

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 27 日現在

機関番号：82115

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2011～2013

課題番号：23686085

研究課題名(和文)コンプレッサー特性の同定試験によるヒートポンプ暖冷房の実働性能計測法の確立

研究課題名(英文)Development of Measurement Method of Heat Pump Performance for Heating and Cooling by Utilizing Performance Identification Test for Compressor

研究代表者

三浦 尚志(Miura, Hisashi)

国土技術政策総合研究所・住宅研究部・主任研究官

研究者番号：40414966

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 7,200,000円、(間接経費) 0円

研究成果の概要(和文)：ルームエアコンディショナーの実働エネルギー効率をフィールド実測によって把握するために、冷媒エンタルピー法をベースとした冷媒側から暖冷房出力を推定する計測方法を検討した。人工気候室において冷媒流量や圧縮機回転数等を計測し、冷媒流量の推定方法を構築した。冷媒流量から計算した暖冷房負荷と室内機におけるAE法で計測した暖冷房負荷とを比較した。

研究成果の概要(英文)：In order to clarify the actual in-situ energy efficiency of room air conditioners, the method to evaluate the heating and cooling capacity by measuring refrigerant based on the refrigerant enthalpy method was considered. The refrigerant flow rate and pressures and so on were measured in artificial climate chambers, and an estimation method for refrigerant flow rate were tested. Heating and cooling load calculated by refrigerant flow was compared with heating and cooling load measured by air enthalpy method in the internal unit.

研究分野：工学

科研費の分科・細目：建築学、建築環境・設備

キーワード：建築設備 フィールド計測 コンプレッサー ルームエアコンディショナー

1. 研究開始当初の背景

ルームエアコンディショナー（以下、単に「エアコン」という。）に代表される住宅用ヒートポンプ技術は、機器のトップランナー制度に見られるように高効率化が推進され、住宅部門のエネルギー消費量を削減していくための有力な手段のひとつとして位置づけられている。一方で、著者らは居住者の住まい方を再現して機器特性を評価してきた一連の研究において、実稼働状態におけるエアコンのエネルギー効率を実測し、JIS規格(B-8615-1)で定められる性能値ほど性能がでないことを示した。さらに、年間のエネルギー消費量を算出・表示する際、JIS C-9612で定められている前提条件と実際の運転状況が著しく乖離していることが報道されており、社会的に問題となっている。

エアコンの実稼働性能がほとんど明らかにされてこなかった要因として、フィールド計測など、試験室以外で暖冷房出力を計測するのが極めて困難であったことが挙げられる。精度良く計測しようとする風速センサや多数の温湿度センサ、風向センサを室内機周辺に取り付ける必要があるため、手間やコスト、安全性の観点から計測のハードルが高く、居住者が実際に使用している実稼働状態での暖冷房出力を測定した例はこれまでほんの数例しか無い。

様々な気候、使用状況（躯体性能や使用時間、温度設定、使用モードなど）における実稼働性能をフィールド実測により把握することが社会的に極めて重要となっており、手間やコストを可能な限り抑え、かつ実際に居住者が住みながら計測できる現実的な方法を開発することが期待されている。

2. 研究の目的

エアコンのエネルギー性能を算出するにあたり、暖冷房出力を精度良く計測することが技術的にネックとなっている。試験室において暖冷房出力を計測する方法は表1に示す3つに大別される。

実施のフィールド計測において困難なAE法に代わり、RE法をベースとした冷媒側から暖冷房出力を推定する計測方法を提案する。この方法は、計測センサを機器の内部に設置することが可能であるため簡易に計測が可能となり、計測器を新設する場合は予めセンサを内部に設置しておくで現地調整が不要という利点もある。その際、圧縮機特性など製造者の情報提供を受けないといけない機器の構成部材の特性式については、あらかじめ機種別にAE法あるいはバランス法で暖冷房出力を計測しておき、その結果から特性式を同定する（図1）。本研究は、この特性式を同定する手法を開発するものである。

表1 試験室における暖冷房出力の計測方法

計測方法	計測内容
室内空気エンタルピー法（室内AE*法）	室内機の吸い込み空気と吹き出し空気のエンタルピー差に吹き出しの風量に乗じて暖冷房出力を算出する方法であり、JIS ¹⁾ にも記載されている。風量計測が技術的に難しく、試験室では風量測定用の大型のチャンバーが用いられる。
バランス法	最も精度良く計測できる方法であり JIS ¹⁾ にも記載された方法である。ほぼ貫流による熱移動が0となるように断熱された人工気候室内に室内機を設置し、室内機の暖冷房出力を打ち消すように試験室の空調機を運転し、試験室の空調機側でその能力を計る方法である。フィールド計測では使用できない。
冷媒エンタルピー法（RE*法）	暖冷房出力を冷媒側で計測する方法である。冷媒温度など機器内部の計測点のみで暖冷房出力が計算できるため、室内機廻りにセンサを設置する必要が無く簡便な方法といえるが、圧縮機特性や制御など製造者から公開されていない情報を多数必要とするため、製造者から製品ごとに情報提供を受けないと計測できず、またその情報の確からしさを検証する手段が無いことが欠点である。

※AE=Air Enthalpy,
RE=Refrigerant Enthalpy

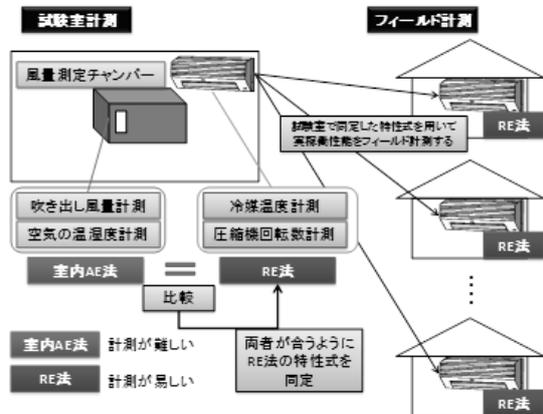


図1 本研究で想定する測定法

3. 研究の方法

RE法は、(A)冷媒流量推定と(B)暖冷房出力推定の2つのパートに分けられる。(A)冷媒流量推定は、圧縮機の回転数と圧縮機の入口および出口の冷媒温度等から冷媒流量を推定する方法であり、その際、ブラックボックスである圧縮機特性を同定することが不可欠である。本研究では冷媒流量をコリオリ流量計等を用いて直接計測し、計測結果と予測結果を比較することで冷媒流量推定における圧縮機特性式を同定する手法を開発する。(B)暖冷房出力推定は、暖冷房出力を熱交換

器入口と出口の冷媒温度および冷媒流量から推定する方法である。この推定式を同定する手法を開発するために、暖冷房出力を別途、室内 AE 法で計測しておき、その結果と予測手法とを比較する。

4. 研究成果

(1) 冷媒流量計測装置の開発

人工気候室内に試験室を設置し(図2)、定常状態において実験を行った。冷媒流量推定を開発するための比較データとして、直接コリオリ式質量流量計(Yokogawa)(写真1)を用いて冷媒流量を計測した。流量計は凝縮器と膨張弁の間の冷媒配管に接続し、冷媒状態(密度等)を確認するために、圧縮機の前、後、熱交換器内、膨張弁の前、後等に温度計、圧力計を設置した。

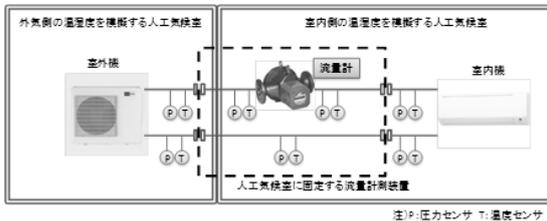


図2 試験室の概要



写真1 コリオリ式質量流量計

当初、冷媒の気相・液相の状態を確認するためにサイトグラスを設け、さらに、エアコンの冷媒流量方向が暖房と冷房運転で変わる一方でコリオリ式質量流量計は一定方向しか計測できないことに対応するために、流量計前後で切換弁を設けて対応したが、これらの接続部分での圧力損失が大きく、膨張弁と凝縮器との間に設置した冷媒流量計後の温度から推定される圧力がほぼ低圧側の圧力に等しくなっている(膨張弁前後でほぼ圧力差がついていない)結果となった。流量計を設置することによりある程度の圧力損失が大きいことは予想されたが、流量計以外の接続部による圧力損失が大きいと考え、流量計測装置を設計しなおし、切り替えバルブやサイトグラス等を撤去し大幅に簡素化した。

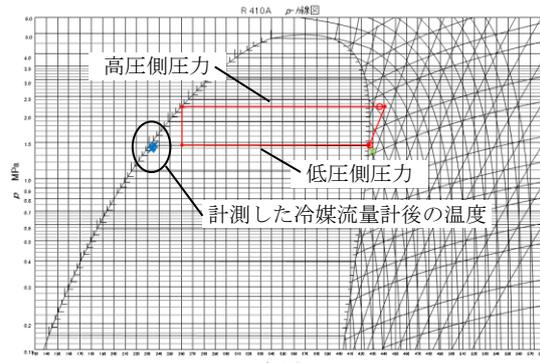


図3 計測例(p-h線図)(暖房運転)

(2) RE法・CC法・AE法による能力の比較

改良した測定装置における計測結果の例を図4に示す。処理熱量のグラフのRE法とは計測した冷媒流量に熱交換器入口出口のエンタルピー差を乗じて求めた結果であり、CC法とは圧縮機回転数、蒸発器側圧力、圧縮機入口冷媒温度から計算して求めた冷媒流量に熱交換器入口出口のエンタルピー差を乗じて求めた結果である。

冷媒流量は理論的に、圧縮機の回転数と1回転あたりの吐出量、冷媒密度等から計算できる。しかし実際には圧縮機でロスが生じ、冷媒流量はその理論値よりも少ないため、実際の運転を評価するには補正係数である圧縮機の体積効率等を導入・同定する必要がある。今回はこの効率を蒸発器側の冷媒温度を説明変数とする関数として与えた(図5)。

AE法とRE法により求めた処理能力を比較すると概ね一致した一方で、CC法により求めた処理能力は10%程度低かった。これはCC法により計算した冷媒流量の結果が計測した冷媒流量よりも10%程度低かったことに起因する。

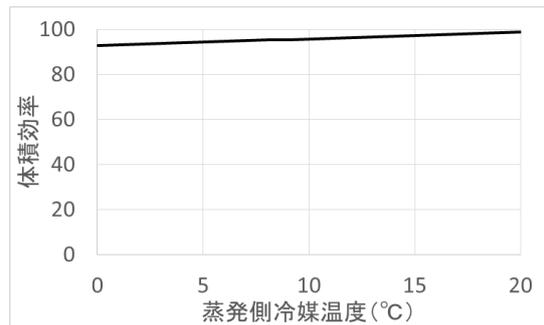


図5 CC法に用いた体積効率

(3) 流量計測における課題

CC法とAE法により求めた処理能力を比較すると概ね10%程度の誤差に収まった一方で、コリオリ式質量流量計の計測結果を用いたRE法の結果については、条件によっては非常

に誤差が大きいと考えられる結果となった。図6にインバータ周波数と冷媒流量との関係を示すが、一部の結果で冷媒流量計速がうまくいっていないと思われる結果が出た。CC法を検証する際、AE法により検証する場合にはある程度熱交換器入口・出口のエンタルピー差を推定する必要があるため、できれば冷媒流量で直接比較するのが望ましい。様々な条件下で安定的に冷媒流量が計測できることが今後の課題であると思われる。

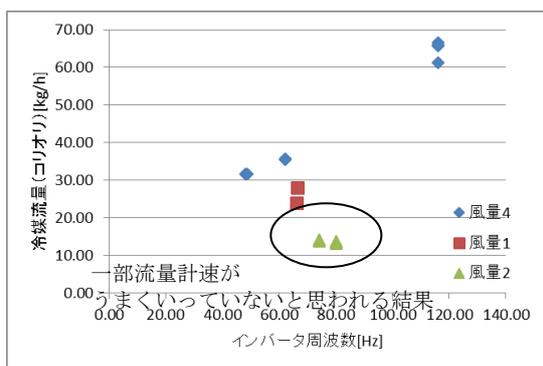


図6 インバータ周波数と冷媒流量

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計1件)

- ①住吉大輔, 荻野登司, 三浦尚志, 細井昭憲, 澤地孝男: 実験住宅における家庭用ルームエアコンの実働性能評価実験 ルームエアコンの性能評価に関する研究 その1, 日本建築学会環境系論文集, 第688号,

pp. 497-505, 2013. 6, 査読有り

〔学会発表〕(計3件)

- ①三浦尚志, 荻野登司: 住宅用温水ヒートポンプ暖房の年間エネルギー消費効率の評価 その3 熱源機の冷媒温度に基づく熱源機消費電力の推定方法の概要, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 環境工学II, pp. 1217-1218, 2011
- ②荻野登司, 三浦尚志: 住宅用温水ヒートポンプ暖房の年間エネルギー消費効率の評価 その4 熱源機の冷媒温度から熱源機消費電力を推定する計算式の開発, 環境工学II, pp. 1219-1220, 2011
- ③H. Miura, T. Ogino, Development of a Predictive Model for Power Consumption of Air-to-water Heat Pumps for Residential House, Building and Simulation 2011, 2011.11

6. 研究組織

(1) 研究代表者

三浦 尚志 (MIURA, Hisashi)

国土技術政策総合研究所・主任研究官

研究者番号: 40414966

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし

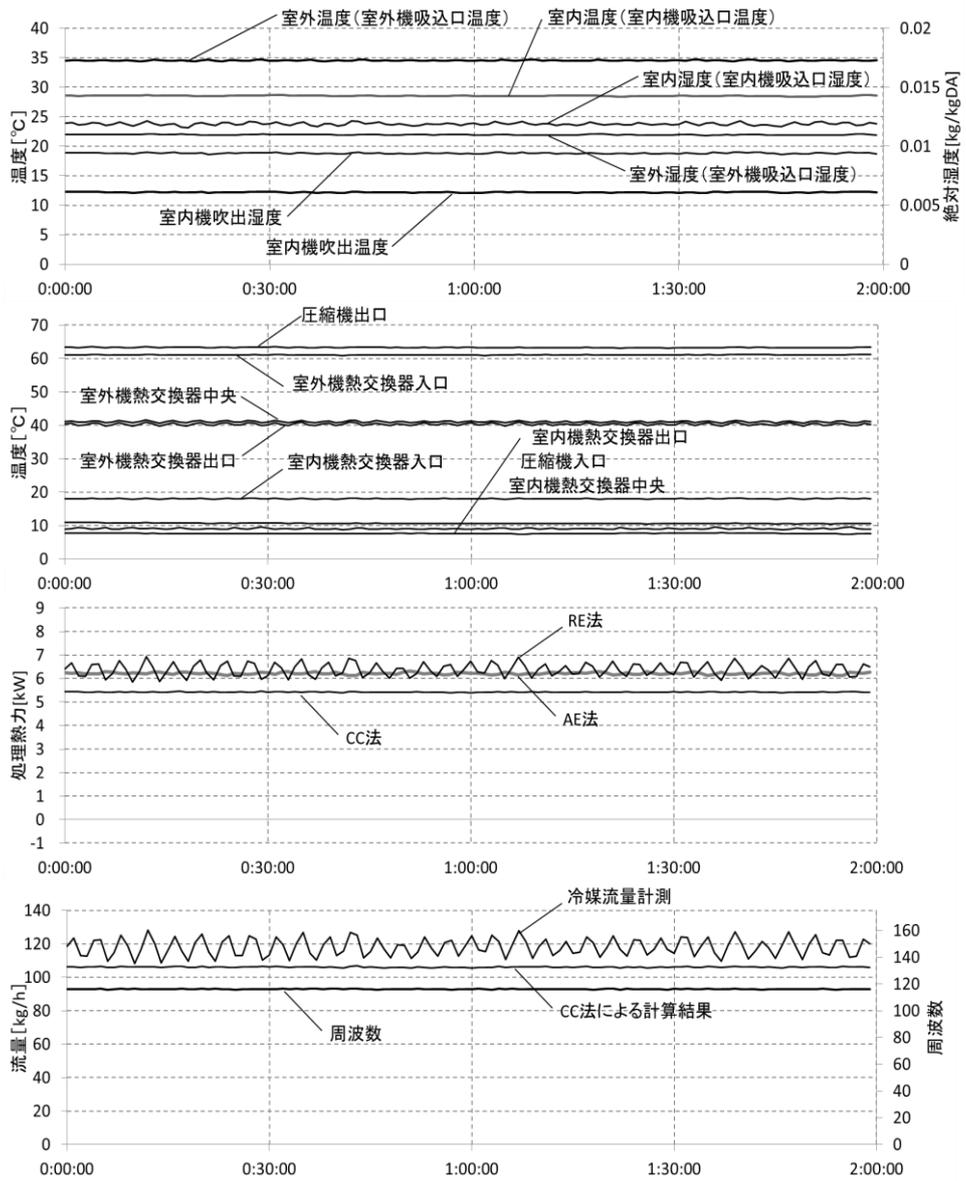


図4 冷房時における計測結果の例