

第5章 地域特性との関連分析

5.1 分析の考え方

5.1.1 基本的な考え方

作成された全国地方生活圏別のエネルギー消費量、CO₂排出量について、今後の都市構造、地域構造に係る施策検討の一助として、地域特性との関係等を探る。

基本的には交通部門・民生部門等の部門の別も考慮し、定住人口1人あたりCO₂排出原単位について、それと各種の地域特性がどのように関係しているかを定量的に分析した上で、回帰式を作成した。

以上を踏まえ、次ページに示す指標で分析を進めることとした。なお、単相関だけでなく、複数の指標をふまえた重相関をふまえ、「複数の指標の寄与」をある程度明らかにする。

5.1.2 検討指標

検討に際しては、過去のreviewやデータの入手可能性等をふまえ、分析用のデータセットを作成した。具体的な項目は下表の通り。

表5.1- 1 検討した項目

分野	指標	定義・出典等	対象部門			備考（分析視点等）
			民生	運輸	廃棄物	
人口・面積関連	人口規模（夜間人口）	圏域内定住人口（H12国勢調査）	○	○	○	
	夜間人口密度	夜間人口÷圏域面積	○	○	○	
	従業者人口密度	従業者（H12国勢調査）÷圏域面積	○	○	○	
	昼夜間人口比率	昼間人口÷夜間人口（いずれもH7国勢調査）	○	○	○	業務用活動量との関係
	DID人口	圏域内DID地区人口（H7国勢調査）	○	○		
	DID人口密度	DID人口÷DID面積（H7国勢調査）	○	○		都市の「コンパクトさ」との関係（職住近接の指標）
	DID人口比率	DID人口÷圏域人口（H7国勢調査）	○	○		
	DID面積比率	DID面積÷圏域面積（H7国勢調査）	○	○		
土地利用・住まい方	都市計画区域人口比率	都計区域内人口（都市計画年報）÷圏域人口	○	○		
	都市計画区域面積比率	都計区域内面積（都市計画年報）÷圏域面積	○	○		土地利用との関係（上記「コンパクトさ」とも関連）
	市街化区域人口比率	区域内人口（都市計画年報）÷圏域人口	○	○		
	市街化区域面積比率	区域内面積（都市計画年報）÷圏域面積	○	○		
	平均容積率	用途地域別の法定容積率の面積荷重平均	○			
	集合住宅世帯比率	集合住宅居住人口÷総人口（住宅土地統計）	○			
	世帯人員	世帯人員（国勢調査）	○		○	
	DID地区数	圏域内のDID地区数（H7国勢調査、目視）	○	○		都市の「多核性」との関係
	中心都市数	地方生活圏における中心都市の数	○	○		
	高齢化率	高齢化人口（H12国勢調査）÷圏域人口	○		○	高齢化との関係
	一人あたり所得	圏域内市町村民所得÷人口	○		○	生活水準との関係※
交通関連	一人あたり道路延長	道路交通センサス（暫定）、GISで計測		○		
	一人あたり道路面積	GISから計測		○		整備水準との関係
	平均道路幅員	GISから計測	○	○		
	一人あたり鉄道路線延長	鉄道統計年報、及び鉄道会社データ		○		
	平均速度	道路交通センサス対象地点の交通量荷重平均		○		交通状況との関係
	一人あたり自動車保有台数	自動車統計年報		○		
地理条件	起伏（高低差）	GISで計測		○		地形条件との関係
	平均気温	中心都市近傍のAMeDASデータより平年値	○	○		気候条件との関係
	デグリーデイ	中心都市近傍のAMeDASデータより計算	○			気候条件（冷暖房の必要性）との関係
	面積規模（面積）	圏域面積		○		平均移動距離との関係
	面積規模（可住地）	可住地＝圏域面積－森林・原野・湖沼		○		平均移動距離との関係
	地域形状（円形度）	圏域面積÷（ $\pi \times (\text{地域の長径} \div 2)^2$ ）		○		平均移動距離との関係

※より具体的かつエネルギー消費等と関係のある指標としては「エアコン普及率」等が考えられるが、地方生活圏毎のデータセットを作成するのは困難

5.2 回帰分析とその考察

5.2.1 回帰分析の考え方

ここまで整理されたように、CO₂排出原単位等については、民生における気温などの影響を除き、特定の変数が規定しているということではなく、むしろ各変数が少しずつ影響していることが示唆された。

そこで、以降では多変量解析を通じ、各々の影響を整理した。当てはめた回帰式は、CO₂排出原単位を被説明変数として、また説明変数としては前掲の表の各指標を対象とした。

その上で、回帰式の作成に際しては、被説明変数、説明変数とも正規、及び対数を取った上で、重回帰分析を行い、t値等による信頼性の確保、及び残差の検証を通じ問題がないことを確認した上で関数を採用した。

(設定の具体的手順)

①相関行列表の作成

- ・すべての変数を用いて相関行列表を作成する。

②変数形の仮決め

- ・各説明変数について、正規を採るか、対数を採るかについては、相関行列表における被説明変数（「原単位」「ln原単位」）との相関を見て、高いものを選択する。

③重回帰分析の実施と変数の第一次取捨選択

- a)まず、論理的な整合性をふまえた上で、相関の高い変数を用いて回帰を行う。
- b)次いで、回帰結果の残差をとった上で、それと他の変数との相関行列表を再作成する。
- c)a)と同様に、次の変数候補を選定、回帰を行う。
- d)こうした作業を何度かくり返した後、得られた関数について、残差の傾向を見る。残差が一定の傾向を持っているような場合は、ここまでの作業をくり返す。

④最終的な推定式の選定

①～③の手順で選定された線形、(片)対数線形各1つずつ(計2つ)の採用候補関数から、決定係数の高いものを選定する。両者に大きな差がない場合は、説明のしやすい線形のものを選ぶ。

以降に、こうした検討の結果について整理した。

5.2.2 民生部門

(1) 民生家庭

民生家庭に係るCO₂排出原単位と各指標の関係について分析したところ、単相関が卓越して高かったもの（rが0.8を超えていた）が平均気温である（下図）。

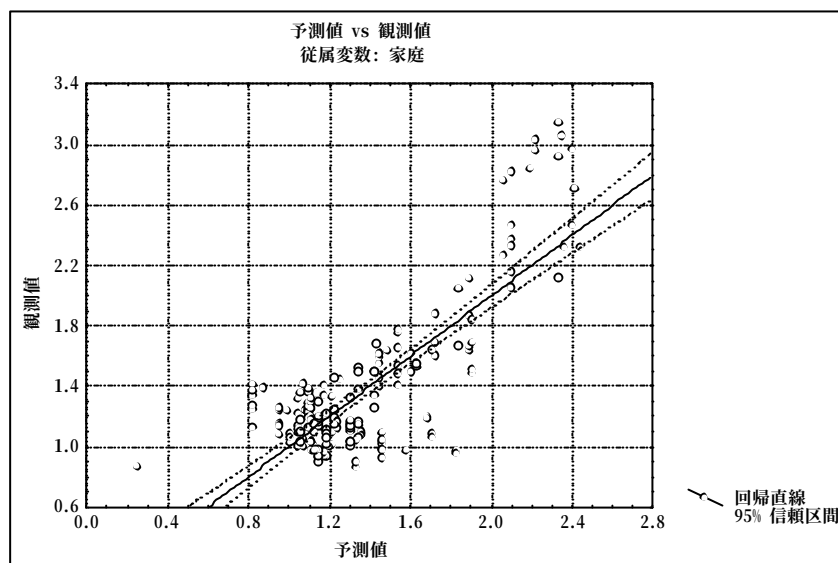


図5.2- 1 民生家庭と平均気温との関係

そこで、それ以外のものとして、気温との相関分を除き残差分析を行った結果、一戸建て比率、及び世帯人員との相関が高いことが分かった。この結果をふまえ重回帰分析を行った結果が次ページの図表である。なお、回帰式は下記のようにになっている。

$$\begin{aligned}
 & \text{〔民生部門家庭CO}_2\text{排出原単位 (t-CO}_2\text{/人) 〕} \\
 = & \quad -0.133 \times \text{〔平均気温 (℃) 〕} & (t\text{値} = -22.81) \\
 & \quad -0.639 \times \text{〔世帯人員 (人) 〕} & (t\text{値} = -9.07) \\
 & \quad +0.551 \times \text{〔戸建比率 (-) 〕} & (t\text{値} = 3.36) \\
 & \quad +4.78 & (t\text{値} = 24.75) \\
 & & (r^2 = 0.753)
 \end{aligned}$$

すなわち、ここでの統計解析の結果からは、家庭でのCO₂排出は、平均気温が高いほど、世帯人員が多いほど、戸建て住宅比率が低いほど、小さくなることが示されている。

表5.2- 1 回帰分析結果（民生家庭）

回帰 従属変数：家庭				
調整済R ² = .75268428				
F(3,191)=197.81 p<0.0000 推定値の標準誤差: .24221				
		標準誤差		
	係数	B	t(191)	p-値
切片	4.77781	0.193072	24.74627	0
気温	-0.13283	0.005823	-22.8128	0
一戸建	0.551389	0.164143	3.359203	0.000944
世帯人	-0.63889	0.070449	-9.06878	1.46E-16

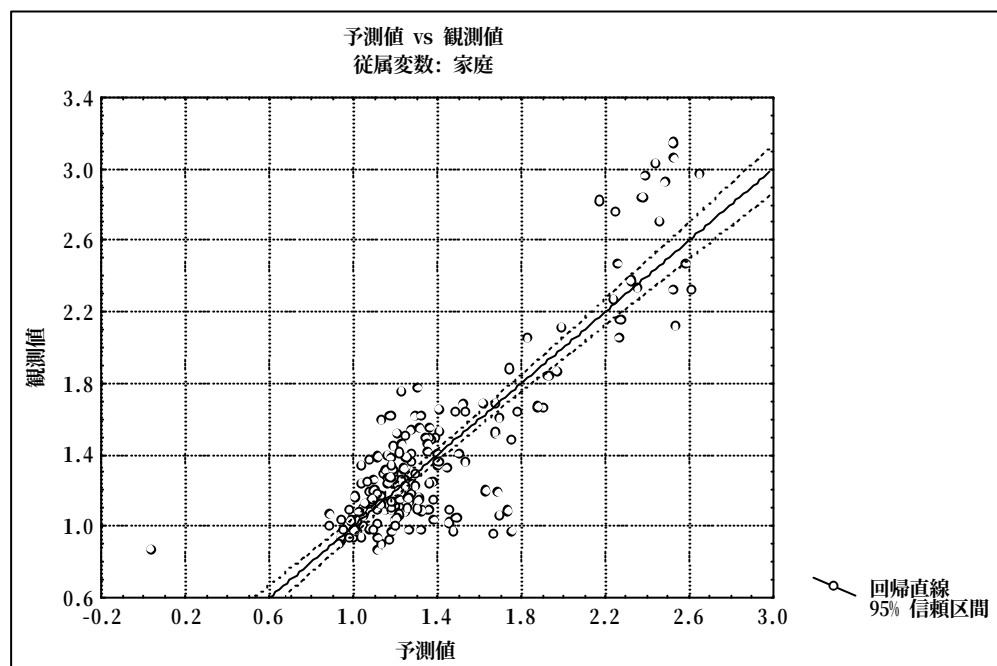


図5.2- 2 回帰分析結果（民生家庭）

(2) 民生業務

民生業務については、昼夜間人口比との相関が高かった ($r=0.74$)。両者の関係を下図に示す。

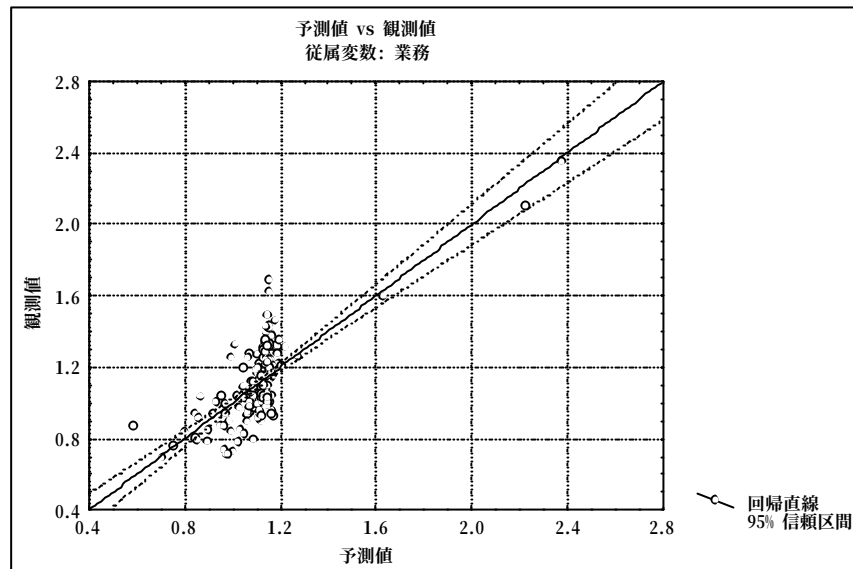


図5.2- 3 民生業務と昼夜間人口比との関係

そこで、民生家庭の場合と同様、昼夜間人口比を回帰した結果の残差と他の指標を比較分析した。その際、民生家庭の場合と同様に論理的にも影響の存在する気温との相関も他の指標とは独立した形で相対的に高かった ($r^2=0.3$ 程度) ことから、気温との関係は予め念頭においた。その結果、県庁所在都市ダミーや、観光地であることを反映する指標である交通量の休日・平日比率が影響を及ぼしていることが示唆された。こうした作業をふまえ、下記の回帰式が得られた。

$$\begin{aligned}
 & \text{[民生部門業務CO}_2\text{排出原単位 (t-CO}_2\text{/人)]} \\
 = & +2.45 \times \text{[昼夜間人口比 (-)]} & (t\text{値}=16.57) \\
 & +0.148 \times \text{[県庁都市ダミー]} & (t\text{値}= 7.22) \\
 & -0.0196 \times \text{[平均気温 (°C)]} & (t\text{値}=-6.64) \\
 & +0.254 \times \text{[休日・平日交通量比 (-)]} & (t\text{値}= 2.29) \\
 & -1.29 & (t\text{値}=-6.41) \\
 & & (r^2=0.699)
 \end{aligned}$$

すなわち、この統計解析の範囲においては、業務部門でのCO₂排出は、平均気温が低いほど、昼間人口が多いほど、県庁所在都市である方が、そして休日の交通量が相対的に大きい方が（観光地的性格が強い方が）大きくなることが示されている。

表5.2- 2 回帰分析結果（民生業務）

回帰 従属変数：業務				
調整済R ² = .69909746				
F(4,190)=113.68 p<0.0000 推定値の標準誤差: .11609				
	標準誤差			
	係数	B	t(190)	p-値
切片	-1.28508	0.20062	-6.40553	1.15E-09
昼夜人比	2.449907	0.147896	16.56502	1E-38
気温	-0.01962	0.002957	-6.63636	3.27E-10
交通休平	0.253831	0.110642	2.294153	0.022875
県庁都市	0.147521	0.020426	7.222246	1.2E-11

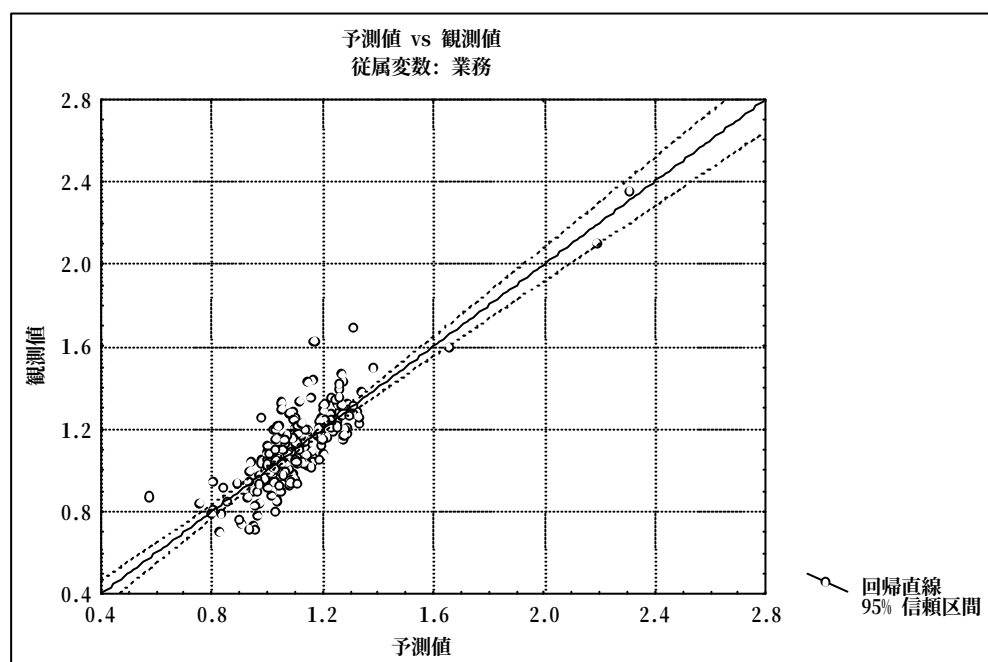


図5.2- 4 回帰分析結果（民生業務）

5.2.3 運輸部門

(1) 乗用車

乗用車に係るCO₂排出については、ここまでに整理した民生家庭、民生業務のように単相関で卓越した指標は見られなかった。その中で、相対的に r^2 の大きいものは、論理的にも関係の深い乗用車保有台数 ($r^2=0.475$) や休日・平日交通量比 ($r^2=0.46$) であった（下図にそれぞれとの散布図）。

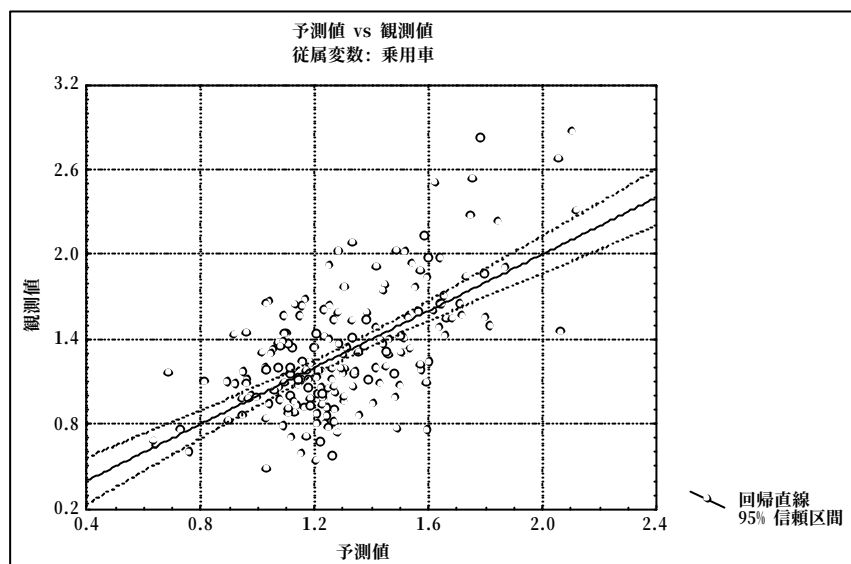


図5.2- 5 乗用車と保有台数との関係

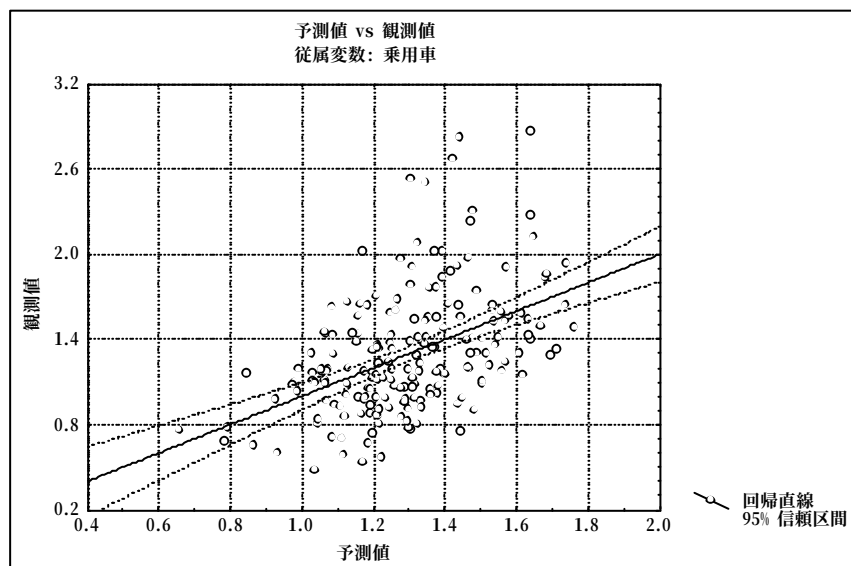


図5.2- 6 乗用車と休日・平日交通量比との関係

その上で、これらの影響を取り除いた残差を対象に分析を行った結果、これらに加え、サービス業の所得、及びDID人口比率の組み合わせでの関数が適合度が高いものとして採用された。関数形は以下の通りである。

〔運輸部門（乗用車）CO₂排出原単位（t-CO₂/人）〕

$$\begin{aligned}
 = & +4.16 \times [\text{一人あたり乗用車保有台数（台）}] & (t\text{値}=13.17) \\
 & +2.09 \times [\text{休日・平日交通量比（－）}] & (t\text{値}=9.74) \\
 & -0.661 \times [\text{DID人口比率（－）}] & (t\text{値}=-7.91) \\
 & +49.1 \times [\text{一人あたりサービス業所得（百万円）}] & (t\text{値}=6.52) \\
 & -2.42 & (t\text{値}=-9.33) \\
 & & (r^2=0.683)
 \end{aligned}$$

すなわち、この統計解析の範囲においては、都市における乗用車のCO₂排出は、保有台数が多いほど、DID人口比率が低いほど、休日の交通量が相対的に多いほど、そしてサービス業の所得が大きい（サービス業の活動が大きい）ほど、大きくなることが示されている。

なお、この結果を都市構造との関係で解釈すると、DID人口比率が高いコンパクトな都市が省エネルギー型の都市であるということが示唆される。

表5.2- 3 回帰分析結果（乗用車）

回帰 従属変数：乗用車				
調整済R ² = .68324799				
F(4,190)=105.62 p<0.0000 推定値の標準誤差: .24109				
		標準誤差		
	係数	B	t(190)	p-値
切片	-2.4244	0.259778	-9.33261	2.75E-17
人乗保有	4.157718	0.31568	13.17066	1.44E-28
DID人比	-0.66124	0.083604	-7.90923	2.07E-13
交通休平	2.090063	0.214584	9.74006	1.93E-18
人所サ	49.05653	7.525255	6.518919	6.22E-10

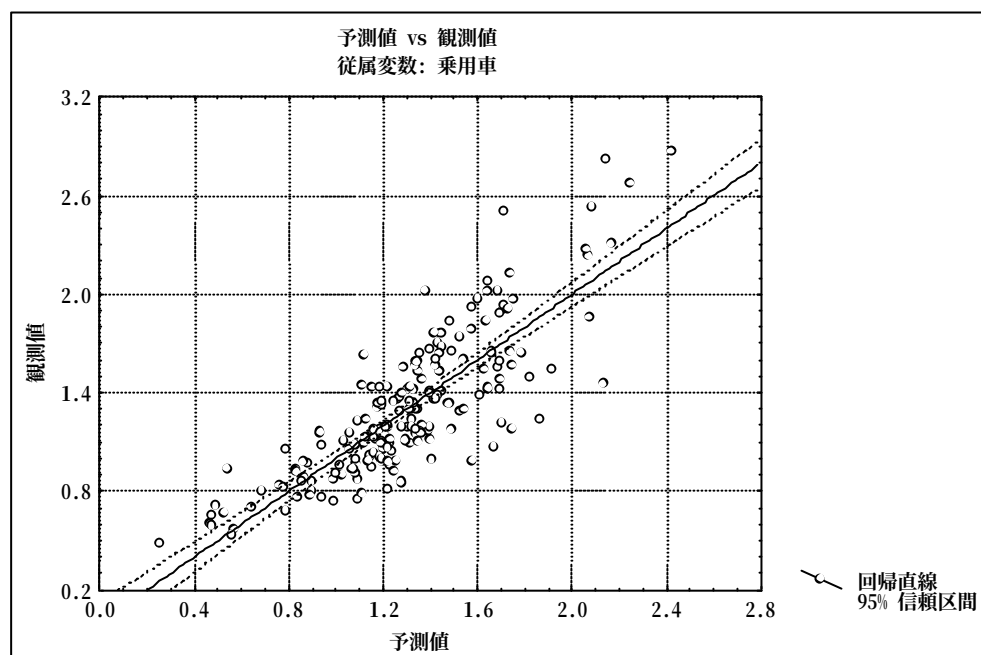


図5.2- 7 回帰分析結果（乗用車）

(2) 貨物車

貨物車に係るCO₂排出については、単相関ではほとんど関係を見出すことが出来なかったことから、乗用車での結果もふまえて、変数選択作業を行った。その結果、有意な変数としては、DID地域の人口密度やサービス業の所得、貨物車の保有台数、そして休日・平日交通量比等が抽出された。関数を以下に示す。

$$\begin{aligned} & \text{〔運輸部門（貨物車）CO}_2\text{排出原単位（t-CO}_2\text{/人）〕} \\ = & +47.4 \quad \times \text{〔一人あたりサービス業所得（百万円）〕} \quad (\text{t値} = 6.74) \\ & -0.0000830 \quad \times \text{〔DID人口密度（人/km}^2\text{）〕} \quad (\text{t値} = -6.52) \\ & +6.31 \quad \times \text{〔一人あたり貨物車保有台数（台）〕} \quad (\text{t値} = 5.45) \\ & +0.950 \quad \times \text{〔休日・平日交通量比（－）〕} \quad (\text{t値} = 3.99) \\ & -0.585 \quad \quad \quad (\text{t値} = -2.31) \\ & \quad \quad \quad (r^2 = 0.539) \end{aligned}$$

この結果によれば、都市における貨物車に係るCO₂排出は、保有台数が多いほど、休日の交通量が相対的に多いほど、サービス業の所得が大きい（サービス業の活動が大きいほど）、DIDの密度が低いほど、大きくなることが示されている。

これについて、都市構造との関係でみると、ここまでの議論同様DIDの人口密度が高いコンパクトな都市が省エネルギー型であるという解釈がここでも成り立つ。

表5.2- 4 回帰分析結果（貨物車）

回帰 従属変数：貨物車				
調整済 $R^2 = .53857969$				
F(4,189)=57.318 p<.00000 推定値の標準誤差: .26003				
		標準誤差		
	係数	B	t(189)	p-値
切片	-0.58466	0.253395	-2.30729	0.022122
DID人密	-8.3E-05	1.27E-05	-6.52065	6.22E-10
人所サ	47.38891	7.026487	6.744324	1.82E-10
人賃保有	6.306638	1.157396	5.448991	1.57E-07
交通休平	0.949707	0.238293	3.985459	9.61E-05

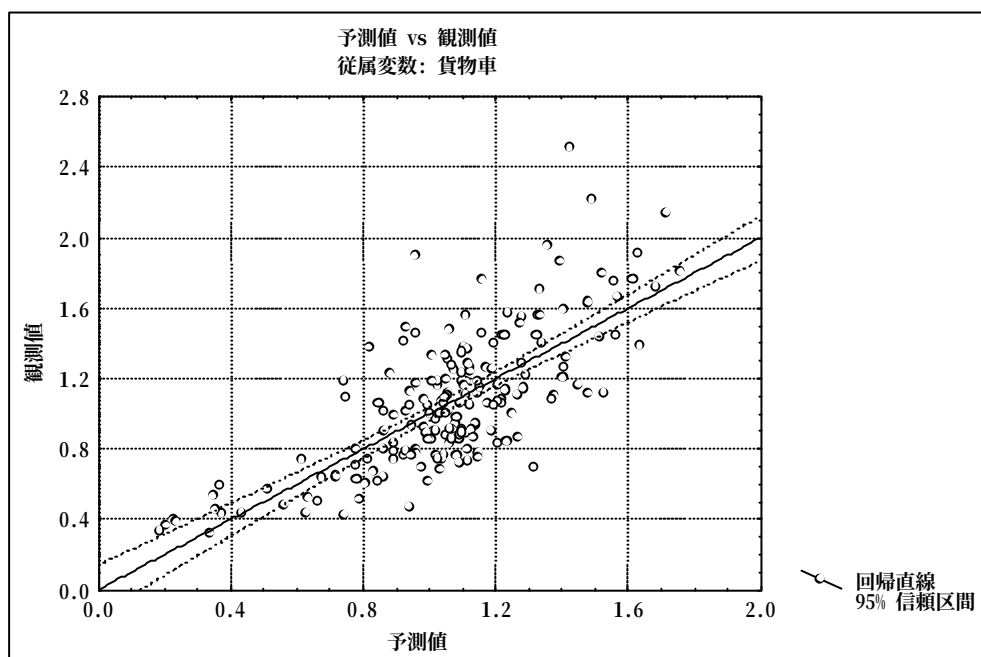


図5.2- 8 回帰分析結果（貨物車）

(3) バス

バスからのCO₂排出原単位については、ここまでの整理に比べても必ずしも明瞭な傾向は見られないが、その中で最も相関の高い指標は休日・平日交通量比であった ($r^2=0.299$)。

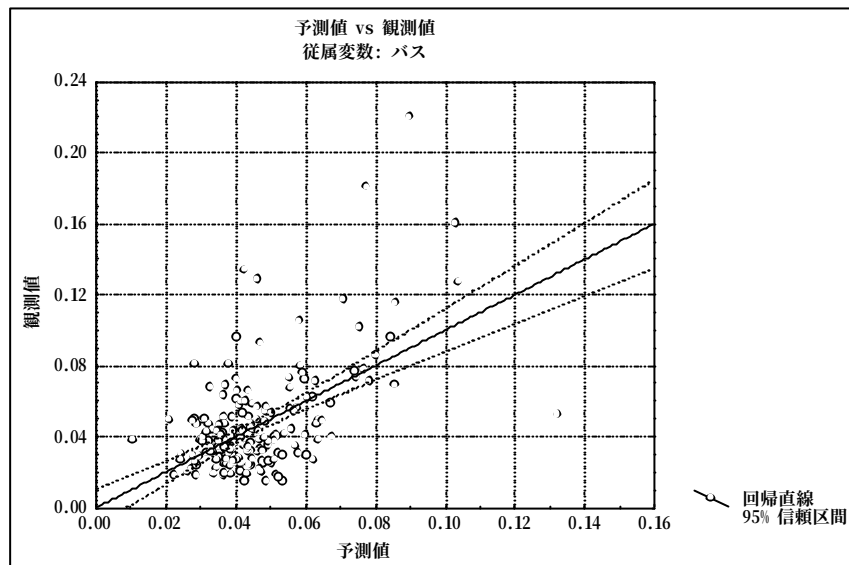


図5.2- 9 バスと休日・平日交通量比との関係

その上で、貨物車における結果もふまえて、変数選択作業を行った結果、有意な変数としては、貨物車と比較的類似した結果、すなわち休日・平日交通量比の他、サービス業の所得や乗用車の保有台数、そして鉄道の一人当たり運行本数等が抽出された。関数を以下に示す。

$$\begin{aligned}
 & \text{〔運輸部門（バス）CO}_2\text{排出原単位（t-CO}_2\text{/人）〕} \\
 & = +0.169 \quad \times \text{〔休日・平日交通量比（-）〕} \quad (t\text{値}= 8.76) \\
 & +4.51 \quad \times \text{〔一人あたりサービス業所得（百万円）〕} \quad (t\text{値}= 7.69) \\
 & +0.0877 \quad \times \text{〔一人あたり乗用車保有台数（台）〕} \quad (t\text{値}= 3.26) \\
 & +0.0429 \quad \times \text{〔一人あたり鉄道運行本数（本／人）〕} \quad (t\text{値}= 2.97) \\
 & -0.206 \quad (t\text{値}=-9.64) \\
 & \quad \quad \quad (r^2=0.489)
 \end{aligned}$$

この結果によれば、都市におけるバスに係るCO₂排出は、休日の交通量が相対的に多いほど、サービス業の所得が大きい（サービス業の活動が大きい）ほど、乗用車の保有台数が多いほど、そして一人当たりの鉄道の運行本数が多いほど、大きくなることが示されている。

これについて、休日交通量は観光バスの影響を推測することもできるが、こうした関係は必ずしも根拠のあるものではなく、今後の検討が必要である。

表5.2- 5 回帰分析結果（バス）

回帰 従属変数：バス				
調整済R ² = .48939856				
F(4,190)=47.486 p<.00000 推定値の標準誤差: .02057				
	標準誤差			
	係数	B	t(190)	p-値
切片	-0.20644	0.021	-9.642	0.000
人所サ	4.508231	0.587	7.685	0.000
人乗保有	0.087699	0.027	3.258	0.001
人鉄道本	0.042869	0.014	2.974	0.003
交通休平	0.168986	0.019	8.763	0.000

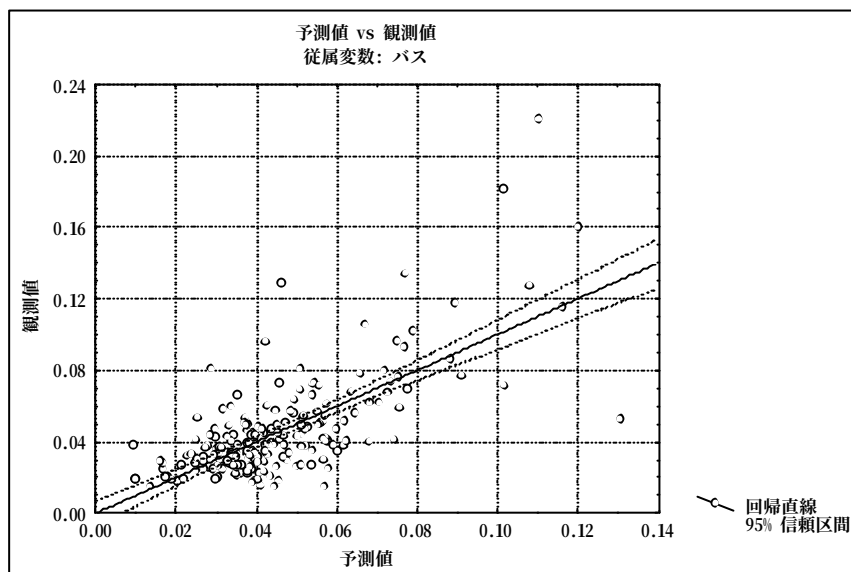


図5.2- 10 回帰分析結果（バス）

(4) 鉄道

鉄道は、旅客鉄道の在来線と新幹線の合計値を分析の対象とした。

鉄道に係るCO₂排出については、ここまでに整理したものに比べ各種の指標の単相関が著しく低かった（例として下図に論理的に関係のある鉄道ストックとの関係を整理）。

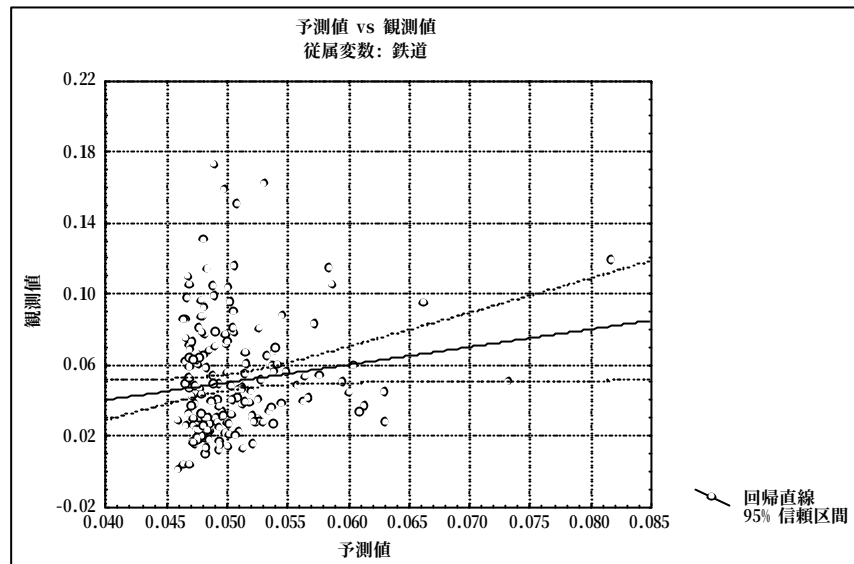


図5.2- 11 鉄道と鉄道ストックとの関係

その上で、これらの影響を取り除いた残差を対象に分析を行った結果、一人あたりの所得額、新幹線の通過の有無、そしてDID人口比率の組み合わせでの関数が適合度が高いものとして採用された。関数形は以下の通りである。

$$\begin{aligned}
 & \text{〔交通部門（鉄道）CO}_2\text{排出原単位（t-CO}_2\text{/人）〕} \\
 = & +0.0463 \times \text{〔新幹線の有無（－）〕} & (t\text{値}=11.09) \\
 & +0.0324 \times \text{〔一人あたり鉄道延長（km）〕} & (t\text{値}= 6.99) \\
 & +0.0302 \times \text{〔一人あたり所得（円）〕} & (t\text{値}= 3.05) \\
 & -0.0240 \times \text{〔DID人口比率（－）〕} & (t\text{値}=-2.47) \\
 & -0.00418 & (t\text{値}=-0.37) \\
 & & (r^2=0.491)
 \end{aligned}$$

すなわち、この統計解析の範囲においては、鉄道のCO₂排出は、ストックが多いほど、DID人口比率が低いほど、新幹線が通過している方が、そして所得の大きいほど大きくなることが示されている。

表5.2- 6 回帰分析結果（鉄道）

回帰 従属変数：鉄道				
調整済R ² = .49081762				
F(4,181)=45.582 p<.00000 推定値の標準誤差: .02234				
	標準誤差			
	係数	B	t(181)	p-値
切片	-0.00418	0.011376	-0.36737	0.71377
DID人比	-0.02403	0.009736	-2.46785	0.014522
人所得額	0.030206	0.009919	3.045229	0.002672
人鉄道延	0.032352	0.004626	6.994156	4.99E-11
新幹線	0.046274	0.004173	11.0901	3.86E-22

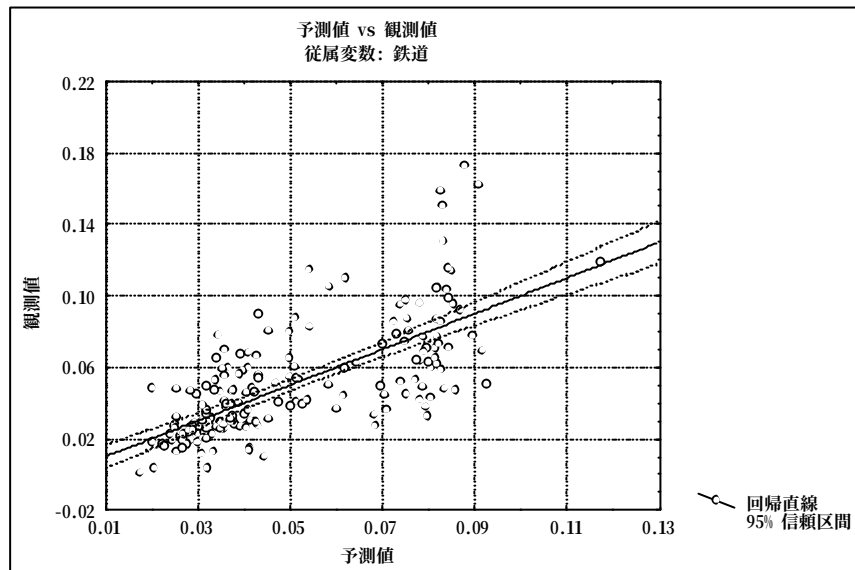


図5.2- 12 回帰分析結果（鉄道）

5.2.4 廃棄物部門（参考）

廃棄物部門に係るCO₂排出量については、他のケースと比べ、各指標との相関が小さかった。この理由等としては、前述したように焼却処分か埋め立て処分かによって推計値が大きく左右されることが考えられたことから、これを示す指標である焼却処分率（焼却処分量／総処分量）を別途指標として分析に加えることとした。焼却処分率との単相関を下図に示す（ $r^2=0.365$ ）。

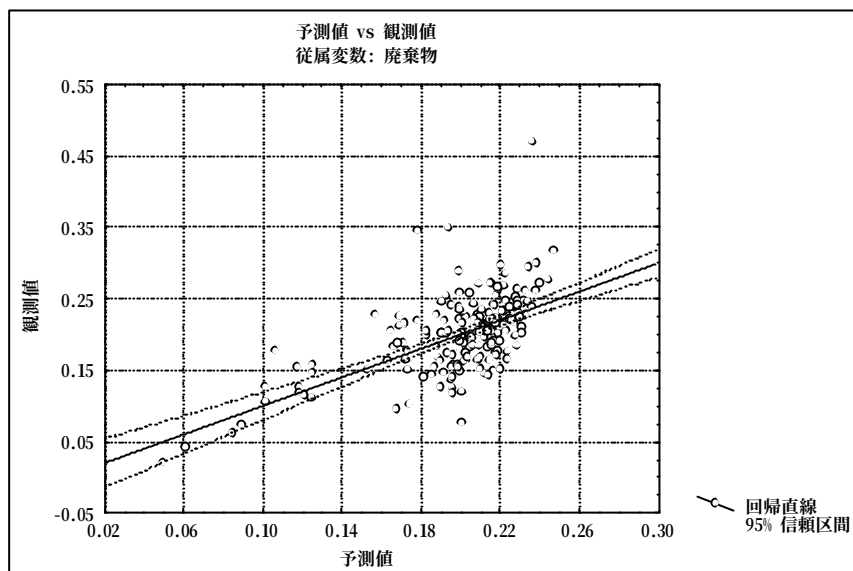


図5.2- 13 焼却処分率との関係

その上で、この影響を取り除いた残差を対象に分析を行った結果、世帯人員、及びDID人口密度を変数とする関数が適合度の高いものとして採用された。関数形は以下の通りである。

[廃棄物部門CO₂排出量原単位]

$$\begin{aligned}
 &= 0.213 \quad \times [\text{焼却処分率 (一)}] \quad (t\text{値} = 11.5) \\
 &+ 0.0000103 \quad \times [\text{DID人口密度 (人/km}^2\text{)}] \quad (t\text{値} = 5.80) \\
 &- 0.0486 \quad \times [\text{世帯人員 (人)}] \quad (t\text{値} = -5.26) \\
 &+ 0.140 \quad (t\text{値} = 4.79)
 \end{aligned}$$

($r^2=0.606$)

この式からは、焼却処分率を考慮した上で、世帯人員が少ないほど、そしてDIDの人口密度が高いほど、廃棄物焼却処分に起因するCO₂排出量が大きくなることが示されている。

表5.2- 7 回帰分析結果（廃棄物）

回帰 従属変数：廃棄物				
調整済R ² = .60554486				
F(3,190)=99.761 p<.00000 推定値の標準誤差: .03352				
		標準誤差		
	係数	B	t(190)	p-値
切片	0.139697	0.029137	4.794462	3.28E-06
DID人密	1.03E-05	1.77E-06	5.797035	2.77E-08
世帯人	-0.04858	0.009234	-5.2613	3.84E-07
廃焼却率	0.213039	0.018472	11.53342	1.14E-23

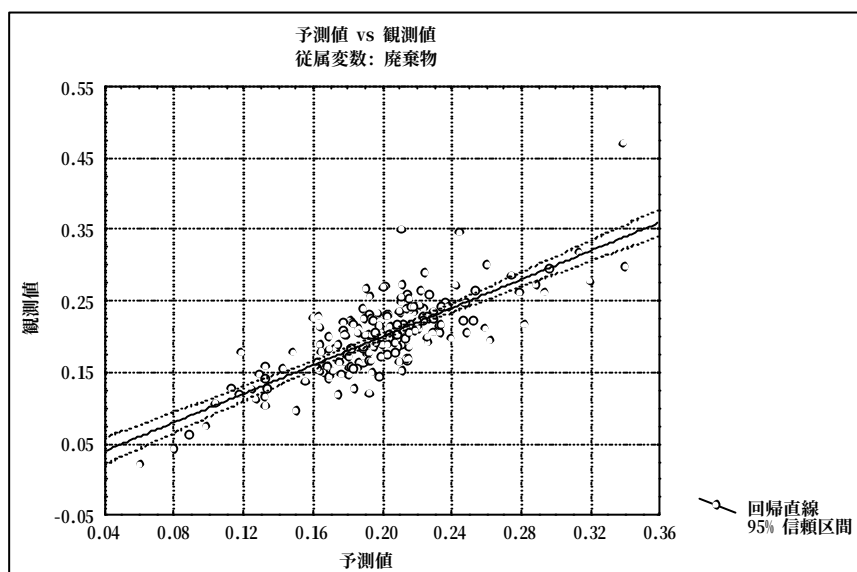


図5.2- 14 回帰分析結果（廃棄物）