

# 店舗向け省エネルギー制御システム

須藤 晴彦 (すどう はるひこ)

坂井 一博 (さかい かずひろ)

北川 慎治 (きたがわ しんじ)

特集2

## ① まえがき

近年、スーパーマーケットやコンビニエンスストア業界では、収益改善面としてのインシャルコストおよびランニングコストの低減に加え、地球環境問題への対応という面からも、省エネルギーの推進が重要な課題となっている。

京都議定書における温室効果ガス削減目標への取組みとして、省エネルギーの推進を今後一層加速しなければならない。また実情として、店舗内の冷熱機器増加により電気使用量は増加傾向にあることから、省エネルギーを機器単体のみならず店舗全体の熱収支関係を考慮した、総合的な観点で制御する技術開発が必要とされている。

本稿では、富士電機の省エネルギー制御システムの開発コンセプトと製品構成、およびすでに展開を開始している省エネルギー制御システム「エコマックスV」と「エコマックスNet II」の概要と特徴、フィールドでの実証結果について紹介する。

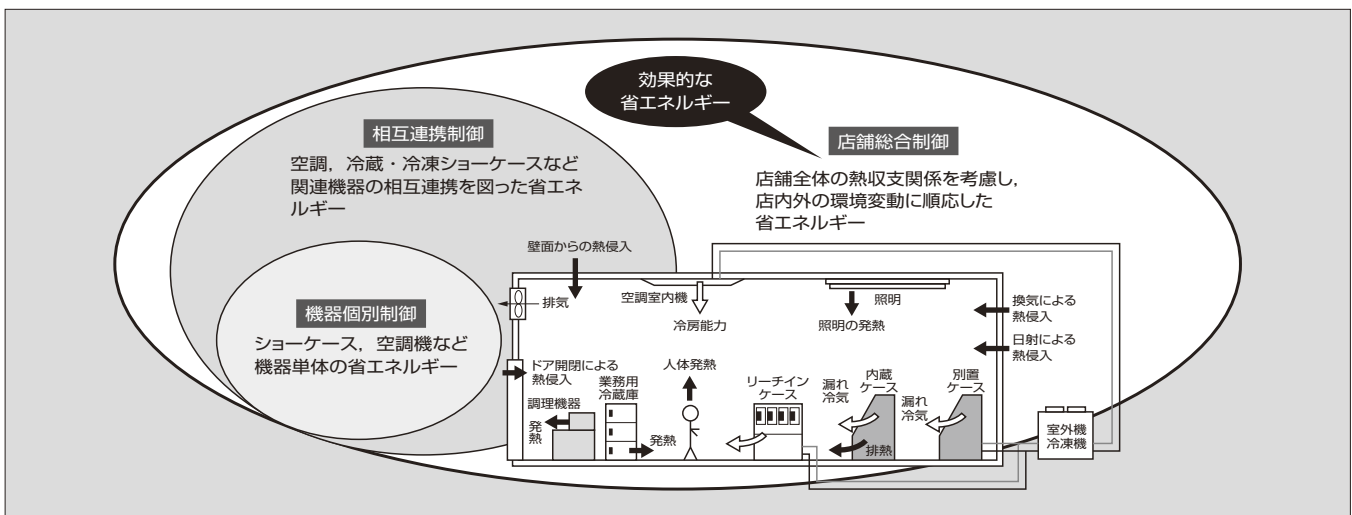
## ② 省エネルギー制御のコンセプト

図1に示すように、省エネルギー制御には三つの段階がある。一つ目は、機器個別制御である。ショーケースの防露ヒータ制御やインバータ冷凍機による運転などがそれにあたる。二つ目は、複数機器の相互連携制御である。冷凍機とショーケースの連携制御である富士電機のエコマックスVなどがそれにあたる。三つ目は店舗総合制御である。店舗全体の熱収支関係を考慮して店内外の環境変動に順応した効率的な省エネルギーを実現する富士電機のエコマックスNet IIに搭載した「最適運転制御」がそれにあたる。

## ③ 製品構成

図2に店舗向け省エネルギー制御システムの構成を示す。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。ショーケースに搭載したショーケースコントローラは、ショーケースの制御およびショーケースシ

図1 省エネルギー制御のコンセプト図



須藤 晴彦

店舗管理・省エネルギーシステムの開発に従事。現在、富士電機リテールシステムズ株式会社コーポレートチェーン事業本部商品企画本部開発技術部長。



坂井 一博

店舗管理・省エネルギーシステムの研究開発に従事。現在、富士電機アドバンステクノロジー株式会社情報通信制御開発センター情報・制御システム部主任。



北川 慎治

最適化技術の実システム応用に関する研究開発に従事。現在、富士電機アドバンステクノロジー株式会社情報・制御システム部主任。計測自動制御学会会員。

システムコントローラ間でデータ通信を行う。ショーケースシステムコントローラはショーケースと冷凍機を統合して制御するとともに、店舗ターミナル間との通信によりセンターとのデータ送受、制御機能を有する。

店舗ターミナルは Web 機能を有するとともにセンターサーバとのデータ通信により、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・制御を行う機能を装備している。ここでは主な構成装置の持つ制御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ち、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。またデータ通信機能を持ちショーケース別のデータ収集、各種設定を可能としている。また、最新のシリーズでは、防露ヒータ制御機能も搭載し、省エネルギー制御を行っている。

### 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は冷凍機ごとに設置し、1 台の冷凍機には複数のショーケースが接続される。ショーケースシステムコントローラはケースの負荷に応じて冷凍機の出力を最適化して省エネルギーを実現するエコマックス V (ショーケース・冷凍機トータル制御システム)

ム) や、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ファジィ制御機能などを搭載してきた。

### 3.3 店舗ターミナル

店舗ターミナルは、Web サーバ機能、メール発信機能に加え、以下に記す最適運転サービス機能、デマンド制御機能、給排気制御機能を装備している。また、外部に設置の電力計の電力量パルス信号を入力することで、各機能に必要な電力が収集可能である。さらにシステムの拡張性に配慮して、LONWORKS 対応機器<sup>(注)</sup>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。

### 3.4 店舗モニタ

店舗モニタは、店舗ターミナルに接続して使用するショーケースや冷凍機の状態を監視するモニタ装置である。ショーケースや冷凍機などの運転状況、故障、警報をバックヤードなどの店舗内で確認できる。

店舗モニタでは、待機状態にて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おり、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、その機器の稼働デー

〈注〉 LONWORKS : 米国 Echelon Corp. の登録商標

図2 システム構成

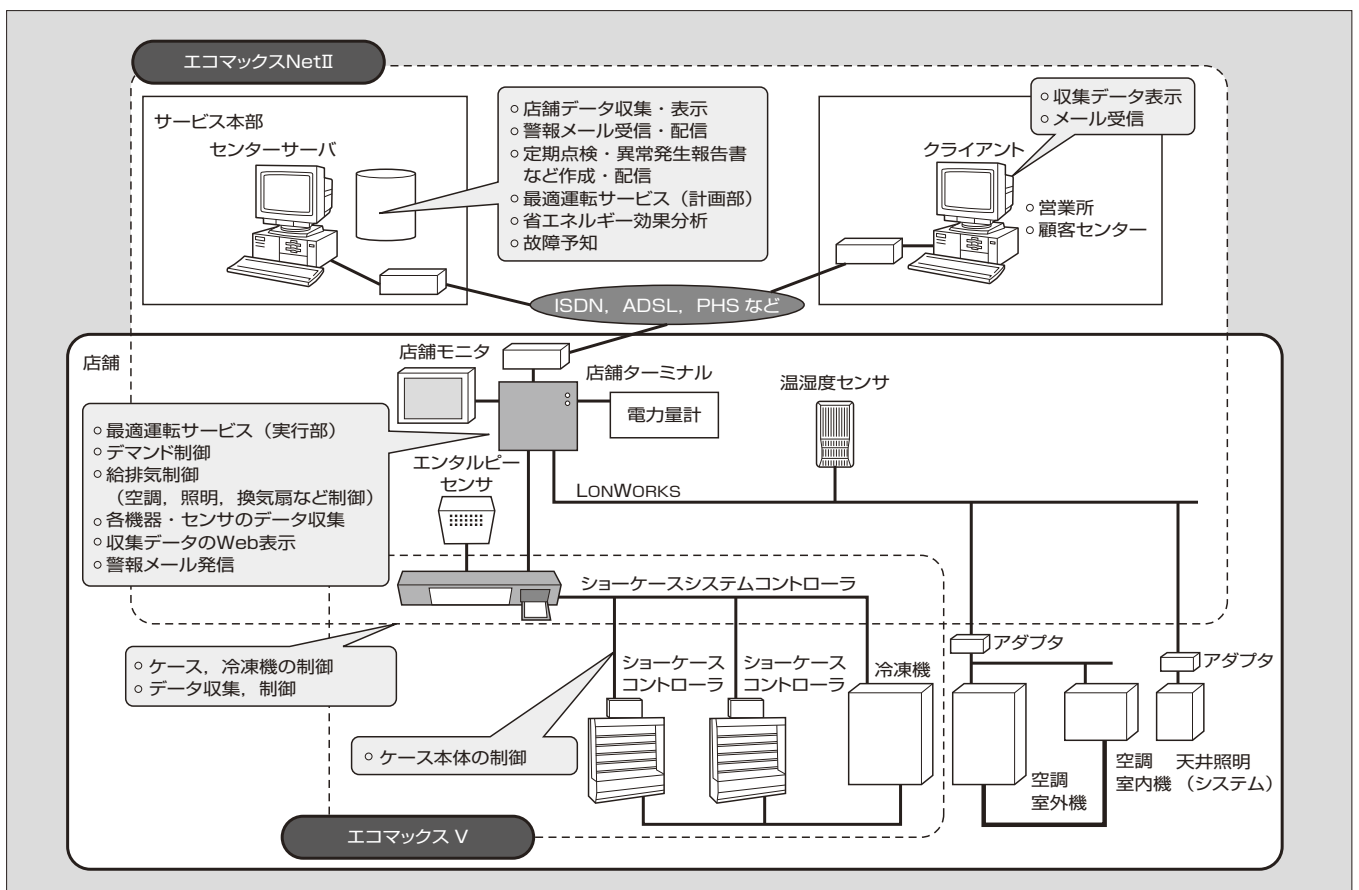
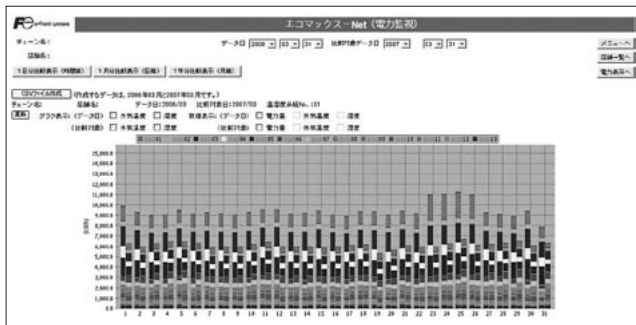


図3 消費電力管理画面例



タなどの詳細な情報を表示することができる。

### 3.5 センターサーバ

センターサーバは、サービス本部に設置し店舗機器の保守管理を行う。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、各種センサデータなど）を表形式やグラフ形式で閲覧させる機能がある。

Webサーバ化されているため、保守管理の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である。

今回新たに電力データの比較を行うことが可能となった。データ収集した日単位、月単位、年単位で比較可能で、省エネルギーシステムの効果分析に有用である。図3は、2006年3月と2007年3月の比較データ例である。

## 4 省エネルギー制御の効果検証

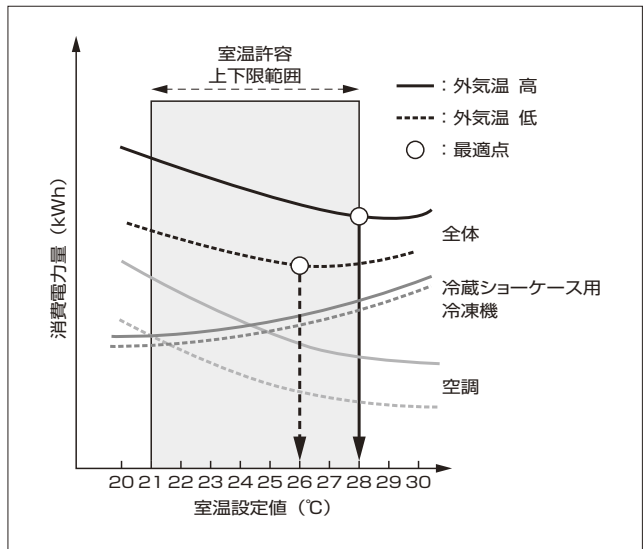
### 4.1 エコマックスVの概要と検証結果

エコマックスVは、ショーケースシステムコントローラにてマイコン制御のインバータスクロール冷凍機を総合的にコントロールするシステムである。ショーケースは、年間の負荷変動が大きく、夏場の最大負荷に基づき冷凍機が選定されるため、冬場には時として冷凍能力が過分の状況になっている。ショーケースシステムコントローラはショーケースコントローラを通じて個々のショーケースの運転状況を確認し、総合的に必要な冷凍能力を判断して、冷凍機の容量を制御することで適正な冷凍能力を維持する。圧縮機回転数を変化させることで小刻みな容量制御が可能なインバータ冷凍機の利点を生かし、余分な消費電力を削減し、省エネルギーを図るシステムである。

また、ショーケースが必要とする適性量の冷却エネルギーを供給するため、温度ばらつきを最小限にした高鮮度管理も実現できる。

本システムは、1998年から導入を開始し、多くの店舗での実績がある。地域的にも北海道から沖縄まで導入実績があり、省エネルギー率（従来の定速一般冷凍機と比較しての冷凍機消費電力の低減率）の全国平均は28.5%と大きな効果を上げている。この結果から、エコマックスV

図4 空調と冷凍機の最適動作点（最小消費電力）算出



の投資回収年数は全国平均で2.3年となり、店舗によっては1.2年で回収できた場合もある。

### 4.2 エコマックスNet II

本節では、エコマックスNet IIの機能のうち、最適運転制御機能とデマンド制御機能について紹介する。

#### (1) 最適運転制御機能の概要と検証結果

最適運転制御機能は、外気および店内の温湿度、店舗の換気状態を基に空調、冷蔵・冷凍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な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。

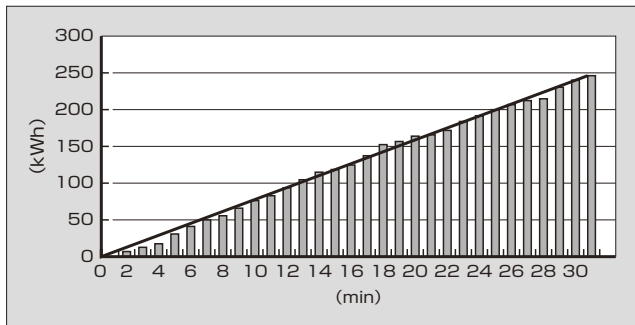
本機能はリモートシステムのセンターサーバとローカルシステムの店舗ターミナルの協調動作で実現している。センターサーバは消費電力が最小になる空調条件を店舗ごとに計算し、最適運転パターンテーブルとして作成する。図4に最適運転サービスの冷蔵ショーケース用冷凍機電力値と空調電力値から空調最適点（最適最小消費電力）算出のグラフ例を示す。図4は夏季の運転例であり、空調の設定温度を上げて空調消費電力を減少させるが、空調冷房能力が低下した分、冷蔵・冷凍の消費電力が増加する。このとき図に示した空調と冷蔵の合計消費電力が最低となる空調の設定温度を最適空調温度とする。

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。

また、空調機の温度制御においては、人の快適性も考慮して、単に店舗の省エネルギーだけの最適運転にならないよう快適性指標のPMV (Predicted Mean Vote: 予想平均温冷感申告)を導入した。PMVは、温度、湿度、気流、輻射(ふくしゃ)、着衣量、活動量の6要素により人間がどのように感じるかを表した温冷感指標である。

スーパーマーケットでは店舗規模、空調能力、店内客数

図5 デマンド制御動作状態例



などから来店客に対しての最適空調制御が求められる。

以上のように最適運転制御機能は店舗全体の省エネルギーの追求とともに店内滞在者の快適性をも考慮した制御機能である。

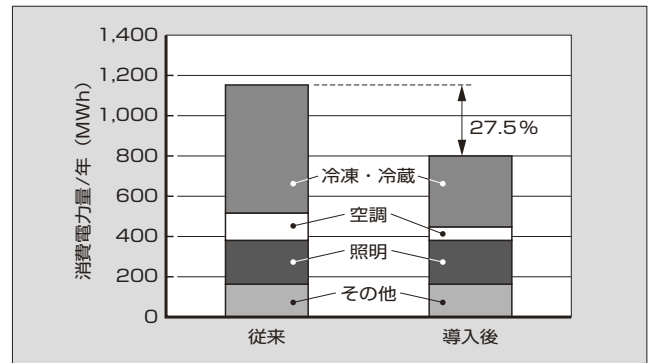
2006年度にはスーパーマーケットでのフィールド検証を行った。検証店舗（関東地方、約1,500m<sup>2</sup>、ケース数80台、営業時間10:00～22:00）での最適運転制御の有無による省エネルギー効果（空調と冷凍機の合算消費電力削減率）は、夏期6.4%、中間期4.2%、冬期0%となった。冬期については暖冬の影響で店内空調が作動せず、省エネルギー効果としての検証ができなかったためである。東京での年平均並みの気温であれば冬期2.1%の省エネルギー効果を見込んでいるため、年平均4.2%の省エネルギー効果が期待できる。

(2) デマンド制御機能の概要と検証結果

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、制御可能な機器を制御して消費電力を監視制御する機能である。エコマックスNet IIにおけるデマンド制御は、対象店舗全体の30分単位の消費電力量があらかじめ設定された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対象機器を順次制御する。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のみならず、季節ごとに目標電力量設定を低めに变更后に設定することで、省エネルギー主体のデマンド制御を実現することも可能である。

本システムは、2006年夏に関東地区のスーパーマーケットにてフィールド検証を行った。図5は8月のある日のデ

図6 総合省エネルギー効果



マンド制御データである。目標電力量を500kWhに設定した場合に、空調設定値を26℃から28℃に自動で設定変更して、目標電力量を超えないように制御した。この店舗において、季節ごとに目標電力量を変えて、5%のピークカットを1年間行くと約56万円の省エネルギー効果（空調、冷凍機合算消費電力削減率）が期待できる。

4.3 総合評価

エコマックスVとエコマックスNet IIにおける制御機能の総合省エネルギー効果は、図6のとおりとなる。エコマックスVの効果14%、最適運転制御の効果4.2%、その他、防露ヒータ制御などの効果も併せた総合で、27.5%の省エネルギー効果（照明、空調、冷凍機消費電力合算消費電力に対する削減率）となった。

5 あとがき

富士電機の省エネルギー制御システム「エコマックスV」「エコマックスNet II」についてフィールド実績を交えて紹介した。

今後は、さらに要求が大きくなると予想される省エネルギー、店内の快適性向上への対応はもとより、システム導入のためのコスト低減をも追求し、より充実したシステム開発を推進していく所存である。

参考文献

- (1) 須藤晴彦ほか、店舗総合省エネルギー制御システム、富士時報、vol.78, no.3, 2005, p.215-219.
- (2) 須藤晴彦、省エネシステム「エコマックスNET II」、産業と電気、2006-8, p.8-13.

特集2