

ペット関連消費の需要関数の推定

中條友理

はじめに

データについて

支出額についてのデータは、総務省『家計調査』の年報から、所得階級別品目別データを収集している。

最大限に得られるデータは、1987 年からであるが、一部のデータについては途中からしか得られていない。

その状況は次の表に掲載している通りである。

表1 『家計調査』のデータの利用可能な年次と変数名

費目	データ収録開始年	コード内の変数名
所得階級	1987 年-2023 年	YClass
集計乗率	1987 年-2023 年	w
世帯人員数	1987 年-2023 年	m
有業人員数	1987 年-2023 年	mw
世帯主の年齢	1987 年-2023 年	age
18 歳未満の人数	1995 年-2023 年	u18
65 歳以上の人数	1995 年-2023 年	o64
持ち家率	1995 年-2023 年	r_own
家賃・地代を支払っている割合	1995 年-2023 年	r_ten
消費支出計	1987 年-2023 年	TC
教養娯楽費	1987 年-2023 年	X09
教養娯楽用品	1987 年-2023 年	X092
教養娯楽サービス	1987 年-2023 年	X094
ペットフード	1995 年-2023 年	PetFood
他の愛玩動物・同用品	1995 年-2023 年	PetGoods
動物病院代	2005 年-2023 年	PetHospital

費目	データ収録開始年	コード内の変数名
他の愛玩動物関連サービス	2015 年-2023 年	PetSv
宿泊費	1987 年-2023 年	AccomSv
パック旅行費	1987 年-2023 年	PackTour
国内パック旅行費	1995 年-2023 年	PackTourDom
海外パック旅行費	1995 年-2023 年	PackTourAbr
交際費	1987 年-2023 年	SocialExp
贈与金	1987 年-2023 年	MoneyGifts
他の交際費	1987 年-2023 年	OthSExp
つきあい費	1987 年-2023 年	Tsukiai
(交際費のうち)住宅関係負担費	1995 年-2023 年	SExpHousing
(交際費のうち)他の負担金	1995 年-2023 年	SExpOth

『家計調査』年報に掲載されている所得階級別の品目別消費額には、数量と価格も記載される費目があるが、上記の費目には数量と価格が記載されている費目はなかった。時系列データを利用するので、名目金額は価格指数で割り引いた実質評価で分析の方が効用関数の中に入る変数の数量としては適当である。そのため価格指数を集めなければならない。そのためには『家計調査』と同じ総務省統計局の集計している『消費者物価指数』の 2020 年基準の指数を利用することにした。この資料もすべての観察年について利用可能とは限らない。そのため収録情報年が次の表にまとめてある。

(1) ペットフードの価格指数は、犬用と猫用にわかれていて、犬用は 1987 年から存在するが、猫用は 1995 年からしか存在しない。犬用のペットフードの価格指数を基本に考えて、1995 年から猫用と犬用の加重平均を計算して対応する。ペットフードの消費金額そのものも 1995 年からしか存在しないので、ペットフードの価格指数を考える場合には、犬用と猫用の加重平均とする。

(1) パック旅行費の価格指数はないので、航空旅行の価格指数と宿泊料の価格指数の平均とする。

(2) 交際費、贈与金の価格指数もないので、総合消費者物価指数で代用する。

(3) 他の交際費の価格指数もないので、その他の諸雑費の価格指数で代用する。

(4) つきあい、(交際費の)その他の負担金の価格指数は、その他の教養娯楽サービスの価格指数で代用する。

(5) (交際費の)住宅関連費の価格指数は、その他の教養娯楽用品の価格指数で代用する。

表2 消費者物価指数』の利用可能年次と変数名

費目	収録年	Code 内の変数名
総合	1987 年-2023 年	p_TC
教養娯楽	2005 年-2023 年	p_X09
教養娯楽用品	1995 年-2023 年	p_X092
教養娯楽サービス	1987 年-2023 年	p_X094
ペットフード(犬)	1987 年-2023 年	p_PetFood
ペットフード(猫)	1995 年-2023 年	p_PetFood_cat
動物病院代	2000 年-2023 年	p_PetHospital
ペットトイレ用品	1987 年-2023 年	p_PetGoods
ペットケアサービス	2015 年-2023 年	p_PetCare
宿泊料	1987 年-2023 年	p_AccomSv
パック旅行費(航空旅行費+宿泊料)/2	1987 年-2023 年	p_PackTour
国内パック旅行費	2012 年-2023 年	p_PackTourDom
海外パック旅行費	1987 年-2023 年	p_PackTourAbr
交際費(総合価格指数で代用)	1987 年-2023 年	p_SocualExp
贈与金(総合価格指数で代用)	1987 年-2023 年	p_MoneyGifts
他の交際費(その他の諸雑費で代用)	1987 年-2023 年	p_OthSExp
つきあい(その他の教養娯楽費サービスで代用)	1987 年-2023 年	p_Tsukiai
住宅関連費(その他の教養娯楽費用品で代用)	1987 年-2023 年	p_SExpHousing
他の負担金(その他の教養娯楽費関連サービスで代用)	1987 年-2023 年	p_SExOth
消費税ダミー1989 年以降 1	1987 年-2023 年	T1989
消費税ダミー1997 年以降 1	1987 年-2023 年	T1997
消費税ダミー2014 年以降 1	1987 年-2023 年	T2014

データの基本統計量

『家計調査』で利用可能なデータ系列は4つある。ただし、ペットフードとペット用品については1995年からデータがあるが、動物病院代は2005年から、ペット関連サービスは2015年からしか収集されていない。

全支出額の中でも割合がどのような推移になっているか表示してみる。

```
i_01=which((Data$Yclass==200) & (Data$year>1994) )
i_02=which((Data$Yclass==225) & (Data$year>1994) )
i_03=which((Data$Yclass==275) & (Data$year>1994) )
i_04=which((Data$Yclass==325) & (Data$year>1994) )
i_05=which((Data$Yclass==375) & (Data$year>1994) )
i_06=which((Data$Yclass==425) & (Data$year>1994) )
i_07=which((Data$Yclass==475) & (Data$year>1994) )
i_08=which((Data$Yclass==525) & (Data$year>1994) )
i_09=which((Data$Yclass==575) & (Data$year>1994) )
i_10=which((Data$Yclass==625) & (Data$year>1994) )
i_11=which((Data$Yclass==675) & (Data$year>1994) )
i_12=which((Data$Yclass==725) & (Data$year>1994) )
i_13=which((Data$Yclass==775) & (Data$year>1994) )
i_14=which((Data$Yclass==850) & (Data$year>1994) )
i_15=which((Data$Yclass==950) & (Data$year>1994) )
i_16=which((Data$Yclass==1125) & (Data$year>1994) )
i_17=which((Data$Yclass==1375) & (Data$year>1994) )
i_18=which((Data$Yclass==1500) & (Data$year>1994) )

t_1995=which(Data$year==1995)
t_2000=which(Data$year==2000)
t_2005=which(Data$year==2005)
t_2010=which(Data$year==2010)
t_2015=which(Data$year==2015)
t_2020=which(Data$year==2020)
t_2023=which(Data$year==2023)

r_PetFood=Data$PetFood/Data$TC
r_PetGoods=Data$PetGoods/Data$TC

r_Hospital=Data$PetHospital/Data$TC
r_PetSv=Data$PetSv/Data$TC
```

所得階層別ペットフードの消費割合

年収200万円以下の階層は、黒い細線、年収225万円の階層は、赤い細線、年収275万円の階層は、緑の細線で、高所得者層は太い線で表示している(表参照)。

時系列のペットフードの全消費支出に対する比率を計算したものである。

表3 時系列グラフの凡例：所得階層と線の種類

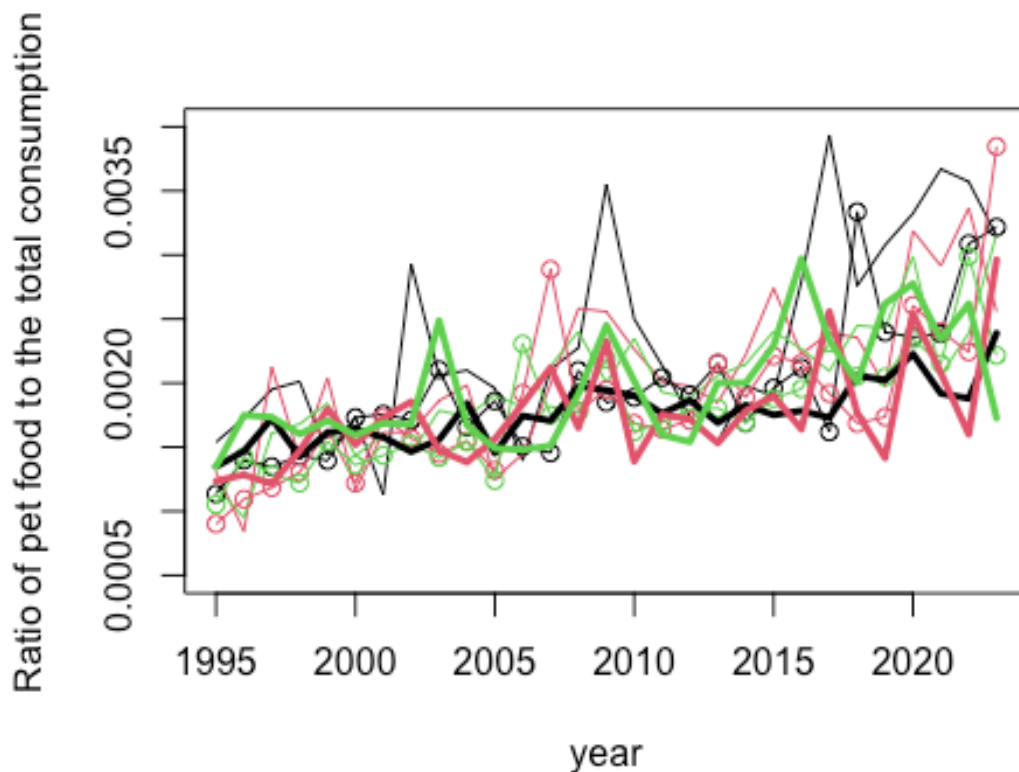
所得階層	グラフの線の色
200 万円未満	細い黒
200～250 万円	細い赤
250～300 万円	細い緑
600～650 万円	ドット付細い黒
650～700 万円	ドット付細い赤
700～750 万円	ドット付細い緑
1000～1250 万円	太い黒
1250～1500 万円	太い赤
1500 万円以上	太い緑

全体的に上昇傾向にはあるが，所得階層別に思ったほど消費構成に違いが見られるわけではなかった。

```
plot(Data$year[i_01],r_PetFood[i_01],type="l",col=1,ylim=c(0.0005,0.004),
xlab="year",ylab="Ratio of pet food to the total consumption")
lines(Data$year[i_02],r_PetFood[i_02],type="l",col=2)
lines(Data$year[i_03],r_PetFood[i_03],type="l",col=3)
# lines(Data$year[i_04],r_PetFood[i_04],type="l",col=4)
# lines(Data$year[i_05],r_PetFood[i_05],type="l",col=5)

lines(Data$year[i_10],r_PetFood[i_10],type="o",col=1,lwd=1)
lines(Data$year[i_11],r_PetFood[i_11],type="o",col=2,lwd=1)
lines(Data$year[i_12],r_PetFood[i_12],type="o",col=3,lwd=1)

lines(Data$year[i_16],r_PetFood[i_16],type="l",col=1,lwd=3)
lines(Data$year[i_17],r_PetFood[i_17],type="l",col=2,lwd=3)
lines(Data$year[i_18],r_PetFood[i_18],type="l",col=3,lwd=3)
```



同じ現象は、所得階層別のグラフでも確認できる。

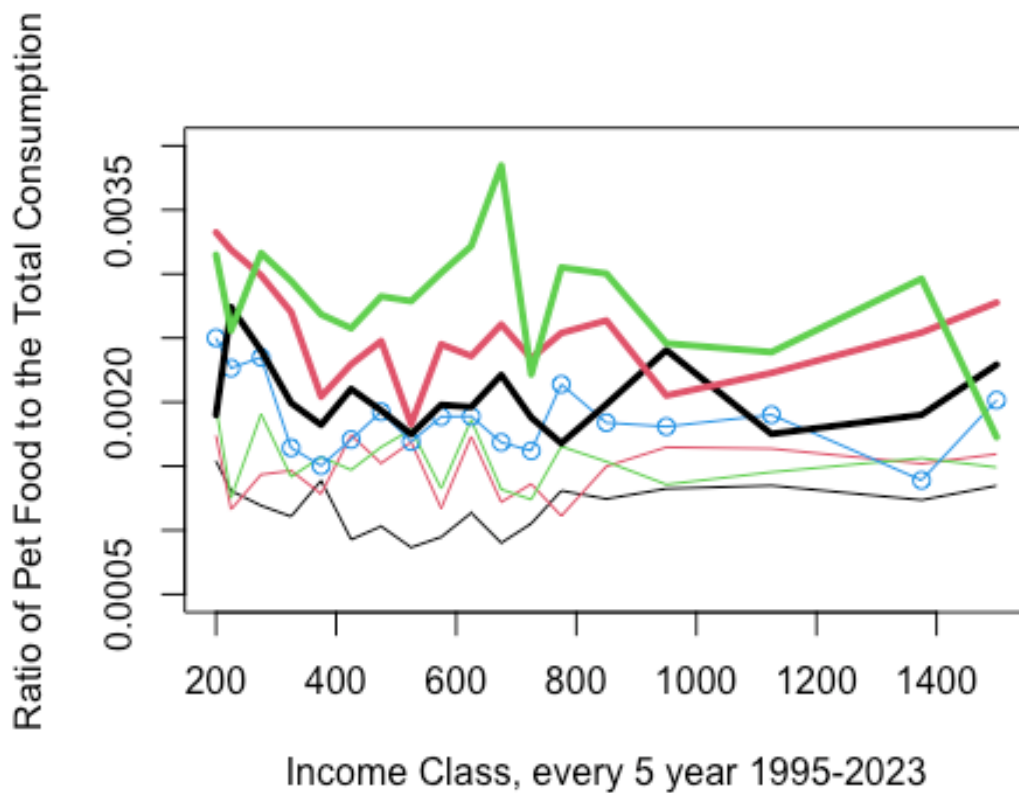
所得階層が高所得家計であるほど全体に占めるペットフードの割合は上昇するかと思っただ、そのような傾向は見られなかった。下の図の緑の太線はほぼ横ばいに見えるので、所得階層が上昇しても消費に占めるペットフードの割合は目立った上昇は見られない。消費金額自体は所得階層が高所得ほど大きいので、割合が同じでもペットフードの金額は所得が上がると上昇することは確認できる。

各所得階層で、最近年(太線の黒、赤、緑)になって消費割合が上昇してきていることがわかる。

表4 所得階層別グラフの凡例：調査年と線の種類

年	グラフ線	年	グラフ線
1995	細い黒	2015	太い黒
2000	細い赤	2020	太い赤
2005	細い緑	2023	太い緑

```
plot(Data$Yclass[t_1995],r_PetFood[t_1995],type="l",col=1,ylim=c(0.0005,0.004),xlab="Income Class, every 5 year 1995-2023",ylab="Ratio of Pet Food to the Total Consumption")
lines(Data$Yclass[t_2000],r_PetFood[t_2000],type="l",col=2)
lines(Data$Yclass[t_2005],r_PetFood[t_2005],type="l",col=3)
lines(Data$Yclass[t_2010],r_PetFood[t_2010],type="o",col=4)
lines(Data$Yclass[t_2015],r_PetFood[t_2015],type="l",col=1,lwd=3)
lines(Data$Yclass[t_2020],r_PetFood[t_2020],type="l",col=2,lwd=3)
lines(Data$Yclass[t_2023],r_PetFood[t_2023],type="l",col=3,lwd=3)
```



所得階層別ペット関連用品の消費割合

年収 200 万円以下の階層は、黒い細線、年収 225 万円の階層は、赤い細線、年収 275 万円の階層は、緑の細線で、高所得者層は太い線で表示している(上の表 3 参照).

時系列のペット関連商品の全消費支出に対する比率を計算したものである.

```
plot(Data$year[i_01],r_PetGoods[i_01],type="l",col=1,ylim=c(0.0005,0.0045),xlab="year",ylab="Ratio of pet goods to the total consumption")
```

```

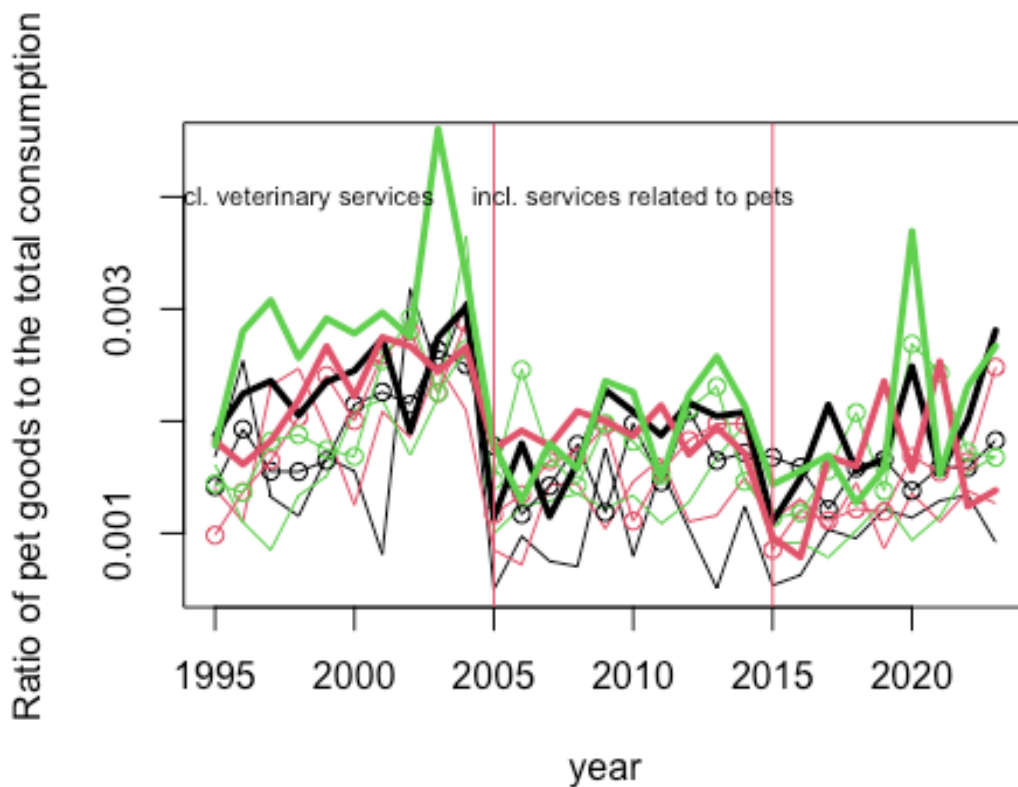
lines(Data$year[i_02],r_PetGoods[i_02],type="l",col=2)
lines(Data$year[i_03],r_PetGoods[i_03],type="l",col=3)
# lines(Data$year[i_04],r_PetGoods[i_04],type="l",col=4)
# lines(Data$year[i_05],r_PetGoods[i_05],type="l",col=5)

lines(Data$year[i_10],r_PetGoods[i_10],type="o",col=9,lwd=1)
lines(Data$year[i_11],r_PetGoods[i_11],type="o",col=10,lwd=1)
lines(Data$year[i_12],r_PetGoods[i_12],type="o",col=11,lwd=1)

lines(Data$year[i_16],r_PetGoods[i_16],type="l",col=1,lwd=3)
lines(Data$year[i_17],r_PetGoods[i_17],type="l",col=2,lwd=3)
lines(Data$year[i_18],r_PetGoods[i_18],type="l",col=3,lwd=3)

abline(v=2005,col=2)
abline(v=2015,col=2)
# text(2000,0.004,"動物病院代含む",family="")
# text(2010,0.004,"ペット関連サービス含む",family="")
text(2010,0.004,"incl. services related to pets",cex=0.7)
text(1998,0.004,"incl. veterinary services",cex=0.7)

```



ペット関連用品(「他の愛玩動物・同用品」)は 2005 年のところで断層が見られる。これは、2004 年までの「他の愛玩動物・同用品」および「他の教養娯楽用品」には「動物病院代」を含むためである。2005 年以降は、「動物病院代」は別掲されている。さらに、2014 年までの「他の愛玩動物・同用品」には、「他の愛玩動物関連サービス」を含む。ということで、このデータは長期で分析する場合には、「動物病院代」と「他の愛玩動物関連サービス」を合計したペット関連の用品・サービスすべての支出が含まれたデータ系列を扱う必要がある。

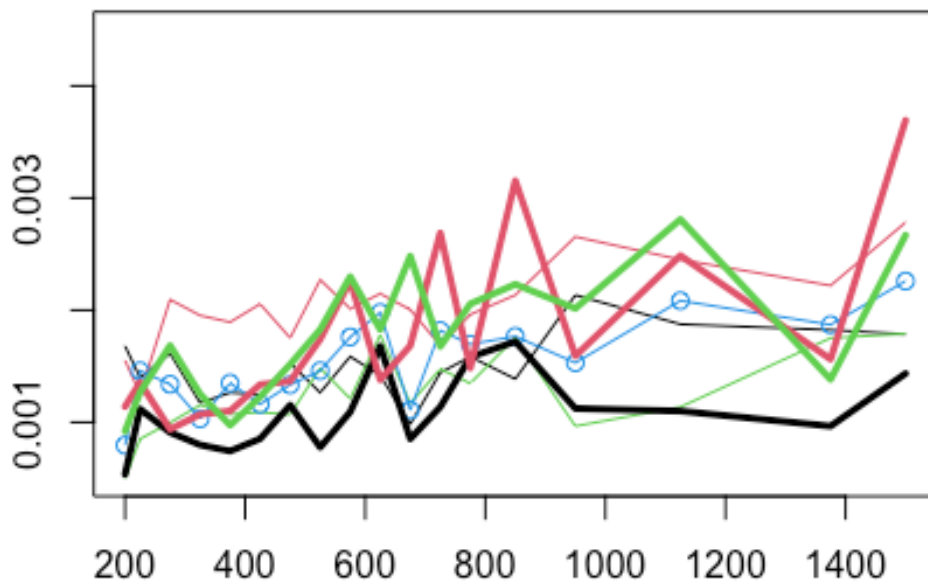
ペット関連の支出の中の項目別の消費構成を分析する場合には、2015 年以降のデータを用いることになる。

データの概念が同じ期間では、構成比は上昇している様に観察できる。

所得階層別の推移を見ると 2015 年(黒い太線)から 2020 年(赤い太線)に移行するときには、大きく上にシフトしているが、2020 年以降は変化が見られない。

```
plot(Data$Yclass[t_1995],r_PetGoods[t_1995],type="l",col=1,ylim=c(0.0005,0.0045),xlab="Income Class, every 5 year 1995-2023",ylab="Ratio of Pet Goods to the Total Consumption")
lines(Data$Yclass[t_2000],r_PetGoods[t_2000],type="l",col=2)
lines(Data$Yclass[t_2005],r_PetGoods[t_2005],type="l",col=3)
lines(Data$Yclass[t_2010],r_PetGoods[t_2010],type="o",col=4)
lines(Data$Yclass[t_2015],r_PetGoods[t_2015],type="l",col=1,lwd=3)
lines(Data$Yclass[t_2020],r_PetGoods[t_2020],type="l",col=2,lwd=3)
lines(Data$Yclass[t_2023],r_PetGoods[t_2023],type="l",col=3,lwd=3)
```

Ratio of Pet Goods to the Total Consumption



Income Class, every 5 year 1995-2023

```
j_01=which((Data$Yclass==200) & (Data$year>=2005) )
j_02=which((Data$Yclass==225) & (Data$year>=2005) )
j_03=which((Data$Yclass==275) & (Data$year>=2005) )
j_04=which((Data$Yclass==325) & (Data$year>=2005) )
j_05=which((Data$Yclass==375) & (Data$year>=2005) )
j_06=which((Data$Yclass==425) & (Data$year>=2005) )
j_07=which((Data$Yclass==475) & (Data$year>=2005) )
j_08=which((Data$Yclass==525) & (Data$year>=2005) )
j_09=which((Data$Yclass==575) & (Data$year>=2005) )
j_10=which((Data$Yclass==625) & (Data$year>=2005) )
j_11=which((Data$Yclass==675) & (Data$year>=2005) )
j_12=which((Data$Yclass==725) & (Data$year>=2005) )
j_13=which((Data$Yclass==775) & (Data$year>=2005) )
j_14=which((Data$Yclass==850) & (Data$year>=2005) )
j_15=which((Data$Yclass==950) & (Data$year>=2005) )
j_16=which((Data$Yclass==1125) & (Data$year>=2005) )
j_17=which((Data$Yclass==1375) & (Data$year>=2005) )
j_18=which((Data$Yclass==1500) & (Data$year>=2005) )

k_01=which((Data$Yclass==200) & (Data$year>=2015) )
```

```

k_02=which((Data$Yclass==225) & (Data$year>=2015) )
k_03=which((Data$Yclass==275) & (Data$year>=2015) )
k_04=which((Data$Yclass==325) & (Data$year>=2015) )
k_05=which((Data$Yclass==375) & (Data$year>=2015) )
k_06=which((Data$Yclass==425) & (Data$year>=2015) )
k_07=which((Data$Yclass==475) & (Data$year>=2015) )
k_08=which((Data$Yclass==525) & (Data$year>=2015) )
k_09=which((Data$Yclass==575) & (Data$year>=2015) )
k_10=which((Data$Yclass==625) & (Data$year>=2015) )
k_11=which((Data$Yclass==675) & (Data$year>=2015) )
k_12=which((Data$Yclass==725) & (Data$year>=2015) )
k_13=which((Data$Yclass==775) & (Data$year>=2015) )
k_14=which((Data$Yclass==850) & (Data$year>=2015) )
k_15=which((Data$Yclass==950) & (Data$year>=2015) )
k_16=which((Data$Yclass==1125) & (Data$year>=2015) )
k_17=which((Data$Yclass==1375) & (Data$year>=2015) )
k_18=which((Data$Yclass==1500) & (Data$year>=2015) )

```

所得階層別動物病院代の消費割合

動物病院代は，2005 年から得られるデータ系列である．

時系列的な推移を見ると，明らかにどの所得階層でも消費に占める割合が上昇していることがわかる．

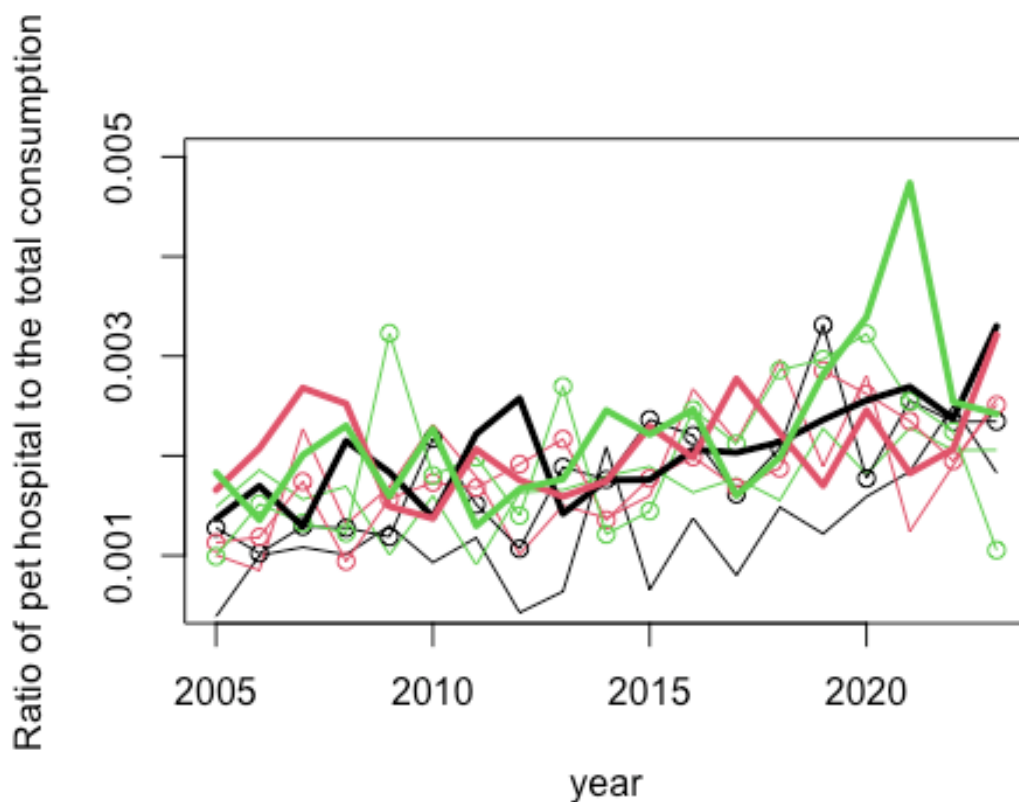
```

plot(Data$year[j_01],r_Hospital[j_01],type="l",col=1,ylim=c(0.0005,0.005),
xlab="year",ylab="Ratio of pet hospital to the total consumption")
lines(Data$year[j_02],r_Hospital[j_02],type="l",col=2)
lines(Data$year[j_03],r_Hospital[j_03],type="l",col=3)
# lines(Data$year[j_04],r_Hospital[j_04],type="l",col=4)
# lines(Data$year[j_05],r_Hospital[j_05],type="l",col=5)

lines(Data$year[j_10],r_Hospital[j_10],type="o",col=1,lwd=1)
lines(Data$year[j_11],r_Hospital[j_11],type="o",col=2,lwd=1)
lines(Data$year[j_12],r_Hospital[j_12],type="o",col=3,lwd=1)

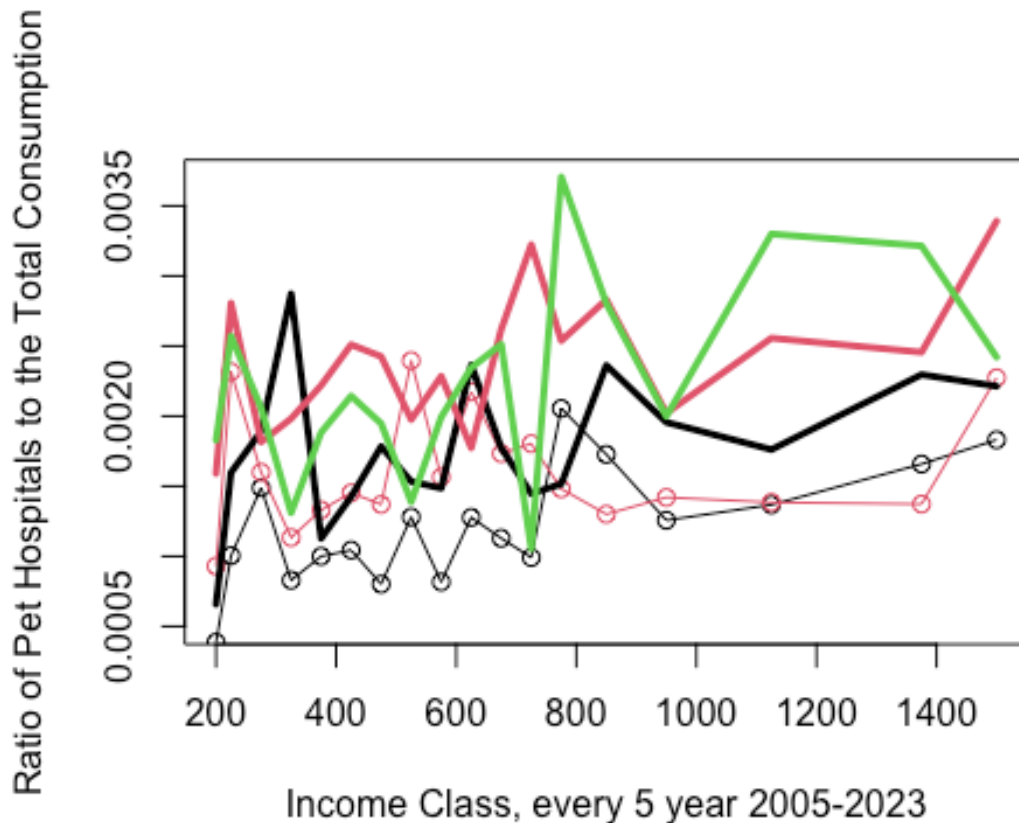
lines(Data$year[j_16],r_Hospital[j_16],type="l",col=1,lwd=3)
lines(Data$year[j_17],r_Hospital[j_17],type="l",col=2,lwd=3)
lines(Data$year[j_18],r_Hospital[j_18],type="l",col=3,lwd=3)

```



所得階層別に時系列的な動きを見ても、ほぼ同じ現象が観察できる．太い黒線は2015 年，太い赤線は2020 年，太い緑線は2023 年である．特に年間所得が800 万円以上の所得階層では年々動物病院代の構成比が上昇する傾向がはっきりしている．

```
plot(Data$Yclass[t_2005],r_Hospital[t_2005],type="o",col=1,ylim=c(0.0005,
0.0037),xlab="Income Class, every 5 year 2005-2023",ylab="Ratio of Pet Ho
spitals to the Total Consumption")
lines(Data$Yclass[t_2010],r_Hospital[t_2010],type="o",col=2)
lines(Data$Yclass[t_2015],r_Hospital[t_2015],type="l",col=1,lwd=3)
lines(Data$Yclass[t_2020],r_Hospital[t_2020],type="l",col=2,lwd=3)
lines(Data$Yclass[t_2023],r_Hospital[t_2023],type="l",col=3,lwd=3)
```



所得階層別ペット関連サービス支出の消費割合

この論文で主な分析の対象であるペット・シッターの需要は、このペット関連サービス支出が該当する費目である。『家計調査』でこのデータが取れるのは 2015 年以降の 8 年間のみである。

時系列的な推移を見ると、8 年間で動物病院代の支出割合が増加したような顕著な増加傾向にあるとは言えない。

ただし、2020 年以降 4 年間は、太い赤線の所得階層では支出の構成比は上昇傾向にあることがわかる。

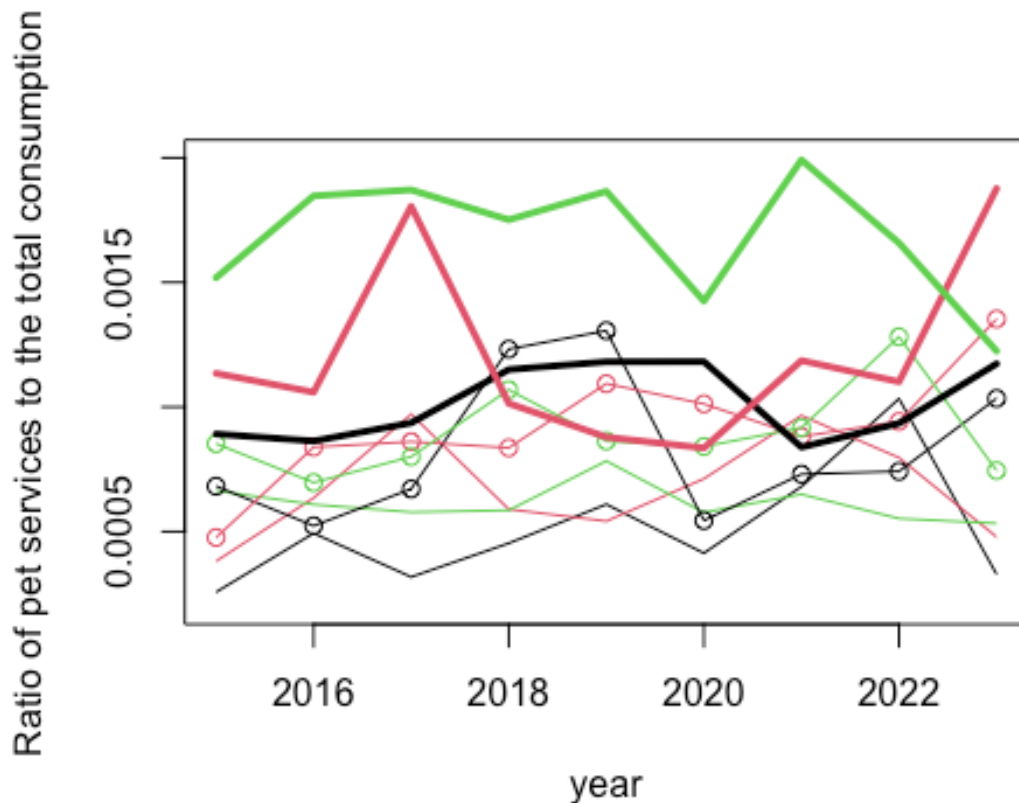
```
plot(Data$year[k_01],r_PetSv[k_01],type="l",col=1,ylim=c(0.0002,0.002),xlab="year",ylab="Ratio of pet services to the total consumption")
lines(Data$year[k_02],r_PetSv[k_02],type="l",col=2)
lines(Data$year[k_03],r_PetSv[k_03],type="l",col=3)
# lines(Data$year[k_04],r_PetSv[k_04],type="l",col=4)
# lines(Data$year[k_05],r_PetSv[k_05],type="l",col=5)
```

```

lines(Data$year[k_10],r_PetSv[k_10],type="o",col=1,lwd=1)
lines(Data$year[k_11],r_PetSv[k_11],type="o",col=2,lwd=1)
lines(Data$year[k_12],r_PetSv[k_12],type="o",col=3,lwd=1)

lines(Data$year[k_16],r_PetSv[k_16],type="l",col=1,lwd=3)
lines(Data$year[k_17],r_PetSv[k_17],type="l",col=2,lwd=3)
lines(Data$year[k_18],r_PetSv[k_18],type="l",col=3,lwd=3)

```



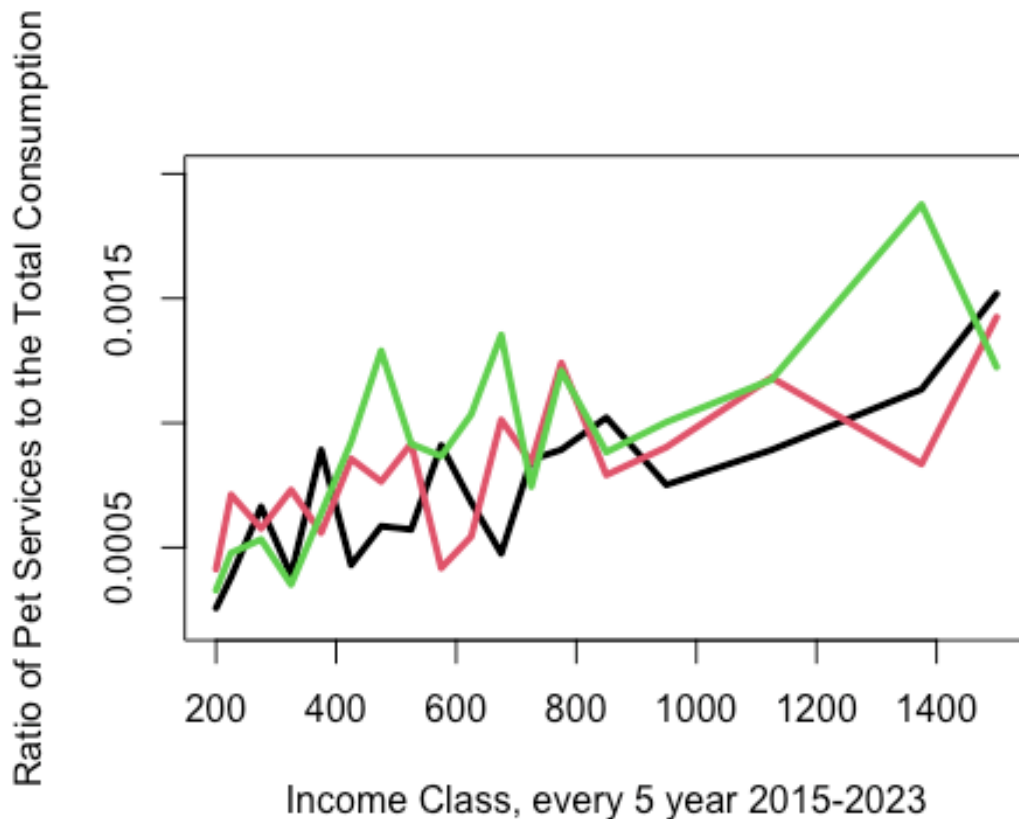
所得階層別の推移を見ると，明らかにどの年次を見ても，所得階層が高い方が支出に占めるペット関連サービスの構成比は上昇していることがわかる．

ペット関連サービスは，高所得者向けのサービスであるといえるだろう．

```

plot(Data$Yclass[t_2015],r_PetSv[t_2015],type="l",col=1,lwd=3,ylim=c(0.0002,0.002),xlab="Income Class, every 5 year 2015-2023",ylab="Ratio of Pet Services to the Total Consumption")
lines(Data$Yclass[t_2010],r_PetSv[t_2020],type="l",col=2,lwd=3)
lines(Data$Yclass[t_2023],r_PetSv[t_2023],type="l",col=3,lwd=3)

```



ペット関連サービスとペットシッター需要の注意点

ペット関連サービスには、動物病院代を除いても、しつけ・トレーニング料とペットホテル・ペットシッターの利用料が含まれている。ペット関係のより詳細なデータは、アニコム・ホールディングの『家庭どうぶつ白書』に掲載されている。しかし、調査期間が2010年から2014年と、2016年以降と飛び飛びになっており、調査対象もアニコム損保に加入者にインターネット・アンケートを行ったもので、ペットも犬と猫に限られている。

限定的ではあるが、さらに詳細は費目について分析する場合には参考になる。

支出品目に対応する価格指数について

『家計調査』には対応する価格指数として、『消費者物価指数』が調査されている。その費目は『家計調査』の集計費目と異なることもあるが、ほぼ対応していると考えられる。

ペットフード(犬)とペットトイレ用品については、1987 年から価格指数が調べられているので、これは『家計調査』のペットフードとペット関連用品に対応するものと考えてよい。

『家計調査』では、ペットフードは 1995 年からの収録になるので、ペット関連用品・サービスも他の愛玩動物・同用品と同じく 1995 年からの系列しか得られていない。

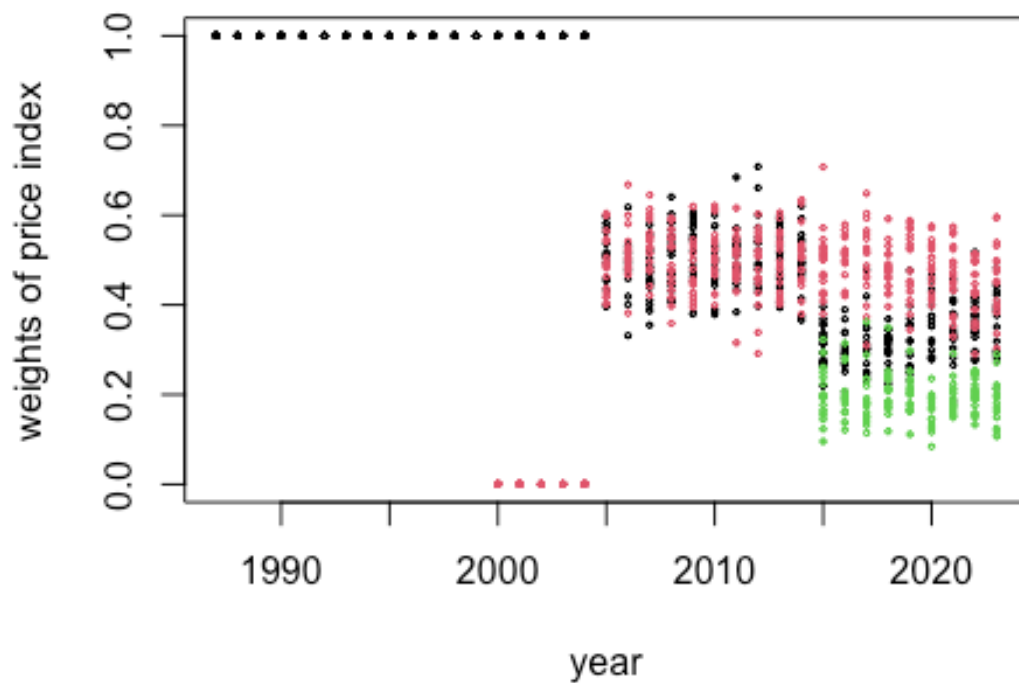
ペット関連用品については、2004 年までと 2014 年までのデータは動物病院代とペット関連サービスが含まれているので、ペットトイレ用品以外の価格指数が得られれば良いが、これは入手できない。さらに消費金額もわからないため、ウェイトはゼロとなる。

```
Pet_GdsSvs=Data$PetGoods+Data$PetHospital+Data$PetSv
Pet_GdsSvs[is.nan(Pet_GdsSvs)]=1
w_PG=Data$PetGoods/Pet_GdsSvs ; w_PG[is.nan(w_PG)]=1
w_PH=Data$PetHospital/Pet_GdsSvs; w_PH[is.nan(w_PH)]=0
w_PS=Data$PetSv/Pet_GdsSvs; w_PS[is.nan(w_PS)]=0
p_PetGS=p_x$p_PetGoods*w_PG+p_x$p_PetHospital*w_PH+p_x$p_PetCare*w_PS
```

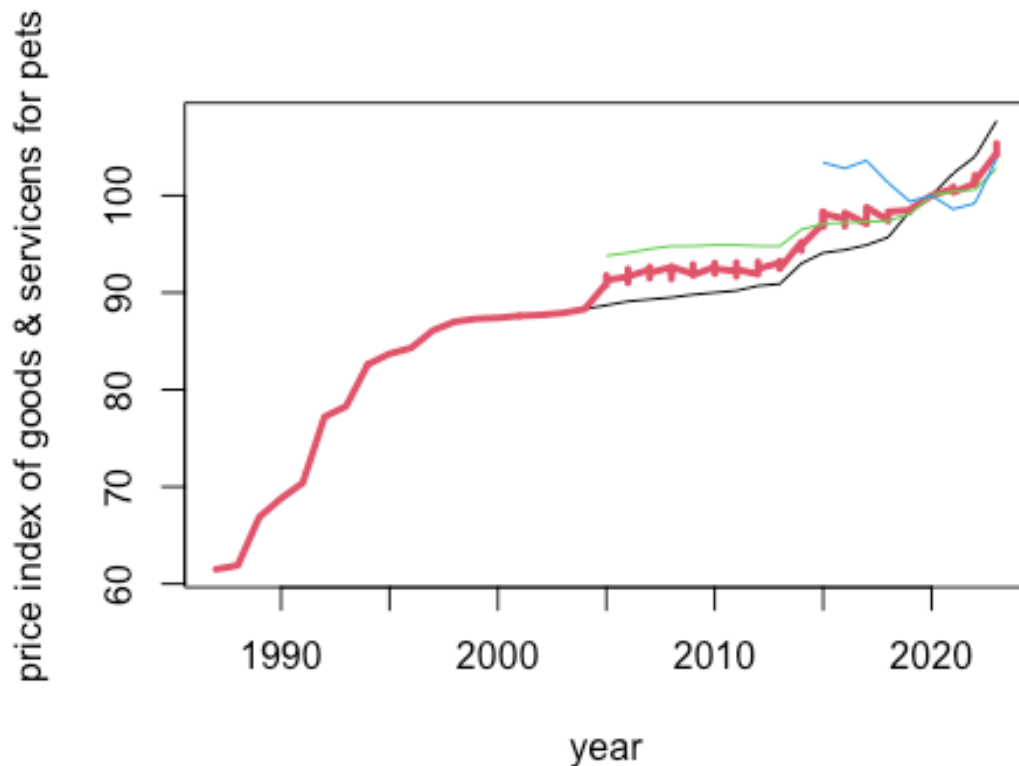
作成したペット関連財・サービスの価格指数に利用したウェイトの推移と、利用した価格指数の推移は次のグラフに示したとおりである。

```
n=length(p_x$Year)

plot(p_x$Year,w_PG,cex=0.3,ylim=c(0,1),xlab="year",ylab="weights of price index")
points(p_x$Year[t_2000[1]:n],w_PH[t_2000[1]:n],cex=0.3,col=2)
points(p_x$Year[t_2015[1]:n],w_PS[t_2015[1]:n],cex=0.3,col=3)
```



```
plot(p_x$Year,p_x$p_PetGoods,type="l",col=1,xlab="year",ylab="price index
of goods & servicens for pets",lwd=1)
lines(p_x$Year,p_PetGS,col=2,lwd=3)
lines(p_x$Year[t_2005[1]:n],p_x$p_PetHospital[t_2005[1]:n],col=3)
lines(p_x$Year[t_2015[1]:n],p_x$p_PetCare[t_2015[1]:n],col=4)
```



分析手法について

データのところで説明したように長期時系列 x 所得階層別の擬似パネルデータを使うペット関連財・サービスの需要関数の推定と、より詳細なペット費目の推定、特にペット関連サービス需要の推定を中心に分析モデルを構成することになる。

モデルに考慮すべき想定される状況をまとめておくことにする。

ペット関連サービスの中で、ペットホテルやペットシッターの需要は、旅行するときに利用する場合が多いものと考えられる。特に海外旅行の場合にペットの持ち出しの手続きは煩雑なので、ペットシッターを利用することが多いだろう。ペットホテルでは比較的短期間の国内旅行に利用することが多いのではないか。ここではそのような状況を念頭に置いて、モデルに表現することを考える。

所得が低い場合には、ペットシッターに預けたり、ペットホテルを利用することの追加的な費用を節約するためにペットを飼っている場合には旅行はしないという行動もある。ペット関連サービスと旅行のセットに対して、所得の効果が強く

働く．その一方でペットフードに対する需要は旅行とはほぼ関係のない独立な需要であるものと考えられる．

犬をペットとして飼っている場合には，犬を通じた友人や知り合いとの付き合いが増えることも想定される．そこで「つきあい費用」との補完性も考えられる．この影響は所得の高低にかかわらず発生するだろう．

このような 2 つの財・サービスの間の関係の推定をいくつか繰り返して代替の弾力性を推定して確かめる方法が最も単純な分析である．

2 つの財・サービスの間の関係を比較的柔軟に推定する方法としては，CES 型の関数を使った推定やより伸縮的な AIDS 型の支出関数やその拡張形がよく利用されている (Deaton, 1986 および Blundell and Stoker, 2005, 2007)．

これらの関数形全てについて，上記の 2 つの財・サービスの組み合わせを行うと多くの推定を行うことになる．2 財の場合には，1 財は予算制約から従属となるので，1 財のみの推定が中心となる．

CES 関数の推定について

CES 効用関数(集計関数)の式は次のようなものである．この式の展開は，どの場合でも同じルーティンの手続きである．

x_1 と x_2 の組み合わせは表のとおりである．

変数の組み合わせ: 注) 国内パック旅行の価格指数は 2012 年からである．それ以前は宿泊費を使っている．

$x_2 \setminus x_1$	ペットフード	ペット関連用品	ペット関連サービス	動物病院代
宿泊費	1995-2023	1995-2023	2015-2023	2005-2023
旅行パック	1995-2023	1995-2023	2015-2023	2005-2023
国内パック注)	1995-2023	1995-2023	2015-2023	2005-2023
海外パック	1995-2023	1995-2023	2015-2023	2005-2023
交際費	1995-2023	1995-2023	2015-2023	2005-2023
つきあい	1995-2023	1995-2023	2015-2023	2005-2023

$$u = A(\delta x_1^{-\rho} + (1 - \delta)x_2^{-\rho})^{-\nu/\rho}$$

次の所得制約式 $y = p_1 x_1 + p_2 x_2$ を前提にして、需要関数を求める．

$$\begin{aligned}\frac{\partial \ln u}{\partial x_1} &= v\delta \frac{x_1^{-\rho-1}}{\bar{u}} \\ \frac{\partial \ln u}{\partial x_2} &= -v(1-\delta) \frac{x_2^{-\rho-1}}{\bar{u}} \\ \bar{u} &\equiv \delta x_1^{-\rho} + (1-\delta)x_2^{-\rho}\end{aligned}$$

λ を Lagrange の未定乗数とすると、

$$\begin{aligned}\frac{\partial u}{\partial x_1} &= \frac{u}{\bar{u}} v\delta x_1^{-\rho-1} = \lambda p_1 \\ \frac{\partial u}{\partial x_2} &= \frac{u}{\bar{u}} v(1-\delta)x_2^{-\rho} = \lambda p_2\end{aligned}$$

両式の比をとると

$$\frac{\delta}{1-\delta} \left(\frac{x_1}{x_2} \right)^{-\rho-1} = \frac{p_1}{p_2}$$

両辺の対数をとって整理すると

$$\ln \left(\frac{x_1}{x_2} \right) = \frac{1}{1+\rho} \ln \left(\frac{\delta}{1-\delta} \right) - \frac{1}{1+\rho} \ln \left(\frac{p_1}{p_2} \right)$$

この式に確率攪乱項 ϵ をくわえた式を推定することになる。

$$\ln \left(\frac{x_1}{x_2} \right) = \frac{1}{1+\rho} \ln \frac{\delta}{1-\delta} - \frac{1}{1+\rho} \ln \left(\frac{p_1}{p_2} \right) + \epsilon$$

代替の弾力性は $\sigma = 1/(1+\rho)$ で定義されている。

右辺の $\ln \left(\frac{p_1}{p_2} \right)$ は消費者にとっては外生変数の第 1 財の価格 p_1 と第 2 財の価格 p_2 の比、つまり相対価格の対数である。

推計方法は、第一に単純な最小 2 乗法で、第二に家計調査の集計データを利用しているため家計の集計乗率(weight)がある。この weight を使って加重回帰分析を行っている。第三に家計属性として世帯主の年齢を切片に加えた加重回帰分析を行っている。

以上が線形モデルの推定で、次に一般化加法モデル(GAM)を使って非線形の効果を抽出しようとしている。第四のモデルとして、CES 効用関数の仮定は壊すけれども、相対価格の項に非線形の効果がみつかれば、CES 効用関数以外の設定を積極的に行わなければならない理由が発生する。そこで、GAM の項として、相対価格

の対数に平滑化スプラインをつけているモデルを推計している。第五には、相対価格の項は線形に保ち、世帯主の年齢の効果に非線形の効果を取り込んだモデルを推定している。これも平滑化スプラインで対応している。第六には、税制の変更が多く行われていたので、その効果を抽出するために、年の非線形効果を平滑化スプラインで取り込んでいいる。

以上の 6 つのモデルを推計したのちに、GAM では問題になりうる変数の標準化があるので、それぞれの変数に標準化を行って推計し直して、結果に大きな変更がないかどうか調べている。

```
# Pet Food 1995-2023
```

```
X_Fd=cbind(Data[t_1995[1]:n,1:10],Data$PetFood[t_1995[1]:n],p_x$p_PetFood[t_1995[1]:n],Data$AccomSv[t_1995[1]:n],p_x$p_AccomSv[t_1995[1]:n],Data$PackTour[t_1995[1]:n],p_x$p_PackTour[t_1995[1]:n],(Data$PackTourAbr[t_1995[1]:n]+1),p_x$p_PackTourAbr[t_1995[1]:n],Data$PackTourDom[t_1995[1]:n],p_x$p_PackTourDom[t_1995[1]:n],Data$SocialExp[t_1995[1]:n],p_x$p_SocialExp[t_1995[1]:n],Data$Tsukiai[t_1995[1]:n],p_x$p_Tsukiai[t_1995[1]:n],p_x$T1997[t_1995[1]:n],p_x$T2014[t_1995[1]:n])
X_Fd=as.data.frame(X_Fd)
colnames(X_Fd)=c(colnames(X_Fd)[1:10],"PetFood","p_PetFood","AccomSv","p_AccomSv","PackTour","p_PackTour","PackTourAbr","p_PackTourAbr","PackTourDom","p_PackTourDom","SocialExp","p_SocialExp","Tsukiai","p_Tsukiai","D1997","D2014")
```

```
# Pet Goods 1995-2023
```

```
X_Gd=cbind(Data[t_1995[1]:n,1:10],Data$PetGoods[t_1995[1]:n],p_x$p_PetGoods[t_1995[1]:n],Data$AccomSv[t_1995[1]:n],p_x$p_AccomSv[t_1995[1]:n],Data$PackTour[t_1995[1]:n],p_x$p_PackTour[t_1995[1]:n],(Data$PackTourAbr[t_1995[1]:n]+1),p_x$p_PackTourAbr[t_1995[1]:n],Data$PackTourDom[t_1995[1]:n],p_x$p_PackTourDom[t_1995[1]:n],Data$SocialExp[t_1995[1]:n],p_x$p_SocialExp[t_1995[1]:n],Data$Tsukiai[t_1995[1]:n],p_x$p_Tsukiai[t_1995[1]:n],p_x$T1997[t_1995[1]:n],p_x$T2014[t_1995[1]:n])
X_Gd=as.data.frame(X_Gd)
colnames(X_Gd)=c(colnames(X_Gd)[1:10],"PetGoods","p_PetGoods","AccomSv","p_AccomSv","PackTour","p_PackTour","PackTourAbr","p_PackTourAbr","PackTourDom","p_PackTourDom","SocialExp","p_SocialExp","Tsukiai","p_Tsukiai","D1997","D2014")
```

```
# Pet Services 2015-2023
```

```
X_Sv=cbind(Data[t_2015[1]:n,1:10],Data$PetSv[t_2015[1]:n],p_x$p_PetCare[t_2015[1]:n],Data$AccomSv[t_2015[1]:n],p_x$p_AccomSv[t_2015[1]:n],Data$PackTour[t_2015[1]:n],p_x$p_PackTour[t_2015[1]:n],(Data$PackTourAbr[t_2015[1]:n]+1),p_x$p_PackTourAbr[t_2015[1]:n],Data$PackTourDom[t_2015[1]:n],p_x
```

```

x$p_PackTourDom[t_2015[1]:n],Data$SocialExp[t_2015[1]:n],p_x$p_SocialExp
[t_2015[1]:n],Data$Tsukiai[t_2015[1]:n],p_x$p_Tsukiai[t_2015[1]:n])
X_Sv=as.data.frame(X_Sv)
colnames(X_Sv)=c(colnames(X_Sv)[1:10],"PetSv","p_PetSv","AccomSv","p_Acco
mSv","PackTour","p_PackTour","PackTourAbr","p_PackTourAbr","PackTourDom",
"p_PackTourDom","SocialExp","p_SocialExp","Tsukiai","p_Tsukiai")

# Pet Hospital 2005-2023
X_H1=cbind(Data[t_2005[1]:n,1:10],Data$PetHospital[t_2005[1]:n],p_x$p_Pet
Hospital[t_2005[1]:n],Data$AccomSv[t_2005[1]:n],p_x$p_AccomSv[t_2005[1]:
n],Data$PackTour[t_2005[1]:n],p_x$p_PackTour[t_2005[1]:n],(Data$PackTourA
br[t_2005[1]:n]+1),p_x$p_PackTourAbr[t_2005[1]:n],Data$PackTourDom[t_2005
[1]:n],p_x$p_PackTourDom[t_2005[1]:n],Data$SocialExp[t_2005[1]:n],p_x$p_S
ocialExp[t_2005[1]:n],Data$Tsukiai[t_2005[1]:n],p_x$p_Tsukiai[t_2005[1]:
n],p_x$T2014[t_2005[1]:n])
X_H1=as.data.frame(X_H1)
colnames(X_H1)=c(colnames(X_H1)[1:10],"PetH1","p_PetH1","AccomSv","p_Acco
mSv","PackTour","p_PackTour","PackTourAbr","p_PackTourAbr","PackTourDom",
"p_PackTourDom","SocialExp","p_SocialExp","Tsukiai","p_Tsukiai","D2014")

```

海外パックツアーは、コロナ期に消費額がゼロとなるセルが多発している。通常の処置方法として、\$+1\$をして計算するという方法にしたがうが、分母と対数を計算する場合にのみ適用する。

ペット関連消費費目の需要関数の推定

CES 効用関数を仮定して、ペット関連の需要費目とその他の費目について代替の弾力性を推定することにする。回帰分析を行うが、より詳しい診断結果などは、ペット関連サービス需要の推定で行いたい。

```

options(digits=4)

reg_F_1=lm(I(log(PetFood/AccomSv))~I(log(p_PetFood/p_AccomSv)),data=X_Fd)
summary(reg_F_1)

Call:
lm(formula = I(log(PetFood/AccomSv)) ~ I(log(p_PetFood/p_AccomSv)),
    data = X_Fd)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-1.462  -0.273  -0.077   0.193   2.500

Coefficients:
                                Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)

```

```
(Intercept)          -0.9143      0.0315  -29.03  < 2e-16 ***
I(log(p_PetFood/p_AccomSv)) -2.3516      0.3254   -7.23  1.8e-12 ***
---
```

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.481 on 520 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.0912, Adjusted R-squared: 0.0895
F-statistic: 52.2 on 1 and 520 DF, p-value: 1.78e-12

```
reg_F_2=lm(I(log(PetFood/PackTour))~I(log(p_PetFood/p_PackTour)),data=X_Fd)
summary(reg_F_2)
```

Call:
lm(formula = I(log(PetFood/PackTour)) ~ I(log(p_PetFood/p_PackTour)),
data = X_Fd)

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.245	-0.400	-0.102	0.279	3.362

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-1.2600	0.0423	-29.8	<2e-16 ***
I(log(p_PetFood/p_PackTour))	-8.2266	0.4280	-19.2	<2e-16 ***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.585 on 520 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.415, Adjusted R-squared: 0.414
F-statistic: 369 on 1 and 520 DF, p-value: <2e-16

```
reg_F_3=lm(I(log(PetFood/PackTourAbr))~I(log(p_PetFood/p_PackTourAbr)),data=X_Fd)
summary(reg_F_3)
```

Call:
lm(formula = I(log(PetFood/PackTourAbr)) ~ I(log(p_PetFood/p_PackTourAbr)),
data = X_Fd)

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-2.845	-1.306	-0.797	-0.045	9.511

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	0.033	0.117	0.28	0.78
I(log(p_PetFood/p_PackTourAbr))	4.995	4.150	1.20	0.23

Residual standard error: 2.62 on 520 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.00278, Adjusted R-squared: 0.00086

F-statistic: 1.45 on 1 and 520 DF, p-value: 0.229

```
reg_F_4=lm(I(log(PetFood/PackTourDom))~I(log(p_PetFood/p_PackTourDom)),data=X_Fd)
summary(reg_F_4)
```

Call:

```
lm(formula = I(log(PetFood/PackTourDom)) ~ I(log(p_PetFood/p_PackTourDom)),
    data = X_Fd)
```

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-0.9849	-0.3389	-0.0909	0.2054	3.1359

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-1.0671	0.0339	-31.5	<2e-16 ***
I(log(p_PetFood/p_PackTourDom))	-7.0680	0.3492	-20.2	<2e-16 ***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.504 on 520 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.441, Adjusted R-squared: 0.44

F-statistic: 410 on 1 and 520 DF, p-value: <2e-16

```
reg_F_5=lm(I(log(PetFood/SocialExp))~I(log(p_PetFood/p_SocialExp)),data=X_Fd)
summary(reg_F_5)
```

Call:

```
lm(formula = I(log(PetFood/SocialExp)) ~ I(log(p_PetFood/p_SocialExp)),
    data = X_Fd)
```

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-0.7253	-0.1637	0.0054	0.1626	0.8399

```

Coefficients:
                Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)      -2.9676    0.0151  -196.1  <2e-16 ***
I(log(p_PetFood/p_SocialExp))  6.3650    0.1939   32.8  <2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.251 on 520 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.674, Adjusted R-squared:  0.674
F-statistic: 1.08e+03 on 1 and 520 DF,  p-value: <2e-16

reg_F_6=lm(I(log(PetFood/Tsukiai))~I(log(p_PetFood/p_Tsukiai)),data=X_Fd)
summary(reg_F_6)

Call:
lm(formula = I(log(PetFood/Tsukiai)) ~ I(log(p_PetFood/p_Tsukiai)),
    data = X_Fd)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-1.577 -0.815 -0.290  0.617  3.907

Coefficients:
                Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)      0.2440    0.0471   5.18 3.1e-07 ***
I(log(p_PetFood/p_Tsukiai)) -0.1021    1.2591  -0.08  0.94
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 1.04 on 520 degrees of freedom
Multiple R-squared:  1.27e-05, Adjusted R-squared:  -0.00191
F-statistic: 0.00658 on 1 and 520 DF,  p-value: 0.935

reg_G_1=lm(I(log(PetGoods/AccomSv))~I(log(p_PetGoods/p_AccomSv)),data=X_G
d)
summary(reg_G_1)

Call:
lm(formula = I(log(PetGoods/AccomSv)) ~ I(log(p_PetGoods/p_AccomSv)),
    data = X_Gd)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-1.3866 -0.2792 -0.0388  0.2366  2.6180

```

```

Coefficients:
                Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)      -1.3218    0.0249  -53.07  < 2e-16 ***
I(log(p_PetGoods/p_AccomSv))  6.1121    0.8702    7.02  6.8e-12 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.428 on 520 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.0866,    Adjusted R-squared:  0.0849
F-statistic: 49.3 on 1 and 520 DF,  p-value: 6.81e-12

reg_G_2=lm(I(log(PetGoods/PackTour))~I(log(p_PetGoods/p_PackTour)),data=X_Gd)
summary(reg_G_2)

Call:
lm(formula = I(log(PetGoods/PackTour)) ~ I(log(p_PetGoods/p_PackTour)),
    data = X_Gd)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-1.3482 -0.3824 -0.0919  0.2560  2.9525

Coefficients:
                Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)      -1.7164    0.0437  -39.30  <2e-16 ***
I(log(p_PetGoods/p_PackTour)) -12.2856    1.3754   -8.93  <2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.591 on 520 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.133, Adjusted R-squared:  0.131
F-statistic: 79.8 on 1 and 520 DF,  p-value: <2e-16

reg_G_3=lm(I(log(PetGoods/PackTourAbr))~I(log(p_PetGoods/p_PackTourAbr)),
data=X_Gd)
summary(reg_G_3)

Call:
lm(formula = I(log(PetGoods/PackTourAbr)) ~ I(log(p_PetGoods/p_PackTourAbr)),
    data = X_Gd)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max

```

```
-3.307 -1.355 -0.523 0.375 10.153
```

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	1.08	0.16	6.77	3.5e-11 ***
I(log(p_PetGoods/p_PackTourAbr))	24.29	2.62	9.28	< 2e-16 ***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 2.33 on 520 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.142, Adjusted R-squared: 0.14

F-statistic: 86.1 on 1 and 520 DF, p-value: <2e-16

```
reg_G_4=lm(I(log(PetGoods/PackTourDom))~I(log(p_PetGoods/p_PackTourDom)),
data=X_Gd)
summary(reg_G_4)
```

Call:

```
lm(formula = I(log(PetGoods/PackTourDom)) ~ I(log(p_PetGoods/p_PackTourDom)),
    data = X_Gd)
```

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.3522	-0.3185	-0.0543	0.2494	2.7024

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-1.532	0.034	-44.98	< 2e-16 ***
I(log(p_PetGoods/p_PackTourDom))	-8.733	1.205	-7.25	1.5e-12 ***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.533 on 520 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.0917, Adjusted R-squared: 0.09

F-statistic: 52.5 on 1 and 520 DF, p-value: 1.54e-12

```
reg_G_5=lm(I(log(PetGoods/SocialExp))~I(log(p_PetGoods/p_SocialExp)),data
=X_Gd)
summary(reg_G_5)
```

Call:

```
lm(formula = I(log(PetGoods/SocialExp)) ~ I(log(p_PetGoods/p_SocialExp)),
    data = X_Gd)
```

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.1333	-0.2726	0.0274	0.2729	1.0585

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-3.2991	0.0261	-126.44	< 2e-16 ***
I(log(p_PetGoods/p_SocialExp))	1.2494	0.1856	6.73	4.4e-11 ***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.388 on 520 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.0802, Adjusted R-squared: 0.0784

F-statistic: 45.3 on 1 and 520 DF, p-value: 4.41e-11

```
reg_G_6=lm(I(log(PetGoods/Tsukiai))~I(log(p_PetGoods/p_Tsukiai)),data=X_Gd)
```

```
summary(reg_G_6)
```

Call:

```
lm(formula = I(log(PetGoods/Tsukiai)) ~ I(log(p_PetGoods/p_Tsukiai)),  
    data = X_Gd)
```

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.641	-0.593	-0.185	0.487	2.728

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	0.2804	0.0576	4.86	1.5e-06 ***
I(log(p_PetGoods/p_Tsukiai))	3.6781	1.0425	3.53	0.00046 ***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.808 on 520 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.0234, Adjusted R-squared: 0.0215

F-statistic: 12.4 on 1 and 520 DF, p-value: 0.000455

```
reg_H1_1=lm(I(log(PetH1/AccomSv))~I(log(p_PetH1/p_AccomSv)),data=X_H1)  
summary(reg_H1_1)
```

Call:

```
lm(formula = I(log(PetH1/AccomSv)) ~ I(log(p_PetH1/p_AccomSv)),  
    data = X_H1)
```

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.2976	-0.2827	-0.0557	0.2580	1.9887

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-1.0526	0.0295	-35.66	< 2e-16 ***
I(log(p_PetH1/p_AccomSv))	-3.3805	0.5410	-6.25	1.2e-09 ***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.436 on 340 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.103, Adjusted R-squared: 0.1

F-statistic: 39 on 1 and 340 DF, p-value: 1.24e-09

```
reg_H1_2=lm(I(log(PetH1/PackTour))~I(log(p_PetH1/p_PackTour)),data=X_H1)
summary(reg_H1_2)
```

Call:

```
lm(formula = I(log(PetH1/PackTour)) ~ I(log(p_PetH1/p_PackTour)),
    data = X_H1)
```

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.2897	-0.3436	-0.0601	0.2423	2.3440

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-1.2393	0.0426	-29.1	<2e-16 ***
I(log(p_PetH1/p_PackTour))	-13.6099	0.7145	-19.1	<2e-16 ***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.557 on 340 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.516, Adjusted R-squared: 0.515

F-statistic: 363 on 1 and 340 DF, p-value: <2e-16

```
reg_H1_3=lm(I(log(PetH1/PackTourAbr))~I(log(p_PetH1/p_PackTourAbr)),data=
X_H1)
summary(reg_H1_3)
```

Call:

```
lm(formula = I(log(PetH1/PackTourAbr)) ~ I(log(p_PetH1/p_PackTourAbr)),
    data = X_H1)
```

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-4.152	-1.559	-0.761	0.288	9.626

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	0.486	0.155	3.14	0.0018 **
I(log(p_PetH1/p_PackTourAbr))	-172.189	32.136	-5.36	1.6e-07 ***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 2.78 on 340 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.0779, Adjusted R-squared: 0.0752

F-statistic: 28.7 on 1 and 340 DF, p-value: 1.55e-07

```
reg_H1_4=lm(I(log(PetH1/PackTourDom))~I(log(p_PetH1/p_PackTourDom)),data=X_H1)
summary(reg_H1_4)
```

Call:

```
lm(formula = I(log(PetH1/PackTourDom)) ~ I(log(p_PetH1/p_PackTourDom)),
    data = X_H1)
```

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.061	-0.297	-0.063	0.236	2.045

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-1.0145	0.0348	-29.1	<2e-16 ***
I(log(p_PetH1/p_PackTourDom))	-13.3418	0.6661	-20.0	<2e-16 ***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.472 on 340 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.541, Adjusted R-squared: 0.54

F-statistic: 401 on 1 and 340 DF, p-value: <2e-16

```
reg_H1_5=lm(I(log(PetH1/SocialExp))~I(log(p_PetH1/p_SocialExp)),data=X_H1)
summary(reg_H1_5)
```

Call:

```
lm(formula = I(log(PetH1/SocialExp)) ~ I(log(p_PetH1/p_SocialExp)),
```

```

data = X_H1)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-1.6975 -0.2164  0.0052  0.2438  1.0967

Coefficients:
                Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)      -2.9756     0.0269  -110.5   <2e-16 ***
I(log(p_PetH1/p_SocialExp))  11.4326     0.7356    15.5   <2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.37 on 340 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.415, Adjusted R-squared:  0.414
F-statistic: 242 on 1 and 340 DF, p-value: <2e-16

reg_H1_6=lm(I(log(PetH1/Tsukiai))~I(log(p_PetH1/p_Tsukiai)),data=X_H1)
summary(reg_H1_6)

Call:
lm(formula = I(log(PetH1/Tsukiai)) ~ I(log(p_PetH1/p_Tsukiai)),
    data = X_H1)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-1.652 -0.758 -0.193  0.511  3.504

Coefficients:
                Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)      0.2931     0.0532   5.51 7.2e-08 ***
I(log(p_PetH1/p_Tsukiai))  14.9412    10.0833   1.48  0.14
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.961 on 340 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.00642, Adjusted R-squared:  0.00349
F-statistic: 2.2 on 1 and 340 DF, p-value: 0.139

reg_Sv_1=lm(I(log(PetSv/AccomSv))~I(log(p_PetSv/p_AccomSv)),data=X_Sv)
summary(reg_Sv_1)

Call:
lm(formula = I(log(PetSv/AccomSv)) ~ I(log(p_PetSv/p_AccomSv)),
    data = X_Sv)

```

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.0581	-0.2683	-0.0398	0.2179	1.6892

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-1.8857	0.0353	-53.47	< 2e-16 ***
I(log(p_PetSv/p_AccomSv))	-2.7288	0.5613	-4.86	2.8e-06 ***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.428 on 160 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.129, Adjusted R-squared: 0.123

F-statistic: 23.6 on 1 and 160 DF, p-value: 2.76e-06

```
reg_Sv_2=lm(I(log(PetSv/PackTour))~I(log(p_PetSv/p_PackTour)),data=X_Sv)
summary(reg_Sv_2)
```

Call:

```
lm(formula = I(log(PetSv/PackTour)) ~ I(log(p_PetSv/p_PackTour)),
    data = X_Sv)
```

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.6194	-0.4005	-0.0368	0.3290	2.6518

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-1.9210	0.0521	-36.9	<2e-16 ***
I(log(p_PetSv/p_PackTour))	-9.8292	0.7702	-12.8	<2e-16 ***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.587 on 160 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.504, Adjusted R-squared: 0.501

F-statistic: 163 on 1 and 160 DF, p-value: <2e-16

```
reg_Sv_3=lm(I(log(PetSv/PackTourAbr))~I(log(p_PetSv/p_PackTourAbr)),data=
X_Sv)
summary(reg_Sv_3)
```

Call:

```
lm(formula = I(log(PetSv/PackTourAbr)) ~ I(log(p_PetSv/p_PackTourAbr)),
    data = X_Sv)
```

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-4.613	-2.148	0.094	1.197	8.352

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	2.358	0.251	9.39	<2e-16 ***
I(log(p_PetSv/p_PackTourAbr))	-74.256	6.417	-11.57	<2e-16 ***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 2.61 on 160 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.456, Adjusted R-squared: 0.452

F-statistic: 134 on 1 and 160 DF, p-value: <2e-16

```
reg_Sv_4=lm(I(log(PetSv/PackTourDom))~I(log(p_PetSv/p_PackTourDom)),data=X_Sv)
summary(reg_Sv_4)
```

Call:

```
lm(formula = I(log(PetSv/PackTourDom)) ~ I(log(p_PetSv/p_PackTourDom)),
    data = X_Sv)
```

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.5779	-0.2994	-0.0464	0.3741	2.4237

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-1.7406	0.0452	-38.5	<2e-16 ***
I(log(p_PetSv/p_PackTourDom))	-9.5699	0.7729	-12.4	<2e-16 ***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.523 on 160 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.489, Adjusted R-squared: 0.486

F-statistic: 153 on 1 and 160 DF, p-value: <2e-16

```
reg_Sv_5=lm(I(log(PetSv/SocialExp))~I(log(p_PetSv/p_SocialExp)),data=X_Sv)
summary(reg_Sv_5)
```

Call:

```
lm(formula = I(log(PetSv/SocialExp)) ~ I(log(p_PetSv/p_SocialExp)),
```

```

data = X_Sv)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-1.0336 -0.3654  0.0511  0.3026  1.1461

Coefficients:
                Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)      -3.7286     0.0488  -76.39   <2e-16 ***
I(log(p_PetSv/p_SocialExp)) -7.7083     1.8700   -4.12    6e-05 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.474 on 160 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.096, Adjusted R-squared:  0.0904
F-statistic: 17 on 1 and 160 DF, p-value: 6.01e-05

reg_Sv_6=lm(I(log(PetSv/Tsukiai))~I(log(p_PetSv/p_Tsukiai)),data=X_Sv)
summary(reg_Sv_6)

Call:
lm(formula = I(log(PetSv/Tsukiai)) ~ I(log(p_PetSv/p_Tsukiai)),
    data = X_Sv)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-1.549 -0.641 -0.224  0.579  2.927

Coefficients:
                Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)      -0.1814     0.0838  -2.17   0.0319 *
I(log(p_PetSv/p_Tsukiai)) -6.0745     2.1458  -2.83   0.0052 **
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.867 on 160 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.0477, Adjusted R-squared:  0.0417
F-statistic: 8.01 on 1 and 160 DF, p-value: 0.00524

# Save the elasticity of substitution
s_F=vector(length=6)
s_G=vector(length=6)
s_H=vector(length=6)
s_S=vector(length=6)

s_F[1]=coef(reg_F_1)[2] ;s_G[1]=coef(reg_G_1)[2]

```

```

s_F[2]=coef(reg_F_2)[2] ;s_G[2]=coef(reg_G_2)[2]
s_F[3]=coef(reg_F_3)[2] ;s_G[3]=coef(reg_G_3)[2]
s_F[4]=coef(reg_F_4)[2] ;s_G[4]=coef(reg_G_4)[2]
s_F[5]=coef(reg_F_5)[2] ;s_G[5]=coef(reg_G_5)[2]
s_F[6]=coef(reg_F_6)[2] ;s_G[6]=coef(reg_G_6)[2]

```

```

s_H[1]=coef(reg_H1_1)[2];s_S[1]=coef(reg_Sv_1)[2]
s_H[2]=coef(reg_H1_2)[2];s_S[2]=coef(reg_Sv_2)[2]
s_H[3]=coef(reg_H1_3)[2];s_S[3]=coef(reg_Sv_3)[2]
s_H[4]=coef(reg_H1_4)[2];s_S[4]=coef(reg_Sv_4)[2]
s_H[5]=coef(reg_H1_5)[2];s_S[5]=coef(reg_Sv_5)[2]
s_H[6]=coef(reg_H1_6)[2];s_S[6]=coef(reg_Sv_6)[2]

```

```
cbind(s_F,s_G,s_H,s_S)
```

	s_F	s_G	s_H	s_S
[1,]	-2.3516	6.112	-3.38	-2.729
[2,]	-8.2266	-12.286	-13.61	-9.829
[3,]	4.9945	24.294	-172.19	-74.256
[4,]	-7.0680	-8.733	-13.34	-9.570
[5,]	6.3650	1.249	11.43	-7.708
[6,]	-0.1021	3.678	14.94	-6.075

```

p_F=vector(length=6)
p_G=vector(length=6)
p_H=vector(length=6)
p_S=vector(length=6)

```

```

p_F[1]=summary(reg_F_1)$coef[8] ;p_G[1]=summary(reg_G_1)$coef[8]
p_F[2]=summary(reg_F_2)$coef[8] ;p_G[2]=summary(reg_G_2)$coef[8]
p_F[3]=summary(reg_F_3)$coef[8] ;p_G[3]=summary(reg_G_3)$coef[8]
p_F[4]=summary(reg_F_4)$coef[8] ;p_G[4]=summary(reg_G_4)$coef[8]
p_F[5]=summary(reg_F_5)$coef[8] ;p_G[5]=summary(reg_G_5)$coef[8]
p_F[6]=summary(reg_F_6)$coef[8] ;p_G[6]=summary(reg_G_6)$coef[8]
p_H[1]=summary(reg_H1_1)$coef[8];p_S[1]=summary(reg_Sv_1)$coef[8]
p_H[2]=summary(reg_H1_2)$coef[8];p_S[2]=summary(reg_Sv_2)$coef[8]
p_H[3]=summary(reg_H1_3)$coef[8];p_S[3]=summary(reg_Sv_3)$coef[8]
p_H[4]=summary(reg_H1_4)$coef[8];p_S[4]=summary(reg_Sv_4)$coef[8]
p_H[5]=summary(reg_H1_5)$coef[8];p_S[5]=summary(reg_Sv_5)$coef[8]
p_H[6]=summary(reg_H1_6)$coef[8];p_S[6]=summary(reg_Sv_6)$coef[8]

```

```
cbind(p_F,p_G,p_H,p_S)
```

	p_F	p_G	p_H	p_S
[1,]	1.785e-12	6.805e-12	1.240e-09	2.761e-06
[2,]	1.325e-62	7.229e-18	1.477e-55	3.590e-26
[3,]	2.293e-01	4.618e-19	1.553e-07	6.924e-23

```
[4,] 1.280e-67 1.542e-12 1.711e-59 4.007e-25
[5,] 8.492e-129 4.414e-11 1.582e-41 6.011e-05
[6,] 9.354e-01 4.553e-04 1.393e-01 5.237e-03
```

代替効果の CES 効用関数によるモデルの推定結果

代替の弾力性の推定結果は次の表のとおりである。代替の弾力性は、相対価格が1%変わると何%だけ需要量の比率が変わるかを示している。理論的には、値が大きい方が、財・サービスの組み合わせが代替的(競合的)であることを意味する。代替の弾力性の値がゼロの場合、相対価格が変わっても需要量の比率には変化がないので、補完的な財・サービスのペアであると言われている。

$x_2 \setminus x_1$	ペットフード	ペット関連用品	動物病院代	ペット関連サービス
宿泊費	-2.3516	6.1121	-3.3805	-2.7288
旅行パック	-8.2266	-12.2856	-13.6099	-9.8292
国内パック	X 4.9945	24.2945	-172.1887	-74.2559
海外パック	-7.068	-8.7328	-13.3418	-9.5699
交際費	6.365	1.2494	11.4326	-7.7083
つきあい	X -0.1021	3.6781	X 14.9412	-6.0745

X印は統計的に有意に0と異ならないので、財・サービスのペアは補完的であると考えられる。マイナス符号がついているものが、代替的である。プラスの符号は、理論制約を満たさないが補完的な組み合わせの理由による可能性がある。

統計的に0と有意に異ならない推定結果は、ペットフードと国内パック旅行、ペットフードとつきあい、動物病院代とつきあい、である。

プラスに推定されたものは、ペットフードと国内パック旅行、ペットフードと交際費、ペット関連用品と宿泊費、ペット関連用品と国内パック旅行、ペット関連用品と交際費、ペット関連用品とつきあい、動物病院代と交際費、動物病院代とつきあい、である。

この推定結果を見る限り、ペット関連サービスと旅行関係の支出が補完的であるような計測結果にはならなかった。動物病院にかかる費用と、交際費やつきあい費が補完的であることが計測されている。

ペット関連サービスは推定期間が短い、どの計測結果も統計的に有意にゼロと異なる結果となり、代替の弾力性も全てマイナスで絶対値としては1を超えているので、相対価格の変化率よりも需要の構成比の変化率の方が大きいという結果である。つまり価格の変化に大きく反応する。

期待したような効果は計測できなかったが、次にペット関連サービス需要の特徴についてより詳細に家計の属性の効果を計測していくことにしたい。

ペット関連サービス需要の特徴について

```
wreg_Sv_1=lm(I(log(PetSv/AccomSv))~log(Yclass)+r_own*I(log(p_PetSv/p_AccomSv)),data=X_Sv,weights = w)
summary(wreg_Sv_1)
```

Call:

```
lm(formula = I(log(PetSv/AccomSv)) ~ log(Yclass) + r_own * I(log(p_PetSv/p_AccomSv)),
    data = X_Sv, weights = w)
```

Weighted Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-19.953	-5.165	-0.784	4.750	22.973

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	
(Intercept)	3.1737	0.9593	3.31	0.0012	**
log(Yclass)	-0.1308	0.0625	-2.09	0.0380	*
r_own	-0.0497	0.0119	-4.16	5.2e-05	***
I(log(p_PetSv/p_AccomSv))	-74.3755	14.7889	-5.03	1.3e-06	***
r_own:I(log(p_PetSv/p_AccomSv))	0.8379	0.1737	4.82	3.3e-06	***

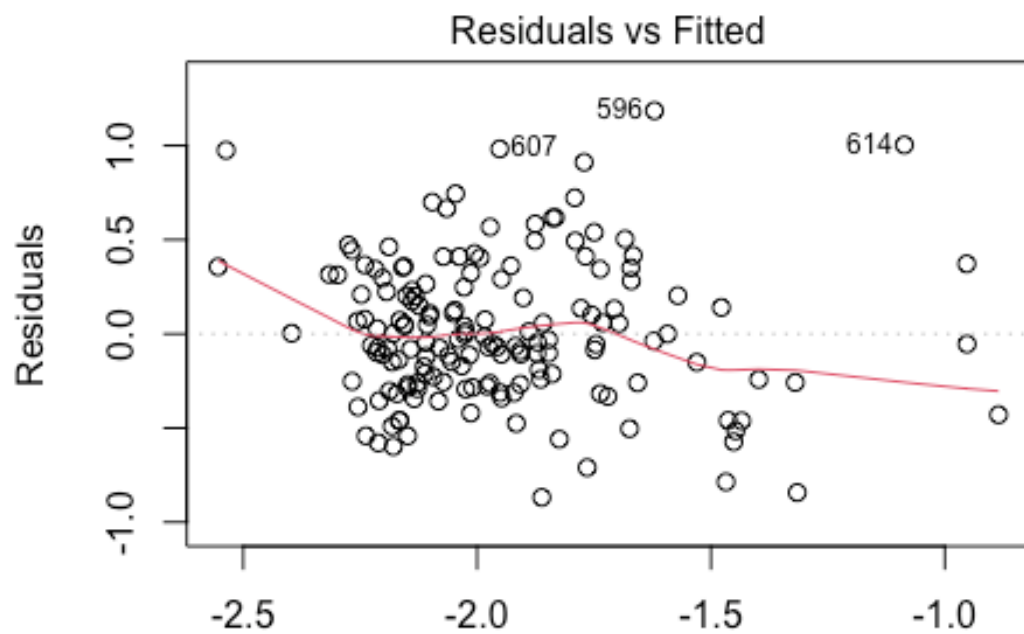
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 7.72 on 157 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.322, Adjusted R-squared: 0.305

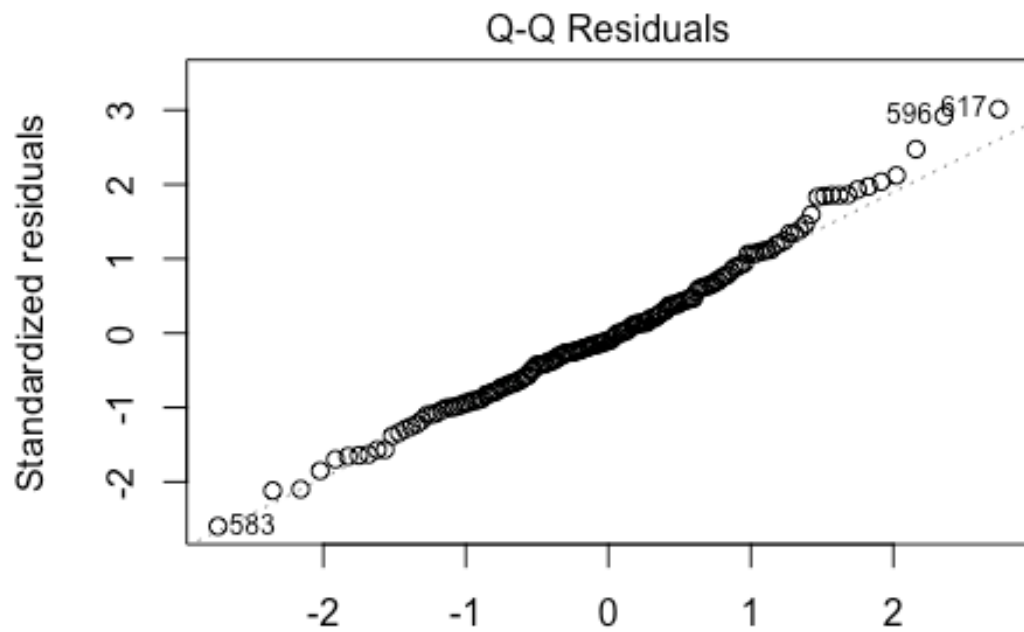
F-statistic: 18.7 on 4 and 157 DF, p-value: 1.46e-12

```
plot(wreg_Sv_1)
```

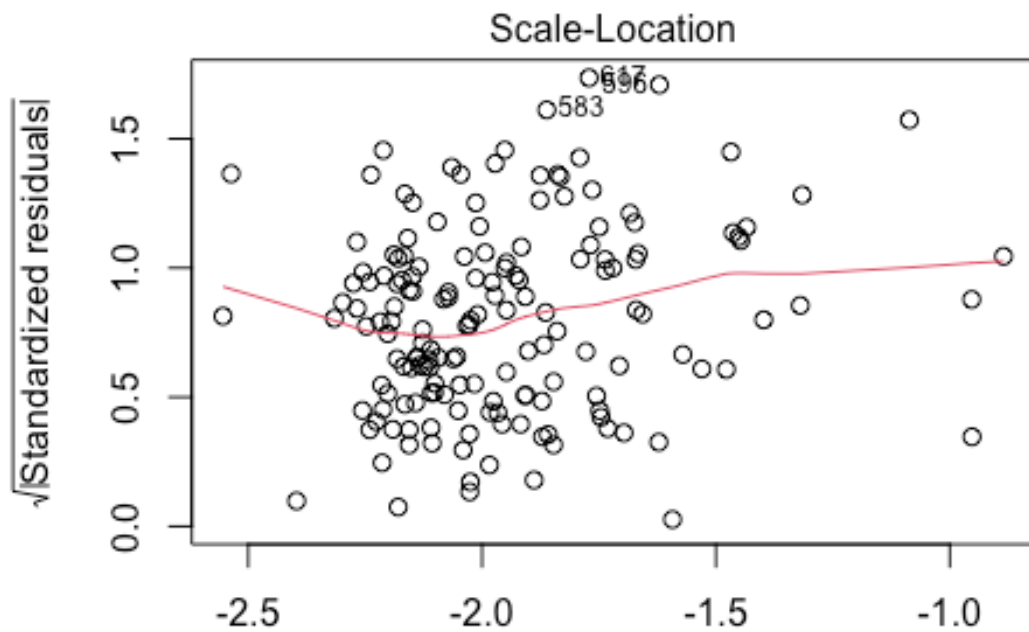


Fitted values

$\ln(\log(\text{PetSv}/\text{AccomSv})) \sim \log(\text{Yclass}) + r_{\text{own}} * \ln(\log(p_{\text{PetSv}}/p_{\text{AccomSv}}))$

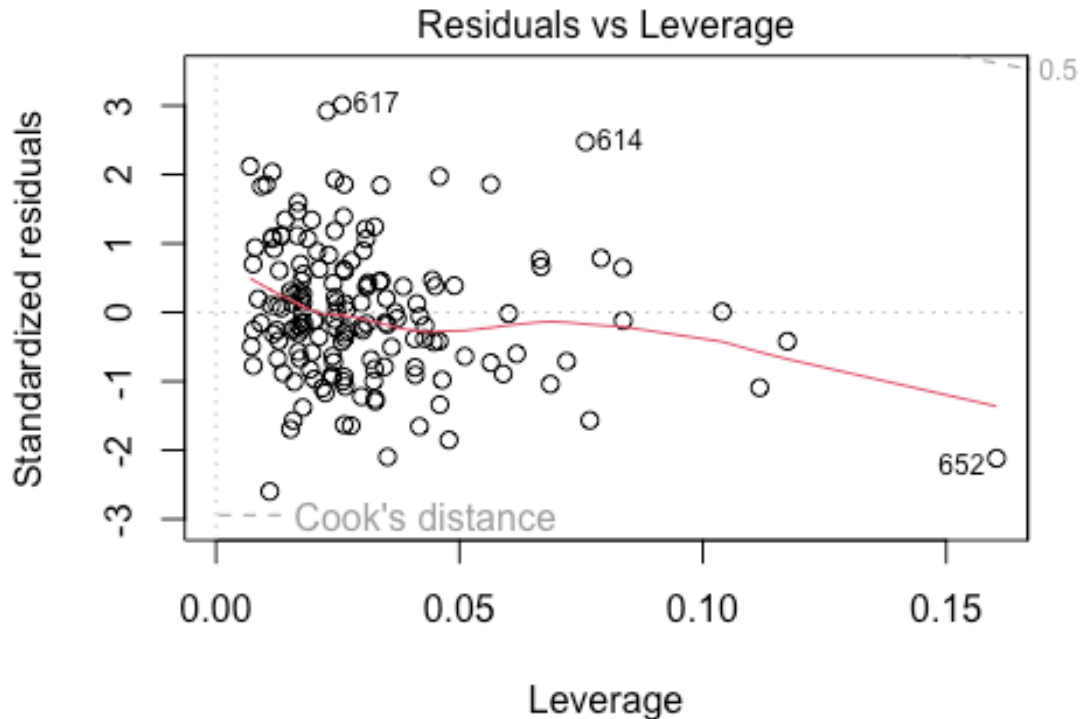


$$I(\log(\text{PetSv}/\text{AccomSv})) \sim \log(\text{Yclass}) + r_{\text{own}} * I(\log(p_{\text{PetSv}}/p_{\text{Acc}}))$$



Fitted values

$\text{I}(\log(\text{PetSv}/\text{AccomSv})) \sim \log(\text{Yclass}) + r_{\text{own}} * \text{I}(\log(p_{\text{PetSv}}/p_{\text{AccomSv}}))$



$I(\log(\text{PetSv}/\text{AccomSv})) \sim \log(\text{Yclass}) + r_own * I(\log(p_PetSv/p_Acc$

```
wreg_Sv_2=lm(I(log(PetSv/PackTour))~log(Yclass)+r_own*I(log(p_PetSv/p_PackTour)),data=X_Sv,weights = w)
summary(wreg_Sv_2)
```

Call:

```
lm(formula = I(log(PetSv/PackTour)) ~ log(Yclass) + r_own * I(log(p_PetSv/p_PackTour)),
    data = X_Sv, weights = w)
```

Weighted Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-27.41	-6.26	-0.62	6.56	36.03

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	
(Intercept)	5.6290	1.4564	3.87	0.00016	***
log(Yclass)	0.2624	0.0869	3.02	0.00295	**
r_own	-0.1083	0.0179	-6.06	9.7e-09	***
I(log(p_PetSv/p_PackTour))	-97.3043	20.6862	-4.70	5.6e-06	***

```
r_own:I(log(p_PetSv/p_PackTour)) 1.0249 0.2428 4.22 4.1e-05 ***
```

```
---
```

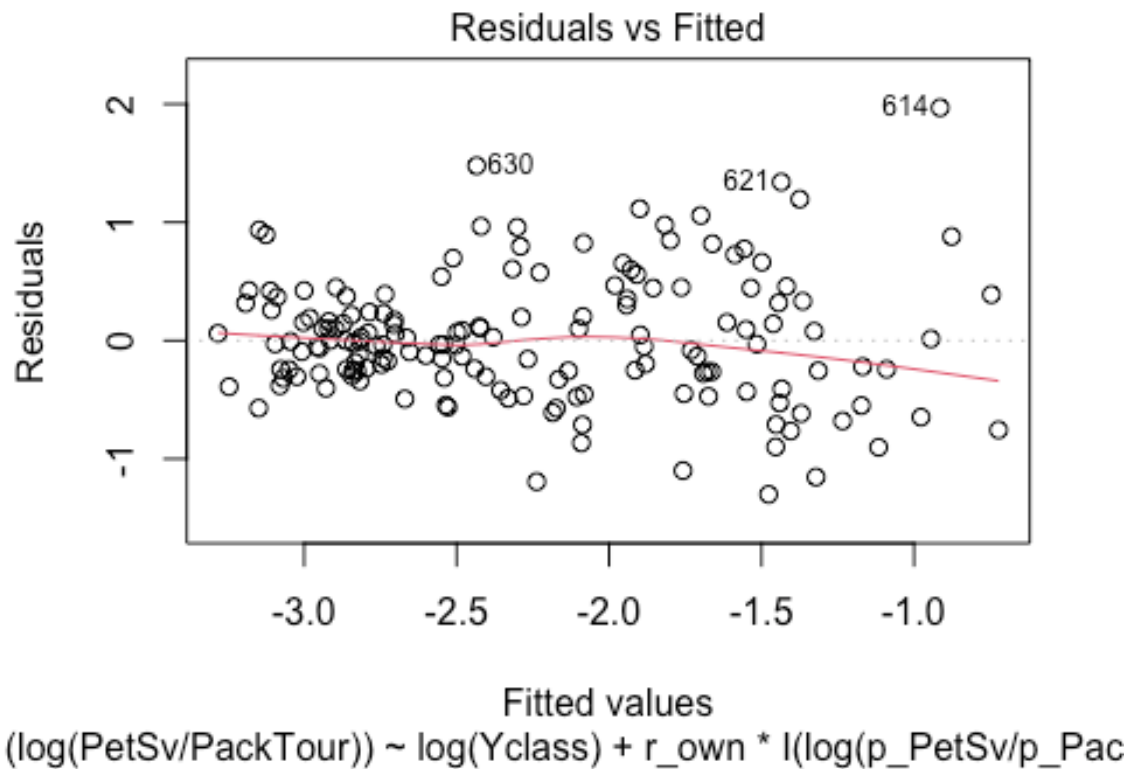
```
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

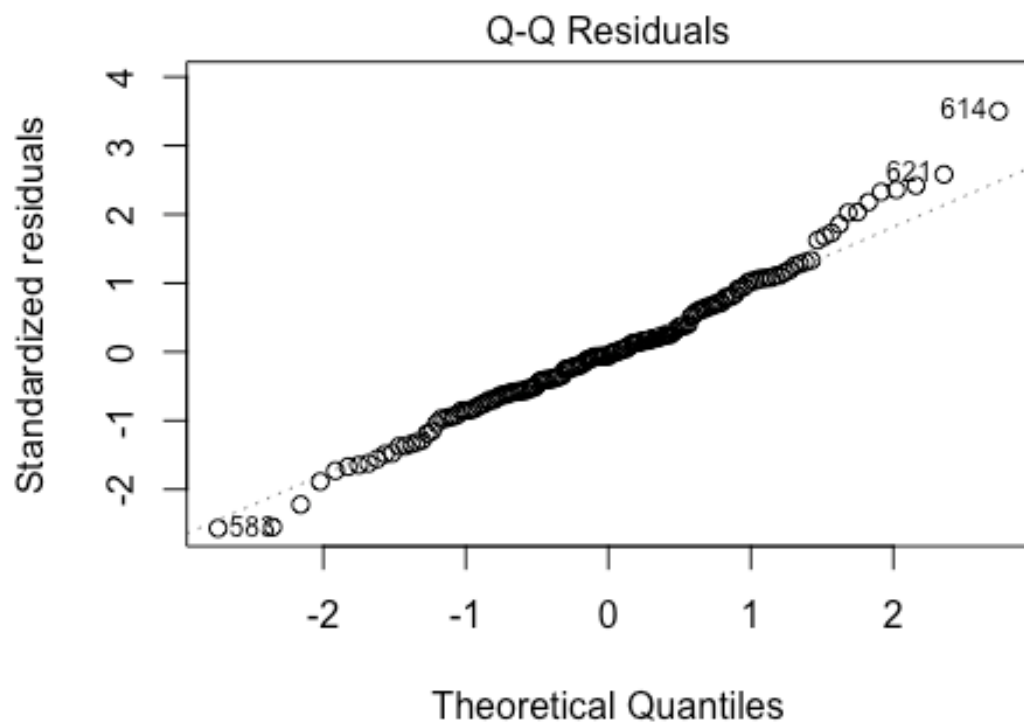
Residual standard error: 10.7 on 157 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.606, Adjusted R-squared: 0.596

F-statistic: 60.5 on 4 and 157 DF, p-value: <2e-16

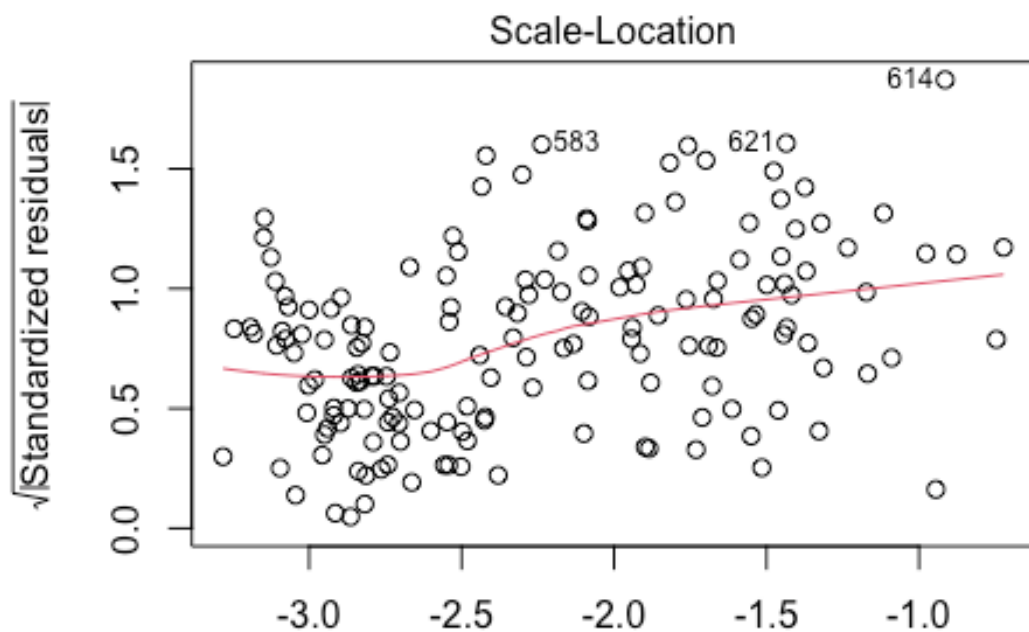
```
plot(wreg_Sv_2)
```





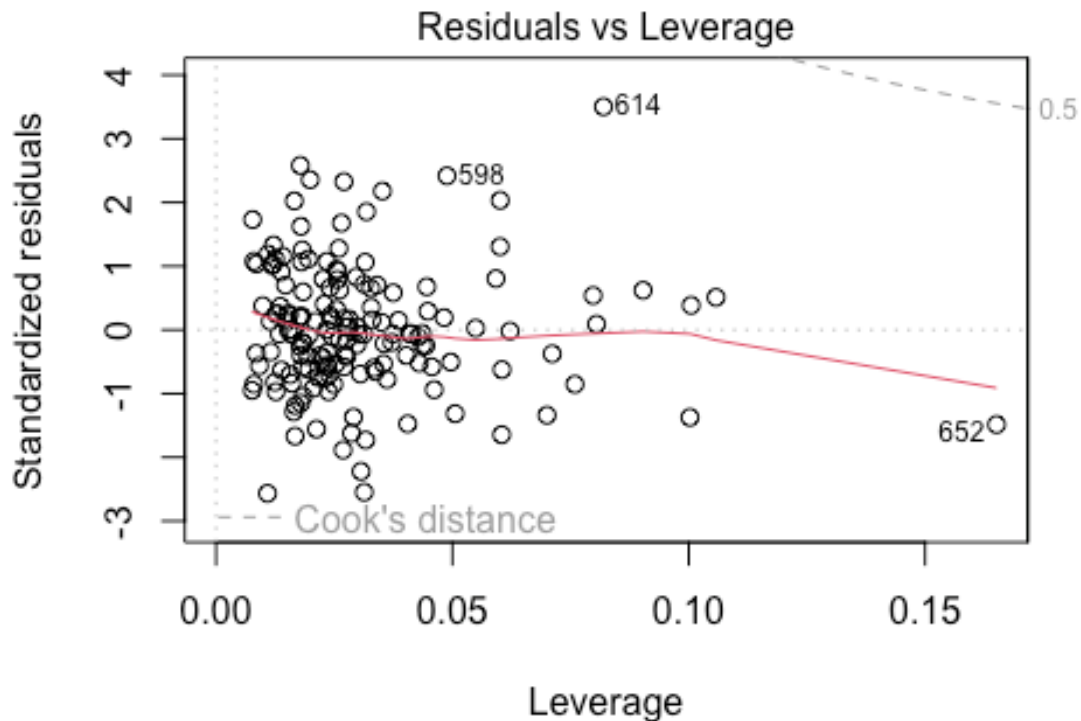
Theoretical Quantiles

$(\log(\text{PetSv}/\text{PackTour})) \sim \log(\text{Yclass}) + r_{\text{own}} * \log(\text{p_PetSv}/\text{p_Pac})$



Fitted values

$(\log(\text{PetSv}/\text{PackTour})) \sim \log(\text{Yclass}) + r_{\text{own}} * \log(\text{p_PetSv}/\text{p_Pac})$



(log(PetSv/PackTour)) ~ log(Yclass) + r_own * I(log(p_PetSv/p_Pac

```
wreg_Sv_3=lm(I(log(PetSv/PackTourAbr))~log(Yclass)+r_own*I(log(p_PetSv/p_PackTourAbr)),data=X_Sv,weights = w)
summary(wreg_Sv_3)
```

Call:

```
lm(formula = I(log(PetSv/PackTourAbr)) ~ log(Yclass) + r_own *
    I(log(p_PetSv/p_PackTourAbr)), data = X_Sv, weights = w)
```

Weighted Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-93.55	-34.63	0.22	28.48	112.91

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	17.1078	7.2952	2.35	0.02
*log(Yclass)	-0.2795	0.4065	-0.69	0.49

```

r_own          -0.1531      0.0897    -1.71      0.09 .
I(log(p_PetSv/p_PackTourAbr)) -94.9499    179.3375    -0.53      0.60

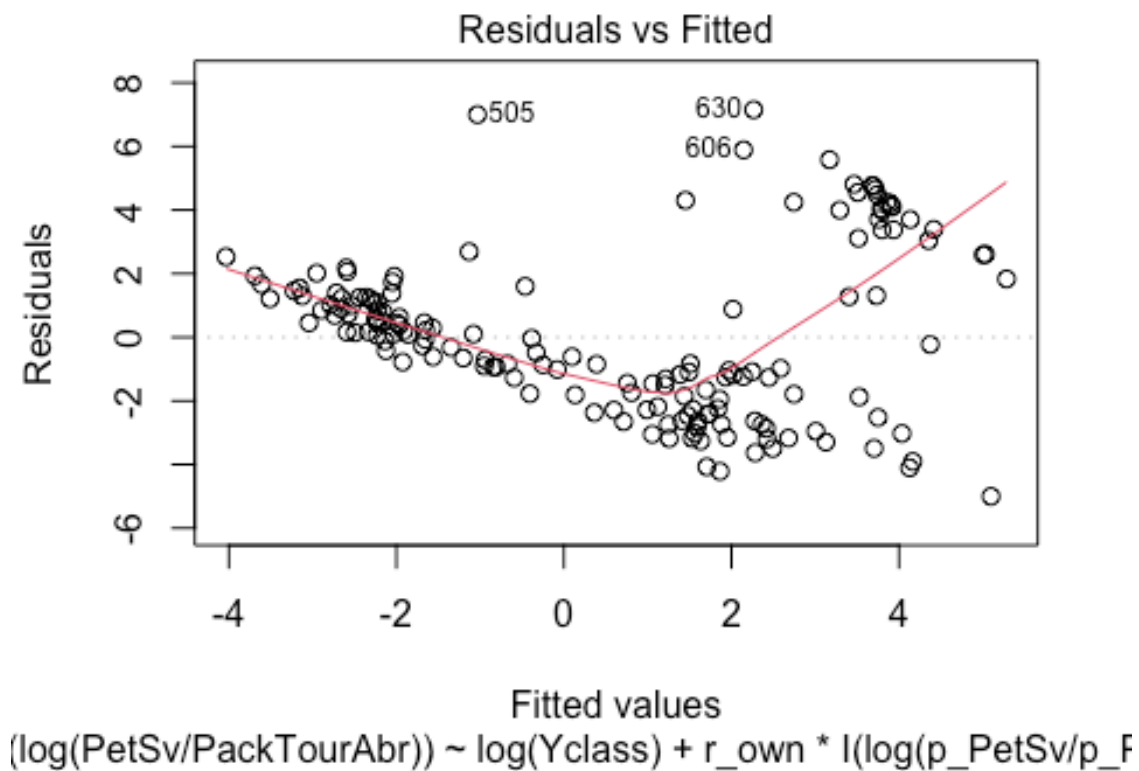
r_own:I(log(p_PetSv/p_PackTourAbr))  0.2266      2.1119      0.11      0.91

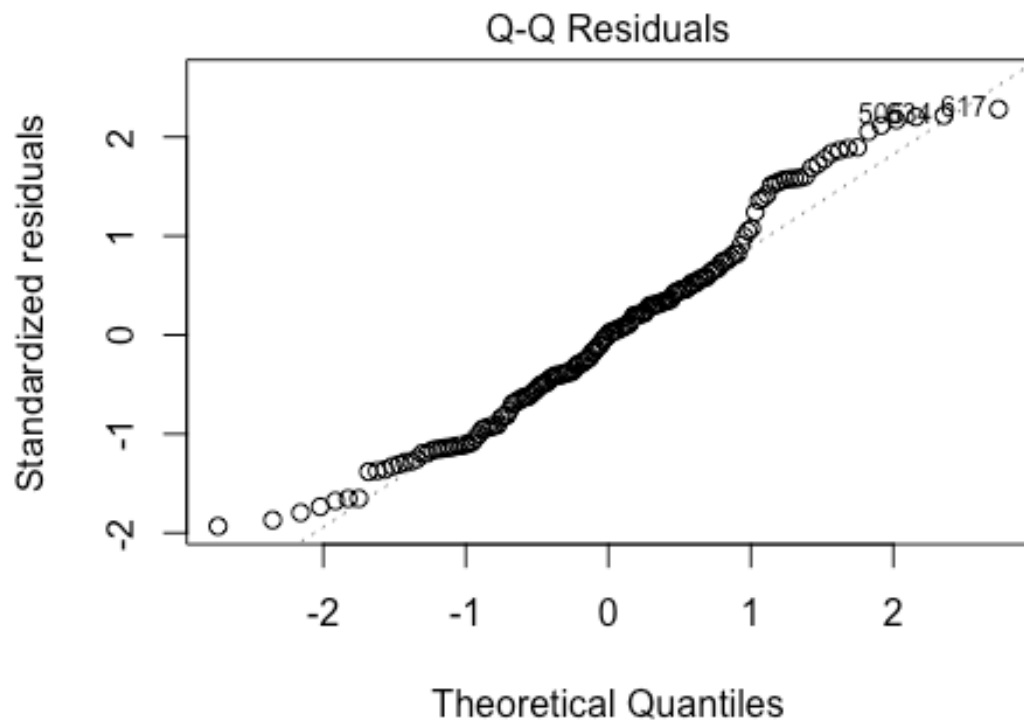
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 50.4 on 157 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.507, Adjusted R-squared:  0.494
F-statistic: 40.3 on 4 and 157 DF,  p-value: <2e-16

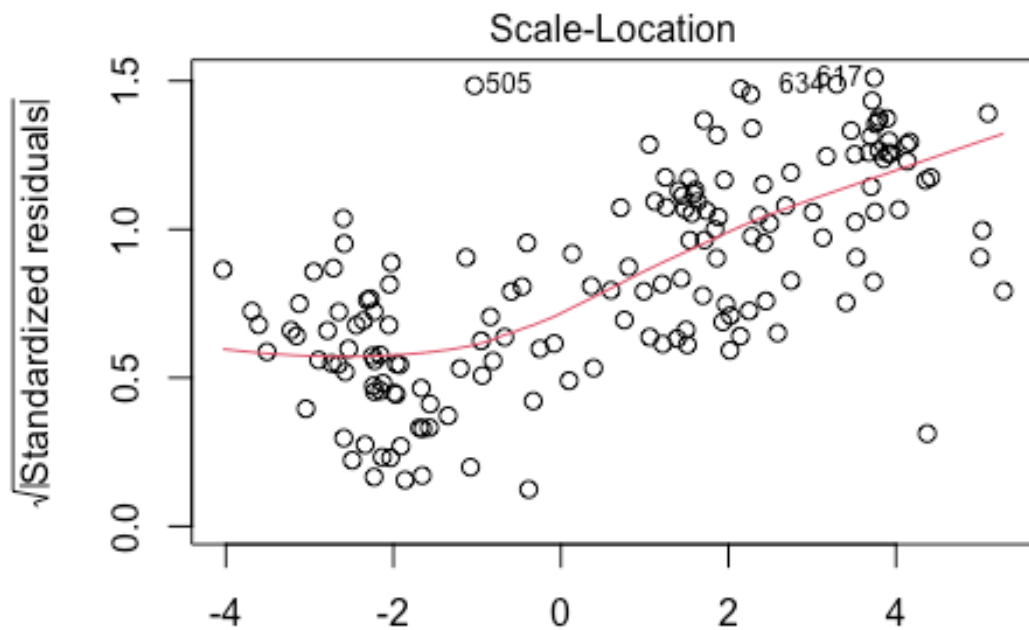
plot(wreg_Sv_3)

```



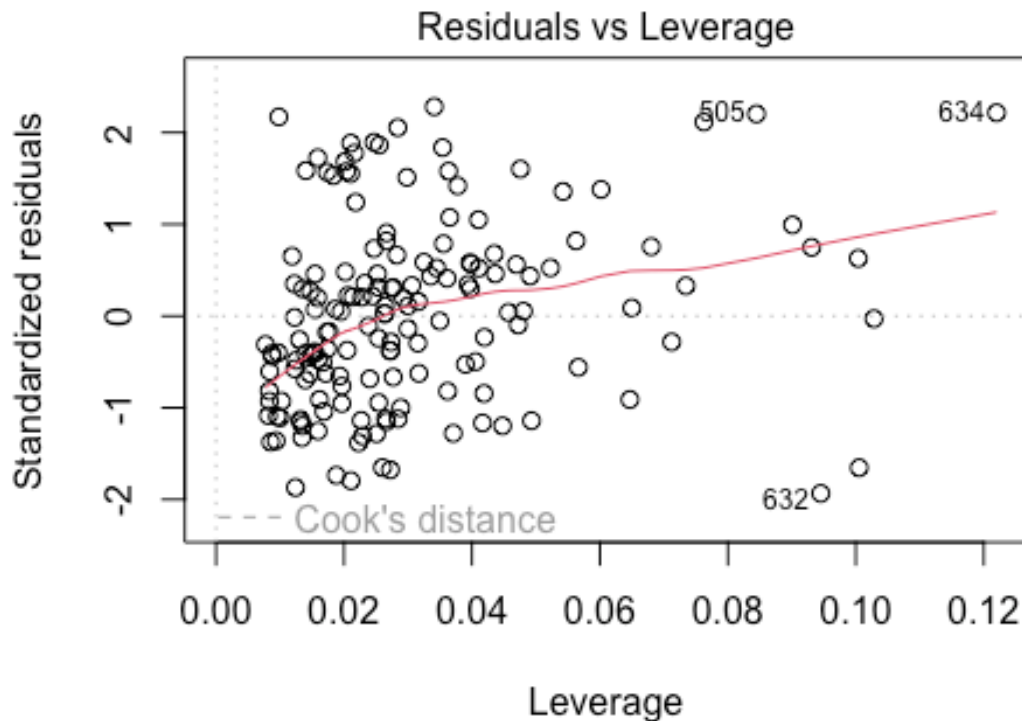


$(\log(\text{PetSv}/\text{PackTourAbr})) \sim \log(\text{Yclass}) + r_{\text{own}} * \log(\text{p_PetSv}/\text{p_F})$



Fitted values

$(\log(\text{PetSv}/\text{PackTourAbr})) \sim \log(\text{Yclass}) + r_{\text{own}} * \log(\text{p_PetSv}/\text{p_F})$



$(\log(\text{PetSv}/\text{PackTourAbr})) \sim \log(\text{Yclass}) + r_{\text{own}} * I(\log(p_{\text{PetSv}}/p_{\text{F}}$

```
wreg_Sv_4=lm(I(log(PetSv/PackTourDom))~log(Yclass)+r_own*I(log(p_PetSv/p_
PackTourDom)),data=X_Sv,weights = w)
summary(wreg_Sv_4)
```

Call:

```
lm(formula = I(log(PetSv/PackTourDom)) ~ log(Yclass) + r_own *
    I(log(p_PetSv/p_PackTourDom)), data = X_Sv, weights = w)
```

Weighted Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-30.95	-4.92	-0.77	5.22	35.81

Coefficients:

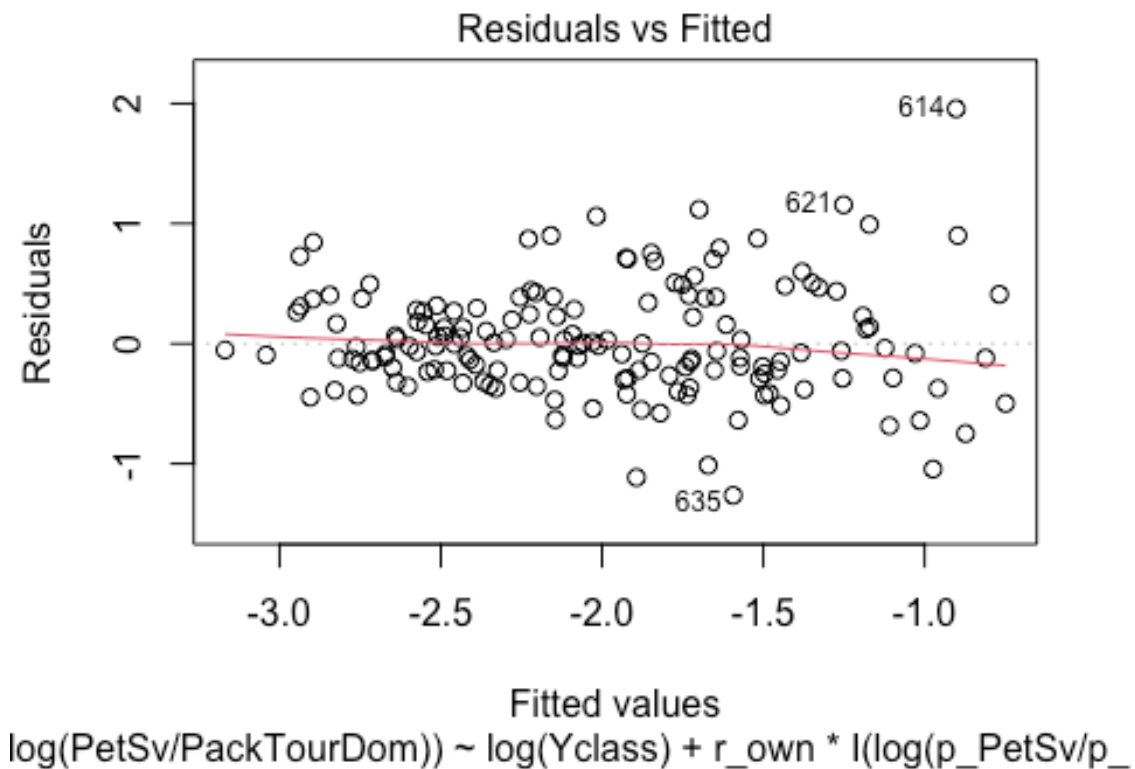
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	3.2685	1.2307	2.66	0.0087
**				
log(Yclass)	0.3453	0.0762	4.53	1.2e-05

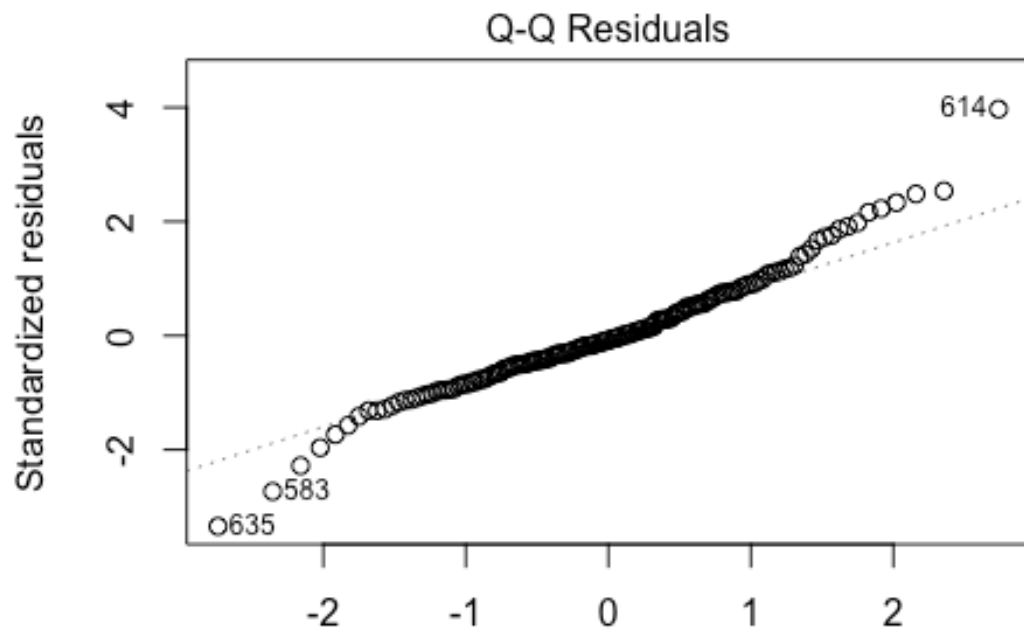
```

r_own                -0.0849    0.0152   -5.57  1.1e-07
***
I(log(p_PetSv/p_PackTourDom))  -96.8977    20.1709   -4.80  3.6e-06
***
r_own:I(log(p_PetSv/p_PackTourDom))  1.0262    0.2373    4.32  2.7e-05
***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

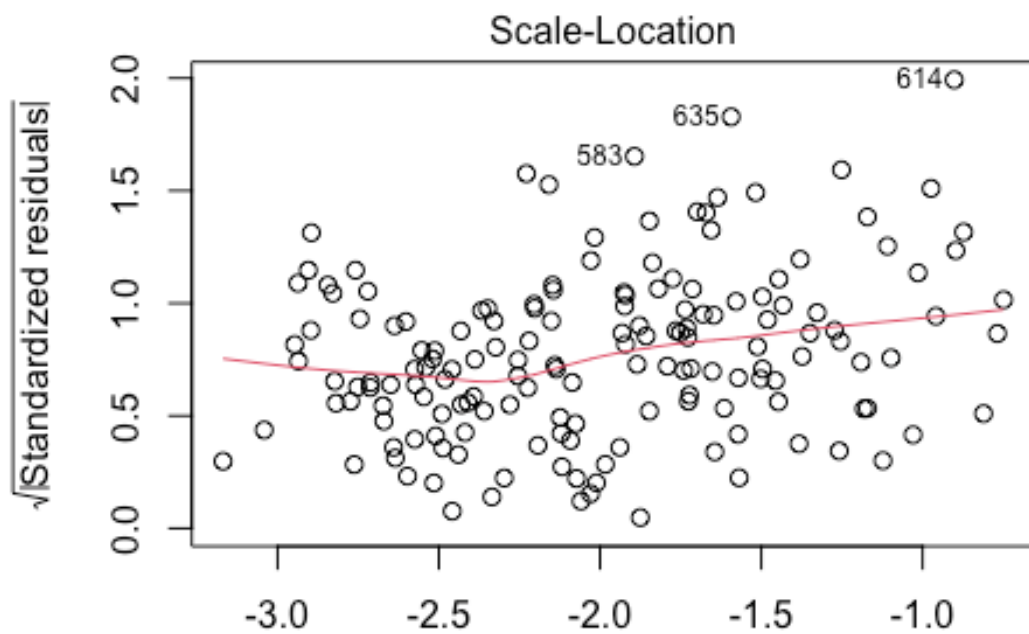
Residual standard error: 9.43 on 157 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.609, Adjusted R-squared:  0.6
F-statistic: 61.3 on 4 and 157 DF,  p-value: <2e-16
plot(wreg_Sv_4)

```

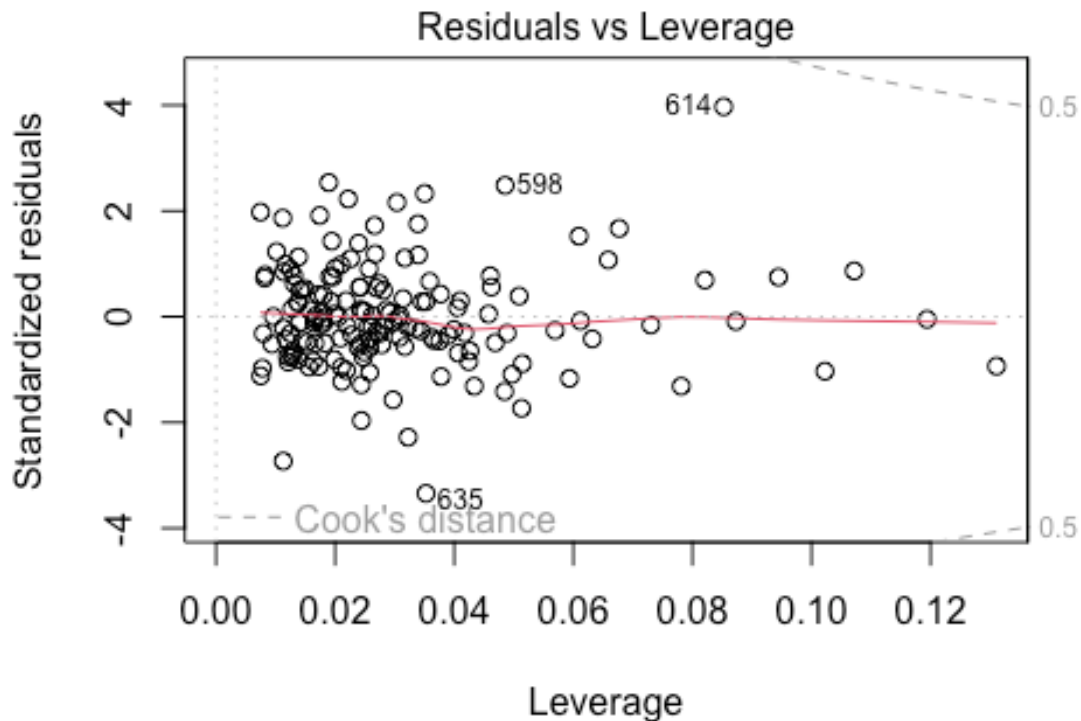




Theoretical Quantiles
 $\log(\text{PetSv}/\text{PackTourDom})) \sim \log(\text{Yclass}) + r_{\text{own}} * I(\log(p_{\text{PetSv}}/p_{\text{PackTourDom}}))$



Fitted values
 $\log(\text{PetSv}/\text{PackTourDom})) \sim \log(\text{Yclass}) + r_{\text{own}} * I(\log(p_{\text{PetSv}}/p_{\text{PackTourDom}}))$



$\log(\text{PetSv}/\text{PackTourDom}) \sim \log(\text{Yclass}) + r_own * I(\log(p_PetSv/p_$

```
wreg_Sv_5=lm(I(log(PetSv/SocialExp))~log(Yclass)+r_own*I(log(p_PetSv/p_So
cialExp)),data=X_Sv,weights = w)
summary(wreg_Sv_5)
```

Call:

```
lm(formula = I(log(PetSv/SocialExp)) ~ log(Yclass) + r_own *
    I(log(p_PetSv/p_SocialExp)), data = X_Sv, weights = w)
```

Weighted Residuals:

	Min	1Q	Median	3Q	Max
	-19.858	-3.798	0.203	4.337	18.680

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-5.1818	0.9785	-5.30	3.9e-07 *
**				
log(Yclass)	0.6578	0.0513	12.82	< 2e-16 *
**				

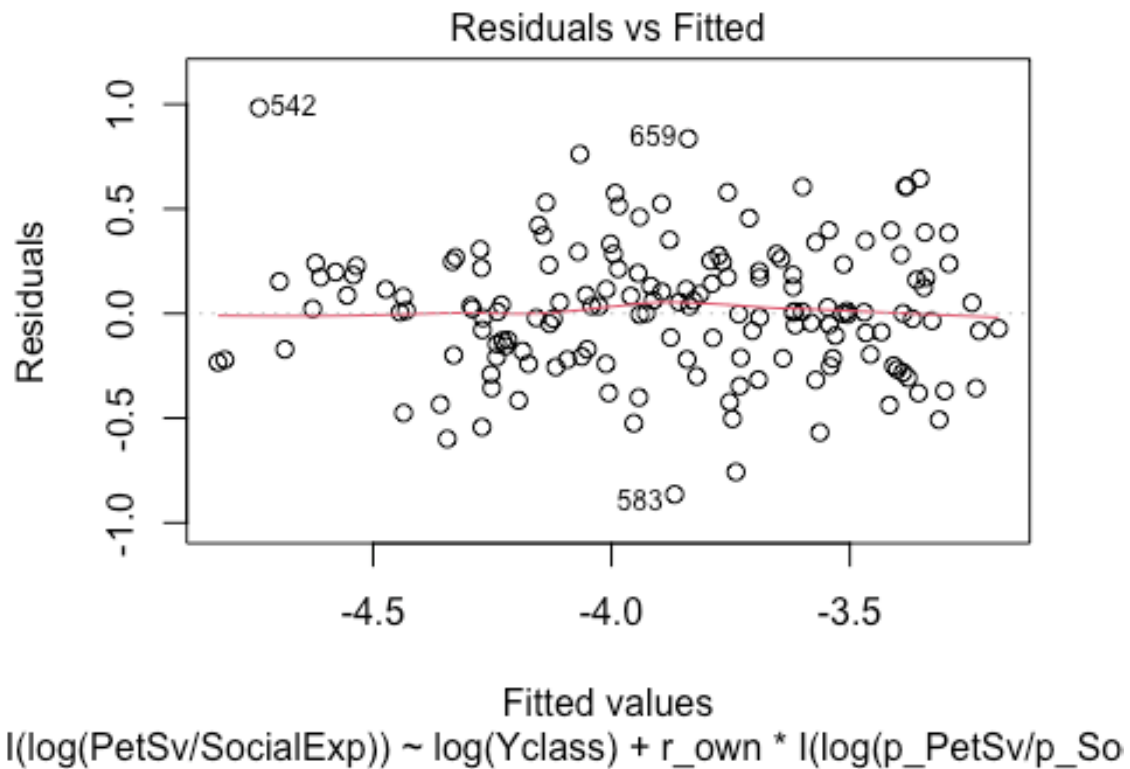
```

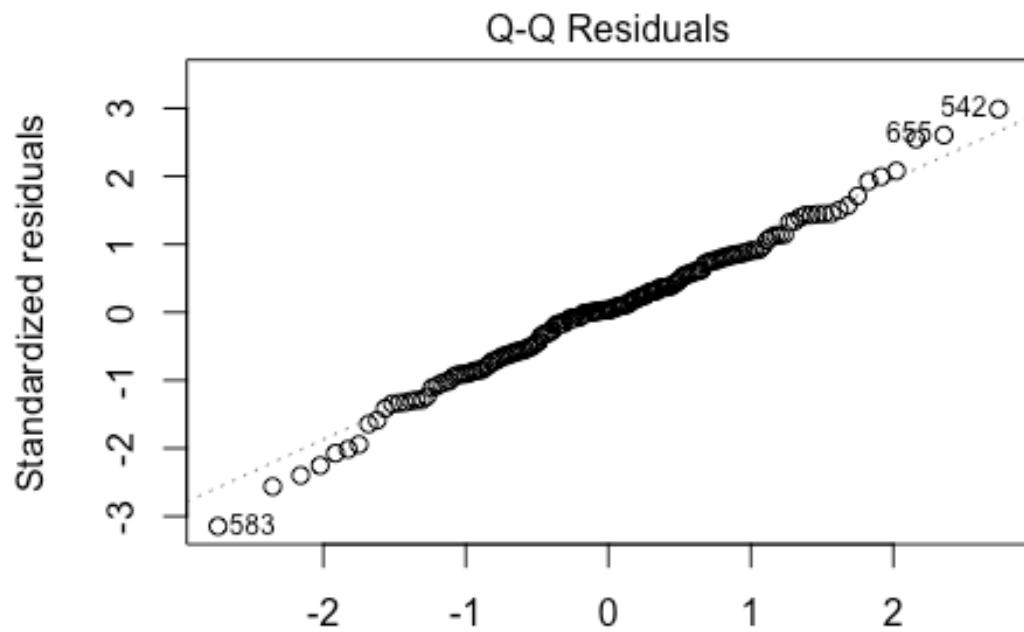
r_own                -0.0323    0.0121   -2.67    0.0083 *
*
I(log(p_PetSv/p_SocialExp))  -101.4722    36.9611   -2.75    0.0067 *
*
r_own:I(log(p_PetSv/p_SocialExp))    1.1036    0.4346    2.54    0.0121 *

---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 6.36 on 157 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.59, Adjusted R-squared:  0.58
F-statistic: 56.6 on 4 and 157 DF, p-value: <2e-16
plot(wreg_Sv_5)

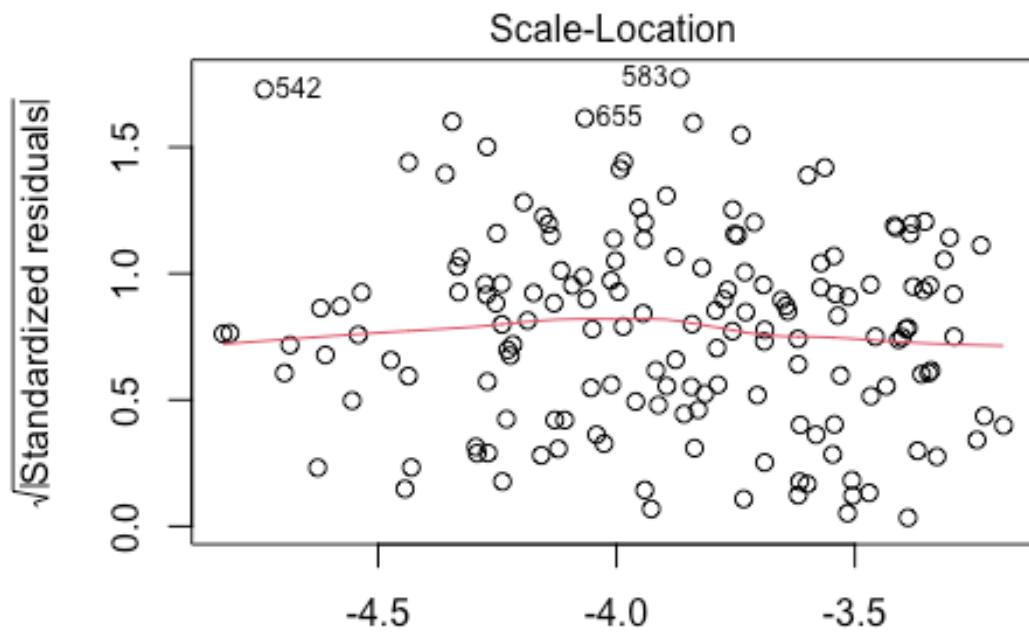
```



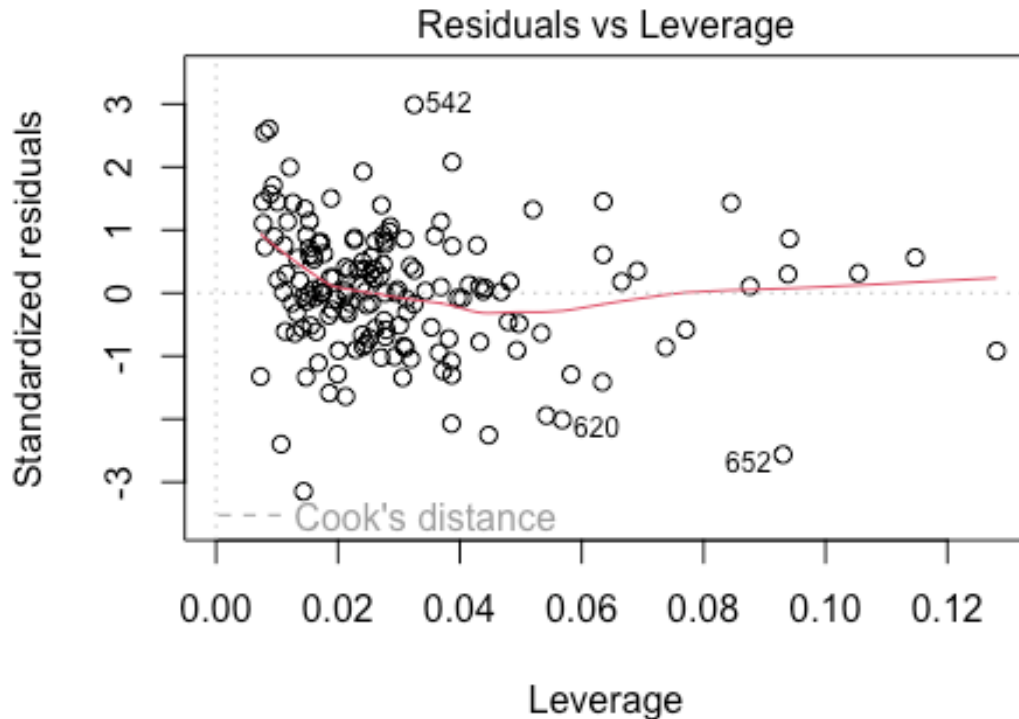


Theoretical Quantiles

$$l(\log(\text{PetSv}/\text{SocialExp})) \sim \log(\text{Yclass}) + r_{\text{own}} * l(\log(p_{\text{PetSv}}/p_{\text{So}}))$$



Fitted values
 $\text{I}(\log(\text{PetSv}/\text{SocialExp})) \sim \log(\text{Yclass}) + r_{\text{own}} * \text{I}(\log(p_{\text{PetSv}}/p_{\text{So}}))$



$\text{I}(\log(\text{PetSv}/\text{SocialExp})) \sim \log(\text{Yclass}) + r_{\text{own}} * \text{I}(\log(\text{p_PetSv}/\text{p_So})$

```
wreg_Sv_6=lm(I(log(PetSv/Tsukiai))~log(Yclass)+r_own*I(log(p_PetSv/p_Tsukiai)),data=X_Sv,weights = w)
summary(wreg_Sv_6)
```

Call:

```
lm(formula = I(log(PetSv/Tsukiai)) ~ log(Yclass) + r_own * I(log(p_PetSv/p_Tsukiai)),
    data = X_Sv, weights = w)
```

Weighted Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-25.697	-4.865	-0.021	5.509	26.526

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	3.6323	1.2746	2.85	0.005 **
log(Yclass)	-1.5101	0.0705	-21.43	< 2e-16 ***
r_own	0.0674	0.0156	4.31	2.9e-05 ***
I(log(p_PetSv/p_Tsukiai))	-44.1743	31.3143	-1.41	0.160

```
r_own:I(log(p_PetSv/p_Tsukiai)) 0.4460 0.3687 1.21 0.228
```

```
---
```

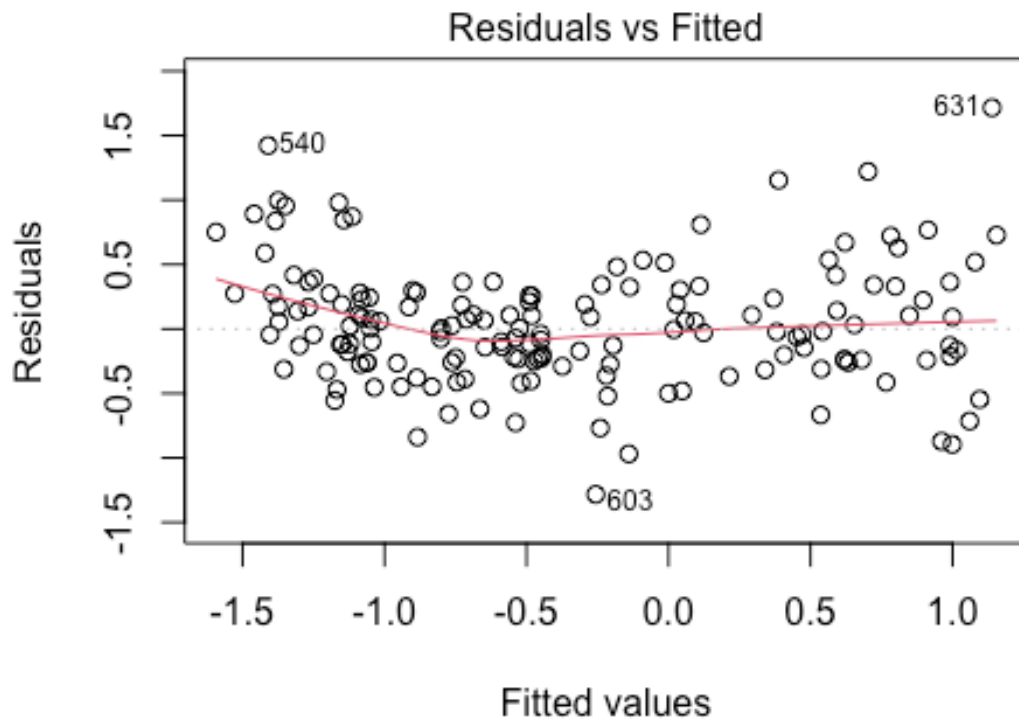
```
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```
Residual standard error: 8.73 on 157 degrees of freedom
```

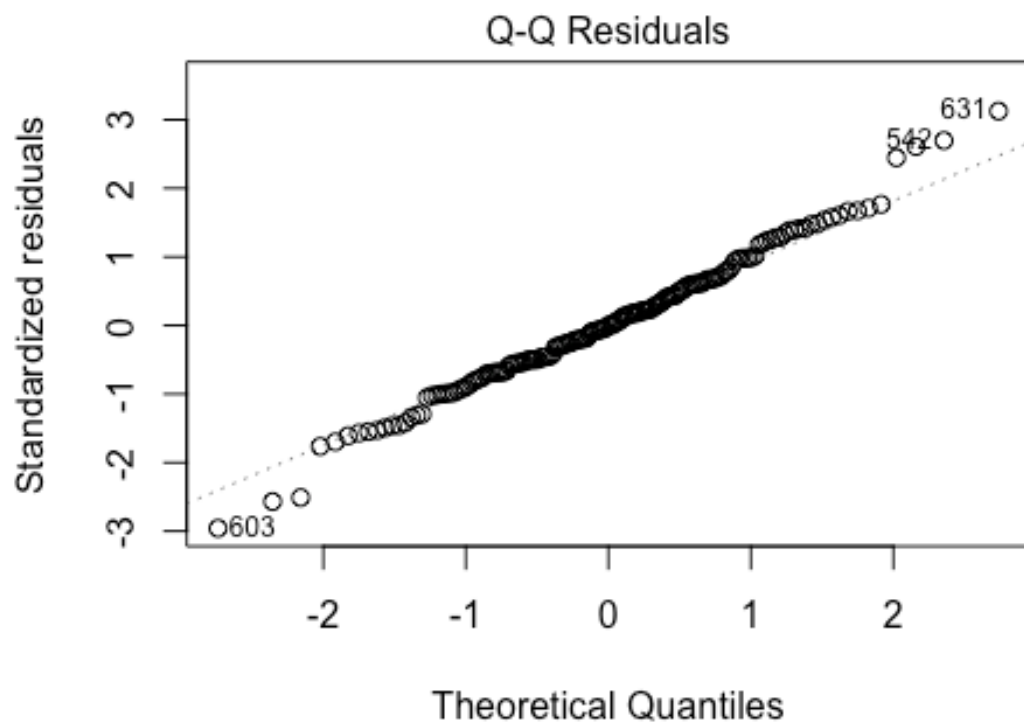
```
Multiple R-squared: 0.761, Adjusted R-squared: 0.755
```

```
F-statistic: 125 on 4 and 157 DF, p-value: <2e-16
```

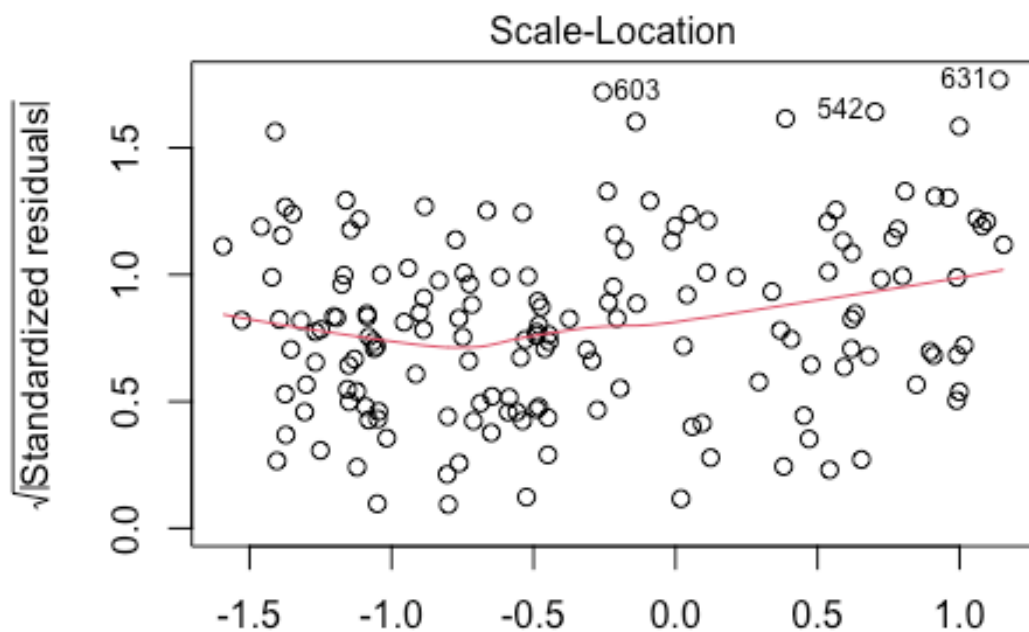
```
plot(wreg_Sv_6)
```



```
m(l(log(PetSv/Tsukiai)) ~ log(Yclass) + r_own * l(log(p_PetSv/p_Tsu
```

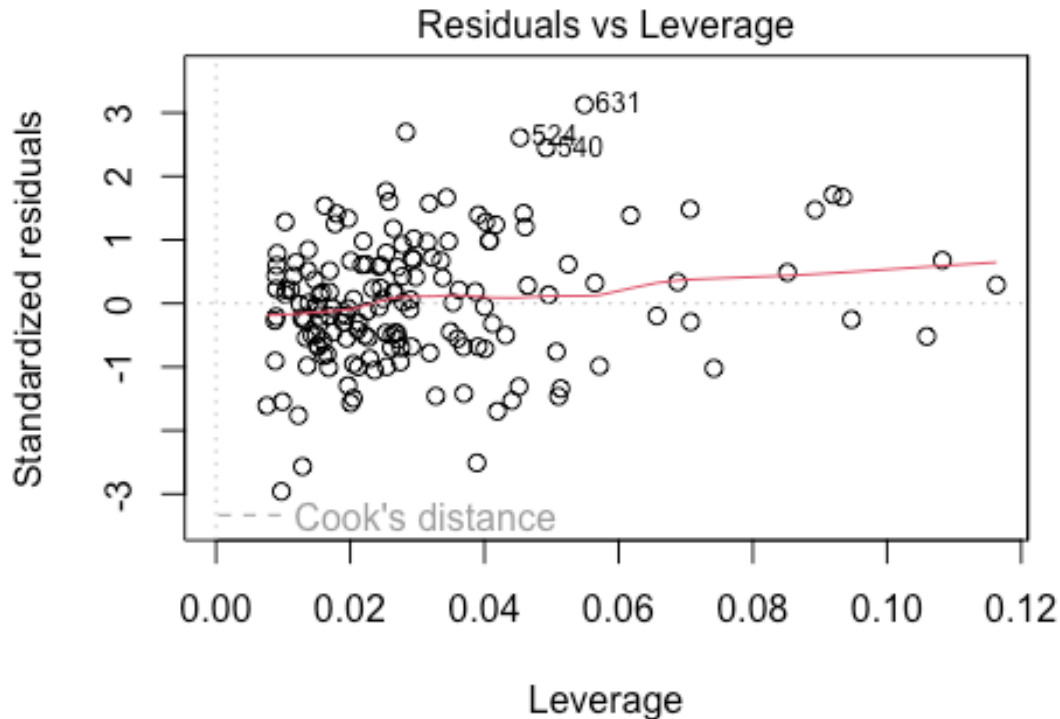


$$m(\ln(\log(\text{PetSv}/\text{Tsu}))) \sim \log(\text{Yclass}) + r_{\text{own}} * \ln(\log(p_{\text{PetSv}}/p_{\text{Tsu}}))$$



Fitted values

$m(\log(\text{PetSv}/\text{Tskiai})) \sim \log(\text{Yclass}) + r_{\text{own}} * \log(\text{p_PetSv}/\text{p_Tsu})$



$$m(l(\log(\text{PetSv}/\text{Tsukiai})) \sim \log(\text{Yclass}) + r_own * l(\log(p_PetSv/p_Tsu$$

回帰分析診断のグラフを掲載しているが、不均一分散も見られない。残差が正規分布するかどうかが一番難しいところである。自由度が 157 あるので、残差にも中心極限定理が機能すると考えられるため、漸近的正規分布に近いものと仮定する。

所得階層(Yclass)が高いほど切片が大きくなる、つまり分配係数 δ が大きくなる推定値と、逆に小さくなる推定値が混在している。

同様に、持ち家比率(r_own)が高いほど切片が大きくなることが多く観察されている。さらに、代替の弾力性の絶対値も小さくなる場合がしばしば観察されている。持ち家の家庭ほど、ペットのサービス需要と旅行需要が補完的になるという推定値も得られている。

今後、もう少し非線形の効果を計測することが残された課題となっている。さらには、別の関数形を仮定したモデルでも同じ結果が得られるのだろうかという点も検討する余地がある。より詳細な費目データを使って、今回の計測を補完することが残されている。

参考文献

- Blundell, Richard, and Thomas Stoker (2005) “Heterogeneity and Aggregation”. *Journal of Economic Literature*, vol. 43, no. 2, pp. 347-391.
- Blundell, Richard, and Thomas Stoker (2007) “Models of Aggregate Economic Relationships that Account for Heterogeneity”. Chapter 68, *Handbook of Econometrics*, volume 6A, Elsevier B.V., pp. 4609-4666.
- Deaton, Angus (1986) “Demand Analysis”. In Z. Griliches and M. D. Intriligator eds. *Handbook of Econometrics*, Vol. III, Chapter 30, Elsevier Science Publishers, pp. 1768-1839.
- Pollak, Robert A., and Terence J. Wales (1969) “Estimation of the linear expenditure system”. *Econometrica*, vol. 37, no. 4, pp. 611-628.
- Stone, Richard (1956) “Linear Expenditure Systems and Demand Analysis: An Application to the Pattern of British Demand”. *Economic Journal*, vol. 64, no. 255, pp. 511-527.
- Tsujimura, Kotaro, and Tamotsu Sato (1964) “Irreversibility of consumer behaviour in terms of numerical preference fields”. *Review of Economics and Statistics*, vol. 46, no. 3, pp. 305-319.
- 辻村江太郎『計量経済学』岩波全書，1981 年。

データの出所

- 総務省統計局『家計調査』年報各年。
- 総務省統計局『消費者物価指数』長期接続指数，2020 年基準。
- アニコム・ホールディングス『アニコム家庭動物白書』2010 年から 2023 年。