

家庭用エアコンを対象とした実使用時の
COP マトリックスデータベース構築及び年平均暖冷房 COP に関する研究

渡邊恭平
指導教員
赤林伸一教授

1 研究目的

住宅におけるエネルギー消費量のうち約 30% を暖冷房が占めており、暖冷房機器の性能向上が求められている。特にヒートポンプにより暖冷房を行うエアコンは、使用時の暖冷房負荷、外気温に応じて成績係数 (COP) が大きく変化するため、地域の気象条件及び設備配置計画を含めた建物の熱負荷特性に応じた機種選定が極めて重要である。現在、消費者が家庭用エアコンの機種選定をする際には、主に定格能力に応じた部屋の大きさ (最大負荷) に対応する機種をラインナップから選定している。

本研究では、まず市販されている家庭用エアコンを対象としたカタログスタディにより、各機種の性能分析を行う。次に外気温・暖冷房負荷が調整可能な簡易カロリーメータを製作し、外気温、暖冷房出力と COP の関係を明らかにし、COP マトリックスデータベースの作成を行う。

更に、標準問題モデルのシェルター性能を変化させて熱負荷の解析を行い、作成した COP マトリックスデータと照合することにより、年間の暖冷房 COP を算出し、平均暖冷房 COP を求める。年平均暖冷房 COP とカタログ APF を比較し、地域条件、熱負荷条件による家庭用エアコンの機器性能特性を明らかにすることを目的とする。

2 研究概要

2.1 カタログスタディの概要：表 1 に調査対象としたメーカー毎のエアコン台数、代表的な機種の仕様^{*1}と

表 1 調査対象としたメーカー毎のエアコン台数、代表的な機種の仕様と平均市場価格

メーカー	性能				室内機サイズ				室外機サイズ				対象 エアコン [台]
	冷房定格 能力 [kW]	冷房定格 消費電力 [W]	暖房定格 能力 [kW]	暖房定格 消費電力 [W]	APF [-]	幅 W [mm]	奥行 D [mm]	高さ H [mm]	幅 W [mm]	奥行 D [mm]	高さ H [mm]	平均市場 価格 [円]	
P 社	2.2	395	5.6	2.5	420	6.0	7.2		619	299	619	168,800	1
	2.8	585	4.8	3.6	710	5.1	7.0		799	287	295	185,050	6
	4.0	1,200	3.3	5.0	1,190	4.2	6.0					215,930	7
	2.2	440	5.0	2.5	465	5.4	6.9					138,133	5
	2.8	600	4.7	3.6	710	5.1	6.8		799	312	295	164,395	6
ME 社	4.0	1,095	3.7	5.0	1,130	4.4	6.3					178,645	5
	2.2	420	5.2	2.5	445	5.6	6.8					194,667	7
	2.8	595	4.7	3.6	705	5.1	6.7		798	293	294	225,833	9
	4.0	995	4.0	5.0	1,130	4.4	6.1					291,300	7
	2.2	410	5.4	2.5	435	5.8	6.8					141,782	2
H 社	2.8	625	4.5	3.6	690	5.2	6.7		798	299	295	165,782	4
	4.0	960	4.2	5.0	945	5.5	6.8		799	299	629	186,043	5
	2.2	450	4.9	2.5	450	5.6	6.8					147,710	2
	2.8	610	4.6	3.6	720	5.0	6.7		798	310	293	164,366	6
	4.0	1,120	3.6	5.0	1,170	4.3	5.9					200,000	7
D 社	2.2	450	4.9	2.5	450	5.6	6.7		768	357	599	171,333	2
	2.8	540	5.2	3.6	680	5.3	6.8		845	342	595	204,667	7
	4.0	930	4.3	5.0	1,050	4.8	6.2		858			218,000	14
	2.2	395	5.6	2.5	430	5.8	7.0					137,333	4
	2.8	555	5.1	3.6	660	5.5	6.8		798	306	293	183,600	6
F 社	4.0	975	4.1	5.0	1,015	4.9	6.3					192,500	6
	2.2	430	5.2	2.5	435	5.8	6.8		798	289	540	122,650	1
	2.8	565	5.0	3.6	685	5.3	6.7					185,966	3
	4.0	980	4.1	5.0	1,090	4.6	6.2		820	340	630	194,633	2
	2.2	510	4.3	2.5	520	4.8	5.8					89,750	2
C 社	2.8	715	3.9	3.6	800	4.5	5.8		795	247	290	114,700	4
	4.0	1,340	3.0	5.0	1,425	3.5	5.0					128,000	4

均市場価格^{*2}を示す。調査対象は家庭用エアコン (2013 年度モデル) の暖冷房用機種 (壁掛けタイプ) とし、大手家電メーカー 9 社^{*3}325 機種についてカタログ値から対象機種の能力、消費電力、定格 COP 等の比較を行う。

2.2 簡易カロリーメータの概要：実験対象エアコンは P 社 CS-X713C2 (カタログ目安：木造 20 畳用) とする。簡易カロリーメータの室内・室外機側チャンバーに温度調整用空調機を設置し、温度をコントロールする。吸込・吹出温湿度の測定には HIOKI 社製温湿度センサー^{*4}と熱電対を用いる。室内機の吸込口に温湿度センサーとサーミスタ風速計^{*5}を 1 点ずつ、熱電対を 2 点、吹出口に温湿度センサーを 2 点、熱電対を 3 点設置する。又、室外機の吸込口には温湿度センサーを 1 点設置し、この点の温度を外気温とする。COP の算出の際、室内機吹出温度は温湿度センサーと熱電対で計測した値の平均値^{*6}を用いる。

2.3 COP 簡易測定法：COP 測定は COP 簡易測定法^{文 1)}により行う。測定対象エアコンの風量設定は最大風量とし、外気温、暖冷房負荷を変化させて電力消費量を測定し、COP を算出する。エアコンの吸込・吹出口の温湿度によりエンタルピーを算出し、吸込・吹出口のエンタルピー差と測定処理風量から暖冷房出力を算出する。

2.4 COP マトリックスの作成方法：2.3 により測定を行っ

表 2 熱負荷計算の条件

項目	設定	備考
冷房設定温度 (°C)	27	
冷房設定湿度 (%)	50	
暖房設定温度 (°C)	20	
暖房設定湿度 (%)	50	
暖冷房期間	冷房	日平均外気温が 22°C 以上となる 3 回目の日から、日平均外気温が 22°C 以上である最終日より 3 回前の日まで
	暖房	日平均外気温が 14°C 以下となる 3 回目の日から、日平均外気温が 14°C 以上である最終日より 3 回前の日まで
暖冷房負荷発生条件	冷房	冷房期間の中で外気温が 24°C 以上
	暖房	暖房期間の中で外気温が 17°C 以下
空調方式	時間常空調	6:00-23:59
人員数	3 人	父、母、子 1 人
対象住宅モデル	日本建築学会熱負荷計算標準問題モデル	
設置エアコン定格能力 (kW)	冷房	7.1
	暖房	8.5
	エアコン風量 (m³/min)	19.5

表 3 各解析 case の概要

解析 case	対象地域	ZONE	熱損失係数 [W/m²・K]
case 1-1	東京	A	10.06
case 1-2	新潟	A	JIS C 9612 条件と同等
case 2-1	東京	A+B	(目標値：暖房負荷 275W/m²)
case 2-2	新潟	A+B	
case 3-1	東京	A	5.05
case 3-2	新潟	A	次世代省エネ基準と JIS C 9612 条件の間
case 4-1	東京	A+B	
case 4-2	新潟	A+B	
case 5-1	東京	A	2.00
case 5-2	新潟	A	新潟の次世代省エネ基準
case 6-1	東京	A+B	(地域 IV：2.7W/m²・K) を満たす住宅
case 6-2	新潟	A+B	

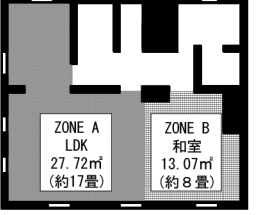


図 1 標準問題モデル 1 階平面図

た外気温、暖冷房出力と COP の関係により、COP マトリックスの作成を行う。測定結果から外気温 0.1℃、出力 0.1kW 毎に COP をマトリックス内にプロットし、測定結果が無い条件は周囲の値から回帰式を求め、補間する。

2.5 年間暖冷房 COP の解析方法：表 2 に熱負荷計算の条件、表 3 に各解析 case の概要を、図 1 に標準問題モデル 1 階平面図を示す。対象地域は東京、新潟とし、気象データは日本建築学会拡張アメダス気象データとする。対象モデルは日本建築学会熱負荷計算用標準問題モデルを用い、熱負荷シミュレーションソフト TRNSYS により計 12case で熱負荷計算を行う。算出した熱負荷と各時刻の外気温を測定した COP マトリックスを照合することで、1 時間毎に 1 年間の暖冷房 COP を算出する。

3 解析結果

3.1 カタログスタディの解析結果：図 2 にエアコンの定格能力と平均定格 COP^{※7}の関係（2013 年度モデル）を示す。暖冷房共に定格能力の上昇に伴い平均定格 COP は低下する。暖冷房負荷の大きい部屋では、出力の大きなエアコンを一台設置する場合と比較して、効率が良い定格出力の小さい機種を複数台設置し、台数制御を行う方が省エネルギーとなる可能性がある。暖房定格では、両者の関係が暖房定格能力 5.5kW 付近を境界として、傾きの異なる 2 つの近似直線として回帰できる。2 種類の圧縮機のみを用いて室外機を作成し、エアコンの暖冷房能力の最大値、定格値をインバータ制御により決定していると推察される。

3.2 COP マトリックス測定結果：図 3 に COP マトリックス（最大風量）を示す。冷房時では外気温が低い方が、暖房時では外気温が高い方が COP が高い。又、どちらも出力が高い方が COP が低い。これらの COP マトリックスを用いて 1 時間毎に 1 年間の暖冷房 COP を算出する。

3.3 暖冷房 COP の解析結果：図 4 に年積算暖冷房負荷、年積算消費電力量及び年平均暖冷房 COP（東京、新潟）を示す。シェルター性能毎に比較すると、暖冷房負荷が減少するにつれて、COP が低下する。これは暖冷房負荷が少ない場合、ON/OFF 運転^{※8}の頻度が多くなるためと考えられ

る。更に、実験対象エアコンのカatalog APF は 4.9 である。case2-1 の年平均暖冷房 COP は 3.7 程度、case2-2 では 3.6 程度となる。case2-1（東京）ではカatalogによる年積算消費電力量は約 2600kWh であるが、COP マトリックスによる解析結果は約 3600kWh であり、実使用時では年間約 1000kWh 多い。

4 まとめ

- ①カatalogスタディの結果、定格出力の小さな機種を複数台設置し、台数制御を行う方が省エネルギーとなる可能性がある。
- ②今回対象としたエアコンでは、冷房時では外気温が低い方が、暖房時では外気温が高い方が COP が高い。更にどちらも出力が低い方が COP が高い。
- ③ COP マトリックスによる年平均 COP はカatalog値より 1.2 程度低く、年積算消費電力量はカatalog APF による算出結果より約 1000kWh 多い。
- ④部屋の大きさによってエアコンを選定する方法は、過大な能力のエアコンを選定することになり、問題である。

- ※1 各主要メーカーの最上位機種の暖房定格出力 2.5kW、3.6kW、5.0kW の機種。
 ※2 大手家電量販店（YD 社、KD 社、YC 社、BC 社）の web 公開価格の平均値（2013/5/28 ～ 2013/7/22 に調査した値）。
 ※3 P 社、ME 社、MH 社、H 社、T 社、D 社、F 社、S 社、C 社の大手家電メーカー 9 社。
 ※4 温度分解能：0.1℃、湿度分解能：0.1%、温度測定精度：0 ～ 35.0℃ ± 0.5℃、35.1 ～ 70.0℃ ± 1.0℃、湿度測定精度：測定湿度度によるが概ね ± 5 ～ 10%。
 ※5 予備実験により、吸込口風速と吹出風量の関係を測定することにより、吸込口風速から処理風量を算出する。
 ※6 測定間隔は 1 [s] とし、COP の算出には 1 分間の平均値を用いる。
 ※7 調査対象の家電メーカーにおいて、定格能力毎に当該定格能力を有するエアコンの定格 COP を平均した値。
 ※8 暖冷房負荷 3kW 以下の場合、エアコンは ON/OFF 運転を行うとする。その際の COP は外気温により変化し、ON/OFF 運転時の実験結果より冷房：外気温 32℃ で COP2.3、暖房：外気温 11℃ で COP3.0 とする。
 文 1）赤林・坂口・佐藤・浅間 「家庭用エアコン COP 簡易測定法の開発研究」 日本建築学会技術報告集、2005 年

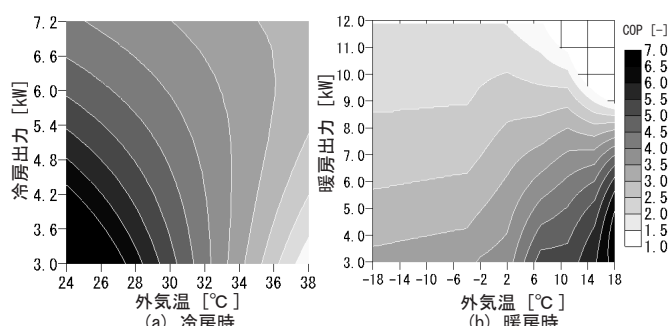


図 3 COP マトリックス（最大風量）

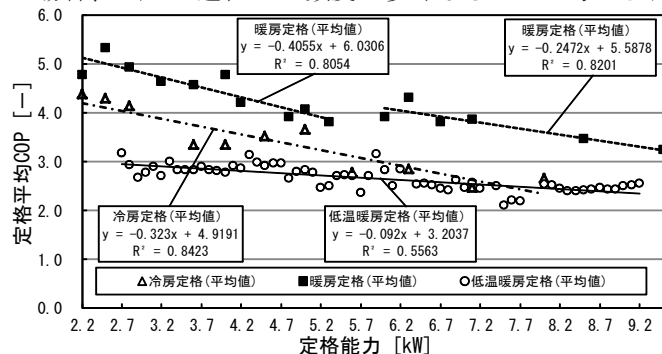


図 2 エアコンの定格能力と平均定格 COP の関係（2013 年度モデル）

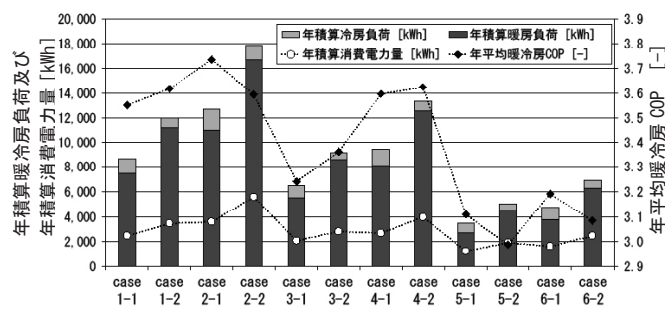


図 4 年積算暖冷房負荷、年積算消費電力量及び年平均暖冷房 COP（東京、新潟）