

画像の特徴量からの感性の主因子の因子得点の推定法の考察

Estimation Method of Kansei Factor Scores of Pictures from Feature Values

嶋野 雅支† 宝珍 輝尚† 野宮 浩揮†
Masashi Shimano Teruhisa Hochin Hiroki Nomiya

1. はじめに

近年、インターネット上に、画像・音・動画といったマルチメディアデータが偏在するようになってきている。これらのメディアデータを内容に基づいて検索したいという要求は古くからある。ここで、マルチメディアデータは人間に対してある種の印象を与える。たとえば、小川の写真が清涼感を与えると書いたことであり、印象に基づいてマルチメディアデータを検索したいという要求もある。宝珍らは、異なるメディアデータにまたがって印象の類似したデータを取り出すことを目指し、多種のメディアデータ間の相互の関連付けを人間の感性に基づいて行うことを目的として、画像・音・動画のマルチメディアデータを感性の主因子により対応付ける方法を提案している[1]。画像、音クリップ、動画クリップに対して印象評価実験と因子分析を用いて感性の主因子を求めたところ、共通の因子が求められ、これに基づいて検索システムを試作している。

しかし、このままでは、新たな画像等を検索対象とするには、再度評価実験を行わなければならない、使用には耐えない。そこで、任意のマルチメディアデータを利用することを目的として、各メディアデータの特徴量から推定した感性の主因子の因子得点を使用する方法を検討している[2]。そこでは、画像の特徴量から重回帰分析により推定する方法が検討されている。しかしながら十分な推定精度が得られていないという問題がある。

そこで、本論文では、印象に基づく異種メディアデータ検索システムにおいて、任意のマルチメディアデータの利用を可能とすることを目的として、画像の特徴量からの重回帰分析による感性の主因子の因子得点の推定法に新たな特徴量を追加し改良を試みる。そして、画像の特徴量と各主因子の関係について考察する。

以降、2. では先行研究について述べる。3. では主に追加した特徴量であるトーンについて述べる。4. ではトーンの利用について述べる。5. では特徴量を用いた重回帰分析を行い、6. で考察を行う。最後に 7. でまとめる。

2. 先行研究

2.1 画像に対する感性の主因子

宝珍らは、これまでに、心理学に用いられる Semantic Differential 法と因子分析により、画像・音クリップ・動画クリップに対する感性の主因子を求めている[1]。画像に対しては、40 枚の画像（風景や植物などの自然画）を、男子大学生 12 名が、SD 法により 2, 1, 0, -1, -2 の 5 段階で 16 対の印象語に対して評価し、得られた評価値の平均値を求め、因子分析を行って感性の主因子を求めて

いる。この実験の結果、画像に対しては、明快性、力量性、活動性、自然性、堅鋭性という 5 つの主因子が得られている。

2.2 特徴量からの因子得点の推定

2.1 で述べた感性の主因子を利用して、宝珍らはこれまでに、画像・音クリップ・動画クリップを印象に基づいて相互に対応付けるシステムを試作しているが、このままでは、実験で使用した以外のデータを利用することができない。

そこで、任意のデータの利用を可能にすることを目的として、重回帰分析により、画像の特徴量から感性の主因子の因子得点を推定する方法について検討している[2]。使用した 78 個の特徴量の中で回帰係数の推定に使用したものを表 1 に示す。

まず、線形の重回帰分析を行い、78 個の特徴量から特徴量を選択する。重回帰分析における変数選択には変数増減法を使用している。これらを用いて因子得点を推定した場合の推定の精度となる重相関係数は、明快性が 0.77、力量性が 0.38、活動性が 0.68、自然性が 0.78、堅鋭性が 0.82 となっている。次に選択した特徴量に対して、二次の項を考慮して再度重回帰分析を行う。二次の項とは、2 つの特徴量の積で表わされる項のことである。その結果、重相関係数は、それぞれ、0.99, 0.74, 0.99, 0.99, 0.82 となった。堅鋭性は二次の項は関与しなかった。二次の項を考慮することにより推定精度を向上させている。

3. トーン

主に追加した特徴量は、トーンに関するものである。トーンは明暗の違いを生む輝度（明度）と、派手・地味の違いに関わる彩度の相互の関連のもとに成り立っている。色相が違っていても、明暗・濃淡・派手・地味というように、どの色相にも共通した色の調子があり、この色の調子をトーンと呼ぶ[3]。

明度軸と彩度軸の 2 次元で表わしたものがトーン図である。トーン図には PCCS (Practical Color Coordinate System) [4]のものがある。PCCS とは財団法人日本色彩研究所がカラーハーモニーの問題をシステムティックに解決することを主な目的として開発し、1964 年に発表したカラーシステムである。日本色研事業株式会社のウェブページに掲載のトーン図では、有彩色のトーンは v, br, st, dp, lt, sf, dl, dk, pl, ltg, gr, dkg の 12 種類、無彩色のトーンは wh, lgy, mgy, dkg, bk の 5 種類あり、色相は 12 種類ある。PCCS のトーン図の概略を図 1 に示す。

† 京都工芸繊維大学, Kyoto Institute of Technology

表 1: 先行研究の特徴量

f	特徴量
f1	彩度の平均値
f2	c1の平均値
f3	トーン平面での距離
f4	トーン平面での彩度軸からの角度
f5	トーン平面での輝度(明度)軸からの角度
f6	最大彩度領域の比
f7	色相(値)の最大値
f8	最大の色相の画素数
f9	最大の色相の画素数の比
f10	第二の色相の画素数
f11	第二の色相の画素数の比
f12	第四の色相の画素数
f13	第四の色相の画素数の比
f14	最大の3色相の画素数
f15	最大の3色相の画素数の比
f16	最大の4色相の画素数
f17	最大2色相の加重平均
f18	最大3色相の加重平均
f19	最大の2色相の距離
f20	最大の2色相の平均値
f21	最大4色相の平均値
f22	XYZ表色系のXの平均値
f23	(XYZ表色系の)X/(X+Y+Z)の平均値
f24	(UCS色度図の)u*の平均値
f25	カラーテレビ信号のIの平均値
f26	カラーテレビ信号のQの平均値
f27	彩度の2次元DFTのパワースペクトルの横方向の傾き
f28	彩度のパワースペクトルの傾きと-1との差
f29	f28の絶対値

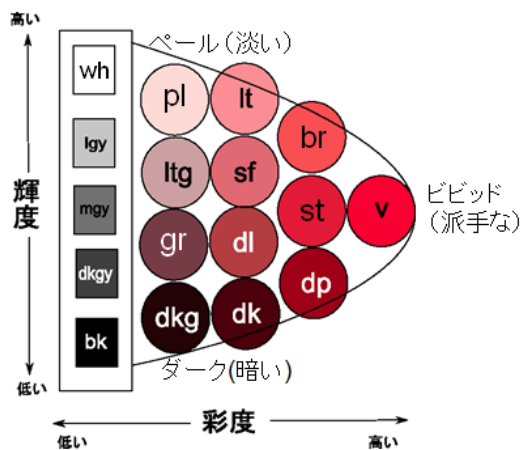


図 1: トーン図

4. トーンの利用

トーン図から各色相のそれぞれのトーンの輝度・彩度・色相の値が得られる。その値を用いてある色がどのトーンに近いかを判定するような各トーンの輝度・彩度・色相の範囲を決定することにする。具体的には、前述のウェブページのトーン図の画像の 12 種類の色相ごとの有彩色の 12 種類のトーンと無彩色の 5 種類のトーンから輝度・彩度・色相の値を入手し、ある隣り合う色相同士の色相の値の平均値をそれら 2 つのトーンの境界とし、色相ごとの色相値の範囲を決める。また、隣り合うトーン同士の色相の値の平均値をそれらのトーンの境界とし、トーンごとの輝度、彩度の値の範囲を決

める。ある色に対して、決定した色相値の範囲から、まず 12 種類のうちのどの色相かを判別し、次に、輝度と彩度の範囲によってどのトーンかを判別する。このようにして得られた画像のそれぞれのトーン、色相の割合を特徴量にする。

ここでは、12 種類の色相の色相値 hue が $93 \leq \text{hue} < 116$ の範囲(赤色)を色相 2、そこから色相環の時計回りに色相 4, 色相 6, ...色相 24 という名前を付与する。この色相と色相名の対応を図 2 に示す。また、各色相の色相値 hue の範囲を表 2 に示す。



図 2: 色相

表 2: 12 色相における色相の範囲

色相	色相値hueの範囲
色相2	$93 \leq \text{hue} < 116$
色相4	$116 \leq \text{hue} < 135$
色相6	$135 \leq \text{hue} < 155$
色相8	$155 \leq \text{hue} < 174$
色相10	$174 \leq \text{hue} < 207$
色相12	$207 \leq \text{hue} < 251$
色相14	$251 \leq \text{hue} < 286$
色相16	$286 \leq \text{hue} < 315$
色相18	$315 \leq \text{hue} < 344$
色相20	$344 \leq \text{hue}$ または $\text{hue} < 17$
色相22	$17 \leq \text{hue} < 58$
色相24	$58 \leq \text{hue} < 93$

5. 分析

5.1 因子得点の推定法

40 枚の画像の 5 つの主因子それぞれの因子得点を目的変数、画像の特徴量を説明変数とした重回帰分析を行う。重回帰分析には R を使い、指定した説明変数の中から重要性の高い順に説明変数を選択するステップワイズ変数選択法[5]を用いる。

特徴量の二次の項を考慮した重回帰分析について説明する。まず、特徴量間の相関の強い特徴量の一方を削除する。これは多重共線性の問題を回避するためである。特徴量同士の相関係数を求め、ある閾値を設定してその

値より相関係数の絶対値の大きい特徴量のどちらか一方を削除する。次に、このように選択した特徴量の二次の項を考慮する。ここでも、多重共線性の問題を回避するために、二次の項を考慮した後の特徴量の対しても相関の強い特徴量の方を削除する。このようにして得られた特徴量を用いて、重回帰分析を行う。

5.2 先行研究の精度の確認

ここでは、先行研究と同じ特徴量を用いて重回帰分析を行い、先行研究の推定精度の確認を行った。ただし、「彩度のパワースペクトルの傾きと-1との差」と「その絶対値」という特徴量は全データで同じ値となったので、絶対値を除いた28個の特徴量で二次の項を考慮し、相関の強い特徴量の方を削除した。ここでは、相関係数の絶対値が0.7より大きい特徴量の方を削除した。このようにして得た特徴量を使用して重回帰分析を行った。その結果、推定の精度を示す重相関係数は明快性が0.56、活動性は0.32、自然性が0.71、堅鋭性が0.43となった。力量性に関しては、説明変数は得られなかった。

本研究では、先行研究と以下の違いがある。

- ・画像の周りの黒い部分を取り除いている。
- ・周波数領域の特徴量は二次元フーリエ変換のものである。

5.3 分析

画像処理によって得た56個の特徴量から、特徴量間の相関係数を求め、絶対値が0.7より大きいもの一方の特徴量を削除した。ただし、ここでは、この56個の特徴量を説明変数とした重回帰分析を5つの主因子に対して行い、説明変数に選ばれた特徴量は、相関係数の絶対値が0.7より大きくても残している。このようにして得た35個の特徴量gを表3に示す。ここで、残した特徴量は次のものである。ただし、[]に相関係数を示す。

- ・g16とg20 [0.76]
- ・g16とg31 [0.73]
- ・g2とg35 [-0.87]

次に、これらの特徴量の二次の項を考慮する。35個の特徴量に対して二次の項を考慮すると、665個の特徴量が得られる。この特徴量から相関の高い特徴量を排除する。ここでは、相関係数の絶対値が0.7より大きいもの一方を削除した。この結果、98個の特徴量を得た。

これらの特徴量で重回帰分析を行ったところ重相関係数は明快性が0.58、力量性が0.86、活動性が0.71、自然性が0.83、堅鋭性が0.94となった。特徴量gの二次の項を考慮した場合の重回帰分析の結果、5つの主因子に対する説明変数に選ばれた特徴量とその偏回帰係数、標準化偏回帰係数をまとめて表4に示す。各トーンの割合と各色相の割合は略称で載せている。

表 3: 特徴量 g

g	特徴量
g1	Gの平均値
g2	彩度の平均値
g3	トーン平面での彩度軸からの角度
g4	最大の色相の画素数の比
g5	第二の色相の画素数の比
g6	第三の色相の画素数の比
g7	第四の色相の画素数の比
g8	最大の2色相の距離
g9	第二第三の2色相の距離
g10	第二第三の2色相の平均値
g11	最大の色相に対する赤・青の度合い
g12	トーンstの割合
g13	トーンdpの割合
g14	トーンltの割合
g15	トーンdlの割合
g16	トーンdkの割合
g17	トーンplの割合
g18	トーンltgの割合
g19	トーンgrの割合
g20	トーンdkgの割合
g21	トーンwhの割合
g22	トーンlgyの割合
g23	トーンdkgyの割合
g24	トーンbkの割合
g25	色相20の割合
g26	色相22の割合
g27	色相24の割合
g28	色相2の割合
g29	色相4の割合
g30	色相6の割合
g31	色相10の割合
g32	色相12の割合
g33	色相18の割合
g34	彩度の2次元DFTのパワースペクトルの平均値
g35	彩度の2次元DFTのパワースペクトルの横方向の傾き

5.4 特徴量の再考

推定精度が低いので特徴量を再考して再び重回帰分析を行う。明快性、活動性に対して、特に精度が低かったため、先行研究[2]の二次の項を考慮した場合の、明快性と活動性の説明変数に選ばれている特徴量を追加して特徴量の再考を行う。特徴量を追加し、再考して得た52個の特徴量から相関の高い特徴量を削除する。ここでは、特徴量同士の相関係数の絶対値が0.8より大きいものを削除した。このようにして得られた35個の特徴量hを表5に示す。

次に5.2と同様にこれらの特徴量の二次の項を考慮する。ここでは相関係数の絶対値が0.7より大きい特徴量の方を削除した。この結果95個の特徴量を得た。これらの特徴量で重回帰分析を行ったところ、重相関係数はそれぞれ、明快性が0.67、力量性が0.59、活動性が0.96、自然性が0.80、堅鋭性が0.96となった。特徴量hの二次の項を考慮した場合の重回帰分析の結果、5つの主因子に対する説明変数に選ばれた特徴量とその偏回帰係数、標準化偏回帰係数をまとめて表6に示す。

表 4: 特徴量 g(2 次の項)での分析結果

(a)明快性(0.58)

説明変数	偏回帰係数	標準化偏回帰係数
g1(Gの平均値)	-1.96E-02	-5.80E-01
定数項	2.30E+00	

(b)力量性(0.86)

説明変数	偏回帰係数	標準化偏回帰係数
g20(dkg)*g30(色相6)	3.68E-03	2.54E-01
g21(wh)*g23(dkgy)	1.57E-02	3.75E-01
g16(dk)*g22(lgy)	2.69E-02	5.79E-01
g12(st)*g18(ltg)	-9.54E-02	-5.02E-01
g16(dk)*g19(gr)	-1.65E-03	-3.33E-01
g6(第三の色相の画素数の比)	-1.92E+01	-3.92E-01
g2(彩度の平均値)	2.24E-02	3.47E-01
定数項	6.90E-01	

(c)活動性(0.71)

説明変数	偏回帰係数	標準化偏回帰係数
g17(pl)*g23(dkgy)	4.58E-02	6.70E-01
g18(ltg)*g26(色相22)	-1.63E-02	-7.11E-01
g18(トーンltgの割合)	5.65E-02	6.83E-01
g22(トーンlgyの割合)	-1.94E-01	-3.89E-01
定数項	-2.80E-01	

(d)自然性(0.83)

説明変数	偏回帰係数	標準化偏回帰係数
g13(dp)*g23(dkgy)	1.25E-02	2.81E-01
g2(彩度の平均値)	-2.12E-02	-3.17E-01
g18(トーンltgの割合)	-4.68E-02	-4.45E-01
g4(最大の色相の画素数の比)	-4.56E+00	-2.62E-01
g21(wh)*g33(色相18)	-2.05E-03	-2.62E-01
定数項	2.36E+00	

(e)堅鋭性(0.94)

説明変数	偏回帰係数	標準化偏回帰係数
g21(wh)*g33(色相18)	2.82E-03	3.57E-01
g14(lt)*g23(dkgy)	4.35E-02	9.89E-01
g18(ltg)*g23(dkgy)	-1.16E-02	-4.69E-01
g11(最大の色相に対する赤・青の度合い)*g19(gr)	-3.59E-04	-6.16E-01
g7(第四の色相の画素数の比)	1.15E+01	1.81E-01
g11(最大の色相に対する赤・青の度合い)*g18(ltg)	4.16E-04	5.58E-01
g14(トーンltgの割合)	-6.18E-02	-4.24E-01
g16(dk)*g18(ltg)	-3.06E-03	4.92E-01
定数項	-7.07E-01	

6. 考察

表 7 に、それぞれの主因子の重相関係数の大きい方の値と、どちらの特徴量を使用しているかを示す。それぞれの主因子で重相関係数が大きい特徴量と因子との関係を考察する。

明快性では、h1 より、明度の平均値が大きくなると、明快性は小さくなる。h32 より色相 4 (赤橙色) の割合が多いと、明快性は大きくなる。h11*h17 より、第二第三の色相の距離が大きくなり、かつ、トーン st の割合が多いと明快性は小さくなる。

表 5: 特徴量 h

h	特徴量
h1	明度の平均値
h2	彩度の平均値
h3	トーン平面での彩度軸からの角度
h4	最大彩度領域の比
h5	色相(値)の最大値
h6	最大の色相の画素数の比
h7	第二の色相の画素数の比
h8	第三の色相の画素数の比
h9	第四の色相の画素数の比
h10	最大の2色相の距離
h11	第二第三の2色相の距離
h12	最大4色相の平均値
h13	(XYZ表色系)Z/(X+Y+Z)の平均値
h14	最大の色相に対する赤・青の度合い
h15	トーンvの割合
h16	トーンbrの割合
h17	トーンstの割合
h18	トーンltgの割合
h19	トーンdlの割合
h20	トーンdkの割合
h21	トーンplの割合
h22	トーンltgの割合
h23	トーンgrの割合
h24	トーンwhの割合
h25	トーンlgyの割合
h26	トーンdkgyの割合
h27	トーンbkの割合
h28	色相20の割合
h29	色相22の割合
h30	色相24の割合
h31	色相2の割合
h32	色相4の割合
h33	色相6の割合
h34	色相12の割合
h35	彩度の2次元DFTのワースペクトルの平均値

力量性では、標準化偏回帰係数の大きいところに着目すると、g16*g22 よりトーン dk の割合が多く、かつ、トーン lgy の割合が多いと力量性は大きくなる。標準化偏回帰係数の小さいところに注目すると、g12*g18 より、トーン st の割合が多く、かつ、トーン ltg の割合が多いと力量性は小さくなる。

活動性では、標準化偏回帰係数の大きいところに着目すると h21*h26 より、トーン pl の割合が多く、かつ、トーン dkgy の割合が多いと活動性は大きくなる。また、h22 より、トーン ltg の割合が多くなると活動性は大きくなる。標準化偏回帰係数の小さいところに着目すると、h1 より、明度の平均値が大きくなると、活動性は小さくなる。

自然性では、g13*g23 より、トーン dp の割合が多く、かつ、トーン dkgy の割合が多いと自然性は大きくなる。また、g2 より、彩度の平均値が大きくなると、自然性は小さくなる。g18 より、トーン ltg の割合が多いと自然性は小さくなる。g4 より、最大の色相の画素数の比が大きくと自然性は小さくなる。g21*g33 より、トーン wh の割合が多く、かつ、色相 18 の割合が多いと自然性は小さくなる。

表 6: 特徴量 h(2 次の項)での分析結果

(a)明快性(0.67)

特徴量	偏回帰係数	標準化偏回帰係数
h1(明度の平均値)	-2.29E-02	-7.30E-01
h32(色相4の割合)	7.13E-02	3.59E-01
h11(第二第三の2色相の距離)*h17(st)	-1.01E-02	-2.79E-01
定数項	2.47E+00	

(b)力量性(0.59)

特徴量	偏回帰係数	標準化偏回帰係数
h22(itg)*h27(bk)	1.68E-02	1.00E-03
h24(wh)*h26(dkgy)	1.86E-02	4.43E-01
定数項	-5.40E-01	

(c)活動性(0.96)

特徴量	偏回帰係数	標準化偏回帰係数
h21(pl)*h26(dkgy)	4.76E-02	6.96E-01
h22(itg)*h29(色相22)	-7.94E-03	-3.47E-01
h22(トーンitgの割合)	4.24E-02	5.13E-01
h22(itg)*h27(bk)	-1.75E-02	-6.47E-01
h34(色相12の割合)	-6.17E-02	-6.33E-01
h1(明度の平均値)	-2.63E-02	-1.03E+00
h8(第三の色相の画素数の比)	-2.18E+01	-5.85E-01
h16(br)*h30(色相24)	-2.81E-02	-4.79E-01
h16(br)*h22(itg)	6.78E-03	3.55E-01
h22(itg)*h26(dkgy)	-6.38E-03	-3.33E-01
h10(最大2色相の距離)*h19(dl)	-6.76E-04	-2.46E-01
h15(v)*h17(st)	1.75E-02	1.89E-01
h11(第二第三の2色相の距離)	3.33E-03	2.47E-01
h3(トーン平面での彩度軸からの距離)*h19(dl)	-8.37E-04	-2.27E-01
定数項	5.67E+00	

(d)自然性(0.80)

特徴量	偏回帰係数	標準化偏回帰係数
h26(トーンdkgyの割合)	1.27E-01	4.11E-01
h1(明度の平均値)*h12(最大4色相の平均値)	-4.59E-05	-3.13E-01
h16(br)*h23(gr)	4.50E-03	2.93E-01
h1(明度の平均値)*h20(dk)	4.84E-04	3.84E-01
h20(dk)*h22(itg)	-2.98E-03	-2.82E-01
定数項	-6.91E-02	

(e)堅鋭性(0.96)

特徴量	偏回帰係数	標準化偏回帰係数
h16(br)*h24(wh)	1.57E-02	5.06E-01
h18(it)*h26(dkgy)	3.01E-02	6.83E-01
h22(itg)*h26(dkgy)	-6.51E-03	-2.64E-01
h9(第四の色相の画素数の比)	1.84E+01	2.92E-01
h23(トーンgrの割合)	-2.58E-02	-2.85E-01
h16(br)*h30(色相24)	-1.88E-02	-2.50E-01
h24(トーンwhの割合)	-4.68E-02	-2.95E-01
h17(st)*h33(色相6)	4.89E-02	3.53E-01
h15(v)*h17(st)	-2.99E-02	-2.50E-01
h20(dk)*h22(itg)	-1.74E-03	-1.63E-01
定数項	-1.27E+00	

表 7: 重相関係数

因子	重相関係数	特徴量
明快性	0.67	h
力量性	0.86	g
活動性	0.96	h
自然性	0.83	g
堅鋭性	0.96	h

堅鋭性では、標準化偏回帰係数の大きいところに着目すると、h18*h26 より、トーン lt の割合が多く、かつ、トーン dkgy の割合が多いと堅鋭性は大きくなる。また、h16*h24 より、トーン br の割合が多く、かつ、トーン wh の割合が多いと堅鋭性は大きくなる。標準化偏回帰係数の小さいところに着目すると、h24 よりトーン wh の割合が多いと堅鋭性は小さくなる。

7. おわりに

印象に基づく異種メディアデータ検索システムにおいて、任意の画像データを利用可能とすることを目的として、画像の特徴量を用いた重回帰分析による感性の主因子の因子得点の推定法に新たな特徴量を追加し重回帰分析を行い、主因子と特徴量の考察を行った。新たな特徴量を追加し、特徴量の相関の強いものの一方を削除する方法で特徴量を選択し、二次の項を考慮し、さらにその中で相関の強いものの一方を削除するという操作で絞り込んだ特徴量を用いて重回帰分析を行った。先行研究[2]で推定精度の低かった力量性と堅鋭性の精度を向上させることができたが、全体的には実用的な精度は得られていない。また、特徴量の再考により、分析の精度を上げることができた。

今後は、推定精度を向上させるために、新たな特徴量の追加を行う。また、先行研究の推定精度の確認で、推定精度の差があったので、特徴量抽出法の見直しも行う。

参考文献

- 1) 宝珍輝尚, 都司達夫: 印象に基づくマルチメディアデータの相互アクセス法, 情処論, Vol.43, No.SIG 2(TOD13), 2002.
- 2) 宝珍輝尚, 都司達夫: 画像の特徴量からの感性の主因子の因子得点の推定, 情報処理学会第 63 回(平成 13 年後期) 全国大会, 3-229-230, 2001.
- 3) 小林重順: カラーシステム, 日本カラーデザイン研究所(編), 講談社, 1987.
- 4) 日本色研事業株式会社: 日本色研事業株式会社 Homepage, <<http://www.sikiken.co.jp/pccs/pccs04.html>>
- 5) 青木繁伸: R-重回帰分析(ステップワイズ変数選択), おしゃべりな部屋(プラネタリウム, 星, 植物, 熱帯魚, 統計学), <<http://aoki2.si.gunma-u.ac.jp/R/sreg.html>>