

# 絶対評価法によるリニューアルのコストベネフィット評価

宮坂 房千加, 木下 栄蔵

## 1. はじめに

OR の意思決定手法として利用されている AHP は、意思決定のコンセンサスを得るのに有用と考えられている。例えば、ビル設備のリニューアルについて妥当な判断材料を意思決定者に提供することは、周囲の合意を得るうえで重要である。判断材料としては様々なものがあるが、その中でもリニューアルにおけるベネフィットとコストの関係が明らかになれば、投資に際して満足が得られやすいと考えられる。

本報の事例の特徴としては、多数のビルを評価対象とするため、従来の AHP に加えてアンケートにもとづく絶対評価法を用いたことである。また、どのビルも自動制御設備のメンテナンス契約を結んでおり、不良、故障に関する定量的データが毎年集まり、このデータをアンケートの定性的データと統合することで、バランスのとれた評価を行ったことである。

## 2. AHP 手法の拡張<sup>1,2</sup>

### 2.1 AHP の概要

不確定な状況や多様な評価基準における意思決定手法である階層分析法(AHP)法とは、

- ①問題の要素を最終目標、評価項目、代替案の関係で捉えて、階層構造に分解する。
- ②各レベルの要素間の重み付けを行う。これは、1つのレベルにおける要素間の一対比較を1つ上のレベルにあね関係要素を評価項目として行う。n を比較要素とすると、 $n(n-1)/2$  個の比較を  $1/9, \dots, 1/3, 1, 3, \dots, 9$  の表 1 に示す数値で行う。
- ③各レベルの要素間の重みを計算し、この結果を用いて目標に対する各代替案の総合評価を行う。

表 1 一対比較値の意味

重要度の尺度	定義 (前者は後者に比べて)
1	同じくらい重要(equal importance)
3	やや重要(weak importance)
5	かなり重要(strong importance)
7	非常に重要(very strong importance)
9	極めて重要(absolute importance)

## 2.2 絶対評価法について

本報の事例を含めて、筆者らは AHP を数多くの代替案に対して利用することを考えており、従来の AHP の問題点として、

- ①代替案が追加された時、一対比較をやりなおさなければならない。
- ②代替案が追加された時、代替案の順位が逆転する場合がある。
- ③代替案の数が多くなると、一対比較の数が極めて多くなり、比較が困難となる。また、整合性も悪くなる。

といった事に対応するために、当初より絶対評価法の利用を検討した。また、従来の定性値を使った一対比較による総合評価としての重要度を求めるプロセスに客観的な定量データを取り込むことで、その重要度を信頼性の高い方に修正することができる。アンケートの実施には、かなりの手間がかかるため、このためにだけ毎年実施することは難しいが、定量的データはメンテナンス契約にもとづく作業で毎年得られるものである。したがって、定性的データを数年間そのままにして、毎年得られる定量的データを利用して、自動処理を行えば、AHP をもっと身近に利用する機会を大幅に増やせることが期待できる。

## 3. リニューアルのコストベネフィット評価<sup>3</sup>

### 3.1 リニューアルのコストベネフィット

自動制御設備のリニューアルによる効用(ベネフィット)を得るために多くのコストがかかる場合、意思決定者は寿命や故障によって行うリプレースに比べて、より慎重な判断を行う必要がある。そこで、本報ではリニューアルの必要性や効用を「リニューアル要求度」と呼び、マイナスの効用を「リニューアルコスト」として別々の階層図を定義する。そして、単位コストあたりのベネフィット(ベネフィット÷コスト)を「リニューアル有効度」として算出し、この指標によってリニューアルのコストベネフ

フィット評価を行った内容について報告する。

(1) リニューアル要求度

最終目標であるリニューアル要求度に対して、評価基準として定量的基準と定性的基準を設け、図1に示す階層図を決定した。定量的基準には定期点検、オンコール(非常要請)で検出された故障、不良に関するデータを使用した。また、定性的基準では自動制御設備の改修を実施した複数ビルの意思決定者に対して、改修に至った動機についてヒアリングした結果にもとづいてレベル4の部品供給停止からポイント追加不可能までの7つの基準を設定した。

(2) リニューアルコスト

コストについても定量的データと定性的データの統合の観点から、改修コストの概算値を定量的データ、ユーザのリニューアルに対する意欲を定性的データとし、図2に示す階層図を決定した。

3.2 フィールドデータ

(1) ベネフィットデータ

① 定量的データ

メンテナンス契約を結んでいるビルの内、竣工後10~20年程度経過しているビルを中心に調査対象を選定した。選定ビル128ビルの内、アンケートで十分な回答を得られた71ビルを評価対象とした。そして、保守データファイル

から過去3年間の中央監視装置の故障回数、ローカル自動制御機器の不良率について平均値を算出した。また、故障回数、不良率の傾向を調べるため、年ごとの偏差平均を過去3年に渡って求めた。

② 定性的データ

対象ビルの設備管理責任者に自動制御機器を含むビル設備リニューアルについての意見をアンケート形式で求めた。その結果を元にしてレベル4の定性的な評価基準7項目について、A(悪い)、B(普通)、C(良い)の絶対的評価水準を与えた。このうち、省エネについてはA~Dの4段階とした。

(2) コストデータ

改修費用として対象ビルごとに設置されている自動制御機器および建物規模から置き換え機器を推定し、機器費用に工事・調整費を含めた改修コストの概算値とアンケートから判断したユーザの態度に絶対評価値を与えた。以上のベネフィットとコストに関するフィールドデータを表1に示す。

3.3 計算処理について

図1のリニューアル要求度の階層図では、レベル2~4の評価項目については、各レベルごとに通常の一対比較を行った。そして、レベル4の年間不良平均回数から不良率変化平均の4

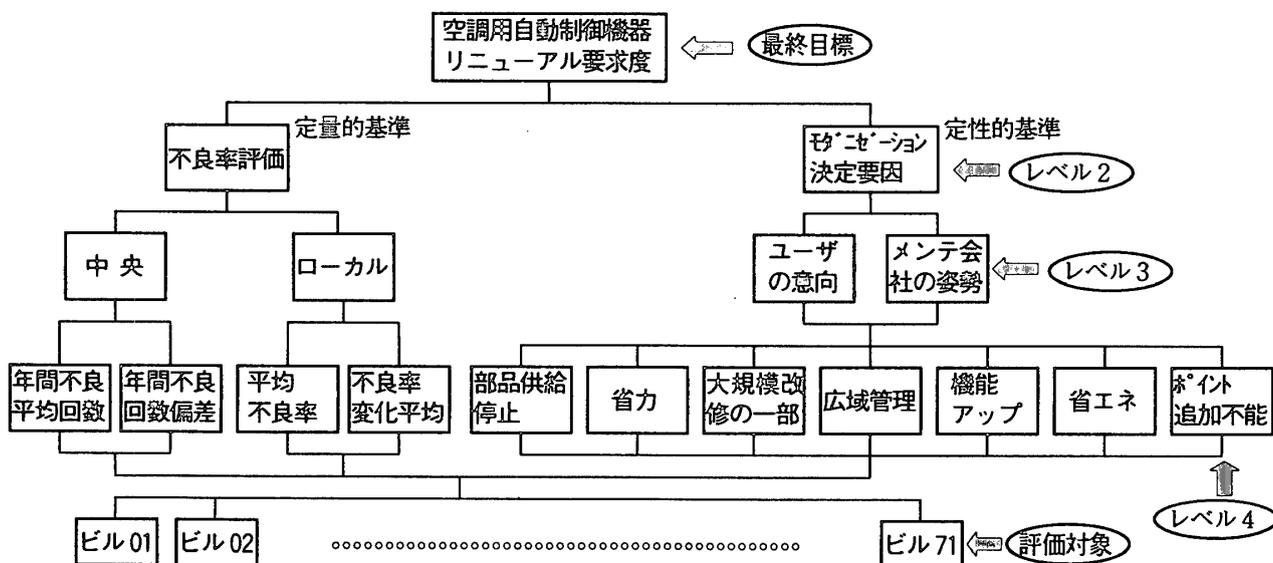


図1 リニューアル要求度階層図

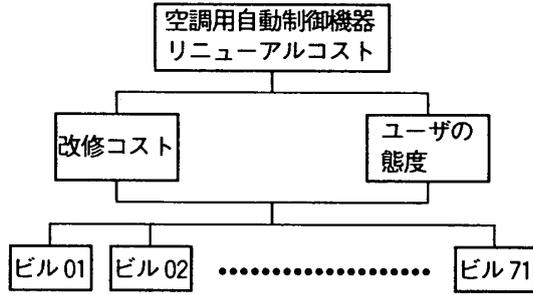


図2 リニューアルコスト階層図

項目と部品供給停止からポイント追加不可能までの7項目については絶対評価法を用いた。

### 3.4 コストベネフィット分析結果

処理結果を表2に示す。1に近いほどリニューアルの要求度・コストが高い。最終的な有効度としては、01,25,41ビルが高い値を示している。要求度はさほど高くはないが、コストが0.1程度と低いためである。

表1 フィールドデータ

ビル No.	ベネフィット										コスト	
	定量値				定性値						定量値	定性値
	中央監視装置		ローカル機器		部品供給	省力	改修	広域管理	機能アップ	ポイント追加	改修費	ユーザの態度
01	0	0.33	4.85	3.22	A	B	A	A	A	C	0.055	A
02	0	0.33	15.94	6.93	A	B	A	A	A	C	0.289	B
03	0.75	0.66	0.25	4.73	A	A	A	A	C	C	0.198	C
04	0	0.33	1.22	3.29	A	C	B	A	C	C	0.090	C
05	0.5	0.33	1.71	3.66	B	A	C	C	C	C	0.102	C
06	0	0.33	0.45	3.92	B	C	C	C	C	C	0.329	C
07	0.25	0.66	0.91	5.13	A	B	A	C	C	C	0.078	C
08	0	0.33	0.8	4.49	A	A	A	C	C	C	0.380	A
09	0	0.33	4.33	2.08	A	B	A	C	C	C	0.081	C
10	0	0.33	2.67	4.54	A	C	C	C	C	C	0.050	C
11	0	0.33	3.92	2.26	A	C	C	C	C	C	0.130	C
12	0	0.33	7.03	7.2	C	A	B	C	C	C	0.398	B
13	0.5	0.33	0.71	5.29	A	B	B	C	C	C	0.054	C
14	0.5	0.33	0.35	4.22	A	A	B	B	C	C	0.088	C
15	0.75	0.33	1.35	4.42	A	A	A	C	C	C	0.423	B
16	0.75	0.33	5.83	3.39	A	A	A	B	C	C	0.041	A
17	0	0.33	12.12	6.24	B	A	B	C	C	C	0.088	C
18	0	0.33	1.7	5.16	B	C	C	C	C	C	0.287	A
19	2.75	1.33	3.57	4.44	A	A	B	C	C	C	0.283	A
20	1.5	1	0.91	3.49	A	B	B	C	C	C	0.041	C
21	0.25	0.33	1.1	4.38	B	B	B	C	C	C	0.205	C
22	0	0.33	0.47	4.22	B	B	B	C	C	C	0.087	C
23	0.25	0.33	12.26	4.22	A	B	B	C	C	C	0.055	B
24	0	0.33	1.69	4.45	A	A	A	A	B	C	0.440	A
25	0	0.33	1.22	4.63	A	A	B	B	B	C	0.099	A
26	1.25	0	0.66	4.38	A	A	C	A	A	C	0.040	C
27	0	0.33	5.21	5.79	B	B	B	C	C	C	0.414	B
28	0	0.33	4.47	4.83	B	B	B	A	A	C	0.034	B
29	2.5	0.66	2.31	5.11	B	A	A	A	A	A	0.060	B
30	2.5	0.66	0.78	4.74	A	A	A	A	A	A	0.425	C
31	0.25	0.66	1.13	4.49	A	A	A	A	A	A	0.344	C
32	0	0.33	2.88	2.98	B	B	B	A	A	A	0.245	C
33	0.5	0.66	1.79	3.03	A	A	B	A	B	A	0.073	A
34	0	0.33	6.98	13.01	A	B	A	B	A	B	0.461	C
35	0	0.33	0.14	4.14	A	B	B	A	C	C	0.042	C
36	0	0.33	1.52	4.22	B	B	B	A	D	A	0.199	C
37	0	0.33	0.32	4.27	C	B	C	C	C	C	1.000	C
38	0	0.33	1.46	5.33	B	B	C	C	C	A	0.288	C
39	0.5	0.66	0	4.22	B	B	B	C	C	A	0.522	C
40	2.5	1.66	0.8	4.06	A	A	B	B	A	A	0.059	B
41	0	0.33	2.33	3.14	A	A	B	B	A	A	0.033	A
42	0	0.33	2.19	8.6	C	A	A	A	A	B	0.162	B
43	0	0.33	1.94	4.2	A	A	B	C	A	A	0.067	C
44	0	0.33	1.07	4.7	A	A	B	C	A	B	0.109	C
45	0.25	0.66	4.93	0	B	A	B	B	A	A	0.458	C
46	0	0.33	1.66	4.47	A	B	B	B	A	B	0.068	A
47	0	0.33	2.53	1.45	A	C	A	C	C	C	0.035	C
48	2.50	2.33	1.25	4.29	A	A	C	C	C	C	0.319	C
49	0	0.33	3.42	4.76	A	C	B	C	C	C	0.384	C
50	0	0.33	8.72	5.13	C	B	B	C	C	C	0.399	C
51	0	0.33	2.14	4.54	A	B	B	A	A	A	0.674	C
52	0	0.33	4.54	2.16	A	A	B	A	A	A	0.063	C
53	0.75	1	6.7	5.94	B	A	B	B	A	A	0.342	C
54	0	0.33	1.14	4.36	A	A	B	C	C	C	0.050	C
55	1.25	1	2.87	5.95	A	B	C	C	C	A	0.146	C
56	1.5	1	0.5	4.06	A	B	C	C	C	A	0.030	B
57	0	0.33	1.19	4.22	A	A	B	B	B	B	0.160	C
58	0	0.33	1.76	4.01	A	A	C	C	C	C	0.097	C
59	3.5	3	2.55	3.94	B	A	C	C	C	C	0.074	B
60	0	0.33	0	4.22	A	A	C	C	C	C	0.284	C
61	0	0.33	3.58	2.4	A	A	B	B	B	C	0.047	C
62	0.75	0.33	0.9	4.46	A	A	B	B	C	C	0.482	C
63	1.5	0	0.73	4.34	A	A	C	C	C	C	0.146	C
64	6	3.66	0.38	4.4	A	A	B	B	A	C	0.388	C
65	0.75	0.33	17.86	2.79	A	A	B	B	A	C	0.399	A
66	0	0.33	1.69	5.63	B	B	B	A	C	C	0.260	C
67	0.25	0.66	0.3	4.22	B	A	B	B	B	B	0.057	C
68	0	0.33	0	4.22	A	A	C	C	A	A	0.114	C
69	0.25	0.66	0.66	4.03	A	A	B	B	A	A	0.090	C
70	0	0.33	4.94	4.22	B	A	B	B	A	A	0.161	A
71	0	0.33	0	4.22	A	B	C	C	A	A	0.060	C
											0.041	B

表2 計算結果

ビル No.	リニュー-ル 要求度	リニュー-ル コスト	リニュー-ル 有効度
01	0.514	0.110	4.690
02	0.552	0.347	1.589
03	0.431	0.599	0.719
04	0.101	0.545	0.185
05	0.195	0.551	0.354
06	0.341	0.665	0.514
07	0.208	0.539	0.386
08	0.442	0.272	1.625
09	0.326	0.541	0.603
10	0.126	0.525	0.239
11	0.104	0.565	0.184
12	0.357	0.402	0.889
13	0.188	0.527	0.356
14	0.414	0.549	0.753
15	0.414	0.414	0.998
16	0.370	0.103	3.605
17	0.219	0.544	0.402
18	0.340	0.226	1.505
19	0.565	0.642	0.881
20	0.346	0.103	3.371
21	0.187	0.602	0.311
22	0.201	0.246	0.815
23	0.376	0.230	1.633
24	0.440	0.132	3.342
25	0.445	0.102	4.357
26	0.415	0.707	0.587
27	0.352	0.220	1.600
28	0.269	0.233	1.158
29	0.493	0.712	0.693
30	0.456	0.672	0.679
31	0.435	0.325	1.337
32	0.203	0.119	1.706
33	0.461	0.521	0.886
34	0.454	0.599	0.757
35	0.176	1.000	0.176
36	0.162	0.347	0.469
37	0.114	0.761	0.149
38	0.207	0.529	0.391
39	0.299	0.219	1.363
40	0.516	0.163	3.166
41	0.484	0.116	4.180
42	0.210	0.257	0.818
43	0.387	0.729	0.531
44	0.361	0.116	3.114
45	0.191	0.517	0.369
46	0.341	0.659	0.518
47	0.131	0.771	0.170
48	0.521	0.692	0.752
49	0.332	0.837	0.397
50	0.157	0.532	0.296
51	0.410	0.671	0.611
52	0.418	0.580	0.721
53	0.261	0.525	0.497
54	0.326	0.573	0.568
55	0.248	0.218	1.139
56	0.470	0.580	0.811
57	0.315	0.548	0.575
58	0.320	0.240	1.336
59	0.416	0.345	1.207
60	0.307	0.524	0.586
61	0.382	0.741	0.516
62	0.324	0.573	0.565
63	0.336	0.694	0.484
64	0.921	0.282	3.269
65	0.358	0.630	0.568
66	0.192	0.529	0.364
67	0.228	0.557	0.410
68	0.374	0.545	0.686
69	0.535	0.163	3.290
70	0.211	0.530	0.399
71	0.307	0.223	1.372

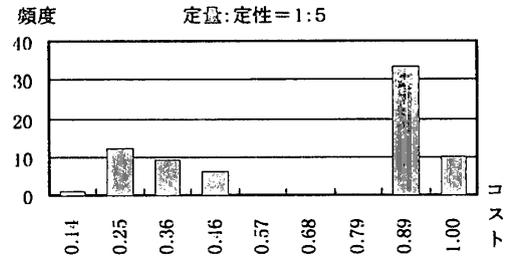
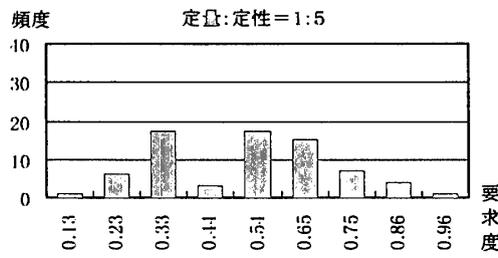
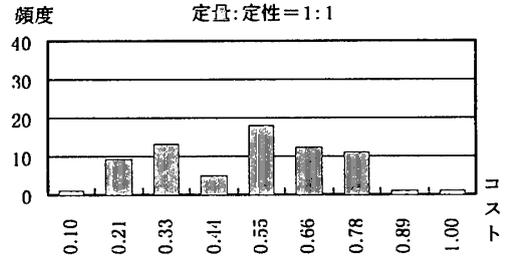
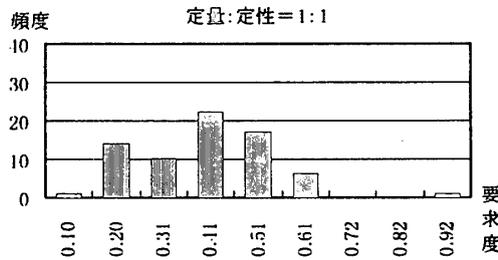
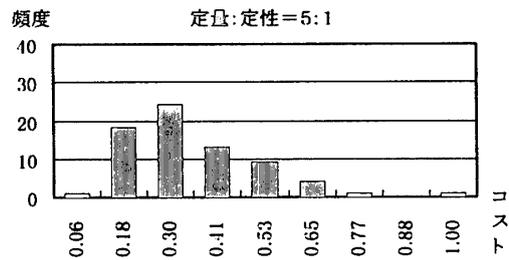
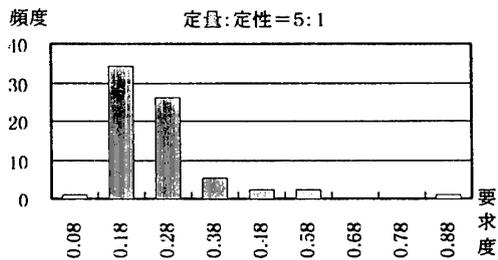


図3 要求度に関する感度解析

図4 コストに関する感度解析

### 3.5 感度解析結果

一対比較値を変化させた時の要求度・コスト・有効度に関する変化を調べた。要求度の定量と定性の比を定量重視から定性重視へと変化させると図3のようにばらつく傾向を示す。またコストについても図4に示すように同様の傾向を示す。有効度については図5に示す1:1の比とあまり相違はなかった。

### 3.6 リニューアル有効度と経過年数

リニューアル実施時期は、単純に経過年数との関係では決められない。このことは図6に示す有効度と経過年数の散布図を見てもわかる。有効度が3.0以上のビルは比例傾向を示すものの有効度2.0以下ではあまり比例関係は見られなかった。

### 4. まとめ

本報では AHP を自動制御設備のリニューアルについて複数ビルの評価に利用する手順および結果について報告した。この方法はビル設備ばかりでなく、広く利用可能と思われる。



図5 リニューアル有効度の分布

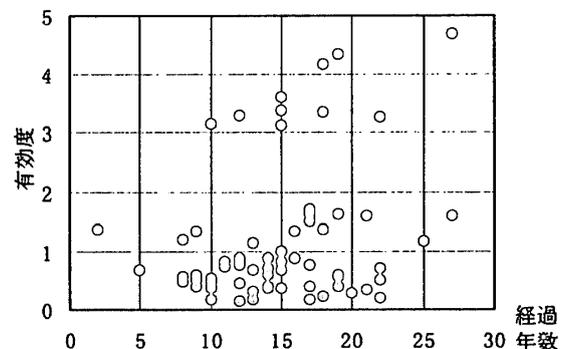


図6 リニューアル有効度と経過年数

#### [参考文献]

- \*1 木下栄歳：AHP手法と応用技術，総合技術センター，1993年
- \*2 木下栄歳：孫子の兵法の数学モデル，講談社，1998年
- \*3 東，石川，宮坂，木下：拡張AHP手法によるリニューアルのコストベネフィット分析手法の研究，空調和・衛生工学会学術講演会講演論文集，1994年