カーペットの手触りの良さに関する研究

—— 重回帰分析による偏回帰係数の解釈 ——

出　羽　秀　明

An Analysis of Hand Feeling of Carpets

——Some Aspects of the Partial Regression Coefficient by the Multiple Regression Analysis——

Hideaki Dewa

1. 緒　　言

近年繊維製品に関する官能検査の報告は非常に多く，人間の主観的な官能量の解析や，それらの官能量と客観的な物理特性値との対応などが試みられている[1),2)他]。これは繊維製品に対する人間の感覚的要素の重要性，さらには嗜好的要素の増大を示すものであるが，一方電子計算機の進歩にともなって急速に発展した多変量解析法により，多面的な人間の感覚特性の解析が容易になってきたことも一つの原因である。著者は先にカーペットの総合的な官能量である手ざわりの良さに関して，基本的な官能量である圧縮のかたさ，表面のやわらかさ，及び表面のなめらかさとの関係を見い出すために，多変量解析法のなかの重回帰分析法を用い検討した[3)]。その際，データによっては個々の偏回帰係数が各説明変数への寄与の程度に一致していないもの，また説明変数と目的変数との間に正の相関があるにもかかわらず，偏回帰係数が負になるものさらに解法により偏回帰係数が異なるなどその結果の解釈や使い方などに多くの疑問点が生じた。重回帰分析法は，多くの説明変数をその一次結合として一つの外部変数と対応させることができる最も身近な分析法として多変量解析の中では特によく用いられており文献も多い[(4,5)]。しかしその多くは計算解法のみに主眼がおかれ，実際のデータに適用した場合に生ずる問題について解説したものはほとんどなく誤用も散見される。

本報では，特に偏回帰係数の解釈に関して説明変数の目的変数への寄与の程度，及びその解釈について先のデータ[3)]を用いて検討してみた。

2. 重回帰分析

2·1 偏回帰係数

重回帰分析は，P 個の説明変数 X_1，X_2，…… X_p に関する知識にもとづいて，目的変数 Y に関する情報を得ようとするもので，一般に(1)式のモデルで表わされている。

$$Y=b_0+b_1X_1+b_2X_2+\cdots\cdots\cdots+b_pX_p+\varepsilon \tag{1}$$

重回帰式を求めることは，Y に最も近い推定値 $\hat{Y}$ が求められるように係数 $b_0 \sim b_p$ を求めることで，回帰による残差の平方和 $S=(Y-\hat{Y})^2=\sum\{Y-(b_0+b_1X_1+\cdots\cdots b_pX_p)\}^2$ が最小になるようにするか，又は Y と $\hat{Y}$ の相関が最も高くなるようにする。これは単回帰分析と同様に，ガウスの最小二乗法により得られた連立方程式（正規方程式）を解けばよい。正規方程式の解法には種々あるが，一般にガウス・ジョルダンの方法（掃き出し法）が用いられている[6]。

ここで簡単に説明変数が X_1，X_2 の2つの場合を考えてみるとその回帰式，及び正規方程式は (2)，(3) 式で示される。

$$Y=b_0+b_1X_1+b_2X_2 \tag{2}$$

$$\left.\begin{aligned}&b_0n+b_1\sum X_1+b_2\sum X_2=\sum Y\\&b_0\sum X_1+b_1\sum X_1^2+b_2\sum X_1X_2=\sum X_1Y\\&b_0\sum X_2^2+b_1\sum X_1X_2+b_2\sum X_2^2=\sum X_2Y\end{aligned}\right\} \tag{3}$$

(3) 式をガウス・ジョルダンの方法により解くと偏回帰係数 b_1，b_2 は (4) 式となる。

$$\left.\begin{aligned}&b_2=(S_{2Y}S_{11}-S_{12}S_{1Y})/(S_{22}S_{11}-S^2{}_{12})\\&b_1=(S_{1Y}/S_{11})-(S_{12}/S_{11})\cdot b_2\end{aligned}\right\} \tag{4}$$

同様に説明変数が X_1，X_2，X_3 の3つの場合，回帰式，及び正規方程式は (5)，(6) 式となり (6) 式から偏回帰係数 b_1，b_2，b_3 が求められる。

$$Y=b_0+b_1X_1+b_2X_2+b_3X_3 \tag{5}$$

$$\left.\begin{aligned}&b_0n+b_1\sum X_1+b_2\sum X_2+b_3\sum X_3=\sum Y\\&b_0\sum X_1+b_1\sum X_1^2+b_2\sum X_1X_2+b_3\sum X_1X_3=\sum X_1Y\\&b_0\sum X_2+b_1\sum X_1X_2+b_2\sum X_2^2+b_3\sum X_2X_3=\sum X_2Y\\&b_0\sum X_3+b_1\sum X_1X_3+b_2\sum X_3X_2+b_3\sum X_3^2=\sum X_3Y\end{aligned}\right\} \tag{6}$$

$$\left.\begin{aligned}&b_3=\{(S_{3y}-S_{31}\cdot S_{1Y}/S_{11})-A\cdot B\}/\{(S_{33}-S_{31}\cdot S_{13}/S_{11})-A\cdot C\}\\&b_2=B-C\cdot b_3\\&b_1=\{S_{1Y}/S_{11}-S_{12}/S_{11}\cdot B\}-\{S_{13}/S_{11}-S_{12}/S_{11}\cdot C\}\cdot b_3\end{aligned}\right\} \tag{7}$$

ここで，$A=S_{32}-S_{31}\cdot S_{12}/S_{11}$

$B=(S_{2Y}-S_{21}\cdot S_{1Y}/S_{11})/(S_{22}-S_{21}\cdot S_{12}/S_{11})$

$C=(S_{23}-S_{21}\cdot S_{13}/S_{11})/(S_{22}-S_{21}\cdot S_{12}/S_{11})$

(7) 式において，B は (4) 式の b_2 に，b_1 の右辺第1項は同じく (4) 式の b_1 に等しくなる。

即ちガウス・ジョルダンの方法では，掃き出しの回数により回数に等しい説明変数における偏回帰係数が求められる。同様にして説明変数が P 個の場合の (1) 式の偏回帰係数も求めることができる。

2.2 偏回帰係数の t 一値

もともと重回帰分析法は，個々の説明変数が目的変数をどのくらい説明するか調べることを目的としておらず，単に与えられた説明変数群でより寄与率（重相関係数 R^2）の高い推定式を得るための係数を定める一つの数学的手法にすぎない。従って個々の説明変数に対する偏回帰係数は，目的変数への寄与の程度を示すとは限らず，それら相互の比較は無意味であり個々の説明変数の目的変数に対する相関性の強さは，偏相関係数によって与えられる。しかし実際のデータに重回帰分析法を適用した場合，得られた重回帰式の意味を解釈するために説明変数相互の間の寄与の程度を知る必要がある。偏回帰係数の t 値の計算検定は，それぞれの偏回帰係数の重要性，寄与の大きさを調べるための一つの手法であり，重回帰式における変数選択の手法としてしばしば用いられている。

t 値は，回帰式の係数の安定性の検定として回帰係数の分散を調べるもので，$V(b_i)=\sigma^2,$ C_{ii} の誤差の分散 σ^2 を残差不偏分散 V_r で置き換えた (8) 式で与えられる。

$$t_i=b_i/\sqrt{C_{ii}\cdot V_r} \tag{8}$$

ここで C_{ii} は正規方程式の係数行列の逆行列における対角要素であり V_r は一定であるから，t 値は C_{ii} によって定まる。

説明変数が2つの場合 C_{11}，C_{22} の値は (9) 式で与えられる。

$$\left.\begin{aligned} C_{22}&=1/(S_{22}-S^2{}_{12}/S_{11}) \\ C_{11}&=1/S_{11}+(S_{12}/S_{11})^2\cdot C_{22} \end{aligned}\right\} \tag{9}$$

さらに説明変数が3つの場合 C_{11}，C_{22}，C_{33} を求めてみると (10) 式となる。

$$\left.\begin{aligned} C_{33}&=1/(D-A\cdot C) \\ C_{22}&=E\{1-C\cdot(-A)\cdot C_{33}\} \\ C_{11}&=(1/S_{11}-S_{12}/S_{11}\cdot F)-(S_{13}/S_{11}-S_{12}/S_{11}\cdot C)\cdot \\ &\qquad\{(-S_{21}/S_{11})-A\cdot F\}\cdot C_{33} \end{aligned}\right\} \tag{10}$$

ここで，$D=S_{33}-S^2{}_{13}/S_{11}$

$E=1/(S_{22}-S^2{}_{12}/S_{11})$

$F=(-S_{12}/S_{11})/(S_{22}-S^2{}_{12}/S_{11})$

A，C は (7) 式に同じ。

3. 偏回帰係数と寄与の程度

3.1 説明変数2つの場合

偏回帰係数と寄与の程度の関係を調べてみると (9) 式から C_{11} と C_{22} は式 (11) となる。

$$C_{11}=C_{22}\cdot S_{22}/S_{11} \tag{11}$$

従って偏回帰係数 b_1 に対する重みづけの値 t_1 と b_2 に対する重みづけの値 t_2 の関係は(8)式から(12)式となる。

$$t_1/t_2=b_1/b_2\cdot\sqrt{S_{11}/S_{22}} \tag{12}$$

この式から，一般に偏回帰係数 b_1, b_2 はそのまま目的変数に対する寄与の程度を示していないことがわかる。但し，(12)式は説明変数 X_1 と X_2 の相関が $r_{12}\neq 1$，即ち $S_{22}\cdot S_{11}\neq S^2{}_{12}$ の場合であり $r_{12}=1$ の時解は求められない。ここで仮に $S_{11}\fallingdotseq S_{22}$ ならば(12)式は，$t_1/t_2\fallingdotseq b_1/b_2$ となり偏回帰係数 b_1, b_2 はそのまま目的変数に対する寄与の程度を示していることになる。

第1表のデータは，偏回帰係数がそのまま寄与の程度を示している場合で，$S_{11}=42.015$, $S_{22}=39.999$ より，$S_{22}/S_{11}\fallingdotseq 1$。重回帰式は，$y=0.2234X_1+0.0126X_2+0.2028$ となる。

また C_{ii} を求めてみると，$C_{11}=0.0239$, $C_{22}=0.0251$ となり，$t_1\fallingdotseq t_2$ である。第1表のデータでは説明変数 X_1 と X_2 の相関は $r_{12}=0.0703$ とほとんど認められていない。ここで X_1 と X_2 の間に相関が認められる場合について調べてみると，$S_{22}/S_{11}\fallingdotseq 1$ ならば，説明変数間の相関の有無にかかわらず得られた偏回帰係数は，そのまま寄与の程度を示している。但し，相関が0.9以上の場合には偏回帰係数 b_1, b_2 が非常に小さくなることがある。説明変数 X_1 と X_2 に相関がなく，偏差積和 S_{11} と S_{22} の比が1に近い値をとらない場合には，偏回帰係数はそのまま寄与の程度を示さない。第2表のデータはこの場合で，データから $S_{11}=73.2488$, $S_{22}=23.8200$ となり $S_{22}/S_{11}=0.3252$。

重回帰式は，$Y=0.7005X_1+1.3304X_2-2.6501$ となっている。ここで t 値を求めてみると，

$C_{11}=0.0139$, $C_{22}=0.0425$ から $t_1/t_2=0.9233$。他方偏回帰係数 b_1, b_2 の比は $b_1/b_2=0.5265$ となる。

第1表 偏回帰係数が寄与の程度に等しい例

X1	X2	Y
0.20	2.30	0.10
1.20	6.20	0.80
1.90	4.20	0.70
2.80	1.30	0.80
3.80	5.30	1.00
5.00	3.40	1.40
6.10	0.20	1.70
7.20	7.00	1.80

correlation matrix

	X1	X2	Y
X1	—	0.070	0.967
X2		—	0.121
Y			—

第2表 偏回帰係数が寄与の程度を示さない例

X1	X2	Y
7.10	1.20	2.40
1.30	4.30	3.20
6.30	3.50	5.40
1.10	1.00	0.60
0.30	3.10	1.50
9.40	4.10	10.80
4.20	5.40	7.90
3.80	0.20	0.80

correlation matrix

	X1	X2	Y
X1	—	0.112	0.691
X2		—	0.737
Y			—

従って，$t_1/t_2\neq b_1/b_2$ となり偏回帰係数は寄与の程度を示していない。

一般に，$S_{22}/S_{11}\neq 1$ であることが多く，従って得られた偏回帰係数は寄与の程度とは無関係であるといえる。また(4)式から $r_{12}=0$ の場合には，$b_1=S_{1Y}/S_{11}$, $b_2=S_{2Y}/S_{11}$ となり重回帰式は，$Y=S_{1Y}/S_{11}\cdot X_1+S_{2Y}/S_{22}\cdot X_2+b_0$ で与えられる。

3・2　説明変数３つの場合

説明変数が X_1, X_2, X_3 の３つの場合，偏回帰係数，及び C_{ii} の値はかなり複雑になる。第３表はカーペットの手ざわりのよさを目的変数 Y に，圧縮かたさ，表面のやわらかさ及び表面のなめらかさを説明変数 X_1, X_2, X_3 とし16名のパネルの官能尺度値に対して重回帰分析法を適用した結果の一例を示したものである。[3)]

第３表　カーペットの手ざわりのよさの重回帰分析結果

NO. panel		t	p. c. c	p. r. c	t. c. c
1	X1	0.295	−0.878	−1.081	−0.937
	X2	0.308	−0.068	−0.042	0.638
	X3	0.345	−0.191	−0.135	0.090
2	X1	0.266	0.089	0.048	−0.286
	X2	0.239	0.918	1.094	0.866
	X3	0.218	−0.624	−0.349	−0.123
7	X1	0.415	−0.274	−0.236	−0.776
	X2	0.575	0.603	0.871	0.824
	X3	0.429	−0.429	−0.408	0.566
8	X1	0.663	−0.531	−0.708	−0.733
	X2	0.639	0.012	0.013	0.700
	X3	0.289	0.609	0.408	0.543

No. panel		t	p. c. c	p. r. c	t. c. c
9	X1	0.596	−0.703	−1.175	−0.868
	X2	0.565	−0.179	−0.205	0.730
	X3	0.423	−0.157	−0.134	0.198
11	X1	0.349	−0.439	−0.243	0.155
	X2	0.338	0.879	0.882	0.855
	X3	0.315	0.333	0.158	0.309
12	X1	0.731	−0.168	−0.250	−0.731
	X2	0.435	0.433	0.420	0.650
	X3	0.656	0.322	0.446	0.655

t: t-value,
p. c. c: partial correlation coefficient
p. r. c: partial regression coefficent
t. c. c: total correlation coefficient

これらの結果から，偏回帰係数の大小が t 値の大小と一致していないものがあることがわかる。２変数の場合と同様に (7) 式から変数間の相関がない $r_{ij}=0$ の時は偏回帰係数 b_1, b_2, b_3 は $b_1=S_{1Y}/S_{11}$, $b_2=S_{2Y}/S_{22}$, $b_3=S_{3Y}/S_{33}$ となり単回帰係数に一致する。C_{ii} は $C_{11}=1/S_{11}$, $C_{22}=1/S_{22}$, $C_{33}=1/S_{33}$ となり，$1/S_{11}=1/S_{22}=1/S_{33}$ ならば偏回帰係数は寄与の程度に一致する。$r_{ij}\neq 0$, 即ち変数間に相関が認められる場合には，b_i 及び C_{ii} の関係は非常に複雑で寄与の程度は t 値を算出しなくてはならない。またパネル No. 9 において，偏回帰係数の符号が相関係数の符号と異なっている。これは他にもみられているが，当然説明変数が２つの場合にもおこりうることである。全相関係数の算出は，他の変数の影響を除去しないまま求めたものであり，偏回帰係数は他の変数の影響を除去した後での回帰係数，即ち x_i の Y への影響を示したものであるという基本的な相異からおこるもので，パネル No. 9 の場合のデータ，及び相関係数を第４表に示した。

第４表　パネル No.9 のデータ及び相関

X1	X2	X3	Y
5	0	2	4
1	5	1	6
2	6	4	6
1	6	5	6
6	1	1	1
6	2	3	0
5	1	4	2
2	4	4	3

correlation matrix

	X1	X2	X3	Y
X1	—	−0.899	−0.343	−0.868
X2		—	0.430	0.730
X3			—	0.193
Y				—

全相関係数をみると，手ざわりのよさは，圧縮のかたさと負の相関があり，表面のやわらかさとは正の相関がある。ただし重回帰式から，圧縮かたさを一定にした場合には表面のかたいものほど手ざわりがよいといえる。

4. 規準化の場合

4.1) 説明変数2つの場合

生のデータを用いて重回帰分析を行なった場合，特殊のケースを除いて偏回帰係数は寄与の程度を示していないことが明らかとなった。各説明変数が，どの程度目的変数に寄与しているかを調べようとする場合，データを規準化し重回帰分析を行なう方法がとられている。そこで規準化した場合各偏回帰係数が寄与の程度とどのような関係にあるか検討してみた。

説明変数が2つの場合，データを規準化してガウス・ジョルダンの方法で偏回帰係数を求めてみると (13) 式となる。

$$\left.\begin{array}{l} b_1=\sum X_1Y/\sum X_1^2-\sum X_1X_2/\sum X_1^2\cdot b_2 \\ b_2=(\sum X_2Y-\sum X_1X_2\cdot\sum X_1Y/\sum X_1^2)/(\sum X_2^2-\sum X_1X_2^2/\sum X_1^2) \end{array}\right\} \quad (13)$$

また C_{ii} は (14) 式となる。

$$\left.\begin{array}{l} C_{11}=1/\sum X_1^2+(\sum X_1X_2/\sum X_1^2)^2\cdot C_{22} \\ C_{22}=1/(\sum X_2^2-\sum X_1X_2^2/\sum X_1^2) \end{array}\right\} \quad (14)$$

ここで $\sum X_i^2/n=1$, $\sum X_iX_j/n=r_{ij}$ を代入すると (14) 式は，(15) 式となる。

$$C_{11}=1/n(1-r_{12}^2)=C_{22} \quad (15)$$

従って規準化した場合，r_{12} にかかわらず常に偏回帰係数はそのまま目的変数に対する寄与の程度を示しているといえる。

ここで $r_{12}=0$ ならば (13) 式は $b_1=r_{1Y}$, $b_2=r_{2Y}$ となり偏回帰係数は単相関係数に等しくなる。重回帰式は (16) 式で与えられる。

$$Y=r_{1Y}\cdot X_1+r_{2Y}\cdot X_2 \quad (16)$$

第2表のデータでは $r_{12}=0.1124$ と非常に小さい値を示しており，偏回帰係数は $b_1=0.6163$, $b_2=0.6674$ となる。相関係数は $r_{1Y}=0.6913$, $r_{2Y}=0.7368$ と偏回帰係数にほぼ等しい値をとっている。また $b_1/b_2=0.9234$ で t_1/t_2 に等しい。説明変数間に相関の認められる第5表のデータの場合も重回帰式は，

$$Y=0.8850X_1-0.0824X_2$$

となり，偏回帰係数の比は $b_1/b_2=10.74$。t 値の比 $t_1/t_2=11.56$ とほぼ係数の比に一致している。

第5表 説明変数間に相関の認められる例

X1	X2	Y
2.00	0.40	0.10
12.00	1.70	0.80
19.00	2.60	0.70
28.00	3.60	0.80
38.00	4.50	1.00
50.00	5.30	1.40
61.00	6.30	1.70
72.00	7.40	1.80

correlation matrix

	X1	X2	Y
X1	—	0.995	0.967
X2		—	0.963
Y			—

これを生のデータのまま重回帰分析を行なうと重回帰式は，

$$Y=0.0207X_1+0.0185X_2+0.2361$$

となり，$b_1/b_2=1.12$。$t_1/t_2=11.51$ で偏回帰係数は寄与の程度を示しておらず，0に近い小さい値となる。

4.2) 説明変数3つの場合

説明変数が2つの場合には，相関の有無にかかわらず，規準化のデータを用いれば得られた偏回帰係数は寄与の程度をそのまま表わしていることが明らかとなったが，3変数の場合 C_{ii} を求めてみると，(17) 式となる。

$$\left.\begin{aligned} C_{11}&=1/n(1-r_{12}^2)\{1+(r_{13}-r_{12}r_{23})^2/A\} \\ C_{22}&=1/n(1-r_{12}^2)\{1+(r_{23}-r_{12}r_{13})^2/A\} \\ C_{33}&=(1-r_{12}^2)/n\cdot A \end{aligned}\right\} \quad (17)$$

ただし，$A=\{(1-r_{13}^2)(1-r_{12}^2)-(r_{23}-r_{13}r_{12})^2\}$

(17) 式から，$C_{11}=C_{22}=C_{33}$ となるのは $r_{12}=r_{13}=r_{23}$ の場合か又は $r_{ij}=0$ 即ち説明変数間に相関がない場合であり，この時重回帰式は，$Y=r_{1Y}X_1+r_{2Y}X_2+r_{3Y}X_3$ となる。ただし説明変数間に相関が認められる場合には，$C_{11}\fallingdotseq C_{22}\fallingdotseq C_{33}$ となり偏回帰係数は寄与の程度を示さなくなる。

ここで r_{ij} に値を代して C_{ii} の数値計算を行なってみると，r_{ij} が 0.1～0.4 の範囲においては C_{ij} はほぼ等しくなる。従って規準化したデータを用いて重回帰分析を行なう場合，r_{ij} が小さければ偏回帰係数はそのまま寄与の程度を示すことになる。第6表に示したパネル

第6表 パネル No. 11 のデータ及び相関
panel No. 11

X1	X2	X3	Y
2	0	2	2
0	2	0	2
5	5	3	6
1	6	6	7
4	3	0	2
5	3	5	4
3	0	6	0
7	6	4	4

correlation matrix

	X1	X2	X3	Y
X1	—	0.398	0.208	0.155
X2		—	0.212	0.855
X3			—	0.309
Y				—

第7表 パネル No. 7 のデータ及び相関
panel No. 7

X1	X2	X3	Y
5	1	0	1
7	1	2	1
2	5	5	2
1	6	4	6
5	3	1	3
1	4	4	4
4	2	1	2
2	4	4	4

correlation matrix

	X1	X2	X3	Y
X1	—	−0.877	−0.769	−0.776
X2		—	0.834	0.824
X3			—	0.566
Y				—

No. 11 のデータはこの場合で，説明変数間の相関は $r_{12}=0.397$，$r_{13}=0.208$，$r_{23}=0.212$ とすべて 0.4 より小さい。C_{ii} を求めてみると，$C_{11}=0.133$，$C_{22}=0.152$，$C_{33}=0.107$ とほぼ等しい。従って得られた重回帰式 $Y=-0.2432X_1+0.9158X_2+0.1651X_3$ の偏回帰係数は，そのままYへの寄与の程度を示しているとみなせる。しかし，第7表のパネル No. 7 の場合変数間の相関は，$r_{12}=-0.8772$，$r_{13}=-0.7691$，$r_{23}=0.8337$ とかなり高い。この場合 C_{ii} は $C_{11}=0.4184$，$C_{22}=0.7414$，$C_{33}=0.0294$ となり t 値の大きさはかなり異なっている。従って得られた重回帰式 $Y=-0.2999X_1+0.9246X_2-0.4361X_3$ の偏回帰係数は，そのままYに対する寄与の程度を示していない。

5. 総　括

重回帰分析法における説明変数の目的変数への寄与の程度を主として説明変数が2及び3の場合について検討してみた。

その結果，一般に多重線型回帰法では説明変数間の相関の有無にかかわらず，偏回帰係数から目的変数への寄与の程度を知ることは困難であり，t 値を求め検定を行なう必要があるといえる。但し，説明変数が2つの場合では偏差積和 $S_{11}=S_{22}$ ならば偏回帰係数は目的変数への寄与の程度を示している。さらにデータを規準化し重回帰分析を適用した場合，説明変数が2つの時は相関の有無にかかわらず偏回帰係数は目的変数に対する寄与の程度を示すが，3変数の時は説明変数間の相関が低い（ほぼ0.4以下）場合を除き寄与の程度を偏回帰係数から定量的に知ることはできない。また説明変数間の相間が0の場合には，偏回帰係数は単相関係数に等しくなり，残差方式による解に一致する。一般には説明変数間になんらかの相関が認められるので，重回帰式の偏回帰係数の解釈にあたっては充分注意する必要があるといえる。

参 考 文 献

1) 丹羽，石田；繊機誌，31，p. 403 (1978)。
2) 荒井康二郎；繊機誌，26，p. 172 (1973)。
3) 出羽　秀明；第31回日本家政学会総会要旨集。繊消誌投稿中。
4) 北川　敏男；多変量解析論，共立出版 (1968)。
5) 小林　龍一；相関・回帰分析法入門，日科技連 (1973)。
6) 中村　正一；多変量解析入門，日刊工業新聞社 (1979)。