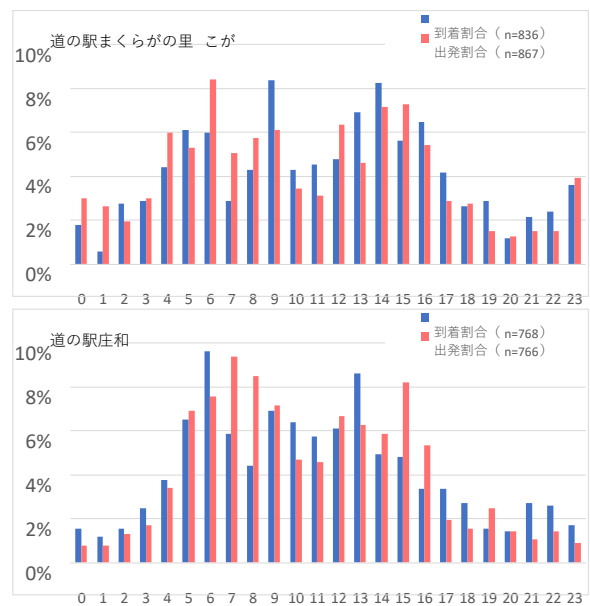


図1-5 道の駅別の到着時間帯・出発時間帯の構成(例)



商用プローブデータは、2018年10月1日～31日に、関東地方および新潟県を起終点または通過した貨物車両のトリップのうち、国道17号を走行したものをを用いた。停車回数の分布を図1-6に示す。走行時間の増加に応じて停車回数の割合も滑らかに推移しているが、走行時間が4時間を超えると、停車回数を1回以上行う車両の割合が急激に増加している。連続運転時間4時間ごとに30分休憩を行うことが影響している。停車位置の分布を図1-7に示す。停車を行うタイミングは、走行時間を停車回数で分割した時間ごとに行われている。一方で、出発直後および到着直前でも停車を行う車両が存在しており、荷受けや荷待ちをしているものと考えられる。

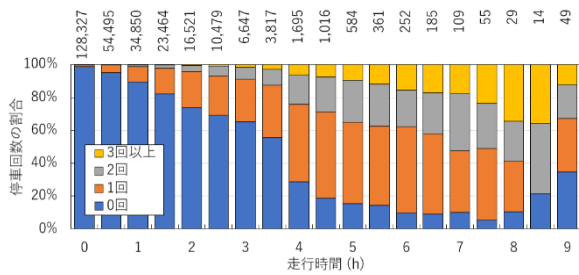


図1-6 走行時間別停車回数の分布

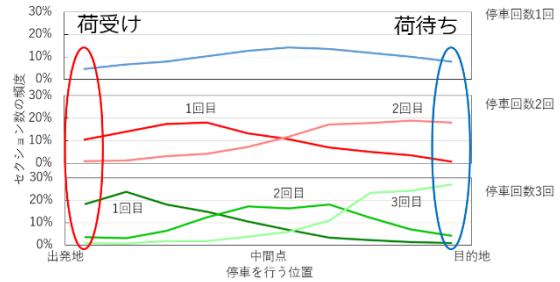


図1-7 停車位置の分布

1-3 アンケート調査

国交省の道の駅DBを補完するために道の駅管理者アンケート調査と物流事業者アンケート調査を実施した。前者の防災関連の項目については、テーマ3の中で詳しく述べる。

【道の駅管理者アンケート調査概要】

目的：道の駅DBで公開されていない観光、物流、防災の機能についての詳細を調査するため。

対象：道の駅管理者（新潟・関東地方整備局管内180箇所）

実施日：2019年9月9日～10月8日

手法、配布・回収数：郵送配布/郵送回収，180部/82部

調査項目：＜観光機能＞最近1年間の売り上げ，最近1年間の来場者数，観光案内施設の設備状況
 ＜物流機能＞大型車駐車場の満車時間帯（平休日）
 ＜防災機能＞防災設備の設置状況等

【物流事業者アンケート調査概要】

目的：貨物車両の一連の走行軌跡からは分からないドライバーの休憩施設選択要因等を把握するため。

対象：新潟県トラック協会に所属している運送事業者（佐渡地方及び霊柩運送事業を除く）

実施日：2019年10月1日～10月31日

手法、配布・回収数：会誌に添付して配布・FAX回収，752部/63部（回収率8.4%）

調査項目：出発・到着地，出発・到着時刻，休憩施設の名称，休憩開始・終了時刻，休憩施設の選択理由

表 1-1 停車位置

種類	回答数	割合
SA, PA	46	56.1%
道の駅	7	8.5%
コンビニエンスストア	9	11.0%
トラックステーション	2	2.4%
荷待ち	3	3.7%
不明	15	18.3%
合計	82	100.0%

表 1-2 休憩施設選択理由

休憩施設の選択理由	回答数
連続運転の禁止	18
駐車場の広さ	17
設備の充実（トイレ、食事）	10
中間地点	5
一般利用車両を避ける	4
給油目的	4
食事目的	4
ルートが決まってない	4
運行指示	2
時間調整	2
運転の中断、休憩、休息时间	1
安心して休憩できる	1
配送先、仮眠施設	1
自由	1
時間が短くなる	1
積み卸し先に近い	1
待機時間	1
最後の休憩施設	1

1-4 ヒアリング調査

下記のリスト先に対して訪問ヒアリング調査を実施し、各組織の道の駅に対するニーズや利用可能性や、災害時の対応等を把握した。

- 国土交通省道路局企画課評価室（令和元年6月24日）
- 一般財団法人日本みち研究所調査部（令和元年10月4日）
- 一般社団法人 未知倶楽部（令和元年7月12日）
- 公益社団法人新潟県トラック協会業務部（令和元年8月26日）

- 株式会社国土運輸機工部（令和元年年8月26日）
- 越後交通株式会社乗合バス営業部乗合バス課（令和元年12月9日）
- 長岡市観光事業課（令和元年12月9日）
- 国土交通省関東地方整備局千葉国道事務所（令和2年1月6日）
- 道の駅良寛の里わしま（令和元年10月6日）
- 道の駅うきは（令和元年12月13日）
- 道の駅原鶴ファームステーションバサロ（令和元年12月14日）
- 道の駅小石原（令和元年12月13日）
- 道の駅みのりの郷東金（令和2年1月6日）
- 道の駅保田小学校（令和2年1月6日）
- 道の駅とみうら枇杷クラブ（令和2年1月6日）
- 道の駅むつざわつどいの郷（令和2年1月7日）
- 道の駅あずの里いちはら（令和2年1月7日）

1-5 性能照査項目の選定

文献調査やヒアリング調査から、道の駅の機能を表 1-3 にまとめた。従来の休憩機能，地域連携機能，情報発信機能に加えて，近年多発する災害にもない重視されている防災機能や，交通結節点としての機能を含めた 5 機能に分類してまとめた。本研究では「広域交通」「最適配置」をキーワードに研究を進めているため，広域交通に関連し，設置位置が性能照査に大きな影響を与える機能を重点的に評価する。

表 1-3 の位置の欄の◎は，設置位置が性能照査に大きな影響を与えるとともに，サービス提供エ

表 1-3 道の駅の機能

機能		位置	重要度	備考
休憩 Refresh	休憩機能(乗用車)	◎	◎	
	休憩機能(貨物車)	◎	◎	
	休憩機能(長距離バス・観光バス)	◎		
	電気自動車給電施設	◎	△	
	食事施設・入浴施設		◎	
地域連携 Community	地域製品の販売(6次産業・産業振興)		◎	ケーススタディ
	交流(住民交流，体験交流(住民⇄来訪者))		○	
	インバウンド観光施設		○	
	物品販売等の生活支援(買い物難民対策)	○	◎	来年度・ケーススタディ
情報発信 Information	道路情報		◎	
	観光情報(近隣観光施設回遊促進)	◎	◎	
	インバウンド観光情報		○	代替方法有り
	地方移住促進情報(空き家，就労，魅力発信)			代替方法有り
	緊急医療情報		◎	代替方法有り
防災拠点 Disaster Relief	災害情報発信		◎	
	広域防災拠点「防災道の駅」	◎	◎	
	地域防災拠点	○	◎	ケーススタディ
	冬季待機所・チェーン脱着所	○		
交通結節点 Terminal	乗り換え(広域公共交通網⇄路線バス)	◎		
	乗り換え(路線バス(貨客混載)⇄デマンド，自動運転)	○	◎	類似研究進行中
	バス・貨物車ドライバー交替施設	◎	△	
	高速道路自動運転隊列走行貨物車の集散スペース提供	◎	△	

リアが広く、それぞれの設置位置がお互いに影響を及ぼすもの、表中の○は、設置位置が性能照査に大きな影響を与えるが、比較的サービス提供エリアが狭く、それぞれの設置位置はお互いに影響を及ぼさないと考えられるもの、無印は設置位置が性能照査に大きな影響を与えないものとして。また、ヒアリングをもとに各機能の重要度（利用者数や必要性を総合的に考慮）も評価し（◎、○、無印、△の順に重要）、これらの2つの指標をもとに、休憩機能（乗用車）、休憩機能（貨物車）、観光情報（近隣観光施設回遊促進）、広域防災拠点、地域防災拠点（表1-3 青部分）に関する性能照査手法を今年度は検討する。しかし地方部においては、産業振興の観点から地域交流拠点としての機能や、急激な高齢化や人口減少の生じている地域での生活支援や暮らしの足の確保についてのニーズが高いことがヒアリング調査の中で明らかなり、これらも併せて評価する（表1-3 黄色部分）。

1-6 道の駅性能照査用DBの作成

関東地方の道の駅を対象に、道の駅周辺の特性を把握するために、経済センサス、国土数値情報等のデータを活用して、基準メッシュ（1km×1km）における社会経済データを作成した（表1-4、図1-8）。また、国土交通省から提供されたデータを用いて、道の駅の駐車スペース、休憩施設、その他の付帯施設の立地状況を整理した（表1-5）。また、独自に実施した道の駅管理者アンケート結果を国土交通省の道の駅DBに付加した。

表1-4 社会経済データの概要

施設種類		出典資料
商業施設	百貨店、総合スーパー、CVS	商業統計
医療施設	高度医療施設	国土数値情報 厚生労働省資料
	病院、一般診療所	経済センサス基礎調査
行政施設	市役所・町村役場・支所	国土数値情報

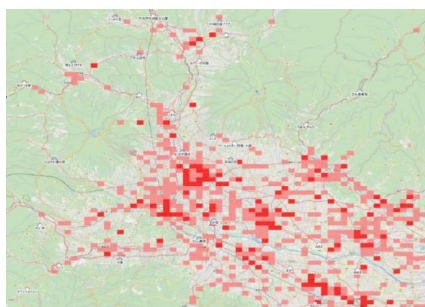


図1-8 社会経済データの整備状況（CVSの例）

表1-5 道の駅が有する機能

	道の駅が有する機能						道の駅 総数
	休憩所	直売所	飲食 施設	広場等	会議室 集会所	宿泊 施設	
茨城県	13	13	13	9	7	0	13
栃木県	20	23	23	17	16	1	24
群馬県	27	31	31	19	13	3	31
埼玉県	18	20	20	11	8	2	20
千葉県	28	28	28	15	13	1	28
東京都	1	1	1	0	1	0	1
神奈川県	3	3	2	0	1	0	3
山梨県	20	19	19	14	5	0	20
長野県	19	30	30	18	13	1	30

テーマ2：広域交通・物流ネットワーク拠点としての性能照査手法の構築

2-1 広域交通拠点としての性能照査手法（人流）

図2-1に示す広域交通拠点としての評価指標を構築した。この指標算出の第一段階として内部モデルのパラメータの一部をWEBアンケートの結果に基づいて推定した。また、ETC2.0のデータを用いたパラメータ推計用データの抽出を行った。トリップ立ち寄り行動モデルは地点に立ち寄ることによって発生する遅れなどの負の効用と移動中に累積する不満が立ち寄ることによって解消されるために発生する効用のトレードオフをモデル化したものである。地点での立ち寄り行動はその一部の状況として記述されるため、SP調査に基づく一部のパラメータの推定を可能にした。

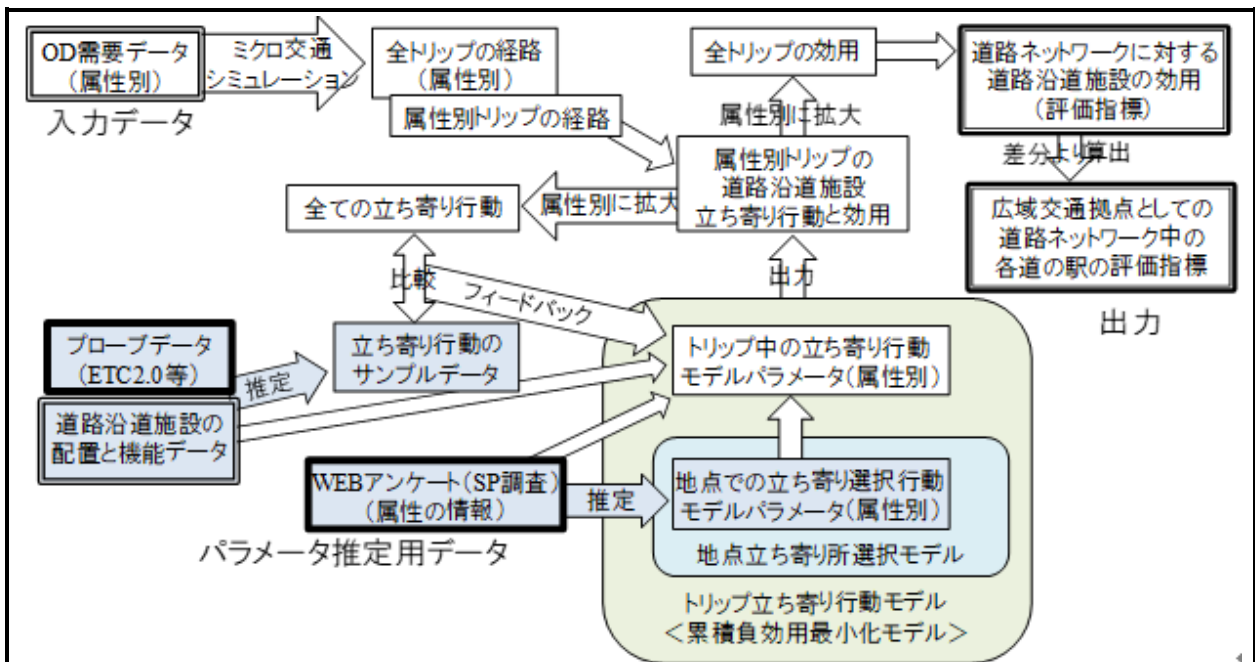


図 2-1 広域交通拠点評価指標の概要

地点での立ち寄り行動における施設選択に関するSP調査60問と個人の立ち寄り行動の趣向を問う設問及び個人属性に関する設問を含むWEBアンケートを設計し、2600サンプルの回答を得た。サンプルのスクリーニングの後、立ち寄り行動の趣向を問う設問の回答を用いた主成分分析で得られた軸に従ってサンプルの階層クラスタリングを行い、異なる行動を行っていると考えられるグループへ分類した。それぞれのグループのSP調査結果に対して、非集計選択モデルの推定を行い、表2-1のようなトリップ立ち寄り行動モデルのパラメータを得た。道の駅での不満解消度合いがグループ間で大きく異なる結果を得た。

表 2-1 各グループの（属性別）地点立ち寄り選択モデルパラメータ（非有意係数はハッチング）

グループ	サンプル数	モデル適合度	時間係数 (x10 ⁻³) (不満解消度)					定数項 (立ち寄り効用-コスト)					分散パラメータ
			公衆トイレ	路肩	コンビニ	道の駅	目的地	公衆トイレ	路肩	コンビニ	道の駅	目的地	
ドライバA	844	0.045	-	-4.48	-5.78	-8.49	-29.76	-0.88	-1.28	-1.07	-0.77	0	1.56
ドライバB	151	0.081	-	-5.46	-5.27	-6.55	-25.73	-0.94	-1.29	-1.04	-0.74	0	2.05
ドライバC	145	0.028	-	-4.87	-8.94	-11.66	-32.82	-0.80	-1.37	-1.05	-0.78	0	1.04
同乗者A	224	0.071	-	-7.90	-3.76	-6.54	-25.27	-1.08	-1.16	-1.03	-0.72	0	2.06
同乗者B	320	0.030	-	-6.36	-6.11	-7.74	-29.89	-0.94	-1.19	-1.04	-0.82	0	1.44

ETC2.0を用いた分析では、立ち寄り行動モデルにおける頻度や時間の間隔を表現するパラメータを求めるための基礎データの集計を行った。その内の1つが図2-2に示す草津温泉周辺へ移動したサンプルに対する次の滞在までの移動時間分布であり、全体の3割弱のサンプルが周辺の道の駅に立ち寄っていることなどを確認した。

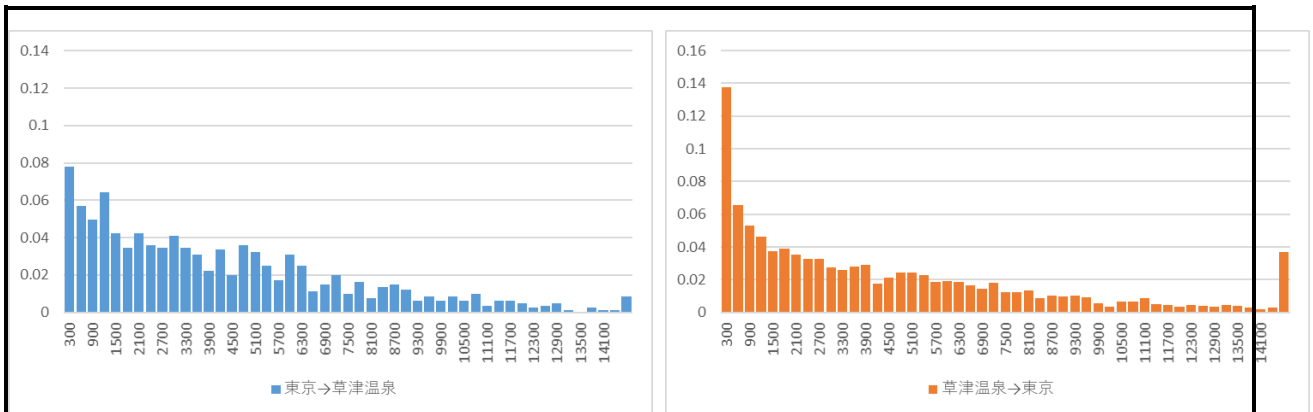


図 2-2 ETC2.0 データに基づく次の滞りまでの移動時間分布 (単位: 秒)

2-2 広域物流ネットワーク拠点としての性能照査手法

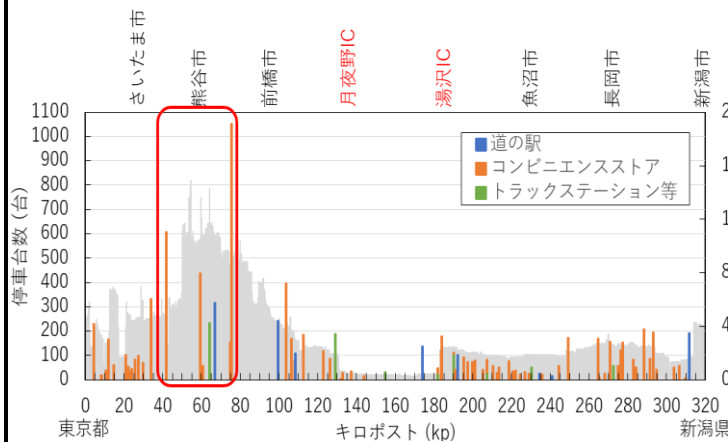


図2-3 停車位置別の停車台数

休憩機能の評価指標 (貨物車)

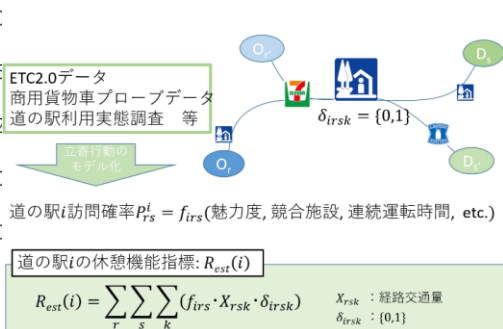


図 2-4 貨物車休憩評価指標

中長距離トラックの立ち寄り（休憩）行動を、商用車プローブデータを用いて分析した。一般道（国道17号線，国道8号線）を走行する東京都-埼玉県境界から新潟市までの商用車プローブカーの停止位置（施設）の頻度分布と、前面道路通過台数（灰色右軸）の関係を図2-3に示す。また、同区間に存在する8カ所の道の駅に停車する台数を目的関数としたときの重回帰分析の結果を以下に示す。前面道路の走行台数が多く、競合する隣接休憩施設との距離が長い時に、停車台数が増える関係を確認した。

$$\begin{aligned} \text{道の駅停車台数} &= 0.031 \text{ 走行台数} + 0.017 \text{ 隣接施設距離} + 7.156 \\ R^{*2} &= 0.53 \quad (2.91) \quad (1.40) \quad (0.02) \end{aligned}$$

今後は対象とする道の駅の数を増やすとともに、CVS等の他の休憩施設も加えた上で、駐車台数等の道の駅の属性に関する変数を加え、停車施設の選択モデルを作成する。この選択モデルを用いて計算されたOD別の道の駅iの訪問確率と、OD交通量を掛け合わせたものを、すべてのODペアで足し合わせ、道の駅iの訪問台数を計算し、この値から評価指標を算出する。（図2-4参照）

テーマ3：地域交流および災害時活動拠点としての性能照査手法の構築

3-1 道の駅の災害時利用の事例調査

道の駅の災害時利用には、予め地域防災計画等に定められた「計画的利用」と災害発生後に発生した「事後的利用」の2種類があることを想定し、道の駅の災害時の利用事例に関する文献調査、および2017年九州北部豪雨時の道の駅利用に関するヒアリング調査を行った。文献調査においては、2004年新潟・福島豪雨から2017年九州北部豪雨までに道の駅が災害時に利用された記録から55事例を収集し、9種類に分類した(表3-1)。

この結果に基づき、2017年九州北部豪雨時に道の駅駐車場がボランティアなど支援者の駐車場として、事後的に利用される等の事例が確認された福岡県の3つの道の駅(うきは(福岡県うきは市)・小石原・バサラ(ともに福岡県東峰村))を訪問し管理者へのヒアリング調査を行った。次いで、2019年9月の台風16号で被災した千葉県内の5つの道の駅管理者に対し、今回の台風時の①事後的に利用された機能、および②道の駅の防災機能拡張に関する意見を中心にヒアリング調査を行った。ヒアリングで得られた知見は、防災機能の性能照査手法の構築という観点から、以下のようにまとめられる。

基本的な防災機能としてのポテンシャルは、立地の安全性、建物の耐震性、自家発電設備など施設のハード面の性能によって定まる。一方、こうした高性能の施設を持たない既存の道の駅においても、例えば「来街者・観光客向けの一時避難場所」、「携帯電話の充電場所の提供」、「被災した住民が休息できる場の提供」など、被災の状況によって柔軟に対応可能であり、実際にもこうした多様な提供事例がヒアリングで確認できた。これらは、本研究が想定した「事後的な利用」に相当する。事後的な利用のポテンシャルは、近隣に公的な避難所があるかどうか、地域住民が日常的に利用している施設であるかどうか、観光客がランドマークとして認知しているか、など、通常時の道の駅の運用実態を明らかにすることで、ある程度類型化することが可能であると考えられる。

3-2 道の駅管理者アンケート調査

道の駅管理者を対象としたアンケート調査を実施した。調査設計に当たっては、上記事例調査にもとづいて質問項目を構成し、長野県を除く関東地方整備局管内、および新潟県内の道の駅合計180箇所を対象とした。調査票の回収数は82(回収率45.6%)であった。各機能別の道の駅の利用意思を示した表3-2、および結果の一部を図3-1に示す。例えば、駐車場を利用するような機能の提供意思について、駐車場台数が多い大規模道の駅では既に地域防災計画等を含むマニュアルに記載されていることが多い。しかしながら、今回の調査で、「決まっていないが提供可能」とした道の駅と「提供意思がない」とした道の駅の駐車場台数には大きな差がなく、特に小規模な道の駅について、災害時に多

表3-1 道の駅の災害時活用事例

機能	事例数
被災地の情報提供	18
避難所、休憩所として利用	14
自衛隊を除く緊急車両の駐車場として利用	10
避難者に食料等を提供	9
入浴施設を開放	8
車中泊の場所を提供	3
自衛隊の基地や活動拠点として利用	2
敷地内に仮設住宅を建設	2
その他	7

表3-2 道の駅が災害時に提供可能な機能

機能	マニュアル等で決まっている	決まっていないが提供が可能	施設がないor提供は難しい
入浴施設を開放	2	10	60
指定避難所として利用	18	24	32
自主避難所として利用	10	36	27
避難者に食料等を提供	8	31	34
被災地の情報提供	8	45	23
車中泊の場所を提供	6	64	7
自衛隊の基地や活動拠点として利用	8	54	12
自衛隊を除く緊急車両の駐車場として利用	8	59	6
敷地内に仮設住宅を建設	2	9	57
その他		11	

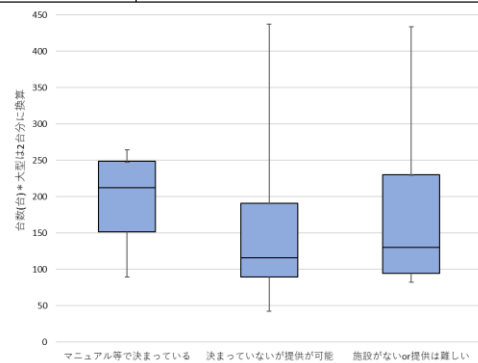


図3-1 「車中泊の場所」の提供意思と駐車場台数の関係

様な「偶発的利用」が可能であることが示唆された。

3-3 地域交流拠点（ゲートウェイ）としての評価

令和元年度は、地域交流拠点としての評価を「道の駅利用後の周辺地域への回遊行動」の観点から行った。まず、評価の方法として、ETC2.0 より得た道の駅利用者の周辺地域への回遊行動軌跡を分析し、回遊行動をしたサンプルの比率を「周辺回遊率」と定義して、道の駅から周辺への回遊しやすさを指標化した。ETC2.0 からデータを抽出する際の条件を図3-2に示す。

フラグ1	道の駅利用後にエリア内でプロットが30分以上停まっている箇所がある
フラグ2	道の駅利用後にエリア内でプロットが30分以上停まっている箇所がない
フラグ3	道の駅利用後にエリア内でプロットが終了

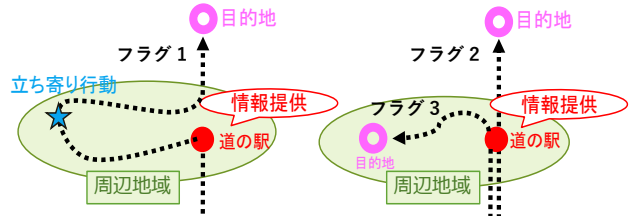


図 3-2 立ち寄り行動のフラグ設定

算出した「周辺回遊率」を目的変数とし、道の駅の機能（情報提供施設、体験施設）と周辺地域の環境を説明変数とした重回帰分析を行った。変数増減法によって算出された分析結果を表3-3に示す。モデルの自由度調整R²値は0.78と高く、適合度の高いモデルが構築できた。「デジタル端末の有無」は周辺への回遊行動にプラスに作用することから、道の駅での情報提供の充実により周辺への回遊行動が誘発される。また、「飲食店事業所数」に関しては係数が大きくプラスに算出されたことから周辺地域の飲食店の充実度と回遊行動に正の関係性があることが明らかになった。同様に「市町村内の道の駅数」に関しても係数が大きくプラスに算出されたことから、道の駅を周遊することにより周辺回遊率も向上したと考えられる。

表 3-3 周辺回遊率の重回帰分析結果

	変 数	標準偏回帰係数	t 値
周辺 地域 情報	観光入込客数(立地する市町村)	-0.30	-1.34
	飲食店事業所数(立地する市町村)	0.74 **	3.33
	人口密度(立地する市町村)	-0.28 *	-2.34
	立地する市町村内の道の駅数	0.35 **	2.86
	中心市街地までの距離	0.29 *	2.54
道の駅 の機能	体験施設の有無	-0.23 *	-2.59
	デジタル端末の有無	0.36 **	3.01

R²=0.82 自由度調整済みR²=0.78 AIC=155.28

3-4 機能要件の整理と性能照査手法の構築

上記の結果をもとに、地域交流および災害時活動拠点としての性能照査に用いる道の駅や高速道路のSA/PAの施設属性及び配置条件等の指標を、例えば以下の通りとする。

1) 施設属性(facility attribute)

【共通項目】

駐車場面積及び台数、トイレの数、大学等の連携実績の有無など

【地域交流拠点】

地域振興施設数（観光案内所、文化施設、物販所・加工場、レストランなど）、乗り入れるバスの種類（観光バス、路線バス、コミュニティバスなど）など

【災害時活動拠点】

地域防災計画などマニュアルでの規定の有無、貯水槽の有無、備蓄の有無、施設の耐震化などこれらの指標を用いて、道の駅jの機能i (1:地域交流拠点, 2:災害時活動拠点)の施設属性の定量評価値 f_{ij}^{FA} を以下で定義する。

$$f_{ij}^{FA} = \sum_{k \in K} w_{ik}^{FA} x_{kj} + \sum_{h \in H_j} w_{ih}^{FA} x_{hj}$$

ただし、 K :共通変数の集合、 H_i :機能*i*に係る変数の集合、 x_{kj} :道の駅*j*の標準化された共通変数、 x_{ihj} :道の駅*j*の機能*i*に係る標準された変数、 w_i^{FA} :ウェイトとする。重要度については今後の研究によって調査のうえで決定する。

2) 配置条件(location condition)

道の駅や高速道路SA/PAの配置条件としては、以下を考慮すべきである。

【地域交流拠点】

- ・ 地域交流拠点としての立地ポテンシャル指標 f_1^{LC}

近隣にいくつもの道の駅が多く存在することで、道の駅に立ち寄った人が周辺地域に立ち寄る傾向があることから、他の道の駅と距離が近いほど良く、多く存在する方が良いが、密集することは個性を発揮しにくくなるため地域交流拠点としては望ましくない。また、近隣に飲食店が多く存在すると、道の駅に立ち寄った人が周辺地域に立ち寄る傾向が強かったことから、近隣の飲食店が多いほど地域交流拠点としては望ましい。

- 1) 道の駅*j*から50km程度以内の距離にある道の駅*m*の位置を抽出し、道の駅*j*までの距離 d_{mj} を求める。抽出された道の駅の集合を M_j とする。また、適正と考えられる道の駅間の距離を d_0 （例えば20km）とする。
- 2) 道の駅*j*から10km程度以内に存在する飲食店の数 R_j を求める。3次メッシュデータを利用する方法もあるが、地図アプリケーションなどを用いても良い。
- 3) 上記の d_{mj} と R_j に、ウェイト w_1^{LC} を用いて以下を立地ポテンシャル指標 f_{1j}^{LC} とする。

$$f_{1j}^{LC} = w_1^{LC} \cdot R_j \cdot \sum_{m \in M_j} \left(\frac{1}{d_{mj}} - \frac{d_0}{2d_{mj}^2} \right)$$

【災害時活動拠点】

- ・ 災害時活動拠点としての立地ポテンシャル指標 f_2^{LC}

近隣に役場や避難場所が多く存在すると、地域住民や観光客によって道の駅が避難場所として利用されることは考えにくいため、近隣に役場や避難場所が少なく、距離も遠いほど災害時活動拠点としては望ましいということになる。また、役場や広域避難場所から遠くても、地域住民の少ない場所ではやはり道の駅が避難場所として利用されることは考えにくいため、人口が多いほど災害時活動拠点としては望ましい。

- 1) 道の駅*j*から50km程度以内の距離にある近隣の自治体を含めた役場や広域避難場所*s*の位置を抽出し、道の駅*j*までの距離 d_{nj} を求める。抽出された役場や広域避難場所の集合を S_j とする。
- 2) 同様に道の駅*j*から10km程度以内に住む人口の和 N_j を求める。3次メッシュデータを用いて、メッシュ内に境界線が通っている場合は境界内外の面積で人口を按分する。
- 3) 上記の d_{nj} と N_j を用いて、ウェイト w_2^{LC} を用いて以下を立地ポテンシャル指標 f_{2j}^{LC} とする。

$$f_{2j}^{LC} = w_2^{LC} \cdot \frac{N_j}{\sum_{s \in S_j} \frac{1}{d_{sj}}}$$

なお、配置条件に関する各指標については、新に道の駅を新設する際にも用いることができる指標である。

テーマ4：道の駅の最適配置計画法の構築

4-1 複数機能の評価

以上をもとに、複数の機能の評価方法の整理を行った。まず評価項目を検討した。道の駅の基本的な機能である「休憩機能」、「情報発信機能」、そして「地域連携機能」の三機能に「防災機能」を加えた四機能に区分して、それぞれの機能の評価するにはどのような項目が考えられるかという視点から列挙した。続いて、道の駅の単独評価と他の道の駅との接続性を含めた総合評価、そして、道の駅が地域に与える影響についての評価の方法を考案した。単独評価と総合評価は、

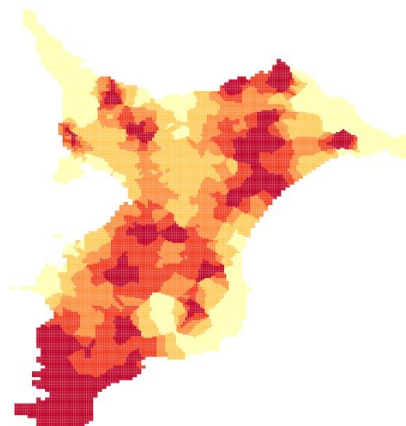


図4-1 道の駅が地域に与える影響例

前述した評価項目を用いて、地域内の道の駅が相対的に優れているかどうかを定量化したものである。地域に与える影響の評価は、道の駅の単独評価が各区域までの道路距離によって減衰して伝達されるとして総計したものである。千葉県を例として四機能を同じ重みで評価したものを図4-1に示す。道の駅の配置と道路ネットワークの整備状況により、地域によって道の駅を拠点として活用する利便性に差があることがわかる。

4-2 最適化のためのデータ整備

関東地方を対象として、道の駅の施設規模・保有機能・利用者特性等の施設属性に関するデータや、人口や生産額等の社会経済データ、高速道路ICへのアクセス時間の交通データ等を収集した。図4-2は関東1都6県と周辺県（福島・茨城・栃木・群馬・埼玉・千葉・東京・神奈川・静岡・新潟・山梨・長野）の道の駅175カ所と高速道路SA/PA173カ所をデジタル道路地図（J-DRM3003）のノードに関連づけ、すべての一般道リンクに時間距離で最寄りの道の駅を関連づけて色分けしたものである。同様に地域メッシュについても、時間距離で最寄りの道の駅を関連づけたデータを作成しており、メッシュに関連づけられた人口等の社会経済データを最寄り道の駅単位で集計する等のデータ分析を可能にした。

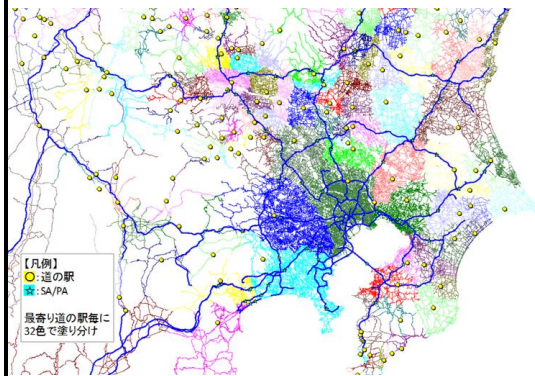


図 4-2 DRM リンクの道の駅最寄りカバレッジ

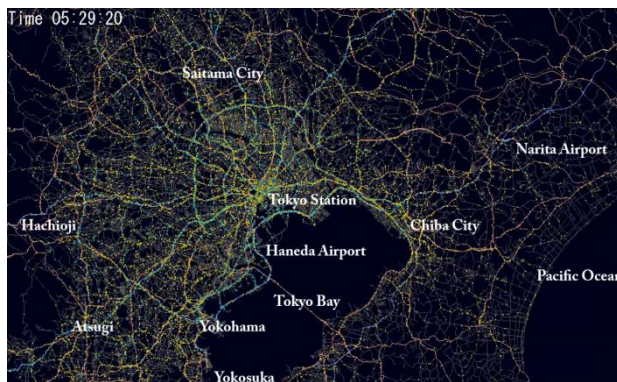


図 4-3 関東圏大規模ネットワークシミュレーション画面

また、広域交通シミュレーションを用いて、道の駅へのアクセス性等を検証し、当該手法の適用可能性を評価した。例えば、休憩機能については、シミュレーションで得られた各トリップの経路上の最寄り道の駅に対して、トリップ毎の起点から道の駅まで、および道の駅から終点までの時間距離で図4-4のように求められる立寄ポテンシャルを集計した評価指標を提案し、図4-5のように施設毎の値を求められるようにした。

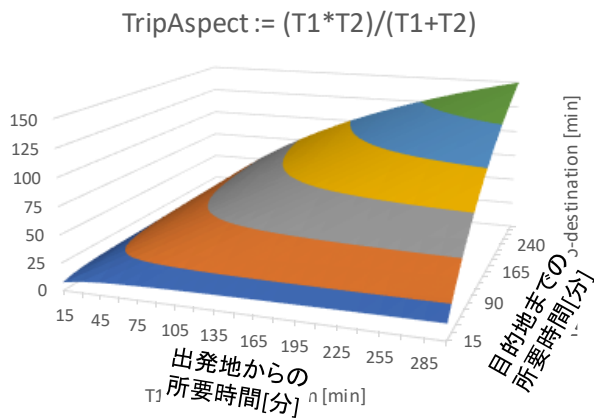


図4-4 トリップの休憩施設立寄ポテンシャル

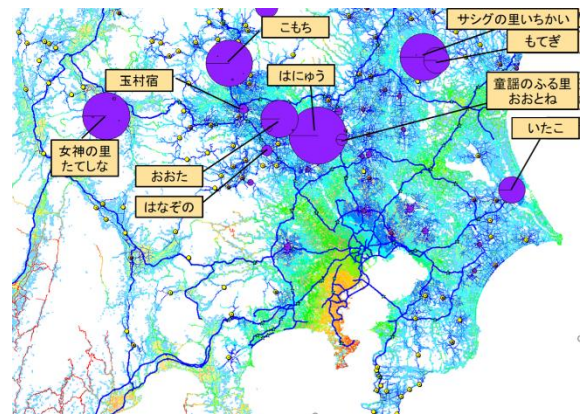


図4-5 最寄り道の駅で集計した立寄ポテンシャル

4-3 最適化手法適用の検討

当該データを援用し、平均移動距離の最小化（≒アクセシビリティの向上）を目的とした最適配置問題を、混合整数計画法に基づき求解した。具体的には、近隣需要を想定した単純往復型の移動、広域需要を想定した立ち寄り型の移動それぞれについて、その最適配置を求めた。一例として、立ち寄り移動を想定しつつ既存施設に加えて10施設を新たに設置する際の最適配置案を図4-6に示す。東京ー群馬・茨城間の移動が立ち寄りしやすいよう施設が追加配置されていることが確認できる。

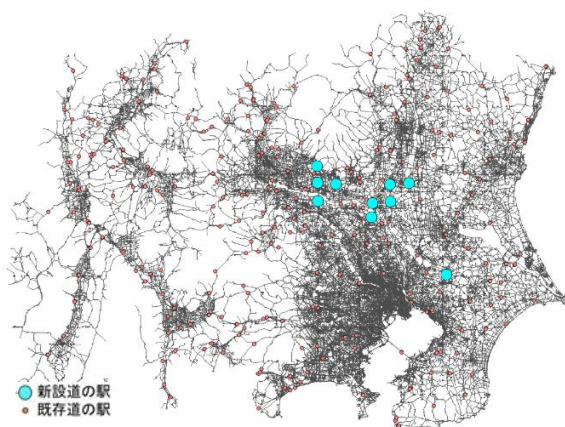


図4-6 10施設を新規に配置した場合

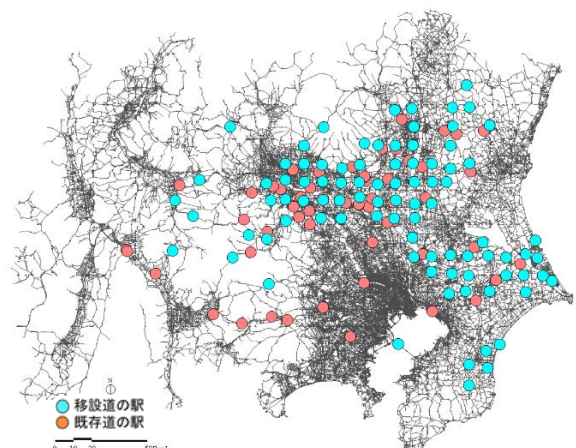


図4-7 150施設を再配置した場合

加えて、既存施設の配置に囚われず、全施設を最適配置し直す想定でも求解を行った。同じく立ち寄り移動を想定し150施設を最適配置するときの配置案を図4-7に示す。このシナリオは、現状案が社会的に最適な案からどの程度乖離しているかや、防災拠点を想定し現状の施設がまだ有していない新規機能を付加させる際の参考資料となり得る。図4-8に、全施設を最適配置し直した際の平均移動距離と施設数の関係グラフを示す（点線は、モデルに現状配置を代入したときの平均距離）。

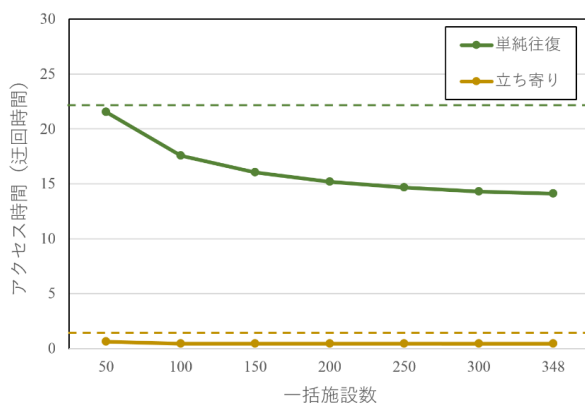


図 4-8 最適配置案に基づく平均移動距離と施設数の関係

現状では以上の計算を、全ての道路が走行できる平常時を想定して求解しているが、図4-3に示すような広域交通シミュレーションに基づけば、細街路などが通行できない災害時を想定したときの性能評価も可能になる。都道府県レベルでの広域拠点として、道の駅を活用することが望ましいと考えられが、現状の施設に計画的に配置されているとは言い切れない。例えば非常用電源や貯水槽など、災害時に必要な設備を追加する最適配置は、上記で議論した全施設を最適配置し直すシナリオに類似しており、本研究開発のフレームで取り組むことが可能である。このような緊急時対策に際しては、移動距離の最小化よりもカバー人口の最大化問題がより適切と思われることから、いわゆるカバリング型の最適配置案も計算し、その配置傾向の差異を検討する。

研究の目的・目標からみた研究計画、実施方法、体制の妥当性についても記入

当初の目的を達成することができており、研究計画、実施方法、体制のいずれも妥当である

⑦特記事項

最適配置モデルの計算手法そのものにおける本年度の成果として、本研究開発で想定するような広域データでも実用時間内で計算できることが確認された点も強調したい。最適配置分析は、欧米において主にLocation Analysis分野で活発に議論されているが、本研究開発が想定している空間やデータ規模は、当該分野の関連研究と比較しても、最も広範囲のものに分類される。上述した図4-7における150施設の再配置例は、908候補点から150施設を選ぶ最適配置、約 1.95×10^{175} 通りなかからの厳密解である。最適配置結果については、10月にシアトルで開催されたOR系国際会議（INFORMS Annual Meeting 2019）や、12月に香港で開催された交通系国際会議（HKSTS 2019）でも口頭発表し、実データに基づく現実的な計算例として高い評価を得られた。

令和元年11月30日～12月2日の期間に富山大学五福キャンパスにおいて開催された第60回土木計画学研究発表会・秋大会（企画提案型）で、企画テーマ「40：交通・物流・交流・防災拠点としての駅の性能照査と最適配置」と題するセッションを設け、以下の10編の論文を発表し、短い時間であったが活発な議論が交わされた。

研究の見通しや進捗についての自己評価

ビッグデータの取り扱いに予想以上に時間がかかったが、その他のところでは、概ね研究計画通り順調に研究が進んでいることから、令和2年度以降の研究実施によって、道の駅の性能照査と多目的最適配置に関する研究開発は可能だと考えている。

発表論文

○プローブデータを用いた道の駅の利用状況の分析と性能評価に向けた考察

長谷川雄人（（株）長大）・佐々木卓・鹿野島秀行・鳥海梓・大口敬

○中長距離輸送の貨物車プローブデータを用いた休憩施設選択行動の分析

市川晃己（長岡技術科学大学大学院）・佐野可寸志・鳩山紀一郎・高橋貴生・松田曜子

○道の駅利用後の周辺地域への立ち寄り行動に関する研究

竹内岳（長岡技術科学大学大学院）・高橋貴生・佐野可寸志・鳩山紀一郎・松田曜子

○一般道沿道施設の休憩機能評価手法の考察

小根山裕之（首都大学東京）・柳原正実・山下和太郎

○道の駅相互の接続性を考慮した多要素評価手法の検討

小野瀬遼太（東京理科大学）・寺部慎太郎・柳沼秀樹・田中皓介・康楠

○防災機能評価を活用した道路のクリティカルノードおよびリンクの特定手法

柳沼秀樹（東京理科大学）・寺部慎太郎

○地域主体との交流頻度を考慮した道の駅の防災拠点としての性能評価

松田曜子（長岡技術科学大学）・柳みのり・佐野可寸志・鳩山紀一郎

○道の駅の立地特性に関する分析

森尾淳（（一財）計量計画研究所）・毛利雄一・岡英紀・原田知可子・廣瀬健・寺部慎太郎

○道の駅の性能照査に向けた基礎的考察

堀口良太（（株）アイ・トランスポート・ラボ）・甲斐慎一郎・本間裕大・大口敬・佐野可寸志

○混合整数計画法に基づく首都圏における「道の駅」の最適配置評価

本間裕大（東京大学）・甲斐慎一郎・堀口良太

○Yudai Honma: Relationships between AFV Demand Assumptions and AFS Optimal Locations: A Case Study of Tokyo, The 24th International Conference of Hong Kong Society for Transportation Studies, Hong Kong, December 14-16 2019.

* 下線部は研究代表者並びに共同研究者