店舗総合省エネルギー制御システム

須藤　晴彦（すどう　はるひこ）　竹中　道夫（たけなか　みちお）　坂井　一博（さかい　かずひろ）

1　まえがき

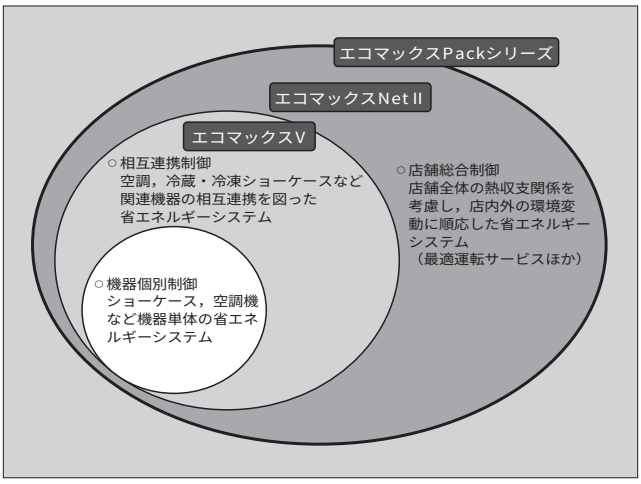
昨今，食品流通業界では食品事故・事件の発生を契機として，日本版 HACCP（Hazard Analysis and Critical Control Points：総合衛生管理製造過程）から ISO22000 への移行が進むなど，食品安全管理の一層の強化が進んでいる。このことから，冷蔵・冷凍機器の保冷状態や稼動状態を管理したいというニーズも増加している。

一方，環境問題への対応として省エネルギーを国民的に推進しなければならない情勢となり，機器メーカーへの省エネルギー化の要請は高まる一方である。

富士電機は，ショーケースと冷凍機を連携制御して効率のよい運転を図る制御システム「エコマックス V」と，店舗機器監視システムとして業界で初めて Web 対応方式を導入した，センター監視システム「エコマックス Net」をすでに市場展開して好評を得ている[(1)]。現在，このシステムの発展型として機器管理機能を強化し，店内外の環境変動に対して店舗全体の熱収支を取ることで効果的な省エネルギーを実現する新しいシステムを開発した。従来のシステムとの関係を**図１**に示す。

本稿では，省エネルギーを主眼に置いた店舗機器の総合的な監視制御を行う店舗総合省エネルギー制御システム「エコマックス Net Ⅱ」と，コンビニエンスストア向け総合熱利用システム「エコマックス Pack シリーズ」の概要について紹介する。

図１　省エネルギー機能の開発コンセプト



2　エコマックス Net Ⅱの構成

本システムの概略構成を**図２**に示す。本システムは，店舗単独で監視制御を行う店舗側のローカルシステム，およびローカルシステムと連携し複数の店舗の監視を集中的に行う保守管理センターのリモートシステムで構成される。ローカルシステムは主に次の装置から構成される。

(1)　ショーケースに搭載したショーケースコントローラ
(2)　ショーケースと冷凍機を統合して制御するショーケースシステムコントローラ
(3)　センターサーバとのデータの通信を行う店舗ターミナル

店舗ターミナルは，ショーケースをはじめ，店舗内に設置される照明，空調機，各種センサなどの状態を収集して総合的な監視・制御を行う機能も装備している。

3　エコマックス Net Ⅱの機能

ここでは主な構成装置について新たに開発した機能を中心に説明する。

3.1　ショーケースコントローラ

ショーケースコントローラは，温度・設定値表示機能，設定機能，庫内温度制御機能，除霜制御機能，警報出力機能などを持つ，ショーケース単体の基本的な運転制御を行うコントローラである。

3.2　ショーケースシステムコントローラ

ショーケースシステムコントローラ（SSC）は冷凍機ごとに設置する。１台の冷凍機には複数のショーケースが接続される。これを系統と呼ぶ。従来から SSC は，ショー

須藤　晴彦

店舗管理・省エネルギーシステムの研究企画・開発に従事。現在，富士電機リテイルシステムズ株式会社商品企画本部第二商品企画統括部商品技術部課長補佐。

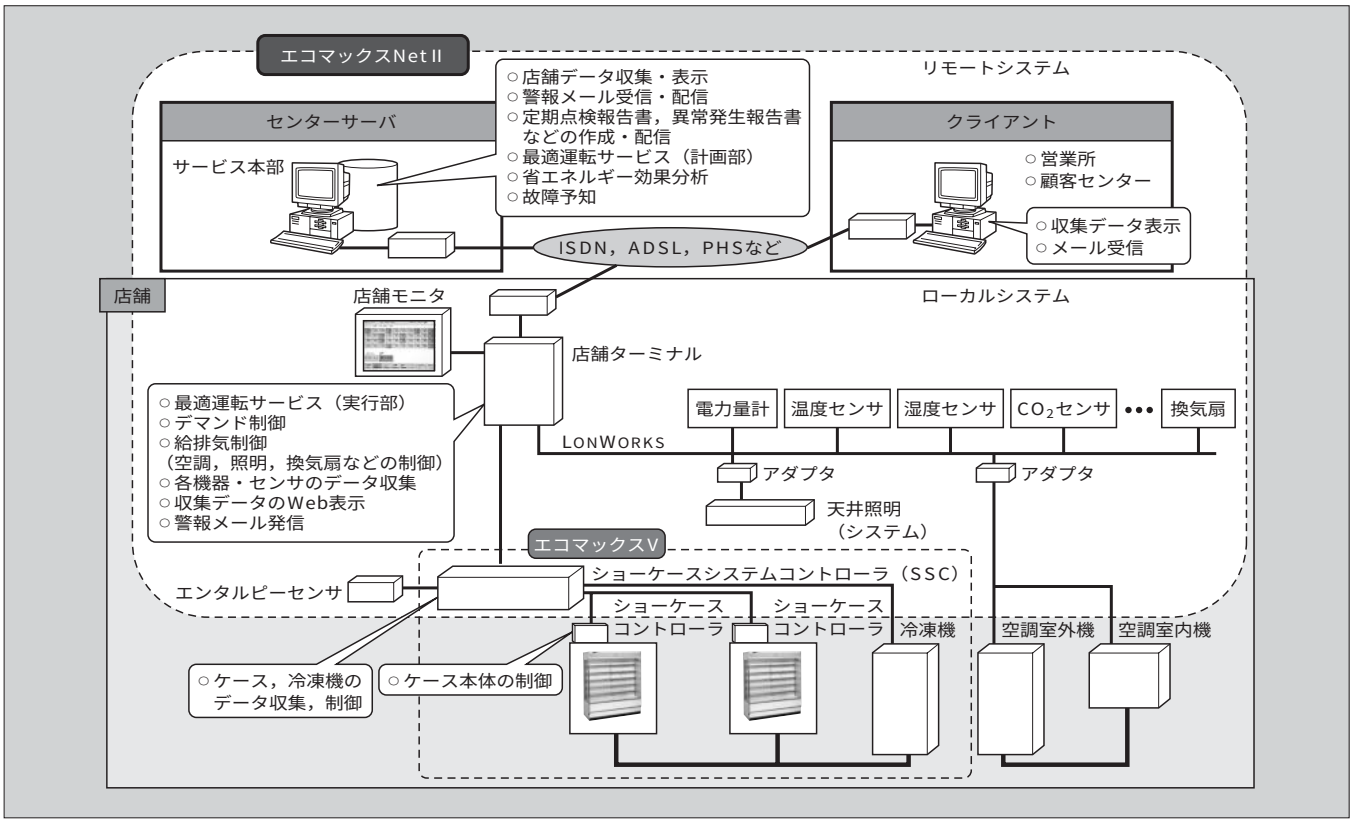
竹中　道夫

数理アルゴリズムを利用した顧客ソリューション研究開発業務に従事。現在，富士電機アドバンストテクノロジー株式会社情報通信制御部。電気学会会員，情報処理学会会員。

坂井　一博

コールドチェーン，自動販売機，通貨関連のコンポーネント機器開発に従事。現在，富士電機アドバンストテクノロジー株式会社情報通信制御部。

図２　システム構成



ケースの負荷に応じて冷凍機の出力を最適化する機能や，ファジィ制御により運転状態や周囲環境を総合的に判断して必要なときのみ除霜を行う機能などを搭載してきた。今回防露ヒータ制御機能を新規に追加した。これは，ショーケースの中で消費電力量の割合が比較的多い防露ヒータを，周囲環境に応じて適正に通電することで省エネルギーを図るものである。

本機能は，店内温湿度と露点温度，結露する部分の温度の関係を「通電率－表面温度関係式」として導出し，それを基に防露ヒータをオンオフ制御して省エネルギーを実現する機能である。また，本機能は店舗における温湿度センサの位置，ケースの位置などによる違いを考慮し，感度調整が可能になっている。本機能の効果は，机上および実機検証により，防露ヒータの年間消費電力量の 20 %以上の削減効果（コンビニエンスストア向けウォークインケース従来比）があることを確認している。

3.3　店舗ターミナル

店舗ターミナルは，従来のエコマックス Net が備えていた Web サーバ機能，メール発信機能などはそのまま踏襲し，以下に記す最適運転サービス機能，デマンド制御機能，給排気制御機能を追加した（**図３**）。さらにシステムの拡張性に配慮して LONWORKS〈注〉対応機器の接続を可能とした。これにより顧客ニーズに合わせた空調機，照明などとの組合せ構築が容易になった。

〈注〉LONWORKS：米国 Echelon Corp. の登録商標

図３　店舗ターミナルの外観

(1)　最適運転サービス機能

最適運転サービス機能は，外気の温湿度，店舗の換気状態を基に，消費電力が最小となるように空調モードと空調設定温度を切り替える機能である。これにより季節の変わり目のように外気変動の大きい時期に，大きく消費電力を削減することができるようになった。

本機能はリモートシステムのセンターサーバとローカルシステムの店舗ターミナルの協調動作で実現している。

センターサーバは，消費電力が最小になる空調条件を店舗ごとに計算し，最適運転パターンテーブルとして作成する。店舗ごとに作成された最適運転パターンテーブルは各店舗の店舗ターミナルにダウンロードされる。店舗ターミ

図４　店舗モニタの外観

図５　店舗モニタ画面例①

図６　店舗モニタ画面例②

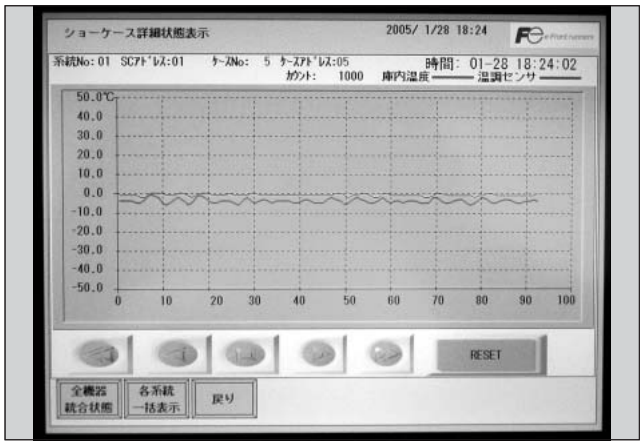


図７　店舗モニタ画面例③

ナルは最適運転パターンテーブルを参照して空調機の設定変更を行う。

(2)　デマンド制御機能

デマンド制御機能は，対象店舗全体の消費電力量が目標値を超えないように制御可能な電力消費機器を監視制御する機能である。エコマックス Net Ⅱは，消費電力が目標電力を超えそうな場合，店舗ごとに事前に設定された制御対象テーブルに従って消費電力が少なくなる方向に順次制御する。その後，消費電力が目標電力を下回り適正な余裕が確保されると，それらの機器をすべて超過前の状態に復元するまでの制御を行う。制御対象テーブルは制御可能な機器，優先順位，制御可能範囲，制御前後の状態などで構成されている。本機能を活用することにより，夏季の電力消費のピークカットはもちろん，目標電力量値に従って消費電力の削減を実現することもできる。

(3)　給排気制御機能

本機能は，冷暖房時に店内の CO_2 濃度が基準値以内であれば，換気扇を停止して空調負荷となる外気の熱侵入量を少なくし，省エネルギーを図る機能である。換気量の最適化によって空調負荷が低減でき，消費電力の削減を実現することができる。

3.4　店舗モニタ

店舗モニタは，主にバックヤードなどで店内のショーケースや冷凍機の状態を監視できる装置である（**図４**）。これにより，その系統に接続されているショーケースや冷凍機などの運転状態が確認できる（**図５**）。新しい店舗モニタでは，従来から慣れ親しんでいる異常時点灯ランプ付きの警報盤を模擬した表示画面となっているので，異常が発生した場合にどの機器が異常発生しているかを迅速に判断できる。さらに表示画面はタッチパネルになっているので，異常対象機器に相当する部分をタッチすると，その機器の稼動データなどの詳細な情報を表示することができて分かりやすい（**図６**，**図７**）。

3.5　センターサーバ

店舗機器の保守管理を行うサービス本部に設置するセンターサーバに，新たに搭載した機能の概要を以下に述べる。

(1)　店舗データ閲覧機能

本機能は，店舗ターミナルを経由して収集・蓄積した各種機器データ（ショーケース，空調機，冷凍機，換気扇などの機器の諸状態，および店内外温湿度，消費電力量など）を表形式やグラフ形式で閲覧させる機能である。

エコマックス Net Ⅱでは，センターサーバにも Web

サーバを導入することにより，保守管理の地方拠点となる営業所や顧客チェーン店本部などのパソコン上の Web ブラウザにより閲覧可能とした（**図８**）。本機能を利用することにより，異常が発生した場合の状況確認が現地店舗に出動することなく迅速に行え，その対応も効率的に行うことができる。

(2)　報告書ダウンロード機能

センターサーバで作成した，各種報告書（定期点検報告書，ショーケース庫内温度データ測定記録，異常発生通知書など）やデータファイルを Web ブラウザからダウンロードする機能である。

(3)　故障予知機能

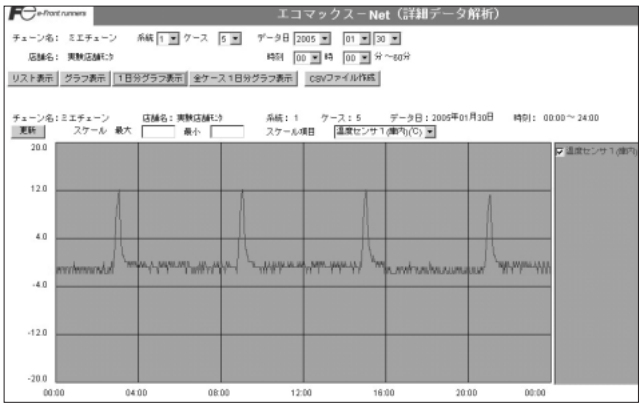
本機能は，ショーケース，冷凍機で発生する割合の多い故障（蒸発器の着霜，凝縮器の目づまり，冷媒漏れ）を予知（検知）する機能である。予知した場合は，警報メールを発信し，関係者に通知することができ，商品の不冷など大事に至る前に対処することが可能である。

(4)　店舗簡易模擬機能

最適運転パターンテーブル作成の中核を成すのが店舗簡易模擬機能である。

本機能は，環境条件（外気温度，外気湿度，換気状態など），空調条件（運転モード，設定温度）と店舗機器情報（機器の構成と配置）から店舗全体の熱収支を求めて消費電力を算出する。

図８　センターサーバの画面例



4　エコマックス Pack シリーズ

コンビニエンスストアの店舗の冷媒系統は，一般に空調系統，冷蔵温度帯ショーケースの冷却を担う冷蔵系統，冷凍温度帯ショーケースの冷却を担う冷凍系統の三つに分散されている。近年，コンビニエンスストア向け空調・冷凍機器単独では達成できない省エネルギー性能を追求して，空調・冷蔵・冷凍系統の冷媒系統を一体化した提案がメーカー各社から行われている。

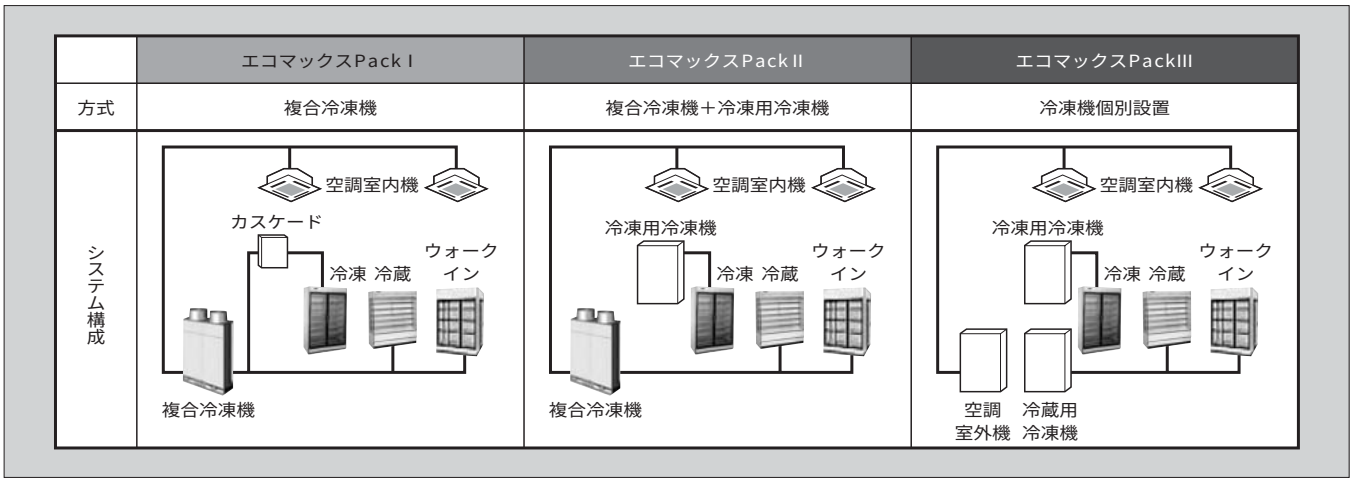
4.1　開発の概要

顧客から他社の従来システムのコンセプトによるメリットを踏襲しようとして，そのシステムと機器構成や冷媒配管構成などを同一にすることが求められることは多い。そこで空調・冷蔵・冷凍系統の冷媒系統を一体化したシステムの開発から着手した。

開発当初は，空調室外機の熱交換器と冷蔵冷凍機の凝縮器を抱き合わせる構成として，空調暖房時の冷蔵系統からの廃熱利用などを試みた。しかし，冷媒回路の結合や熱交換器の結合などによる空調・冷蔵系の一体化による省エネルギー方式は，有効な条件が限定的で通年的には効果が得られないことが判明した。一般に空調・ショーケース関連システム商品は，限られた実店舗による制約の多いフィールドテストで通年効果の検証を行わざるを得ない。そこで富士電機は，本システムの開発にあたり，実スケールのコンビニエンスストアを断熱壁で覆い，四季の環境を再現できる環境評価試験室を建造した。

環境評価試験室での試験結果などを踏まえ，機器構成や冷媒配管構成などの外部仕様は他社と共通とすることを考慮し，冷媒系統は独立であるが，空調室外機と冷蔵冷凍機をワンパッケージとした複合冷凍機と，冷蔵系統に熱交換器を追加して，その熱交換器を冷凍系統の凝縮器と抱き合わせるカスケードコンデンサユニットで構成するシステムを開発した。こうして通年にわたって最適な省エネルギー

図９　エコマックス Pack シリーズの構成



効果の得られるシステムを開発できた。

4.2　シリーズの展開

コンビニエンスストア向けには，冷媒系統と機器構成から以下のシリーズがある（**図9**）。

- ○Pack Ⅰ：空調・冷蔵系統を複合冷凍機，冷凍系統をカスケードコンデンサユニットで対応した構成
- ○Pack Ⅱ：空調・冷蔵系統を複合冷凍機，冷凍系統を独立冷凍機で対応した構成
- ○Pack Ⅲ：空調室外機，冷蔵・冷凍用冷凍機独立分散構成で富士電機の制御機能（ショーケースの負荷に応じて冷凍機の出力を最適化する独自の制御機能）を有効に活用した構成

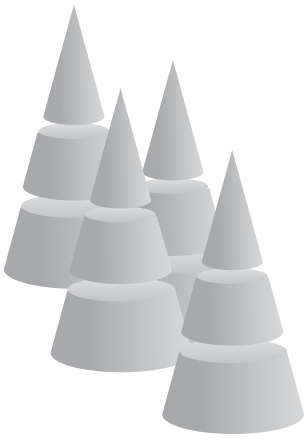
現在，エコマックス Net Ⅱとのセットで，総合熱利用システムエコマックス Pack シリーズとして，提案先顧客の要望に応じた形での積極的提案を行っている。

5　あとがき

店舗機器の総合的な管理・制御を行う店舗総合省エネルギー制御システム「エコマックス Net Ⅱ」およびコンビニエンスストア向け総合熱利用システム「エコマックス Pack シリーズ」について紹介した。今後は，電力自由化を踏まえた省エネルギーサービス機能に加え，商品鮮度の保持や店内の快適性をさらに追求した監視・制御機能の開発を行い，より充実したシステムへ発展させていく所存である。

参考文献

(1)　須藤晴彦ほか．店舗機器センター監視システム．富士時報．vol.75, no.7, 2002, p.427–430.



e-Front runners

＊本誌に記載されている会社名および製品名は，それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。