

京都大学	博士 (工学)	氏名	加賀邦彦
論文題目	冷媒相変化と水分移動を考慮した熱回路網モデルによる空気調和用熱交換器の性能予測手法に関する研究		
<p>(論文内容の要旨)</p> <p>本論文は、熱交換器の性能予測手法として、機器の熱解析に広く用いられている熱回路網法をベースに冷媒の相変化と湿り空気中の水分移動を考慮するモデルを検討し、高い正確度を有しかつ簡便に利用できる性能予測手法を開発した結果をまとめたものであり、7章からなっている。</p> <p>第1章は序論であり、空気調和用熱交換器の実用設計に耐えうる性能予測の手法として、熱交換器内を複数の要素に分割して熱抵抗で接続する熱回路網法を適用することを提案している。また、熱回路網法を拡張して空気調和用熱交換器の能力予測を行うための課題として、熱交換器の管内部を流れる冷媒の相変化と、熱交換器フィン間を流れる湿り空気中の水蒸気へのフィン面への結露の二つを考慮したモデルの構築を挙げている。</p> <p>第2章では、第1章で述べた二つの課題を解決するための物理モデルを検討し熱回路網法を拡張する方法について述べている。2.1節では熱回路網法について概説している。対象となるシステムを要素分割し、近接要素間の伝熱形態に応じて熱抵抗で連結し各要素についての熱量バランス方程式を立てることを述べている。2.2節および2.3節では、熱回路網法における冷媒相変化のモデル化について検討している。2.2節では、相変化を取り扱う場合に一般的な等価比熱モデルにつき述べたのち、少ない分割数で物理的に妥当な解を得るための手法として有効比熱モデルを提案してその効果を検討し、2.3節では冷媒の流れに沿った圧力損失による飽和温度の低下を考慮した修正有効比熱モデルを提案している。2.4節では、水分移動回路網モデルを構築するため、湿り空気中の水蒸気の質量輸送方程式および熱輸送方程式の離散化の方法につき検討し、これらの離散化結果をもとに水分移動回路網モデル式と熱回路網モデル式を提示している。</p> <p>第3章では、第2章で提案した手法により拡張された熱回路網法を適用して空調用熱交換器をモデル化しその性能を予測する手法について述べている。具体的には、2章に述べた冷媒の流れに沿った相変化を取り扱うモデルを熱回路網モデルに組み込むとともに、冷媒の流れに沿った圧力損失を考慮する流体管路モデルと湿り空気中の水蒸気の移動を取り扱う水分移動回路網モデルとを連成させて最終的に熱交換器内の各部の温度および熱交換の性能を予測する。3.1節では、熱交換器の性能予測の手順を、(1)境界条件の設定、(2)熱回路網計算の実施、(3)水分移動回路網モデルの計算、(4)</p>			

氏名	加賀邦彦
----	------

冷媒側の甘露網計算の実施，(5) 計算の収束判定，の5ステップに分け説明している。3.2節では，空気調和用の熱交換器（プレートフィンチューブタイプ熱交換器）の構成要素について述べたのち，熱回路モデルとして，列・段毎のブロックに分割し，1つのブロックをフィン，冷媒は移管，冷媒および空気の要素に分割することにふれ，さらに各要素間の熱のやり取りを表す熱抵抗の与え方について具体的に述べている。

第4章では，本手法を用いた熱交換器性能の予測精度を検証するため，単体熱交換器について風洞実験を行い，凝縮器および蒸発器の能力計算の結果と比較することにより解析手法の妥当性検証を行い，誤差1%程度の高い正確度で熱交換量を予測できることを述べている。

第5章および第6章では，第3章にて具体的に構築され，第4章において妥当性を検証された熱回路網モデルを用いて，熱交換器の能力に影響を及ぼす支配的な因子につきその影響を定量化するとともに熱交換能力を最大化する指針を得ている。

まず第5章では，凝縮器の内部に発生する過冷却液と過熱ガスが近接する位置でのフィンを介した熱漏洩現象につき熱交換能力に与える影響を定量的に予測し，実験との比較を行っている。

ついで第6章では，蒸発器に流入する風速の不均一に起因する熱交換能力の低下と，冷媒パスパターンを適正化することによる能力回復効果を定量的に予測している。さらに多湿条件で発生する気流バイパス現象について述べ，風速不均一の影響を考慮した冷媒パスパターンにおいて気流バイパス現象が起りやすいケースについて，気流バイパス現象が発生する湿度条件を定量的に予測するとともに，気流バイパスの抑制効果を兼ね備えた適正なパスパターンの指針を検討している。

第7章では研究全体のまとめとして本研究で得られた成果について述べている。

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、空気調和機のキーパーツのひとつである熱交換器の性能を最大限に引き出す最適設計技術の構築を目的として、正確度の高い性能予測手法を開発した成果についてまとめたものである。得られた主な成果は以下の通りである。

(1) 冷媒の相変化の考慮については等価比熱モデルを採用するとともに、冷媒の流れ方向に沿って1020分割程度の比較的少ない要素分割数でも正確に冷媒の相変化状態を予測できる有効比熱モデルを提案し、物理的に妥当な解が得られることがわかった。さらに、冷媒の流れに沿った圧力損失を考慮する修正有効比熱モデルを提案した。また、湿り空気中の水蒸気移動を記述する水分移動回路網モデルを構築するとともに、これと連動して、結露に伴う凝縮潜熱移動の影響を熱回路網モデルへ反映させる具体的方法を示した。

(2) 開発した予測手法の妥当性を検証するため、基礎試験による熱交換器の性能測定を実施し、予測結果との比較により、凝縮器、蒸発器ともに、熱交換性能について誤差1%程度の高い正確度が得られることを確認できた。

(3) 開発した手法を用いて、凝縮器の内部に発生する過冷却液と過熱ガスが近接する位置でのフィンを介した熱漏洩現象につき熱交換能力に与える影響がおおよそ3~4%であると予測し、実験により検証できた。

(4) 開発した手法を用いて、蒸発器に流入する風速の不均一により発生する熱交換量不足の度合いと、冷媒パスパターンの変更による熱交換量回復効果を定量的に予測し、冷媒パスを最適化することにより、熱交換量不足を約6%から1%未満まで回復させることができることを明らかにした。また、多湿条件で発生可能性があるバイパス気流現象について、冷媒パスパターン適正化による抑制効果を定量的に予測し、定格条件において風速不均一により低下した熱交換能力を約5%回復させつつ、バイパス気流発生に対するロバスト性が確保できることを明らかにした。

本論文は、空気調和機の熱交換器の最適設計に関して正確度の高い性能予測手法を開発したもので、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。また、平成22年2月22日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。