幹線純流動調査を用いた観光交通に起因する温室効果ガス排出量の推定

古屋 秀樹 [1]

[1] 正会員　東洋大学教授　国際観光学部（〒112-8606 東京都文京区白山 5-28-20）
E-mail:furuya@toyo.jp

本研究は，観光・私事トリップや休日交通に起因する GHG 排出量把握を目的として，都道府県庁所在地ならびに観光利用が多いと考えられる 58 ゾーンを対象に，幹線純流動調査による着ゾーン別 OD 交通量，経路距離等を用いて推定を行った．対象となる都道府県を越えるトリップの集中交通量，代表交通機関分担等の把握を行ったが，観光・私事トリップの平均トリップ長では沖縄南部，宮古・八重山，札幌で長く，全国平均値は 229km/人となった．さらに，GHG 排出量の推定から，全トリップに対して観光・私事トリップは 58%，休日交通は 41%を占めること，代表交通機関別では乗用車:71％，航空:22%，鉄道:6%，バス:1%となり，原単位やトリップ長による影響が推察された．今後の課題として，最新の交通データの利用，内々トリップ相当を含む観光交通の包括的把握があげられる．

Key Words: *inter-regional travel survey in Japan, Green House Gas, sightseeing travel*

1. はじめに

地球温暖化抑制のために，温室効果ガス（GHG, Green House Gas）排出量を実質的にゼロにするゼロカーボン社会の実現が急務であり，そのためには超変革的な社会システム構築が欠かせない．そこでは，望ましい将来像から逆算するバックキャスティングの重要性が指摘される一方で，現状把握を通じた削減シナリオやそのための戦略策定，危機感の共有も重要と考えられる．

文献1)によると，運輸部門の CO_2 排出量（2022 年）は全体の 20.7%を占め，電力産業:38.1%，工業燃焼:17.0%，建物:8.9%，工業プロセス:8.4%と比較すると大きく，運輸部門の内訳では自動車・バン:48%が最も高く，中型・大型貨物車:25%，国際海運:10%，国際航空輸送:6%，バス:6%，国内航空輸送:5%，鉄道:1%の順になっている．

さて，休日には観光目的のトリップの増加が推測されるが，「観光行動」は非日常活動で非義務的行動のため，旅行者の主観的意思決定が大きく，ゼロエミッションをはじめとする地域での環境への取組みが目的地選択に影響する．欧州の主要都市では，運輸部門の排出量目標ゼロに向けた社会システムの実装が進み，日本の大阪万博ではサステナブルな脱炭素化ツアーが造成されようとしている．このような中で日本の各地もゼロカーボン・デスティネーションとしての確立が必要であり，あわせて地球温暖化抑制へのコミットメントが必要といえる．

本研究は「観光現象」が顕在化する「休日」に着目し，幹線純流動調査（国土交通省，2015 年秋期実施）を用いて観光・私事目的のトリップや休日交通に起因する GHG 排出量の推定を目的とする．

2. 本研究の位置づけ

(1) 観光を取り巻く状況

地球温暖化抑制のために GHG 排出量の削減が急務である．気候変動に関する政府間パネル（IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change）では，2055 年までに CO_2 排出量がゼロになったとしても，2040 年までに世界の平均気温が対 1850-1900 年平均比 1.5 度上昇するとしている．この気温上昇によって表面化するリスクとして，サンゴ礁や北極の海氷などのシステムへの影響が指摘されており，洪水や異常気象に加えて食糧・難民問題の発生も危惧される．我が国は，2030 年度において GHG 排出量の 46%削減（対 2013 年度），2050 年における 100%削減に向けて挑戦を続ける，との声明を出している（政府・地球温暖化対策推進本部）．また，地方自治体では 2050 年二酸化炭素排出実質ゼロ表明もみられ，削減にむけた取り組みがなされる．

一方で，コペンハーゲン（デンマーク），サンフラン

シスコ（米国）は 2025 年までに熱源についてのゼロカーボン実現を目指した取り組みがなされ，アムステルダム（オランダ）では 2030 年までに運輸部門の排出量目標ゼロを設定している[2]．わが国での取り組みを一層推進する必要があり，そのために GHG 排出量の現状把握が必要不可欠である．

日本全体では，化石燃料を海外の輸入に大きく依存するため，その輸入総量を用いた GHG 排出量の推定が考えられる．しかしながら，特定のトリップ目的や個人利用の乗用車からの排出量推定や削減策の検討は，データの整備や推定方法が必ずしも確立しているとは言い難い．

さて，観光分野における部門別 GHG 排出量の構成比をみると，世界全体では交通関係が半分を占めており，航空における SAF（Sustainable Aviation Fuel）の導入などの対策が望まれる[3]．COP26（気候変動枠組条約締結国会議，2021 年）では，「グラスゴー宣言（観光における気候変動対策）」がなされ，2030 年まで排出ガス半減，遅くとも 2050 年までに実質ゼロ達成を目指すものとしている．国別の対策をみると，例えばフランスでは，「気候変動対策・レジリエンス強化法（2021 年 7 月）」が成立し，夜行列車の復活，料金も速度も抑えたスーパーローコスト長距離列車「OUIGO Classic Speed」の登場，サステナビリティ・ロードマップ「AIR FRANCE HORIZON 2030」を策定したエールフランスによる 2.5 時間以内の国内線フライトの廃止ならびに TGV とのコードシェア化が実施されている．

しかしながら，日本では観光関連分野における排出量推定が行われておらず，どのように削減に努めるのか，どのような観光行動形態が問題であるのか，技術革新などで再生可能エネルギーや排出原単位の減少による効果がどの程度であるのか，エビデンスに基づく対策立案が困難な状況といえる．宿泊産業を中心とした企業の GHG 排出量については，企業の会計データ（損益計算書における費用データ）を用いて推定するツール（Decarbonising Tourism System）等が開発されている一方，「交通」は個人が自家用車などを利用するため，特にその実態把握や「観光」や「休日交通」を切り出しすることが困難なため，全体像の把握が困難な状況である．

(2) GHG 排出量推定の考え方

運輸部門における CO_2 排出量は，国土交通省による全国の試算例[4]や市区町村別の試算例[5]などがある．さらに，都市別の排出量の推定事例[6]や乗用車からの排出量を車歴に着目した研究[7]がみられる．それらと比較して，本研究は全国の人流を対象として代表交通機関，トリップ目的を考慮している点が特徴といえる．

さて，GHG 排出量は利用する交通機関による差異が大きいため，代表交通手段として航空機，鉄道，バス，乗用車を考慮する必要がある．そこで，GHG 排出削減量の長期削減シナリオ検討に資することも念頭に，本研究は観光・私事目的のトリップや休日交通に起因する GHG 排出量を推定する．実際には，以下に示すモデル式並びに変数に相当する 3 要因によって排出総量（TE，単位:CO_2換算 kg）が導かれると仮定する．

$$TE_{\text{対象地域j GHG排出量 (CO_2換算g)}} = \sum_{\text{発地}} \sum_{\text{交通機関}} \left\{ T_{m\cdot ij}\ (\text{①当該地域発着交通機関mのij間交通量(人)}) \times D_{m\cdot ij}\ (\text{②OD間機関mの経路距離(単位:Km)}) \times E_m\ (\text{③交通機関mのGHG排出原単位 (CO_2換算g/人・km)}) \right\}$$

1)当該地域を発着する交通機関 m の ij ゾーン間交通量（Tm･ij，単位:人）

本研究では，日本全国をカバーする「交通機関 m の ij ゾーン間交通量」を把握した全国幹線旅客純流動調査（国土交通省）[8]を用いる．この調査では「幹線旅客流動」を，「通勤・通学以外の目的で，航空，新幹線等特急列車あるいは高速バス等幹線交通機関を利用する，都道府県を越える国内旅客流動」と定義している．そして，航空，幹線鉄道，幹線バスの交通量は，配布した調査票を利用しながら輸送実績や列車別駅間通過人員とあわせて 1 日（平日/休日）ならびに年間の母集団を推計している．また，乗用車等では，全国道路・街路交通情勢調査におけるオーナーインタビューOD 調査ならびに高速 OD 調査を用いた推定となる．複数の幹線交通機関を乗り継いだ場合には，その交通機関のうち，1 つを代表交通機関として定義し，その代表交通機関を利用した移動として 1 トリップを計上している．なお，幹線旅客船は欠損 OD ペアが多いことから本分析から除外した．

本データの留意点として県間移動の把握を目的としているため，県内や首都圏，近畿圏，中京圏内の交通量が把握できないこと，ゾーン設定が全国を 207 に細分化（1 都府県を概ね 4 ゾーンに分割相当）したものとなっており，GHG 排出量推定と照らし合わせると若干粗いゾーニング設定があげられる．近年，携帯電話の位置情報を用いて，利用交通手段も同時に類推した OD データが整備され，それを受けた幹線純流動調査との相関を検証する研究[9]では，ある程度の確度を有することが指摘されているもののトリップ目的までは同定できていない．そこで，調査から約 8 年が経過しているものの，トリップ目的（仕事，観光，私用・帰省，その他）が把握できるため，全交通量に占める観光ならびに帰省を含む私事目的のトリップ割合の把握を主眼にして分析を進める．

なお，OD 表には「居住地から旅行先」と「出発地から旅行先」の 2 つがあるが，前者は周遊トリップや居住地が海外/不明の場合のトリップが含まれないため，分析では後者を用いる．また，年間の輸送実績等で母集団推計した年間データが存在するものの，休日の実態把握

を念頭にしているため休日の OD 表を用いるとともに，平日/休日との比較の観点から平日についても同様の分析を行う．これらを用いて，地域ごとに誘致圏の広がりや代表交通機関の差異を把握する．

なお，2015 年調査以降に開業した新幹線は北海道新幹線（新青森-新函館北斗間，2016 年），西九州新幹線（武雄温泉-長崎間，2022 年）であり，25km 以上の高速道路開通区間は圏央道（境古河 IC～つくば中央 IC，28.5km，2017 年），新名神高速道路（高槻 JCT・IC～川西 IC 間，26.2km，2017 年），東海北陸自動車道（白鳥 IC～飛騨清見 IC 間，41km，2018 年），新東名高速道路（御殿場 JCT～浜松いなさ JCT 間，145km，2020 年）となっている．

2) 交通機関 m の ij ゾーン間経路距離(Dm･ij，単位:Km)

GHG 排出量は移動距離に比例するが，乗車人員には影響を受けないと仮定し，自動車交通における信号前後での細かな加減速等も捨象する．想定する代表交通機関（航空機，鉄道，バス，乗用車）ごとの OD 間経路距離の算出は，所要時間が最小となる経路の距離に基づき，ゾーン中心地は県庁もしくは生活圏内で人口が最も大きい市町村の役場としている．

3)交通機関別 GHG 排出原単位(Em，単位:g/人･km)

GHG の排出量は，活動量に比例するとするが，この単位活動量は a)金額ベースによるもの，b)移動距離や物理量（例えば，製造物などの重量など）ベースによるものに大別でき，それぞれに基づく排出原単位が整備されている．

a)に相当するものとして，3EID（産業連関表による環境負荷原単位データブック，国立環境研究所）がある．これは，わが国の「産業連関表」を用いて算出されたものであり，無料で使用できるメリットの一方で，交通機関別の原単位が整備されていない，交通機関の利用金額を適切に設定する必要がある等の課題がある．

一方，b)には産業技術総合研究所によって作成された IDEA（Inventory Database for Environmental Analysis）がある．これは食料や工業製品をはじめとする 1 次，2 次，3 次産業によって生産される財，サービスの合計約 4600 区分に関連した使用時の GHG 排出量，製造にかかわる原材料やエネルギー，利用以降の廃棄物各々の量がまとめられたデータベースである．日本国内のほぼ全ての事業における経済活動をカバーし，全データが「日本標準産業分類」「工業統計調査用商品分類」に基づいた分類コード体系で作成されている．特に，昨年のバージョンアップ（IDEA Ver.3.3）によって，GHG や酸性化，オゾン層破壊，水資源，土地利用等の主要影響領域をカバーしたり，排出原単位に加えて投入される区分別投入エネルギー量（風力，太陽光などの再エネに加え，原油，石炭，天然ガスなどの非再エネ），当該経済主体からの直接排出（Scope1），エネルギー利用にともなう排出（Scope2）に加えて原材料製造までをカバーする Scope3 上流部まで考慮できる特徴を具備している．以上から，本研究では IDEA を用いるものとする．

さて，本研究では GHG 排出量に着眼するが，温室効果を有するものは二酸化炭素（CO_2）や一酸化二窒素（N_2O）などの化石燃料の燃焼を主な原因にする物質に加え，農業分野からの排出量が多いメタン（CH4），半導体の製造プロセスから排出される HFCS（ハイドロフルオロカーボン類），PFCS（パーフルオロカーボン類）などがある．交通分野からは化石燃料の使用に起因するものが重要であり，N_2O の温暖化係数（CO_2 による温暖化への影響を 1 とした場合，298 相当）を考慮して CO_2 換算排出量（単位: CO_2 換算 kg/人･km）によって排出原単位を設定する．

なお，IDEA での交通機関区分は，航空輸送サービス（国内旅客），鉄道輸送サービス（旅客），乗用車輸送サービス（自家用），乗合バス輸送サービスとなっており，OD 交通量の代表交通機関区分との整合性が取れていることがわかる．

3. 交通流動の実態把握

全国幹線旅客純流動調査による交通の実態把握を行った．交通を派生的需要の結果としてとらえ，その目的地の特性によって誘致圏（アクセス距離）や利用交通手段が規定されると仮定し，着地ベースで集計している（**表-1**）．全国を 207 区分にした生活圏ゾーンの中で，都道府県庁が含まれるゾーン，ならびに観光現象が顕在化すると考えられる日光，渋川･吾妻（草津温泉を包含，以下同様），川越，船橋（浦安），相模原（鎌倉），郡内（山梨県側富士山周辺地域），飛騨（高山），静岡東部（熱海），伊勢志摩，田辺，三好，宮古・八重山を加えた 58 ゾーンとした．

A 列，B 列は，平日/休日それぞれの観光・私用目的ならびに不明を含めた全ての着トリップ数である．都道府県を越える国内旅客流動（秋期）が対象であり，都府県県及び首都圏（東京都，神奈川・千葉県・埼玉の各県），中京圏（愛知・岐阜・三重の各県），近畿圏（大阪府，京都府，兵庫県，奈良県）の内々交通が，北海道は 4 圏域区分（道南・道東・道北・道央）の内々交通が除外される．**表-1** より東京周辺や福岡周辺，静岡東部で着トリップ数の多いことがわかる．次に，観光・私事トリップ割合（E 列）を見ると，全体では宮古・八重山，郡内，飛騨，伊勢志摩で高く，相対的に観光の役割が大きいことが推察される．これらのゾーンでは平日，休日いずれとも観光等トリップ割合が高いが，田辺や山形では平日と休日の差が大きいことが確認できる．

表-1　生活圏ゾーン別交通の実態（E･F･H列ー暖色:+10%≧全国平均,寒色:-10%≦全国平均，F･G列ー灰色:-5%≦H列全国平均,緑色+5%≧同）

		A.平日(5日分)着トリップ数(単位:万)		B.休日(2日分)着トリップ数(単位:万)		C.7日分(単位:万)	D.平休比(%)		E.観光・私事トリップ割合(%)			F.平日/観光･私事機関分担率(%)				G.休日/観光･私事機関分担率(%)				H.7日分･全目的機関分担率(%)			
		①観光･私用	②計	③観光･私用	④計	⑤合計	平日②/⑤	休日④/⑤	平日①/②	休日③/④	全体(①+③)/⑤	航空	鉄道	バス	乗用車	航空	鉄道	バス	乗用車	航空	鉄道	バス	乗用車
1	札幌	9.0	23.3	8.4	12.1	35.4	66	34	39	69	49	51	11	5	33	40	10	5	46	41	11	4	44
2	青森	1.4	3.0	1.4	2.1	5.1	59	41	48	68	56	13	35	2	50	8	29	2	61	11	33	2	54
3	盛岡	4.8	11.5	6.1	7.9	19.4	59	41	42	77	56	2	21	2	75	1	14	2	83	2	20	2	76
4	仙台	13.9	35.4	19.3	24.8	60.2	59	41	39	78	55	5	18	5	72	2	12	5	81	4	19	6	71
5	秋田臨海	2.0	6.0	2.2	3.5	9.4	63	37	34	65	45	12	16	2	70	8	10	3	79	13	15	2	70
6	山形	4.3	9.3	8.3	9.5	18.7	49	51	47	87	67	3	16	4	78	1	7	3	89	3	11	6	81
7	福島	4.0	8.0	4.9	6.5	14.4	55	45	50	75	62	2	16	2	80	1	14	2	83	2	21	2	75
8	水戸・日立	12.2	24.4	18.1	22.9	47.4	52	48	50	79	64	1	8	3	87	1	7	2	90	1	13	3	84
9	宇都宮	13.0	26.6	14.8	17.6	44.2	60	40	49	84	63	1	7	0	92	1	6	0	93	1	13	0	86
10	日光	4.9	6.2	5.5	5.9	12.1	51	49	79	94	86	1	19	0	80	1	11	0	89	1	16	0	84
11	前橋・高崎	16.3	33.0	17.4	22.6	55.6	59	41	49	77	60	1	6	0	93	1	6	0	93	1	11	0	88
12	渋川・吾妻	4.1	6.1	4.4	5.6	11.7	52	48	68	78	73	1	5	1	92	1	4	1	95	1	5	1	93
13	浦和	22.8	47.0	24.9	32.6	79.6	59	41	49	76	60	4	14	1	81	3	12	1	84	4	17	0	79
14	川越	7.7	15.8	10.1	13.0	28.7	55	45	49	78	62	7	18	1	74	4	12	2	83	5	17	1	77
15	千葉	4.3	9.3	3.8	5.7	15.0	62	38	46	67	54	14	33	1	52	13	28	1	58	14	32	1	53
16	船橋	22.4	37.2	17.8	24.0	61.2	61	39	60	74	66	8	25	2	65	8	22	1	69	8	22	1	69
17	東京23区	42.2	116.0	43.8	62.5	178.5	65	35	36	70	48	16	46	7	31	12	40	6	42	16	48	5	30
18	横浜	11.4	25.2	11.5	15.9	41.2	61	39	45	72	56	13	40	2	44	11	32	2	55	12	40	2	46
19	相模原	10.0	20.2	10.5	16.8	37.0	55	45	50	62	55	10	23	1	66	7	22	1	70	7	24	1	68
20	新潟	3.9	8.5	5.4	7.3	15.7	54	46	46	74	59	4	28	4	64	3	25	3	69	5	31	3	62
21	富山	3.6	9.0	3.7	5.3	14.3	63	37	40	69	51	3	22	4	71	3	24	3	69	4	28	3	64
22	加賀	10.8	23.2	12.7	16.5	39.7	58	42	47	77	59	4	27	2	67	2	18	2	78	3	23	2	72
23	福井	4.1	9.0	5.7	7.3	16.3	55	45	46	78	60	1	15	1	83	1	11	1	87	2	18	1	80
24	国中	8.0	15.0	10.5	13.1	28.0	53	47	54	80	66	1	17	2	81	1	10	2	88	1	17	2	81
25	郡内	9.7	14.4	11.3	12.6	27.0	53	47	67	89	78	0	4	6	90	0	2	2	96	0	3	4	92
26	長野	6.3	10.7	8.0	9.6	20.3	53	47	59	83	70	1	25	3	71	1	14	2	84	1	23	2	74
27	岐阜	2.7	5.8	4.7	6.3	12.1	48	52	46	75	61	4	26	1	69	2	21	1	77	3	28	1	69
28	飛騨	3.0	4.4	3.1	3.8	8.2	54	46	68	82	75	1	5	3	90	0	6	2	92	1	6	3	91
29	静岡中部	5.2	13.5	8.4	10.5	23.9	56	44	39	80	57	3	39	4	54	1	23	2	73	2	40	2	56
30	静岡東部	22.7	38.4	22.8	29.3	67.7	57	43	59	78	67	1	15	2	82	1	12	2	85	1	19	2	79
31	名古屋	10.1	34.0	12.7	17.6	51.6	66	34	30	73	44	7	49	7	38	4	41	4	51	5	59	3	33
32	三重中南勢	1.9	3.6	3.0	3.8	7.4	49	51	53	80	67	3	10	1	86	1	9	1	88	2	16	1	81
33	伊勢志摩	2.1	2.8	2.0	2.7	5.5	51	49	74	75	75	4	30	1	65	3	16	0	81	3	24	1	72
34	滋賀南部	16.8	32.4	17.3	20.8	53.2	61	39	52	83	64	1	4	0	95	1	4	0	96	1	6	0	93
35	京都	16.5	31.4	14.0	17.6	49.0	64	36	52	79	62	4	32	3	61	2	25	2	70	3	32	2	63
36	大阪	14.3	40.5	15.5	21.4	61.8	65	35	35	73	48	10	41	9	40	7	40	7	46	9	49	5	36
37	神戸	4.3	11.1	5.0	7.7	18.8	59	41	39	65	49	12	32	8	48	11	31	5	53	12	37	5	46
38	奈良	6.9	12.5	5.0	7.5	20.1	62	38	55	67	59	4	14	2	80	5	15	1	79	4	17	1	77
39	和歌山	11.8	23.1	13.6	16.6	39.7	58	42	51	82	64	2	4	0	94	2	3	0	95	2	5	0	93
40	田辺	2.3	8.7	1.7	1.9	10.6	82	18	27	87	38	3	11	3	83	3	9	2	85	1	5	1	92
41	鳥取東部	3.3	5.4	3.2	4.1	9.4	57	43	62	78	69	2	6	3	90	2	5	3	90	3	8	3	86
42	松江	6.1	12.2	5.1	6.7	18.9	65	35	50	76	59	3	5	2	90	2	4	2	91	3	5	2	90
43	岡山県南	16.5	36.4	18.1	24.1	60.4	60	40	45	75	57	2	21	2	76	1	14	2	83	2	22	1	75
44	広島	11.0	30.7	15.0	20.2	50.9	60	40	36	74	51	4	23	4	70	3	22	3	72	4	29	3	64
45	山口	1.6	5.1	2.7	3.6	8.7	59	41	31	76	49	3	25	2	70	2	14	1	83	6	30	1	64
46	徳島	4.2	9.0	7.1	8.6	17.5	51	49	47	83	64	6	3	7	84	3	2	5	90	6	4	8	83
47	三好	1.4	2.0	1.1	1.4	3.4	59	41	70	75	72	0	2	2	96	0	3	1	95	1	3	2	95
48	松山	2.2	5.5	2.4	3.4	8.9	62	38	39	70	51	24	10	8	58	17	5	8	70	24	9	7	60
49	高知中央	2.2	5.0	3.3	4.2	9.2	55	45	44	78	60	13	6	9	73	7	4	5	83	13	6	7	75
50	福岡	21.6	54.4	25.2	34.3	88.7	61	39	40	73	53	12	20	8	60	7	15	5	73	11	20	6	62
51	佐賀	18.9	40.9	21.7	27.3	68.3	60	40	46	79	59	1	4	1	94	1	4	1	95	1	5	1	93
52	長崎	4.7	10.5	5.4	7.5	18.0	58	42	45	72	56	14	15	2	70	10	11	2	77	13	15	2	70
53	熊本	16.4	31.9	18.2	22.9	54.9	58	42	51	80	63	5	6	3	86	3	7	2	88	5	9	4	82
54	大分	6.2	12.4	8.4	10.4	22.8	54	46	50	80	64	9	18	3	71	5	11	2	82	8	16	6	70
55	宮崎	1.9	5.4	2.7	3.8	9.2	59	41	36	72	50	21	9	9	62	14	4	5	77	20	6	5	69
56	鹿児島	4.6	11.1	5.5	8.0	19.1	58	42	41	70	53	17	17	2	64	10	12	2	76	14	16	2	69
57	沖縄南部	3.9	6.4	2.7	3.4	9.8	65	35	60	77	66	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0
58	宮古･八重山	0.8	0.9	0.5	0.6	1.5	60	40	86	90	88	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0
	全国	505.4	1,100.6	567.3	745.0	1,845.5	60	40	46	76	58	7	20	3	69	5	16	2	77	7	23	3	67

全トリップの代表交通機関分担では，H.7 日分（平日 5 日分と休日 2 日分の合計）をみると，全国平均では航空 7%，鉄道:23%，バス:3%，乗用車:67%となり，県境を越えるトリップでも乗用車の割合が高いことがわかる．

ゾーン別では，航空の分担率が全国平均よりも 30 ポイントを上回るのが，沖縄南部，宮古・八重山，札幌であり，松山，宮崎も高い傾向を示す．また，鉄道が高い名古屋，大阪，東京 23 区は，逆に乗用車の割合が全国平均より小さい．なお，その他の地域では総じて乗用車の割合が高いこと，バスの分担率が低いことがわかる．

これに対して，観光・私事トリップに限定した代表交通機関分担率が F 列（平日），G 列（休日）である．H 列の値に対する増減を緑色（+5 ポイント以上）ならびに灰色（-5 ポイント以下）で示している．平日ではゾーンによって鉄道，乗用車がいずれかに塗りつぶされており，ゾーンの特徴が反映された結果といえる．一方，休日は鉄道の分担率が減少するのに対して，乗用車が高くなっており，複数人での訪問，公共交通機関での利便性等によると考えられる．

着トリップ数の把握につづいて，GHG 排出量推定のために，総トリップ長（人 km）の集計を行った（**表-2**）．①は着ゾーンごとに代表交通機関別ゾーン間経路距離とトリップ数との積和を全てのトリップ目的，代表交通機関で合計したもので，①を着トリップ数で除した平均トリップ長も併記した．着トリップ数が多いため東京 23 区，福岡，大阪，札幌の総トリップ長が大きく，平均トリップ長では全国平均値は 247km/人となり，沖縄南部，宮古・八重山，札幌が長くなる傾向がある．

次に，観光・私用目的に関する総トリップ長（②）では，東京 23 区，福岡に続いて札幌，船橋，沖縄南部が上位となること，平均トリップ長（全国平均）は 229km/人となること，全トリップに占める割合（③，全国平均）は 54%であり，トリップ数割合（④58%，全国平均）と比較すると小さく，短距離移動の構成割合の高さが推察された．

ゾーン別にみると，全トリップに占める割合（③）では山口（33%），田辺（40%），秋田臨海（41%）に加えて，名古屋（43%），東京 23 区，大阪（45%）で低く，誘致圏が必ずしも広くない地域や仕事トリップの構成比率の高さが想定できるゾーンで低いといえる．それに対して，比率の高い地域として宮古・八重山（88%），日光（85%），伊勢志摩（75%），郡内（75%），三好（74%），渋川・吾妻（73%），飛騨（72%）が該当する．全トリップに占める観光割合が高く，かつある程度の誘致圏の広がりを有することが原因といえる．

次に，代表交通機関別総トリップ長比率（④）と分担率（⑤）とを比較した．全国の「総トリップ長比率／交通機関分担率」は乗用車（39%／73%），航空（30%／6%），鉄道（28%／18%），バス（3%／3%）となり，代表交通機関別トリップ長の差異によるといえる．ゾーン別にみると，航空では北海道，沖縄に加えて，九州や四国の一部で高いこと，鉄道では京都（57%），大阪（50%），名古屋（48%），東京 23 区（42%）が高いことが特徴といえる．

次に，休日交通の総トリップ長等を集計した．⑥は休日 2 日の総トリップ長を，⑦は 7 日分に占める割合である．田辺の比率が 18%と低いが，その他は 30～40%を示し，全国平均は 36%となった．また，休日総トリップ長に占める観光・私事トリップ目的の割合（⑨）を見ると，山口，秋田臨海で 50%台と低い傾向に対して，日光，宮古・八重山で 90%台と高くなるばらつきがみられ，全国平均は 72%となった．参考として示したトリップ数割合と比較すると大きな差異がみられないため，観光，私事トリップの交通機関の利用傾向は他トリップ目的と大きな差異がないと考えられる．

4. 観光・私事交通起因の GHG 排出量推定

3.において推定したゾーン別総トリップ長に，GHG 排出原単位を乗じることによって，着地別 GHG 排出量の推定を行った．

使用する原単位は，IDEA における交通機関別 CO_2 換算排出原単位（単位: CO_2 換算 kg/人･km）を用いた．原単位から，N_2O は CO_2 換算排出量の約 1%程度であること，鉄道の排出原単位の約 7%はバイオディーゼル燃料などの生物由来であること，鉄道の排出原単位を 1.0 とすると，バス:約 1.3，航空:約 3.3，乗用車:約 8.3 であった．

この原単位に，観光・私事トリップならびに休日交通のトリップ長を乗じて，着ゾーンの総 GHG 排出量に対する割合等を示したものが**表-3** である．まず，①は観光・私事トリップの割合である．全国では 58%を占めること，比較的小さな田辺（35%），秋田臨海（41%）から大きい割合を占める宮古・八重山（88%），日光（85%）までばらつきがあり，誘致圏の広がりや利用交通手段の差異，来訪者数などの要因に影響を受けていると考えられる．また，観光・私事トリップの代表交通手段別排出量割合／分担率では，全国では乗用車（71%／73%），航空（22%／6%），鉄道（6%／18%），バス（1%／3%）の順となっている．ゾーン別にみると，航空では沖縄南部，宮古・八重山，札幌に続いて東京，松山，千葉，横浜，鹿児島が高いこと，鉄道では京都，大阪，東京 23 区に続き，横浜，神戸，広島，青森が高いことがわかる．なお，トリップ当たり排出量対全国比ではトリップ長も影響するため，乗用車の分担率が高くても一概に全国比が高くならない結果となった．

表-2　生活圏ゾーン別交通の実態（④，⑤列－暖色:+10%≧全国平均,寒色:-10%≦全国平均）

		7日分・全トリップ		7日分・観光私事トリップ												休日(2日分)				
		①人km (万km)	平均トリップ長 (km/人)	②人km (万km)	平均トリップ長 (km/人)	③ ((②/①) (%)	【参考】トリップ数割合	④航空人km割合(%)	④鉄道人km割合(%)	④バス人km割合(%)	④乗用車人km割合(%)	⑤航空分担率(%)	⑤鉄道分担率(%)	⑤バス分担率(%)	⑤乗用車分担率(%)	⑥全目的人km (万km)	⑦ ((⑥/①) (%)	⑧観私目的人km (万km)	⑨ ((⑦/⑥) (%)	【参考】観私トリップ数割合(%)
1	札幌	20,614	582	11,185	643	54	49	81	4	2	13	46	11	5	39	6,781	33	4,750	70	69
2	青森	2,341	461	1,327	467	57	56	25	39	3	33	10	32	2	56	848	36	580	68	68
3	盛岡	4,630	239	2,506	231	54	56	6	36	3	55	1	17	2	79	1,791	39	1,307	73	77
4	仙台	12,910	215	6,555	198	51	55	17	28	5	51	3	14	5	77	4,565	35	3,318	73	78
5	秋田臨海	3,495	370	1,441	338	41	45	28	23	3	46	10	13	3	74	1,150	33	673	59	65
6	山形	3,143	168	1,942	154	62	67	12	25	2	61	2	10	3	85	1,357	43	1,093	81	87
7	福島	2,715	188	1,502	169	55	62	8	28	2	63	1	15	2	81	1,148	42	805	70	75
8	水戸・日立	7,033	148	4,336	143	62	64	8	11	4	78	1	8	3	89	3,216	46	2,486	77	79
9	宇都宮	6,155	139	3,785	136	61	63	9	12	1	78	1	6	0	92	2,443	40	1,938	79	84
10	日光	1,889	157	1,604	154	85	86	6	16	0	77	1	15	0	84	876	46	812	93	94
11	前橋・高崎	6,913	124	3,948	117	57	60	11	11	0	78	1	6	0	93	2,811	41	2,018	72	77
12	渋川・吾妻	1,846	158	1,354	160	73	73	7	7	1	85	1	4	1	94	837	45	670	80	78
13	浦和	15,148	190	8,619	181	57	60	23	26	1	51	4	13	1	82	5,883	39	4,377	74	76
14	川越	6,991	243	4,083	230	58	62	26	27	2	44	5	15	1	79	2,788	40	1,994	72	78
15	千葉	5,697	379	3,159	390	55	54	38	35	1	26	14	31	1	54	1,997	35	1,408	71	67
16	船橋	15,909	260	11,032	275	69	66	29	36	2	33	8	23	2	67	5,941	37	4,724	80	74
17	東京23区	71,380	400	31,765	369	45	48	39	42	4	15	14	43	6	37	22,558	32	15,151	67	70
18	横浜	15,288	371	8,308	362	54	56	35	39	2	24	12	36	2	49	5,354	35	3,977	74	72
19	相模原	10,919	295	6,096	297	56	55	32	34	1	33	8	23	1	68	4,443	41	2,952	66	62
20	新潟	4,830	307	2,618	282	54	59	11	34	3	52	4	26	3	67	1,977	41	1,441	73	74
21	富山	3,501	244	1,707	235	49	51	12	37	3	47	3	23	4	70	1,204	34	895	74	69
22	加賀	7,936	200	4,631	197	58	59	12	42	3	44	3	22	2	73	2,959	37	2,205	75	77
23	福井	2,835	174	1,634	167	58	60	5	23	1	71	1	13	1	85	1,239	44	939	76	78
24	国中	4,104	146	2,509	136	61	66	6	17	2	75	1	13	2	84	1,818	44	1,335	73	80
25	郡内	2,857	106	2,169	104	76	78	3	4	5	88	0	3	4	93	1,221	43	1,064	87	89
26	長野	4,401	217	2,944	207	67	70	5	26	3	66	1	19	2	78	1,938	44	1,560	80	83
27	岐阜	2,890	239	1,624	220	56	61	13	34	1	52	3	23	1	74	1,330	46	925	70	75
28	飛騨	1,611	197	1,161	190	72	75	5	13	4	79	1	5	3	91	713	44	544	76	82
29	静岡中部	5,195	217	2,875	211	55	57	11	34	3	52	2	29	3	66	2,069	40	1,623	78	80
30	静岡東部	9,852	146	6,301	138	64	67	6	22	2	71	1	14	2	84	4,103	42	3,091	75	78
31	名古屋	15,380	298	6,645	290	43	44	17	48	5	30	5	44	5	45	4,909	32	3,489	71	73
32	三重中南勢	1,365	183	827	166	61	67	13	20	1	66	2	10	1	87	620	45	468	75	80
33	伊勢志摩	1,656	304	1,245	305	75	75	12	36	1	51	4	23	1	73	695	42	547	79	75
34	滋賀南部	4,867	91	2,897	85	60	64	8	19	1	72	1	4	0	95	1,854	38	1,496	81	83
35	京都	10,457	213	6,427	211	61	62	15	57	4	24	3	29	3	65	3,461	33	2,554	74	79
36	大阪	21,281	344	9,594	322	45	48	22	50	7	22	9	41	7	43	6,923	33	4,788	69	73
37	神戸	6,763	360	3,224	347	48	49	27	40	5	29	11	32	6	51	2,595	38	1,710	66	65
38	奈良	4,386	219	2,415	203	55	59	21	35	3	41	5	14	2	80	1,689	39	1,095	65	67
39	和歌山	4,525	114	2,696	106	60	64	14	13	1	72	2	4	0	94	1,816	40	1,423	78	82
40	田辺	2,096	197	844	210	40	38	12	17	3	68	3	10	3	84	384	18	338	88	87
41	鳥取東部	1,586	169	1,015	156	64	69	10	10	5	75	2	5	3	90	662	42	502	76	78
42	松江	2,377	126	1,385	123	58	59	21	17	5	58	3	5	2	91	848	36	613	72	76
43	岡山県南	10,801	179	5,733	166	53	57	9	32	2	57	1	17	2	80	4,017	37	2,911	72	75
44	広島	12,914	254	6,014	231	47	51	14	42	3	41	3	22	3	71	4,723	37	3,354	71	74
45	山口	3,007	346	988	230	33	49	12	34	2	51	3	18	1	78	937	31	517	55	76
46	徳島	2,918	167	1,709	151	59	64	25	5	7	63	4	2	6	88	1,250	43	950	76	83
47	三好	280	82	206	84	74	72	5	9	5	81	0	2	2	95	125	45	98	79	75
48	松山	3,178	355	1,568	347	49	51	49	8	7	36	20	7	8	64	1,123	35	728	65	70
49	高知中央	2,436	264	1,361	248	56	60	35	8	8	50	9	5	7	79	1,020	42	733	72	78
50	福岡	23,261	262	11,191	239	48	53	40	25	4	32	9	17	6	67	7,973	34	5,305	67	73
51	佐賀	5,639	83	3,169	78	56	59	14	11	4	72	1	4	1	94	2,278	40	1,724	76	79
52	長崎	5,741	320	3,083	307	54	56	43	13	2	42	12	13	2	74	2,150	37	1,469	68	72
53	熊本	10,010	182	5,775	167	58	63	25	13	3	59	4	6	3	87	3,948	39	2,969	75	80
54	大分	5,703	250	3,417	234	60	64	27	20	2	51	7	14	2	77	2,362	41	1,796	76	80
55	宮崎	3,080	335	1,531	330	50	50	45	8	6	41	17	6	7	71	1,203	39	813	68	72
56	鹿児島	6,294	330	3,248	321	52	53	45	21	2	33	13	14	2	71	2,243	36	1,498	67	70
57	沖縄南部	15,176	1,542	10,324	1,583	68	66	100	0	0	0	100	0	0	0	5,390	36	4,187	78	77
58	宮古・八重山	2,882	1,926	2,538	1,933	88	88	100	0	0	0	100	0	0	0	1,154	40	1,041	90	90
	全国	455,089	247	245,793	229	54	58	30	28	3	39	6	18	3	73	165,712	36	119,773	72	76

表-3　生活圏ゾーン別交通形態別 CO_2 換算排出量割合

		観光・私事トリップ										休日交通
		①全トリップ排出量に占める割合(%)	②航空排出割合(%)	②鉄道排出割合(%)	②バス排出割合(%)	②乗用車排出割合(%)	[参考]航空分担率(%)	[参考]鉄道分担率(%)	[参考]バス分担率(%)	[参考]乗用車分担率(%)	トリップ当たり排出量対全国比	③全トリップ排出量に占める割合(%)
1	札幌	52	71	1	1	27	46	11	5	39	2.4	33
2	青森	56	21	10	1	68	10	32	2	56	1.8	40
3	盛岡	56	4	7	1	89	1	17	2	79	1.1	42
4	仙台	55	11	5	1	82	3	14	5	77	1.0	40
5	秋田臨海	41	19	5	1	76	10	13	3	74	1.6	37
6	山形	65	7	4	1	88	2	10	3	85	0.8	48
7	福島	61	4	5	0	90	1	15	2	81	0.9	46
8	水戸・日立	66	4	2	1	94	1	8	3	89	0.9	50
9	宇都宮	67	5	2	0	94	1	6	0	92	0.9	43
10	日光	85	3	2	0	95	1	15	0	84	1.0	48
11	前橋・高崎	61	5	2	0	93	1	6	0	93	0.8	45
12	渋川・吾妻	73	3	1	0	96	1	4	1	94	1.1	46
13	浦和	59	15	5	0	80	4	13	1	82	0.9	43
14	川越	58	18	6	1	75	5	15	1	79	1.1	45
15	千葉	57	34	9	0	56	14	31	1	54	1.4	39
16	船橋	68	24	9	1	67	8	23	2	67	1.1	39
17	東京23区	48	43	14	2	41	14	43	6	37	1.1	37
18	横浜	57	33	11	1	56	12	36	2	49	1.2	41
19	相模原	53	26	8	0	65	8	23	1	68	1.2	46
20	新潟	60	7	7	1	85	4	26	3	67	1.4	47
21	富山	54	9	8	1	83	3	23	4	70	1.1	38
22	加賀	58	9	9	1	81	3	22	2	73	0.8	41
23	福井	63	3	4	0	94	1	13	1	85	1.0	47
24	国中	63	3	3	0	94	1	13	2	84	0.9	47
25	郡内	77	1	1	1	97	0	3	4	93	0.7	45
26	長野	71	3	4	1	92	1	19	2	78	1.2	50
27	岐阜	60	9	7	0	85	3	23	1	74	1.1	50
28	飛騨	72	2	2	1	95	1	5	3	91	1.2	45
29	静岡中部	62	7	7	1	85	2	29	3	66	1.0	49
30	静岡東部	68	3	3	0	93	1	14	2	84	0.8	46
31	名古屋	54	16	13	2	69	5	44	5	45	1.0	41
32	三重中南勢	68	7	3	0	89	2	10	1	87	1.0	50
33	伊勢志摩	76	8	7	0	85	4	23	1	73	1.5	49
34	滋賀南部	65	4	3	0	93	1	4	0	95	0.5	42
35	京都	66	16	18	2	64	3	29	3	65	0.6	39
36	大阪	52	23	16	3	58	9	41	7	43	1.0	37
37	神戸	51	24	11	2	63	11	32	6	51	1.2	43
38	奈良	55	15	8	1	76	5	14	2	80	0.9	44
39	和歌山	61	7	2	0	91	2	4	0	94	0.7	41
40	田辺	35	7	3	1	90	3	10	3	84	1.3	16
41	鳥取東部	69	5	2	1	93	2	5	3	90	1.0	43
42	松江	59	12	3	1	84	3	5	2	91	0.7	37
43	岡山県南	58	6	6	1	88	1	17	2	80	0.8	43
44	広島	51	11	10	1	78	3	22	3	71	0.9	40
45	山口	42	8	7	1	84	3	18	1	78	1.1	45
46	徳島	64	13	1	1	84	4	2	6	88	0.9	47
47	三好	76	2	1	1	96	0	2	2	95	0.6	44
48	松山	52	34	2	2	62	20	7	8	64	1.6	37
49	高知中央	60	21	1	2	76	9	5	7	79	1.3	44
50	福岡	51	31	6	1	62	9	17	6	67	1.0	37
51	佐賀	59	7	2	1	91	1	4	1	94	0.5	43
52	長崎	57	28	3	1	69	12	13	2	74	1.5	39
53	熊本	62	14	2	1	83	4	6	3	87	0.9	41
54	大分	65	17	4	0	79	7	14	2	77	1.2	45
55	宮崎	49	30	2	1	67	17	6	7	71	1.6	42
56	鹿児島	50	33	5	0	62	13	14	2	71	1.4	39
57	沖縄南部	68	100	0	0	0	100	0	0	0	5.1	36
58	宮古・八重山	88	100	0	0	0	100	0	0	0	6.2	40
	全国	58	22	6	1	71	6	18	3	73	1.0	41

また，休日交通が全トリップに対して占める割合（③）も推定し，①と類似した結果が導かれた．

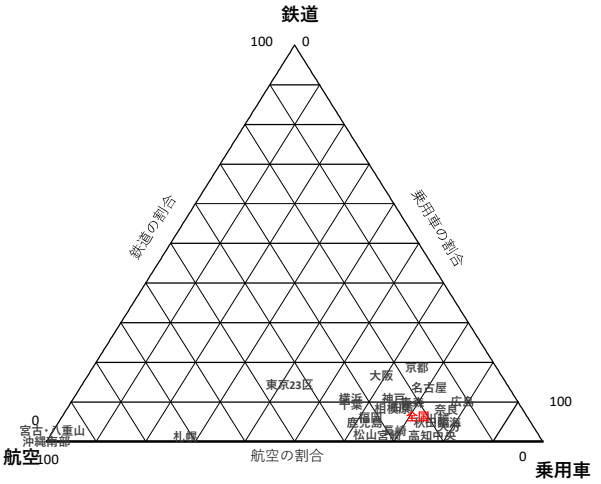


図-1　3 交通機関による着ゾーン別 GHG 排出量比率

次に，バスを除外した 3 交通機関（航空，鉄道，乗用車）の排出量合計を 100 とした場合の交通機関別排出量割合を三角グラフで示す（**図-1**）．ここでは，乗用車の割合が 80%を下回るゾーンのみ示しており，赤字で示したものが全国平均（航空：22%，鉄道：6%，乗用車 71%）である．図の上部に行くほど鉄道からの，左に行くほど航空からの排出量が大きくなる．航空からの排出量が大きいゾーンは沖縄南部，宮古・八重山，札幌，東京 23 区となっており，鉄道からの排出量が大きい地域として京都，大阪，東京 23 区となった．これらは，立地や高速交通機関の整備状況をはじめとするアクセス条件によって規定されるといえる．一方，表示されない乗用車の割合が 80%を上回るゾーンが多く，乗用車からの排出量削減が重要といえる．GHG 排出量をトリップ数，トリップ長，排出原単位の 3 要因によって推定したが，観光・私事トリップによる排出量を代表交通機関別に定量的におさえることができ，全トリップとの対比を通じて観光分野の位置づけが明らかになったものと考えられる．

5.　まとめ

本研究は観光目的のトリップや休日交通に起因する GHG 排出量の推定を目的として分析を行った．

交通の実態把握では，東京周辺や福岡周辺，静岡東部で着トリップ数の多いこと，観光・私事トリップ割合では宮古・八重山，郡内，飛騨，伊勢志摩で高く，これらの地域で相対的に観光の役割が大きいことが推察された．

また，全トリップの交通機関分担では，平日 5 日分と休日 2 日分の合計では，全国平均で航空 7%，鉄道:23%，バス:3%，乗用車:67%となった．また，観光・私事目的の全国平均（平日/休日）は，乗用車（69%／77%）が最も高く，鉄道（20%／16%），航空（7%／5%），バス

（3%／2%）の順となった．

次に，GHG 排出量推定のために，トリップ長（人 km）の集計を行った．観光・私事目的では東京 23 区，福岡に続いて札幌，船橋，沖縄南部となること，平均トリップ長（全国平均）は 229km/人となること，全トリップに占める割合は 54%であり，トリップ数割合（58%）と比較すると小さく，短距離移動の構成割合が高いことが推察された．ゾーン別にみると，全トリップに占める割合では山口，田辺，秋田臨海に加えて，名古屋，東京 23 区，大阪で低く，誘致圏が必ずしも広くない地域と近距離の人口集積が高い地域で低いこと，比率の高い地域として宮古・八重山，日光，伊勢志摩，郡内，三好，渋川・吾妻，飛騨が該当し，全トリップに占める観光割合が高く，かつある程度の誘致圏の広がりを有するといえる．

これらをもとに，GHG 排出量の推定を行ったところ，観光・私事トリップは全トリップ目的に対して 58%を占めること，比較的小さな田辺（35％），秋田臨海（41%）から大きい割合を占める宮古・八重山（88%），日光（85%）までばらつきがあり，誘致圏の広がりや利用交通手段の差異，来訪者数などの要因に影響を受けていると考えられた．また，観光・私事トリップの代表交通手段別排出量割合では，全国では乗用車（71%），航空（22%），鉄道（6%），バス（1%）となり，原単位やトリップ長による影響が推察された．

なお，本研究は 2015 年の幹線純流動調査を用いており，58 ゾーンのみの分析であること，県内移動が把握できていないことから限定的な結果と位置付けられる．今後の課題として，より最新の交通データの利用，内々ゾーンとして処理した領域をより小さくした観光交通を包括的に考慮できる推定が必要といえる．そのためには，携帯電話の位置情報データの活用が考えられるものの，トリップ目的や利用交通手段の同定方法の精緻化，信頼性向上が課題と考えられる．

参考文献

1) STATISTA，Cars Cause Biggest Share of Transportation CO_2 Emissions ， https://www.statista.com/statistics/1185535/transport-carbon-dioxide-emissions-breakdown/ ，2023.9.23 閲覧
2) Carbon Neutral Cities Alliance: Carbon Neutral Cities Alliance Members, https://carbonneutralcities.org/cities/ ，2023.9.18 閲覧
3) 世界旅行ツーリズム協議会: A NET ZERO ROADMAP FOR TRAVEL&TOURISM, 2021，https://wttc.org/Portals/0/Documents/Reports/2021/WTTC_Net_Zero_Roadmap.pdf, 2023.9.18 閲覧
4) 国土交通省：運輸部門における二酸化炭素排出量，https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/environment/sosei_environment_tk_000007.html，2023.9.18 閲覧
5) 国土交通省：運輸部門（自動車）CO_2 排出量推計データ， https://www.env.go.jp/policy/local_keikaku/tools/car.html，2023.9.18 閲覧
6) 越川知紘，谷口守：自動車検査証の個別統計を用いた全国地域別乗用車 CO_2 排出量の試算，環境システム研究論文集，73 巻，6 号，pp.169-178，2017
7) 石河正寛, 加藤秀樹, 有賀敏典, 金森有子, 金炅敏, 崔文竹, 松橋啓介：自動車検査証の個別統計を用いた全国地域別乗用車 CO_2 排出量の試算，交通工学論文集，No.8(5)，pp.1-10，2022
8) 国土交通省：全国幹線旅客純流動調査，https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/soukou/sogoseisaku_soukou_fr_000016.html，2023.9.18 閲覧
9) 井野聖，福島晶子，松田和香，新倉淳史，大石礎：携帯電話の位置情報データを活用した幹線旅客流動の把握に関する検討，土木計画学研究・講演集，2023.6

(2023. 10. 13 受付)