

多基準分析法による地域冷暖房の総合評価に関する考察

その2 既存DHCの総合評価の検証及び応用

地域冷暖房 評価 検証 応用

- 正会員 韋 新東⁽¹⁾
- 正会員 尹 軍⁽²⁾
- 正会員 李 海峰⁽³⁾
- 正会員 高 偉俊⁽⁴⁾
- 正会員 高橋信之⁽⁵⁾
- 正会員 尾島俊雄⁽⁶⁾

1. はじめに

前報¹⁾では多変量分析方法より得た総合評価結果を検証するために、多基準分析方法により66ヶ所既存地域冷暖房の優劣関係を検討した。本報の結果より、以下の点が結論できる。

まず、計画インパクト行列Pの作成された結果より、各々サンプルの各評価指標の分布は複雑であるので、優先関係は判断し難い。また、地域冷暖房に関わる研究者に対してアンケートを依頼し、配点法で各評価視点の重みを調べる同時に各評価視点の各評価項目の重みを調べた。総合評価の各評価項目の重みとして、総合COP、熱需要量1kcal当たりCO₂排出量、熱需要量1kcal当たり蓄熱槽容量は大きい。次に、コンコードダンス指標 c_{ij} （その指標の平均値は0.5407）とデイスコードダンス指標 d_{ij} （それらのデイスコードダンス指標の平均値は0.6412）を計算した。更に、コンコードダンス優先指標とデイスコードダンス優先指標の作成に基づいて、サンプル間の優先関係と順位付けを分析した。

なお、前報では、総合評価の目的のためには更に以下の課題について検討する必要があることは指摘された。

- ① 評価手法の妥当性に関する検証
- ② 12つ評価指標より評価できない既存DHCの評価
- ③ 評価結果の応用

本報では、「地域冷暖房の評価手法に関する研究—多変量解析法による総合評価の試み」(韋 新東 日本建築学会論文集計画系 N0537P71~76 2000年11月)の結果と対比より、2つ評価手法の妥当性の検証すること、また、12つ評価指標より評価できない既存DHCの評価及び評価結果の応用を目的とする。

2. 類型化

まず、各々サンプルのコンコードダンス優先指標、デイスコードダンス優先指標の分布を図1に示した。コンコードダンス優先指標は大きい同時に、デイスコードダンス優先指標は小さければ、そのサンプルの優位性があるので、サンプル51の劣等性が高く、サンプル36の優位性が高いことがわかった。同時に、以上の両指標に基づいて、クラスタより、66ヶ所の既存DHCを類型化すると表

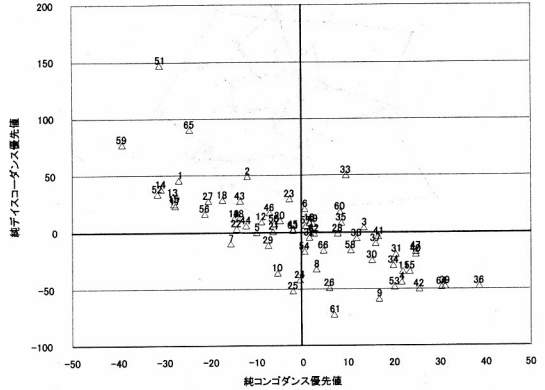


図1 コンコードダンス優先指標、デイスコードダンス優先指標の分布

表1 類型化

類型	サンプル	備考
類型1	2、3、6、12、16、20、21、23、28、32、33、35、37、38、41、45、46、49、50、57、60、62、63	優位性は類型4よりやや低い
類型2	5、7、13、14、15、17、18、19、22、27、29、43、44、48、52、56	優位性は類型1よりやや低い
類型3	4、11、30、31、34、36、39、40、42、47、53、55、58、64	優位性は高い
類型4	8、9、10、24、25、26、54、61、66	優位性は類型3よりやや低い
類型5	1、51、59、65	劣等性は高い

1に示すように、五つグループに分類することができる。類型3の優位性は高く、類型5の優位性は低いこともわかった。各々類型の評価指標と全体サンプルの評価指標の比を計算した結果は図2に示している。類型3の機械室面積/熱需要量(A2)は最も低く、熱需要量1Kcal当たり蓄熱槽容量(C2)は最も高い。類型5の熱料金(A5)、時刻別冷熱需要量最大値/時刻別冷熱需要平均値(A8)は最も低いが、その地域導管総延長/熱需要量(A1)は最も高く、定着率(A4)、熱需要密度(A6)、稼働率(A7)、総合COP(B1)は最も低い。従って、それを類型3の優位性は高く、類型5の優位性は低い起

因として、よく理解できる。

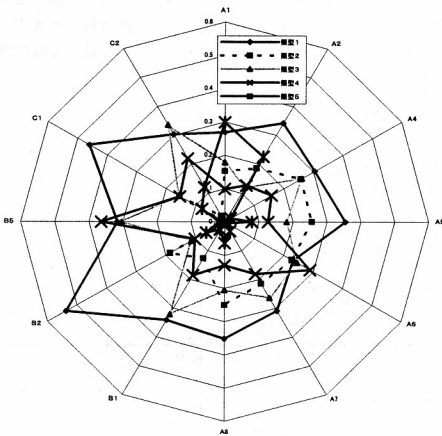


図2 各々類型の評価指標と全体サンプルの評価指標の比

3.総合評価の近似計算

表2では、地域主要特徴指標の熱需要密度(A6)とシステム主要特徴指標の総合COP(B1)を説明変数とし、両優先値の平均値を目的変数として重回帰分析を行った。その結果、重相関係数Rが0.7233高い。また、標準偏回帰係数から見れば、熱需要密度(A6)と総合COP(B1)の影響度がほぼ同じであることがわかった。従って、前述の簡略的な両優先値の平均値に関する計算方法より、以上評価された66ヶ所既存DHC以外の既存DHCも評価できる。評価された66ヶ所既存DHCを含めて104ヶ所既存DHCの評価結果を表3に示した。表3によって、各自の総合順位をわかった。

表3 104ヶ所既存DHCの順位

サツ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
平均値	-204	-243	-123	-324	55	-135	107	434	452	163	103	-152	-158	-147	-112	-104	-156	-97	-12	-82	-180	-146	-108	2124	-78	150
順位	80	91	66	46	24	68	19	28	4	14	20	72	74	71	60	58	73	54	38	53	77	70	58	10	52	16
サツ	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
平均値	-523	171	-288	-1232	2077	-1162	084	1421	473	1668	489	442	1504	532	-214	2689	-1817	-770	-234	368	138	-502	624	-1063	-2537	-1699
順位	46	30	44	64	11	62	32	17	26	13	25	27	15	23	38	6	78	51	38	28	31	46	22	57	94	76
サツ	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78
平均値	2723	660	1898	-2381	-502	-688	-2602	-088	7881	-1008	-1138	2308	-2828	4731	-1908	-1438	-198	-251	-2723	-2808	-2338	-2264	-2210	-2863	064	-2358
順位	5	21	12	88	47	50	97	34	2	58	61	9	98	3	79	68	38	40	100	102	87	88	81	104	33	88
サツ	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104
平均値	-2914	-2538	-1232	-2215	-1337	-204	-275	1368	-288	-1167	-1114	-1623	-2294	-532	-277	-2548	8231	2507	-2238	-2738	-2877	-2533	-2440	-2511	2542	-2254
順位	103	98	68	82	67	37	41	18	43	63	53	75	86	48	42	98	1	8	84	101	98	98	90	92	7	83

表2 重回帰分析

説明変数名	偏回帰係数	標準偏回帰係数	F値	偏相関	単相関
A 6	14.6525	0.5690	40.8598	0.6272	0.4457
B 1	15.0041	0.5829	42.8763	0.6364	0.4625
定数項	-0.0047				
			重相関係数 R =	0.7233	

論文(2)と同様に、サンプル51を例として多基準分析法より得た評価結果を説明する。表3(12つ評価指標のうち、あるデータはない場合に使用する)と表8(前報)に基づいて、その順位付けはそれぞれ94、66番目であることがわかった。表7(前報)よりそれはサンプル2、33、59、65との優先関係がなし、他のサンプルと比べて絶対劣等性を持っていることがわかった。表1よりそれは類型5に属し、劣等性が高いことがわかった。図1よりその類型の熱料金(A5)、時刻別冷熱需要量最大値/時刻別冷熱需要平均値(A8)は最も低いが、その地域導管総延長/熱需要量(A1)は最も高く、定着率(A4)、熱需要密度(A6)、稼働率(A7)、総合COP(B1)は最も低いことがわかった。従って、その地域導管総延長/熱需要量(A1)を収めて、定着率(A4)、熱需要密度(A6)、稼働率(A7)、総合COP(B1)を上げることは必要である。しかし、多変量解析法のように重要影響因子を指摘することができない。

4.多基準分析法と多変量解析法の総合評価結果の比較

表8(前報)のように得た順位を優先順位、多変量解析法より得た順位を総合評価順位とし、両者の相関分析を行った結果を図3に示した。両者の相関係数は0.96ほど高いことがわかった。従って、両者の順位付け結果はほぼ同じであることと言えよう。

表 4 多変量解析法よりサンプル 9、14、25 の地域冷暖房の順位付け

サンプルNo.	総合評価の順位	事業性の順位	環境保全性の順位	防災性の順位
9	11	1	38	65
14	60	56	56	48
25	1	62	1	1

表 5 サンプル 9、14、25 の各々評価指標分布

サンプル	A 1 (m/GJ)	A 2 (m ² /GJ)	A 4	A 5 (百万円/GJ)	A 6 (GJ/千m ²)	A7 稼働率	A8 バランス
9	0.0060	0.0109	100.0000	0.0044	6256.8354	0.1267	2.1013
14	0.0393	0.0273	43.5000	0.0086	989.3611	0.0873	2.4480
25	0.0537	0.0584	14.3000	0.0105	536.7750	0.0709	2.3562
サンプル	B 1	B 2 (kg/GJ)	B 5	C 1 (m ² /GJ)	C 2 (m ³ /GJ)		
9	0.8942	0.0699	0.0144	0.0015	0.0000		
14	0.7159	0.0907	0.0000	0.0070	0.0000		
25	1.7363	0.1044	5.6267	0.0215	0.1884		

表 6 サンプル 9、14、25 間の各々評価指標比較

サンプル	A1	A2	A4	A5	A6	A7	A8
9	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
14	6.4989	2.5035	0.4350	1.9539	0.1581	0.6892	1.1650
25	8.8882	5.3534	0.1430	2.3891	0.0858	0.5595	1.1213
サンプル	B1	B2	B5	C1	C2		
9	0.5150	0.6694	0.0026	0.0713	0.0000		
14	0.4123	0.8688	0.0000	0.3249	0.0000		
25	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000		

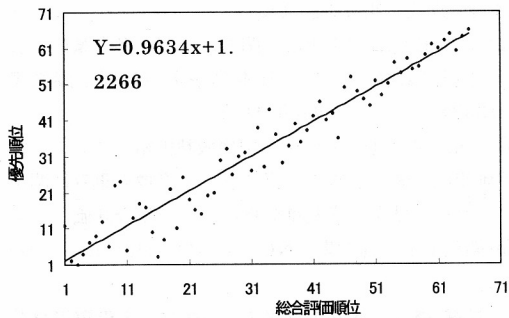


図 3 優先順位と総合評価順位の相関関係

5. 評価結果の応用

表 4 は多変量解析法よりサンプル 9、14、25 の地域冷暖房の順位付けである。サンプル 14 の順位付けはサンプル 25 より低い原因として、省エネルギー・環境保全性順位とアメニティ・防災性順位は低いことにある。サンプル 14 の順位付けが上げるために、それらの省エネルギー・環境保全性順位とアメニティ・防災性順位が上げることは必要である。

表 5 にはサンプル 9、14、25 の各々評価指標分布を

示している。分析便利のために、サンプル 14 とサンプル 9、25 間の事業性、省エネルギー・環境保全性、アメニティ・防災性の各評価指標比較を表 6 に示している。サンプル 25 と比較すれば、サンプル 14 の 1Kc a l 熱需要量当たり CO₂ 排出量 (B2) は 14%低い、総合 COP (B1) は 64%低く、未利用エネルギーの割合 (B5) と 1Kc a l 熱需要量当たり蓄熱槽容量 (C2) は 100%低く、1Kc a l 冷動機容量当たり冷却塔面積 (C1) は 68%低いので、それらの省エネルギー・環境保全性順位とアメニティ・防災性順位は低いことがよく理解できる。従って、評価指標を改善する必要がある。

また、サンプル 9 と比べれば、サンプル 14 の地域導管密度 (A1) は 650%高く、機械室面積/熱需要量 (A2) は 25%高く、定着率 (A4) は 56%低く、熱料金 (A5) は 195%高く、熱需要密度 (A6) は 85%低く、稼働率 (A7) は 31%低く、バランス (A8) では 17%変化することがわかった。従って、以上の原因でサンプル 14 の事業性の順位付けは後になった。事業性の評価指標を改善することも必要がある。

更に、サンプル 14 を例として、熱需要量、熱供給区

域面積の倍増、人件費の下げること、蓄熱槽の設置、未
 利用エネルギーの活用とすれば、そのA1、A2、A6、
 A8の変化幅は小さくて無視する。A4、A5、B1、B2、
 B5、C2は改善できる。以下にはA4、A5、B1、B2、
 B5、C2は50%ずつ改善すれば、それらの順位付け変
 化を計算した。結果を表7に示している。同時に、A4、
 A5、B1、B2、B5、C2はそれぞれ50%改善すれば、
 30 順番ぐらい上げることができる。従って、定着率と
 熱料金を改善すれば、サンプル 14 の順位付けを大幅に
 上げることができる。具体的な方法は熱需要量、熱供給
 区域面積の倍増、人件費の下げることである。以上の分
 析は理論的な分析に過ぎなく、実際調査と分析より高い
 はずである。

表 7 改善後の順位付けの変化

A4	A5	B1	B2	B5	C2
3	15	2	0	0	0

6. まとめ

本研究では多変量分析方法より得た総合評価結果を
 検証するために、多基準分析方法より66ヶ所既存地
 域冷暖房の優劣関係を検討した。また、12つ評価指標
 より評価できない既存DHCの評価のために、略化計算
 方法を検討した。本報の結果より、以下の点が結論でき
 る。

1) コンコダンス分析法を多変量分析法と比較する
 と、その判定過程が二つの考え法に基づいて平行して進
 められている点、優劣関係の有無を明確に判定できる点
 がユニークである。しかし、その判定のいき値をコンコ
 ーダンス・デイスコーダンス行列の平均値としているか
 ら、比較するシステムの組み合わせによって結果が変わ
 る可能性がある。

2) コンコダンス分析法には評価項目の重みは重要
 である、アンケート対象によって重みが大きく変わる可
 能性のあることには注意しておく。従って、多変量分析
 法は最も便利であると言える。

3) コンコダンス分析法と多変量分析法より66ヶ
 所既存地域冷暖房に対する順位付けの相関係数は0.96
 ほど高いので、二つ分析法の結果はほぼ同じであること
 が言える。

4) 各々サンプルのコンコダンス・デイスコーダ
 ンス値によって、5つ類型化された。22%サンプルの優位
 性が高く、6%サンプルの劣等性が高いことをわかった。

5) 略化計算方法より、12つ評価指標より評価できな
 い38ヶ所既存DHCも順位化できた。その相関係数は

0.7233高い。将来の改善対象が提供できる。

6) サンプル14に対して、熱供給区域面積を上げる
 こと、人件を納めることによって、サンプル14の順位
 付けを大幅に上げられる。

なお、本研究ではあくまでも多基準分析法の手法を用
 いて、DHCの総合評価を行った。多変量分析法の評価
 結果の妥当性を検証し、日本の既存DHCの全体像を把
 握したいので、この論文をまとめた。従って、本論文の
 結果として示した各各既存DHC間の優劣関係はあく
 まで目前入手できたデータを基づいて得られた一つの
 例解である事を強調しておく。

今後は以上の評価結果に基づいて、既存DHCの改善
 方法及び改善効果の評価などについて、更に検討したい。

謝辞

本研究のデータ調査及びアンケートにご協力頂いた日
 本地域冷暖房の方々にお礼を申し上げます。また、大阪
 大学下田助教授から参考資料を頂いて、ここに深く感謝
 の意を表します。本研究は、NEDO 産業技術研究事業費
 助成金を受けて研究を実施したものです。

参考文献

- (1) 章 新東他：多基準分析法による地域冷暖房の総
 合評価に関する考察 その1 既存DHCの総合評価
 日本建築学会関東支部論文集
- (2) 域冷暖房の評価手法に関する研究—多変量解析法
 による総合評価の試み 日本建築学会計画系論文集
 N0537 P P. 2000年11月
- (3) 下田 吉之他：環境保全型地域熱供給システムの総
 合評価手法に関する研究 第2報 各指標の重みに関す
 るアンケート結果と多基準分析法による総合評価 空気
 調和・衛生工学会論文集 N0. 74. P P. 113~120 1999
 年7月
- (4) 松橋 啓介：多基準意思決定分析による低環境負荷
 型都市の土地利用密度に関する考察 都市計画論文集
 No. 34 P P. 634~648 1999年
- (5) 辻敷 一郎他：階層分析法による高層集合住宅用エ
 ネルギーシステムの評価 エネルギー・資源 6-6
 (1985) P P. 63~70
- (6) P. ネイカンパ他：多基準分析と地域的意志決定 日
 本交通政策研究会研究双書5 (1989) 劉草出版
- (7) 日本熱供給事業協会：熱供給事業便覧 日本熱供給
 事業協会 平成10年

*1 早稲田大学大学院博士課程
 *2 早稲田大学理工学総合研究センター客員研究員・博士
 *3 早稲田大学理工学総合研究センター講師・博士
 *4 早稲田大学理工学総合研究センター講師・博士
 *5 早稲田大学理工学総合研究センター助教授・博士
 *6 早稲田大学教授・博士

Graduate School, WASEDA Univ.
 Advanced Research Center for Science and Engineering, WASEDA Univ. Dr.
 Graduate School, WASEDA Univ.
 Advanced Research Center for Science and Engineering, WASEDA Univ. Dr.
 Prof. Advanced Research Center for Science and Engineering, WASEDA Univ. Dr.
 Prof. WASEDA Univ. Dr.