

交通行動パターンに着目した 低炭素社会の構成についての考察

秋山 孝正¹・井ノ口 弘昭²・長谷川 陽平³

¹正会員 関西大学教授 環境都市工学部都市システム工学科
(〒564-8680 大阪府吹田市山手町三丁目3番35号)

E-mail: akiyama@kansai-u.ac.jp

²正会員 関西大学助授 環境都市工学部都市システム工学科
(〒564-8680 大阪府吹田市山手町三丁目3番35号)

E-mail: hiroaki@inokuchi.jp

³学生員 関西大学 環境都市工学部都市システム工学科
(〒564-8680 大阪府吹田市山手町三丁目3番35号)

E-mail: k368817@kansai-u.ac.jp

本研究では、低炭素社会のQOL（生活質）に関して、都市活動と交通の側面から考察を行う。すなわち、少子高齢社会を背景として、交通行動パターンが変化するとともに、低炭素型交通機関の利用促進から、運輸交通部門における低炭素社会の構成を検討する。具体的には、京阪神都市圏から吹田市、中京都市圏から岐阜市を選定し、典型的な交通行動パターンからみた都市交通流動の比較を行う。年齢階層別の交通行動パターン(アクティビティ・モビリティ)の相違を明確にするとともに、都市圏の交通流動と二酸化炭素排出量の関係を求める。この際、交通機関と移動距離に基づいた二酸化炭素排出量の推計モデルを導入する。これらの分析結果に基づき、都市交通環境に基づく交通行動パターンに着目した低炭素社会の構成について整理することができる。

Key Words : *Traffic behavior analysis, Person trip survey, Low carbon city*

1. はじめに

モータリゼーションによる都市の拡散は顕著であり、集約的な都市形成が求められている。また一方で、持続可能な都市づくりを目指して、生活質に配慮した都市活動の創生が必要となっている。

このため、本研究では、都市圏の日常生活を構成する都市圏の都市活動と交通行動から、持続可能な低炭素社会の構成について、実証的な検討を行う。具体的には、京阪神都市圏と中京都市圏の代表的交通行動を整理する。すなわち、自動車中心の都市活動と、公共交通中心の都市活動に関して、持続可能性の視点から評価を行う。これより、運輸交通面からの低炭素社会の形態を明確化する。

2. 都市交通環境に関する検討

(1) 都市交通環境と交通行動

ここでは、わが国の都市圏を取り上げ、実態的な交通行動に基づいて都市交通環境の相違を検討する。具体的には、京阪神都市圏と中京都市圏の代表的都市における

都市交通環境を比較検討する。この際、都市交通計画の基本データであるパーソントリップ調査（京阪神：2000年、中京圏：2001年）結果を用いる。一般に、PT調査では都市圏の交通行動者の交通行動連鎖（トリップパターン）が記録され、同時に都市活動（アクティビティ）を把握することが可能である。したがって、都市圏における自動車・公共交通機関の分担関係を反映した都市活動と交通現象を整理することが可能である。

(2) 対象都市圏の設定

本研究では、自動車利用を中心に都市交通環境を検討するため京阪神都市圏と中京都市圏の都市を取り上げる。ここでは、中規模都市を想定して、吹田市と岐阜市を取り上げる。両都市の基本的な統計指標を表1に整理する。これより都市構造を具体的に把握する。

本表より、夜間人口(2005年国勢調査)は、それぞれ吹田市：353,885人、岐阜市：413,136人であり、各都市圏の中核都市である。人口密度は吹田市：9,800人/km²、岐阜市：2,037人/km²、高齢者率(65歳以上)は吹田市：

16.1%、岐阜市：23.7%、昼間人口比は吹田市：0.98、岐阜市：1.07である。したがって、吹田市はベッドタウン、岐阜市は地方都市の都市構造をしているといえる。また、PT調査より、トリップ数は吹田市：329,901トリップ、岐阜市：384,307トリップ、ゾーン数は吹田市：11ゾーン、岐阜市：62ゾーン、外出率は吹田市：85.6%、岐阜市：85.6%、高齢者外出率（65歳以上）は吹田市：60.0%、岐阜市：64.3%である。

つぎに都市交通現況を検討するため、都市交通網について検討する。図1に吹田市における都市交通網を示す。（※1くるくるプラザ 吹田市資源リサイクルセンターホームページより引用）①鉄道網は大阪市方向へ整備されている路線と、茨木市や豊中市などの近隣都市を結ぶ路線が整備されている。②吹田市で年間乗車人数が多いのはJR吹田駅(7,914千人)、関大前駅(7,906千人)、桃山台駅(7,023千人)である。③鉄道運行会社はJR、阪急電鉄、大阪モノレール、北大阪急行、大阪市営地下鉄の5社、バス運行会社は阪急バス、京阪バス、近鉄バスの3社である。同様に図2に岐阜市における都市交通網を示す。（※2井ノ口弘明、彭易徳、秋山孝正：知的情報処理を利用した交通機関選択モデルの提案より引用）①鉄道網は岐阜市南部に整備されている。大垣市や各務ヶ原市、名古屋市などの近隣都市を結ぶ路線が整備されている。②岐阜市で年間乗車人数が多いのはJR岐阜駅(10,760千人)、名鉄岐阜駅(6,254千人)である。③鉄道運行会社はJR、名古屋鉄道の2社、バス運行会社は岐阜バスの1社である。したがって、吹田市では鉄道網、岐阜市では道路網が発達している。交通環境の整備状況により市民の移動時の交通機関選択が違うといえる。

3. 交通行動からみた都市交通環境

都市の日常的な生活環境を検討するため、都市空間の移動と都市活動の面から分析を行う。

(1) 都市圏における交通機関分担

まず都市圏の空間移動に関して、都市交通機関の利用実態に基づいた分析を行う。これは、都市交通計画の基本的課題である自動車（私的交通機関）と公共交通機関の分担関係から交通現象の現状を把握するものである。そこで、本研究では都市圏の交通機関分担について整理した。具体的には図3に各都市圏の交通目的別の交通機関分担割合を示す。本図より、吹田市では全目的において公共交通機関・徒歩・自動車の順に利用割合が大きい。一方、岐阜市では自動車交通が支配的である。さらに目的別の集計で、通勤目的においては、各都市圏の主要な交通機関の利用割合が顕著に相違していることがわかる。また、自由目的においては、自動車移動が中心となる地域（岐阜市）で、同様な傾向が観測されることが分かる。

表1 両都市の基礎統計量

	吹田市	岐阜市
人口(2005年国勢調査)	353,885人	413,136人
人口密度(2005年国勢調査)	9,800人/km ²	2,037人/km ²
高齢者率(65歳以上)	16.1%	23.7%
昼間人口比	0.98	1.07
就業者数	163,946人	197,762人
世帯数	149,525世帯	161,718世帯
面積	36.11km ²	202.89km ²
道路総延長	582km	2,744km
鉄道年間乗車人員	58,905千人	17,014千人
バス年間乗車人員	10,590千人	17,151千人

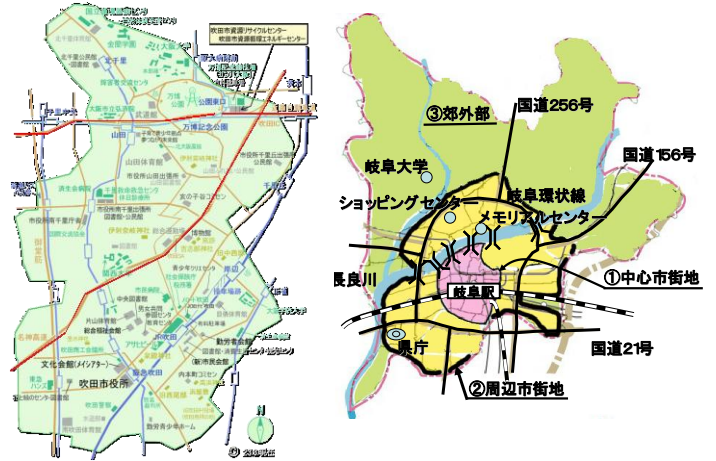


図1 吹田市の交通環境 ※1 図2 岐阜市の交通環境 ※2

全目的

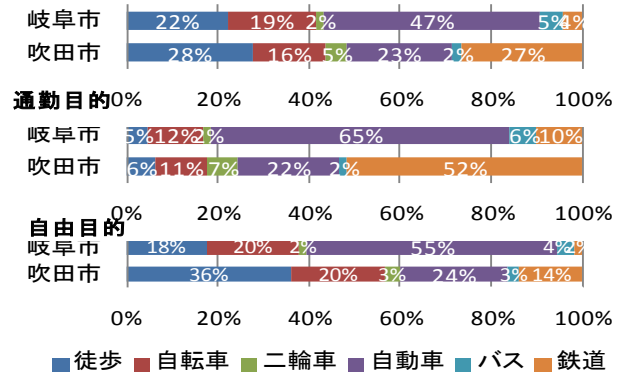


図3 両都市の交通機関分担率に関する比較

(2) 都市圏における交通行動の比較

つぎに都市圏で発生する交通現象の具体的な内容について整理する。すなわち、空間的な移動（トリップ）の具体的な傾向から交通行動の形態を考える。このため、交通行動をトリップ属性の面から集計した結果を用いて分析を行う。

まず、都市圏の交通行動者の空間的な移動範囲を検討するため、交通行動者ごとの一日の総移動量（トリップ長さの合計）を算定した。この際、ODトリップ長さは、ゾーン間距離を算定した。また、内々ゾーン間では一律1kmをトリップ長とした。

交通行動者の総移動距離分布を図4に示す。平均総移動距離は吹田市：16.1km、岐阜市：16.6kmである。岐阜

市はなだらかに曲線を描いた分布になっている。これは自動車移動により移動距離のバリエーションが豊富であるためである。吹田市では公共交通機関の移動が多く、駅間の距離の問題により階段状の分布になっている。次に自動車利用者のトリップ長分布を図4に示す。平均トリップ長は吹田市：6.9km、岐阜市：6.2kmである。0～10kmの短距離における移動割合は吹田市：77.6%、岐阜市：82.5%である。岐阜市では近距離の自動車移動が多くみられる。必要以上に近距離の移動があり、非効率な移動をしているといえる。

(3) 都市圏の都市活動時間の分布

つぎに時間的な移動（トリップ）の具体的な傾向から交通行動形態を考える。このため、交通行動をトリップ属性の面から集計した結果を用いて分析を行う。

まず、都市圏の交通行動者の時間的な移動範囲を検討するため、公共交通機関利用者ごとの1トリップあたりの移動時間を算定した。公共交通機関利用者の移動時間分布を図6に示す。平均移動時間は吹田市：51.8分、岐阜市：56.3分である。吹田市では50分前後にピークがある。大阪市などの近隣都市への移動が多いと考えられる。岐阜市では30～80分において同程度の利用がみられる。これは自動車で移動ができる地域であり、公共交通機関の利用が圧倒的に多い地域がないため、均質的な移動をしているといえる。次に都市移動者の総活動時間を図7に示す。公共交通機関移動中心社会（吹田市）と自動車移動中心社会（岐阜市）では根本的に同じ活動をしているといえる。各活動ごとに分析してみる必要がある。

4. 交通行動パターンに関する分析

本章では、都市圏における交通行動形態から生活様式を含んだ考察を行う。このため都市活動と空間移動の連鎖を対象とした分析を実行する。

(1) 都市圏における交通行動パターンの整理

ここでは、都市圏の交通行動パターンを固定活動と自由活動を明示的に表現した分類を行う。このため、自宅ベース（HB）と通勤先ベース（OB）を明確化した交通行動パターンを構成する。また、ここでは訪問先はSPと表記する。

具体的には、①HB=OB：HBピストン型（自宅と勤務先の往復：就業者）②HB=SP：OBピストン型（自宅と訪問先の往復）③HB→OB→SP→HB：ツアー型（自宅・勤務先の他の訪問先にを周回している：就業者）④HB→OB→SP→OB→SP→HB：OBツアー型（HBサイクル中にOBサイクルがある：就業者）⑤HB→SP→SP→HB：HBツアー型（自宅を中心に周回している）⑥HB→SP→HB→SP→HB：

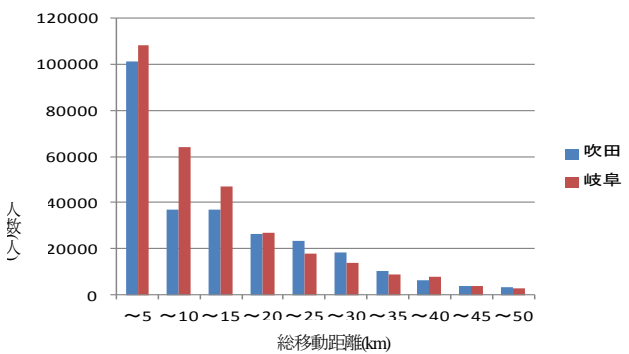


図4 交通行動者の総移動距離分布

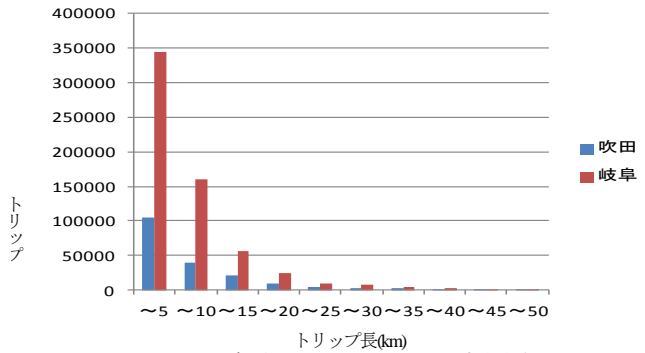


図5 自動車利用者のトリップ長分布

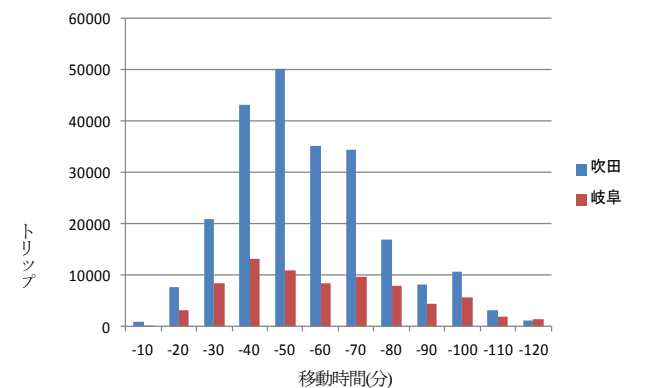


図6 公共交通機関利用者の移動時間分布

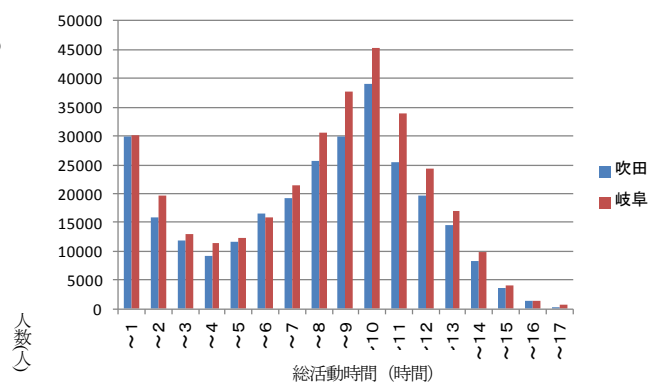


図7 都市移動者の総活動時間

HB複数サイクル型（帰宅してから再度行動している）⑦HB→SP：未完結サイクル型（自宅発着ではない）と形式を7種類にした。また、各移動における利用交通機関は徒歩・自転車・二輪車・自動車・公共交通機関を考慮する。OBピストン型、HBピストン型、HBツアー型、未

完結トリップ型はひとつの交通機関に分類する。ツアー型、OB ツアー型、HB 複数サイクル型はサイクルを基準に交通機関を分割して分析する。また、全パターンは70通りであり、吹田市58通り、岐阜市：62通りの交通行動パターンが出現した。

交通行動パターンは、都市活動と空間移動の形式的に対応しており、連続する都市活動の動向を考察することができる。表2に吹田市の代表的な交通行動パターンを示す(上位10位、全体の65.5%)。これより、公共交通機関を主要な交通機関とする場合は、徒歩・自転車などの交通機関においても、自宅から各訪問先を往復するピストン型が多数ある(上位10ケース中8ケース)。一部で自動車を利用した周遊型の交通行動パターンが存在するが(第8位)、必ずしも大きな割合とはいえない。

一方で、表3に岐阜市の代表的な交通行動パターンを整理した(上位10位、全体の80.6%)。本表より、上位の交通行動パターンは自動車利用を前提とした交通行動パターンとなっている。特に就業者では、自動車を通勤手段とするピストン型の行動が多数を占めている。また、自動車利用によって、追加的な訪問先を持つ交通行動パターンが計上されている(第2位・第3位)。これらの交通行動パターンより、自動車利用を含む交通行動では、周回型となる場合が多いことがわかる。

(2) 特徴的な交通パターンの抽出

ここでは、交通行動パターンに基づいて、都市環境に与える影響程度を算定する方法を考える。具体的には、空間移動に関して算定可能な持続可能性の評価指標を6つ取り上げ検討する。これらは、交通行動者の1日の都市活動・空間移動に関する評価を行うことに対応する。具体的な評価方法はつぎに示す。①都市空間移動量：交通行動者の1日の総移動距離を算定する。空間移動の範囲を表す。②都市空間移動時間：交通行動者の空間移動時間の総和を算定する。これは、交通に要する消費時間を計上している。③都市活動時間(全活動・自由活動)：交通行動者の都市活動に要した時間の総和を算定する。都市圏における個人のアクティビティの量を表現している。④二酸化炭素総排出量：交通行動者の伴うCO2排出量の総計を算定する。個人の空間移動に基づく環境負荷の基本量として算定する。なお、本指標は交通行動データ(移動距離)に環境負荷の程度を加えて算定する。すなわち、CO2排出量原単位は、自動車：175g・CO2/人・km、バス：53g・CO2/人・km、鉄道：19g・CO2/人・kmを用いる。⑤交通事故リスク：自動車移動者を対象に交通事故に合うリスクを算定する。これは人身事故件数に自動車移動者を割ったものである。直接的な事故のリスクを算出するとともに安全な都市交通環境を評価する。現時点では人身事故の発生件数のみを評価対象にしており、

表2 吹田市の代表的な交通行動パターン

No	トリップパターン	交通機関	トリップ数	構成比率
1	HB⇒OB⇒HB (ピストン型)	公共	59023	21.9%
2	HB⇒OB⇒HB (ピストン型)	徒歩	24806	8.8%
3	HB⇒SP⇒HB (ピストン型)	徒歩	20538	7.3%
4	HB⇒OB⇒HB (ピストン型)	自動車	16322	5.7%
5	HB⇒OB⇒SP⇒HB (ツアー型)	公共	14881	5.3%
6	HB⇒OB⇒HB (ピストン型)	自転車	13875	4.9%
7	HB⇒SP⇒HB (ピストン型)	自転車	10240	3.6%
8	HB⇒OB⇒SP⇒OB⇒SP⇒HB (ツアー型)	自動車	9026	3.2%
9	HB⇒SP⇒HB (ピストン型)	公共	7570	2.7%
10	HB⇒OB⇒HB (ピストン型)	二輪車	5933	2.1%

表3 岐阜市の代表的な交通行動パターン

No	トリップパターン	交通機関	トリップ数	構成比率
1	HB⇒OB⇒HB (ピストン型)	自動車	70392	21.3%
2	HB⇒SP⇒HB (ピストン型)	自動車	31739	9.6%
3	HB⇒SP⇒HB⇒SP⇒HB (複数サイクル型)	自動車	29235	8.9%
4	HB⇒SP⇒HB (ピストン型)	自動車	28345	8.6%
5	HB⇒OB⇒HB (ピストン型)	徒歩	23576	7.2%
6	HB⇒OB⇒HB (ピストン型)	公共	19836	6.0%
7	HB⇒OB⇒HB (ピストン型)	自転車	18783	5.4%
8	HB⇒SP⇒HB (ピストン型)	自動車	15688	4.8%
9	HB⇒OB⇒SP⇒OB⇒SP⇒HB (ツアー型)	自動車	14378	4.4%
10	HB⇒SP⇒HB (ピストン型)	徒歩	13842	4.2%

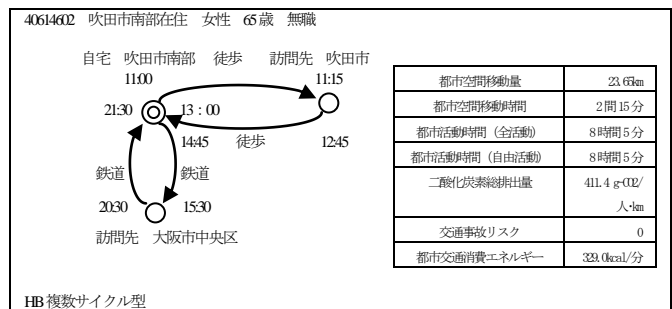


図8 交通行動パターンの例(高齢者：吹田市)

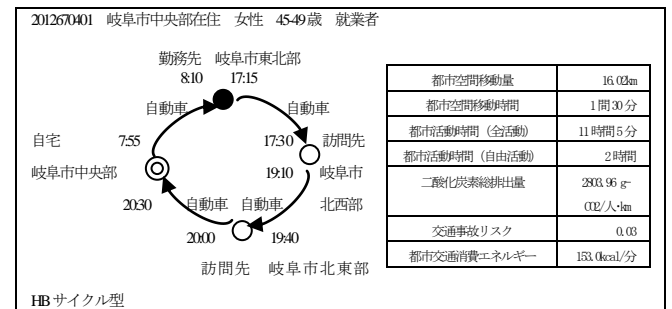


図9 交通行動パターンの例(就業者：岐阜市)

十分な指標評価ではない。⑥都市交通消費エネルギー：移動におけるカロリー消費量を算定する。本指標は交通行動データ(移動時間)にカロリー消費量の程度を加えて算定する。すなわち、カロリー消費原単位は、自動車：1.7kcal/分、鉄道・バス：2.19 kcal/分、自転車：14.5 kcal/分、徒歩3.3 kcal/分を用いる。また、また、都市圏の交通行動パターンの特徴的なものを取り上げる。低炭素社会に関して分析するために、各指標で都市を評価する。図8では吹田市では高齢者のHB複数サイクル型、図9では岐阜市では就業者のHBサイクル型を各評価指標において評価を行った。したがって、各評価

指標より個人の交通行動パターンの評価ができた。

5. 低炭素社会を目指した交通行動パターン評価

本章では、都市圏における交通行動形態より、低炭素社会に向けた考察を行う。このため評価指標を設定し、都市活動と交通行動の側面から低炭素社会を分析する。

(1) 交通行動からみた持続性可能指標

ここでは前章で用いた各評価指標を都市圏全域で分析する。公共交通機関移動中心社会(吹田市)と自動車移動中心社会(岐阜市)における低炭素社会の評価を行う。本研究の分析では、個人属性別(就業者・就学者・主婦・その他)と年齢属性(若年層・中年層・前期高齢層・後期高齢層)に分けて分析を行う。

今回の指標設定では移動時の消費カロリーを示した都市交通エネルギーや交通事故リスクなどの日常生活を考慮した指標づくりが不十分である。

平均的な交通行動者として、吹田市のCO₂排出量は岐阜市の2分の1程度である。交通行動者の属性から見ると、主婦における両都市間の相対的な相違が顕著である。

(2) 低炭素社会の交通行動

ここでは、各評価指標より低炭素社会の交通行動について述べる。本研究では低炭素社会の構築に向けて二酸化炭素総排出量の削減以外に、交通事故リスクや都市交通消費エネルギーなどの日常生活の質を評価指標を用いる。交通事故リスクでは都市交通の安全面、都市交通消費エネルギーは公共交通機関で快適な移動が行えているかを評価した。また、都市空間移動量や都市空間移動時間を削減することで効率的な移動が行え、環境負荷も低減が図られる。都市活動時間(自由活動)が増加することで、買い物や娯楽に使用できる時間が増え、豊かな生活である。したがって、公共交通中心の都市活動(吹田市)と自動車中心の都市活動(岐阜市)に関して、持続可能性の視点から評価した。これより、運輸交通面からの低炭素社会の形態を明確化した。

6. おわりに

本研究では、持続可能な低炭素社会の都市交通環境を具体化するため実証的な分析を行った。具体的には、吹田市・岐阜市における交通行動実態を整理するとともに、省エネルギーな低炭素社会に対応した評価指標を提案した。本研究の主要な成果は以下のように整理できる。

- 1) 都市圏の基本的な都市交通環境を議論するため、京阪神および中京圏のPT調査結果を利用した交通現象分析を行った。岐阜市では、自動車交通を中心とする都市交通環境が観察され、通勤交通等で

表4 吹田市に関する持続可能性評価(個人属性)

評価指標	就業者	就学者	主婦	その他
都市空間移動量(km)	21.0	12.7	8.6	9.4
都市空間移動時間(分)	99.5	68.3	50.9	66.0
都市活動時間(全活動)(分)	547.1	465.5	170.3	173.2
都市活動時間(自由活動)(分)	35.7	54.4	121.9	141.2
二酸化炭素総排出量(gCO ₂ /人・日)	1498	330	536	362
交通事故リスク	0.04	0.41	0.17	0.38
都市交通消費エネルギー(kcal)	1318.3	1309.9	1012.8	1143.6

表5 岐阜市に関する持続可能性評価(個人属性)

評価指標	就業者	就学者	主婦	その他
都市空間移動量(km)	21.3	11.6	10.6	8.6
都市空間移動時間(分)	82.5	62.8	53.2	54.8
都市活動時間(全活動)(分)	526.9	507.9	204.6	192.0
都市活動時間(自由活動)(分)	33.7	38.3	126.7	137.9
二酸化炭素総排出量(gCO ₂ /人・日)	2851	660	1272	996
交通事故リスク	0.03	0.30	0.13	0.24
都市交通消費エネルギー(kcal)	1110.5	1371.6	1012.5	1068.6

顕著傾向が得られた。また、都市圏の空間移動に関しては、都市鉄道利用の多い吹田市で、相対的に広範囲な交通行動が見られた。

- 2) 交通行動パターンを基本とした交通環境分析においても、主要な交通機関の影響が顕著であった。公共交通機関利用では、単純往復型(ピストン型)の空間移動が顕著であり(吹田市)、一方で自動車利用においては、複数ストップを周回する空間移動が顕著である(岐阜市)。
- 3) 都市圏の交通行動パターンから、都市圏の持続可能性を検討するための、具体的な評価指標を提案した。ここでは、非就業者・高齢者を中心に、都市圏間での二酸化炭素排出量が相違していることがわかる。したがって、低炭素社会を目指した都市圏の自由活動関連する交通環境に関する配慮が重要であることがわかった。

また、具体的な低炭素社会を目指した都市交通政策を検討行う必要がある。このため今後の検討課題として、①交通行動者の年齢層・就業状態等の個別属性を考慮

した環境負荷に関する詳細分析を実行する、②都市交通環境の相違に基づく実行可能な都市交通政策を整理する、③都市の都市活動と空間移動を一体的に考慮した低炭素社会の具体化について考察を行うことが挙げられる。

謝辞:最後に本研究を遂行するにあたり、資料収集に関して中京都市圏総合都市交通計画協議会のご協力を頂いた。ここに記し、感謝の意を表する次第である。

参考文献

- 1) 図1引用,くるくるプラザ 吹田市資源リサイクルセンターホームページ
http://www.informat.or.jp/kurukuru/01gaiyou/ga4_suitamap.htm
- 2) 図2引用,井ノ口弘明,彭易徳,秋山孝正:知的情報処理を利用した交通機関選択モデルの提案
- 3) 国土交通省交通政策審議会:運輸部門における温室効果ガス排出量等の推移,pp.1-9,2006.
- 4) 厚生労働省:第6次日本人の栄養所要量,1999
- 5) 北村隆一:ポストモータリゼーション,学芸出版社,2001
- 6) 京阪神都市圏交通計画協議会:第4回京阪神都市圏パーソントリップ調査
- 7) 中京都市圏総合交通計画協議会:第4回中京都市圏パーソントリップ調査
- 8) 秋山孝正,奥嶋政嗣:都市交通計画のためのファジィ交通手段選択モデルの構築,日本知能情報ファジィ学会誌, Vol.19, No.2, pp.176-188, 2007.
- 9) 秋山孝正,奥嶋政嗣:交通機関選択分析のためのファジィ決定木手法の比較検討,土木学会論文集 D, vol. 63, No. 2, pp.145-157, 2007.
- 10) 秋山孝正,奥嶋政嗣,和泉範之:マルチエージェント型ファジィ交通行動モデルの提案,土木計画学研究・論文集, Vol. 24, pp. 489-490, 2007.
- 11) 秋山孝正,奥嶋政嗣,北村隆一:都市活動に着目した鉄道駅とまちづくりに関する実証的分析,交通学研究/2007年研究年報(通巻51号), pp.99-108, 2008.
- 12) 秋山孝正,奥嶋政嗣:人工社会型都市モデルを用いたまちづくり政策の検討,土木計画学研究・論文集, Vol. 25, 2008.
- 13) 奥嶋政嗣,秋山孝正,北村隆一:高齢者の交通行動に着目した鉄道駅とまちに関する分析,交通学研究/2008年研究年報(通巻52号), pp.71-80, 2009.

(2012.5.7 受付)