

日本における既存地域冷暖房に関する評価

その1 研究手法と評価項目の設定

地域冷暖房 評価項目 研究手法

○正会員 韋 新東*
正会員 尹 軍**
正会員 李 海峰***
正会員 高橋信之****
名誉会員 尾島俊雄*****

1. 研究目的

21世紀では、大きな課題として「エネルギー問題」と「地球環境問題」がある。建築では地域冷暖房は省エネルギー・環境保全全面において注目され、日本でも、この30年間、急速に導入されつつある。地域冷暖房事業の普及には、既存地域冷暖房事業間の比較・分析により、総合的な評価を行う必要があり、総合評価によって各地域冷暖房事業の順位付けが可能になるものと考えられる。そこで本報では、このような背景を踏まえ、日本における既存地域冷暖房の現状を調査し、地域計画、地域熱供給システム等の評価によく用いられてきた多基準分析法の一つ手法であるコンコダンス分析法を適用して行った総合評価について述べて、評価視点と評価項目を検討する。

2. 多基準分析法による総合評価

2.1 研究手法

単純に統合できない複数の指標（例えば、熱需要密度と熱料金）を用いて、サンプル相互の比較を行う際、明らかなことはそれぞれの指標における2つの案の優劣関係と、その値に絶対的な差（定量的指標の場合）である。Nijikampによって開発されたコンコダンス分析法は、これらの情報を基に、2重のアプローチで、各サンプル間の優劣の序列付けを行う手法である。

コンコダンス分析法には、計算式の違いによっていくつかの種類があるが、本研究で用いた手法の流れを図1に示す。

まず、地域冷暖房毎の各評価項目jにおける評価値 p_{ji} を算出し、計画インパクト行列P (式1) を作成する。

$$P = \begin{bmatrix} P_{11} & \dots & P_{1j} \\ \vdots & & \vdots \\ P_{ji} & \dots & P_{jj} \end{bmatrix} \quad (1)$$

この集合要素をもとに、サンプルiがi'より優れている度合いを表す指標として次式からコンコダンス指標 $c_{ii'}$ を計算する。ただし、 w_j は意志決定者による評価項目jに対する重みである。

$$C_{ii'} = \{j | p_{ji} > p_{ji'}\} \quad (2)$$

$$C_{ii'} = \sum_{j \in C_{ii'}} w_j (i \neq i') \quad (3)$$

つぎに、コンコダンス集合の補完集合として、iがi'より劣る全ての評価項目からデスコダンス集合 $D_{ii'}$ は式(4)で計算する。

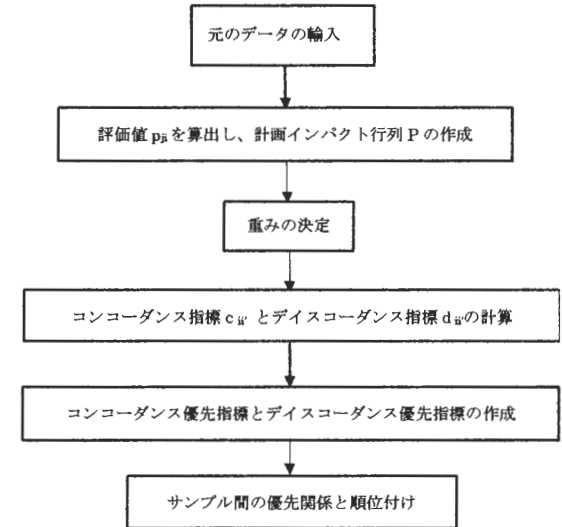


図1 コンコダンス分析法

$$D_{ii'} = \{j | p_{ji} < p_{ji'}\} \quad (4)$$

この集合要素に含まれる各指標での結果の格差を次式で集計して、サンプルiがi'より劣っている度合いを表すデスコダンス指標 $d_{ii'}$ を計算する。

$$d_{ii'} = \sum_{j=1}^j \left(\frac{|p_{ji} - p_{ji'}|}{d_j^{\max}} \right) (i \neq i', j \in D_{ii'}) \quad (5)$$

上式で、 d_j^{\max} は評価項目jの計画の結果間の最大差を示す。

すなわち

$$d_j^{\max} = \max |p_{ji} - p_{ji'}| \quad (6)$$

前述のように得られたコンコダンス指標、デスコダンス指標を用いたサンプルの評価手法には2つの方法がある。

一つはサンプル間の優先関係を求めるのである。全てのサンプルの組み合わせにおけるコンコダンス指標、デスコダンス指標の平均値をそれぞれ求め、サンプルiのサンプルi'に対するコンコダンス指標がこの平均値以上であり、デスコダンス指標が平均値以下である場合、サンプルiはサンプルi'に対して優先されると結論できる。サンプル数が多い場合、計算したコンコダンス指標とデスコダンス指標はばら付けとなるので、この評価方法で順位付けは難しくなる。

もう一つは全てのサンプルを順位付けするものである。まず、次式によってサンプルの絶対的な優位性を示すコンコダンス

優先指標、サンプルの絶対的な劣等性を示すデイスコーダンス優先指標を作成する。

$$c_i = \sum_{i=1}^I c_{ii} - \sum_{i \neq i'} c_{i'i} \quad (7)$$

$$d_i = \sum_{i=1}^I d_{ii} - \sum_{i \neq i'} d_{i'i} \quad (8)$$

上記のように異なる定義に基づき決定した優位性、劣等性を示す両優先指標による序列付けが一致したものから順位を決定する。一致しない場合には、両優先値の平均から優位度を算出し、それによって順位付けを行う。

2.2 評価視点と評価項目

地域冷暖房の運営に影響する因子は数多くあり、評価視点、評価項目と評価手法を確定することが重要であると考えられる。本節では、評価視点として、事業性、省エネルギー・環境保全性、アメニティ・防災性の三点を考える。

評価項目として、1997年に各地域冷暖房施設から収集したデータを基に、重要性が高く、且つ独立因子で、評価視点に最も関係のある主要な因子を選択し、表1に示すように評価項目をまとめた。

ここで、容積率、熱需要密度、稼働率は大きければ大きいほど事業性が高く、機械室面積/熱需要量、時刻別冷熱需要最大値/時刻別冷熱需要平均値並びに熱料金は小さければ小さいほど、事業性が高くなる。定着率とは将来建物延べ床面積に対する現在建物延べ床面積の比率であるが、機械室並びにプラント容量の面から見ると、現状の需要量と合致すればするほど、定着率が高く、事業性が高いものと考えられる。また、熱需要量が定常数であると仮定した場合は、地域導管総延長/熱需要量は大きければ大きいほど、地域導管総延長が長くなるため、地域冷暖房の初期投資コストが高いため、事業性が低くなる。総合 COP、未利用エネルギー割合は大きければ大きいほど、省エネルギー性が高くなる。同時に熱需要量 1kcal 当たり CO₂ 排出量は小さければ小さいほど、環境保全性が高く評価できる。冷凍機容量が定常数である場合、冷凍機容量 1kcal 当たり冷却塔面積(景観)が大きければ、冷却塔の高さは小さくなるので、景観性がよいと考えられる。熱需要量 1kcal 当たり蓄熱槽容量(安全)は大きければ大きい

表1 評価項目

評価視点	評価項目	説明
事業性	A1: 地域導管総延長/熱需要量	—
	A2: 機械室面積/熱需要量	—
	A3: 容積率(現在供給区域面積に対する現在建物延べ床面積)	+
	A4: 定着率(将来建物延べ床面積に対する現在建物延べ床面積)	+
	A5: 熱料金	—
	A6: 熱需要密度(現在供給区域面積に対する熱需要量)	+
	A7: 稼働率	+
	A8: 時刻別冷熱需要最大値/時刻別冷熱需要平均値	—
省エネ・環境保全性	B1: 総合 COP	+
	B2: 熱需要量 1kcal 当たり CO ₂ 排出量	—
	B3: 熱需要量 1kcal 当たり SOx 排出量	—
	B4: 熱需要量 1kcal 当たり NOx 排出量	—
	B5: 未利用エネルギー割合	+
アメニティ・防災性	C1: 冷凍機容量 1kcal 当たり冷却塔面積	+
	C2: 熱需要量 1kcal 当たり蓄熱槽容量	+
	C3: 騒音の抑制施設	+

注: +は評価項目値が大きければ大きいほど、-は評価項目値が小さければ小さいほど、評価が高いことを表す。

表2 評価項目間の相関係数

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3
A1	1	0.64	-0.32	-0.37	0.25	-0.39	-0.37	0.17	0.04	0.16	0.14	0.14	0.09	0.23	0.37	0.02
A2	0.64	1	-0.12	-0.51	0.63	-0.2	-0.45	0.2	-0.08	-0.05	-0.08	-0.08	0.17	0.03	0.63	0.01
A3	-0.32	-0.12	1	0.31	-0.12	0.89	0.15	0.02	-0.24	-0.14	-0.15	-0.15	-0.08	0.09	0.06	-0.11
A4	-0.37	-0.51	0.31	1	-0.44	0.37	0.48	-0.2	0.14	0.13	0.16	0.16	-0.3	-0.1	-0.34	-0.02
A5	0.25	0.63	-0.12	-0.44	1	-0.25	-0.41	0.25	-0.02	-0.16	-0.18	-0.18	0.23	0.1	0.35	-0.11
A6	-0.39	-0.2	0.89	0.37	-0.25	1	0.35	-0.14	-0.21	-0.13	-0.14	-0.14	-0.13	-0.11	-0.03	0.03
A7	-0.37	-0.45	0.15	0.48	-0.41	0.35	1	-0.22	0.51	-0.06	-0.02	-0.01	-0.09	-0.25	-0.13	0.22
A8	0.17	0.2	0.02	-0.2	0.25	-0.14	-0.22	1	0.04	-0.07	-0.08	-0.08	0.09	0.25	0.24	-0.18
B1	0.04	-0.08	-0.24	0.14	-0.02	-0.21	0.51	0.04	1	-0.11	-0.07	-0.07	0.18	0.01	0.14	0.05
B2	0.16	-0.05	-0.14	0.13	-0.16	-0.13	-0.06	-0.07	-0.11	1	1	1	-0.04	0.21	-0.05	-0.28
B3	0.14	-0.08	-0.15	0.16	-0.18	-0.14	-0.02	-0.08	-0.07	1	1	1	-0.05	0.2	-0.07	-0.28
B4	0.14	-0.08	-0.15	0.16	-0.18	-0.14	-0.01	-0.08	-0.07	1	1	1	-0.05	0.2	-0.07	-0.28
B5	0.09	0.17	-0.08	-0.3	0.23	-0.13	-0.09	0.09	0.18	-0.04	-0.05	-0.05	1	0.35	0.65	-0.02
C1	0.23	0.03	0.09	-0.1	0.1	-0.11	-0.25	0.25	0.01	0.21	0.2	0.2	0.35	1	0.21	-0.82
C2	0.37	0.63	0.06	-0.34	0.35	-0.03	-0.13	0.24	0.14	-0.05	-0.07	-0.07	0.65	0.21	1	0.05
C3	0.02	0.01	-0.11	-0.02	-0.11	0.03	0.22	-0.18	0.05	-0.28	-0.28	-0.28	-0.02	-0.82	0.05	1

ほど、熱供給の安定性が期待され、防災性は高く、アメニティ・防災性が高いことを示すことになろう。

評価項目間の相関係数を利用して、前述で選択した評価項目の多重共線性現象(評価項目どうしの相関が高いこと)を確認しながら評価項目を再選択する。ここで相関係数が 0.8 より大きい場合、評価項目を再選択する必要がある。事業性、省エネルギー・環境保全性、アメニティ・防災性の三つの評価視点から、前出の評価項目間の相関係数を計算し、その結果を表2に示している。これによると、A3、A6間の相関係数が0.89、B2、B3、B4間の相関係数が1.00、C1、C3間の相関係数が0.82と高い値を示している。したがって、事業性の評価項目はA3を除いた7個項目、省エネルギー・環境保全性の評価項目はB1、B2、B5、アメニティ・防災性の評価項目はC1、C2とした。

3. 結論

本報では、日本における既存地域冷暖房を総合評価するための、総合評価手法を提案し、評価視点と評価項目を検討した。

* 吉林建築工程学院教授・工博
 ** 吉林建築工程学院教授・工博
 *** 早稲田大学理工学部助手・工博
 **** 早稲田大学理工学部総合研究センター教授・工博
 ***** 早稲田大学教授・工博

Prof. Jilin Institute of Architecture Engineering, Dr.
 Prof. Jilin Institute of Architecture Engineering, Dr.
 Research Assoc. Dept. of Architecture, WASEDA Univ., Dr.
 Prof. Advanced Research Center for Sci. and Eng., WASEDA Univ., Dr.
 Prof. WASEDA Univ., Dr.